

Doctorat de l'Université de Toulouse

préparé à l'Université Toulouse - Jean Jaurès

Vers la Big Science : Les sciences de l'Univers au défi des
grands projets internationaux

Thèse présentée et soutenue, le 20 octobre 2025 par

Axelle VANHAECKE

École doctorale

TESC - Temps, Espaces, Sociétés, Cultures

Spécialité

Sociologie

Unité de recherche

CERTOP - Centre d'Étude et de Recherche Travail, Organisation, Pouvoir

Thèse dirigée par

Vincent SIMOULIN et Alain BLANCHARD

Composition du jury

Mme Béatrice MILARD, Présidente, Université Toulouse - Jean Jaurès

Mme Séverine LOUVEL, Rapporteuse, Sciences Po Grenoble

M. Thomas REVERDY, Rapporteur, Grenoble INP

Mme Céline CALLEYA, Examinatrice, CNES

M. YVES GINGRAS, Examineur, Université du Québec à Montréal

M. Vincent SIMOULIN, Directeur de thèse, Université Toulouse - Jean Jaurès

M. Alain BLANCHARD, Co-directeur de thèse, Université de Toulouse

Résumé

Les activités spatiales ont toujours été propices à la coopération internationale. Les missions scientifiques de l'agence spatiale européenne en sont un bon exemple. Le consortium est la forme organisationnelle privilégiée pour encadrer la coopération, concernant la partie scientifique. Cette étude a donc pour objectif de questionner les modalités de la coopération internationale au sein de ces organisations scientifiques et les difficultés qui y sont liées. Il s'agira d'une part d'interroger la forme organisationnelle et les règles qui encadrent ces coopérations. D'autre part, il sera question de comprendre le poids des différentes cultures, nationale, institutionnelle, professionnelle et disciplinaire, dans ces organisations. En d'autres termes, comment les cultures jouent un rôle dans l'architecture organisationnelle des consortiums.

Cette recherche se concentre sur l'étude de deux consortiums, Euclid et NewAthena, qui regroupent plusieurs centaines de membres et dont les objectifs sont de développer et d'exploiter des missions spatiales européennes dans le cadre du programme Cosmic Vision de l'Agence spatiale européenne (ESA). La particularité de ce mode d'organisation repose sur son caractère international et immatériel. Étudier ces coopérations oblige donc à investir plusieurs terrains. À cette fin, basé sur une approche ethnographique, la méthodologie repose sur des entretiens semi-directifs (48), des observations participantes ainsi que l'étude de la littérature grise produite par ces organisations. La production et l'analyse de données étant le principal objectif de ces coopérations, une analyse statistique et de réseaux des publications ont également été effectuées.

Les missions scientifiques de l'ESA participent à l'intégration européenne, pour autant, son rôle dépasse celui d'agence de moyens. S'intéresser à la genèse de ces missions a mis en avant l'importance des collègues invisibles ainsi que l'influence du processus de sélection sur les communautés portant les projets. La composition de ces communautés joue un rôle dans l'architecture de la coopération. Les missions scientifiques s'inscrivent dans un temps long et sont porteuses d'un certain nombre d'incertitudes. Par conséquent,

l'objectif premier de l'organisation qui les encadre est de limiter les incertitudes techniques, scientifiques et technologiques. Ces organisations sont fortement fragmentées et compartimentées. Cette forme organisationnelle est à mettre en lien avec la complexité des manipulations et des enjeux de pouvoir qui traversent ces coopérations. En effet, les missions scientifiques tendent à se complexifier au niveau scientifique, technique et technologique, il en découle des coopérations qui tendent également à devenir plus importantes en termes de membres. Ce basculement organisationnel a entraîné une plus forte segmentation des organisations.

Mots-clés : Consortium, Espace, Coopération, Cultures, Organisation

Abstract

Space activities have always been conducive to international cooperation. The scientific missions of the European Space Agency (ESA) are a good example. The consortium is the preferred organisational form for managing scientific cooperation. This study aims to examine the modalities of international cooperation within these scientific organisations and the difficulties associated with them. On the one hand, it seeks to explore the organizational form and the rules that govern such cooperation. On the other hand, it aims to understand the influence of different cultures — national, institutional, professional, and disciplinary — within these organizations. In other words, how cultural dimensions shape the organizational architecture of consortiums.

This research focuses on the study of two consortiums — Euclid and NewAthena — which bring together several hundred members and aim to develop and operate European space missions as part of ESA's Cosmic Vision program. What makes these organizations distinctive is their international and immaterial nature. Studying these forms of cooperation requires engagement with multiple field sites. To this end, based on an ethnographic approach, the methodology relies on 48 semi-structured interviews, participant observations, and the analysis of grey literature produced by these organizations. Since the production and analysis of data is the primary objective of these collaborations, a statistical and network analysis of scientific publications have also been conducted.

ESA's scientific missions contribute to European integration but its role goes beyond that of a funding agency. Investigating the origins of these missions highlights the importance of invisible colleges as well as the influence of the selection process on the communities carrying the projects. The composition of these communities plays a significant role in shaping the architecture of the cooperation. Scientific missions take place over a long period of time and are subject to a certain amount of uncertainty. Consequently, the primary aim of the organizations managing them is to reduce technical, scientific, and technological uncertainties. These organizations are often highly fragmented and compartmentalized. This organizational structure reflects the

complexity of the manipulations and the power dynamics at play within these collaborations. As scientific missions grow increasingly complex from a technical and technological standpoint, the corresponding cooperation also tend to grow in size. This organizational shift has led to a greater segmentation of these structures.

Key-words: Consortium, Space, Cooperation, Cultures, Organisation

Remerciements

Tout d'abord, je souhaiterais exprimer ma profonde reconnaissance aux personnes sans qui cette thèse n'aurait jamais pu voir le jour : Vincent Simoulin, Alain Blanchard et Jérôme Lamy. Je voudrais particulièrement remercier Rodolphe Clédassou qui a été à l'initiative de ce projet de thèse et c'est avec beaucoup de gratitude, ainsi que de peine, que je repense à son aide et son enthousiasme pour cette thèse. Cette thèse m'a permis de me familiariser avec un monde qui n'était pas le mien et c'est avec un réel enthousiasme que j'ai appris à le connaître.

Ma connaissance du spatial tient également aux personnes qui ont accepté de s'entretenir avec moi. Je vous remercie de votre accueil, de votre bienveillance et de m'avoir accordé de votre temps pour parler de la coopération scientifique à l'œuvre dans les missions spatiales européennes. J'ai pris un réel plaisir à mener cette recherche et c'est grâce à vous. Je tiens également à remercier l'équipe de l'IRAP qui m'a accueillie pendant plusieurs mois au sein de ses locaux (et plusieurs années durant les réunions locales).

Je remercie les membres du comité de suivi individuel, Jérôme Lamy et Yves Gingras, pour leurs conseils précieux. Je tiens également à exprimer ma gratitude aux membres du CERTOP, d'UNIVERSEH et du laboratoire junior *Space Ages*. Je pense particulièrement à Christelle Manifet, Benjamin Saccomanno, Mathieu Guionnet, Lucie Loyon, Wenjie Mei, Marie-Cécile Amat, Sabine Meïer, Capucine Mouroux, François Rullier et Hélène Fourcade.

Je souhaite renouveler mes remerciements à Vincent Simoulin, pour la qualité de ses conseils, de son accompagnement ainsi que pour sa gentillesse et sa bienveillance. À Annick Laclau et Barbara Valeze-Barrio, qui, depuis ma licence, représentent pour moi le cœur battant du département de sociologie. Je ne peux également pas écrire de remerciement sans mentionner Lila Chauveau, tu es devenue une amie précieuse qui a rendu les moments difficiles plus soutenables et à qui cette thèse doit beaucoup.

Ma gratitude va également à ma sœur ainsi qu'à mon père, merci d'être le parent que tu es. À mes amies les plus chères, Alexandra, Alexia, Malaury et Mélissa, qui ont toujours fait preuve d'un soutien infaillible. Mon entière gratitude va également à Matthew, la réalisation de cette thèse aurait été difficile sans ton soutien quotidien, merci d'y avoir cru pour moi dans les moments de doutes.

Table des matières

RESUME	2
ABSTRACT.....	4
REMERCIEMENTS	6
LISTE DES ACRONYMES.....	12
INTRODUCTION GENERALE	14
COMMENT L'ESPACE EST DEvenu UN OBJET D'ETUDE EN SOCIOLOGIE ET EN ANTHROPOLOGIE ?	18
LES ORGANISATIONS DU SPATIAL	19
LE SPATIAL EN TANT QU'ENJEU ORGANISATIONNEL ET POLITIQUE.....	22
LES COOPERATIONS SCIENTIFIQUES.....	26
DEFINIR UNE COOPERATION	27
LES COOPERATIONS : DES ORGANISATIONS CONFLICTUELLES ?	31
LES ORGANISATIONS SPATIALES : DES CONSORTIUMS	34
UNE ETUDE SOCIOLOGIQUE DES CONSORTIUMS SCIENTIFIQUES	35
UNE PETITE HISTOIRE DES STS	36
METHODOLOGIE D'UNE ETUDE SUR LES CONSORTIUMS SCIENTIFIQUES	39
PREMIERE PARTIE :	45
<i>L'EUROPE ET L'ESPACE</i>.....	45
1.1. L'ESPACE ET LES ETATS EUROPEENS	47
1.1.1. UN FINANCEMENT DISPARATE DES ACTIVITES SPATIALES EN EUROPE	48
1.1.2. L'ORGANISATION NATIONALE	49
1.2. LES AGENCES SPATIALES.....	52
1.2.1. LE CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES (CNES).....	53
<i>Le Centre Spatial de Toulouse (CST)</i>	55
1.2.2. L'AGENCE SPATIALE ALLEMANDE : LA DLR	57
1.2.3. L'AGENCE SPATIALE BRITANNIQUE : UK SPACE AGENCY	59
1.2.4. L'AGENCE SPATIALE ITALIENNE : ASI	63
1.3. LES ORGANISMES DE RECHERCHE :.....	65
1.3.1. L'IASF-MI ET LE DEPARTEMENT DE PHYSIQUE A L'UNIVERSITE DE MILAN	66
1.3.2. L'IRAP	67
1.3.3. LE CEA : UN INSTITUT A L'INTERSECTION DE LA RECHERCHE ET DE L'INGENIERIE	69
1.3.4. LE ROYAL OBSERVATORY EDINBURGH (ROE)	71
2.1. VERS UNE EUROPE SPATIALE.....	75
2.1.1. LA COHABITATION (PARFOIS DIFFICILE) ENTRE LES PROGRAMMES NATIONAUX ET EUROPEENS	76
2.1.2. LA MONTEE DE L'ESA COMME PRINCIPAL ACTEUR DES ACTIVITES SPATIALES EN EUROPE	79
2.1.3. LES PROJETS GALILEO ET GMES : VERS UNE EUROPEANISATION DES POLITIQUES SPATIALES ?	82
2.2. L'EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA).....	83
2.2.1. LA CREATION D'UNE AGENCE SPATIALE EUROPEENNE ET SON PROCESSUS D'ADHESION.....	83
2.2.2. L'ORGANISATION INTERNE DE L'ESA :	87
2.2.3. QUELQUES CHIFFRES SUR L'ESA : BUDGETS ET DEPENSES	90
2.2.4. LES STRUCTURES DE L'ESA DANS LE MONDE	92
2.3. LES MISSIONS SCIENTIFIQUES DE L'ESA	99

2.3.1.	LES SCIENCES DE L'UNIVERS : UNE GALAXIE DE DISCIPLINES	99
2.3.2.	LES DIFFERENTES PHASES D'UNE MISSION SPATIALE	101
2.3.3.	UNE MISSION CHARNIERE : PLANCK	104
3.1.	LES CONSORTIUMS SCIENTIFIQUES DANS LE DOMAINE SPATIAL	109
3.1.1.	L'INTERNATIONALISATION DE LA RECHERCHE :	110
3.1.2.	LES RAISONS D'UNE ORGANISATION SOUS LA FORME DU CONSORTIUM	114
3.2.	LA MISSION EUCLID	115
3.2.1.	LA MISSIONS EUCLID EN QUELQUES MOTS	116
3.2.2.	ORGANISATION DU CONSORTIUM EUCLID AU NIVEAU INTERNATIONAL :	118
3.2.3.	L'ORGANISATION AU NIVEAU FRANÇAIS.....	121
3.3.	LA MISSION NEWATHENA	123
3.3.1.	LA MISSION NEWATHENA EN QUELQUES MOTS	123
3.3.2.	L'ORGANISATION DU CONSORTIUM X-IFU (NEWATHENA) :	125
	CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE	130
	DEUXIEME PARTIE : LA REGLEMENTATION : LEVIER DE CONTROLE OU SOURCE DE DYSFONCTIONNEMENTS ?	133
4.1.	LA CARRIERE DES COMMUNAUTES	136
4.1.1.	LE ROLE DE L'ESA DANS LE FAÇONNEMENT DES COMMUNAUTES.....	141
	<i>Euclid : résultat de la fusion des projets DUNE et SPACE</i>	<i>142</i>
	<i>NewAthena : une mission perpétuellement reconfigurée.....</i>	<i>144</i>
4.2.	LA QUESTION DES MEMBRES DANS LES CONSORTIUMS SCIENTIFIQUES : LE RECRUTEMENT ET LES ENJEUX DE VISIBILITES ASSOCIES.....	145
4.2.1.	LA VISIBILITE : UNE HISTOIRE DE NOMBRE ?	146
4.2.2.	L'ATTRIBUTION DES RESPONSABILITES	149
4.3.	DES PROCESSUS DE RECRUTEMENT DIFFERENTS SELON LE PROFIL DES MEMBRES	154
4.3.1.	LE RECRUTEMENT DE CHERCHEURS AYANT UN STATUT DE PERMANENT	154
4.3.2.	LE RECRUTEMENT DES PARTENAIRES INTERNATIONAUX.....	156
4.3.3.	LE RECRUTEMENT A DES POSTES NON-PERMANENTS ET LA QUESTION DU TURN-OVER	158
5.1.	DES ORGANISATIONS COMPLEXES ET OPAQUES	166
5.1.1.	UNE ORGANISATION BASEE SUR LA COMPARTIMENTATION	167
5.1.2.	UNE ORGANISATION FRAGMENTEE ET DIFFICILE A SAISIR POUR LES MEMBRES.....	171
5.1.3.	CE QUE FONT LES RESPONSABILITES A L'ORGANISATION	173
5.2.	UNE ORGANISATION MARQUEE PAR DES ENJEUX DE POUVOIR NATIONAUX, INSTITUTIONNELS ET INDIVIDUELS	175
5.2.1.	UNE HIERARCHISATION DES TACHES ET DES RESPONSABILITES ASSOCIEES.....	175
5.2.2.	L'IMPORTANCE DES RESPONSABILITES POUR LES INDIVIDUS	178
5.2.3.	QUAND LA COMPLEXITE ENTRAINE DES DYSFONCTIONNEMENTS	179
5.3.	LA COMMUNICATION ET LA COORDINATION AU SEIN DES CONSORTIUMS	181
5.3.1.	LES INTERACTIONS ENTRE LES MEMBRES	182
5.3.2.	LES OUTILS DE COMMUNICATION	183
5.3.3.	LES EFFETS DE LA CRISE SANITAIRE SUR LA COOPERATION	185
5.3.4.	LES CONSORTIUMS MEETINGS	188
6.1.	LES ETUDES SUR LES TECHNOLOGIES A RISQUES	192
6.1.1	CHARLES PERROW ET LA THEORIE DE L'ACCIDENT NORMAL	192

6.1.2	HIGH RELIABILITY THEORY (HTR)	195
6.1.3	LA CATASTROPHE CHALLENGER : DEUX EXPLICATIONS POUR UN MEME EVENEMENT.....	197
6.2	UNE VOLONTE DE REDUIRE OU DU MOINS LIMITER LES DYSFONCTIONNEMENTS	203
6.2.1	LA QUALIFICATION DES RISQUES	204
6.2.2	LA LIMITATION DES RISQUES DES INSTRUMENTS.....	206
	<i>Le cas de l'instrument NISP</i>	210
6.2.3	LA DOCUMENTATION COMME REMEDE AUX DYSFONCTIONNEMENTS ?	217
7.1.	EUCLID ET SON DISPOSITIF DE <i>TRACKING</i>	223
7.1.1.	DES NIVEAUX D'ADHESION	223
7.1.2.	LA MISE EN PLACE DU LOGICIEL DE TRACKING	224
7.1.3.	L'ABSENCE DE REGLES CLAIRES CONCERNANT LA VALIDATION	226
7.2.	LES ARTICLES : LA PIERRE ANGULAIRE DE L'EVALUATION SCIENTIFIQUE	229
7.2.1.	LA SIGNATURE SCIENTIFIQUE	229
7.2.2.	L'EVALUATION DE LA RECHERCHE : UNE QUESTION DE NOMBRE ?	231
7.2.3.	LES PUBLICATIONS AU SEIN DE X-IFU	234
7.2.4.	LES PUBLICATIONS AU SEIN D'EUCLID	236
7.3.	LES PUBLICATIONS UN ENJEU DE VISIBILITE ?	240
7.3.1.	L'AVANTAGE CUMULATIF	240
7.3.2.	UNE RECHERCHE DE VISIBILITE NATIONALE ET INSTITUTIONNELLE	244
8.1.	EUCLID : LES PUBLICATIONS COMME OBJET D'ETUDE.....	247
8.1.1.	DES PUBLICATIONS DIFFICILES A ANALYSER	247
8.1.2.	LES TYPES DE PUBLICATIONS	249
8.2.	LES SIGNATURES ET LES SIGNATAIRES : UNE DISTINCTION IMPORTANTE.....	251
8.2.1.	UNE REPARTITION GEOGRAPHIQUE DIFFERENCIEE DES SIGNATURES ET SIGNATAIRES.....	251
8.2.2.	LES DIFFERENTS STATUTS ET LEUR REPARTITION PAS PAYS	253
8.3.	PUBLICATIONS : DES LOGIQUES NATIONALES ?	256
8.3.1.	UNE DESCRIPTION STATISTIQUE DES SIGNATAIRES	256
8.3.2.	QUAND L'APPARTENANCE NATIONALE JOUE UN ROLE DANS LES PUBLICATIONS : LE CAS DES PAYS LES PLUS PROLIFIQUES AU SEIN DE LA COOPERATION	258
8.3.3.	UNE REPARTITION NATIONALE TRES CONCENTREE	262
	CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE	268
	TROISIÈME PARTIE :	273
	<i>LES CULTURES COMME LEVIERS DE REGULATION ?</i>	273
9.1.	LES CULTURES COMME OBJET D'ETUDES EN SCIENCES SOCIALES.....	276
9.1.1.	L'APPROCHE CULTURALISTE.....	276
9.1.2.	L'APPROCHE DES <i>CULTURAL STUDIES</i>	281
9.2.	DES ETUDES PIONNIERES SUR LA CULTURE ET LES ORGANISATIONS.....	286
9.2.1.	LES PROGRAMMATIONS MENTALES COMME EXPLICATION DES DIFFERENCES CULTURELLES.....	286
9.2.2.	LES ORGANISATIONS COMME FRUIT D'UNE HISTOIRE NATIONALE.....	291
9.2.3.	LES ORGANISATIONS SCIENTIFIQUES INTERNATIONALES	293
10.1.	DES DIFFERENCES DE CULTURE INSTITUTIONNELLE	297
10.1.1.	L'INSTRUMENT ET LES DIFFERENTES INSTITUTIONS.....	297
10.1.2.	DES DIFFERENCES ORGANISATIONNELLES EN FONCTION DU TYPE D'INSTITUTS	300

10.1.3.	QUAND LA COOPERATION LAISSE PLACE A LA COMPETITION	302
10.2.	LES CHERCHEURS ET LES INGENIEURS : DEUX MONDES QUI DOIVENT APPRENDRE A COHABITER	304
10.2.1.	DES PROFESSIONS AVEC DES FINALITES DIFFERENTES	305
10.2.2.	L'ADAPTATION DES ACTEURS FACE A CES DIFFERENCES CULTURELLES	310
10.2.3.	LE LANGAGE : UNE QUESTION DE SOCIALISATION PROFESSIONNELLE ?	313
10.3.	LES SCIENCES DE L'UNIVERS : UNE BRANCHE DISCIPLINAIRE EN PLEIN BASCULEMENT ORGANISATIONNEL.....	316
10.3.1.	L'EMERGENCE D'UN NOUVEAU MONDE D'ACTEURS AUTOUR DE LA PROGRAMMATION.....	316
10.3.2.	LA PROGRAMMATION : UN MONDE A LA JONCTION DE LA SCIENCE ET DE L'INGENIERIE	321
10.3.3.	LA PHYSIQUE DES PARTICULES COMME IDEAL A ATTEINDRE	325
11.1.	LES CULTURES NATIONALES	330
11.1.1.	LE LANGAGE : LE PREMIER SIGNE DE DIFFERENCES CULTURELLES ?.....	330
11.1.2.	UN APLANISSEMENT DES DIFFERENCES CULTURELLES ?	334
11.1.3.	LES DIFFERENCES CULTURELLES : ENTRE PREJUGES ET REALITES OBJECTIVES	336
11.2.	LES CONSORTIUMS : UN RASSEMBLEMENT DE COMMUNAUTES NATIONALES ?	339
11.2.1.	DES STRATEGIES DIFFERENTES	340
11.2.2.	DES ORGANISATIONS DIFFERENCIEES.....	343
11.2.3.	EUCLID : UN ENONCE PERFORMATIF ?.....	346
11.3.	LES PUBLICATIONS COMME REFLETS DE LA COOPERATION AU SEIN DU CONSORTIUM EUCLID 350	
11.3.1.	LA STRUCTURE DU RESEAU DE COOPERATION SUR LA PERIODE 2019-2024	351
11.3.2.	L'EVOLUTION DES RESEAUX DE COOPERATION AU SEIN DU CONSORTIUM EUCLID	355
	<i>2019 : l'isolement des communautés ?.....</i>	<i>356</i>
	<i>2020 : l'apparition d'une structure en maille.....</i>	<i>357</i>
	<i>2021 : Une densification relationnelle au sein des communautés.....</i>	<i>360</i>
	<i>2022 : Une densification et complexification du réseau de coopération</i>	<i>362</i>
	<i>2023 : Un retour à une structure communautaire plutôt nationale</i>	<i>365</i>
	<i>2024 : Un réseau fortement polarisé</i>	<i>368</i>
	CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE	373
	CONCLUSION GENERALE.....	375
	BIBLIOGRAPHIE	384
	ANNEXE 1 : LISTE DES ENTRETIENS	404
	ANNEXE 2 : REPARTITION DES SIGNATAIRES ET DES SIGNATURES.....	406
	ANNEXE 3 : REPARTITION DES STATUTS.....	408
	ANNEXE 4 : REPARTITION DES SIGNATAIRES PAR NOMBRES DE SIGNATURES.....	413
	ANNEXE 5 : REPARTITION DU NOMBRE DE SIGNATURES PAR SIGNATAIRES POUR L'ALLEMAGNE, L'ESPAGNE, LA FRANCE, L'ITALIE ET LE ROYAUME-UNI	421
	ANNEXE 6 : REPARTITION DES SIGNATAIRES PAR VILLES.....	432

Liste des acronymes

ASI	Agenzia Spaziale Italiana
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique
CNES	Centre National d'Études Spatiales
CoB	X-IFU Consortium Board
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
ECB	Euclid Consortium Board
ECEB	Euclid Consortium Editorial Board
ECL	Euclid consortium Lead
ECMC	Euclid Consortium Membership Committee
ECPG	Euclid Consortium Publication Group
ELDO	European Launcher Development Organisation
EM	Engineering Model
ERO	Early Release Observation
ESA/ ASE	European Space Agency/ Agence spatiale européenne
ESRO	European Space Research Organisation
ESTEC	European Space Research and technology Centre
FM	Flight Model
IASF-MI	Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica cosmica Milano
INAF	Istituto Nazionale Di Astrofisica
IP2I	Institut de Physique des 2 Infinis
IRAP	Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
KPP	Key Project Paper
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NISP	Near Infrared Spectrometer and Photometer
PI	Principal Investigators
PM	Project Manager
QM	Qualification Model
ROE	Le Royal Observatory Edinburgh
SDC	Science Data Center

SGS	Science Ground Segment
SPP	Standard Project paper
SWG	Science Working Group
VIS	visible instrument
WP	Work Package
XCMT	X-IFU Consortium Management Team
X-IFU	X-ray Integral Field Unit
XPB	X-IFU Publication Board
XSAT	X-IFU Science Advisory Team

Introduction générale

L'intérêt que l'espèce humaine porte à l'espace ne date pas d'hier. Cette zone à la fois si proche et si lointaine a fait l'objet de nombreux fantasmes ainsi que de convoitises. La compréhension de l'espace a toujours eu une place importante, principalement dans les sciences mais pas seulement. Son exploration a fait l'objet de nombreuses productions, qu'elles soient scientifiques ou relevant d'une dimension artistique – liée entre autres à la Science-Fiction. Les liens entre ces deux mondes sont nombreux et, ensemble, ils ont permis de façonner un imaginaire entourant le spatial et les activités associées. L'attention portée à l'espace a connu son apogée pendant la Guerre Froide où la course à l'espace (*Space Race*) opposa les États-Unis et l'URSS.

Cependant, dernièrement, nous pouvons constater une recrudescence de l'intérêt pour le secteur spatial et l'introduction de nouveaux acteurs du secteur privé. La mission « Polaris Dawn », largement médiatisée, est un excellent exemple d'un processus de privatisation et de commercialisation du secteur spatial. La spécificité de cette mission – qui s'est déroulée du 10 au 15 Septembre 2024 et dont l'équipage était composé de quatre astronautes amateurs – est qu'elle était entièrement privée et a fait l'objet de la première sortie extravéhiculaire privée de l'histoire.

Le secteur spatial connaît également ce qu'on pourrait nommer un « renouveau organisationnel » qui marque une nouvelle ère de l'exploration spatiale : le *New Space*. Celle-ci « désigne un mouvement rapide d'émergence de nouveaux acteurs modifiant les dynamiques des politiques spatiales mondiales, et que désormais des entreprises privées ont la maîtrise nécessaire pour proposer aux États des programmes spatiaux « clé en main » : de la conception au lancement du segment orbital, parfois même en passant par la gestion du segment sol. Substantiellement, certaines entreprises comme SpaceX ou Rocket Lab se fixent des objectifs mettant fin au monopole de l'État

sur les programmes spatiaux. Ces mutations viennent alors compléter la culture spatiale états-unienne au plan politique et philosophique. » (Dufay, 2021).

Arnaud Saint-Martin s'est intéressé à la notion de *New Space* (Saint-Martin, 2021), Il montre une nette augmentation des investissements dans le secteur privé majoritairement à destination des entreprises reconnues dans le secteur spatial. Une partie est toutefois canalisée par les start-ups et les financements *« servent aussi la croissance d'un écosystème de start-ups toujours plus structuré depuis le début de la décennie 2010, et que viennent désormais conforter les acteurs publics par le jeu de mécanismes et dispositifs de financement adaptés – en particulier, des fonds de capital-risque »* (Saint-Martin, 2021, p. 121). Cela va également de pair avec l'émergence de figures qui se veulent (ou se prétendent) philanthropiques – telles que Jeff Bezos et Elon Musk – accompagnées d'une vision d'une conquête spatiale qui se présente comme humaniste et désintéressée. Arnaud Saint-Martin qualifie cela de « philanthrocapitalisme ». Bien que ce phénomène soit présent aux États-Unis depuis les années Reagan¹, il connaît une nette intensification et la création de capital-risque par les organismes publics et à destination des *start-ups* a désormais touché l'Europe et la France. CosmiCapital est par exemple un fonds mis en place en 2018 et visant à soutenir les start-ups françaises tandis que L'*European Space Agency* (ESA) a créé un partenariat avec la firme Seraphim Capital en 2017. Ainsi, *« Ces partenariats public-privé sont donc réalisés par le biais d'instruments financiers dont la logique de base est la croissance et la rentabilité express. »* (Saint-Martin, 2021, p. 138)

L'intérêt porté aux activités du secteur privé ne se traduit pas, cependant, par un désintérêt pour les activités spatiales plus traditionnelles, bien au contraire. Les missions telles que Persévérance en 2021 et celles de Thomas Pesquet à bord de l'*International Space Station* (ISS), en 2016 et 2021, en sont de bonnes illustrations. La première a suscité un grand intérêt car il s'agissait d'une mission de la NASA qui avait pour objectif d'envoyer un rover sur Mars, suite à la mission Curiosity en 2019. En ce qui concerne les secondes, le séjour de 2021 a été particulièrement médiatisé car Thomas Pesquet a

¹ Reagan a mis en place *« l'Office of Space Commerce »*.

été le premier Français nommé commandant de l'ISS. Les activités spatiales se sont développées et diversifiées, avec l'appui notamment du secteur privé, mais la place des États dans ce domaine ne s'est pas pour autant effacée, le spatial demeure un enjeu géopolitique majeur.

Au sein de l'Union européenne, il existe ainsi une volonté d'eupéanisation des politiques spatiales (Traité de Lisbonne (2007)) dont l'objectif est de faire de l'Union Européenne une puissance spatiale en capacité de concurrencer les États-Unis, la Chine et la Russie (Lamy et Saint-Martin, 2013). En effet, il est évoqué dans l'article 189 du traité de Lisbonne :

« Afin de favoriser le progrès scientifique et technique, la compétitivité industrielle et la mise en œuvre de ses politiques, l'Union élabore une politique spatiale européenne ». Cette compétence s'accompagne d'un rôle accru du Parlement européen, pour l'établissement des mesures nécessaires en vue d'en atteindre les objectifs : « le Parlement européen et le Conseil (...) établissent les mesures nécessaires, qui peuvent prendre la forme d'un programme spatial européen, à l'exclusion de toute harmonisation des dispositions législatives et réglementaires des États membres » (Naja, 2012, p. 108)

L'European Space Agency représente à la fois la concrétisation et l'institutionnalisation de l'effort joint des gouvernements européens, des industries et des universités tournées vers le domaine spatial et entretient des liens de plus en plus étroits avec l'Union Européenne. Ses objectifs originaux étaient de créer une communauté européenne du spatial et de contribuer à mettre fin à une histoire européenne marquée par les guerres (Zabusky, 1995). En s'inscrivant dans le contexte des activités de l'ESA, cette thèse propose d'étudier deux missions scientifiques : Euclid et NewAthena. L'objectif sera de s'intéresser à la phase d'élaboration et de conception d'une mission de l'agence spatiale européenne en étudiant, principalement, le consortium Euclid.

Le satellite Euclid a été lancé avec succès le 1^{er} Juillet 2023 depuis la base de Cap Canaveral située en Floride. Très rapidement, les photos prises par le satellite ont été

rendue publiques, ce qui démontre la réussite technique du télescope. De nombreuses déclarations louant le succès d'Euclid ont été faites et notamment celle du directeur général de l'ESA :

« Je tiens à féliciter et à remercier toutes les personnes qui ont contribué à faire de cette ambitieuse mission une réalité, reflet de l'excellence européenne et de la collaboration internationale. Les premières images capturées par Euclid sont impressionnantes et nous rappellent pourquoi il est essentiel d'aller dans l'espace pour en apprendre davantage sur les mystères de l'Univers. »²

Le lancement de la mission Euclid ainsi que la phase d'exploitation des données, par le consortium Euclid, sont l'aboutissement d'un long processus de collaboration entre plusieurs acteurs de nationalités et de professions différentes. C'est ce processus de coopération qui a mené au lancement de ce satellite qui fera l'objet de cette présente thèse.



Figure 1 Image de la galaxie spirale IC 342 prise par Euclid³

² Source : site internet de l'ESA

(https://www.esa.int/Space_in_Member_States/France/Premieres_images_d_Euclid_L_eblouis_sante_lisiere_de_l_obscurite), visité le 22/10/2024

³ Site internet de l'ESA

(https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2023/11/Euclid_s_view_of_spiral_galaxy_IC_3)

Comment l'espace est devenu un objet d'étude en sociologie et en anthropologie ?

Les recherches sur le secteur spatial sont abondantes en histoire mais restent moins nombreuses en sociologie et en anthropologie. Le sujet de l'espace est surtout investi par les historiens et certains acteurs du spatial qui vont se concentrer sur l'histoire de la conquête spatiale et, plus récemment, sur le renouveau de cette conquête, le « *New Space* ». Au contraire de cet intérêt des historiens, peu de recherches en sociologie des sciences ont porté sur les formes concrètes de la coopération scientifique internationale. Certes, les travaux sur le champ scientifique sont aujourd'hui nombreux (Bourdieu, 1975, 1976) ; (Gingras, 1991, 2018a, 2018b) ; (Pontille, 2004)). Les recherches autour des disciplines, des spécialités et des professions (Shinn, 1980) ; (Lemaine et al., 1976) ; (Vinck et Laureillard, 1999) ont notamment permis de saisir les différentes manières de concentrer des compétences et des ressources techniques et cognitives. Elles rejoignent les propositions du sociologue américain Abbott (Abbott, 1988) sur l'écologie des professions.

Cependant, les études de laboratoire ont surtout favorisé le rôle des objets et des instruments, mettant quelque peu de côté une approche organisationnelle de la science (Latour et Woolgar, 1988). C'est davantage du côté des sociologues de l'instrumentation scientifique que l'on trouve une réflexion approfondie sur les apprentissages communs et collectifs, les logiques disciplinaires, l'appréhension d'un vocabulaire, d'une série de réflexes (Galison, 1997 ; Grossetti et Boë, 2008 ; Marcovich et Shinn, 2012 ; Shinn, 1980, 2000).

Néanmoins, si les sociologues ont plutôt privilégié l'étude des laboratoires ou des instruments, certaines recherches en sociologie et en anthropologie ont été menées. Nous tâcherons ici de dresser une cartographie non-exhaustive de ces différentes études et de leurs objets. Dans cette perspective, nous pouvons citer des études qui s'intéressent d'une

[42](#)), visité le 26/03/2025. Crédit ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by J.-C. Cuillandre (CEA Paris-Saclay), G. Anselmi

part aux organisations liées au spatial ou d'autre part aux enjeux politiques de ce domaine.

Les organisations du spatial

Le secteur spatial est clairement relié à la notion de *Big Science* (Price, 1963) qui désigne une organisation de la recherche qui conjugue l'implication de chercheurs toujours plus nombreux, de budgets toujours plus importants et de programmes toujours plus internationaux. Cette perspective est en partie liée à un contexte qui est celui des années 1960, c'est-à-dire d'une société postindustrielle marquée par une croissance rapide et des progrès considérables dans les conditions de vie des populations des pays développés. Derek de Solla Price, le principal promoteur de cette notion, met également en avant l'organisation interne du domaine scientifique : les « collèges invisibles ». Il décrit un domaine structuré par des régulations en partie inconscientes mais très prégnantes. Les chercheurs sont tous capables d'évaluer leur rang respectif, de travailler à leur carrière et de gérer des interactions et des coopérations en face à face ou à distance. Ces dernières décennies les organisations scientifiques ont également crû en termes de taille, notamment les différentes agences spatiales telles que, en Europe, l'European Space Agency (ESA) et, en France, le Centre National d'Études Spatiales (CNES).

Dans *Launching Europe, an ethnography of european cooperation in space science* (Zabusky, 1995), Stacia E. Zabusky s'est précisément intéressée à la question de la coopération au sein de l'ESA, et plus particulièrement à l'ESTEC qui a constitué son terrain de recherche. Elle met en avant la notion de « *working together* » car les enquêtés préféraient l'utilisation de ce terme plutôt que celui de coopération. Elle montre également qu'une coopération est à la fois une structure et une pratique (« *the practice of cooperation* »). Cette étude nous apporte donc une meilleure compréhension des pratiques de coopérations et des logiques organisationnelles dans un environnement scientifique et technologique complexe. La particularité résidant également dans le caractère multiculturel de cette organisation puisqu'elle regroupe des individus venant de différents pays européens – dont l'objectif est de coopérer ensemble sur les missions scientifiques de l'ESA.

Dans cette même perspective visant à étudier les organisations, l'ouvrage de Julie Patarin-Jossec (2021) fait une description détaillée des acteurs et des organisations prenant part au vol habité de la station spatiale internationale (ISS). Cette recherche ethnographique met en exergue l'histoire sociale du vol habité et ses ancrages culturels qui ont participé à forger les représentations des astronautes et des cosmonautes. Entre autres, elle va montrer l'existence d'une opposition entre deux modèles culturels : la figure de « l'astronaute-explorateur » pour l'occident et de l'autre la figure du « cosmonaute-héros socialiste » pour la Russie. Lors de cette recherche, elle va également s'intéresser à l'organisation, ou plutôt les organisations, entourant les vols habités au sein de l'ISS. Pour cela, elle va se focaliser sur le métier d'opérateur et montrer une organisation très bureaucratique, héritée de la NASA, pour les agences rattachées au segment de la NASA à bord de l'ISS : l'USOS (*United States Orbital Segment*). Ce rattachement a entraîné une ressemblance organisationnelle à celle de la NASA, permettant ainsi une standardisation des procédés et « *les distinctions culturelles tendent ainsi à s'effacer sous le poids d'un langage bureaucratique commun* » (Patarin-Jossec, 2021, p. 143).

L'organisation du support sol au sein de l'ESA, le Columbus Control Centre (Col-CC)⁴, est décrit comme ayant un schéma de communication complexe entre les différents maillons qui composent l'équipe au sol :

« Cette communication s'effectue « sur les loops », ces chaînes de communications radio depuis lesquelles s'opère une savante division du travail hiérarchisée : les opérateurs des Usoc responsables d'une expérience communiquent avec l'opérateur Col-Flight, qui transmet à son tour à l'opérateur Eurocom afin que ce dernier communique avec l'astronaute. Ainsi, lors du suivi au sol d'une expérience que réalise un astronaute, cette chaîne de délégation régira chaque seconde que dure l'activité supervisée. » (Patarin-Jossec, 2021, p. 141-142)

⁴ Centre de l'ESA qui se situe en Allemagne à Cologne

Un fort système de délégation est mis en place au sein de l'ESA et plusieurs équipes d'opérateurs et de scientifiques doivent se coordonner en permanence et connaître la juridiction de chacun qui est souvent très spécifique. Tout au sein de l'ISS est encadré par un grand nombre de procédures et de règles. Certaines de ces règles peuvent paraître absurdes comme le montre le passage sur l'utilisation d'un câble de l'ESA par un astronaute de la NASA pour charger sa tablette alors qu'« *un câble ESA ne peut pas être utilisé en dehors d'une activité européenne sans demande et accord préalable* ». (Patarin-Jossec, 2021, p. 158).

Dans cette approche par les organisations, Janet Vertesi (2020) s'est intéressée aux liens qui existent entre les organisations et les connaissances. En d'autres termes, comment l'organisation d'une mission va avoir un effet sur la production des connaissances. Elle a étudié deux missions de la NASA – Helen (Saturne) et Paris (Mars) – qui engageaient plusieurs disciplines, instituts et pays. Chaque sous-groupe ayant sa propre vision de ce que devrait être la mission, qui doit avoir la primauté dans le processus de décision ? L'auteur va donc décrire des liens entre la structure organisationnelle, le modèle de connaissance et les objectifs de la mission. Ainsi, dans le cas d'Helen c'est une organisation matricielle avec notamment plusieurs *Principal Investigators* (PIs) et environ 300 membres où l'accent était mis sur l'autonomie et l'équité entre les différents groupes. À contrario, la mission Paris était de moindre envergure avec 150 personnes et un seul PI. L'accent était mis sur la collaboration et le partage c'est-à-dire avec pour objectif qu'une observation puisse être utilisée à des fins multiples. Ces différences organisationnelles résultèrent en des résultats scientifiques différents puisque dans le cas de Paris, la combinaison des données produisait des résultats synthétiques tandis que l'organisation d'Helen favorisait plutôt le développement d'une connaissance délimitée par la sous-discipline dont elle émanait (Vertesi, 2020).

Par conséquent, Janet Vertesi (2020) montre le lien entre la forme que prend une organisation et la production scientifique qui en résulte. Cette étude pointe donc l'importance d'une approche par les organisations pour étudier les missions scientifiques. Cette étude ouvre des perspectives intéressantes en sociologie des sciences, des organisations et des connaissances. Pour notre part, nous chercherons de manière

complémentaire à étudier le poids des organisations dans le processus de coopération et comment les différentes cultures vont affecter la forme organisationnelle que prennent ces collaborations.

Diane Vaughan (Vaughan, 1996), quant à elle, s'est intéressée à la catastrophe Challenger survenue en 1986. L'explosion de la navette spatiale coûta la vie à l'ensemble de l'équipage alors que le vol était fortement médiatisé et diffusé en direct. Pour comprendre les raisons de ce drame, elle s'est intéressée à l'organisation de la NASA et a mis en exergue l'acceptation de plus en plus forte de dysfonctionnements qui mena à cette catastrophe. Elle nomma cela « *la normalisation de la déviance* ». Elle pointa ainsi l'importance des liens entre la structure et les comportements des individus. L'étude de Diane Vaughan permet donc une meilleure compréhension des enjeux entourant les organisations à haut-risques ainsi que les structures, les réglementations et les processus qui les sous-tendent.

Les agences spatiales sont donc des organisations complexes, fortement réglementées dont le principal objectif est de participer à l'élaboration et la mise en place des programmes spatiaux. La coopération internationale prend une place importante dans les activités spatiales et a été documentée dans le cadre des agences spatiales. Ce présent travail de thèse s'inscrit dans la continuité de cette approche par les organisations. La différence notable réside dans le type d'organisation faisant l'objet de cette recherche. Bien que les consortiums scientifiques soient directement liés et rattachés aux différentes agences spatiales (nationale et européenne), ils gardent une certaine autonomie vis-à-vis de ces dernières. Les autres spécificités résident dans le caractère immatériel de ces organisations ainsi que le type de population qui la compose. A contrario des agences, elles sont majoritairement composées de scientifiques.

Le spatial en tant qu'enjeu organisationnel et politique

Des études ont également porté sur les enjeux organisationnels et politiques liés à l'espace. Les études menées par Jérôme Lamy sur l'agence spatiale française en sont un bon exemple. La première porte sur la décentralisation du CNES à Toulouse (Lamy,

2011) et la seconde sur le conseil d'administration du CNES (Lamy, 2021). Cela nous permet de comprendre les logiques politiques et le registre de justifications qui ont mené à la création du CNES en 1961 ainsi qu'à sa délocalisation partielle en 1963 à Toulouse. En effet, en France, l'espace est devenu un enjeu sous le général de Gaulle qui créa le secrétariat à la recherche spatiale en 1958 et un comité de recherches spatiales dont l'objectif était de « *présenter des propositions au Premier ministre pour l'établissement et l'exécution d'un programme de recherches spatiales* » (Lamy, 2011). La création du CNES se fera donc en 1961 suite à une décision au conseil des ministres. La création du centre toulousain en 1963 est liée à la politique de décentralisation mise en œuvre sous De Gaulle et à la volonté du préfet de Toulouse de créer une « grandeur » toulousaine.

Le conseil d'administration du CNES, quant à lui, est particulier en comparaison à d'autres entreprises privées, car il est à la jonction entre le régime réglementaire et le régime utilitaire. Cela s'explique par les différentes tutelles ministérielles et surtout celle de la Défense. Le CNES a ainsi comme double objectif d'être un établissement scientifique et commercial. « *Le décret (du 28 Juin 1984) donne donc des moyens de surveillance et d'action au CA pour œuvrer simultanément au sein du régime réglementaire (puisque'il s'agit de gérer au nom de l'État les intérêts spatiaux, notamment à l'international) et dans le régime utilitaire (puisque c'est au CA de suivre les accords marchands).* » (Lamy, 2021). Les membres du CA ne sont pas forcément issus du secteur spatial, ils ont essentiellement des compétences administratives, cependant le comité des programmes du CNES l'informe des choix scientifiques disponibles. Le CA du CNES est également marqué par une forte représentation de diplômés de l'école Polytechnique, ce qui est représentatif du secteur spatial et des institutions françaises. Nous noterons également que beaucoup de membres du CA passent du secteur public au secteur privé, il n'est donc pas rare de voir un ancien membre représentant de l'État revenir en tant que représentant d'une entreprise privée et vice versa (Lamy, 2021).

Les dimensions politiques et économiques ont donc des places importantes au niveau des agences spatiales et cela se retrouve également dans les liens que les différentes agences entretiennent entre elles. Ces études mettent par ailleurs en avant des aspects que nous retrouverons sur notre propre terrain : l'imbrication des dimensions techniques,

économiques et politiques, mais aussi la difficulté à réellement les articuler ; le caractère très mobile de carrières qui passent du secteur scientifique au secteur administratif ou politique ; et bien sûr l'importance du secteur spatial en ce qu'il est l'un des marqueurs qui établissent la grandeur d'un État, son rang au niveau international.

Dans cette perspective qui dévoile les enjeux politiques et géopolitiques entourant l'espace, nous pouvons également citer les travaux d'Isabelle Sourbès-Verger (2002, 2019, 2022, 2024). La puissance spatiale d'un État prend plusieurs formes : sa capacité à mener des missions spatiales habitées ainsi que sa capacité satellitaire ayant pour objectifs des applications civiles et/ou militaires (Sourbès-Verger, 2024). Dès les prémices de l'exploration spatiale, l'espace a été une extension des « rivalités terrestres » avec la Guerre froide qui a fait de l'espace un territoire d'affrontements symboliques et idéologiques entre les deux super puissances (Sourbès-Verger, 2022, 2024). Là aussi, nous voyons donc que les capacités spatiales continuent d'être un marqueur de la grandeur d'un État sur la scène internationale (Sourbès-Verger, 2019, 2022, 2024).

L'espace reste également un territoire d'affrontements symboliques même si les acteurs ont changé – notamment avec l'émergence de pays comme la Chine, l'Inde et le Japon. L'hégémonie des États-Unis n'en est pas pour autant réellement menacée même s'ils persistent à dépeindre la Chine comme étant leur principal rival dont l'ambition spatiale amènerait, in fine, à léser les activités américaines (Sourbès-Verger, 2019, 2024).

« De ce point de vue, alors que les ambitions indiennes ne suscitent qu'un intérêt relatif, la résurgence d'une concurrence avec la Chine remplit pour les États-Unis une double fonction. La première est de mobiliser les énergies, les soutiens politiques et les financements en crédibilisant la nécessité absolue d'un effort national. La seconde est de retrouver le fil d'un récit dont l'issue est favorable puisque les États-Unis sont sortis grands vainqueurs de la compétition avec l'Union soviétique. (...) Pour la Chine, la situation est autre. La diabolisation qui s'exerce à son encontre dans certains discours américains a l'avantage de crédibiliser ses capacités quitte à les surestimer. » (Sourbès-Verger, 2024, p. 15)

Le Traité de l'espace de 1967 garantit la non appropriation, la libre circulation et un usage pacifique de l'espace (Sourbès-Verger, 2002, 2022) mais sans pour autant empêcher « *un usage militaire non offensif* ». Les activités spatiales sont ainsi tournées vers une finalité civile (espace civil) ou militaire (espace militaire) même si la démarcation entre les deux n'est pas toujours claire. La méconnaissance entourant l'espace militaire laisse place à de nombreux mythes et fantasmes dont les raisons sont multifactorielles (Sourbès-Verger, 2002) .

L'une des raisons de cette méconnaissance prend racine dans le caractère secret de ces activités qui est « une composante essentielle de l'espace militaire ». Cela a ouvert la porte à de nombreuses représentations fantasmagoriques qui ont été enrichies par des œuvres de science-fiction telles que *Star Trek* ou *star Wars*. Le « potentiel stratégique » de l'espace en est un autre. De par sa position, l'espace « *permet théoriquement aussi bien d'acquérir des informations sur l'état des forces que de dominer l'éventuel champ de bataille et de communiquer* » (Sourbès-Verger, 2002, p. 171). Sa maîtrise en devient donc cruciale et, dans l'imaginaire collectif, il existe un lien de corrélation entre l'espace et la suprématie militaire d'un État. Le dernier facteur étant lié au contexte de la guerre froide qui a participé à une « vision menaçante » de l'espace. Tout cela a donc participé à développer des mythes entourant les activités et les capacités militaires des États (Sourbès-Verger, 2002).

La place des activités spatiales en Europe a également pris une dimension plus politique ces dernières années. Cela passe par la mise en place de politiques, de programmes et d'organes s'orientant vers la défense et la sécurité – que ce soit au niveau national ou européen (Klimburg-Witjes, 2024 ; Lamy et Saint-Martin, 2013 ; Sourbès-Verger, 2024). Ainsi, le discours politique met l'accent sur la nécessité d'avoir un accès indépendant à l'espace qui est perçu comme un moyen de garantir l'autonomie stratégique de l'Europe – discours devenu plus prégnant au vu de la situation géopolitique actuelle – et donc sa place d'acteur majeur (Klimburg-Witjes, 2024). C'est dans cette visée que le programme de lanceurs Ariane 6 a été mis en place en 2014. L'imaginaire sociotechnique entourant le développement d'Ariane 6 s'est ainsi construit dans une vision antagoniste vis-à-vis des autres puissances spatiales. En d'autres termes,

cet imaginaire sociotechnique est basé notamment sur la crainte que l'Europe perde de sa puissance en ne s'engageant pas dans son autonomie stratégique – par le biais d'un lanceur – quand les autres ont un accès autonome à l'espace (Klimburg-Witjes, 2024).

L'espace est donc un territoire particulier en raison de sa position géographique et de l'importance de sa maîtrise. La coopération spatiale est, en quelque sorte, un miroir des relations qu'entretiennent les États entre eux. La capacité spatiale d'un pays joue sur son image (en termes de grandeur) dans la communauté internationale – que les activités soient civiles et/ou militaires. Il n'est donc pas incongru de retrouver cette dimension politique au sein des organisations qui les sous-tendent. Dans le cadre de cette thèse, il s'agira de s'interroger sur l'importance des enjeux politiques et des stratégies nationales à l'œuvre dans les coopérations qui participent aux missions scientifiques de l'ESA. La recherche que nous exposerons dans cette thèse se situera ainsi dans la continuité des études que nous venons d'évoquer, notamment celles qui mettent l'accent sur les organisations. Nous mettrons une focale sur les coopérations scientifiques dans le domaine spatial. L'originalité de cette recherche portera sur le type d'organisation que nous nous proposons d'étudier : les consortiums.

Les coopérations scientifiques

Dans l'article « What is research collaboration », Sylvan Katz et Ben R. Martin (1997) mettent en avant les difficultés à définir et à saisir une collaboration – que ce soit par des méthodes qualitatives ou quantitatives. Bien que mesurer les collaborations par le biais des signatures multiples ait de nombreux avantages, cela ne permet pas totalement de saisir l'ensemble du processus de collaborations car il peut prendre de nombreuses formes – de la plus formelle à la plus informelle.

“However, the assumption that multiple-authorship and collaboration are synonymous must be qualified with the recognition that in some instances not all those named on a paper are responsible for the work

and should not share the credit accorded to it.”(Katz et Martin, 1997, p. 3)

Ils proposent donc une série de critères qui permettent de définir des individus comme étant des collaborateurs. Ainsi, ils doivent travailler ensemble sur le projet de manière prolongée. Sont également considérés comme collaborateurs les individus dont le nom apparaît sur la proposition de projet et ceux qui sont responsables d’un élément important de la recherche. Ils excluront systématiquement les personnes qui ont travaillé sur le projet de manière sporadique et ceux qui n’ont pas le statut de chercheurs – ils considèrent que les techniciens et les assistants de recherche ne sont pas des collaborateurs. Pour cette recherche, nous inscrivant au contraire dans le prolongement de recherches qui ont mis en avant le rôle des techniciens et des ingénieurs, mais aussi des chercheurs spécialisés dans l’instrumentation, dans la recherche, nous considérerons comme collaborateurs les individus ayant activement participé à l’élaboration de la mission Euclid – quel que soit leur statut ou leur profession.

Définir une coopération

Parler de la coopération sous-entend de définir ce qu’on entend par coopérer. Margaret Mead a défini la coopération comme le fait de travailler ensemble pour arriver à un objectif initial (Mead, 1937). Stacia E. Zabusky (Zabusky, 1995) va plus loin en s’intéressant aux pratiques de coopération (« *the practice of cooperation* »). Pour Stacia E. Zabusky, la coopération est ainsi vue à la fois comme une structure et comme une pratique. *L’European Space Agency*, par le biais de sa politique et de sa bureaucratie, établit les bases du « travailler ensemble » et elle crée le contexte et les moyens pour les interactions : « *the boundary conditions* ». Les scientifiques et les ingénieurs doivent alors faire avec ces « frontières » qui sont établies par l’ESA. Il en découle un découpage des tâches, une organisation bureaucratique et une certaine composition des groupes et des équipes. Les participants doivent faire avec pour le bien de la mission, qu’ils aiment ou non ces conditions (Zabusky, 1995).

Les scientifiques et les ingénieurs qui sont engagés dans des tâches locales ne comprennent pas toujours le lien entre ces dernières et les politiques européennes d'intégration, les raisons économiques, etc. Ils ont également tendance à nier l'importance de cette structure sur leur travail, mais reconnaissent que la bureaucratie de l'ESA les affecte. L'intégration est aussi un concept fort dans son ouvrage, il est intimement lié au processus de coopération et concerne autant les aspects liés à la recherche et au développement de la science que ceux liés à la technologie puisque l'intégration a deux pendants (Zabusky, 1995) :

- 1. L'aspect pratique : faire travailler les personnes ensemble**
- 2. L'aspect technique : avoir tous les composants pour pouvoir travailler ensemble**

Pour cette recherche, nous prendrons la coopération comme étant à la fois une structure au sein de laquelle les individus travaillent ensemble et des pratiques (Zabusky, 1995) pour achever un objectif commun (Mead, 1937). Cette structure est bien souvent extrêmement bureaucratique avec une hiérarchie, des règles et des procédés contraignants. Cela n'est pas sans rappeler la théorie de la régulation sociale (TRS) (Reynaud, 1997) qui est définie par Terressac comme étant « *la manière dont les règles sociales sont élaborées, notamment par l'intervention d'une pluralité d'acteurs ou mises en œuvre y compris grâce à la contribution des destinataires qui ajustent et adaptent la règle en situation* » (de Terressac, 2012). La création de règles formelles et légitimes repose sur la négociation entre plusieurs acteurs – n'ayant pas nécessairement des intérêts convergents. Elles expriment le normatif, c'est à dire comment l'action devrait se dérouler en pratique. Cependant, l'émergence de règles informelles et effectives fait référence à ce que nous pouvons observer dans la réalité de l'action.

Pour autant, cela ne veut pas dire que les règles formelles sont abolies mais juste qu'elles sont ajustées dans le cours de l'action. La TRS considère que les acteurs construisent le système par le biais des négociations et de ce fait, « *les normes et les valeurs ne peuvent pas être posées comme des régulateurs du système social, puisque c'est l'action qui régule le système et contribue à construire ces normes et ces valeurs* » (de Terressac,

2012). Dans cette perspective, il n'existerait pas d'unité au sein d'une communauté mais une forte hétérogénéité qui amènerait au conflit et dont la négociation permettrait un compromis qui ne serait que provisoire car les individus ont des préférences qui ne sont pas stables dans le temps. De plus, la régulation conjointe est le résultat d'un compromis entre la régulation de contrôle (le prescrit) et la régulation autonome (le réel).

Robert Jervis (1997) quant à lui décrit un système comme étant consécutif de la vie sociale et politique et dont de nombreux résultats sont des conséquences involontaires d'interactions complexes. Dans une vision systémique, les actions des acteurs ne sont que très peu définies par le système, le choix des acteurs est souvent influencé par leur croyance de comment devrait être le système. Jervis définit le système de la manière suivante :

« We are dealing with a system when (a) a set of units or elements is interconnected so that changes in some elements or their relations produce changes in other parts of the system, and (b) the entire system exhibits properties and behaviors that are different from those of the parts. » (Jervis, 1997, p. 3)

La vision systémique permet notamment de voir comment des acteurs suivant des stratégies simples et non coordonnées peuvent produire un comportement homogène (agrégat) qui est complexe et ordonné. Les particularités du système ne peuvent donc pas être déduites en fonction de la nature de ses différentes composantes. Une nouvelle caractéristique est attribuable au système entier, le système peut aussi influencer les caractéristiques de ces éléments. Les interconnexions signifient que l'effet immédiat et évident pourrait ne pas être le plus dominant. En effet, le système a des chaînes de conséquences qui s'étendent dans le temps et dans de nombreux domaines, les effets d'une action sont toujours multiples et peuvent être désirables tout comme indésirables. Il y a plusieurs types d'effets du changement (*ou feedback*) :

- On qualifie de **retour positif** quand un changement produit plusieurs changements dans la même direction, cela permet le **changement**.

- On qualifie de **retour négatif** quand le changement est poussé vers un système semblable à l'original, cela permet la **stabilité**.

Cependant, les relations entre chaque partie ainsi que leur contexte de formation sont influencées par de précédentes interactions, qu'elles soient temporelles ou spatiales. De ce fait, quand les interconnexions sont fortes, il est difficile de tracer l'importance d'un changement, ce qui rend le système complexe et difficile à contrôler et donne des résultats qui peuvent être très surprenants. Les acteurs sont pris dans un réseau plus large qu'ils ne le réalisent et ils mettent du temps à s'adapter aux changements. Leur comportement changera dans le temps, il est par conséquent difficile de savoir lorsqu'une politique est un échec ou une réussite. Les actions changent l'environnement dans lequel elles opèrent et sont influencées par ce même environnement, il y a donc un effet circulaire qui est très prégnant dans la vision systémique décrite par Jervis, le temps est capital car il peut produire des résultats différents de ceux initiaux. Les effets cruciaux sont souvent retardés, indirects et médiés, c'est pourquoi les effets indirects sont parfois plus importants que les effets directs. Néanmoins, les acteurs peuvent comprendre assez bien le système pour définir leurs actions en fonction des effets indirects attendus. La complexité des effets du système augmente quand il y a une interaction entre les différentes stratégies, c'est à dire lorsque les acteurs réagissent aux autres en anticipant ce qu'ils pensent que les autres vont faire.

La théorie de la régulation sociale et la vision systémique mettent en avant la capacité des individus à comprendre les règles et le système dans lequel ils sont pris et leur capacité à pouvoir changer le système et les règles. Nous adopterons une vision systémique et nous essayerons de voir comment les interactions entre les individus influencent le système et comment ce dernier influence leur comportement. Ici, l'échelle de notre système sera celui des consortium Euclid et X-IFU – par le biais de leur structure organisationnelle et décisionnelle. Une étude sur les coopérations scientifiques dans le domaine spatial impliquera donc de porter une intention particulière à la structure de celles-ci pour tenter de dégager une forme organisationnelle propre aux consortiums. Une focale particulière sera faite également sur les règles et les procédés mis en place pour réguler les activités et plus précisément les problèmes ainsi résolus et ceux qui

peuvent au contraire en résulter. En d'autres termes, cette présente thèse aura pour objectif de mettre en lumière la régulation sociale à l'œuvre au sein de ces consortiums.

Les coopérations : des organisations conflictuelles ?

Cela rejoint l'idée de Stacia E. Zabusky (Zabusky, 1995) selon laquelle la structure de la coopération ne rend pas les participants passifs. Ils luttent à la fois pour leur individuation et pour des moments de connexion. Cette lutte est amenée par la division du travail qui permet aussi d'établir la pérennité du travailler ensemble et de pallier la dispersion, dans toute l'Europe, des participants en poussant à l'intégration sociale et culturelle. Cependant, les participants ont différents intérêts, allégeances, connaissances et buts, et les individus mettent l'accent sur ce qui les distingue les uns des autres, ce qui engendre des conflits. Le conflit est toujours égalé par son pendant : l'harmonie qui souligne le lien entre les différences. Le processus de « *working together* » dépend de deux forces distinctes et reliées :

- **La force centripète** : elle attire les gens les uns vers les autres et permet de partager des idées et de produire de la technologie
- **La force centrifuge** : elle projette les individus vers l'extérieur, les disperse et les distingue

Il existe également un paradoxe entourant le terme de coopération : il y avait tellement de conflits que les enquêtés ne considéraient pas leur travail comme étant une coopération mais en même temps ils se justifiaient d'une coopération pour des raisons économiques, politiques ou morales. Zabusky a ainsi vu que les individus qualifiaient leur pratique de « travail ensemble » et non de coopération. Le « *working together* » est un processus traversé par le conflit, dû à la diversité, et par des moments de connexion entre les individus qui les motivent à continuer de travailler ensemble.

Stacia E. Zabusky considère également le consensus comme étant un mécanisme social indispensable (se référant à l'harmonie) dans la prise de décision et pour maintenir l'égalité entre les participants. Cependant, le consensus n'élimine pas les conflits et au contraire en génère. La communauté scientifique est ainsi vue comme étant un espace

social non uniforme où les intérêts de chacun sont divergents et conflictuels, c'est un groupe qui n'est pas solidaire.

Les moments où les décisions sont prises sont définis par Stacia E. Zabusky comme étant des moments de quintessence du politique et du processus de travailler ensemble car ils représentent l'exercice du pouvoir mais aussi du contrôle hiérarchique qui est reconnu comme nécessaire d'un point de vue technique pour ce qui est d'intégrer les tâches et les différents composants. Néanmoins, la hiérarchie représente une menace de domination pour les participants et met en danger la diversité et le désir de garder une relation égalitaire. La dimension hiérarchique se retrouve partout, les individus cherchent constamment à définir le statut de chacun et leur position hiérarchique en cherchant à échapper au statut d'inférieur.

Se pose alors la question du pouvoir et, plus précisément des relations de pouvoir. Nous nous appuyerons sur la définition que nous en donnent Michel Crozier et Erhard Friedberg :

« Le phénomène du pouvoir est simple et universel, mais le concept de pouvoir est fuyant et multiforme. Nous allons donc partir d'une formulation simple de ce qui constitue en quelque sorte le dénominateur commun de toutes les manifestations du pouvoir : quel que soit en effet son « type », c'est-à-dire ses sources, sa légitimation, ses objectifs ou ses méthodes d'exercices, le pouvoir – au niveau le plus général- implique toujours la possibilité pour certains individus ou groupes d'agir sur d'autres individus ou groupes (...) En effet, agir sur autrui, c'est entrer en relation avec lui ; et c'est dans cette relation que se développe le pouvoir d'une personne A sur une personne B (...) Il ne peut se manifester - et donc devenir contraignant pour l'une des parties mise en présence – que par sa mise en œuvre dans une relation qui met deux ou plusieurs acteurs dépendants les uns des autres dans l'accomplissement d'un objectif commun qui conditionne leurs objectifs communs. » (Crozier et Friedberg, 1977, p. 134)

Ils considèrent qu'une relation de pouvoir est instrumentale car le pouvoir ne se conçoit que dans des buts qui motivent l'engagement des ressources de la part des acteurs. Le pouvoir est intimement lié à l'organisation puisque les acteurs ne peuvent atteindre leurs objectifs propres que grâce à l'exercice de relations de pouvoir – qui sont rendues possibles par la poursuite des objectifs collectifs. Dans une perspective plus macro-sociale, Michel Foucault (1994) développa l'idée d'un pouvoir non-substantiel traversé par des aspects stratégiques mais qui s'exercerait dans le cadre de relations inégalitaires car les relations de pouvoir sont réciproquement liées aux autres types de rapports (économiques, liés à la connaissance par exemple) : dans cette perspective, elles sont à la fois la résultantes de ces rapports et productrices de ceux-ci.

Les coopérations scientifiques sont donc traversées par des conflits et des relations de pouvoirs qu'il sera nécessaire d'étudier pour comprendre comment elles peuvent avoir des effets sur la structure de ces coopérations mais aussi sur les pratiques de travail. Ces conflits émaneraient de différences culturelles, que celles-ci soient professionnelles ou nationales, et d'enjeux de pouvoir. Nous nous placerons ici dans la continuité de la recherche de Vincent Simoulin (Simoulin, 2007, 2012, 2016, 2017) sur l'*European Synchrotron Radiation Facility* (ESRF) qui déclare qu'« *il faut donc étudier les laboratoires comme des espaces à l'existence et à l'activité problématiques, dont l'unité ne va pas de soi et doit être constamment construite et entretenue.* » (Simoulin, 2007, p. 222). L'existence de sous populations : les ingénieurs, les scientifiques (mais aussi les administratifs) qui ne partagent pas le même type d'organisation, de publication, de perception et de représentations est également mise en exergue et nous en tiendrons compte.

Notre étude est dans la continuité des travaux existants mais se distingue dans le fait qu'elle porte sur les missions scientifiques de l'ESA⁵ et se focalise sur la coopération des scientifiques au sein de consortiums. En effet, les questions liées à la coopération scientifique internationale se posent de manière prégnante car ces projets de missions

⁵ Nous appellerons missions non-habitées, les missions spatiales qui ont pour finalité l'envoi de satellites.

spatiales impliquent des groupes géographiquement éclatés, où les incertitudes scientifiques, technologiques et politiques, sont importantes. De plus, les missions spatiales d'envoi de satellites s'étalent sur plusieurs années voire décennies – entre le montage du projet, l'acceptation par l'organisme décisionnaire, le développement du satellite (et des outils), l'envoi du satellite et la période de réception/traitement des données.

Les organisations spatiales : des consortiums

Cette thèse tentera d'interroger ces coopérations en se penchant sur une forme organisationnelle originale : **le consortium**. Cette originalité tient notamment à sa composition (groupement d'institutions, de centres de recherche et de laboratoires qui sont réunis par un accord multilatéral) et à son immatérialité (pas d'infrastructure dédiée au consortium). Elle tient aussi au regroupement d'un grand nombre de nationalités, de professions et de disciplines différentes. Les consortiums scientifiques sont enfin caractérisés par la relative autonomie de leurs membres puisqu'il n'y a aucun transfert de responsabilité sur les ressources et les moyens vers les personnes qui dirigent, ni entre les contributeurs (Tricoire, 2006).

Les membres d'un consortium scientifique, en revanche, partagent une communauté d'intérêts, car ils auront tous accès aux données de la mission (et ils pourront donc publier des articles en leur nom). Les deux missions, dont nous proposons d'étudier les spécificités, sont **Euclid** et **NewAthena** (via le consortium X-IFU). Elles se situent dans des temporalités organisationnelles différentes (elles ne sont pas dans les mêmes phases de développement de la mission). La comparaison entre les deux consortiums permet de mettre en perspective d'une part deux degrés différents de maturité des projets spatiaux et d'autre part deux incarnations de la forme organisationnelle du consortium. Ils ne comptent pas le même nombre de membres et n'impliquent pas exactement les mêmes communautés. Euclid est un consortium qui est proche de l'achèvement de ses objectifs, qui compte un très grand nombre de membres tandis que NewAthena est un consortium plus jeune, qui compte moins de membres mais regroupe plutôt des personnes qui ont l'habitude de travailler sur des missions spatiales.

L'objectif principal de cette thèse sera par conséquent d'étudier la forme que prend ce type d'organisation et le passage de la coopération spatiale à un consortium « institutionnalisé ». Cela implique d'une part d'examiner, sur le plan concret, comment les règles fonctionnent, les problèmes qu'elles résolvent, ceux qu'elles posent, etc. Cela suppose d'autre part de voir, sur le plan des représentations, comment ce type de coopération devient évidente, naturelle, normale dans les esprits.

Cette thèse a pour deuxième objectif de saisir les cultures en jeu dans ces consortiums. Nous entendons par « culture », une série de compétences, d'expériences, de valeurs et de références plus ou moins communes entre les chercheurs et les chercheuses. Ainsi, les cultures nationales correspondent certes à des stéréotypes, mais aussi à des différences réelles en matière de rythme de travail, de rapport à la hiérarchie, etc. Les cultures professionnelles des ingénieurs et des scientifiques ne sont par ailleurs pas les mêmes. Les cultures disciplinaires correspondent à des pratiques très différentes de la recherche. D'un point de vue institutionnel, la culture du CNES n'est pas tout à fait identique à celle du CEA ou de l'IRAP. Enfin, les cultures instrumentales (spatial/segment sol⁶...) délimitent des champs de compétence plus ou moins étroits : ceux qui conçoivent des instruments au sol n'ont pas exactement les mêmes pratiques et les mêmes logiques que ceux qui conçoivent des instruments destinés à être lancés dans l'espace. L'un des enjeux sociologiques de la thèse sera d'identifier ces différentes cultures à l'œuvre et de spécifier leur rôle dans l'architecture organisationnelle des consortiums. Il s'agira de savoir ce qui fait « tenir » un consortium dans l'entremêlement de ces différentes cultures.

Une étude sociologique des consortiums scientifiques

Nous ne pouvons pas évoquer une étude portant sur des organisations scientifiques sans parler de la sociologie des sciences et des STS (*Science & Technology Studies*). La distinction entre ces deux approches est parfois difficile et aussi liée à l'aire géographique dans laquelle la recherche se développe. Le principal dénominateur commun aux STS est leur ancrage interdisciplinaire – autour des sciences humaines et humanités – et leurs

⁶ Le segment sol fait référence à tous les outils et instruments qui resteront au sol (tel que le logiciel de traitement de données, les récepteurs et les « *data center* »).

recherches portant sur la science, la technologie et les techniques (Debailly et Quet, 2017).

Une petite histoire des STS

En ce qui concerne les STS, Steve Fuller (1993, 1997) fait la distinction entre deux approches qu'il qualifie de *High Church* et *Low Church*. Ces deux approches ne se réfèrent pas exactement à la même chose. Dans le cas des études relevant de la *High Church*, les STS sont les *Science & Technology studies* – dont l'objet d'étude est la science – alors que dans la seconde approche, elles se réfèrent *aux Science, Technology & Society* et leurs questionnements tournent surtout autour des répercussions sociales des technologies et de la science. Les chercheurs relevant des *Science & Technology studies* proviennent des sciences sociales, tandis que les autres seraient, majoritairement, issus des sciences dures et de l'ingénierie. Ces deux « Églises » ne font donc pas appel exactement aux mêmes populations, même si elles se retrouvent dans une vision critique des sciences et des technologies.

Un des travaux considérés comme fondateurs des STS est celui de Thomas Kuhn sur les connaissances scientifiques et leurs évolutions. Son livre *Structure of scientific revolution* (1972) porta sur l'émergence des connaissances au sein des disciplines – qu'il nomma matrices disciplinaires. Il fait également la distinction entre les périodes de science normale et celles de révolution scientifique. Les premières correspondent à la phase durant laquelle la matrice disciplinaire est stable tandis que les secondes sont caractérisées par un changement de matrice. Dans les matrices disciplinaires, les paradigmes ont une place centrale. En effet, un changement de paradigme survient lorsque celui actuel n'est plus en capacité d'expliquer certains phénomènes scientifiques, s'ensuit une crise qui, souvent, débouche sur un changement et l'acceptation d'un nouveau paradigme – caractérisant la révolution scientifique – pouvant expliquer les anomalies rencontrées précédemment. Les travaux de Kuhn permirent de mettre au jour le caractère social de la science et des activités scientifiques.

Cette approche dans l'étude des connaissances scientifiques mène au développement du programme fort (ou *Strong Program*), dans les années 1970, à l'Université d'Édimbourg par David Bloor, Barry Barnes et Steven Shapin. Ce programme porta sur l'étude de la construction des connaissances dans une perspective relativiste. Ils démontrèrent les liens entre les connaissances scientifiques et l'environnement dans lequel elles sont produites. En d'autres termes, les connaissances scientifiques sont intrinsèquement liées aux contextes idéologiques dans lesquels elles sont forgées (Hackett, Amsterdamska et Lynch, 2007 ; Lamy, 2023). Parallèlement au *Strong Program*, le programme sur le relativisme empirique (*Empirical Program Of Relativism* (EPOR)), porté entre autres par Harry Collins, s'intéresse aux controverses scientifiques.

“EPOR goes on to show that there is always a regress in scientific and technical controversies. Judgments of interpretations and of the claims they support depend on each other, as participants in a controversy typically see the work and arguments to support a claim as sound to the extent that they see the claim itself as sound. Case studies support a picture of controversies being resolved through actions that define one position as the right and reasonable one for members of an expert community to hold. Thus, the constitution of scientific knowledge contains an ineliminable reference to particular social configurations (Hackett, Amsterdamska et Lynch, 2007, p. 15).”

Les études sur la science se sont donc intéressées aux contextes et à l'environnement dans lesquels les connaissances sont produites. À cette fin, des travaux prenant la forme d'ethnographies de laboratoire ont vu le jour, permettant de s'intéresser à la manière dont elles sont construites en prenant en compte les protocoles, entourant la collecte et le traitement des données. Cette approche a permis de prendre en compte l'environnement particulier et créé par l'Homme, sans influences extérieures, dans lequel se déroulent des expériences scientifiques (Hackett, Amsterdamska et Lynch, 2007). C'est dans ce contexte que naît la théorie de l'acteur-réseau, développée par Akrich (Akrich, 1987, 1991), Callon (Callon, 1986) et Latour (Latour, 1989 ; Latour et Woolgar, 1988), qui permet d'analyser les réseaux d'acteurs (humains et non-humains) agissant ensemble pour arriver à un objectif, le plus souvent souhaité.

Les études sur les STS sont donc variées et plusieurs approches se revendiquent de cette discipline. De manière générale, nous pouvons définir les STS comme regroupant les études prenant les sciences et les technologies comme objet d'études.

“The history of STS is in part a history of increasing scope—starting with scientific knowledge, and expanding to artifacts, methods, materials, observations, phenomena, classifications, institutions, interests, histories, and cultures. With those increases in scope have come increases in sophistication, as its analyses assume fewer and fewer fixed points and draw on more and more resources to understand technoscientific constructions” (Hackett, Amsterdamska et Lynch, 2007, p. 13)

Cependant, l'institutionnalisation des STS varie d'un pays à un autre. Elles sont plutôt considérées comme des sous-disciplines en France alors que des départements dédiés aux STS existent à l'étranger : « Parler de ce domaine, c'est donc se confronter à la réalité d'une communauté scientifique à la fois internationale et nationale et à des usages différents de l'étiquette STS. » (Debailly et Quet, 2017, p. 26). Bien que s'inscrivant en majorité dans la lignée des STS, il est important de noter que les études en sciences humaines ayant comme objet l'espace commencent doucement à devenir un domaine d'étude à part entière sous le nom des *Social Studies of Outer Space*. Profondément interdisciplinaire, cette branche des STS prend l'espace comme objet d'étude et le fait le plus souvent par le biais d'ethnographies et à visée plutôt critique. En effet, bien que l'espace extra-atmosphérique semble paraître en dehors de toutes problématiques sociales, il reste un territoire d'extension des activités humaines sur Terre (Salazar et Gorman, 2023 ; Szolucha et al., 2023 ; Timko et al., 2022 ; Tutton, 2021). Ce courant va donc questionner les activités spatiales sous le prisme, entre autres, du post-colonialisme (Bekus, 2022 ; Redfield, 2002), du féminisme (Armstrong, 2020 ; Gál et Armstrong, 2023) et des imaginaires sociotechniques (Klimburg-Witjes, 2024 ; Tutton, 2021). La focale est également mise sur l'étude du *NewSpace* (Vidmar, 2020 ; Vidmar et al., 2019) ainsi que les différentes infrastructures et organisations supportant les activités spatiales (Patarin-Jossec, 2021 ; Vertesi, 2012, 2020).

L'objet d'étude de cette thèse sera la coopération à l'œuvre dans les consortiums scientifiques qui participent à l'élaboration, la construction et l'exploitation de missions scientifiques de l'ESA. Cette enquête s'inscrit ainsi dans la lignée des travaux de Stacia Zabusky, Diane Vaughan ou Julie Patarin-Jossec. Dans une approche s'inscrivant dans la sociologie des sciences sous l'angle des organisations, il s'agira de questionner les pratiques et les perceptions ainsi que la structure organisationnelle dans laquelle intervient ce type de coopération. Bien que l'étude de la construction des connaissances dans les disciplines des sciences de l'Univers aurait pu être l'objet de cette recherche, le parti pris a été de mettre de côté les questions relatives à la construction des connaissances scientifiques – dans une approche Latourienne – au profit d'une approche par les organisations qui ont, parfois, été un peu mises de côté dans les études sur le monde scientifique.

Méthodologie d'une étude sur les consortiums scientifiques

S'intéresser aux consortiums scientifiques dans le domaine spatial a soulevé plusieurs questions d'un point de vue méthodologique, en particulier la délimitation des terrains de recherche lorsque les enquêtés sont autant dispersés géographiquement. Cela étant rendu d'autant plus difficile par le fait que les équipes, travaillant sur les missions étudiées, sont de taille restreinte. Cette section permettra donc de présenter les approches et les choix méthodologiques qui ont été effectués dans le cadre de cette recherche.

Tout d'abord, il semble important de rappeler le contexte dans lequel l'idée de cette recherche est née. Ce projet émane d'un commanditaire, le CNES, qui se questionnait sur la place des différentes cultures au sein de consortiums dans lesquels la France était particulièrement investi : Euclid et X-IFU. De cette demande résulta une enquête exploratoire menée en master et qui déboucha sur l'ouverture vers des pistes de recherche en lien avec les organisations. Cette « bifurcation » a permis de mieux comprendre les enjeux entourant la coopération – qui ne pouvait être restreinte aux seules différences culturelles.

La première étape nécessaire à l'étude des consortiums a été l'analyse de la littérature grise produite par les consortiums. Cette lecture a permis de mieux saisir le fonctionnement des consortiums ainsi que le « jargon » et les acronymes utilisés au sein de ces organisations. Le terrain a ainsi débuté en 2018 et 2019 avec l'obtention de stages à l'IRAP (Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie), un laboratoire de recherche toulousain, au sein de l'équipe locale participant au consortium Euclid. Cette immersion sur le terrain toulousain durant une période totale de huit mois a permis de poser les fondements méthodologiques – largement empruntés à l'ethnographie – reposant sur de l'observation participante et des entretiens semi-directifs. Bien que la majorité des observations mobilisées dans cette thèse se soient produites lors de réunions locales au sein du laboratoire toulousain, ces dernières ont été enrichies par plusieurs courts séjours au sein du CNES et d'instituts de recherche – à Paris, Milan et Edinburgh. Des observations participantes ont également été effectuées durant les *Euclid consortium meeting* à Bonn et Helsinki et lors d'une réunion Euclid France à Paris.

La crise sanitaire liée à la COVID-19 n'a pas épargné la conduite d'une enquête internationale, les déplacements nationaux et internationaux ont été fortement limités – voire même impossibles. C'est dans ce contexte que le choix a été fait de mener des entretiens en visioconférence avec des personnes de Lyon, des États-Unis et d'Angleterre⁷. Dans ce contexte-là, plusieurs grandes réunions Euclid se sont également tenues en visioconférence et ont fait l'objet de sessions d'observation – même si le recueil de données a été appauvri par la dimension virtuelle de ces événements.

La méthodologie de cette thèse repose donc principalement sur une approche qualitative – par le biais d'entretiens et d'observations – ce qui m'a permis d'accéder aux représentations ainsi qu'aux pratiques qui entourent ce type de coopérations scientifiques.

⁷ À noter, que certains entretiens ont également été réalisés par ce biais-là pour des raisons diverses relevant de la préférence individuelle ou de l'impossibilité de le faire d'une autre manière.

Tableau 1 Répartition de la population d'enquête

Pays	Institut de rattachement	Catégorie d'acteur	Nombre
France	IRAP	Chercheur	13
		Ingénieur	3
	CNES	Ingénieur	6
	CEA	Chercheur	7
	IP2I	Chercheur	3
Italie	Université de Milan	Chercheur	2
	IASF-Mi	Chercheur	3
		Ingénieur	1
Royaume-Uni	Université de Durham	Chercheur	2
	UCL	Chercheur	1
	ROE	Chercheur	4
États-Unis	NASA	Chercheur	1
TOTAL		Chercheurs	36
		Ingénieurs	10

L'échantillon de la population est l'ensemble des personnes travaillant sur Euclid (41 entretiens) et X-IFU (8 entretiens) qui ont accepté de répondre à mes sollicitations d'entretien. 48 entretiens semi-directifs – effectués auprès de 46 individus – ont donc été réalisés [Annexe 1].

Le recrutement des enquêtés, ainsi que la prise de contact avec eux, ont été facilités par le fait que la recherche a été commanditée. La posture d'observateur participant a ainsi permis d'accéder à une grande diversité d'informations – telles que les documents relatifs à l'organisation et aux comportements attendus au sein du consortium – ainsi qu'à une grande liberté pour recueillir les informations. Cependant, une certaine réticence de la part des enquêtés, tout au moins au début de l'entrée sur le terrain, et/ou une volonté de conformation aux attentes de la recherche de la part des enquêtés, ont pu être observées. De manière générale, l'entrée sur un terrain a été facilitée par mon co-directeur, Alain Blanchard, qui a eu un rôle crucial dans la négociation de mes accès aux terrains. Le fait qu'il soit un membre très actif du consortium Euclid ainsi que son réseau professionnel ont été une aide majeure dans la conduite de cette recherche.

Ce rôle d'intermédiaire a également été révélateur au regard de la difficulté rencontrée à accéder aux terrains concernant le consortium X-IFU. L'accès à ce terrain a été plutôt

facile au niveau de l'IRAP, où se situe le *Principal Investigator* (PI), ce qui n'a pas été le cas avec d'autres terrains. Cela peut s'expliquer de différentes manières dont un changement d'équipe au CNES ainsi qu'une difficulté à entrer en contact avec des personnes travaillant sur ce projet – hors Toulouse. Du fait de la difficulté d'accès aux terrains, la décision de se concentrer sur le consortium Euclid a été prise très rapidement. Cette décision a été motivée par trois raisons : 1) la difficulté d'accès aux terrains étant la principale, 2) une volonté de se concentrer sur le consortium Euclid – qui était plus mature et riche en données, 3) Des incertitudes liées à la continuation de la mission Athena – qui a par la suite été rebaptisée NewAthena. Les aléas de la recherche ont ainsi modifié les objectifs de la thèse, qui était initialement conçue comme une comparaison entre les deux consortiums. Il s'agira donc d'une comparaison asymétrique de ces deux consortiums, la focale sera surtout sur le consortium Euclid. Les données issues du consortium X-IFU permettront de mettre en perspective les résultats issus de l'étude du consortium Euclid.

Bien que la majorité des données qui ont permis l'élaboration de cette thèse repose sur des méthodes qualitatives, une analyse statistique des signatures et signataires des publications Euclid, durant la période 2019-2024, a permis de cartographier l'évolution dans les pratiques entourant les productions scientifiques de ce consortium. En d'autres termes, il a été question de s'intéresser à la nationalité et aux statuts des signataires – le consortium Euclid ayant une politique de signature plutôt inédite – ainsi qu'à l'évolution du nombre de publications et de signatures. Cette analyse a été complétée par une analyse de réseaux des signataires de ces publications qui a permis de mieux appréhender les pratiques de coopération dans l'écriture d'articles scientifiques. Autrement dit, cela a permis de questionner l'existence d'une seule communauté « Euclid » ou d'une multitude de communautés. Les publications étant le fruit de collaborations, leur analyse permet de mettre en exergue les collaborations au sein du consortium et si celles-ci sont aussi internationales que le projet le sous-entendrait.

Cette approche quantitative a participé à l'élaboration de données secondaires qui sont venues éclairer les enjeux autour des publications et plus particulièrement des signatures scientifiques. Elle s'attachera à montrer les réseaux de signataires au sein du consortium

Euclid. Pour cela, il est pertinent d'utiliser l'analyse des réseaux sociaux comme méthodologie. Cela nous permettra de comprendre quelles sont les pratiques de publication au sein des coopérations internationales.

* * *

Les coopérations scientifiques dans le domaine spatial ne cessent d'accroître leur dimension internationale. Les projets impliquent des groupes qui sont de plus en plus nombreux et éclatés géographiquement. La littérature existante nous a permis de mettre en avant le caractère bureaucratique et conflictuel des organisations scientifiques. Ces organisations sont également marquées par une grande diversité de cultures et une unité relative des groupes qui les composent. L'originalité des consortiums est que ce sont des organisations totalement immatérielles et impliquant des groupes d'individus issus de nationalités, instituts, professions et disciplines différents. De plus, les membres sont fortement dispersés géographiquement et chaque équipe est composée d'une dizaine de membres. Il se pose alors la question de la manière dont ces organisations mènent à bien des missions spatiales.

Cette présente thèse aura donc pour double objectif de saisir la forme organisationnelle que prennent ces consortiums et le poids des cultures en jeu. Nous nous attacherons à comprendre comment les individus arrivent à coopérer ensemble malgré des différences culturelles et l'influence de la structure organisationnelle sur la coopération. En d'autres termes, nous nous intéresserons à la régulation sociale en œuvre au sein d'un consortium par le prisme de l'organisation ainsi que de la culture.

La première partie sera consacrée à la compréhension des rapports que les pays européens entretiennent avec l'espace. Il s'agira ainsi de retracer la construction de l'*European Space Agency* comme étant la résultante d'une volonté d'européaniser les activités spatiales. Pour pouvoir saisir complètement une organisation telle que le consortium, il est nécessaire de se pencher sur les divers pans qui la composent. En effet,

les consortiums sont le résultat d'un regroupement de plusieurs instituts de recherche – qui sont, chacun, gérés par leur organisme national dédié aux activités spatiales – dont le but est de concevoir et exploiter une mission spatiale pour l'Agence Spatiale Européenne. Elle sera également consacrée à la présentation des missions spatiales que nous nous proposons d'étudier et des organisations scientifiques qui les sous-tendent.

La deuxième partie visera à comprendre les logiques organisationnelles sur lesquelles les consortiums scientifiques reposent. Il sera question d'interroger le rôle de l'agence spatiale européenne – et plus particulièrement de son processus de sélection – dans la construction des communautés scientifiques. Une focale sur le processus de sélection et d'acceptation de ces missions par l'ESA sera menée. Cela permettra également de comprendre les logiques sur lesquelles le choix de la structure organisationnelle repose. Elle visera aussi à mettre en lumière les modalités de recrutement des membres. La deuxième partie aura pour objectif de comprendre les dysfonctionnements que peuvent entraîner des communautés aussi nombreuses et les différents moyens mis en place pour régler, ou du moins limiter, les problèmes liés à des coopérations aussi internationales et géographiquement dispersées.

Au sein de ces coopérations, il est souvent fait référence à la « communauté Euclid » ou à « la communauté X-IFU », il s'agira donc dans cette partie d'analyser ce terme. Comment la cohésion de groupes d'individus – aussi nombreux et géographiquement dispersés – est-elle possible ? Comment l'appartenance à ces communautés est-elle véhiculée par les acteurs ? Il se posera également la question de l'existence d'une communauté bien définie ou s'il s'agit tout simplement de regroupements de plusieurs communautés se différenciant les unes des autres par des appartenances culturelles distinctes.

La troisième partie aura pour objet la place des cultures dans ces organisations. Il sera question d'étudier les types de cultures en jeu dans les consortiums étudiés : cultures nationales, institutionnelles, professionnelles et disciplinaires. La capacité d'adaptation des acteurs à ces différences culturelles sera également au cœur de cette partie.

PREMIERE PARTIE :

L'Europe et l'espace

Les coopérations scientifiques dans le domaine spatial ne cessent d'accroître leur dimension internationale. Les projets impliquent des groupes qui sont de plus en plus nombreux et éclatés géographiquement. Cette première partie consistera donc à présenter ces consortiums que nous nous proposons d'étudier. Pour cela, il sera primordial de décrire ces organisations et de les comparer, cela permettra d'appréhender la forme organisationnelle (Simmel et al., 1999) que prend ce type de coopération européenne. Cependant, pour pouvoir saisir complètement une organisation telle que le consortium, il est nécessaire de se pencher sur les divers pans qui la composent. Les consortiums sont le résultat d'un regroupement de plusieurs instituts de recherche – qui sont, chacun, gérés par leur organisme national dédié aux activités spatiales – dont le but est de concevoir et d'exploiter une mission spatiale.

Le chapitre 1 « Le spatial : un âge des agences nationales ? » se penchera sur les organisations nationales qui supportent les activités spatiales. Il s'agira de comprendre les modalités d'engagements des pays européens dans les activités spatiales, qu'elles soient nationales ou internationales. Une présentation sera faite des agences spatiales des principaux pays fortement engagés, au niveau européen et international, dans le domaine spatial.

La place de l'Europe dans les activités spatiale sera abordée dans le chapitre 2 « Le virage européen ». Il sera question de comprendre comment l'espace a participé au processus d'intégration européenne. Celle-ci passe par la création d'institutions dédiées au spatial : ELDO, ESRO qui aboutirent à la création de l'ESA en 1975. Il sera question d'aborder la place grandissante de l'ESA comme acteur majeur du spatial en Europe.

Le chapitre 3 a pour objectif de comprendre les raisons de créer un consortium et la forme qu'il prend. Il sera évoqué les différentes phases (ou cycle de vie) des missions. Une présentation des organisations – au niveau français et international – des consortiums Euclid et X-IFU permettra de mettre en exergue des similitudes organisationnelles entre ces deux consortiums.

Chapitre 1 :

Le spatial : un premier âge des agences nationales ?

Durant la guerre froide, l'espace est devenu un lieu chargé de forts enjeux militaires et symboliques. La course à l'espace (ou *Space Race*), dans laquelle l'URSS et les États-Unis s'étaient lancés, se solda par la victoire des États-Unis qui fut le seul pays à avoir réussi à envoyer des hommes sur la Lune (de 1969 à 1972). Bien que la course à l'espace n'impliquât réellement que ces deux pays, il n'en resta pas moins que l'espace devint un lieu chargé de prestige attirant de nombreux autres pays dont ceux européens.

Des initiatives d'abord (plutôt) nationales voient ainsi le jour en Europe par le biais de l'Allemagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni. Cependant, compte-tenu de la charge financière, technique et technologique qu'impliquent les activités spatiales, il est devenu assez rapidement évident que l'européanisation des activités spatiales permettrait un meilleur rayonnement sur le plan international.

1.1. L'espace et les États européens

Les pays européens n'ont pas tous le même rapport à l'espace. La part financière que chaque pays attribue aux activités spatiales varie d'un État à un autre. Cet intérêt national pour l'espace est souvent associé à une organisation plus ou moins importante en ce qui concerne les affaires spatiales. Il s'agira, ici, de cartographier les différents pays contribuant aux activités spatiales en Europe.

1.1.1. Un financement disparate des activités spatiales en Europe

Une typologie des pays contributeurs, en fonction de l'argent alloué aux activités spatiales – qu'elles soient à des fins militaires ou civiles – et du produit intérieur brut⁸, met en évidence trois types de contributeurs en Europe : les gros contributeurs (*big*), les contributeurs moyens (*medium*) et les petits contributeurs (*small*) (*Adriaensen et al., 2015*). De 2010 à 2013, les pays européens qui ont investi le plus dans le domaine spatial sont la France, l'Allemagne, l'Italie et le Royaume-Uni tandis que le Luxembourg, l'Irlande, la République Tchèque et la Pologne font partie des petits contributeurs au niveau européen (Figure 1).

Cependant, l'investissement et la stratégie du Luxembourg en ce qui concerne les activités spatiales ont nettement changé ces dernières années. Sous l'impulsion du *New Space* et des opportunités financières associées à l'exploitation de l'espace, le Luxembourg s'est doté, en 2018, d'une agence spatiale. La particularité de son agence étant qu'elle est exclusivement centrée sur le pendant commercial des activités spatiales. Le Luxembourg s'est, ainsi, fixé pour objectif de devenir la plateforme européenne des activités liées à la commercialisation et à l'exploitation des ressources spatiales (*Serres, 2019*).

⁸ Ici *Growth Domestic Product (GDP)*

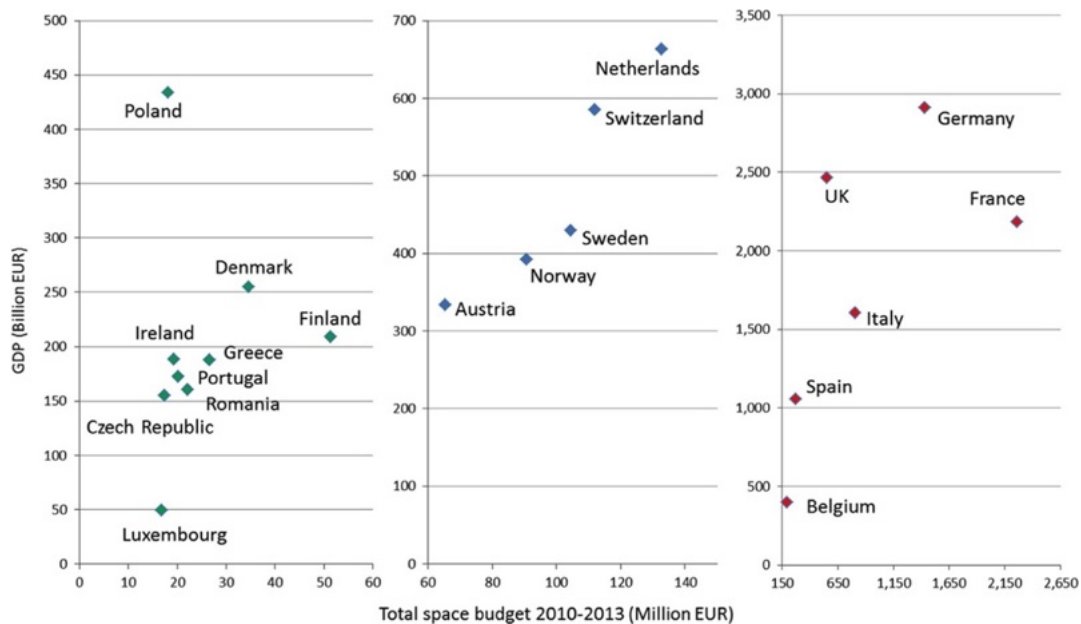


Figure 2 Répartition des pays membres de l'ESA, en fonction de l'argent alloué aux activités spatiales et du produit intérieur brut⁹

La participation financière aux activités spatiales est donc différente en fonction des pays, il en va de même pour le type d'infrastructures. Chaque État possède une organisation qui lui est propre concernant le spatial, ces instances de gouvernance peuvent donc être plus ou moins développées.

1.1.2. L'organisation nationale

Les types d'organisation que nous retrouvons dans les pays européens sont les suivants : une agence (*agency*), un bureau (*office*) et l'unité (*unit*). L'agence spatiale est la forme organisationnelle la plus aboutie tandis que l'unité est la moins aboutie (Adriaensen et al., 2015). L'agence spatiale est une entité qui est exclusivement dédiée au spatial : elle représente son pays dans les instances, s'occupe de la politique spatiale du pays, gère les budgets, propose les programmes spatiaux et est chargée de les mettre en place. Les bureaux sont des formes d'organisation que nous qualifierons d'intermédiaires, ils définissent les politiques et la gestion financière des activités spatiales. Cependant, a

⁹ « ESA Member States GDP versus National Space Budgets (not including Estonia and Hungary) » Adriaensen et al., 2015, p.358

contrario des agences spatiales, ils ne mènent pas d'activités de recherche et de développement (R&D). L'organisation des activités spatiales en unité est la forme organisationnelle la moins aboutie et est le plus souvent retrouvée dans les pays « nouveaux » dans ce secteur. La particularité de ces unités est qu'elles ne sont pas dédiées exclusivement aux activités liées à l'espace et qu'elles ne regroupent pas la totalité des compétences dans une seule institution (Adriaensen et al., 2015).

Le tableau 3 fait une synthèse des pays contribuant au consortium Euclid et des infrastructures qui les soutiennent, en reprenant les définitions données par les auteurs. La réalisation de ce tableau a été possible pour le consortium Euclid car les signataires du *Multi-Lateral Agreement*¹⁰ (MLA) sont connus. Il a été signé entre l'ESA et les pays participants – via leur institut – au siège de l'ESA à Paris le 28 Novembre 2013. Les pays s'engagent donc à fournir certains éléments nécessaires au développement et/ou à l'exploitation d'une mission. Cela se fait, en partie, par le biais des instituts de recherche qui seront chapeautés par les instituts signataires de leur pays et avec qui ils signeront des conventions.

A contrario des auteurs, nous avons classé la Norvège comme ayant une agence spatiale et non pas un bureau car la *Norsk Romsenter* est totalement dédiée aux activités spatiales et contribue à la politique nationale et internationale de la Norvège en ce qui concerne l'espace. Elle a en outre participé au développement de satellites norvégiens. Nous noterons que l'Espagne et le Portugal sont également des cas particuliers. Le Portugal s'est doté d'une agence spatiale (*Space Portugal*) en 2019 et l'Espagne a décidé en 2021 la création d'une agence spatiale espagnole (*Agencia Espacial Española*) qui a été mise en place en 2023. L'accord multilatéral ayant été signé ultérieurement (en 2013) à leur mise en place, il a été décidé de conserver uniquement les organismes signataires du MLA pour l'Espagne et le Portugal. Il manque également, dans ce tableau, les pays¹¹ qui ont rejoint le consortium plus tard, le choix a été fait de ne pas les ajouter car nous ne connaissons pas avec certitude tous les instituts ultérieurement signataires du MLA.

¹⁰ Source : <https://sci.esa.int/web/cosmic-vision/-/53274-multilateral-agreements-signed-at-spc-meeting>. Site visité le 4/11/2022

¹¹ Belgique et Autriche

Pays	Organisations nationales	
Allemagne	DLR (Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR)	Agence
France	CNES (Centre national d'études spatiales)	
Espagne	Agencia Espacial Española	
Italie	ASI (Agenzia Spaziale Italiana)	
Norvège	NorskRomsenter	
Portugal	<i>Space Portugal</i>	
Roumanie	ROSA (Romanian Space Agency)	
Royaume-Uni	UK Space Agency	
Danemark	DSRI (Danish Space Research Institute)	Bureau
Pays-Bas	NOVA (Nederlandse Onderzoekschool Voor Astronomie)	
Portugal	FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) ; Space Office	
Suisse	PRODEX (Programme de développement d'expériences scientifiques)	
Espagne	the Ministerio de Economía y Competividad	Unité
Finlande	University of Helsinki	

Figure 3 Tableau des pays contribuant au consortium Euclid en fonction de leur infrastructure

Les États s'engagent donc dans des activités spatiales principalement via leur organisation nationale et l'Agence Spatiale Européenne. Les motivations sont multiples mais restent principalement liées aux opportunités que celle-ci amène concernant l'industrie et la coopération. En outre, tous les pays ne se sont pas dotés d'une agence spatiale nationale. En effet, la majorité des pays choisissent comme forme d'organisation l'unité (*unit*) ou le bureau (*office*) qui seront en charge des activités spatiales (Adriaensen et al., 2015). Cependant, il existe aussi une tendance à l'augmentation des agences spatiales nationales (Sourbès-Verger, 2022). Les États qui ont une agence font majoritairement partie de ceux qui investissent le plus dans les activités spatiales (Adriaensen et al., 2015). Cela peut expliquer les raisons pour lesquelles plus de la moitié des pays participants au consortium Euclid sont dotés d'une agence spatiale. Pour la suite, nous nous focaliserons sur l'organisation des principaux contributeurs à la mission Euclid : la France, l'Italie, le Royaume-Uni et l'Allemagne.

1.2. Les agences spatiales

Les agences spatiales gèrent donc les activités liées au spatial mais de nombreux facteurs complexifient leur rôle dans l'élaboration des programmes (Petroni et al., 2009) :

- Les relations internationales, que le pays entretient, jouent un rôle dans l'élaboration des programmes spatiaux
- Les ressources économiques et financières dont l'agence dispose
- Les connaissances techniques et scientifiques à disposition
- Les attentes liées aux activités spatiales
- Les différents acteurs (publics et privés) en présence ayant des intérêts divers et variés

Il est donc possible de dresser une typologie des stratégies mises en place par les pays en ce qui concerne l'espace. Ainsi, la France et la NASA s'attachent à augmenter leurs « patrimoines technologiques ». Le Brésil se focalise sur le développement de son industrie spatiale. Le Canada, le Luxembourg et le Royaume-Uni sont plus centrés sur la

commercialisation du spatial. Dans beaucoup de pays européens dont l'Italie, les agences spatiales sont surtout orientées vers la planification et le financement des missions spatiales (Petroni et al., 2009).

1.2.1. Le Centre National d'Études Spatiales (CNES)

La France est le deuxième pays européen à s'être intéressé à l'espace en créant, en 1949, le laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques – qui a permis le développement de la fusée Véronique. Le premier lancement de celle-ci a eu lieu en 1954 à partir de la base militaire d'Hammaguir en Algérie (Krige, Russo et Sebesta, 1994). Cependant, c'est grâce à l'impulsion du Général de Gaulle que la France est devenue un acteur majeur dans le domaine spatial (Krige, Russo et Sebesta, 1994 ; Lamy, 2021). Cela se traduit par la naissance du Centre National d'Études Spatiales (CNES) en 1961 et la mise en orbite d'Asterix (le premier satellite français) en 1965. Cela permettra à la France de devenir la troisième puissance spatiale (Krige, Russo et Sebesta, 1994 ; Sourbès-Verger, 2024).

L'étude de Jérôme Lamy (Lamy, 2011) nous permet de comprendre les logiques politiques ainsi que le registre de justification qui ont mené à la création du CNES en 1961 et à sa délocalisation partielle en 1963 à Toulouse. En effet, en France, l'espace est devenu un enjeu majeur avec le général de Gaulle qui créa le secrétariat à la recherche spatiale en 1958 et un comité de recherches spatiales dont l'objectif était de « *présenter des propositions au Premier ministre pour l'établissement et l'exécution d'un programme de recherches spatiales* » (Lamy, 2011, p. 159) . La création du CNES se fera donc en 1961 suite à une décision au Conseil des ministres. La forte place réservée aux activités spatiales en France ne date pas d'hier et est donc intrinsèquement liée à des enjeux politiques mais aussi économiques.

Le CNES est un EPIC, c'est-à-dire un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial, dont le but principal est de proposer et mettre en œuvre la politique spatiale de la France. Il intervient dans cinq domaines qui sont : Ariane, les Sciences, l'Observation, les Télécommunications et la Défense. C'est également un organisme qui

a des liens très étroits avec l'industrie spatiale comme nous le montre l'extrait suivant issu du site internet du CNES :

« Le CNES apparaît donc comme un important vecteur d'innovation au service de l'emploi. Outre les 16.000 emplois directs que représente le spatial en France métropolitaine et les 1.700 emplois en Guyane, qui génèrent cinq fois plus d'emplois indirects, il contribue à l'économie française à double titre, par les effets induits de l'investissement dans le spatial, pour lequel 1 € investi en rapporte plus de 20 €, mais également par son soutien à l'exportation de l'industrie française (lancements, satellites et services). »¹²

L'agence française est sous la tutelle du ministère de la Défense et celui de la Recherche et de l'innovation scientifique. Elle a également des fonctions de représentation et d'assistance diplomatique pour la France dans le domaine spatial. Ainsi, le CNES permet à la France d'acquérir *« une position de prestige et d'influence politique à la fois en Europe et au niveau international »* (Petroni et al., 2009, p. 49). Le budget du CNES s'éleva à hauteur de 2,4 milliards d'euros en 2023.

Le CNES est constitué de quatre sites : deux à Paris, un à Toulouse et un en Guyane. Les sites parisiens sont surtout en charge des questions administratives et politiques, ils regroupent les organes décisionnels de l'agence (le siège social et la direction du transport spatial). Le site guyanais à Kourou est le Centre Spatial Guyanais (CSG) qui abrite le port spatial de l'Europe, où les lancements sont effectués. Le CNES est segmenté en différents sites dont chacun a des objectifs et des tâches précises. Cela se traduit par une organisation complexe comme en témoigne l'organigramme ci-dessous.

¹² Source : site internet du CNES (<https://presse.cnes.fr/fr/cp-7722>), visité le 23/06/2022

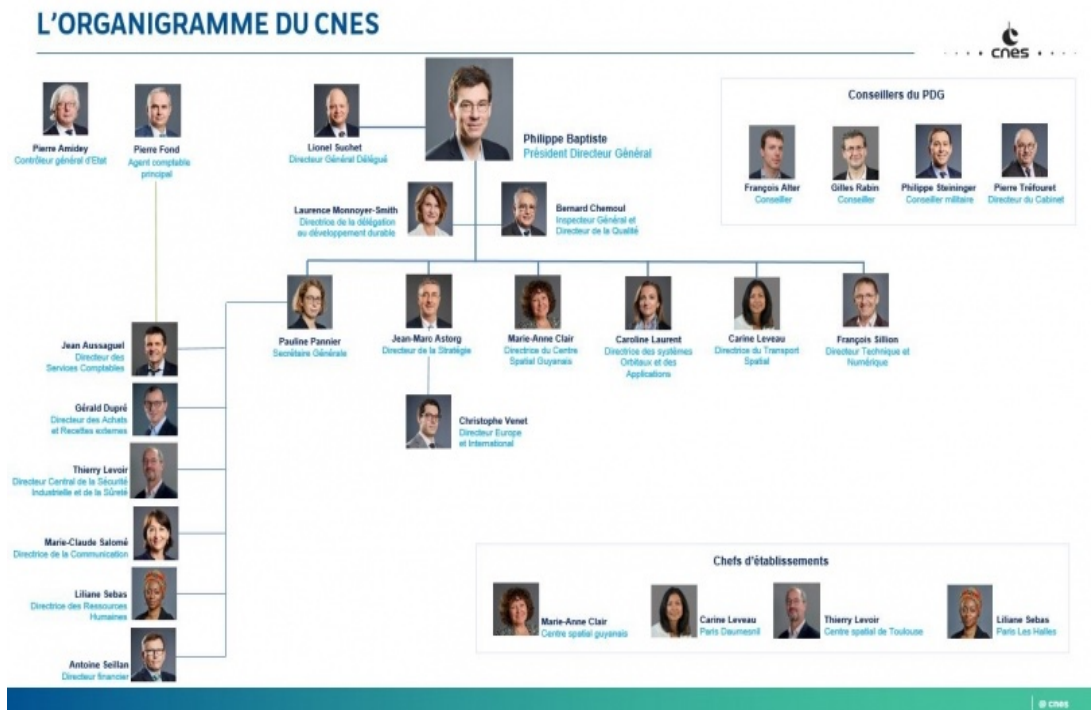


Figure 4 : Organigramme du CNES¹³

Le Centre Spatial de Toulouse (CST)

Lors de cette recherche, l'un des terrains majeurs a été le site toulousain du CNES, le Centre Spatial de Toulouse (CST), qui est le centre technique et opérationnel. Il est en charge de la conception, du développement et de la réalisation de toutes les activités du centre¹⁴. La création de ce centre en 1963 est liée à la politique de décentralisation mise en œuvre sous De Gaulle dont « *Les objectifs politiques sont d'incorporer la périphérie, c'est-à-dire les régions sous-développées, en répartissant équitablement les équipements et le développement économique pour éviter que des inégalités flagrantes ne se transforment en revendications politiques.* » (Lamy, 2011, p. 164)

¹³ Titre original : « Organigramme CNES-Janvier 2022 Crédits : CNES » issu du site internet du CNES (<https://cnes.fr/fr/organigramme-du-cnes>), visité le 23/06/2022.

¹⁴ À l'exception des activités en lien avec les lanceurs et le lancement qui sont effectuées sur le site guyanais.

L'article de Jérôme Lamy (2011) nous éclaire également sur les raisons qui ont mené à l'implantation du CNES à Toulouse. La décentralisation du CNES vient à l'origine de la volonté d'Émile Pelletier, préfet de la Haute Garonne, de mettre en place à Toulouse un établissement tourné vers le nucléaire. Le nucléaire sera par la suite abandonné en faveur de l'aéronautique. Néanmoins, le discours mobilisé en faveur de cette décentralisation relève d'une ambition de construire une « grandeur »¹⁵ toulousaine. Initialement, l'agence spatiale devait être totalement délocalisée en région toulousaine mais cette délocalisation partielle est le résultat d'une volonté des responsables du CNES qui souhaitaient maintenir à Paris les fonctions dirigeantes car la plupart des interlocuteurs et partenaires se trouvaient là-bas.

Le CST a été le terrain le plus impressionnant de par la complexité et la sécurisation de son accès. En effet, pour pouvoir accéder à l'enceinte du site toulousain, il est obligatoire de passer par un poste de sécurité et une procédure très stricte comprenant la prise d'un document d'identité et un appel à la personne chargée de vous accueillir au sein du site pour confirmer la légitimité de votre présence. Ensuite, un badge est délivré et la personne en charge de votre accueil doit signer le badge et l'horodater pour qu'on puisse sortir de l'enceinte et récupérer son document d'identité. En outre, les sacs sont fouillés avant de pouvoir accéder à l'enceinte du site. Cette sécurité détone avec les autres terrains effectués et rappelle le caractère « défense » du CNES.

¹⁵ Une grandeur au sens de Luc Boltanski et Christian Thévenot (1991).



Figure 5 Entrée du Centre Spatial de Toulouse (CST)¹⁶

1.2.2. L'agence spatiale allemande : la DLR

Après la seconde guerre mondiale, les restrictions imposées à l'Allemagne ne l'autorisaient pas à développer des fusées. Ainsi, malgré une forte volonté nationale de participer aux développements de l'activité spatiale et une grande expertise de sa communauté scientifique, l'Allemagne arriva tardivement à développer une réelle activité spatiale en comparaison à la France, l'Italie et le Royaume-Uni (Krige, Russo et Sebesta, 1994).

“Blocked by the legacy of the past, many interest groups in Germany were thus particularly receptive to the initiatives taken at the end of 1959 to launch a collaborative European space programme. They were seen as legitimating Germany's re-entry into a field of research from which she had been effectively excluded for many years. They

¹⁶ Source : « Entrée du Centre spatial de Toulouse (CST), CNES/MARTIN Emmanuelle, 2017 ».

served as a platform from which to launch an independent national programme.” (Krige, Russo et Sebesta, 1994, p. 11)

La DLR est le centre de recherche de l'Allemagne pour l'aéronautique et l'espace. Elle possède 30 sites¹⁷ et son siège social est à Cologne. Elle emploie plus de 10 000 personnes. La spécificité de la DLR est qu'elle a le statut d'association, elle est donc juridiquement indépendante. L'espace n'est pas sa seule juridiction, elle s'occupe notamment des questions liées aux domaines de l'aéronautique, de l'énergie et des transports. Elle est en charge de la planification et de la mise en œuvre des activités spatiales allemandes. En ce sens, elle coordonne les activités nationales et européennes et représente les intérêts de l'Allemagne. Son agence spatiale se situe sur le site de Bonn. En 2020, le budget de la DLR pour le spatial civil est d'environ 1552 millions d'euros, la contribution à l'ESA représente 61% du budget soit 945 millions d'euros. Le programme national allemand équivaut à 20% du budget (305 millions d'euros) et le budget consacré au domaine de la recherche et de la technologie représente 301 millions d'euros soit 19% du budget¹⁸. En 2023, le budget total de la DLR était de 1,6 milliards d'euros, dont 532 millions étaient alloués à la recherche spatiale.

En ce qui concerne son organisation, elle est composée de plusieurs organes : l'Assemblée générale (qui est le principal organe décisionnaire), le Sénat, le Comité de l'espace, le Bureau exécutif et le Conseil consultatif scientifique et technique. L'Assemblée générale a délégué certaines tâches au Sénat. En effet, le Sénat se réunit deux fois par an et compte au maximum 33 membres issus du domaine scientifique, des affaires et de l'industrie ainsi que du gouvernement. De plus, il « *est présidé par un secrétaire d'État du ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du climat, qui est responsable du DLR au sein du gouvernement fédéral. En plus de sa fonction de*

¹⁷ En Allemagne : Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Brême, Bremerhaven, Cochstedt, Cologne, Cottbus, Dresde, Geesthacht, Göttingen, Hambourg, Hanovre, Iéna, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenbourg, Rheinbach, Sankt Augustin, Stade, Stuttgart, Trauen, Ulm, Weilheim et Zittau, Elle a également des bureaux à Paris, Bruxelles, Tokyo et Washington.

¹⁸ Source : site internet de la DLR (https://www.dlr.de/rd/en/desktopdefault.aspx/tabid-2099/3053_read-4706/) et (<https://www.dlr.de/en/dlr/about-us>), visités le 21/05/2023

*surveillance, le Sénat conseille et soutient le DLR sur des questions importantes, telles que l'orientation de sa stratégie et la définition du cap pour le développement futur du DLR »*¹⁹.

1.2.3. L'agence spatiale britannique : UK Space Agency

La présence du Royaume-Uni dans le secteur spatial n'est pas nouvelle puisque les Britanniques se sont dotés, dès 1962, d'un programme d'exploration spatiale (Vidmar, 2020) et ils ont été les premiers à se lancer dans le spatial en Europe (Krige, Russo et Sebesta, 1994). L'implication du Royaume Uni dans les activités spatiales remonte à la fin des années 1940 avec la création de la Royal Aircraft Establishment (RAE) qui développera des fusées dont *Skylark* – au début des années 50 – qui sera utilisée pour des recherches scientifiques. Le début des années 50 sera également marqué par des coopérations internationales avec l'Australie (établissement d'un site de lancement à Woomera) et les États-Unis (avec le développement de *Blue Streak* (Krige, Russo et Sebesta, 1994).

Cependant, ce n'est qu'en 2011 que le Royaume-Uni voit la naissance de son agence spatiale (*UK Space Agency*). L'agence spatiale britannique se situe à Swindon en Angleterre et est rattachée au « Department for Science, Innovation and Technology » (DSIT)²⁰. En ce qui concerne son organisation (figure 5), l'agence spatiale britannique a un directeur général (*Chief Executive and Accounting Officer*) qui est conseillé par le comité directeur (*Steering Board*) vis-à-vis du fonctionnement et du développement de l'agence. Le « *Audit and Risk Assurances committee* » est un organe consultatif ayant pour rôle de « contrôler » les dépenses et est en charge de faire un rapport au comité directeur, il a également un rôle de soutien pour le directeur de l'agence en ce qui concerne sa fonction d'agent comptable. L'*Executive committee* et le *delivery board* sont deux organes non-consultatifs qui, respectivement, sont en charge de la gestion des

¹⁹ Source : site internet de la DLR (<https://www.dlr.de/de/das-dlr/ueber-uns/organisation>), visité le 20/05/2023

²⁰ Les DSIT a été créé en 2023 suite à la scission du Department for Business, Energy & Industrial Strategy qui lui-même découlait de la fusion du « Department for Business, Innovation and Skills (BIS) », et du « Department of Energy and Climate Change (DECC) ».

différentes activités et s'assurent que les programmes de l'agence répondent aux priorités fixées par l'agence.

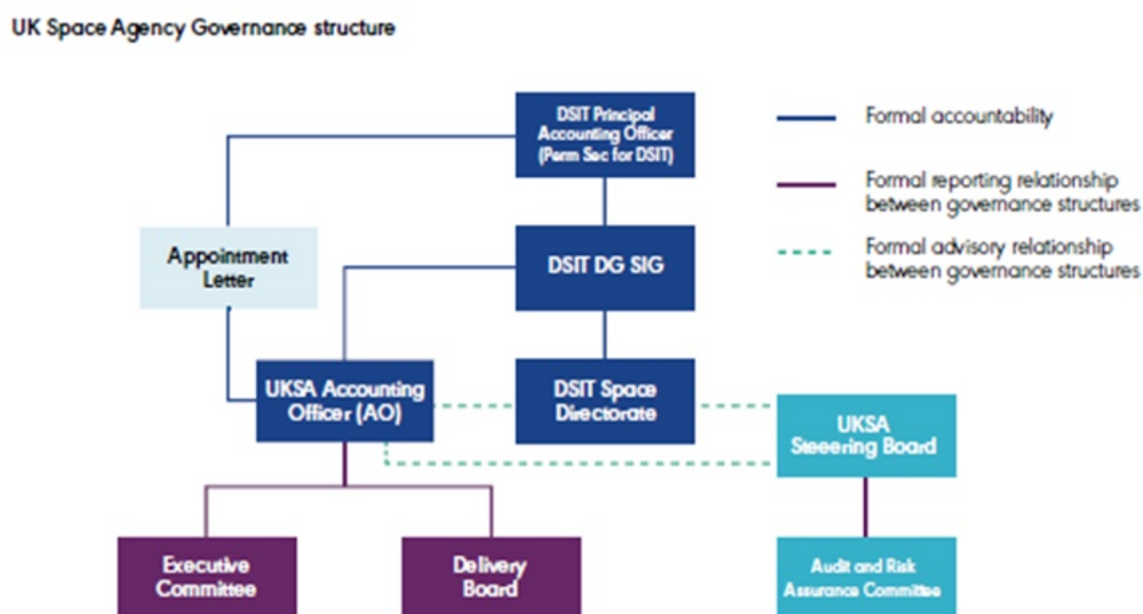


Figure 6 : Organisation de l'UK Space Agency²¹

Elle emploie, en 2015, 70 personnes à temps plein qui sont rattachées principalement au siège à Swindon mais également dans deux autres unités à Londres et Harwell. Ses principales missions sont les suivantes :

“To meet national needs, the UK Space Agency is responsible for ensuring that the UK retains and grows a strategic capability in the space-based systems, technologies, science and applications. The UK Space Agency therefore leads the UK's civil space programme in order to win sustainable economic growth, secure new scientific knowledge

²¹ Source : site de l'UK Space Agency
(https://assets.publishing.service.gov.uk/media/64aebccafe36e000146fa840/UK_Space_Agency_AR_2022-23_web.pdf), visité le 20/05/2023

and provide benefits to all citizens. The agency works to maximise UK benefits from space activities and to ensure that the UK remains at the forefront of global scientific excellence as well as in the exploitation of space infrastructure, products and services. The agency encourages interaction between industry and academia. The UK Space Agency is responsible for managing the UK-ESA relationship, as well as the UK-EU relationship in Space activities, including acting as UK delegates to the H2020 Space Programme Committee.”²²

Cependant, l’agence spatiale britannique exerce surtout un rôle de régulateur et de financeur des activités spatiales mais celui-ci n’est pas exclusif, ce qui rend le paysage des financements « complexe et désordonné » (Vidmar, 2020). En 2023, le budget de l’agence spatiale britannique était de 642 millions de livres, soit 767 millions d’euros

L’avènement du *New Space* (Dufay, 2021) a entraîné l’émergence et la multiplication de nouveaux acteurs dans le secteur privé et par conséquent une profonde mutation du secteur spatial et des dynamiques en jeu entre le secteur privé et le public. La politique du Royaume-Uni vis-à-vis du secteur spatial est, historiquement, orientée par le libre marché et le pan lié à l’aspect commercial de l’espace a ainsi augmenté depuis les années 1980-1990 (Vidmar, 2020). Le Royaume-Uni marque également un tournant dans sa politique spatiale notamment en ce qui concerne les sites de lancement et les lanceurs puisqu’il a décidé de réinvestir le secteur des lancements (et des lanceurs via la compagnie *Orbex*). En effet, sept sites de lancement ont été développés – ou sont en cours de développement – dont la grande majorité se situent en Écosse. Ces sites de lancement sont de deux types différents : longitudinal et vertical (les lanceurs verticaux se situant exclusivement en Écosse).

²² Source : site internet de l’UK Space Agency : https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/United_Kingdom_Space_Agency_UK_Space_Agency, site visité le 20/05/2023

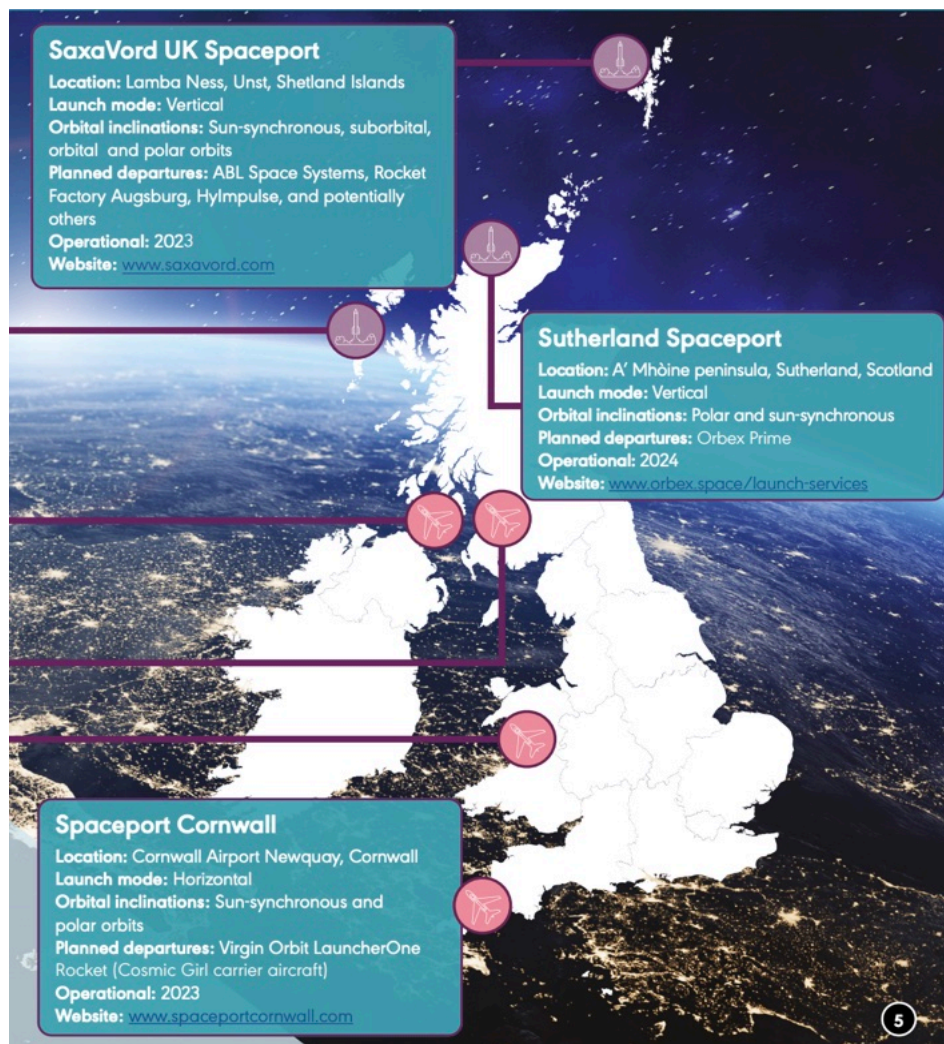


Figure 7 Les spaceports au Royaume-Uni²³

Ainsi, l'ambition économique et politique du Royaume-Uni de devenir le leader des lancements commerciaux en Europe est ouvertement affichée dans cet extrait :

“The UK is the most attractive destination in Europe to host commercial small satellite launch– offering the right geography, the right business and regulatory environment and the right industrial capability to support a range of spaceflight activities. Geographically advantageous, the UK’s long coastline and island location make it

²³ Source : site de l'UK Space Agency
 (https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1151003/Spaceport_brochure_17.4.23.pdf), visité le 27/05/2023

unique in easily hosting different types of launch services. Scotland is the best place in the UK to reach in-demand satellite orbits with vertically launched rockets²⁴.”

Le Royaume-Uni connaît également un phénomène de régionalisation des activités liées au spatial via l'émergence du triangle « Space Glen » en Écosse. Il se caractérise par la construction d'un « écosystème de PME » depuis 2005 et dont les compétences se sont fragmentées autour de trois grands pôles à Édimbourg, Dundee et Glasgow (Vidmar, 2020).

1.2.4. L'agence spatiale italienne : ASI

Dans les années 1950-1960, l'Italie développa un programme spatial se concentrant sur le développement de fusées à combustibles liquides et solides. En 1959, le conseil de la recherche italienne collabora avec l'armée pour développer un programme de recherche spatiale. Dans cette même période, elle coopéra également avec les États-Unis dans le cadre d'un projet de développement de satellites San Marco dont le premier fut lancé en 1964. San Marco-1 fut le premier satellite européen à être en capacité de faire le tour de la Terre (Krige, Russo et Sebesta, 1994). Cependant, l'Agence Spatiale Italienne (ASI ou *Agenzia Spaziale Italiana*) ne fut fondée qu'en 1988. Celle-ci est en charge des activités spatiales italiennes et est le leader du programme européen de lanceur VEGA qui a été conçu en Italie. L'ASI décrit le domaine spatial de la manière suivante sur son site :

*“However, today Space is no longer just an exceptional research sector, but is also an important **economic opportunity**. The market of satellite telecommunications and navigation – just to mention a field of application – is constantly expanding and the ASI, with its*

²⁴ Source : site de l'UK Space Agency (<https://www.gov.uk/government/publications/brochure-a-guide-to-the-uks-commercial-spaceports/a-guide-to-the-uks-commercial-spaceports>) ; visité le 24/04/24.

experience in the manufacturing and orbiting of satellites, and works so that Italy is ready to seize its opportunities.”²⁵

Le siège social de l’agence spatiale italienne se trouve à Rome et abrite également le SSDC (*Spatial Science Data Center*). Celui-ci est en charge de la gestion, de l’analyse et du stockage des données scientifiques. Les activités de l’ASI ne se font pas exclusivement à Rome, elles sont dispersées au sein de plusieurs sites. La plus ancienne infrastructure est le centre « Luigi Broglio » qui se trouve à Malindi au Kenya. Il est composé de deux segments : une base de lancement océanique et un segment sol qui sert à la réception de données. La base de lancement n’est plus utilisée depuis le 25 Mars 1988, date de l’envoi du satellite San Marco D/L.

Le *Center for Space Geodesy* (CGS) est le principal centre opérationnel de l’agence spatiale italienne qui a été construit en 1983 à Matera. Les activités de ce centre sont principalement centrées sur la géodésie spatiale qui permet, entre autres, de comprendre les activités tectoniques du bassin méditerranéen. Il gère également la partie civile du segment sol du projet COSMO-SkyMed (*Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation*) – élaboré par le ministère de la Défense et l’agence spatiale italienne. Une des activités du centre CGS est de surveiller les débris spatiaux qui peuvent interférer et mettre en danger les satellites en activités. Le centre le plus récent est le *Sardinia Deep Space Antenna* (SDSA) qui se situe à Cagliari : “(it) has become operational in the context of the NASA’s Deep Space Network and is capable of offering support services for lunar and interplanetary missions and allow the development of radio science activities”.²⁶ La base de lancement de ballons stratosphériques à Trapani-Milo, qui a été fondée en 1975, a cessé toutes activités depuis 2010. L’activité de ce site était centrée sur la conception, le lancement et la gestion des vols des ballons stratosphériques.

²⁵ Source : site internet de l’ASI (<https://www.asi.it/en/the-agency/the-italian-space-agency-in-short-profile-and-activities/>), visité le 30/05/2023

²⁶ Source site internet de l’ASI (<https://www.asi.it/en/the-agency/the-space-centers/sardinia-deep-space-antenna> sdsa/#:~:text=The%20SDSA%20has%20now%20become,with%20the%20ESA's%20ESTRAC K%20network), visité le 31/05/2023

En 2022, le budget de l'ASI était de quasiment 1,8 milliards d'euros. Au niveau organisationnel, le président est le représentant de l'agence spatiale italienne, il est par conséquent en charge des relations inter-institutionnelles telles que la fonction de représentant du gouvernement italien au sein du conseil de l'ESA. Il s'assure également de la bonne conduite des activités dans lesquelles l'agence est engagée. Le président est nommé pour quatre ans et a également pour rôle de définir l'orientation de l'agence en proposant un plan triennal au conseil d'administration qu'il préside.

Le conseil d'administration – qui est composé de sept membres dont le président de l'agence – a pour principaux objectifs d'orienter et de programmer les activités de l'agence italienne. Les rôles du conseil d'administration incluent l'approbation du budget et du bilan. Il décide du plan triennal ainsi que du règlement de l'agence proposés par son président. Il a également pour rôle de nommer le conseil scientifique et technique et de désigner le vice-président de l'agence qui sera élu parmi les membres du conseil et qui aura pour rôle de remplacer le président dans ses fonctions en cas d'empêchement de celui-ci. Le conseil d'administration est épaulé par le conseil scientifique et technique. Celui-ci est un organe consultatif au regard des aspects techniques et scientifiques. Il se compose d'un maximum de sept personnes dont le président de l'agence qui préside également ce conseil. L'agence italienne compte également un directeur général qui principalement gère et met en œuvre les décisions émanant du président et du conseil d'administration. Il s'occupe également de préparer le budget et le bilan de l'Agence et le règlement pour le président qui le soumettra par la suite au conseil d'administration.

1.3. Les organismes de recherche :

Bien que les agences spatiales soient les organismes qui s'engagent, auprès notamment de l'agence spatiale européenne, et qui coordonnent les activités spatiales d'un pays, elles ne sont pas les seuls acteurs centraux dans les efforts d'un pays en ce qui concerne le spatial. Dans cette section, il s'agira de présenter les différents types d'instituts qui ont un rôle crucial dans l'élaboration, la conception et l'exploitation des missions spatiales. En effet, les agences spatiales ont principalement un rôle de supervision des activités

scientifiques dans lesquelles leur pays est engagé. Il s’agira donc, ici, de présenter les acteurs en lien avec les aspects scientifiques de la mission.

Nous pouvons d’ores et déjà dresser une typologie de ces instituts en trois catégories : ceux tournés vers la recherche (théorique ou instrumentale) ; ceux tournés vers l’ingénierie – que sont les agences spatiales – et ceux qui constituent un entre-deux en étant à la fois tournés vers l’ingénierie et la recherche. Nous verrons par la suite que ces trois catégories regroupent des acteurs et des formes d’organisations très différentes. Une présentation des différents organismes, qui ont constitué les terrains pour cette étude, sera faite.

Une grande partie des terrains et des entretiens se sont déroulés au sein d’instituts, laboratoires et départements universitaires. Ces différents établissements étaient majoritairement composés de chercheurs, que ce soit des instrumentalistes – qui réfléchissent aux instruments du futur – ou des théoriciens – dont le travail est tourné sur les théories, les prédictions etc.

1.3.1. L’IASF-MI et le département de physique à l’université de Milan

L’IASF-MI (*Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica cosmica Milano*) constitue l’une des 16 structure de l’INAF (*Istituto Nazionale Di Astrofisica*) en Italie. L’IASF-MI est un institut fondé en 1969 dont l’objectif est d’étudier l’univers grâce à des satellites et des observatoires au sol. Sur le site internet de l’institut, les activités de cette structure sont présentées de la manière suivante :

“IASF-MI activities range from instrument development to observations and data interpretation for a variety of astrophysical topics, and throughout the years the researchers of IASF-MI have been working, often playing a leadership role, on many important scientific fields: high energy compact galactic sources, extragalactic redshift surveys, X-ray clusters, to mention some. (...) The first actuators of the 1-meter prototype mirror for active optic, now on display at the

Deutsche Museum in Munich, were developed at IASF-MI under an ESO contract at the beginning of the '80ies.”²⁷

L’accent est donc mis sur les contributions scientifiques effectuées dans le domaine de l’astrophysique et les responsabilités qui ont été endossées par ses membres. La mise en avant du prototype de miroir, qui a été développé par les équipes de l’IASF-MI, pourrait être interprétée comme une volonté de mettre en avant l’importance de leurs contributions en ce qui concerne les activités spatiales européennes. En effet, il est assez rare de trouver les divers apports techniques et scientifiques dans les sections « présentation » des instituts de recherche.

Les deux sites qui ont constitué les terrains milanais ont donc été : l’IASF-MI et le département de physique de l’université de Milan (ou *La Statale*), les enquêtés étaient majoritairement des chercheurs. L’université de Milan a été fondée en 1924 et fut la première université en Lombardie. La particularité de ces deux sites tient à leur situation géographique. De manière générale, les institutions en lien avec les activités spatiales sont excentrées ou en périphérie de grandes villes et plutôt « isolées » géographiquement, or, ce n’était pas vraiment le cas des terrains milanais. Les deux sites étaient également à courte distance l’un de l’autre.

1.3.2. L’IRAP

L’Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP) est un laboratoire qui s’étend sur trois sites : deux à Toulouse, le site Belin et le site Roche qui se situent à proximité l’un de l’autre – ils sont également à proximité du CNES – et un site à Tarbes. Il est également particulier par le fait qu’il est plutôt récent puisqu’il a été fondé en 2011. L’IRAP est le résultat d’une fusion entre différents laboratoires : le Centre d’Étude Spatiale des Rayonnements (CESR), le laboratoire de Dynamique Terrestre et Planétaire (DTP) et le Laboratoire des Mécanismes de Transfert Géologique (LTMG).

²⁷ Source : site internet de l’INAF (<https://www.iasf-milano.inaf.it/about/>), visité le 30/05/2023

L'IRAP fait partie de l'Observatoire Midi-Pyrénées. L'OMP « fédère les laboratoires des sciences de l'Univers, de la planète et de l'environnement midi pyrénéens autour des missions de recherche, d'observation, d'enseignement, de diffusion de la culture scientifique et de coopération internationale communes aux OSU (Observatoire des Sciences de l'Univers) »²⁸. C'est donc une structure fédérative qui regroupe neuf laboratoires dont l'IRAP ; le Laboratoire d'Aérodynamique (LAERO) ; le Centre d'Études Spatiales de la Biosphère (CESBIO) ; le Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie spatiales (LEGOS) ; le Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE) ; le Centre National de Recherche Météorologique (CNRM) ; Géosciences Environnement Toulouse (GET) ; le Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens (CEFREM) ; Climat, Environnement, Couplages et Incertitudes (CECI). La majorité de ces laboratoires ont au moins une antenne se trouvant au sein de l'OMP à Toulouse – qui prend la forme d'un complexe de bâtiments. Il existe donc une proximité géographique forte entre ces différents laboratoires faisant partie de l'OMP.



Figure 8 L'IRAP, site Roche à Toulouse²⁹

²⁸ Source : site internet de l'OMP (<https://www.omp.eu/>), visité le 19/04/2023

²⁹ Source : site internet de l'IRAP (<https://www.irap.omp.eu/homepage/presentation/>), visité le 19/04/2023

Au début de notre enquête, l'entrée à l'IRAP était très peu contrôlée. Nous pouvions entrer facilement dans le bâtiment, excepté durant la pause méridienne où nous devions utiliser notre badge pour pouvoir y accéder car la personne chargée de l'accueil était en pause. Cependant, depuis 2020, un changement d'organisation a été opéré rendant l'accès plus strict. Dorénavant, nous devons sonner et attendre pour que l'on nous ouvre, puis signer une feuille précisant les raisons de notre venue et notifier le nom de la personne nous recevant au sein de la structure. Il en résulte une organisation plus stricte qui est considérée comme « pesante ». Tous les membres de l'IRAP doivent tous porter un badge en permanence.

1.3.3. Le CEA : un institut à l'intersection de la recherche et de l'ingénierie

Le CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique) a été créé après la seconde guerre mondiale par le général de Gaulle qui « *est convaincu de la nécessité de fonder un organisme national consacré à l'énergie nucléaire nouvellement découverte. Après avis du conseil d'État, le chef du gouvernement signe l'ordonnance du 18 octobre 1945 qui marque la création du Commissariat à l'énergie atomique (CEA).* »³⁰ Le CEA compte 10 centres qui sont classés en deux catégories : les centres d'études civiles et les centres pour les applications militaires. Le schéma suivant montre la répartition des différents centres en France.

³⁰ Source : site internet du CEA (<https://www.cea.fr/Pages/le-cea/histoire-creation-CEA.aspx>), visité le 19/04/2023.

Les centres CEA

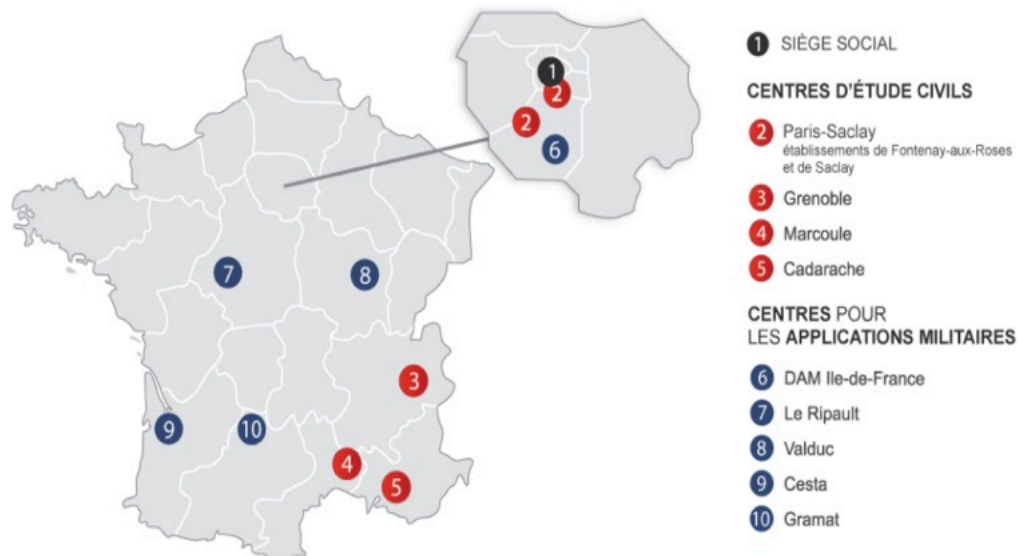


Figure 9 Carte des centres du CEA³¹

La particularité du CEA est d'être un organisme à l'intersection entre le monde de la recherche et le monde de l'ingénierie :

« Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) est un organisme public de recherche à caractère scientifique, technique et industriel (EPIC).

Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation, le CEA intervient dans quatre domaines : la défense et la sécurité, les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), la recherche technologique pour l'industrie et la recherche fondamentale (sciences de la matière et sciences de la vie). S'appuyant sur une capacité d'expertise reconnue, le CEA participe à la mise en place de projets de

³¹ Source : site du CEA (<https://www.cea.fr/Pages/le-cea/les-centres-cea.aspx>), visité le 19/04/2023.

collaboration avec de nombreux partenaires académiques et industriels. »³²

Durant cette recherche, notre terrain a été effectué au sein du centre de Paris-Saclay qui a ouvert en 1952 et dont le style architectural est inspiré des « *campus américain et du parc du château de Versailles* »³³. Il se situe à la campagne et est impressionnant en termes de superficie. En effet, le site de Paris-Saclay reste le site dédié à la recherche scientifique le plus grand en Europe.



Figure 10 Site du CEA de Paris- Saclay³⁴

1.3.4. Le Royal Observatory Edinburgh (ROE)

L'observatoire royal d'Édimbourg (ROE) a également constitué un terrain d'enquête. L'histoire de cet observatoire est intéressante car il était initialement situé à Calton Hill où il a été construit au début des années 1800. Il obtint le statut d'observatoire royal en 1822 sous George IV.

³² Source : site internet du CEA (https://www.cea.fr/Pages/le-cea/acteur-clef-de-la-recherche-technologique.aspx#/scene_lmj_1/) visité le 20/04/2023

³³ Source : site internet du CEA ((<https://www.cea.fr/paris-saclay/Pages/CEA%20Paris-Saclay/Histoire/histoire-de-saclay.aspx>), visité le 20/04/2023

³⁴ Source : site internet du CEA (<https://www.cea.fr/paris-saclay/Pages/CEA-Paris-Saclay/histoire/histoire-de-saclay.aspx>) , visité le 20/04/2023.

“The next fifty years saw major research advances leading to the futuristic vision of mountain-top observing developed by Charles Piazzi Smyth, second Astronomer Royal for Scotland. However, political times changed and by 1888 the fortunes of the Royal Observatory were at a very low ebb with inadequate buildings, outmoded instruments, an unsuitable site and a paltry budget. A Royal Commission recommended that the Edinburgh Observatory should cease to be a national Scottish institution and that its buildings should be handed over to the University.”³⁵

Cependant, le sort de l’observatoire royal changea lorsque le comte de Crawford fit don de sa collection de livres et de son observatoire dans l’Aberdeenshire – et donc des équipements qui le constituaient. En échange de ce don à la nation, le gouvernement s’engagea à construire et entretenir un nouvel observatoire. Ce nouvel observatoire fut construit à Blackford Hill en 1896.



Figure 11 Photo de l'Observatoire Royal d'Édimbourg

³⁵ Source : site internet du ROE (<https://www.roe.ac.uk/roe/history.html>), visité le 2/10/2024.

L'ancienneté du bâtiment ainsi que sa position géographique furent les premières choses qui marquèrent l'entrée sur le terrain. En effet, le site se situe sur une colline surplombant la ville d'Édimbourg. La particularité de l'observatoire royal d'Édimbourg réside également dans l'éclectisme en termes de types de populations hébergées en son sein – il y figure, à un même endroit, le monde de la recherche, de l'ingénierie et de l'industrie.



Figure 12 Photo des alentours du ROE

Plusieurs institutions sont hébergées dans ce bâtiment dont l'institut pour l'Astronomie (*Institute for Astronomy* (IfA) et *UK Astronomy Technology Centre* (UK ATC). Les enquêtés interrogés faisaient partie du premier institut qui est rattaché à l'Université d'Édimbourg. L'accès à l'enceinte du bâtiment nécessita de porter un badge et d'attendre dans la pièce d'accueil la personne avec qui une entrevue était programmée. Lors de mon entrée sur le terrain, un enquêté m'a fait visiter le site en commençant par la bibliothèque qui accueille toujours la collection de livres sur l'astronomie du Comte Crawford – celle-

ci étant d'ailleurs l'une des plus importantes au monde. Le deuxième point fort de cette visite des lieux fut lorsqu'il m'a montré une salle blanche. Du couloir où nous étions situés, nous pouvions voir une équipe travailler sur une partie d'un télescope, dont il me semble qu'il était à destination d'un observatoire au sol. En effet, UK ATC est tourné vers la conception et le développement d'instruments et il réalise également des tests sur les instruments. Cet institut est également intéressant car il héberge un centre pour l'innovation : *Higgs centre for innovation*. Ce centre industriel se situe dans un nouveau bâtiment qui lui est entièrement dédié et qui est constitué de salles blanches et d'un incubateur d'entreprise à destination, principalement, des starts-ups dans le spatial.

* * *

En Europe, les efforts en matière d'espace sont très hétérogènes d'un pays à l'autre – et liés à la part financière allouée aux activités spatiales. De facto, les États peuvent être classés en trois catégories distinctes : *Small*, *Medium* et *Large*. Celles-ci peuvent être également mises en lien avec une organisation plus ou moins aboutie allant de l'organisation par unité à celle d'agences spatiales. Le rôle des agences – qui est la forme la plus aboutie – consiste principalement à gérer les activités nationales et à élaborer les programmes spatiaux. Cependant, les agences ne sont pas les seuls acteurs au niveau national en ce qui concerne les activités scientifiques. Les laboratoires et instituts de recherche restent des acteurs majeurs des efforts scientifiques et du rayonnement national d'un pays en matière d'espace. Bien qu'il existe des activités spatiales menées en dehors du cadre de l'ESA, il faut reconnaître que les États européens vont principalement mener leurs activités dans ce cadre-là.

Chapitre 2 :

Le virage européen

L'agence spatiale européenne est un symbole d'une intégration européenne réussie, elle représente les efforts joints des pays européens en matière d'activités spatiales. Cette intégration européenne ne s'est pas faite sans embûches et a connu de nombreuses transformations au cours du temps. Ses prédécesseurs ELDO et ESRO ont constitué les bases d'une coopération européenne qui a fini par déboucher sur la création de l'ESA telle que nous la connaissons actuellement.

La place de l'agence européenne n'a cessé de grandir ainsi que ses programmes – notamment scientifiques. En effet, les missions mises en œuvre par l'ESA sont devenues de plus en plus complexes. Cette complexification technique et technologique a engendré une nécessité de mobiliser de plus en plus d'institutions et de personnes pour pouvoir les mener à bien.

2.1. Vers une Europe spatiale

Bien que les pays européens soient engagés individuellement dans des activités spatiales, il a été très rapidement question de mettre en place des coopérations internationales et plus particulièrement européennes. Ainsi, Laurence Nardon (Nardon, 2007) met en évidence l'importance du cadre européen pour la France – cette analyse vaut également pour les autres pays :

« Un autre élément fondamental apparaît dès la naissance de notre effort spatial : son articulation inévitable avec l'échelon européen. Pour des raisons budgétaires, mais aussi parce que la finalité des programmes spatiaux entrepris dépasse souvent le cadre national, les

ambitions spatiales de la France se définissent dès le départ dans un cadre international et principalement européen. Les réalisations proprement nationales constituent en réalité une part minoritaire des projets entrepris. » (Nardon, 2007, p. 294)

Au fil des décennies, l'agence spatiale européenne est devenue la principale modalité d'engagement des pays européens en ce qui concerne les activités spatiales. En effet, les grands projets, qui étaient historiquement financés par l'État, connaissent une multiplication du nombre de commanditaires. Les grands projets, dont les missions spatiales, se retrouvent donc le plus souvent financés sur plusieurs niveaux (local, national et européen) (Reverdy, 2021). Ce phénomène de multiplication des contributeurs entraîne notamment une complexification des « structures de gouvernance », ce que Thomas Reverdy (2021) qualifie de gouvernance dispersée.

2.1.1. La cohabitation (parfois difficile) entre les programmes nationaux et européens

Les pays membres s'engageant dans L'ESA le font en fonction des motivations suivantes (Adriaensen et al., 2015) :

- Les bénéfices sociétaux que permettent les activités spatiales
- La compétitivité industrielle
- La coopération internationale
- La création d'emplois
- Le développement technologique et le transfert

Les auteurs vont également mettre en exergue que, parmi les raisons citées ci-dessus, les principales étaient la compétitivité industrielle et la coopération internationale. Cela va dans le sens de la convention de l'ESA (2019) qui appuie particulièrement les thématiques suivantes : le développement de l'industrie spatiale européenne et la coopération – que ce soit par le biais de coopérations scientifiques ou d'échanges de technologies.

Tout d'abord, il faut distinguer les différents pays membres de l'agence spatiale européenne, ils n'ont pas tous la même histoire au regard de leurs activités spatiales nationales. De ce fait, R. Bonnet et V. Manno (1994) proposent deux grands principes de distinction entre les États membres : l'existence d'un programme national associé à une organisation qui le sous-tend et la part du produit national brut (PNB) allouée aux activités spatiales. Plus cette dernière est basse, plus les États vont avoir besoin de l'ESA pour mener des activités spatiales. En effet, les pays membres de l'ESA qui n'avaient pas de programmes nationaux et d'infrastructures associées attendaient de celles-ci qu'elle incarne le rôle d'agence nationale. C'est dans cette visée là que le programme PRODEX de l'ESA fut mis en place en 1986.

Le programme PRODEX (*PRO*gramme de Développement d'*EX*périences scientifiques) était initialement prévu pour permettre aux instituts et universités de prendre part aux missions de l'ESA quand les financements de leur pays d'origine ne le leur permettaient pas. Le budget du programme PRODEX était de 50-60 millions d'euros (en 2017), il est un programme facultatif de l'ESA qui permet à ses membres de financer le développement d'expériences scientifiques, la mise en œuvre des activités du programme et garantit le principe de juste retour à hauteur de 50% par le biais des industries au sein des pays participants. En 2019, les 16 pays suivants étaient membres de ce programme :

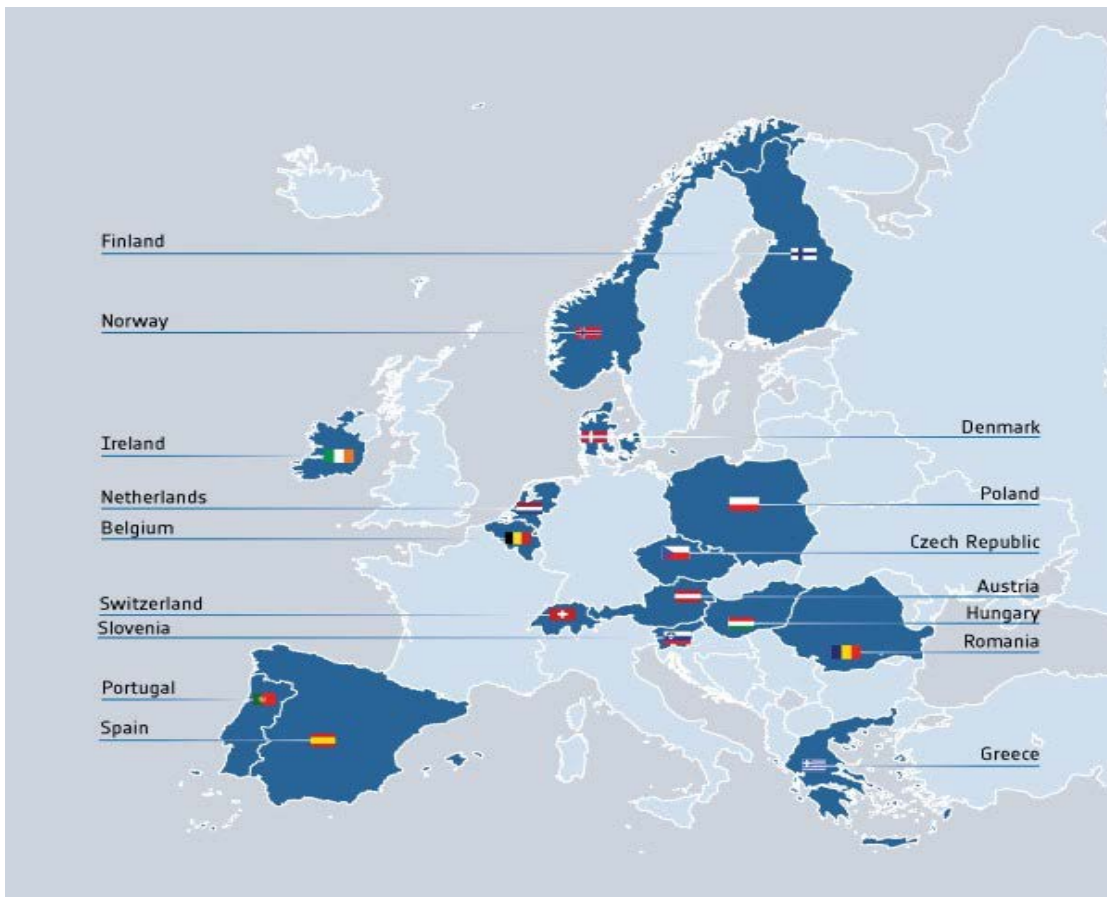


Figure 13 Pays participants au programme PRODEX de l'ESA en 2019³⁶

Bonnet et Manno (1994) mettent également en lumière le fait que les programmes spatiaux nationaux ne sont pas en compétition avec l'agence spatiale européenne, bien que l'ESA soit un modèle d'intégration européenne. L'idée est que les programmes nationaux et européens permettent de se compléter entre eux : ce que les pays développent, en termes de connaissances/ savoir-faire scientifique et technologique, leur permettra de les réinjecter dans leurs contributions au sein du programme de l'ESA (Bonnet et Manno, 1994). L'auto-renforcement des compétences des pays membres résulte donc de cette complémentarité entre les programmes nationaux et européens. Néanmoins, le rôle de coordination de l'ESA ou d'ESRO, entre son programme scientifique et les programmes nationaux, a pu être mis à mal, notamment par les motivations politiques de certains pays. Ainsi, plus les pays avaient un programme spatial

³⁶ Source : site internet de l'ESA (<https://sci.esa.int/web/prodex/-/59650-participating-states>), visité le 22/03/2024

établi plus ils exerçaient des pressions concernant la définition du programme de l'ESA (Bonnet et Manno, 1994).

2.1.2. La montée de l'ESA comme principal acteur des activités spatiales en Europe

Cependant, dans les années 1980, la mutation que connut la communauté scientifique du spatial – liée, entre autres, à une augmentation des disciplines et du nombre de chercheurs – a fragilisé l'agence spatiale européenne.

« By that time the envisaged facilities had become much more sophisticated, another sign of the rapidly evolving character of space science, and much more costly. European space scientist and industry requested a certain frequency of project to guarantee continuity of research for the scientist and of workload and technical expertise for industry. Unfortunately, ESA's level scientific budget could not accommodate this double request. There was a risk that both the scientists and industry would abandon space activities unless a medium-sized project were to be undertaken by ESA every year. In fact ESA's project were then no bigger and no more ambitious than some national ones. The ESA program was at risk of becoming subcritical and of being unable to deliver what was requested from the scientific community and from industry. » (Bonnet et Manno, 1994, p. 63)

Dans une perspective visant à renouveler le rôle central de l'agence spatiale européenne, le programme Horizon 2000 a vu le jour en 1985 en Italie. Celui-ci s'accompagna d'une très forte augmentation du budget de l'agence ainsi que d'une planification plus structurée des activités – avec une estimation précise des dépenses (Bonnet et Manno, 1994).

“Carrying out Horizon 2000 required a special financial effort from the Member States, amounting to a progressive budgetary increase of

7% per year from 1985 to a steady state in 1992. The Council meeting at Ministerial Level in Rome authorised a slower progression of 5% a year until 1989, thus affording about 50% of the requested increase. The realisation of the entire Horizon 2000 plan became dependent on such a progression of 5% a year being maintained until 1994. This progression was granted by the ESA Council in December 1990, thereby opening the way to full implementation of Horizon 2000.”³⁷

Le programme Horizon 2000 marqua donc un tournant concernant les activités spatiales européennes et permit à l’ESA de s’imposer comme seule coordinatrice des activités spatiales en Europe. En effet, la mise en place de ce projet s’accompagnait des objectifs suivants : permettre le développement des connaissances scientifiques ; faire de l’Europe une puissance mondiale dans le domaine spatial ; développer l’industrie spatiale européenne ; permettre de mieux répartir les opportunités de recherche au sein de la communauté des sciences de l’espace. Le programme Horizon 2000 fut suivi par Horizon 2000 Plus et enfin par le programme *Cosmic Vision* en 2004. Le prochain programme scientifique de l’ESA sera *Voyager 2050*³⁸.

Les quatre grands acteurs historiques de l’Europe spatiale que sont l’Allemagne, la France, l’Italie et le Royaume-Uni ont connu de nombreuses mutations internes, à la fin du XX^e siècle, au regard de leurs politiques spatiales. L’Allemagne était dans une logique de faire des économies tout en renforçant sa compétitivité industrielle. Cela est renforcé par le fait que les infrastructures allemandes (DARA et DLR) dans le domaine spatial manquent de cohérence et de liens entre elles, cela mène à une nécessité de refondre et repenser ces organisations nationales pour leur permettre d’être plus efficaces et compétitives en comparaison aux autres entités européennes telles que l’ESA mais également le CNES (De Montluc, 1997).

Dans ce même contexte, la politique britannique consistant à « mettre l’espace au service du travail » a rencontré ses limites. Le statut du Royaume-Uni au sein de l’Europe a

³⁷ Source : <https://www.esa.int/esapub/br/br114/br114sci.htm>, visité le 25/03/2024

³⁸ Source : <https://cosmos.esa.int/web/voyage-2050>, visité le 25/03/2024

connu un fort affaiblissement, devenant selon certains commentateurs un « acteur de deuxième division » (De Montluc, 1997). L'implication britannique au sein de l'ESA se limitant, entre autres, au rôle de soutien dans les programmes scientifiques (De Montluc, 1997). Dans une visée corrective, le Royaume-Uni décida de renforcer les liens avec son industrie spatiale mais également d'entreprendre des coopérations européennes notamment avec la France. De son côté, l'Italie avait pour objectif de devenir un acteur majeur de l'Europe spatiale. Cependant, face à des problèmes financiers et organisationnels, entraînant l'affaiblissement de l'agence spatiale italienne, la politique italienne concernant ses activités spatiales fut réévaluée en 1996 (De Montluc, 1997).

En ce qui concerne le contexte français, l'espace a dès le début été un domaine où la France avait de grandes ambitions. Ainsi, dans les années 1950-60, sous l'impulsion de De Gaulle (Lamy, 2011 ; Nardon, 2007) qui considérait l'espace comme « une grande affaire », la France commença à se positionner comme un acteur majeur du spatial en Europe et fut l'instigateur d'un grand nombre de coopérations européennes. Le secteur spatial était considéré comme *« le moyen et le symbole de notre indépendance stratégique : le moyen, car les technologies des lanceurs constituent une clé de la dissuasion française ; le symbole, car l'effort spatial permet notre présence sur un segment crucial des plus hautes technologies et affirme la vitalité de la recherche française. »* (Nardon, 2007, p. 294). Cependant, la place centrale de la France dans l'Europe spatiale est de plus en plus incertaine avec la montée en puissance de l'ESA et de l'Union européenne. Les autres pays européens ont également *« des capacités et des ambitions qui ne leur permettent plus de suivre docilement des projets sous leadership français. C'est le cas du Royaume- Uni, de l'Allemagne, de l'Italie et, dans une moindre mesure, de l'Espagne. »* (Nardon, 2007, p. 301)

Par conséquent, *« The European players will pursue a two-pronged approach, seeking on the one hand to optimise the use made of public funds (value for money) and on the other to split their investment between ESA, which has become the almost exclusive framework for the major international programmes (science, manned spaceflight) and the other cooperative frameworks, namely partnerships with industry*

(telecommunications and associated services) and bilateral or trilateral cooperation on new applications where sovereign interests are at stake". (De Montluc, 1997, p. 13)

2.1.3. Les projets Galileo et GMES : vers une européanisation des politiques spatiales ?

L'European Space Agency est devenue l'acteur clé des activités spatiales en Europe et représente donc l'effort joint des gouvernements européens, des industries et des universités tournées vers le domaine spatial. Elle commença à entretenir des liens de plus en plus étroits avec l'Union Européenne. Les programmes Galileo³⁹ et GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*)⁴⁰⁴¹ ont marqué les prémises d'un rapprochement entre ces deux institutions européennes. Bien que celui-ci soit rendu difficile par le rôle que chaque institution veut avoir et les rapports de forces qu'elles entretiennent entre elles.

Ainsi, l'Union Européenne par le biais de la Commission Européenne souhaitait, initialement, avoir un rôle décisionnaire et d'élaborateur de l'Europe spatiale et limiter l'ESA à un rôle « d'exécuteur » de ces politiques (Lamy et Saint-Martin, 2013). De plus, l'ESA n'a pas le statut d'institution communautaire mais celui d'organisation intergouvernementale, elle n'entretient donc pas de lien de gouvernance avec les autres institutions communautaires telles que la Commission européenne. Des liens plus institutionnalisés entre l'Union Européenne et l'Agence Spatiale Européenne semblent, *de facto*, improbables pour diverses raisons incluant le fait que les membres des deux entités ne sont pas exactement les mêmes (Lamy et Saint-Martin, 2013).

³⁹ Galileo est un système de navigation européen comprenant, actuellement, 28 satellites. Il émane d'un accord, en 2003, entre l'UE et l'ESA.

⁴⁰ « GMES is envisioned as a complete decision-support system for use by the public and policymakers, enabling the acquisition, interpretation and distribution of all useful information related to the environment, risk management and the natural resources. » Source : site de l'ESA (https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/GMES_global_intelligence_for_Europe), visité le 26/03/2024.

⁴¹ GMES sera renommé Copernicus en 2012.

Néanmoins, une volonté d'eupéanisation des politiques spatiales demeure, le traité de Lisbonne (2007) en est la preuve. Son objectif est de faire de l'Union Européenne (UE) une puissance spatiale capable de concurrencer les États-Unis, la Chine et la Russie (Lamy et Saint-Martin, 2013). Le traité de Lisbonne permet ainsi d'entériner le statut de nouvel acteur de l'Union Européenne (UE) dans le domaine spatial (Naja, 2012). Les projets GMES et Galileo s'inscrivent pleinement dans ce désir de créer une Europe Spatiale. Ces projets correspondent également à une dynamique de « *reconfiguration des frontières* » entre les mondes du spatial, du civil et du militaire (Lamy et Saint-Martin, 2013).

2.2. L'European Space Agency (ESA)

L'agence spatiale européenne est la principale entité permettant de mener des missions spatiales en Europe. Les coopérations dans le domaine spatial sont donc ancrées dans une logique de construction d'un « espace européen de la recherche » en capacité de concurrencer les grandes puissances traditionnelles telles que les États-Unis. De ce fait, les critères de financement de l'ESA obligent à une coopération intra-européenne.

2.2.1. La création d'une agence spatiale européenne et son processus d'adhésion

L'*European Space Agency* (ESA ou ASE) a été fondée en 1975, elle est née de la fusion de ELDO (*European Launch Development Organisation*) avec ESRO (*European Space Research Organisation*). ELDO était une organisation européenne ayant pour principal objectif le développement de lanceurs et avait donc des finalités plus commerciales qu'ESRO. ESRO était, quant à elle, une organisation dédiée à la recherche spatiale. Dans son ouvrage *Launching Europe* (1995), Stacia E. Zabusky évoque l'origine de la création de l'ESA comme étant le résultat de l'effort joint des gouvernements européens, des industries et des universités tournées vers le domaine spatial. Sa création avait pour objectif de créer une communauté européenne du spatial et de contribuer à mettre fin à une histoire européenne qui était marquée par la conflictualité. À cette fin, les dirigeants

européens ont développé des institutions, pour éviter la montée du nationalisme, fondées sur le partage d'une identité européenne commune – dont l'idéologie est caractérisée par l'idée de l'unité dans la diversité – et pour pouvoir être en mesure de concurrencer de grandes nations telles que les États-Unis et l'URSS (Zabusky, 1995).

Dans une perspective plus historique, l'analyse de Dawinka Laureys (2004), sur la création de l'agence spatiale européenne, évoque la série de conférences spatiales européennes (CSE) qui a eu lieu de 1966 à 1975 et qui a abouti à la création de l'ESA. Ces conférences rassemblaient les ministres, qui étaient en charge des questions liées à l'espace, des pays membres de l'ESRO, l'ELDO et la CETS (*Conférence Européenne de Télécommunications par Satellites*). C'est lors de la cinquième conférence que les pays européens s'accordèrent sur la création d'une agence spatiale européenne :

« Le matin du 20 décembre 1972, la cinquième Conférence spatiale européenne débuta sous la présidence de Théo Lefèvre dans la capitale belge. En dépit de certaines divergences de points de vue qui demeuraient, les États européens aboutirent en ce jour à un accord de principe en faveur de quatre éléments : la mise en place d'une agence spatiale unique, le développement d'une fusée lourde, L-IIS, sous maîtrise d'œuvre française, la participation européenne au programme post-Apollo par la construction du laboratoire de sortie Spacelab et le soutien du principe d'intégration des programmes spatiaux nationaux au niveau européen. » (Laureys, 2004, p. 8)

Le développement d'une fusée sous maîtrise d'œuvre française est dû au fait qu'ELDO avait connu trop d'échecs – notamment avec le développement de la fusée Europa –, certains pays souhaitaient donc abandonner le développement de lanceurs européens et privilégier l'achat de fusées auprès des États-Unis. Si bien, qu'en 1970, il ne restait plus que la France, la Belgique et l'Allemagne (via la RFA) comme membres de l'ELDO. Cependant, en 1972, l'Allemagne décida d'abandonner le développement de lanceurs européens :

« À ce moment, la France était convaincue qu'il fallait doter l'Europe d'une capacité de lancement et les Allemands étaient persuadés que

les Américains fourniraient les lanceurs nécessaires à l'Europe. La RFA avait pourtant été un fervent partisan du développement d'un lanceur européen. Cependant, face aux difficultés rencontrées par l'industrie allemande dans le cadre du programme Europa, le gouvernement allemand fut amené à penser qu'il y aurait davantage à gagner en participant au programme post-Apollo. En outre, Bonn était arrivée à la conclusion que l'augmentation des coûts de développement du lanceur européen était beaucoup trop élevée comparativement aux sommes qui risquaient d'être perdues si les États-Unis refusaient de lancer certains satellites. » (Laureys, 2004, p. 6-7)

La Belgique continua de soutenir la position française concernant le développement de lanceurs et la France déclara, peu avant la cinquième CSE, qu'elle prendrait en charge la maîtrise d'œuvre et la majorité du financement en ce qui concernait le développement d'un lanceur européen.

La convention de l'ESA fut alors signée par 10 pays lors de la conférence plénipotentiaire à Paris, le 30 mai 1975, et par un onzième avant la fin du délai alloué⁴² pour la ratifier. *L'European Space Agency* comptait donc initialement les 11 pays suivants :

- L'Allemagne
- La Belgique
- Le Danemark
- L'Espagne
- La France
- La Hollande
- L'Irlande (qui signa la convention le 31 décembre 1975)
- L'Italie
- Le Royaume-Uni
- La Suède

⁴² Le 31 Décembre 1975

- La Suisse

La convention de l'ESA (2019) fait une centaine de pages et a connu peu de modifications depuis sa création. Les principaux fondements en sont « *la solidarité entre les États membres, (la) solidité de son programme obligatoire essentiellement dédié à la science et à la technologie, (la) flexibilité de ses programmes facultatifs contribuant au développement d'applications et de l'infrastructure spatiale, et (le) soutien à l'industrie européenne au travers d'une politique industrielle originale* » (Naja, 2019, p. 7).

Dès lors, l'adhésion d'un État en tant que membre au sein de l'ESA⁴³ se fait de la manière suivante : la notification par l'État candidat au Directeur Général qui en informe les États membres, suivie d'une acceptation à l'unanimité du Conseil et « *les instruments d'adhésion sont déposés auprès du Gouvernement français* » (Convention de l'ESA, p.48). Actuellement, l'ESA dénombre comme membres les 22 pays suivants : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République tchèque, la Roumanie, le Royaume-Uni, la Suède et la Suisse. Cela démontre bien le processus d'expansion de l'ESA dont le nombre de membres a doublé depuis sa création.

Outre le statut de membre, l'ESA a d'autres modalités de coopération avec des pays non-membres qui prennent la forme d'un accord général de coopération (*Cooperation Agreement*), du statut de membre associé (*Associate Membership*) et d'un accord de coopération d'État européen (*European Cooperating State* (ECS)). Concernant l'accès au statut d'ECS, les États européens doivent déjà avoir signé un accord de coopération avec l'ESA. Les coopérations entre l'ESA et les ECS prennent la forme d'un plan de cinq ans, le PECS (*Plan for European Cooperating State*).

L'Agence Spatiale Européenne (ASE) est une institution indépendante de l'Union européenne mais des liens existent entre les deux organisations. Ils ont été encouragés et

⁴³ Protocole mis en place après la première vague de ratification, suivant la conférence de Paris et jusqu'au 31 Décembre 1975.

même institutionnalisés par l'article 189 du traité de Lisbonne et posent aussi les bases d'une européanisation du secteur spatial.

L'ESA a trois types d'activités spatiales : les activités obligatoires, celles facultatives et les activités tierces. Les activités obligatoires sont financées par les pays membres selon un taux qui est calculé en fonction de leur Produit National Brut (PNB). Le programme « *Cosmic Vision* » qui comporte les missions Euclid et NewAthena, fait partie des activités scientifiques obligatoires de l'ESA. Les activités facultatives se font, quant à elles, via « *l'ESA Optional Programmes* » et sont financées par les membres (sauf ceux déclarant ne pas vouloir y participer), les États participants et d'autres entités telles que l'Union Européenne et l'EUMETSAT (*European organisation of the exploitation of Meteorological Satellites*⁴⁴). Enfin, Les activités tierces via le « *Third Party Programmes* » sont financées par des parties tierces et sont gérées par l'ESA.

2.2.2. L'organisation interne de l'ESA :

L'instance de gouvernance de l'*European Space Agency* est le Conseil (*The Council*). Il est formé par les ministres de chaque pays membre en charge des questions liées au spatial et un délégué de chaque pays membre (*Council Delegate*) qui est désigné par les ministères. Chaque État membre a une voix au Conseil indépendamment de sa contribution financière à l'ESA. Le Conseil a différentes fonctions dont celle d'approuver à la majorité les activités et le programme des activités obligatoires ainsi que la politique de mise en œuvre de l'ESA. Concernant les activités facultatives, chaque programme doit être accepté à la majorité et le Conseil détermine un ordre de priorité entre ceux-ci. Il vote également sur les ressources allouées à l'ESA et les divers budgets et postes de dépenses. Le conseil est aussi en charge de l'admission, ou non, de nouveaux États, de voter les règles liées au transfert des technologies et produits développés par l'ESA. Les réunions du conseil ont lieu tous les trois mois pour les représentants et tous les deux à trois ans au niveau ministériel.

Le Directeur Général de l'ESA est nommé par le Conseil et a les fonctions suivantes :

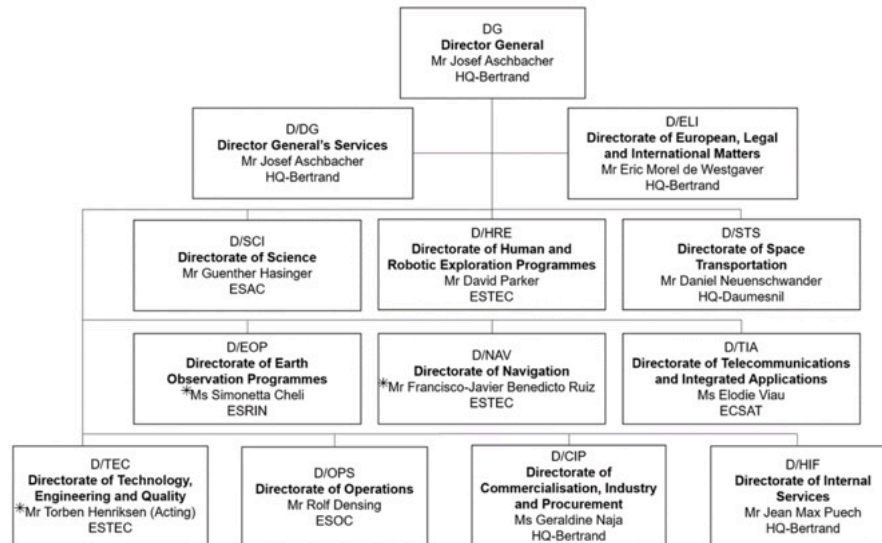
⁴⁴ EUMETSAT est une organisation qui s'occupe de la gestion de satellites météorologiques.

« Le Directeur général est le fonctionnaire exécutif supérieur de l'Agence et la représente dans tous ses actes. Il prend toutes mesures nécessaires à la gestion de l'Agence, à l'exécution de ses programmes, à l'application de sa politique et à l'accomplissement de sa mission selon les directives reçues du Conseil. Tous les établissements de l'Agence sont placés sous son autorité. Pour l'administration financière de l'Agence, il se conforme aux dispositions de l'annexe II. Il établit pour le Conseil un rapport annuel qui est publié. Il peut aussi soumettre des propositions d'activités et de programmes ainsi que des mesures propres à assurer l'accomplissement de la mission de l'Agence. Il prend part aux réunions de l'Agence sans droit de vote. »⁴⁵

L'organigramme de la direction générale de l'*European Space Agency* est le suivant (figure 14). Le directeur général de l'ESA est en charge de la gestion du budget et du personnel de l'agence. Il doit également veiller à la définition, au développement et au bon déroulement des activités dans lesquelles l'ESA est engagée. Les différentes infrastructures sont également sous sa responsabilité. Une équipe de onze directeurs – en charge des différents programmes et parties administratives – assiste le directeur général.

⁴⁵ Convention ESA, 2019, p.33

Management Structure



Organigram 2022, published on the 7th of February 2022.

* Directors not on duty at the end of 2021.

Figure 14 Organigramme direction ESA⁴⁶

L'European Space Agency est une organisation inter-étatique qui recouvre des enjeux politiques mais c'est également une organisation complexe qui repose sur une logique de compartimentation des domaines d'expertise et de segmentation en plusieurs sites dispersés dans toute l'Europe (cf. infra).

Un système de *reporting* est mis en place puisque tous les sites doivent faire un rapport au siège social se situant à Paris. En outre, l'organisation et la convention de l'agence spatiale européenne font référence à l'industrie spatiale européenne et aux retombées économiques que les activités spatiales entraîneront pour les pays participants comme en témoigne cet extrait de l'article VII « Politique industrielle » :

⁴⁶ Source : Rapport annuel de l'ESA ("ESA Annual Report 2021"), 2022, p. 8

« 1. La politique industrielle que l'Agence a pour mission d'élaborer et d'appliquer en vertu de l'article II d doit être conçue notamment de façon à :

a. répondre aux besoins du programme spatial européen et des programmes spatiaux nationaux coordonnés, d'une manière économiquement efficiente ;

b. améliorer la compétitivité de l'industrie européenne dans le monde, en maintenant et développant la technologie spatiale et en encourageant la rationalisation et le développement d'une structure industrielle appropriée aux besoins du marché, en utilisant en premier lieu le potentiel industriel déjà existant de tous les États membres;

c. garantir que tous les États membres participent de façon équitable, compte tenu de leur contribution financière, à la mise en œuvre du programme spatial européen et au développement connexe de la technologie spatiale ; en particulier, pour l'exécution de ses programmes, l'Agence donne, dans toute la mesure du possible, la préférence aux industries de l'ensemble des États membres, qui reçoivent les plus grandes possibilités de participer aux travaux d'intérêt technologique entrepris pour son compte ;

d. bénéficier des avantages de l'appel à la concurrence dans tous les cas, sauf lorsque cela serait incompatible avec les autres objectifs définis de la politique industrielle. »⁴⁷

2.2.3. Quelques chiffres sur l'ESA : budgets et dépenses

L'investissement européen dans le secteur spatial « ne représente que 10 % de l'ensemble des dépenses publiques consacrées au spatial dans le monde, l'espace demeure le symbole d'une intégration européenne réussie. L'Europe est devenue la première puissance en termes de nombre de missions et de kilogrammes mis en orbite par euro public investi dans le spatial. (...) Aujourd'hui, l'investissement public

⁴⁷ Source : Convention de l'ESA, 2019, p. 20.

européen dans le spatial s'élève à près de 10 milliards d'euros par an, dont environ 6 Mds pour la seule ESA » (Naja, 2019, p. 10). En 2022, le budget de l'ESA était de 7,15 milliards et était réparti de la manière suivante :

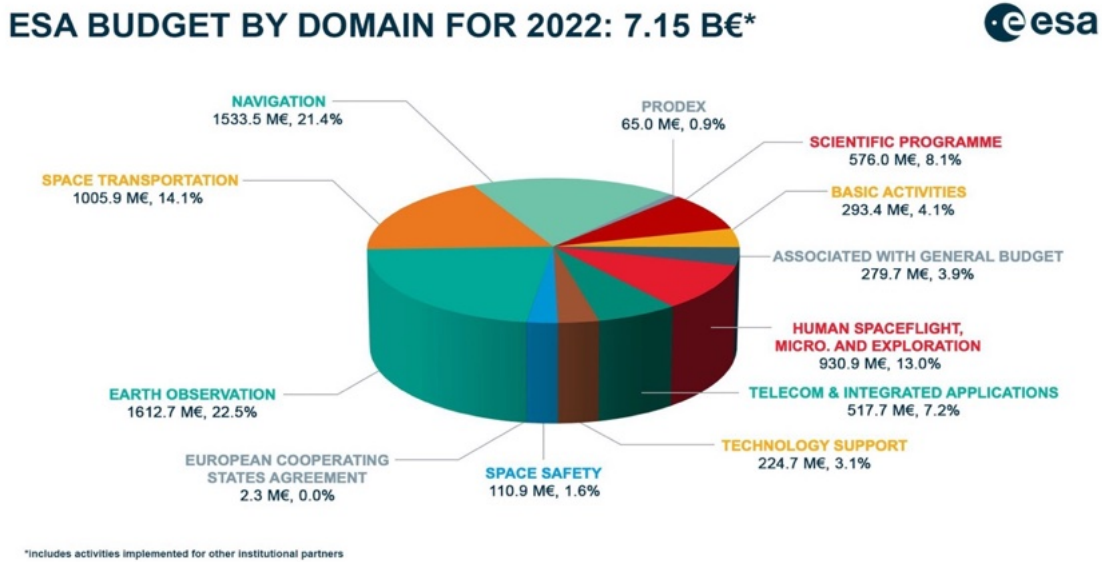


Figure 15 Répartition du budget de l'ESA en 2022⁴⁸

Les trois principaux postes de dépenses sont : la navigation (21,4%), l'observation de la terre (22,5%) et les transports spatiaux (14,1%) tandis que le programme scientifique ne représente que 8,1% du budget annuel de l'ESA soit 560 millions d'euros. Le programme scientifique n'arrivait donc qu'à la cinquième place des postes de dépenses de l'agence spatiale européenne.

Le budget de l'ESA venait à 64,3% de la contribution des pays membres et à 28,4% de l'Union Européenne. Concernant les contributions par pays, nous pouvons voir que les principaux contributeurs sont la France (24,5%), l'Allemagne (21,1%), l'Italie (14,1%) et le Royaume-Uni (9,1%). Les pays doivent contribuer à l'ESA via les programmes obligatoires mais ils peuvent décider de contribuer aux autres programmes. Il est à noter que l'ESA, “operates on the basis of geographical return, i.e. it invests in each Member

⁴⁸ Source : site internet de l'ESA
(https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/01/ESA_budget_by_domain_2022) visité le 20/06/2022.

State, through industrial contracts for space programmes, an amount more or less equivalent to each country's contribution.”⁴⁹ Dans le cas des missions spatiales, le satellite est financé par l’ESA et les consortiums scientifiques sont financés par les pays et instituts membres du consortium via les ressources matérielles et humaines.

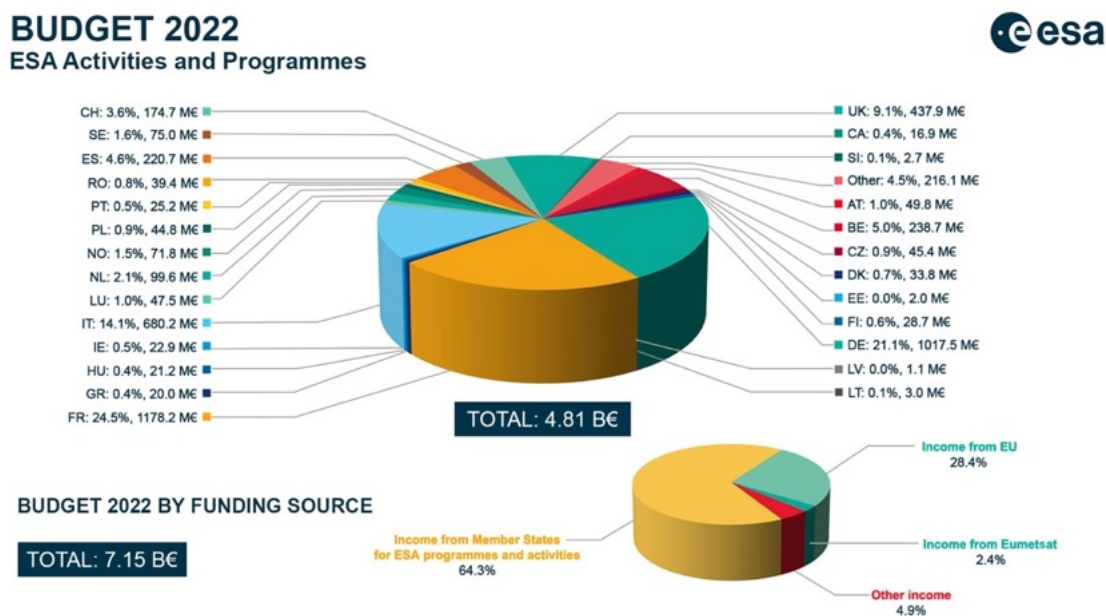


Figure 16 Budget de l'ESA en 2022⁵⁰

2.2.4. Les structures de l’ESA dans le monde

L’agence spatiale européenne emploie environ 2200 individus⁵¹ qui sont répartis dans les neuf structures suivantes : ESA *Headquarters*, ESA ESTEC, ESA ESOC, ESA ESRIN, ESA EAC, ESA ESAC, *Europe’s Spaceport*, ESA ESEC, ESA ECSAT. Les

⁴⁹ Source : site internet de l’ESA (https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/ESA_facts), visité le 20/06/2022.

⁵⁰ Source : site internet de l’ESA (<https://www.esa.int/esearch?q=ESA+budget+2022>), visité le 20/06/2022.

⁵¹ Source : site internet de l’ESA (https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/ESA_facts), visité le 26/10/22

sites de l'ESA se trouvent majoritairement sur le continent européen à l'exception de l'*Europe's Spaceport* qui se situe, en territoire français, en Guyane.

1. ESA Headquarters

Le siège social de l'agence spatiale européenne se trouve à Paris. Cela comprend la direction générale et le centre décisionnel de l'ESA qui sont situés sur le même site (*ESA HQ Bertrand*). Le « *Communications department and the directorate of Space transportation* » (*ESA HQ Daumesnil*) est en charge de la communication de l'ESA. Le siège social de l'ESA s'occupe également de la politique de recrutement et chaque site de l'ESA doit faire un rapport au siège à Paris⁵².

2. ESA ESTEC (*European Space Research and technology Centre*)

L'ESTEC (*European Space Research and technology Centre*) est le plus grand site de l'ESA, il se situe aux Pays-Bas à Noordwijk. Ce site est qualifié de « cœur technique » (*technical heart*) par l'ESA car c'est là que toutes les missions spatiales sont développées et gérées. L'ESTEC est chargé des tâches suivantes :

“Developing and managing all types of ESA missions: science, exploration, telecommunications, human spaceflight, satellite navigation and Earth observation.

Providing all the managerial and technical competences and facilities needed to initiate and manage the development of space systems and technologies.

Operating an environmental test centre for spacecraft, with supporting engineering laboratories specialised in systems engineering, components and materials, and working within a network of other facilities and laboratories.

⁵² Source : site internet de l'ESA

(https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/ESA_Headquarters#:~:text=ESA's%20Headquarters%20are%20located%20in,the%20Directorate%20of%20Space%20Transportation), visité le 26/10/22.

Supporting European space industry and working closely with other organisations, such as universities, research institutes and national agencies from ESA Member States, and cooperating with space agencies all over the world.”⁵³

Ce site est particulièrement important pour cette recherche car c’est de là que sont gérées les missions spatiales européennes et donc celles que nous étudions.



Figure 17 le site de l'ESTEC aux Pays-Bas⁵⁴

3. ESA ESOC (*European Space Operation Centre*)

L’ESOC (*European Space Operation Centre*) se situe en Allemagne à Darmstadt. Ce site est le centre opérationnel c’est-à-dire qu’il se charge, entre autres, des segments sols (*ground segments*), de la sélection des fenêtres de tir et des trajectoires pour les

⁵³Source : site internet de l’ESA
(https://www.esa.int/About_Us/ESTEC/ESTEC_European_Space_Research_and_Technology_Centre%20),visité le 20/06/2022

⁵⁴ Source : ESA - A. Van Der Geest

lancements⁵⁵. Le segment sol, comme son nom l'indique, est la partie de la mission qui se situe au sol. C'est l'ensemble des équipements et des moyens qui sont indispensables à la réalisation d'une mission spatiale. Par exemple, pour Euclid, « *le Centre d'Opérations Mission (Mission Operations Centre : MOC), en charge des opérations en vol, sera installé au Centre ESOC de l'ESA (European Space Operations Centre : ESOC) à Darmstadt, Allemagne, et sera fondé sur une extension de la structure de la composante sol existante, personnalisée pour répondre aux besoins spécifiques de cette mission, appelée Euclid OGS (Operations Ground Segment). Le MOC opérera le satellite et fournira les données scientifiques brutes au Segment Sol Scientifique.* »⁵⁶

4. ESA ESRIN (*European Space Research Institute*)

L'ESRIN est le site en charge des missions d'observation de la Terre, il se situe en Italie à Frascati. Ce site abrite, entre autres, Telecom lab⁵⁷, l'*European Centre for Space Records* (les archives des missions et projets de l'ESA), l'équipe qui gère l'ESA Web Portal, le Virtual Reality Theatre et l'équipe qui dirige le développement du petit lanceur Vega⁵⁸. Vega était initialement un programme italien avant de devenir celui de l'ESA en juin 1998. La capacité de lancement de charges utiles allant de 300 à 2500 kg⁵⁹.

5. ESA EAC (*European Astronaut Centre*)

L'EAC (*European Astronaut Centre*) se situe en Allemagne à Cologne. Ce site est en charge des astronautes européens et de leurs entraînements mais aussi des recherches sur l'effet des environnements extrêmes sur le corps humain. C'est dans cette structure que se rendent les astronautes européens après une mission pour la première phase de réhabilitation (« *first phase of rehabilitation* ») qui correspond à la phase de réadaptation

⁵⁵ Source : site internet de l'ESA (https://www.esa.int/About_Us/ESOC), visité le 20/06/2022.

⁵⁶ Source : site internet du CNES (https://euclid.cnes.fr/fr/EUCLID/Fr/GP_segment_sol.htm), visité le 22/05/2023.

⁵⁷ L'objectif de Telecom Lab est de faciliter l'accès à des infrastructures de télécommunication aux entreprises et instituts européens qui développent des applications spatiales.

⁵⁸ Source : site internet de l'ESA (https://www.esa.int/About_Us/ESRIN/ESRIN_overview), visité le 20/06/2022.

⁵⁹ Source : site internet de l'ESA (https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Vega_first_launch/Vega_programme), visité le 28/05/2023.

à la vie sur Terre⁶⁰. En effet, le retour sur Terre des astronautes s'accompagne d'un besoin de se « réappropriier son corps » et d'un ré-apprentissage de celui-ci à l'environnement terrestre tel que la marche (Patarin-Jossec, 2021).



Figure 18 European Astronaut Centre⁶¹

6. ESA ESAC (*European Space Astronomy Centre*)

L'European Space Astronomy Centre (ESAC) se charge principalement de coordonner les activités des missions scientifiques. Il est défini de la manière suivante sur le site de l'ESA « (l'ESAC) is the 'home' of ESA's space telescope and planetary missions, the place from where science operations are conducted, and where all of the scientific data

⁶⁰Source : site interne de l'ESA (https://www.esa.int/About_Us/EAC/EAC_facilities), visité le 26/06/2022.

⁶¹ Source : ESA, CC BY-SA 3.0 IGO

produced are archived and made accessible to the world. »⁶². Ainsi, le centre d'opération scientifique de l'ESAC a pour objectif que les instruments se situant dans l'espace soient utilisés de la meilleure façon possible.

7. *Europe's Spaceport*

« *L'Europe's Spaceport* » se trouve en Guyane, au milieu de la forêt. C'est là que l'ESA développe ses fusées (Ariane, Vega) et cette base permet aussi à l'agence spatiale européenne d'être indépendante en ce qui concerne les lancements de ses missions. En moyenne, moins d'une dizaine de lancements a lieu chaque année. À titre d'exemple, en 2022, sur six lancements, un seul a été un échec : celui de la Pléiades Neo 5 et Neo 6⁶³ dont la perte des satellites est intervenue suite à une déviation de la trajectoire de la fusée qui les transportait⁶⁴.



*Figure 19 Europe's Spaceport en Guyane*⁶⁵

⁶² Source : site internet de l'ESA (https://www.esa.int/About_Us/ESAC/Overview2#:~:text=ESAC%2C%20the%20European%20Space%20Astronomy,made%20accessible%20to%20the%20world), visité le 22/05/2023.

⁶³ Source : site internet du CNES (<https://centrespatialguyanais.cnes.fr/fr/historique-des-lancements>), visité le 23/05/2023.

⁶⁴ Source : site internet ciel et espace (<https://www.cieletespace.fr/actualites/echec-de-la-fusee-europeenne-vega-qui-perd-les-satellites-pleiades-neo-5-et-6>), visité le 23/05/2023.

⁶⁵ Source : ESA–Stephane Corvaja

8. ESA ESEC (*European Space Security and Education Centre*)

L'ESEC (*European Space Security and Education Centre*) se situe à Redu en Belgique. Ce site s'occupe de ce qui a trait à la cyber sécurité et c'est aussi là que se trouvent le "*Space Weather Data Centre*" et "*the ESA Education Training centre*" dont l'objectif est de collaborer avec le milieu académique pour transférer les savoir-faire et l'expertise européenne aux étudiants européens⁶⁶.

9. ESA ECSAT (*European Centre for Space Application and Telecommunications*)

L'ECSAT est le site le plus récent de l'ESA puisqu'il a vu le jour en 2009 à Oxfordshire sur le Harwell Campus au Royaume-Uni. Ce site se concentre surtout sur les télécommunications et les « business applications ». En effet, il abrite le siège du programme Artes dont les activités sont le "*Support and development of new or next-generation satellite telecommunication products and technologies up to their first flight opportunity is part of Core Competitiveness; ESA's Partnership Projects with satellite operators and manufacturers supports co-funding to share the risk that comes with investing in new technologies. This accelerates their introduction to the market, keeping Europe ahead in satellite telecommunications; Business Applications develops everyday applications and services that use satellite telecommunications technology to improve existing solutions or fill the gaps left by terrestrial ones.*"⁶⁷

Les sites de l'ESA sont donc multiples, géographiquement dispersés et chacun possède une aire de compétences bien définie. Chaque site doit faire un travail de *reporting* au siège social qui se situe à Paris, c'est aussi là que les réunions du conseil de l'ESA se tiennent.

⁶⁶ Source :site internet de l'ESA (https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/ESA_ESEC), visité le 21/05/2023.

⁶⁷ Source :
https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/ARTES/About_ARTES, site visité le 22/05/2023

2.3. Les missions scientifiques de l'ESA

Les missions scientifiques font partie du programme scientifique de l'ESA, qui est un programme obligatoire de l'agence européenne. Cette dernière va définir un programme et émettre un appel à propositions à la communauté scientifique, qui par la suite soumettra des propositions de mission. Il s'agit désormais pour nous de présenter le processus de sélections et les différentes phases des missions spatiales (en d'autres termes, leur cycle de vie).

2.3.1. Les Sciences de l'Univers : une galaxie de disciplines

Définir ce que nous entendons par sciences de l'Univers est plus difficile qu'il n'y paraît. Pour reprendre les mots de Dominique Le Guéant, « *les Sciences de l'Univers ne sont pas organisées autour de disciplines abstraites mais autour d'objets concrets : les astres et systèmes d'astres (des systèmes planétaires aux grandes structures de l'Univers) et les milieux qui constituent notre environnement (océan, atmosphère, surfaces, terre solide) ou celui des astres (interplanétaire, interstellaire, intergalactique). L'objectif premier est de faire converger savoirs et savoir-faire issus de toutes les disciplines sur l'étude de ces objets.* » (Le Quéau, s. d., p. 65). Bien qu'il existe des disciplines et sous-disciplines spécialisées – telles que l'astrophysique, la cosmologie ou l'astronomie – les Sciences de l'Univers ne peuvent pas être réduites à quelques disciplines mais regroupent bien une myriade de disciplines. C'est donc plutôt les objets d'étude qui regroupent ces disciplines sous la bannière des Sciences de l'Univers et non pas l'inverse.

Les Sciences de l'Univers sont également un champ d'étude qui passe principalement par un protocole d'observations et de mesures des phénomènes. Ainsi, « *Les mesures, nécessitent la mise en œuvre d'une intense activité instrumentale qui suppose recherche & développement, gestion de projets et maîtrise de moyens d'essais et gestions de projets internationaux. Les temps de développement et de réalisation se comptent en années ; les projets mobilisent des équipes diversifiées de spécialistes, exigent un management*

rigoureux et nécessitent le maintien d'un important corps technique. Les Sciences de l'Univers manipulent des données, dont l'acquisition mobilise grands ou très grands équipements, pérennes (télescopes, avions, bateaux, stations de mesures, etc.) ou non (missions spatiales, campagnes de mesure, etc.). » (Le Quéau, s. d., p. 65-66)

Les missions scientifiques de l'agence spatiale européenne s'inscrivent donc dans les Sciences de l'Univers. Elles sont découpées en quatre grandes thématiques : *Sun, Solar System, Astrophysic* – à laquelle les missions Euclid et NewAthena sont rattachées – et *Fondamental Physic*. Chacune de ces thématiques regroupe les domaines de recherche qui y sont liés, par exemple, Solar system englobe les missions portant sur le système solaire et l'exploration planétaire. Cependant, cette division peut paraître floue et subjective. À titre d'exemple, la mission Euclid appartient à la thématique astrophysique alors qu'elle relève également de la physique fondamentale. Les missions scientifiques sont donc des projets s'inscrivant dans des temps longs et reposant sur de grands équipements plutôt éphémères puisque la durée d'utilisation d'un satellite est de quelques années.

Les missions scientifiques s'appuient également sur de grandes communautés internationales de scientifiques (chercheurs, ingénieurs, etc.) qui vont coopérer ensemble sur un projet de mission spatiale. Les particularités de ces missions reposent sur leur internationalité, leur nombre, leur immatérialité – puisqu'il n'y a pas d'infrastructure dédiée à la mission – et dans le type de communautés sur lesquelles elles reposent. En effet, les consortiums scientifiques sont la partie des missions scientifiques qui vont contribuer à l'élaboration et à l'exploitation de la mission. Ils regroupent donc majoritairement des acteurs issus du monde de la recherche. Le travail de publication étant au cœur du métier de chercheur, les articles scientifiques représentent un enjeu majeur pour les membres de ces organisations. L'importance des publications est telle qu'un certain nombre d'enquêtés ont fait part d'une logique selon laquelle il existerait un lien entre la participation financière au projet d'un pays et la part des articles qui lui serait allouée.

2.3.2. Les différentes phases d'une mission spatiale

Entre l'appel à communications émanant de l'ESA et la sélection finale d'une proposition de mission, de nombreuses étapes sont mises en place. Chaque appel à communications entraîne une centaine de réponses. Ces projets de missions sont ensuite évalués par plusieurs comités :

*“ESA’s various scientific advisory committees of experts assess the submissions. The committees include the Astronomy Working Group, the Solar System Working Group, the Fundamental Physics Working Group, the Space Science Advisory Committee and the Science Programme Committee. ESA’s engineers also make an initial assessment of the feasibility of the missions.”*⁶⁸

Après cette première étape, seulement 3 ou 4 propositions passeront au stade suivant de la sélection. Le tableau ci-dessus décrit les différentes phases (ou le cycle de vie) d'une mission spatiale :

⁶⁸ Source : site de l'ESA
(https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/How_a_mission_is_chosen), visité le 6/11/2022.

Mission lifetime cycle

Phase 0	Mission analysis and identification
Phase A	Feasibility
Phase B	Preliminary Definition
Phase C	Detailed Definition
Phase D	Qualification and Production
Phase E	Utilisation
Phase F	Disposal

Figure 20 Les phases d'une mission spatiale⁶⁹

La phase 0 est la phase d'évaluation de la mission. Durant cette phase, chaque proposition de mission se voit attribuer un ingénieur et un scientifique de l'ESA qui auront pour objectifs d'évaluer la faisabilité de la mission. Le résultat de cette évaluation est soumis aux comités consultatifs scientifiques de l'ESA à Paris qui recommandent quelles missions devraient entrer en phase A. Lors de la phase A – qui aboutira à une conception préliminaire de la mission – deux contrats concurrentiels sont passés avec des industriels pour chacune des missions. Les résultats de cette phase A sont de nouveau présentés aux comités à Paris qui donneront une décision finale sur la proposition sélectionnée pour chaque mission.

La phase B à C est appelée la phase de design et correspond à la définition préliminaire de la mission durant laquelle « *the system requirements and interfaces are prepared, subsystem and instrument design are defined and reviewed and a preliminary mission*

⁶⁹ Source : site de l'ESA

(https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/How_a_mission_is_chosen), visité le 25/05/2023.

schedule and cost at completion is outlined. »⁷⁰. Après cette phase, la mission est officiellement adoptée et passe aux phases de développement et de construction.

La phase C est la phase de développement de la mission, elle correspond au moment où les deux versions du satellite sont construites : le *Structural and Thermal Model* (STM) et le *Engineering Model* (EM). Ils seront soumis à de nombreux tests qui permettront de vérifier la résistance et le bon fonctionnement du satellite lorsqu'il sera soumis aux conditions de lancement. Un *Qualification Model* (QM) peut également être construit durant cette phase, cela permet de vérifier l'aspect performant du satellite et sa résistance aux conditions de l'espace.

La phase D correspond à la phase de qualification et de production durant laquelle le modèle de vol (*Flight Model* (FM)) ⁷¹ est construit. C'est ce modèle qui sera lancé et servira pour la mission. Des tests seront effectués sur ce dernier modèle :

*“Again, the electrical systems are tested to ensure that electrical signals generated by one part of the spacecraft are received and understood by another, as well as communicate with the ground systems. The final tests also check the software, ensuring that it covers all operating modes and flight procedures, and that it can process information correctly. Navigation and pointing are also tested.”*⁷²

La phase E correspond à la phase d'utilisation du satellite tandis que la phase F correspond à la fin d'utilisation (ou la fin de vie) de celui-ci.

⁷⁰Source : site de l'ESA

(https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Building_and_testing_spacecraft),
visité le 4/11/22.

⁷¹ Un ou plusieurs modèles de vol de remplacement (*Flight Spares* (FS)) sont également construits

⁷² Source : site de l'ESA

(https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Building_and_testing_spacecraft),
visité le 25/10/22

La schématisation du cycle de vie d'une mission spatiale (Bonnet et Manno, 1994) permet de mieux visualiser la temporalité dans laquelle elle s'inscrit. Il faudra ainsi compter en moyenne 11 ans entre la phase d'évaluation et le lancement de la mission. De manière générale, les missions spatiales s'inscrivent dans un temps long (plus d'une décennie) qui ne cesse de s'accroître au fil des projets de missions. Ils démontrent aussi l'incertitude financière qui accompagne ce type de projet. Nous pourrions également rajouter que les missions sont intrinsèquement incertaines sur plusieurs plans – autant d'un point de vue financier que technique, technologique et relevant des ressources humaines.

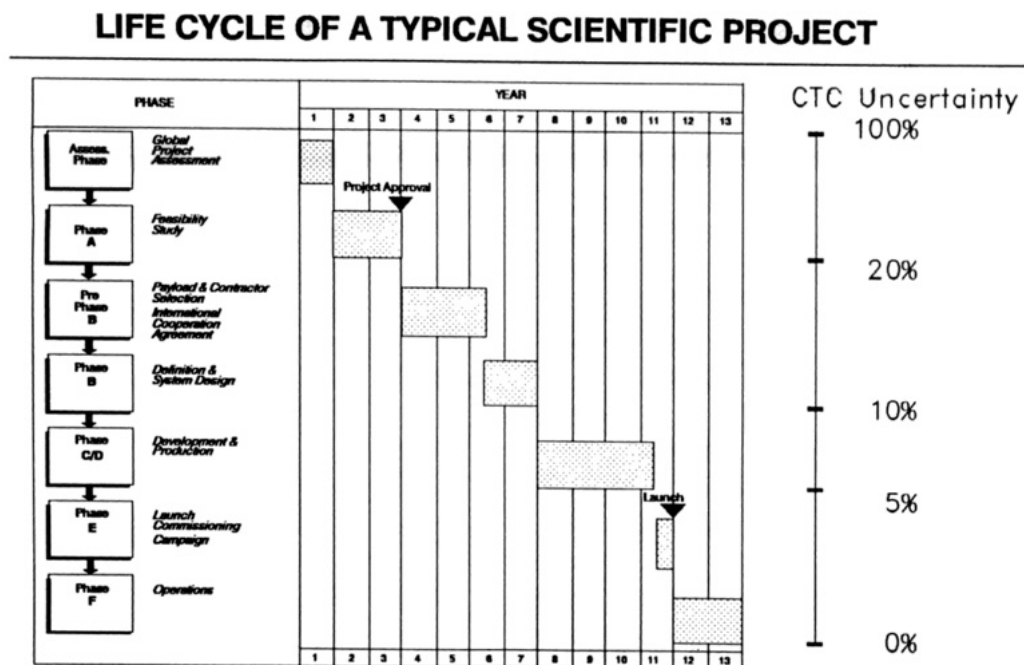


Figure 8. The succession and timing of the various phases of development of a project. The margin of uncertainty on the cost-at-completion is shown on the right.

Figure 21 Cycle de vie d'une mission spatiale (Bonnet et Manno, 1994, p. 52)

2.3.3. Une mission charnière : Planck

Lors de notre recherche, il a été très rapidement évident que l'astrophysique n'était pas une discipline particulièrement habituée aux très grandes collaborations telles qu'Euclid.

Très souvent, les enquêtés ont souligné ce changement organisationnel qui a été mis en œuvre depuis plusieurs années. En effet, ils sont plus accoutumés à des collaborations plus restreintes en termes de membres et de nationalités. Bien que cette augmentation soit liée à des enjeux que nous allons développer dans la deuxième partie, il ne faut pas négliger l'aspect technique et technologique des missions spatiales. En effet, elles sont de plus en plus complexes et importantes sur le plan technologique, technique et scientifique. Cela entraîne donc une nécessité d'impliquer toujours plus d'individus, de spécialités et de professions différentes.

Durant les entretiens et les observations, il a souvent été fait référence à la mission Planck – car beaucoup de membres d'Euclid étaient également investis dans cette mission. La mission Planck semble être perçue par les enquêtés comme étant la mission qui marqua un basculement de leur discipline en termes d'organisation. La proposition de mission COBRAS/SAMBA (*Cosmic Background Radiation Anisotropy Satellite and Satellite for Measurement of Background Anisotropies*) a été déposée en 1993 pour le créneau M3 du programme Horizon 2000. Cette mission est née de la fusion de deux projets : *Samba* porté par les Italiens et *Cobras* porté par les Français.

En 1996, après la phase A qui a duré de 1994 à 1995, la mission COBRAS/SAMBA a été officiellement sélectionnée pour être la mission M3 et a été rebaptisée Planck en hommage au physicien Max Planck. Planck était une mission de l'ESA qui est décrite comme étant une « machine à remonter le temps » puisqu'elle avait pour objectifs d'étudier les reliques des rayonnements provenant du Big Bang qui a eu lieu il y a 14 milliards d'années environ. C'était un observatoire spatial qui a été lancé en 2009 et dont l'exploitation s'est terminée en 2013.



Figure 22 Le satellite Planck pendant les tests à l'ESTEC en 2008⁷³

L'organisation de la collaboration Planck – qui regroupe les membres du pan scientifique de cette mission – est décrite dans l'organigramme suivant :

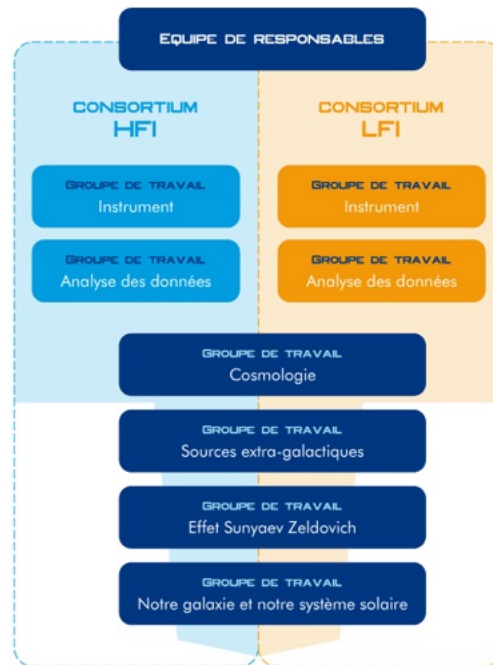


Figure 23 Organisation de la collaboration Planck⁷⁴

⁷³ Source : site internet de l'ESA

([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Search/\(offset\)/50/\(sortBy\)/published?result_type=images&SearchText=planck+satellite](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Search/(offset)/50/(sortBy)/published?result_type=images&SearchText=planck+satellite)), visité le 20/10/2024. Crédit : ESA

⁷⁴ Source : site internet du consortium HFI (<https://public.planck.fr/les-planckiens/organisation-collaboration>), visité le 20/10/2024

La particularité de la collaboration Planck était qu'elle regroupait deux consortiums, chacun étant composé d'environ 250 personnes différentes – avec peu de personnes prenant part aux deux consortiums :

- Le consortium HFI qui était en charge de l'instrument HFI (hautes fréquences) et est le « descendant » du projet COBRAS
- Le consortium LFI qui est en charge de l'instrument LFI (basses fréquences) qui est le « descendant » du projet SAMBA

Nous pouvons donc voir une forme organisationnelle reposant sur un principe de compartimentation entre les différents pans de la mission. Au niveau des réunions regroupant toutes la collaboration Planck, elles étaient organisées tous les 2-3 ans. Elles étaient donc moins fréquentes, comme nous le verrons, que les consortium meetings d'EUCLID par exemple. La mission Planck a permis une meilleure compréhension de l'Univers. En effet, *« Les données de Planck déterminaient avec une précision impressionnante les abondances de matière ordinaire, de matière noire et d'énergie noire, et fournissaient également des indices supplémentaires au sujet d'une autre question sans réponse au sujet de l'Univers primordial. Il est de plus en plus vraisemblable que l'Univers très jeune a connu pendant une infime fraction de seconde une phase d'expansion particulièrement violente appelée inflation cosmique, qui a semé les germes primordiaux de toutes les structures de l'univers et produit ces irrégularités dans la distribution de température du rayonnement fossile observées avec une précision sans précédent par le satellite européen. »*⁷⁵

* * *

⁷⁵ Source : site internet de la mission Planck (<https://public.planck.fr/resultats/290-d-un-univers-presque-parfait-au-meilleur-des-deux-mondes>), visité le 29/01/2025

Au fil des années, l'agence spatiale européenne a connu une forte croissance que ce soit en termes de nombre de pays membres, de financement et de complexification de ses missions. Cela a engendré des projets de plus en plus importants et mobilisant de plus en plus de personnes, la mission Planck est un exemple phare de ce processus de complexification des activités scientifiques de l'ESA. Malgré une internationalisation de ses activités dès son commencement, il n'en reste pas moins qu'elle devient toujours davantage internationale. Ce processus se manifeste par des consortiums scientifiques toujours plus internationaux et réunissant toujours plus de membres.

Chapitre 3 :

Les missions Euclid et NewAthena

Les missions spatiales sont des projets où l'incertitude est constante. Dans l'imaginaire collectif, les missions spatiales représentent un défi technique et technologique où les risques associés sont très forts. Cependant, cette incertitude prend différentes formes, elle peut aussi bien être d'ordre technique et technologique que de l'ordre financier et de ressources humaines.

Pour mener à bien ces projets de missions scientifiques, le type d'organisation privilégié est celui du consortium. Les consortiums sont des organisations originales de par leurs formes et leur immatérialité. Dans le cadre des missions spatiales, ces organisations réunissent de nombreuses institutions scientifiques (par le biais des pays participants à la mission) et les membres sont liés entre eux par un accord multilatéral.

3.1. Les consortiums scientifiques dans le domaine spatial

Les coopérations scientifiques dans le domaine spatial sont face à une accélération du processus lié à la *Big Science* (Price, 1963). Ces dernières décennies, les coopérations scientifiques – contribuant aux missions de l'*European Space Agency* (ESA) – ont ainsi fortement crû en termes de taille. Cependant, certaines branches appartenant aux sciences de l'Univers ne sont pas particulièrement habituées aux très grandes collaborations telles qu'Euclid et NewAthena.

3.1.1. L'internationalisation de la recherche :

Les études portant sur l'internationalisation de la science font le même constat, nous sommes face à une augmentation des coopérations internationales. Le chapitre « l'internationalisation de la recherche en science sociales et humaines en Europe (1980-2006) » de Yves Gingras et Johan Heilbron (2009) nous explique qu'« *On met ainsi en avant, depuis le début des années 1990 environ, l'idée de la collaboration scientifique européenne comme priorité des chercheurs des pays membres pour construire un « espace européen de la recherche », ceci pour favoriser la collaboration transnationale en Europe aussi bien que pour faire contrepoids au pouvoir d'attraction que les États-Unis d'Amérique constituent en matière de collaboration scientifique internationale.* » (Gingras et Heilbron, 2009, p. 359). Les coopérations dans le domaine spatial rentrent bien dans cette logique de construction d'un « *espace européen de la recherche* » en capacité de concurrencer les grandes puissances traditionnelles dans le secteur spatial (Lamy et Saint-Martin, 2013 ; Naja, 2019). En effet, les critères de financement de l'*European Space Agency*, pour le programme scientifique obligatoire, obligent à une coopération intra-européenne.

La recherche scientifique est donc marquée par un mouvement d'internationalisation mais également par une forte augmentation des financements par projets depuis les années 1980 (Barrier, 2011 ; Hubert et Louvel, 2012). En se penchant sur la question du financement de la recherche, les sources financières des laboratoires dépendent de deux types de crédits : ceux renouvelables (ou récurrents) et ceux variables. Les crédits récurrents sont liés aux financements émanant des différentes tutelles auxquelles un laboratoire est rattaché (Louvel, 2007). Ainsi, l'hybridation des tutelles (Larédo et Mustar, 2001 ; Louvel, 2007) permet la diversification mais pas nécessairement l'augmentation de la part des budgets renouvelables. Les financements variables sont, à contrario, liés aux contrats de recherche passés par des chercheurs ou des équipes avec un tiers – issus du public ou du privé. Les crédits variables sont intimement reliés à une organisation par projet de la science. L'augmentation de ce type de financement est

également à rattacher à une stagnation des crédits renouvelables (Hubert et Louvel, 2012).

« Le financement sur (ou par) projet repose sur une procédure d'appel d'offres, appelant la soumission de propositions par des équipes de recherche constituées en « consortium », puis la sélection et l'évaluation des projets par des experts (souvent des pairs), qui décident d'accorder tout ou partie du financement pour une durée déterminée, en vue de la réalisation du projet annoncé. » (Hubert et Louvel, 2012, p. 15)

Cependant, ce mode d'organisation de la science sur la base du projet a de nombreuses conséquences au niveau des laboratoires puisque, entre autres, *« le financement sur projet affecte aussi la capacité des directions de laboratoire à orienter les recherches de leurs équipes, et à redistribuer les ressources d'une thématique à l'autre. »* (Hubert et Louvel, 2012, p. 18)

Les États se sont ainsi dotés d'instances et de programmes qui ont pour rôle de financer la recherche. L'évaluation des projets soumis et l'élaboration des programmes se font par le biais de différents conseils scientifiques. Les chercheurs ont un double rôle : politique et scientifique. Politique car ils vont mettre en place des programmes qui vont coïncider avec des objectifs politiques, ainsi, *« le chercheur est non seulement le bénéficiaire des fonds de recherche des Conseils, mais il est aussi un rouage essentiel de l'activité de ceux-ci. Ce sont les chercheurs qui, par exemple, sont appelés à évaluer les projets de recherche et à participer aux divers comités d'orientation des Conseils. »* (Godin, Trépanier et Albert, 2000). Les chercheurs vont donc définir les programmes de recherche et évaluer les projets soumis par leurs pairs et faire en sorte que ceux-ci coïncident avec les objectifs donnés (Barrier, 2011). Cela fait écho à l'étude de Jérôme Lamy sur le conseil d'administration du CNES (Lamy, 2021) puisque les membres du CA ne sont pas forcément issus du secteur spatial et que c'est le comité des programmes du CNES – dont les membres sont issus du milieu scientifique – qui l'épaule sur les choix scientifiques disponibles.

L'ESA est également dotée d'un conseil scientifique : le comité du programme scientifique de l'ESA (*Science Programme Committee*). C'est le Conseil de l'ESA qui met en place un cadre directif concernant l'élaboration du programme scientifique par ce comité. Cela est mis en avant dans l'extrait d'un article rédigé en 2012 par le directeur général de l'ESA, de 2003 à 2015, Jean-Jacques Dordain :

« Le contenu des différents programmes scientifiques de l'ESA est décidé par les scientifiques eux-mêmes, qui déterminent discipline par discipline les domaines de recherche prioritaires et qui sélectionnent les missions par des appels d'offres ouverts, sur la base d'une évaluation par les pairs. (...) Dans le cadre de la collaboration de l'ASE avec la communauté scientifique européenne pour identifier les missions de science spatiale prioritaires, le processus de consultation de 2004-2005 a permis de définir les thèmes du programme Cosmic Vision 2020, qui concernera des missions qui seront lancées entre 2015 et 2025. Les précédents programmes, Horizon 2000 (préparé en 1984) et Horizon 2000 Plus (préparé en 1994-1995) ont permis, entre autres, d'explorer Mars, avec la sonde Mars Express, d'aller à la chasse aux comètes, avec Rosetta, et se sont conclus avec les succès exceptionnels des télescopes Herschel et Planck, en 2009. » (Dordain, 2012, p. 7)

Le programme scientifique du CNES et celui de l'ESA suivent donc les mêmes logiques de financement par projets, qui s'inscrivent dans un programme plus large élaboré par des scientifiques et cadré par des objectifs politiques multiples. Les consortiums des missions Euclid et NewAthena, que nous nous proposons d'étudier dans cette thèse, sont issus du programme *Cosmic Vision 2020* qui comprend les missions suivantes : Solar Orbiter, Euclid, JUICE, PLATO, CHEOPS, NewAthena, Ariel, SMILE, EnVision, LISA et Comet Interceptor. Le tableau ci-dessous nous montre les missions candidates et celles sélectionnées pour le programme *Cosmic Vision 2020* selon la classe de la mission.

Tableau 2 Missions sélectionnées et leur classe pour le programme Cosmic Vision⁷⁶

Table 1: Building the science programme – missions in Cosmic Vision 2015-2025			
Date of Call	Mission class	Candidate missions	Selected missions
March 2007	Medium (M1)	Cross-Scale, Euclid, Marco Polo, PLATO, Solar Orbiter, SPICA	Solar Orbiter
	Medium (M2)		Euclid
	Large (L1)	IXO, Laplace (reformulated as JUICE), LISA	JUICE
July 2010	Medium (M3)	EChO, LOFT, MarcoPolo-R, PLATO, STE-QUEST	PLATO
March 2012	Small (S1)	CHEOPS	CHEOPS
January 2014	Large (L2)	Athena	Athena
August 2014	Medium (M4)	Ariel, THOR, XIPE	Ariel
January 2015	Mission in cooperation with CAS ⁽¹⁾	SMILE	SMILE
April 2016	Medium (M5)	EnVision, SPICA, THESEUS	EnVision
October 2016	Large (L3)	LISA	LISA
July 2018	Fast (F)		Comet Interceptor

(¹) ESA and the Chinese Academy of Sciences (CAS) issued a joint call for a mission

Les différentes classes sont définies de la manière suivante par l'ESA.

*“Large (L-class) missions are European-led flagship missions with a launch cadence of approximately one every decade. (...) Medium (M-class) missions may be ESA-led or carried out with international partners. These provide flexibility within the programme and have an expected launch cadence of two per decade. (...) Small (S-class) missions are a relatively new concept that allow Member State agencies to play a leading role in missions. (...) Fast (F-class) missions focus on innovative implementations, follow a fast development path, and are intended to be launched alongside an M-class mission.”*⁷⁷

⁷⁶ Source : site internet de l'ESA (<https://sci.esa.int/web/home/-/51459-missions>), visité le 28/05/2023

⁷⁷ Source : <https://sci.esa.int/web/cosmic-vision/-/59977-missions-of-opportunity>, site visité le 28/05/2023.

Les ingénieurs et chercheurs que nous avons pu rencontrer lors de cette recherche nous ont également expliqué que la classe était intrinsèquement liée au budget de la mission. Ainsi, les missions *Small* ne dépassent pas les 50 millions d'euros tandis que les missions *Medium* et *Large* ne doivent pas dépasser respectivement 500 millions et 1 milliard d'euros.

3.1.2. Les raisons d'une organisation sous la forme du consortium

L'objet d'étude de cette recherche est le consortium scientifique dans le domaine spatial. Un consortium est défini comme un « regroupement d'entreprises » mais il peut aussi correspondre à un regroupement d'instituts de recherche, d'associations, etc. Les consortiums scientifiques ont une forme organisationnelle originale de par sa composition et par son immatérialité puisque c'est la coopération d'un groupe d'individus rattachés à des institutions différentes et géographiquement dispersés. Les membres sont reliés entre eux par un accord multilatéral. Les consortiums sont le type d'organisation privilégié pour le développement et l'exploitation des missions scientifiques de l'ESA.

La particularité des consortiums dans le domaine spatial est qu'ils sont créés en vue de contribuer à une mission spatiale et durent le temps de celle-ci. Ces organisations sont donc internationales et éphémères puisqu'elles ne durent que le temps d'un projet : celui d'une mission spatiale. Les études sociologiques sur les consortiums sont peu abondantes, néanmoins Aurélie Tricoire (2006, 2011a, 2011b) et Thibaud Boncourt (2013) se sont intéressés à la création de projet européens. Ces deux recherches mettent en avant des motivations propres à la création de ces projets.

Thibaud Boncourt a étudié la création de *l'European Consortium for Political Research* (ECPR) (Boncourt, 2013) qui serait le résultat d'une « transnationalisation de stratégies et de luttes nationales » en lien avec une orientation théorique différente de celle historique : l'approche behavioriste en science politique. La création de l'ECPR serait due, entre autres, à deux facteurs principaux : le premier est organisationnel et tient à la création de l'AISP (*Association Internationale de Science Politique*), qui est une

fédération d'organisations nationales, et le second est politique et correspond à une politique d'accueil des chercheurs européens dans les universités en Amérique du Nord qui permet la création d'un réseau de chercheurs sensibles à la même approche en science politique.

Dans « la structuration d'un projet européen », Aurélie Tricoire (Tricoire, 2011b) a étudié le projet de recherche communautaire EA-Biofilms qui regroupait une trentaine de personnes issues de cinq pays membres de l'Union Européenne. Les critères d'admissibilité à un financement avaient obligé les chercheurs à faire coïncider leurs objectifs avec les thématiques affiliées au programme visé. En effet, pour y postuler, les conditions administratives imposaient que le consortium soit composé de chercheurs issus d'au minimum trois États membres de l'Union Européenne.

Les consortiums scientifiques dans le domaine spatial sont officialisés à la suite de l'acceptation d'un projet par l'*European Space Agency*. Les critères d'acceptation de ces projets et ce que nous appellerons la carrière des communautés seront plus amplement détaillés dans la deuxième partie. Cependant, la forme consortium trouve son origine dans le besoin de s'aligner sur des critères de financement mais est également le fruit d'une communauté d'individus qui se réunissent pour mettre à l'agenda leurs thématiques de recherche en vue de voir leur projet de mission sélectionné. Ces consortiums sont également liés aux injonctions à l'internationalisation de la recherche que les financements par projet imposent.

3.2. La mission Euclid

La mission Euclid est l'une des missions medium du programme *Cosmic Vision*. Elle a pour principal objectif l'étude de la matière et de l'énergie noire dans l'Univers. À cet effet, le consortium scientifique Euclid a été mis en place pour concevoir, développer et exploiter la mission. Le consortium Euclid a la particularité d'être celui regroupant le plus de membres.

3.2.1. La missions Euclid en quelques mots

L'officialisation d'Euclid débute en 2008 lorsque l'*European Space Agency* (ESA) a entamé une phase d'évaluation de 6 missions (*Euclid*, *Solar Orbiter*, *Cross-Scale*, *Spica*, *Plato* et *Marco Polo*), potentiellement admissibles, de classe M (*Medium*), dans le cadre du programme *Cosmic Vision*. Cette phase se faisait sur deux aspects : la mission et les instruments. Suite à cela, en février 2010, l'ESA a décidé que la mission Euclid pourrait procéder à la phase de définition avec *Plato* et *Solar Orbiter*. Cette phase de définition a pris fin en octobre 2011 lorsque Euclid a été choisi pour le créneau M2 (*Medium n° 2*) du programme *Cosmic Vision*. Le consortium Euclid a pour objectif de contribuer au développement et à l'exploitation d'une mission spatiale. Cette mission est conçue pour permettre de comprendre l'origine de l'expansion accélérée de l'Univers et pour étudier l'énergie noire, la gravité et la matière noire.

En 2012, la mission Euclid a été adoptée et un accord multilatéral entre l'ESA et les différents pays participants a été adopté. En 2023, les pays européens suivants sont membres du consortium : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Suisse ainsi que le Canada et les États-Unis. Le consortium Euclid est composé de 250 laboratoires – issus de 16 pays – et de plus de 2200 personnes⁷⁸. Le Consortium a réparti les efforts en fonction des compétences des instituts participants et en tenant compte des domaines d'intérêt national pour Euclid. Le 1^{er} juillet 2023, le satellite Euclid a été lancé depuis la base de lancement de Cap Canaveral en Floride. Il entre donc dans sa phase d'exploitation soit 15 ans après la phase d'évaluation. Les premières images prises par le télescope ont été diffusées en novembre 2023.

⁷⁸ Source : site internet du CNES (https://euclid.cnes.fr/fr/EUCLID/Fr/GP_organisation.htm), visité le 29/05/2023.



Figure 24 Image de la nébuleuse de la tête de cheval prise par Euclid⁷⁹

⁷⁹ Source : site internet de l'ESA
(https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/Euclid_s_first_images_the_dazzling_edge_of_darkness), visité le 10/08/2024. Crédit : ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by J.-C. Cuillandre (CEA Paris-Saclay), G. Anselmi.

3.2.2. Organisation du consortium Euclid au niveau international :

La documentation relative à l'organisation décrit les différentes composantes qui constituent le consortium Euclid. Le conseil d'administration du consortium Euclid (*Euclid Consortium Board* (ECB)) est composé de 1 à 2 membres représentant les pays contributeurs et il est dirigé par *l'Euclid Consortium Lead (ECL)*. *L'ECL d'Euclid*, autrement dit le dirigeant du consortium Euclid, est Yannick Mellier, un astrophysicien français rattaché à l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP). L'ECL deputy est Francis Bernardeau qui est rattaché au CEA et également à l'IAP.

Les membres sélectionnés par la NASA sont aussi représentés par un membre à l'ECB (nommé par la NASA). Les autres laboratoires américains ont un représentant à l'ECB mais qui, a contrario, n'a pas le droit de vote. Le rôle de l'ECB est de définir la politique commune en ce qui concerne la gestion du consortium et les objectifs scientifiques. L'ECB délègue à l'ECL la gestion, la coordination du consortium et les décisions finales en cas d'arbitrages. Elle délègue à quatre groupes (les *Science Working Group (SWG)*, les groupes des instruments VIS et NISP, le groupe EC SGS et le groupe communication (COMS)) la définition de la mission, les performances de la mission, les étalonnages et les activités de simulation.

Cependant, les activités de ces groupes sont coordonnées par le groupe de coordination (*Euclid Consortium Coordination Group (ECCG)*). L'ECB délègue la gestion et la coordination quotidiennes des activités relatives aux instruments, au segment sol, à la communication et aux activités scientifiques « *to the Instrument Lead, instrument Project Managers (PMs), Ground Segment Project Manager, Communication lead, and Science WG coordinators.* ». Les interactions techniques avec l'ESA sont déléguées « *to the instrument Project Managers, the SGS manager, and the EC EST member scientists* ».

Les membres de l'ECB sont également les points de contact de leur agence nationale respective. L'ECB fournit des rapports au comité directeur (*Steering Committee*) qui est composé de représentants des agences nationales. Les membres de l'ECB sont des

scientifiques chevronnés au sein de leurs communautés, avec l'autorité et la stature nécessaires pour assurer le soutien de leurs agences au programme Euclid. L'ECL et le président de l'ECB sont la seule interface formelle du consortium avec l'ESA pour toutes les questions relatives à la mission et aux sciences, ils rendent compte au groupe de pilotage Euclid (*Euclid Steering Group*).

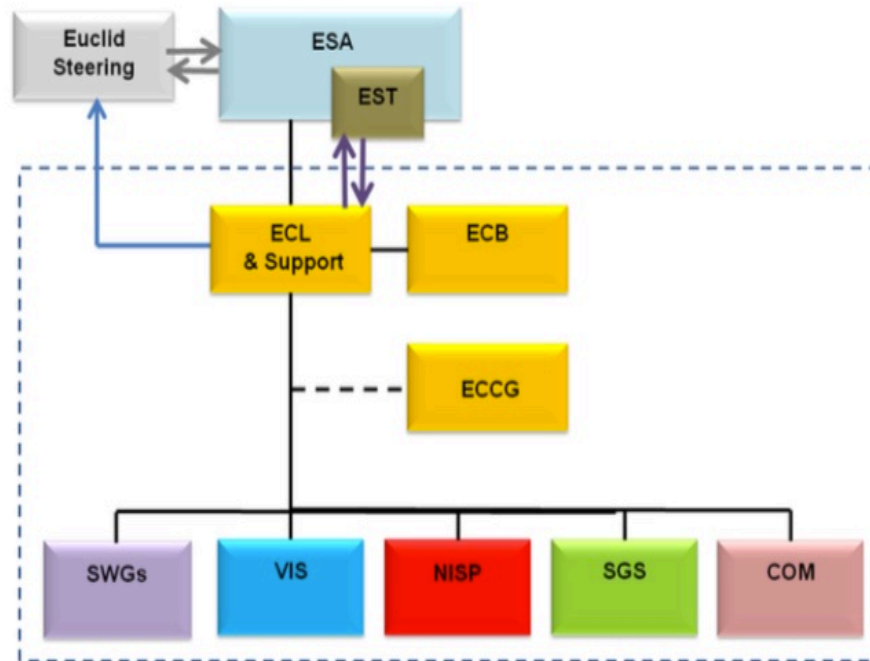


Figure 6.1: EC Top Block Diagram showing the organisation of the Euclid Consortium and ESA & Euclid Steering Committee inter-relationship. Full lines indicate reporting, dotted lines coordination.

Figure 25 Organisation Euclid (Mellier, 2013, p. 18)

Les instruments (VIS et NISP), le Science Ground Segment (SGS) et le Communication management ont des organisations différenciées. Les activités scientifiques du consortium sont menées par le groupe scientifique (*Scientist Group* (SG)) organisé en groupes de travail scientifique (*Science working Group* (SWG)). Nous pouvons noter qu'il y a treize SWGs qui sont, chacun, dirigés par deux coordinateurs (parfois avec un adjoint supplémentaire) et ils sont gérés par le *Science Coordination Group* qui fait des rapports à l'ECL. Les groupe VIS (*VISible instrument*) et NISP (*Near Infrared Spectrometer and Photometer*) sont en charge du développement et du programme scientifique de ces instruments.

- VIS est un instrument d'imagerie qui permet de prendre les photos les plus

grandes prises par un satellite. La construction de VIS s'est faite au sein du consortium Euclid par six instituts (en France, en Italie, au Royaume-Uni et en Suisse) et trois équipes issues de l'industrie.

- NISP est un instrument d'observation photométrique et spectroscopique. Il a été conçu et construit par des instituts européens et par la NASA.
- Le segment sol scientifique (*Science Ground Segment (SGS)*) est considéré comme la partie la plus complexe de la mission Euclid. Ses activités sont réparties entre l'ESA et le consortium Euclid. À lui seul, le SGS représente environ 50 % des ressources fournies par le consortium Euclid. En effet, le consortium est chargé du traitement scientifique des données.

En outre, les chefs de projet ont pour rôle de diriger leurs équipes dans le but de produire les livrables selon le calendrier et dans les limites des ressources allouées, ils sont aussi membres de l'ECCG. Ce groupe est chargé de coordonner et de conseiller l'ECB sur toutes les activités communes et transversales aux instruments, au segment sol, à la communication et à la science. Ces activités comprennent notamment les activités de gestion comme le plan financier, les examens, le calendrier, etc.

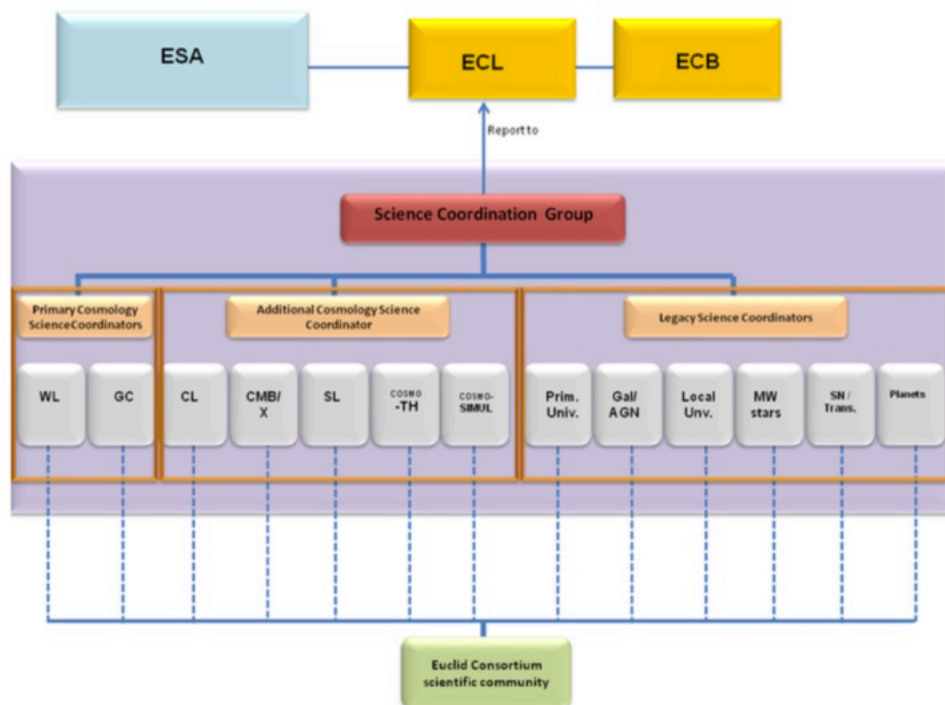


Figure 26 Organisation des Science Working Groups au sein d'Euclid (Mellier, 2013, p. 27)

3.2.3. L'organisation au niveau français

Le document portant sur l'organisation française du consortium nous apprend que chaque laboratoire a dû élaborer un calendrier de ses activités, conforme à l'échéancier global de l'instrument *Euclid / Science Ground Segment (SGS)* et à celui du projet. Ce calendrier doit être mis à jour régulièrement en vue de permettre au CNES la gestion de ses engagements concernant le projet VIS/NISP/SGS. Cela lui permet de rassembler l'ensemble des plannings dans un « *"Master Schedule" global* » présentant l'ensemble des contributions françaises à la mission.

Le CNES organise, trois fois par an (octobre, février, juin), une « Revue de planification » interne pour évaluer l'évolution globale du calendrier et ses effets potentiels. Les budgets font également l'objet d'un suivi tout au long du projet. De ce fait, le CNES et les autres organismes contributeurs (CEA, INSU, IN2P3) de la mission ont mis l'accent, dans les contrats, sur le suivi des budgets. Par conséquent, chaque laboratoire doit présenter son budget lors des réunions d'avancement organisées avec le CNES (généralement deux à trois fois par an). Ces états budgétaires doivent présenter : un tableau récapitulatif des dépenses déjà effectuées, un tableau récapitulatif des dépenses attendues jusqu'à la fin des contrats, un tableau récapitulatif des revenus tels que définis dans les contrats/conventions.

Néanmoins, le CNES peut demander, en cas de besoin, aux chefs de projets locaux des mises à jour concernant leurs états budgétaires pour des « *reportings* » (Tricoire, 2006) internes ou externes. Chaque mois, les différents gestionnaires de projets locaux doivent faire un rapport sur les principaux événements. Cela s'apparente surtout à un travail administratif et de gestion plus que de celui de scientifique ou d'ingénieur. Ce rapport d'avancement est soumis au responsable de projet Euclid du CNES, puis aux responsables de projet Euclid du VIS/NISP/SGS. Ce travail de *reporting* auprès du CNES est vu comme redondant pour les enquêtés avec l'apparition d'un logiciel de *tracking* en 2018 – permettant de suivre les efforts des membres :

« Je ne suis pas sûr d’aller voir le manuel d’utilisation, ça me saoule, je ne rentre pas dans les détails dans ce que je mets, cela me saoule d’avance, j’essaye d’être minimaliste, je ferai un effort si cela me revient. Je peux le retrouver dans les rapports mensuels pour le CNES. Donc l’info je l’ai mais c’est redondant. » (Entretien n° 1, Euclid, Toulouse)

Nous constatons que le consortium, que ce soit au niveau international ou français, repose sur un modèle de délégation. Néanmoins, des mécanismes de contrôle (les « *reportings* ») sont mis en place et permettent à l’ECL, l’ECB mais aussi au CNES de participer au pilotage du projet à distance (Tricoire, 2006). Dans le schéma ci-dessous, nous pouvons voir la chaîne de *reporting* qui est mise en place.

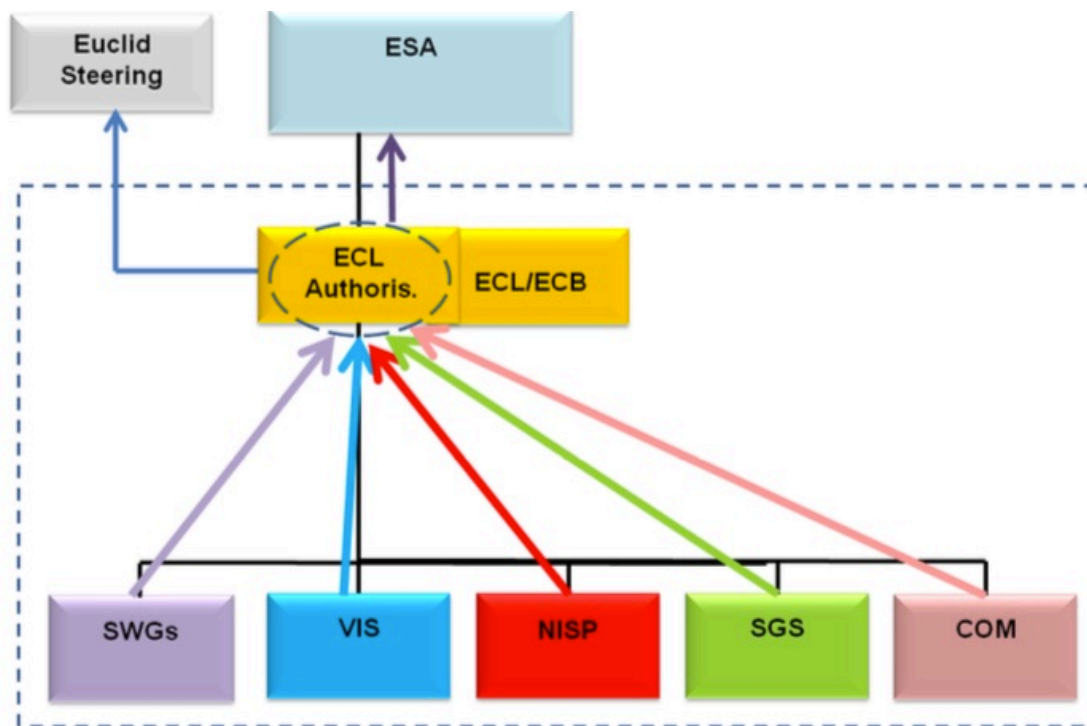


Figure 10.1 : EC reporting scheme

Figure 27 Le reporting au sein d'Euclid (Mellier, 2013, p. 67)

Cette organisation – que ce soit au niveau administratif ou organisationnel – semble peser sur les enquêtés qui ne sont pas habitués à cela. Les extraits d’entretiens suivants, réalisés avec des chercheurs d’Euclid, mettent en avant cet aspect de l’organisation :

« On est passés d'un moyen qu'on connaît bien en recherche à un type industriel. Les outils, méthodes et techniques imposés sont différents de ce que l'on connaît. C'est lourd car on n'a pas cette approche mais on a besoin de le faire pour que ça marche. Lourdeur en termes de management : rapport, pilotage, micro-pilotage. C'est une technique bien rodée mais on n'a pas l'habitude de passer vingt minutes de son temps à cela. » (Entretien n° 3, Euclid, Toulouse)

« Je suis responsable au niveau du consortium. Les rapports c'est beaucoup de papiers sur comment faire, pourquoi on accepte tel ou tel logiciel (...) Parfois, j'ai l'impression que l'on passe son temps à organiser et l'efficacité est moindre. Avant le travail était plus facile dans d'autres consortiums (...) c'est lourd au niveau du management et de l'organisation, il y a plus de lourdeur administrative. » (Entretien n° 5, Euclid, Toulouse)

3.3. La mission NewAthena

La mission NewAthena est également l'une du programme *Cosmic Vision*. Elle fut sélectionnée, en 2014, pour être l'une des missions lourdes du programme scientifique de l'ESA. Le parcours de cette mission est atypique et lié à des inquiétudes sur le coût que celle-ci représenterait.

3.3.1. La mission NewAthena en quelques mots

La mission NewAthena - *Advanced Telescope for High-ENergy Astrophysics* – se fera par le biais d'un télescope détecteur de Rayons X qui a été conçu pour répondre à la thématique « The Hot and Energetic Universe » du programme *Cosmic Vision* de l'ESA. Elle a été sélectionnée le 27 Juin 2014 pour être la mission L2 (*Lourde n° 2*) avec un lancement prévu initialement en 2028 et dont la durée sera de 5 ans – avec une possibilité d'extension de 5 ans. La mission connaît une phase d'étude très longue. Lorsque la conception et le chiffrage de la mission initiale ont été achevés, il s'est avéré que le coût

total de la mission serait trop important. Une redéfinition de celle-ci a été effectuée et elle fut acceptée, en 2023, par le comité des programmes de l'ESA et rebaptisée NewAthena. La mission devait initialement être proposée à l'adoption en 2021 mais suite à des retards, elle le sera en 2027⁸⁰, avant le début de la phase de construction. Son lancement étant donc repoussé pour 2037. La temporalité dans laquelle s'inscrit la mission NewAthena est donc particulièrement longue puisqu'une décennie s'est déjà écoulée depuis sa sélection et qu'elle n'est toujours pas officiellement adoptée.

Elle a pour objectif de répondre à deux importantes questions dans le domaine de l'astrophysique :

« How does ordinary matter assemble into the large-scale structures we see today? And How do black holes grow and shape the Universe? »⁸¹

Pour cela, elle a trois objectifs principaux :

- Cartographier et étudier les structures de gaz à grande échelle dans l'Univers, ce qui permettra de mieux comprendre la formation et l'évolution des groupes et des amas de galaxies.
- Étudier les trous noirs super massifs.
- Explorer les événements astrophysiques à haute énergie (tels que les explosions de supernova par exemple).

La détection de rayons X est le meilleur moyen pour étudier la matière de l'univers – celle qui se compose de baryons⁸². NewAthena permettra de regarder dans une époque

⁸⁰ « The mission has now entered the study phase; once the mission design and costing have been completed, it will eventually be proposed for 'adoption' around 2021, before the start of the construction phase. » (2020) «It will eventually be proposed for 'adoption' around 2023, before the start of the construction phase» (2022), site internet de l'ESA, <http://sci.esa.int/athena/59896-mission-summary/> visité (le 10/03/2020 et le 24/06/2022).

⁸¹ Source : site internet de l'ESA (<http://sci.esa.int/athena/59896-mission-summary/>), visité le 24/06/2022.

⁸² Éléments baryoniques tel que les protons et les neutrons.

de l'Univers où de nombreux trous noirs super massifs se sont formés et ont commencé à grandir et, donc, de mieux comprendre les processus qui sont en jeu.

L'engin spatial NewAthena se composera de trois éléments clés : un télescope à rayons X (d'une longueur focale de 12 m avec un miroir de 1,4 m²) et de deux instruments : WFI (*Wide Field Imager*) et X-IFU (*X-ray Integral Field Unit*).

Nous étudierons pour notre part principalement le consortium⁸³ X-IFU qui a la charge de développer l'instrument X-IFU et dont les principaux organes directeurs sont à Toulouse puisque le chef de projet est au CNES et le *Principal Investigator* (PI) est à l'I.R.A.P.

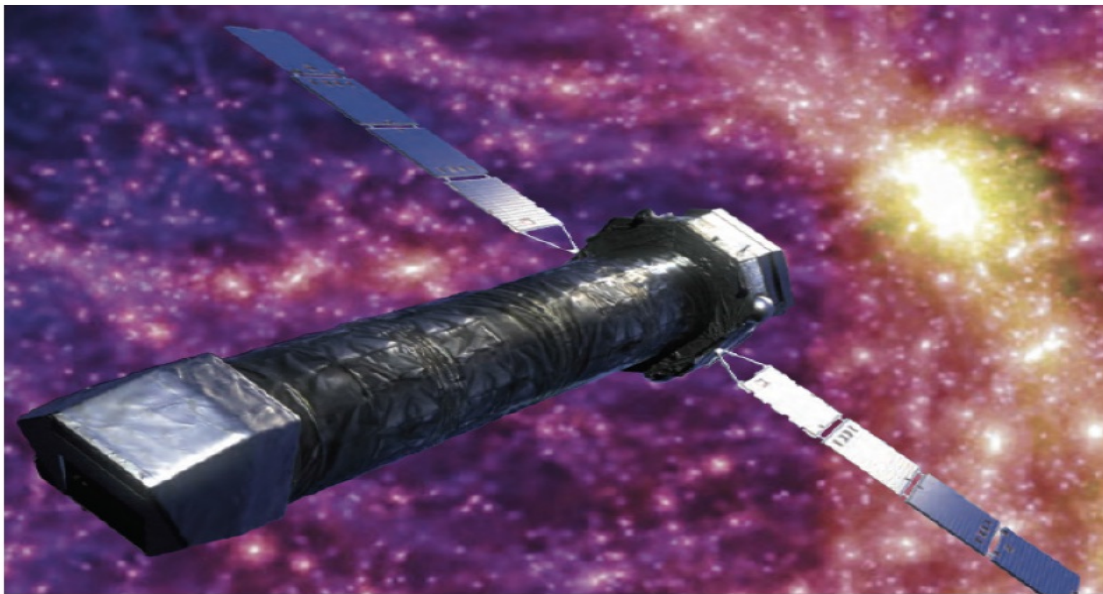


Figure 28 Le satellite Athena⁸⁴

3.3.2. L'organisation du consortium X-IFU (NewAthena) :

Le CNES est le maître d'œuvre du consortium X-IFU et gère le développement et l'aspect approvisionnement du consortium par le biais du chef de projet (*Project Manager* (PM)). Le chercheur principal (*Principal Investigator* (PI)) dirige les aspects

⁸³ «Le consortium ce n'est que quand l'ESA dit c'est vous qui faites l'instrument, avant proto-consortium, il peut y en avoir plusieurs en concurrence, pour l'instant on est seul donc on se dit consortium. On attend que l'ESA valide, on devrait passer consortium en fin d'année" » (chercheur, Athéna). Le proto-consortium X-IFU est passé consortium en décembre 2018.

⁸⁴ Source : site internet de l'ESA (<https://www.cosmos.esa.int/web/athena>), visité le 24/06/2022.

scientifiques et gère, avec le PM, l'aspect programmatique et l'organisation globale du consortium - que nous pouvons voir ci-dessous.

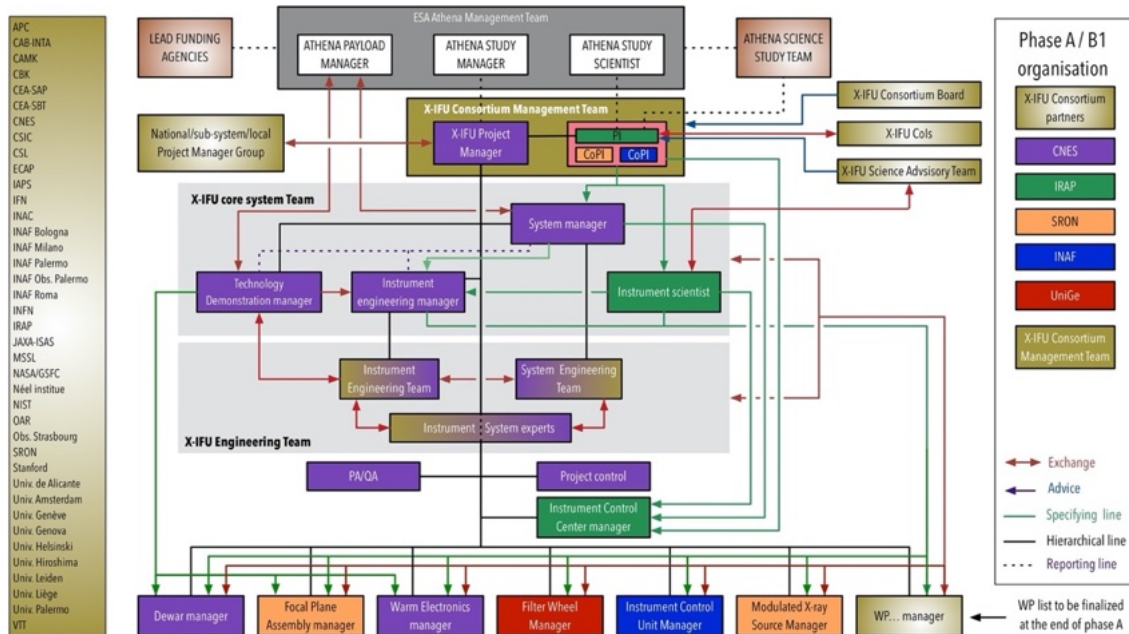


Figure 29 Organisation X-IFU (*the X-IFU Consortium Management Team, 2016a, p. 13*)

Le PI est le responsable scientifique du consortium X-IFU, ses tâches consistent donc à être le leader scientifique de l'effort et le responsable de l'organisation scientifique du consortium X-IFU, à parler au nom du consortium X-IFU devant l'ESA et d'être l'interface principale avec le CNES. Le PI de X-IFU est Didier Barret, un astrophysicien français basé à l'IRAP à Toulouse. Les Co-Pis sont Den Herder Jan-Willem et Piro Luigi, ils sont respectivement Hollandais (rattaché à SRON) et Italien (affilié à l'INAF-IAPS). Le PI et les deux Co-PIs (Co-Principal Investigators) ont pour rôle :

« *To define and to manage the top-level science requirements; to control the compliance of the design to these requirements; to manage the project in the frame of the XCMT; to manage the interfaces between the Project and the Scientific part of the Consortium and to guarantee a global coordination; to manage the interfaces with the general Athena organization at ESA level; to manage the international requests for contribution and consequently the distribution scheme of*

Co-Investigators » (the X-IFU Consortium Management Team, 2016b, p. 10)

Le PM s'appuie sur les chefs de projets nationaux (*National Project Managers* (NPM)), qui doivent lui rendre compte de l'ensemble des activités réalisées au sein de leur pays. Le PM a pour devoir au sein du consortium :

« To lead the development of the X-IFU instrument, on behalf of the X-IFU Consortium, to propose the organization of the project, to be responsible for the compliance of the project with its boundary conditions (e.g. planning), to be responsible for the French contributions to the X-IFU, to be the main consortium interlocutor of ESA for all matters addressing the development, to be in charge of any project implementation of bilateral or multilateral agreements. » (the X-IFU Consortium Management Team, 2016b, p. 10)

Il doit aussi diriger la Project team qui est composé de l'XCMT (*X-IFU Consortium Management Team*), *the System Core Team*, *the engineering Team* (*The System Engineering Team* et *the Instrument Engineering Team*), *the Subsystems' Managers* et leurs équipes, *The Technology Demonstration team*, *the National or Local Project Managers* et enfin, l'équipe du CNES.

Le *X-IFU Consortium Management Team* (XCMT) est l'organe directeur du consortium et il se compose du gestionnaire de projet (*Project Manager* (PM)), du chercheur principal *Principal Investigator* (PI) et des deux Co-PI. Le PM et le PI co-président le XCMT. Le XCMT assiste et soutient le PM et le PI pour toutes les questions liées aux aspects techniques, programmatiques, organisationnels et scientifiques du consortium. Plus spécifiquement, le PI doit consulter et obtenir son accord sur toutes les questions affectant la performance scientifique du X-IFU et l'organisation scientifique du consortium. Ainsi, avant son adoption par le *X-IFU Consortium Board* (CoB), le PI consulte le XCMT et obtient son accord sur l'adoption de documents particulièrement importants, notamment le document de gouvernance du consortium X-IFU, le plan de gestion scientifique de l'X-IFU, le document de politique de publication de l'X-IFU. L'accord XCMT sera également nécessaire pour la définition du programme de temps

garanti X-IFU et des règles selon lesquelles le programme de temps garanti est exécuté au sein du consortium. De même, le PM doit consulter le XCMT et obtenir son accord sur toutes les questions relatives au développement du projet.

Le conseil d'administration du consortium X-IFU (*X-IFU Consortium Board (CoB)*) est constitué par les points de contact nationaux de chaque pays, contribuant au consortium X-IFU. L'organisme de financement de chaque pays (États membres de l'ESA et partenaires internationaux) confirmera la nomination du membre actuel du CoB ou nommera un nouveau membre. Les membres du CoB doivent donc :

- Être le contact principal entre le consortium X-IFU et leur agence nationale de financement.
- Représenter les intérêts des communautés scientifiques et techniques de leur pays.
- Obtenir l'accord de leur organisme de financement lorsqu'ils expriment des opinions ou votent sur des questions relatives à l'organisation et aux aspects scientifiques du consortium.
- Faire des rapports au CoB sur les activités, l'organisation et les modalités de financement selon leur pays.

Il devrait être accordé au consortium X-IFU un temps d'observation garanti pour avoir fourni l'instrument X-IFU. Le CoB sera chargé d'approuver la définition du programme d'observation et ses règles à la majorité des 2/3 minimum (et préférentiellement par consensus).

X-IFU Science Advisory Team (XSAT) est un organe de conseil – pour le PI - sur tous les aspects relatifs à l'instrument. Il doit donner une évaluation de l'impact de modifications sur les paramètres de performances de l'instrument et aider le scientifique de l'instrument X-IFU et le gestionnaire du système X-IFU à traduire les exigences scientifiques en spécifications pour l'instrument. Le XSAT est composé au maximum de 25 scientifiques qui sont nommés – pour 2 ans renouvelables - par le PI et dont la composition est représentative des pays contributeurs. Chaque membre doit envoyer un rapport au PI, au

président et au vice-président du XSAT sur son activité à la fin de son mandat. Un processus de renouvellement échelonné est mis en place (jusqu'à 1/3 de ses membres peuvent être renouvelés à chaque fois). Le président est nommé par le PI – avec l'accord de l'XCMT et du CoB X-IFU- pour une durée de 2 ans et il doit lui faire un rapport sur ses activités.

En outre, ce consortium repose sur un modèle de *reporting* puisque chaque trimestre, chacun des chefs de projet national, local ou de sous-système, publiera un rapport d'avancement court et synthétique sur les principaux événements dans son domaine de responsabilité. Ce rapport d'avancement sera soumis au PM. Au niveau local, les instituts ou laboratoires devront élaborer un calendrier de leurs activités, en accord avec le calendrier général. Ce calendrier est mis à jour régulièrement et ils seront tous rassemblés au sein d'un "*Master Schedule*" montrant l'ensemble des contributions.

* * *

Finalement, les missions spatiales sont des projets où l'incertitude règne en maître. L'avenir d'une mission reste incertain avant son officialisation par l'ESA et peut connaître de fortes révisions au fil du temps. Elles s'inscrivent également dans des temporalités longues qui ne cessent de croître. Les organisations qui sous-tendent ces missions prennent la forme de consortiums dont l'organisation est très complexe, difficile à saisir et avec une régulation très forte. Nous avons également pu voir que le cas des missions spatiales est un bon exemple de cette gouvernance dispersée (Reverdy, 2021) puisque l'agence spatiale européenne ainsi que les agences spatiales nationales sont les contributeurs d'une même mission scientifique. Dans le cas d'Euclid, nous pouvons voir que les différentes agences ont influencé la structure organisationnelle de la coopération, le pilotage du projet et son suivi.

Conclusion de la première partie

Le rapport à l'espace que les pays européens entretiennent est très disparate d'un pays à l'autre. Cela passe par une organisation et des contributions différenciées, les différentes nations sont ainsi classées selon la typologie suivante : Small, Medium et Big. Les pays considérés comme « Bigs » sont les pays qui investissent le plus dans les activités spatiales telles que l'Allemagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni. L'investissement des pays est souvent associé à une organisation, plus ou moins développée, de leurs activités spatiales. Il existe donc une forte disparité entre les pays européens lorsqu'il est question de l'intérêt national qui est porté aux activités spatiales.

Ainsi, historiquement, les efforts spatiaux, en Europe, ont, surtout, été le fait de quatre principaux pays qui sont l'Allemagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni. Bien que les activités spatiales soient nées d'une impulsion nationale, il n'en reste pas moins que, dès le début, ces pays s'engagèrent dans des coopérations avec d'autres nations – celles-ci étant à l'échelle européenne mais également à l'échelle internationale avec, notamment, les États-Unis et l'URSS. Grâce à ces diverses impulsions nationales et au développement de l'attrait pour les activités spatiales au niveau européen, il est devenu très rapidement clair que le développement des activités devait prendre la forme de coopérations européennes. En effet, les différents États n'étaient pas individuellement capables de rivaliser avec les grandes puissances du secteur spatial.

Cet effort joint des activités dans le domaine spatial a pris la forme de deux principales organisations, dans les années 60 : ELDO et ESRO. L'agence spatiale européenne (ESA) fût créée en 1975 et résulte de la fusion d'ELDO et ESRO. Petit à petit, elle devient un acteur central en ce qui concerne les activités spatiales – en Europe, bien entendu, mais également à l'international. L'importance grandissante de l'ESA est liée à une « restructuration » de ses activités dans les années 1980. Dans une volonté de renouvellement de l'agence spatiale européenne, le programme Horizon 2000 a vu le jour en 1985, il s'accompagna d'une forte augmentation du budget de l'agence. Cela lui permit de développer un nouveau type de programme spatial plus ambitieux – dont les programmes *Horizon 2000 plus* et *Cosmic Vision* sont les héritiers – et de devenir un

acteur incontournable des activités spatiales en Europe. L'ESA participe également à l'ébauche d'une Europe Spatiale en tissant des liens de plus en plus étroits avec l'Union Européenne avec notamment les projets Galileo et GMES.

Bien que l'agence spatiale soit un acteur incontournable en Europe, les missions spatiales qu'elle développe impliquent une multitude d'acteurs : les agences nationales (ou bureaux ou unités) de chaque pays participant ainsi que les organismes de recherche. Les États européens s'investissent majoritairement dans les activités spatiales via l'ESA. Ils le font principalement pour deux raisons : la compétitivité industrielle et la coopération internationale. En effet, les liens entre l'ESA et l'industrie sont assez forts et cela s'observe également au niveau organisationnel puisqu'elle se rapproche du modèle industriel.

L'ambition nouvelle, au regard des missions spatiales développées par l'ESA, entraîna une complexification de celles-ci au niveau scientifique, technique et technologique. La complexification de ces missions entraîne donc la nécessité d'impliquer toujours plus de personnes – issues de professions, disciplines et spécialités différentes. Cela a comme conséquence la constitution de collectifs, participant à un projet de mission, de plus en plus hétérogènes et importants numériquement parlant. En nous intéressant à la mission Planck, qui fut développée dans le cadre du programme Horizon 2000, nous remarquons qu'elle représenta un moment charnière pour l'astrophysique. Cette mission marqua ce que nous pourrions qualifier de basculement organisationnel. En effet, la communauté de chercheurs était habituée à des coopérations à « taille humaine » où tout le monde se connaissait et avait une vue globale du projet. Nous sommes passés à des coopérations numériquement plus importantes où cette vision globale a été remplacée par une vision plus spécifique, liée aux activités dans lesquelles un individu était engagé.

À travers les différentes données recueillies, nous avons mis en avant le caractère complexe et opaque de ces organisations. La comparaison entre les deux consortiums a permis de mettre en perspective deux incarnations de la forme organisationnelle du consortium. Cela a mis en lumière des formes organisationnelles (Simmel, 1999) similaires qui reposaient sur un principe fort de compartimentation. La similitude

organisationnelle d'Euclid et X-IFU tient également aux principes de *reporting* et de délégation. Néanmoins, le consortium Euclid a une forme organisationnelle plus « mature » que X-IFU – ce qui est sûrement dû au fait qu'ils sont à des stades différents.

DEUXIEME PARTIE :

*La réglementation : levier de contrôle
ou source de dysfonctionnements ?*

La première partie de cette thèse a permis de mettre en lumière une organisation complexe impliquant de nombreux acteurs – issus de pays, d’institutions et de corps de métiers différents. Chacun de ces acteurs a une logique d’action propre. Dès lors, la question se pose de savoir comment ce type d’organisation réussit à atteindre ses objectifs. Quelles sont les règles et les procédures qui les sous-tendent ? S’intéresser à la régulation suppose également de porter son attention sur les dispositifs mis en place pour soutenir les règles ainsi que les problèmes qu’elles résolvent et ceux qu’elles posent. La régulation à l’œuvre au sein de ces consortiums sera par conséquent l’objet de cette deuxième partie.

Le chapitre 4, « Le passage d’un projet de mission à un consortium », s’attachera à saisir les enjeux liés au processus de sélection et d’acceptation de ces missions par l’ESA en ce qui concerne les missions européennes, en mettant au jour les carrières de ces communautés : du projet de mission à son acceptation. Cela permettra de décrire les rouages du processus de sélection et la façon dont il influence les communautés – notamment sur l’aspect international. Un deuxième objectif de ce chapitre sera de mettre en évidence la structuration de ces communautés par le biais de leurs membres. Il faudra comprendre les logiques qui sont attachées au choix des responsables et à l’importance en termes numériques des membres dans une coopération internationale. Il visera également à comprendre les modalités de recrutements de ces membres.

La présentation des logiques organisationnelles de ces coopérations scientifiques (Chapitre 5) permettra de mettre en lumière la forte compartimentation et la fragmentation à l’œuvre dans ce type d’organisation. Il s’agira également de comprendre la hiérarchisation des différentes tâches et activités. La focale sera mise sur les dysfonctionnements qu’entraînent ces organisations immatérielles – dans le sens où elles n’ont pas d’infrastructures physiques qui y sont dédiées – regroupant un grand nombre de membres géographiquement dispersés.

Une présentation des règles et des procédures – ayant pour ambition de résoudre ou du moins de limiter les incertitudes relatives à ce type de projet – sera effectuée. Le chapitre 6 « Une volonté de réduire les dysfonctionnements » visera à montrer comment ces organisations sont finement réglées et réglementées.

Nous nous attacherons également, dans le chapitre 7, « Une formalisation du processus de publications », à la présentation des politiques de publications qui régissent cette coopération. Nous décrirons comment le processus de publications n'échappe pas à cette réglementation très forte qui régit l'ensemble de la coopération. Une présentation du dispositif *de tracking* – donnant un niveau de *membership* à chacun des membres avec des droits propres à chaque niveau –, de son implantation et de sa réception au sein de la communauté Euclid sera faite. Ce dispositif sous-tend donc le processus de signature des articles Euclid. Cela démontre l'importance qui entoure les publications au sein des coopérations regroupant majoritairement des acteurs issus du monde de la recherche.

Une analyse statistique (Chapitre 8) des signataires et des signatures, des publications Euclid, sera effectuée. L'objectif principal est d'interroger le lien entre l'appartenance géographique des membres et le nombre de publication. Il s'agira également de se pencher sur l'utilisation du statut d'*eligible*. Ce statut étant permis grâce au différent niveau d'adhésion mis en place qui ouvre des droits en termes de signatures de publication.

Chapitre 4 : Le passage d'un projet de mission à un consortium

Les missions sélectionnées par l'ESA – pour faire partie de son programme scientifique – sont passées par un processus de sélection. Ainsi, les porteurs de projets de missions auront créé, au préalable, une communauté de chercheurs autour de leur projet et avaient le soutien de leurs agences nationales. Les critères de sélection des missions scientifiques de l'agence spatiale sont nombreux, certains plus officiels que d'autres. Il s'agira, ici, de comprendre le processus de sélection mis en œuvre par l'ESA.

Les communautés scientifiques – qui se sont structurées autour des projets de missions – sont internationales dès leurs prémices. Cette internationalité est, en partie, liée aux critères de financement de l'ESA. Elles sont, le plus souvent, structurées autour de collèges invisibles (Price, 1963) dont l'internationalité est très ancrée dans les sciences de l'Univers. Ceci est lié au caractère international des activités spatiales.

4.1. La carrière des communautés

Dans la première partie, nous avons détaillé les acteurs prenant part aux missions spatiales mais il est aussi important de comprendre la genèse de ces missions : comment elles ont été acceptées par l'ESA et quelles communautés les ont portées. Pour cela, nous allons essayer de montrer la « carrière » (Becker, 1985 ; Hughes, 1958) des communautés à l'origine de ces projets de mission. S'intéresser à la carrière de ces communautés c'est aussi comprendre les différentes phases par lesquelles elles sont passées durant le processus de sélection, et qui permettent d'appréhender leur constitution finale. Il sera question de révéler les enjeux qui entourent le processus de

sélection – qui a entraîné l’officialisation et l’institutionnalisation de ces communautés en consortium – et la façon dont ce processus les a structurées.

Les missions ne sont pas nées telles quelles mais sont le produit de différents compromis institutionnels et scientifiques. Les appels à projets dans la recherches affichent différents critères – tels qu’un nombre minimum de pays participants – que les porteurs de projets doivent respecter pour espérer un financement (Hubert et Louvel, 2012 ; Tricoire, 2011b).

« Le nombre des programmes de financement de la recherche et le nombre de financeurs potentiels (Conseil Régional, État, Union Européenne, entreprises, associations) cachent l’existence de critères de sélection qui restreignent l’éligibilité des projets scientifiques tant du point de vue thématique qu’administratif, laissant dans ce cas précis une marge de manœuvre assez restreinte. » (Tricoire, 2011b, p. 89)

Les projets de mission sont donc soumis à des contraintes qui dépassent les porteurs des projets et, de facto, entraînent une nécessité de s’adapter à ces critères.

« En effet, qu’ils adhèrent ou non aux principes du financement par projet, la plupart des chercheurs doivent y recourir pour exercer leur activité. Ils doivent alors tenir compte des injonctions et des contraintes portées par ce type de financement. » (Hubert et Louvel, 2012, p. 20)

Certains critères sont affichés et officiels tandis que d’autres nécessitent une maîtrise et une connaissance plus approfondie du processus de sélection car ils sont de l’ordre de l’officieux.

En effet, les missions sélectionnées pour les programmes de l’ESA ne sont pas seulement basées, comme nous pourrions l’imaginer, sur des enjeux scientifiques mais il existe également un aspect que nous pourrions qualifier de politique. Celui-ci consisterait à contenter, chacune leur tour, les différentes communautés scientifiques. En reprenant les tableaux des missions spatiales passées et futures et la classe des missions du

programmes *Cosmic Vision*, nous pouvons voir comment chaque thématique⁸⁵ (définie par l'ESA) est servie :

Tableau 3 Les missions du programme *Cosmic Vision* selon leur thématique, leur classe et l'année de sélection

Thématiques Années	Solar system/ Sun	Astrophysics	Fundamental Physics
2007	Juice (L1) Solar orbiter (M1)	Euclid (M2)	
2010		Plato (M3)	
2012		CHEOPS (S1)	
2014		Athena (L2) Ariel (M4)	
2015	SMILE (cooperation)		
2016	Comet Interceptor (F) EnVision (M5)		LISA (L3)

Nous noterons que les thématiques *Astrophysics* et *Solar System/Sun* ont été les thématiques les plus servies en termes de missions. Néanmoins, l'un des critères les plus prégnants que les enquêtés ont évoqué est l'appartenance des porteurs de projet à une communauté spécifique. En effet, même si les missions de l'ESA sont découpées en quatre grandes thématiques (*Sun*, *Solar System*, *Astrophysic* et *Fondamental Physic*), chacune de ces thématiques est en outre liée à des communautés qui sont également

⁸⁵ Nous avons fait le choix de regrouper les thématiques « Sun » et « Solar system » car celles-ci sont considérées comme faisant partie de la même communauté.

subdivisées. Si nous prenons l'exemple d'Euclid et de NewAthena qui sont dans la même thématique (*Astrophysics*), elles ne font pas exactement appel aux mêmes communautés. Ce critère de sélection des missions lié à un aspect de l'ordre du politique semblerait être l'un des plus importants pour les enquêtés. Pour qu'un projet soit sélectionné il faudrait donc qu'il soit en accord avec les priorités scientifiques du programme visé mais aussi appartenir à la « bonne » communauté.

Les individus doivent connaître les règles du jeu pour avoir toutes les chances de voir leurs missions sélectionnées. Ainsi, leur projet de mission doit être soumis au « bon moment » pour leur communauté. L'extrait d'entretien suivant permet de mettre en exergue ce processus de sélection des missions :

« C'est une énorme compétition, on fait le tour de table des gens. Comme les financements sont limités, il y a un tour de table pour servir toutes les communautés. On observe ça quand on regarde tous les 10 ans, par exemple l'optique, ils ont eu 4 mètres, 8 mètres et voulaient faire 30 mètres et entre-temps il y avait d'autres choses dans les autres communautés, on ne peut pas tout faire, il y a un peu un aspect tour de table qui doit être respecté, même au niveau d'un microcosme, on découpe le gâteau. Le mérite c'est un critère, oui, peut-être, mais ce n'est pas le plus important. C'est gérer les communautés qui est le plus important. » (Entretien n° 29, Euclid, Paris)

Lorsque l'enquêté évoque les missions liées à l'optique, il semblerait qu'il fasse référence à la mission SPICA (dans la lignée des missions Herschel et Gaïa⁸⁶). SPICA n'avait pas été sélectionnée pour les missions M1 et M2 en 2007. Une seconde proposition en 2016 pour la mission M5 n'avait également pas abouti. Bien que la

⁸⁶ « The telescope optical components are made of silicon carbide (SiC). (...) This technology has good heritage for large size of mirror and structure up to 3.5m diameter through Herschel and Gaia programs. » (ESA-SPI-EST-MIS-RP-001, 2021)

mission SPICA soit dans la même thématique que Euclid et Athena, elle ne fait pas appel à la même communauté de chercheurs. L'exemple de SPICA permet également de mettre en exergue l'inscription dans le temps long d'une mission spatiale, qui souvent nécessite de soumettre le projet à plusieurs reprises avant de le voir sélectionné. Lorsque nous nous intéressons au processus de sélection des missions, il n'est pas rare de voir que les projets et les communautés ont été transformés par celui-ci. La mission NewAthena en est un bon exemple, elle avait été proposée pour la mission L1 sous le nom de IXO mais n'avait pas été sélectionnée suite à cette première tentative. Il aura fallu attendre une seconde proposition pour la mission L2 sous le nom d'Athena pour que celle-ci soit acceptée. L'extrait d'entretien suivant – réalisé avec un chercheur ayant des responsabilités au sein de X-IFU – démontre ce sentiment que le politique a une place importante dans le choix des missions.

« Pour la mission L1, on n'a pas été sélectionné, pas sur des arguments scientifiques mais sur des arguments géopolitiques. En connaissant mieux le système global, c'était au tour de la planétologie d'avoir la mission. L'ESA est très maligne pour faire choisir une mission. Elle ne se base pas que sur des arguments scientifiques. Dans le choix de grands projets européens, la science est l'un des critères de sélection. Toi, tu vas un peu naïf à la compétition en pensant avoir tes chances, tu ne vois toujours que la science alors que ce n'est qu'une des facettes. On a été battu par une mission qui programmatiquement tenait la route et par une communauté qui devait être servie. »
(Entretien n° 25, X-IFU, Toulouse)

Les sciences de l'Univers regroupent donc de nombreuses communautés de scientifiques. Le capital temporel – couplé à un fort capital scientifique (Bourdieu, 1976) – des porteurs de projet ne semblerait donc en fait pas être suffisant pour voir leur mission sélectionnée par l'ESA. La thèse de Pierre Bourdieu doit sans doute être précisée et enrichie par le critère lié à l'appartenance à une communauté spécifique – dont c'est le tour de voir une mission acceptée.

Un autre critère lié à la nationalité du porteur du projet semble être le plus important, il est lié à une logique d'auto-renforcement des compétences en fonction des nationalités.

En effet, l'ESA sera toujours plus encline à accepter une mission portée par un pays qui en a les ressources plutôt qu'un « petit » pays. Cette logique a pour conséquence de renforcer l'ascendant des « grands » pays sur les « petits ». Ce pouvoir de l'ESA sur les communautés entraîne une adaptation des individus qui se plient aux règles du jeu imposé par l'agence européenne en renonçant à garder le leadership d'un projet au profit d'un individu venant d'un « grand pays ». Cette adaptation des individus aux règles implicites est particulièrement mise en avant dans cet extrait d'entretien :

« Si on veut être sélectionné, le PI doit aller dans les mains d'un grand pays. C'est risqué de le garder dans un petit pays qui n'aurait pas les épaules (...) Avant le PI était Hollandais, on m'a donné le PIship car on réalise que X-IFU est trop cher et trop grand pour ce pays, on avait besoin d'un grand pays avec une grande agence spatiale. » (Entretien n° 25, X-IFU, Toulouse)

De ce fait, ces communautés seraient choisies et structurées par des attentes administratives, scientifiques mais aussi politiques dès leur prémices. Certains de ces critères sont clairement affichés quand d'autres sont plus informels mais tout aussi importants.

4.1.1. Le rôle de l'ESA dans le façonnement des communautés

Le rôle de l'ESA ne se limite pas à l'acceptation ou non des projets de mission, elle participe également au processus de façonnage des communautés qui les portent. Elle peut les « obliger » à fusionner ou à défusionner, dans l'optique de voir leur projet sélectionné. Il y a donc une nécessité de la part des acteurs de se « soumettre » à des critères de sélection pour voir leur projet sélectionné (Tricoire, 2011a) sinon ils ne pourront pas mener leur projet de mission à terme et en retirer les données scientifiques qui leur permettront de rédiger des articles scientifiques. En d'autres termes, l'ESA exerce un pouvoir sur l'élaboration de ces communautés comme cela a été le cas pour Euclid et NewAthena.

Euclid : résultat de la fusion des projets DUNE et SPACE

Euclid résulte de la fusion des projets DUNE et SPACE. La proposition de mission SPACE (*S*Pectroscopic *A*ll-sky *C*osmic *E*xplorer) était portée par un Italien (Andrea Cimatti) tandis que la proposition de mission DUNE (the *D*ark *U*Niverse *E*xplorer) était portée par un Français (Alexandre Réfrégier). Les deux projets portaient sur l'étude de la matière et de l'énergie noire mais n'utilisaient pas les mêmes instruments et techniques. Au moment de l'étude des projets de mission, l'agence spatiale européenne a voulu que les deux projets fusionnent car elle ne désirait pas financer deux missions distinctes portant sur le même sujet et elle ne souhaitait pas non plus choisir une mission par rapport à une autre.

“There was this call from ESA, the space agency, called Cosmic Vision in 2007. And there was an idea by Andrea Cimatti and another person who is working at Space Telescope to propose a spectroscopic satellite. So only spectroscopic. (...) So, our original proposal was called SPACE. Anyway, Andrea Cimatti asked me to be on the proposal and to organize the cosmology section of the proposal together with another two persons. (...) Anyway, in parallel, there was a proposal by another group led by Alexandre Réfrégier, a French guy from Saclay, and that proposal was for an imaging telescope (...) that experiment was called DUNE. So, ESA, well, they had a selection process and they ended up saying, well, we like both. Why don't you put them together into the same satellite? Which was not a very easy thing. And that's how Euclid came about. Euclid is the merge of SPACE and DUNE.” (Entretien n° 20, Euclid, Milan)

Le processus de fusion débuta mais créa quelques tensions d'ordre politique, plus que scientifique, car un pays devait s'effacer pour un autre en sachant que les deux projets étaient portés par des individus issus de deux grands pays en matière d'activité spatiale. De plus, il existe un certain prestige associé au statut de *Principal Investigator* (PI), pour les pays, les instituts et les personnes qui portent les projets de mission. Ce processus de fusion a donc mis en exergue des enjeux de pouvoirs entre les deux individus – et par extension les pays porteurs des projets.

« Euclid c'est la fusion des projets Dune et Space, ils avaient les mêmes objectifs scientifiques mais pas les mêmes instruments. L'ESA avait un intérêt pour un projet sur l'énergie noire mais là on en montrait deux, elle a fait comprendre que s'il restait deux projets, elle n'en aurait pas choisi un plus que l'autre, elle voulait une fusion et c'est compliqué car l'un s'efface pour l'autre, la France a fait du lobbying pour la France, c'est un travail très politique et diplomatique. » (Entretien n° 31, Euclid, Paris)

“Yes, it was difficult because the two teams had to come together. And the first thing was that they could only be a single leader. So, we had two PIs, and so one of them was going to have to be the leader, or could it be the third person? But really, in the end, it was a fight between these two. I don't know, a fight. I don't actually know how the decision was arrived at, but it was a fight (...) I don't know, I mean partly this is not so bad. There had to be a single organisation, there had to be a single consortium, there had to be a single PI.” (Entretien n° 44, Euclid, Édimbourg)

Après des négociations, les deux projets ont donc fusionné et la France a récupéré le leadership d'Euclid. Le *Principal Investigator* (PI) était le même que celui du projet DUNE. Néanmoins le statut de PI de l'instrument NISP a été donné à l'Italie et plus particulièrement au PI de la mission SPACE. Cependant, Alexandre Réfrégier quitta le CEA pour l'ETH Zurich (l'école polytechnique fédérale de Zurich) en Suisse et il perdit donc le leadership qui fut récupéré par un autre Français, Yannick Mellier, qui devint l'unique *Principal Investigator* du consortium Euclid. Le fait que le premier PI n'ait pas « emporté » le leadership avec lui est lié au fait que les agences spatiales nationales se portent garantes et supportent (financièrement, humainement et matériellement) les missions sous leur responsabilité. Très vraisemblablement, la France ne souhaitait pas perdre la direction du consortium Euclid et la Suisse n'avait pas forcément les ressources pour mener à bien une mission telle qu'Euclid.

Le processus de sélection a une conséquence sur les communautés puisque certains chercheurs vont quitter le projet et d'autres vont l'intégrer. Cela est bien représenté avec le cas d'Euclid où une mobilité géographique d'un individu a entraîné une reconfiguration de l'organisation sans détrimement pour la France.

NewAthena : une mission perpétuellement reconfigurée

Les conditions administratives seraient l'une des principales raisons qui expliqueraient le caractère aussi international de la communauté (Tricoire, 2011a) puisque l'ESA influencerait sur la composition – en termes de nationalité – des consortiums. Cela est particulièrement bien représenté pour le cas de la mission NewAthena qui a connu un certain nombre de restructurations au fil des années avant d'aboutir à cette mission et ce nom-là. En effet, originellement, le projet NewAthena s'appelait Zeus. L'ESA décida d'abandonner ce projet de mission européenne au profit d'une mission internationale (IXO) avec la JAXA et la NASA qui avaient des projets de missions similaires. Cependant, en 2011, suite à des problèmes de financement américains, la mission IXO fut restructurée en mission européenne et devint Athena. Elle sera par la suite redéfinie et baptisée NewAthena. Cette communauté est donc passée d'une communauté européenne à une communauté internationale pour redevenir une communauté européenne :

« En 2002, on propose l'instrument Zeus. Du côté américain il y avait une proposition similaire aussi. Une réunion est organisée entre les Américains, l'ESA et le Japon et en 2009. L'ESA, la NASA et la JAXA se regroupent pour une grande mission d'astronomie spatiale, IXO. Je faisais partie des quatre Européens qui devaient faire IXO. Là aussi on part d'un projet européen qui devient un projet international IXO. Au bout de deux ans, l'ESA n'a pas le financement des Américains donc on l'a reconfigurée en mission européenne : Athena. On est en compétition à l'époque pour la mission L1 pour Cosmic Vision, Athena perd au profit d'une mission qui va aller vers Jupiter. » (Entretien n° 25, X-IFU, Toulouse)

« In 2007, three large ('L-class') missions, namely, EJSM-Laplace, IXO and LISA, were selected for an Assessment Phase study following a Call for Missions for the first L-class mission opportunity in ESA's Cosmic Vision 2015-2025 plan. In 2011, ESA decided on a new way forward for these L-class mission candidates to take account of developments with ESA's international partners. During the reformulation exercise IXO became ATHENA. »⁸⁷

La mission NewAthena est un bon exemple du pouvoir que l'ESA peut avoir sur la constitution des communautés en termes de membres. Finalement, en choisissant les missions et donc les communautés, l'agence spatiale européenne aurait une certaine influence sur leur constitution. Les communautés, qui portaient les projets de mission Euclid et NewAthena, ont été modifiées par le processus de sélection de l'ESA. L'agence européenne du spatial joue un rôle important dans le façonnement de ces communautés en termes de membres et de nationalité. Elle a la capacité de les transformer en faisant fusionner deux projets ou en décidant d'en faire un projet international et non plus seulement européen. Les exemples de la mission NewAthena et de la mission SPICA montrent que les projets de missions s'inscrivent également dans un temps très long, entre le moment de soumission du projet et son acceptation définitive. Il n'est donc pas rare que des projets de missions soient soumis plusieurs fois avant d'être acceptés par l'ESA.

4.2. La question des membres dans les consortiums scientifiques : le recrutement et les enjeux de visibilité associés

La question du nombre d'individus prenant part à Euclid a souvent été abordée lors des entretiens, notamment l'importance que cela revêt pour les pays et instituts participants.

⁸⁷Source : Site de l'ESA, page de présentation de la mission Athena (<http://sci.esa.int/ixo/>), visité le 30/06/2023

Il s'agira de comprendre les enjeux concernant les membres dans les coopérations scientifiques dans le domaine spatial. Les responsabilités, comme nous avons pu le voir avec le choix du PI, sont importantes pour les membres, les instituts et les pays participants. Le processus de recrutement des responsables est régi par un certain nombre de critères dont celui de la nationalité.

4.2.1. La visibilité : une histoire de nombre ?

Il existerait un lien entre le nombre de membres et la visibilité scientifique que pourraient en tirer les pays et les instituts. En d'autres termes, plus ils ont de membres plus leurs contributions au projet augmentent et plus ils augmentent leur « retour sur investissement » en termes de visibilité scientifique au niveau du consortium et donc dans la communauté scientifique nationale et internationale. Cette visibilité passerait par les publications avec l'idée que le nombre accordé à chaque pays devrait être parallèle à la participation financière au projet des pays participants comme en témoigne l'extrait d'entretien suivant :

« Quand le projet sera fini et que les images vont arriver, les gens vont vouloir accéder aux données. Les publications se rémunèrent d'une certaine manière. On va compter le temps de travail que tout le monde a mis, comme contribution au projet. Les salaires mis dans le projet sont aussi de l'argent mis dans le projet donc si cela est déclaré à 50%, à la fin, cela signifiera qu'on a contribué à 50% à Euclid donc la France aura mis 50% des salaires dans Euclid. Tous les pays fonctionnent comme ça, les salaires sont des contributions directes au projet et les retombées sont que si la France contribue à 40% du projet alors 40% des publications seront créditées à la France. » (Entretien n° 8, Euclid, Toulouse)

Cette logique visant à accroître la visibilité d'un pays par le biais des membres se retrouve également au niveau des instituts car cela permet d'accroître leur visibilité au niveau national, européen et international par le biais de fortes contributions dans le projet. Cette course à la visibilité scientifique a pour effet d'amener certains individus à devenir membres du consortium non pas seulement par motivation scientifique mais pour des

raisons politiques. Cela permettrait à leur institut d'affiliation d'augmenter sa visibilité au sein du consortium et, *in fine*, au sein de la communauté scientifique nationale et internationale.

« Je parlais pour la France, pour obtenir une contribution importante pour la France et pour le labo, je me disais que dans une grande mission de l'ESA, l'impact d'être PI pour le labo est énorme, plein de raisons pour lesquelles je suis motivé : la science plus un laboratoire comme le nôtre ne peut pas passer à côté de cela et il a la capacité de la mener à bien. » (Entretien n° 25, X-IFU, Toulouse)

« Mon entrée sur Euclid s'est faite pour des raisons politiques, c'était important que mon laboratoire contribue sur Euclid. Je n'étais pas du tout intéressé mais j'ai fait cela pour la politique du laboratoire. On m'a demandé de participer, ce n'était pas par obligation mais je ne l'ai pas fait pour des raisons scientifiques. » (Entretien n°1, Euclid, Toulouse)

Les acteurs comprennent l'importance des responsabilités pour le pays et l'institut auxquels ils sont rattachés, ils vont donc s'adapter et prendre des responsabilités au sein des consortiums – même s'ils n'ont pas d'intérêt scientifique particulier. Ils ont très certainement conscience que plus leur laboratoire est réputé et reconnu dans leur domaine d'expertise, plus ils seront amenés à avoir des financements et des responsabilités au sein de consortiums. Ils ont donc intérêt à contribuer à la visibilité de leur institut et de leur pays puisque nous avons vu que l'ESA fonctionnait sur une logique d'auto-renforcement des pays participants, et cela est également le cas au niveau des instituts.

Une conséquence de cette stratégie, reposant sur un accroissement de la visibilité scientifique, serait l'existence d'une différence considérable entre la part des membres actifs – c'est-à-dire ceux qui sont inscrits et qui contribuent réellement au projet – et celle

qui ne l'est pas (les non-actifs ou membres fantômes) : ce sont des individus officiellement inscrits mais qui ne contribuent pas ou de manière infime au projet.

« Dans mon groupe, il y a 177 personnes inscrites, il y a pas mal de gens qui sont inscrits de façon officielle mais les gens actifs, il y en a 1/3, 30-50 personnes, et dans ce tiers, il y a 20 personnes qui ont codé plus fait les comparaisons et la rédaction du papier scientifique, il y a une différence entre inscrit et actif. » (Entretien n° 2, Euclid, Toulouse)

L'extrait d'entretien, ci-dessus, met en lumière un problème inhérent aux membres non-actifs, ils donnent l'impression que le consortium est important numériquement alors que moins de la moitié des inscrits contribueraient scientifiquement à Euclid. Cet écart conséquent, entre les actifs et les non-actifs, soulève la question de l'efficacité et peut donner lieu à des incompréhensions. Ceci est le cas pour la partie LE3 du code qui servira à analyser les données. Il s'agit de l'un des groupes où le nombre d'inscrits est le plus élevé. Cependant, paradoxalement, ils ont un problème de ressources humaines car le nombre de membres fantômes y est élevé et/ou les membres inscrits ont un profil en inadéquation aux tâches attendues (la rédaction d'un code informatique). En effet, ces tâches relèvent davantage d'un travail d'ingénieur développeur alors qu'une très grande partie des inscrits ont un profil de chercheur.

Cette sous-section a visé à mettre en lumière l'importance de la visibilité et les stratégies mises en place pour accroître celle-ci. La constitution des communautés que ce soit au niveau national ou des institutions repose sur cette logique de retour sur investissement. Ainsi, les pays cherchent à avoir un nombre important de membres dans un projet car cela accroît leur contribution dans celui-ci – par le biais des salaires – ce qui garantira un certain nombre de publications et permettra donc d'accroître leur visibilité. Les publications sont le seul produit visible/palpable de ces collaborations (mis à part l'instrument en lui-même). Nous avons également mis en avant une autre conséquence de cette logique qui entraîne un dysfonctionnement puisque quasiment un tiers des membres d'Euclid ne contribuent pas au projet alors qu'ils en sont officiellement membres.

4.2.2. L'attribution des responsabilités

Les logiques en jeu dans la nomination des responsables seront l'objet de cette sous-partie. Dans le document se référant au code de conduite des membres du consortium Euclid, adopté par *l'Euclid Consortium Board* en juillet 2017, le consortium Euclid demande aux membres de promouvoir l'égalité des chances et de traitement pour tout le monde et les nominations doivent être faites en conséquent comme en témoigne cet extrait du code de conduite :

« (...) regardless of (alphabetically) age, disability, ethnicity, gender, marital status, nationality, physical appearance, political affiliation, pregnancy, race, religion, sexual orientation, and status as a caregiver (including as a parent). » (The Euclid Consortium Diversity Committee, 2017, p. 1)

Or, lors de nos entretiens, nous avons pu constater que l'élément central dans la nomination à un poste de responsable semblait être la nationalité du participant. Ces nominations cacheraient des enjeux de pouvoir et politiques, ce qui n'est pas sans rappeler Norbert Elias (Elias, 2016) qui démontrait une augmentation, depuis les deux guerres mondiales, de la dépendance des établissements scientifiques aux financements publics, ce qui avait pour conséquence d'entraîner une interdépendance plus marquée entre les établissements scientifiques et étatiques. Les États financent les projets scientifiques et donc ils jouent un rôle très structurant dans la recherche et dans la coalition des forces scientifiques, y compris au sein de grands projets internationaux.

En effet, en ce qui concerne les missions spatiales, les différents pays contributeurs mettent une certaine part de l'argent nécessaire au développement et à l'exploitation de la mission spatiale – que ce soit en termes de ressources humaines (salaires) ou matérielles. De ce fait, il est prévisible de retrouver une part de politique dans le choix de la répartition des responsabilités puisque les organes étatiques financent les projets en vue d'avoir un retour sur l'investissement en termes de visibilité européenne (Tricoire, 2011) comme nous le montrent ces différents extraits réalisés auprès de membres du consortium Euclid :

« Ils doivent diviser en fonction des contributions. Si la France dit « je mets 20% », elle s'attend à récupérer 20% des responsabilités et des contrats industriels (...) il y a une lourdeur géopolitique, ce n'est pas en fonction de l'expertise de chacun mais plutôt une « guerre » où il faut que la France soit responsable. Les Italiens et le Royaume-Uni, il faut qu'ils soient là. (...) Ce n'est pas forcément la science qui gagne mais plus le management, on ne fait pas la meilleure science qu'on peut. » (Entretien n° 37, Euclid, Lyon)

« Au début c'est un planté de drapeau où chacun dit ce qu'il veut (...) Par exemple, Lisa est en phase A, les choses commencent à se construire : qui se positionne où ? C'est une partie d'échec et si le CNES veut une position, il doit faire preuve de force mais aussi de diplomatie (c'est la légitimité de la présence). » (Entretien n° 16, Euclid, Toulouse)

Cette logique de répartition des responsabilités en fonction de l'argent alloué au projet – et non pas forcément en fonction de leurs expertises ou compétences – est une spécificité européenne qui est intrinsèquement liée à la forme organisationnelle de l'*European Space Agency*. En effet, l'agence spatiale européenne résulte d'une coopération entre les pays participants. Chaque pays décide ensuite s'il participera au développement et à l'exploitation de la mission spatiale via des ressources matérielles et humaines. Cette particularité européenne a été particulièrement mise en avant par un enquêté travaillant aux États-Unis, où l'attribution de financements provient exclusivement de la NASA. Il n'y a donc pas la nécessité de s'accorder entre plusieurs entités comme cela peut être le cas au sein de l'agence spatiale européenne.

“The difference in Roman when we solicit science teams or leaders to do some of the science, it's typically meant to be a pure evaluation on merit like who is the best, who writes the best proposal and what person's gonna get awarded leadership in some area. That comes with funding from NASA to execute, that in Euclid, we try to award things also based on merit on, you know, potential to do good but

there has to be an added piece in Euclid. That each country is putting some amount of money and effort into Euclid, so each country needs to see a return, so we can't have all the leads be from France or all from Japan or all from US, we have to spread it around so that each country is seeing some leadership, each country is seeing some return on its investment. And this is very typical and very important for ESA projects because of the way ESA projects are funded and put together. It's the ESA who puts in some money but, then, each nation that decides to contribute also puts in some money so, the money isn't coming from just ESA, is coming from both ESA and the individual countries. So, the individual countries want to make sure that they're getting a reward, so that's a big difference for how things are organized.” (Entretien n °39, Euclid, États-Unis)

Nous pouvons donc constater que le choix des responsables en fonction en premier lieu de leur nationalité semblerait être la norme dans les consortiums scientifiques européens et que cela serait dû à des enjeux de pouvoir liés à la visibilité (Tricoire, 2011) des pays au sein du consortium et donc sur la scène nationale et internationale. Dans son livre, Norbert Elias nous expliquait que selon une conception commune :

« L'existence d'une multitude de départements académiques spécialisés témoignerait de la division du travail nécessaire à l'exploration du monde. (...) Dans une certaine mesure, ce n'est sûrement pas faux. Cela dit, les rapports entre les différents domaines de spécialisation académique ne revêtent pas exactement les caractéristiques qu'on serait en droit d'attendre si leur seul et unique principe de détermination résidait bien dans l'exigence fondamentale d'une division du travail. Si tel était le cas, les efforts en direction d'une coopération interdisciplinaire seraient plus facilement couronnés de succès : les travaux spécifiques mis en œuvre dans chaque branche du savoir seraient comme autant de pièces d'un puzzle qu'on rassemble naturellement les unes aux autres. Mais la réalité est différente, les institutions de connaissance scientifique, telles qu'elles

existent de nos jours, ressemblent à maints égards aux États souverains. Leurs relations les unes avec les autres, ne sont pas sans rappeler les relations interétatiques. » (Elias, 2016, p. 160)

Nous avons pu voir que ces enjeux de pouvoir autour de la visibilité scientifique se retrouvaient au niveau national (les pays) et au niveau infranational (les instituts) – les différentes institutions scientifiques ne découlent pas que d’une nécessité de diviser le travail mais sont aussi le fruit de relations de pouvoir qui existent entre elles (Elias, 2016). Ainsi, les différentes nations, leurs institutions et les agences nationales sembleraient être liées par un jeu de « coopétition », c’est-à-dire qu’elles entretiennent entre elles à la fois des rapports et des comportements de compétition mais aussi de coopération (Nalebuff et Brandenburger, 1996). Leurs buts consistent simultanément à mener à bien les missions et à maximiser leur rendement en termes de visibilité pour leur pays – et leur institution – dans le cadre de ces collaborations internationales. La visibilité passerait en priorité par les responsabilités que les pays/institutions prendraient au sein du consortium. La prise de responsabilité serait, par conséquent, un des enjeux majeurs au sein des consortiums et elle serait l’aspect le plus visible de la compétition à l’œuvre entre les différents pays/ instituts prenant part aux missions spatiales.

« Par rapport aux pays, institutions et individus, c’est attrayant d’avoir des responsabilités car, en quelque sorte, c’est une promotion pour la personne mais il faut voir si c’est ce qu’elle, elle souhaite ou l’agence. Il faut trouver un terrain d’entente. Les individus sont interchangeables et Lisa dure 15-16 ans, on n’est pas sûr d’être là tout le temps. C’est le CNES qui gère l’argent. (...) Pour les laboratoires, la visibilité internationale c’est très important. » (Entretien n° 14, Euclid, Toulouse)

Néanmoins, la compétition laisserait place à la coopération quand cela profiterait à l’organisation. Les membres ne veulent pas mettre en péril l’organisation et sont capables de mettre de côté ces enjeux institutionnels et nationaux. Si la mission n’est pas menée à bien, les différents acteurs y prenant part n’en tireront aucun bénéfice et, bien au contraire, s’exposeraient à des retombées négatives pour leur avenir et pour celui de leur

institut/ pays. Les agents mettraient donc en place des stratégies pour maximiser leur pouvoir – par le biais de leur institution – mais sans risquer de mettre en péril le projet (Crozier et Friedberg, 1977). Ce paradoxe entraînerait une nécessité pour chaque acteur de devoir jongler avec ses différents rôles (Lahire, 1998) au sein de l'organisation : celui de représentant des intérêts de l'institut, du pays de rattachement et celui de membre du consortium. Selon la casquette que l'individu revêt, il ne s'engagera pas de la même manière dans l'action et ne mettra pas en place les mêmes stratégies. Ce phénomène est particulièrement bien représenté dans l'extrait d'entretien suivant réalisé auprès d'un ingénieur d'Euclid :

« Par moments, j'ai plutôt la casquette CNES dans le consortium avec ce qu'on doit faire. Par exemple pour le DSC, pour le CNES c'était mieux si c'était hébergé là. Mais du point de vue du consortium, l'institut (IN2P3 Lyon) avait déjà le centre de calcul et le budget donc ils ont proposé la prise en charge. Du point de vue CNES c'était moins alléchant que pour le consortium. Ça participe à l'image de marque d'avoir les choses sur place. » (Entretien n° 16, Euclid, Toulouse)

Les consortiums sont donc traversés par des enjeux de pouvoir autour des retours qu'ils reçoivent de leur participation. Les États et les institutions entretiennent des relations de pouvoir entre eux et sont en compétition pour maximiser leur visibilité scientifique et technique grâce à l'obtention de responsabilités. La compétition laisse place à la coopération quand cela est favorable au consortium et au bon fonctionnement de la mission. En effet, pour pouvoir avoir de la visibilité, il faut avoir les données pour publier et, si la mission venait à échouer, totalement ou partiellement, le retour en termes de visibilité serait moindre ou inexistant ou cela nuirait à la réputation des instituts et pays participants. Cette coopération (Nalebuff et Brandenburger, 1996) entraîne une nécessité pour les individus de jongler entre différents rôles (Lahire, 1998), ils devront apprendre à savoir quand faire passer en priorité les intérêts de la mission ou ceux de leur institut/ pays. La question des responsables et les logiques qui sont associées à leur nomination renvoient également aux logiques concernant celles du recrutement des membres, comment les individus sont recrutés et enrôlés pour travailler sur une mission spatiale.

4.3. Des processus de recrutement différents selon le profil des membres

Cette recherche a permis de mettre en avant l'importance des collègues invisibles – organisations non officielles de scientifiques, par spécialités, qui forment des réseaux de soutien, d'entraide, où circulent des informations et qui peuvent modifier l'espace scientifique (Price, 1966) – dans la constitution des communautés dans les prémices des projets de mission spatiale. L'extrait d'entretien suivant met en exergue les collègues invisibles et l'interconnaissance forte qui existe entre les membres des différentes disciplines – et même sous-disciplines – dans le milieu spatial.

« Mon pan préféré de ce métier est de réfléchir aux missions spatiales du futur, je commence à fédérer des chercheurs autour de moi pour réfléchir à des idées de nouveaux instruments spatiaux, j'ai plus ou moins de succès et j'essuie pas mal d'échecs. En revanche, PI de X-IFU découle de tout ça, il a fallu plusieurs tentatives avant de réussir. » (Entretien n° 25, X-IFU, Toulouse)

Finalement, les collègues invisibles sont les lieux où les missions sont pensées en premier lieux et où les porteurs vont rassembler des personnes autour de leurs projets.

4.3.1. Le recrutement de chercheurs ayant un statut de permanent

Les collègues invisibles sont les premiers réseaux sollicités lorsque des projets de mission sont montés. Les chercheurs vont faire jouer ce réseau professionnel et personnel pour fédérer d'autres chercheurs mais également pour affiner leur projet. Le caractère international des projets commence donc en amont de la sélection par l'ESA – qui aura tendance, comme nous l'avons vu plus haut, à rendre ces communautés encore plus internationales. Il y aurait aussi une tendance de la part des responsables des consortiums,

l'ECL (*Euclid Consortium Lead*) ou le PI, à recruter des individus géographiquement proches pour leur donner certaines responsabilités nécessitant une forte coordination :

« Finalement, l'ECL est venu me chercher fin 2016 pour reprendre le poste (...) principalement pour des raisons politiques car il fallait absolument que la responsabilité soit à proximité de lui. » (Entretien n° 27, Euclid, Paris)

« J'ai rencontré le responsable, il m'a parlé d'Athena. (...) il donnait une conférence dans mon labo, la mission venait d'être sélectionnée, on sait à ce moment que ça va aller jusqu'au bout, il cherchait à monter une équipe et m'a proposé de venir à Toulouse. » (Entretien n° 24, X-IFU, Toulouse)

Un autre critère est celui de la réputation et de la connaissance « personnelle » existante entre les individus. Les acteurs choisissent des individus qu'ils connaissent et en qui ils ont confiance car cela permet de sécuriser le collectif et de mener à bien la mission. La fiabilité des personnes contribuant au projet – que ce soit pour la réalisation des tâches administratives ou scientifiques – est importante car cela conditionne le bon avancement du projet (Tricoire, 2011b). Cela a été notamment mis en avant par le PI de X-IFU qui, dans cet extrait, énumère les critères qu'il a mis en place pour choisir un responsable au sein du consortium.

« Pour le choix des responsables, j'ai plusieurs critères. En premier la compétence, l'expertise, c'est facile et c'est un estimateur assez fiable, on sait puis, moi, ça fait longtemps que je suis dans le domaine, j'écoute ce qu'on me dit et je me fais mon idée sur qui fait bien le boulot. 2, l'équilibre entre les différents partenaires, je ne peux pas donner toutes les places prépondérantes à la France. 3, j'essaye d'être vigilant à la promotion des minorités même si on est très mauvais de ce côté, je voudrais une meilleure représentation des femmes mais c'est difficile car au départ je n'ai que 17% de femmes dans le consortium. Dans le domaine, il n'y en a pas beaucoup et c'est connu. 4, une personne en qui je peux avoir confiance et sur laquelle je sais

que je peux m'appuyer, une personne loyale. 5, la disponibilité et l'acceptation de passer du temps dans un projet qui verra le jour en 2032, de donner ce temps au détriment de sa carrière scientifique. Le dernier critère c'est la visibilité liée à l'expertise, je dois m'assurer que la personne fait autorité dans son pays. » ((Entretien n° 26, X-IFU, Toulouse)

Les responsables au niveau local et au niveau du consortium ont tendance à être recrutés pour leur visibilité et leur compétence dans leur domaine comme en témoigne l'extrait d'entretien suivant :

« Il m'a demandé de prendre des responsabilités car il fallait montrer qu'on connaissait les amas, j'ai pris les responsabilités qui correspondent à mon savoir-faire. » (Entretien n° 5, Euclid, Toulouse)

De ce fait, nous pouvons voir qu'aux critères de visibilité (scientifique et européenne), fiabilité et compétence technique (Tricoire, 2011b) s'ajouteraient ceux de disponibilité, d'affiliation (nationale et institutionnelle), de la promotion des minorités ainsi que de la proximité géographique et de la réputation de l'individu choisi dans le domaine. Ces critères sembleraient être importants dans le choix des hauts-responsables des consortiums.

4.3.2. Le recrutement des partenaires internationaux

Dans le cadre des missions spatiales de l'ESA, il n'est pas rare que des partenariats soient mis en place avec d'autres agences spatiales. En ce qui concerne Euclid, des partenariats avec des laboratoires canadiens, japonais et états-uniens ont été mis en place. Le cas des États-Unis est particulier car un accord avec la NASA a également été conclu. Cette section permettra de comprendre les logiques de recrutement de partenaires internationaux avec le cas des États-Unis et la mission *Nancy Grace Roman Space Telescope* (anciennement WFIRST⁸⁸). Cette mission a des objectifs scientifiques

⁸⁸ *Wide Field InfraRed Survey Telescope* (WFIRST).

communs avec Euclid, toutes deux ayant pour but d'étudier l'énergie noire. Un partenariat entre la NASA et l'ESA a donc été créé. L'origine de ce partenariat est expliquée dans l'extrait d'entretien suivant réalisé avec le représentant Euclid de la NASA à l'ESA.

“So, when I was a graduate student in the nineteen nineties, I was working on some hubble space telescope data and one of the studies that we decided to do with this hubble space telescope data was with weak gravitational lensing. And by today's standards, it was a really small survey but we proceeded nonetheless and one of the main people, that I was working with at the time, was Alexandre Réfrégier who was a postdoc when I was a graduate student. And Alexandre then moved back to Europe and started to try to create support for a European dark energy mission and He got me involved because we'd been working closely together and He eventually founded a mission called DUNE and I became part of DUNE. And, in fact, I then started to lobby, started to push NASA to try to get involved in this mission and, so by the time DUNE was a real mission, it was about two thousand and five or two thousand and six. Eventually, DUNE was merged with another concept called SPACE and the two missions together became Euclid. And I continued to advocate at NASA; NASA get involved and finally in two thousand and twelve NASA officially decided to become a partner with ESA. Then NASA ran a competition to see who would be the US representative to the Euclid consortium into ESA. That is even though I was the main person who had been advocating for NASA become involved, they still did a competition, where people wrote proposals, so, ultimately, I was successful in my proposal and so, now I'm the NASA representative to ESA for Euclid.” (Entretien n°39, Euclid, États-Unis)

La création de ce partenariat NASA-ESA repose donc sur la mobilisation de collègues invisibles. La mobilité géographique des chercheurs leur permet de créer des réseaux,

qu'ils activeront tout au long de leur carrière, pour constituer une communauté autour d'un projet de mission spatiale. Ici, la proximité de deux individus a contribué à faire émerger un partenariat entre deux agences spatiales autour d'une thématique commune : l'énergie noire. Cela n'aurait pas été possible sans la mobilisation de réseaux personnels qui ont permis de mettre à l'agenda la question d'une coopération entre les deux missions spatiales. Cela s'est soldé par l'officialisation d'un partenariat entre les deux agences puisque l'ESA a également un représentant pour la mission *Nancy Grace Roman Space Telescope* de la NASA. Nous noterons également que cet individu a été impliqué dans la mission *Roman* par la même personne qui l'a impliqué dans la mission DUNE (qui deviendra Euclid par la suite). Bien que, dans le cas d'Euclid, la NASA soit un partenaire de l'ESA, les deux missions s'inscrivent également dans une compétition scientifique entre l'Europe et les États-Unis.

Ce cas-là permet de mettre en évidence la force des collèges invisibles dans la création de communautés autour de missions spatiales mais également l'internationalisation de la science qui serait l'une des conséquences d'une forme d'injonction pour les chercheurs à être mobiles géographiquement pour pouvoir accéder à un poste permanent dans la recherche. La question de la mobilité géographique des chercheurs sera plus amplement développée plus tard dans la troisième partie.

4.3.3. Le recrutement à des postes non-permanents et la question du turn-over

A contrario, il semblerait, au vu des entretiens et des observations, que les individus n'ayant pas de responsabilités au sein du consortium (tels que les doctorants, les post-doctorants, les CDDs, etc.) y soient rentrés de manière fortuite : réponse à un appel d'offre ou par le biais de réseaux personnels :

« Athena, cela s'est fait progressivement, la première fois j'en ai entendu parler en thèse. Mais c'est surtout en Allemagne que j'en ai entendu parler puisqu'ils étaient le lead scientist. J'ai commencé à m'y intéresser, dans le groupe qui maintenant est en charge du 2ème instrument mais je n'étais pas inclus dans ce projet là mais dans un

autre, qui va bientôt décoller. J'avais juste contribué à 2-3 petites analyses pour le papier blanc d'Athena – papier à destination de la communauté scientifique avec la conception de l'instrument – c'est comme ça que je me suis un peu mis dans la boucle. Je ne connaissais pas Toulouse juste Christophe principalement, on faisait des simulations pour un autre projet sur les Rayons X aussi, je l'ai contacté, je suis venu ici et je suis rentré sur Athena. » (Entretien n° 8, X-IFU/Euclid, Toulouse)

« Euclid, je l'ai connu par une offre de poste durant mon premier boulot, je ne connaissais pas Euclid en thèse. J'ai vu l'offre sur Devlog qui est un réseau de développeurs dans la recherche publique (mailist) qui échange sur le développement en France. Ce n'est pas quelqu'un d'Euclid qui a posté l'offre (...) J'ai choisi le poste car il me permettait de rester ici et de revenir vers l'astro. » (Entretien n° 4, Euclid, Toulouse)

Beaucoup de membres ne verront donc pas le lancement du satellite et la période de traitement de données puisque les contrats courts, doctorat, post-doctorat ou CDD, ne couvrent pas la durée complète d'une mission. Les coopérations scientifiques dans le domaine spatial sont confrontées à de nombreux changements de membres – avec des effets considérables pour les projets. Les départs d'anciens membres et les arrivées de nouveaux se voient surtout chez les développeurs car ce sont des contrats courts (CDD) ou de sous-traitance.

Ce phénomène de turn-over aurait des conséquences sur le bon déroulement de la mission puisque cela entraînerait une double sanction en cas de départ : la perte de personnels formés par le consortium doublée à une nécessité d'en former de nouveaux. Cela aurait pour conséquence d'entraîner un potentiel retard sur la mission comme ces extraits d'entretiens effectués en témoignent :

« Il y a beaucoup de turn-over car beaucoup de développeurs sont financés par convention, ce sont des CDDs et des post-doc. Dans la

recherche il y en a partout, il n'y a pas de pérennité et ce n'est pas facile, comment faire en sorte d'avoir une pérennité ? Ce qui est développé maintenant, on en aura besoin après la mission et des gens qui connaissent, donc on a besoin de bien documenter. Il y a beaucoup de développeurs qui ont un contrat de 1-2 ans qui sont renouvelés mais ça tourne assez souvent, le problème de ce changement régulier c'est qu'on n'a pas de pérennité au niveau des compétences car si la personne a l'opportunité d'avoir un CDI ou d'être mieux payée, on a des difficultés à trouver les profils et la personne peut partir. » (Entretien n° 18, Euclid, Toulouse)

Pour pallier ce problème de turn-over, il semblerait que les membres-clés soient une des solutions car ils seraient « la mémoire vivante » du consortium en termes de décisions et d'orientation du projet. Ces personnes permettraient de se souvenir des raisons de certains choix et des stratégies déployées :

« Les gens dans les agences ont ce rôle de transférer les connaissances, ce sont des personnes un peu clés qui sont là depuis longtemps. » (Entretien n° 18, Euclid, Toulouse)

« Je suis aussi la mémoire historique, je n'ai pas de rôle officiel mais c'est important quand l'instrument dure longtemps que quelqu'un soit là depuis le début, qui se rappelle l'origine des choix et pourquoi. Cela aide à savoir l'origine des choses. C'est un rôle peut-être pas important mais utile. » (Entretien n° 19, Euclid, Milan)

Néanmoins, les membres clés ne permettraient pas de résoudre tous les problèmes inhérents à l'usage de contrats à court terme au sein du consortium Euclid. Ils seraient la mémoire du consortium mais ils ne pourraient pas résoudre les problèmes liés à un manque de compétence et de profil correspondant à des tâches techniques spécifiques. Lors de notre enquête nous avons pu constater à quel point la perte d'un membre pouvait impacter les objectifs au niveau local et par extension du consortium. Pour cette sous-partie, nous avons donc décidé de faire une étude de cas pour mettre au jour, de façon

concrète, les problématiques soulevées par le départ d'un individu et plus largement la problématique que pose le turn-over sur un projet tel qu'Euclid. Cette étude de cas se penchera sur Olivier qui est développeur pour les codes de différents SWGs et dont le contrat devait se terminer en septembre 2020. Ce cas est particulièrement intéressant car il nous permettra de mettre en exergue l'importance et la rareté de certains profils dans le milieu de la recherche. En effet, l'équipe locale avait déjà eu grand mal auparavant à recruter Olivier car beaucoup d'informaticiens préféreraient partir travailler dans le privé qui leur proposerait une meilleure stabilité et rémunération que le secteur public. Cet enquêté s'était lui aussi déjà vu proposer un poste dans de grandes entreprises privées mais qu'il jugeait « moins intéressant » que celui qu'il occupe.

Olivier est en contrat à durée déterminée (CDD) sur un poste d'ingénieur de recherche, il est employé par l'IRAP mais est payé par le CNES « pour faire cette tâche dans ce labo-là ». Il participe au développement des codes de la partie SIR et LE3 pour Toulouse. Son contrat devait initialement prendre fin en septembre 2020 et les enquêtés (l'équipe locale et lui-même) en souhaitaient une prolongation. Lors des observations, nous avons pu voir que le prolongement du CDD de Olivier se trouvait à l'ordre du jour des réunions pendant plusieurs mois et mobilisait la majorité de l'équipe locale que ce soit pour la rédaction de lettres, la constitution de dossiers, la prise de contact avec des individus susceptibles de faire avancer le dossier etc. Ainsi, nous avons pu constater une forte mobilisation au niveau local sur ce cas précis.

Au début, les enquêtés pensaient que le cas de Olivier tomberait sous la loi n° 2012-347 du 12 mars 2012 - dite la loi Sauvadet – qui est « relative à l'accès à l'emploi titulaire et à l'amélioration des conditions d'emploi des agents contractuels dans la fonction publique, à la lutte contre les discriminations et portant diverses dispositions relatives à la fonction publique ». L'article de cette loi qui nous intéresse pour cette étude de cas est le numéro 37 et plus particulièrement les extraits suivants :

« Art. 6 bis. – Lorsque les contrats pris en application des articles 4 et 6 sont conclus pour une durée déterminée, cette durée est au

maximum de trois ans. Ces contrats sont renouvelables par reconduction expresse dans la limite d'une durée maximale de six ans.

« Tout contrat conclu ou renouvelé en application des mêmes articles 4 et 6 avec un agent qui justifie d'une durée de services publics effectifs de six ans dans des fonctions relevant de la même catégorie hiérarchique est conclu, par une décision expresse, pour une durée indéterminée.

« La durée de six ans mentionnés au deuxième alinéa du présent article est comptabilisée au titre de l'ensemble des services effectués dans des emplois occupés en application des articles 4, 6, 6 quater, 6 quinquies et 6 sexies. Elle doit avoir été accomplie dans sa totalité auprès du même département ministériel, de la même autorité publique ou du même établissement public. Pour l'appréciation de cette durée, les services accomplis à temps incomplet et à temps partiel sont assimilés à du temps complet.

« Les services accomplis de manière discontinue sont pris en compte, sous réserve que la durée des interruptions entre deux contrats n'excède pas quatre mois. » »

Cet article délimite donc la durée des CDD et leur renouvellement : un contrat à durée déterminée doit être de maximum 3 ans et peut être renouvelé pour un total maximum de 6 ans. La durée des interruptions entre deux contrats doit être supérieure à 4 mois pour que les précédents contrats ne soient pas pris en compte. En outre, dans une circulaire, le CNRS a décidé que *« Le recours aux personnels contractuels ne saurait en aucun cas être un moyen de pérenniser l'emploi d'une personne par le jeu de recrutements successifs. Aussi toute demande ayant pour effet de porter la période en CDD au-delà d'une durée de trois années fera l'objet d'un examen attentif en lien avec l'institut concerné. Dans l'hypothèse où l'agent justifie d'une période d'emploi sur le même poste de travail mais rémunérée par un autre employeur cette période devra également être*

prise en considération dans la durée de trois ans. » (Circulaire relative à l'emploi des personnels non-titulaires du CNRS, p. 9)

Néanmoins, après l'étude de cette loi et de son cas, *« Il a été confirmé que l'année que Olivier a passé au CNES constitue une année de césure car le contrat est assimilé à un contrat privé. Cela remet les compteurs à zéro mais l'INSU (Institut National des Sciences et de l'Univers - CNRS) se réserve le droit de ne pas valider la demande de prolongation donc ils doivent monter un dossier (l'INSU répond en général dans un délai de 1-2 mois). B prévoit de faire le dossier pour Juin. Olivier est d'accord pour début juin car « si l'INSU reçoit le dossier ça nous laisse un peu de marge » car le contrat de travail se finit fin septembre. » » (Extrait d'observation, Euclid)*

Suite à cette demande de prolongation déposée à l'INSU, ils ont reçu une réponse qu'ils considéraient mitigée. En effet, ils avaient reçu avant l'été 2020 une réponse leur accordant 6 mois de prolongation, pour des raisons juridiques. Les enquêtés ne comprenaient pas cette décision et les raisons liées. Pour eux le seul blocage possible était la loi Sauvadet mais ils avaient monté un dossier en argumentant qu'Olivier n'était pas sous le coup de cette loi. En outre, leur incompréhension était d'autant plus grande qu'ils avaient le support financier du CNES pour la prolongation du contrat. Les enquêtés considéraient que cette décision représentait un risque pour la mission dans son ensemble comme nous le montre cet extrait d'observation du 3 septembre 2020 :

« Cela dépasse l'IRAP car on a besoin de lui pour le code » (...) « A partir de mars on n'a plus de développeur et à un an du lancement c'est catastrophique. Il faut utiliser tous les leviers et remplir une fiche risque pour les avertir du risque que cela représente. » (Extrait d'observation du 3 septembre 2020)

Suite à la réponse de l'INSU, nous avons pu voir au cours de nos observations les différentes stratégies mises en œuvre par l'équipe locale. Les enquêtés ont sollicité le CNES pour les aider à trouver une solution. Un enquêté n'appartenant pas à l'IRAP a contacté, « avec la casquette de responsable Euclid », un directeur adjoint de l'INSU qui lui a confirmé la prolongation de six mois. Sinon, cela représenterait trop d'années en CDD. Il lui a aussi expliqué que, dans tous les cas, ils devraient passer une année sans

CDD même s'ils avaient le financement car ils ne peuvent pas employer une autre personne avec le même profil. Cela aurait pour objectif de « contrer le fait qu'on prenne un CDD au lieu d'un CDI ». Ils avaient ensuite décidé d'organiser une réunion avec l'équipe locale, la direction de l'IRAP et le chef de projet au CNES pour exposer les différents problèmes que posait le non-renouvellement du contrat à plus de six mois mais cela n'a pas été fait. Le CNES les a aidés à chercher une solution et a même envisagé de faire engager Olivier chez un prestataire et cela semblait convenir à la direction de l'IRAP. Les enquêtés ont soulevé le fait qu'engager un prestataire aurait un coût nettement plus important que le salaire d'un CDD. Finalement, le 27 novembre, nous apprenons que la juriste de l'IRAP s'occuperait du dossier et essayerait d'étendre la durée octroyée. Suite à cela, le 7 janvier 2020 :

« Je n'ai pas eu le temps de diffuser la bonne nouvelle, la juriste locale est intervenue auprès de la juriste de l'INSU et a eu le prolongement de deux ans (jusqu'en septembre 2022) du contrat d'Olivier comme initialement prévu. Elle lui a dit qu'elle allait au-dessus des textes de loi dans sa décision. C'est toujours dans les mains des juristes mais il n'y a pas de quoi s'inquiéter. » (...) « c'est super tout ça » ; « ça enlève un gros poids tout ça ». (Extrait de l'observation du 7 janvier 2021)

Cette étude de cas a donc permis de mettre en exergue les limites des membres-clés pour palier le problème du turn-over. Ils permettent d'être la mémoire vivante du consortium en ce qui concerne les décisions prises et les raisons qui y sont liées mais leur rôle ne permet pas de répondre aux problématiques liées à des compétences techniques spécifiques. Ici, le profil rare de cet acteur et les compétences qui y sont associées engendrent un risque pour la mission en cas de départ. En effet, la difficulté à recruter un individu avec un profil similaire et le temps nécessaire à former une nouvelle recrue seraient problématiques pour la bonne poursuite des objectifs et engendreraient des retards dans les livrables au niveau local et, par conséquent, au niveau du consortium. De ce fait, la pratique qui consiste à recruter des membres avec des contrats à durée déterminée a pour résultats, in fine, un possible retard sur la mission et une perte de compétences :

- Un retard sur le développement du projet car il faudra chercher une nouvelle personne avec un profil similaire et la former. De plus, dans ce cas précis, peu de personnes correspondant à ce profil sont disponibles. Cela prendra du temps et engendrera des retards sur les livrables et donc la mission.
- Une perte de compétences car la personne formée finira par quitter le projet avec les connaissances et le savoir-faire qu'elle aura acquis et développés le temps du contrat.

Par le prisme de cet exemple, nous avons aussi pu voir la capacité d'une équipe à faire « communauté », pour mener à bien le projet, en cherchant diverses solutions qui permettraient de ne pas perdre des compétences – ainsi que les individus qui y sont associés. En effet, les acteurs sont multiples et divers et ne sont pas tous issus de la même institution mais ils appartiennent tous au consortium Euclid. Néanmoins, nous pouvons noter que ce sont exclusivement les membres de l'IRAP qui sont à l'origine des actions qui ont mené à l'obtention de la prolongation du contrat d'Olivier.

* * *

Les communautés – qui se forment autour des missions spatiales – sont, dans une certaine mesure, façonnées par le processus de sélection de l'agence spatiale européenne. Bien que ces communautés trouvent leurs racines dans les différents collèges invisibles (Price, 1963), le processus de sélection va entraîner une transformation de ces dernières (via, par exemple, la fusion de deux projets comme cela a été le cas pour Euclid). Ces communautés sont également marquées par de forts enjeux autour de la visibilité scientifique que les participants pourront en tirer – que ce soit au niveau national, institutionnel ou individuel. Les membres de ces coopérations devront donc jongler entre différents rôles (et intérêts liés à ces derniers) sans pour autant compromettre le bon déroulement de la mission.

CHAPITRE 5

Des organisations complexes et opaques

Il s'agira dans ce chapitre de comprendre les logiques qui accompagnent la création de la structure organisationnelle des consortiums scientifiques. Les consortiums scientifiques dans le domaine spatial sont des organisations présentant une forte compartimentalisation et fragmentation de leurs différentes activités. La mise en place d'organigrammes et de réglementations particulièrement précis peut s'expliquer, en partie, par le caractère international de ces coopérations. Est-ce à dire que l'organisation et les règles qui la régissent doivent être suffisamment claires et précises pour que tous les membres puissent les comprendre ?

La dimension internationale et la forte dispersion géographique des membres prenant part à ces coopérations impliquent, de facto, une difficulté à comprendre l'organisation ainsi que les règles qui la sous-tendent. La communication entre les membres devient, par conséquent, l'un des éléments nécessaires au bon fonctionnement de ces projets de missions spatiales.

5.1. Des organisations complexes et opaques

Tout au long de la première partie, nous avons essayé de comprendre à quoi correspondait la forme organisationnelle d'un consortium dans le domaine spatial. Les deux consortiums étudiés ne sont pas dans les mêmes temporalités et ils n'ont pas les mêmes finalités et enjeux en termes de mission.

En effet, le consortium X-IFU est en début de mission, c'est un observatoire. Il a pour finalité la construction et la conception de l'instrument pour la mission NewAthena et le consortium aura droit – en échange de la fourniture de l'instrument – à un temps d'observation garanti. Le consortium Euclid, quant à lui, est en fin de mission et il était dans une perspective de course contre la montre afin d'être prêt pour le lancement, qui a eu lieu le 1^{er} juillet 2023. Il a pour objectif et finalité l'élaboration du segment-sol, de certaines parties du satellite – les instruments NISP et VIS – ainsi que le traitement des données de la mission EUCLID.

Néanmoins, ces deux consortiums ont des logiques similaires concernant le recrutement des partenaires et sur le plan organisationnel même si Euclid est plus « mature » que X-IFU – ce qui est sûrement lié au fait qu'ils sont à des stades différents d'une mission spatiale.

5.1.1. Une organisation basée sur la compartimentation

Les deux missions Euclid et NewAthena se situent dans des temporalités organisationnelles différentes (elles ne sont pas dans les mêmes phases⁸⁹). La comparaison asymétrique entre ces deux consortiums permet de mettre en perspective d'une part deux degrés différents de connaissance des projets spatiaux et d'autre part deux incarnations de la forme organisationnelle du consortium. Ils ne comptent pas le même nombre de membres et n'impliquent pas exactement les mêmes communautés. Euclid est un consortium qui est proche de l'achèvement de ses objectifs, qui compte un très grand nombre de membres. NewAthena est un consortium plus jeune, qui compte moins de membres. Néanmoins, leurs organisations semblent reposer sur une même logique de compartimentation : les consortiums sont divisés en différentes parties et chaque partie est également fractionnée en une multitude de sous-parties.

⁸⁹ Euclid était en phase de construction durant l'enquête tandis qu'Athéna a été en phase d'étude avant son « adoption » finale par l'ESA en 2019.

En prenant l'exemple du consortium Euclid, l'organigramme suivant montre le découpage de l'organisation en huit principaux pans : l'ECL (ainsi que le Deputy-ECL depuis 2020) ; l'ECL support ; l'ECB ; les SWGs ; VIS ; NISP ; EC SGS ; COMS. Ces différentes parties du consortium n'ont pas une obligation de se coordonner entre elles et le « reporting » est fait auprès de l'ECL. Ce sont des entités qui ont une certaine autonomie les unes avec les autres.

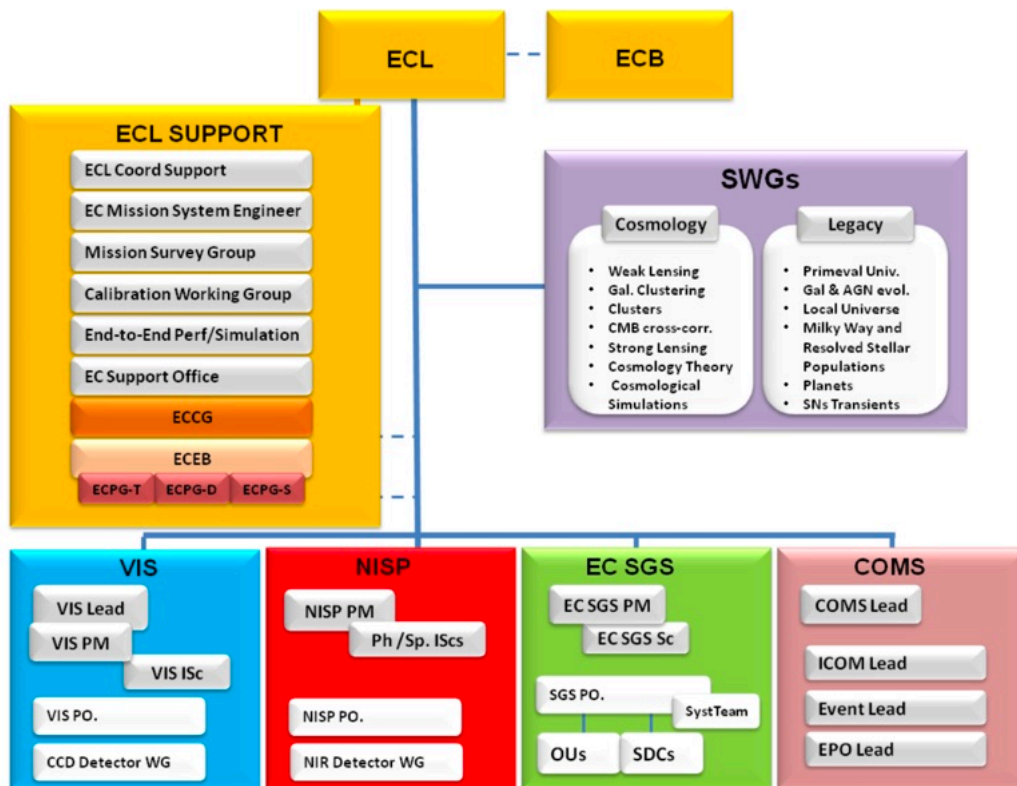


Figure 6.2: A more detailed top level organisation of the Euclid Consortium. Full lines indicate reporting, dotted lines coordination.

Figure 30 Organigramme du consortium Euclid (Mellier, 2013, p. 19)

Le consortium Euclid est donc divisé en huit principaux pans ayant chacun une autonomie relative. Si la focale est mise sur chaque pan, nous pouvons voir qu'ils fonctionnent également selon le même principe de découpage en plusieurs compartiments autonomes. Une enquêtée traduisait cette organisation de la manière suivante :

« L'organisation a mis en place un organigramme, il faut bien le réfléchir car il est lourd de conséquences. Sur deux projets, j'ai vu une grosse différence, l'un c'est une grosse boîte et tu en restes là et l'autre c'est une grosse boîte avec plein de choses. » ((Entretien n° 14, Euclid, Toulouse)

Les organigrammes suivants portant sur l'organisation des SWGs et de l'EC SGS témoignent de cette compartimentation et de ce cloisonnement entre et à l'intérieur des différents organes du consortium Euclid :

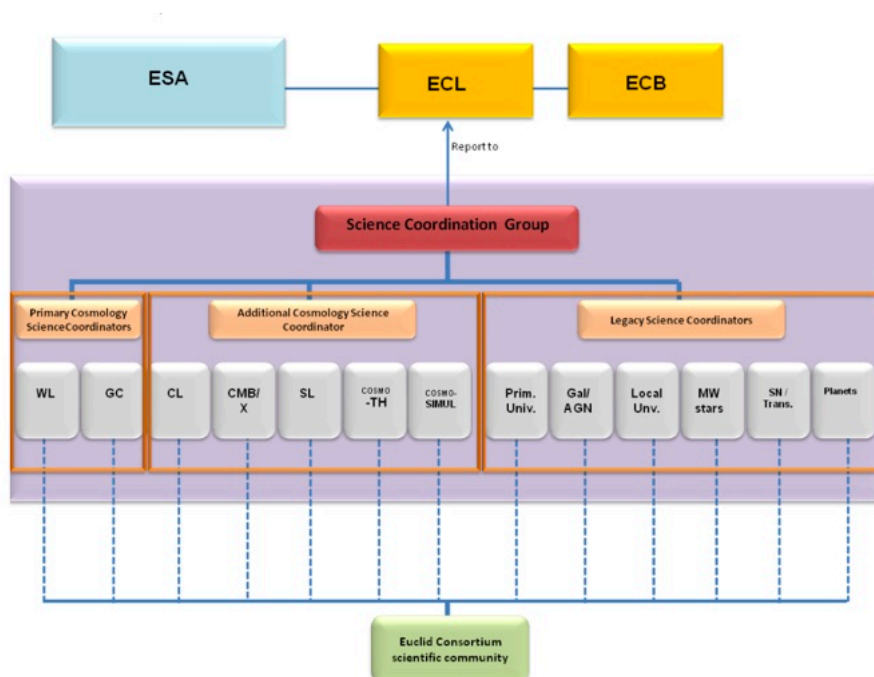


Figure 6.3: Organisation of the Euclid Consortium science activities. The Science Coordination Group is made of 7 Science Coordinators coordinating the activities of 13 Science Working Groups. Each Science Working Group is led by 2 SWG Coordinators, with, for some of them, a Deputy. Coordinators are listed on Table 9.3.5 .

Figure 31 Organigramme des SWGs au sein d'Euclid (Mellier, 2013, p. 27)

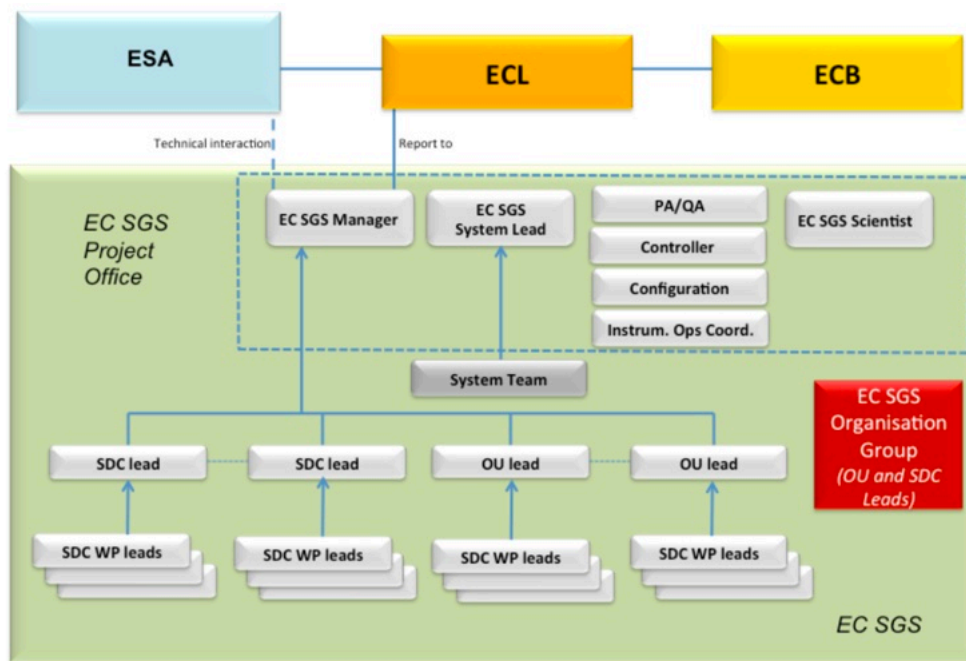


Figure 7.3: Management of the EC SGS (subset of the EC management in [AD 02], see [RD 08], [RD-15])). Reporting follows a hierarchy from WP Leads to OU and SDC Leads and System Lead, to the EC SGS Manager, who reports to the EC Lead and has technical interactions with ESA. The EC SGS Organization Group is composed of the OU and SDC Leads and Project Office members. The EC SGS Manager Support Team members are part of the Project Office.

Figure 32 Organigramme du SGS au sein d'Euclid (Mellier, 2013, p. 37)

En s'attardant sur l'organisation des Science Working Groups (SWGs), le découpage en deux grandes parties principales a été effectué. Les SWGs liés à la cosmologie font référence aux groupes liés aux principaux objectifs scientifiques d'Euclid – l'étude de l'expansion de l'Univers – tandis que les SWGs faisant partie du groupe « legacy » sont liés à des aspects scientifiques non-primaires mais qui permettront d'élargir les connaissances de l'Univers – comme le catalogage des galaxies par exemple. Chacun de ces deux pans – Cosmology et Legacy – a également été divisé en différentes sous-parties liées à des aspect scientifiques tels que le groupe « Weak lensing » ou « Cluster ». L'extrait d'entretien suivant, réalisé auprès d'un chercheur britannique, permet de mieux saisir l'organisation des Science Working Group – ici celui des Weak Lensing.

“In the weak lensing working group, we have three main tasks. So, one is to prepare for the analysis of the data, specifically the weak lensing data. The second task is to work with the instrument teams, and particularly the visible instrument, on the engineering requirements to

make sure that the designing is in fit for purpose. And the third activity is to work with the science ground segment to again can make sure that their requirements, their software requirements, are sufficient for the science for the weak lensing science objectives. And under those three like primary areas of work we've divided the work down into hum about ten different work packages. (...) So, yeah, the work is sort of structured and divided into these different areas.” (Entretien n°41, Euclid, Londres)

Au sein des groupes de travail, il y a donc un fort découpage des différentes tâches et une fragmentation de celle-ci. Cet extrait soulève également la nécessité de travailler avec les différents autres pans de l'organisation. Néanmoins, cela n'est pas toujours le cas car la communication entre les différentes parties du consortium est rendue difficile par le caractère international de celui-ci et les difficultés que les enquêtés rencontrent concernant la compréhension de l'organisation et l'accès aux diverses informations.

5.1.2. Une organisation fragmentée et difficile à saisir pour les membres

L'organisation du consortium Euclid repose sur une logique de découpage et de compartimentation – chaque organe étant plus ou moins isolé. Or, il s'est avéré que cette fragmentation et cette compartimentation avaient pour effets une incompréhension de l'organisation dans sa globalité ainsi que des règles qui la régissent – surtout pour Euclid. Celles-ci étaient perçues comme trop compliquées et contraignantes. Les échanges entre les différents groupes de travail sont rares et les individus ne savent donc pas forcément ce qui se fait et où ils en sont. Ils maîtrisent ce qui se passe au sein de leur groupe mais pas la mission dans sa globalité.

Les collaborations étaient historiquement à taille plus réduite. Les acteurs avaient une vision globale du projet et des personnes impliquées. Au fur et à mesure que les collaborations prennent de l'ampleur avec des budgets toujours plus importants, des programmes toujours plus internationaux et ambitieux scientifiquement et technologiquement parlant, cette vision globale se perd. Ceci est bien entendu à mettre

en relation avec la notion de *Big science* (Price, 1963) qui témoigne de ce processus-là. Il est devenu quasiment impossible pour un individu de connaître les différents pans du consortium et toutes les personnes prenant part au projet. Cela a eu pour conséquence que les acteurs se focalisent principalement sur leur domaine d'expertise et les pans qui sont directement en lien avec leur travail au sein du consortium. Une vision macro des projets par les acteurs a laissé place à une vision micro du projet, centrée sur leur domaine d'expertise. L'une des raisons de cette méconnaissance de l'ensemble du projet est due à une transition organisationnelle de leur discipline qui se traduit par des organisations toujours plus importantes en termes de membres et qui « naturellement » se complexifient. Plusieurs enquêtés ont évoqué la physique des particules comme exemple illustratif ; en effet, c'est une discipline qui a plus l'habitude de grandes collaborations de ce type.

La forme organisationnelle de ces consortiums met ainsi en exergue deux paradoxes :

- Les consortiums sont compartimentés et les différents groupes de travail n'ont pas forcément de lien entre eux, les personnes sont spécialistes de leur domaine de travail mais ne savent pas où en sont les autres et ce qu'ils font et pourtant la coopération fonctionne.
- La majorité des personnes ne semblent pas connaître les règles et les procédures mais la coopération semble fonctionner pour autant.

L'une des raisons mises en avant dans cette partie est la transition organisationnelle que connaît la discipline, qui se traduit par une augmentation du nombre de membres et une complexification de l'organisation avec une forte compartimentation organisationnelle et cognitive. Cette compartimentation va également de pair avec une fragmentation de l'organisation et des responsabilités.

5.1.3. Ce que font les responsabilités à l'organisation

Le chapitre 4 « Le passage d'un projet de mission à un consortium » a mis en lumière la nécessité pour ces organisations d'avoir un grand nombre de responsabilités pour pouvoir les répartir entre les différents pays participants selon leur contribution au projet. Le schéma ci-dessous nous permet de voir les différentes implications et responsabilités de la France – au sein du consortium Euclid – ainsi que les pays responsables des différentes parties de la mission.

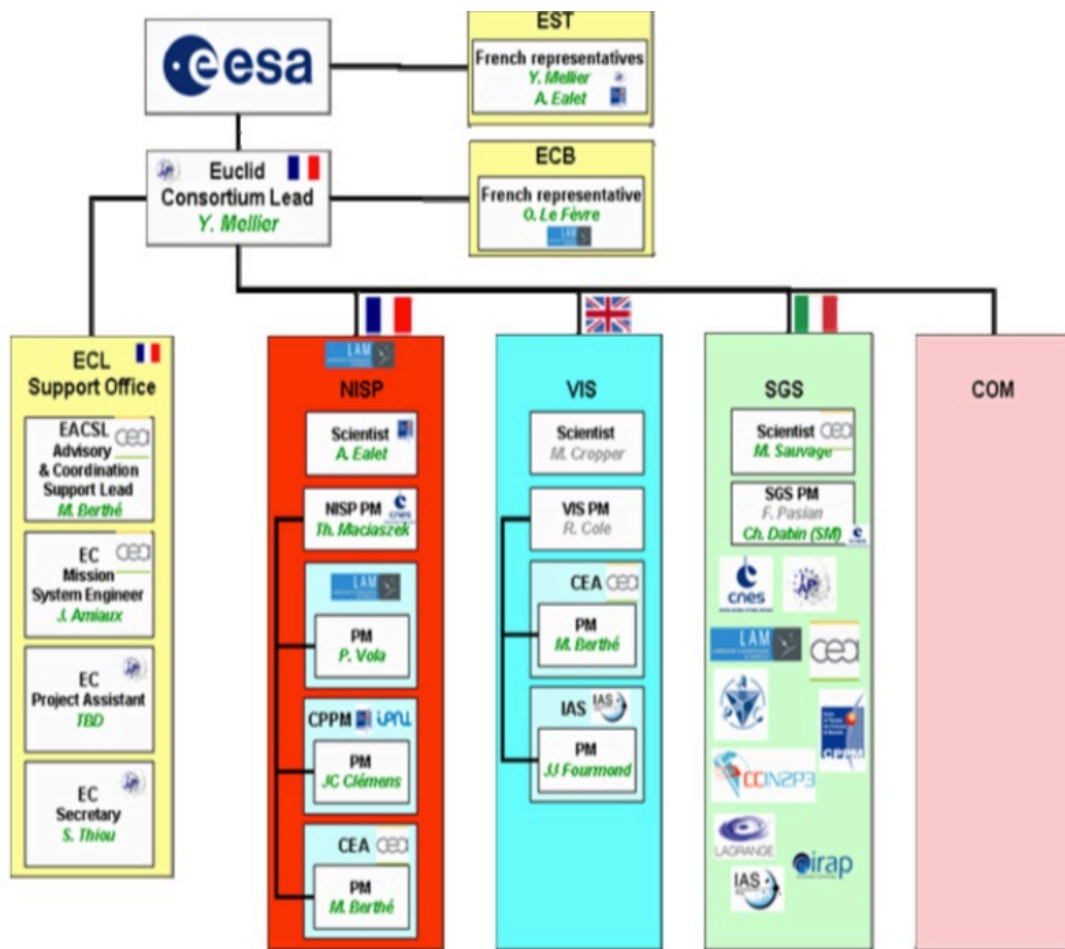


Figure 2 : responsibilities & involvement of the French laboratories

Figure 33 Répartition des responsabilités (Clédassou et al., 2012, p. 14)

Pour le consortium Euclid, la France est impliquée au sein du VIS, du SGS, du NISP, de l'ECL et de l'ECL support, ces trois derniers étant également sous sa responsabilité. La partie VIS et SGS étant respectivement sous responsabilité britannique et italienne.

Cette répartition des responsabilités par nationalité aurait comme conséquence d'entraîner des dysfonctionnements pouvant mettre en péril l'agenda du projet. Ces dysfonctions seraient dues en partie à cette forme organisationnelle reposant sur une logique de compartimentation et de fragmentation. Cette fragmentation témoigne également d'enjeux de pouvoir entre les différentes institutions et nationalités mais aussi de différences entre les objectifs du consortium et ceux de ses membres (Crozier et Friedberg, 1977). Ces dysfonctionnements peuvent mettre en péril l'organisation – à cause de tâches nécessaires qui ne sont pas effectuées – et mener jusqu'à une redistribution des tâches ou à une modification dans la manière de redistribuer les responsabilités :

« Par exemple pour deux WP (Work Package) : un sur les éléments communs du segment sol et un autre sur l'orchestration traitement et données. Un était en Angleterre, celui des éléments communs, et la France faisait l'orchestration. Au bout d'un temps, j'ai remarqué que la France ne faisait pas ce qu'elle devait faire et l'Angleterre encore moins. On a fait une réunion système, j'ai compris qu'on s'était planté mais j'avais bien compris que Pierre voulait faire les éléments communs. Je leur ai demandé s'ils étaient d'accord de switcher, ça a été fait, maintenant, les Anglais ne font toujours rien sur l'orchestration mais Pierre a bossé à fond et a réussi à développer. Pareil pour le WP monitoring, le Français, il ne branlait rien et j'ai vu un Allemand actif dans la même réunion donc j'ai fait une redistribution des rôles, il avait commencé à travailler dans le périmètre allemand et il offrait une visibilité dans le consortium. »
(Entretien n° 17, Euclid, Toulouse)

La répartition des responsabilités nécessite la prise en compte des nations participantes au projet. Cette distribution des responsabilités repose sur le principe du juste retour (ou *geo-return*) cher à l'Agence spatiale européenne. En effet, le principe du juste retour – qui est inscrit dans la convention de l'ESA (2019) – est lié aux contrats industriels passés par l'ESA et qui garantit que les États participants voient leur retour sur investissement par le biais de contrats passés avec leurs industries. Ici, le juste retour passerait par l'obtention d'un certain nombre de responsabilités.

5.2. Une organisation marquée par des enjeux de pouvoir nationaux, institutionnels et individuels

La répartition des responsabilités fait appel à de nombreux critères dont celui qu'on qualifiera de juste retour pour les nationalités participantes. Cependant, toutes les tâches et les responsabilités associées n'entraînent pas le même niveau de visibilité, certaines étant plus gratifiantes et reconnues que d'autres.

5.2.1. Une hiérarchisation des tâches et des responsabilités associées

Les individus font une distinction entre les tâches nobles et ingrates, et ils procèdent à une hiérarchisation des tâches. Ainsi, dans le cas de Euclid, plus précisément de la partie développement de logiciel, nous pouvons voir que certaines responsabilités sont plus prestigieuses que d'autres et qu'elles sont liées à la noblesse que la communauté confère à la tâche. Ceci rappelle les travaux de Vinck et Laureillard (Vinck et Laureillard, 1999) sur les ingénieurs où ils expliquaient l'existence d'une distinction entre les éléments nobles et les éléments communs qui sont « *les parties laissées entre deux instruments pour y faire passer les fluides, les câbles et les supports de l'instrument* » (Vinck et Laureillard, 1999, p. 23). Ici, nous avons pu voir une distinction entre un travail ingrat – mais nécessaire – et un travail noble – qui récoltera plus de visibilité à son responsable. La noblesse de la tâche dépendrait majoritairement de la visibilité scientifique que les participants peuvent en tirer. Plus la tâche est scientifiquement prestigieuse, plus l'agent

qui en détiendra la responsabilité – et donc l’institut et le pays – aura du pouvoir au sein de l’organisation.

« Il peut y avoir des revendications, pour le développement de PF⁹⁰ (Processing Function). Les pays peuvent le revendiquer mais s’il y a des compétences des deux côtés : qui prend la main ? Il y a aussi des trous dans la raquette, des endroits où personne ne veut aller. (...) Il y a des tâches qui sont assez nobles, donc il y a certains PF où plusieurs personnes veulent y aller, comme le PF3 qui est une partie noble, mais pour le 1^{er} niveau moins de monde se précipite car c’est moins valorisant au niveau scientifique. » ((Entretien n° 16, Euclid, Toulouse)

Cet extrait nous montre la hiérarchisation des différentes tâches qui est opérée au sein des consortiums scientifiques. De ce fait, certaines responsabilités sont plus demandées que d’autres car elles revêtent un caractère plus noble. A contrario, certaines responsabilités ne sont pas attractives pour les chercheurs et il est plus difficile de trouver des individus qui souhaiteraient les prendre en charge. Les responsabilités entraîneraient donc des niveaux de visibilité scientifique liés à la noblesse de celles-ci.

Les responsabilités au sein des consortiums offrent une visibilité nationale et internationale au responsable et à son institut de filiation – et par extension à son pays d’appartenance. Cette visibilité scientifique est également liée à la noblesse de la tâche. Le choix des responsables n’est, finalement, pas seulement lié aux compétences scientifiques mais également aux stratégies mises en place par les individus, les pays et les institutions pour avoir une responsabilité. Cette répartition met également en avant la coopération qui est en place au sein des consortiums scientifiques.

« Il faut un équilibre lié au montant des contributions des pays, ça se construit au moment de la sélection. Quand on propose un projet, on définit qui fait quoi. Aussi, on établit la structure du projet, l’organisation du consortium, on définit les groupes de façon très

⁹⁰ Dans le consortium Euclid, le code développé pour le traitement des données est structuré en PF (Processing Functions), chacune étant dédiée à un traitement spécifique.

formelle. On fait la structure et après on dit qui dirige. C'est la guerre des positions qui commence, on a tous des idées de ce qui va être plus ou moins important comme position, c'est un jeu collaboratif où chacun essaye de tirer son épingle à plusieurs niveaux selon le pays et selon l'institut. » (Entretien n° 31, Euclid, Toulouse)

Romuald Dupuy (2013), dans son article sur l'industrie européenne de défense, explique que le phénomène de coopération des différentes firmes d'armements entraîne une mise en avant de leurs compétences respectives en vue de se positionner dans la collaboration. Ce phénomène d'auto-renforcement des compétences se retrouve au sein des consortiums Euclid et X-IFU. Nous pouvons voir l'importance du temps comme moyen de négociation (Crozier et Friedberg, 1977) car cela permet aux différentes institutions et nationalités de consolider leurs compétences au fil des projets et donc de connaître une augmentation de leur pouvoir – dont la nature serait liée à leurs compétences et expertises spécifiques qui leur permettraient de se positionner au mieux dans ce projet mais aussi dans les projets futurs. La distribution du pouvoir entre les différents acteurs du consortium tient aussi compte de la distribution du pouvoir entre les différentes entités étatiques participantes. La répartition des responsabilités est un mode de cadrage de cette distribution du pouvoir entre pays – selon les compétences.

“Il se trouve que par tradition, certains groupes de travail sont plus monopolisés par certaines nationalités. Par exemple, pour le CM3CROSS, il y a une majorité d'Italiens et cela vient du fait qu'il y avait beaucoup de gens qui faisaient ça sur Planck, ils ont l'expertise donc naturellement il y a plus de personnes. » (Entretien n° 7, Euclid, Toulouse)

« Chaque labo développe des compétences mais il ne peut pas développer un instrument tout seul donc on va prendre ce qui est fait de mieux dans d'autres labos, c'est un assemblage de briques de ce que chacun sait faire de mieux. » (Entretien n° 24, X-IFU, Toulouse)

Les institutions scientifiques ont un héritage de compétences – développé et renforcé lors de missions précédentes – qui est pris en compte lorsqu’il est question de se positionner comme responsables. Cet héritage se renforçant de mission en mission et permettant un renforcement de la visibilité scientifique associée à ces compétences, il favorisera, de facto, un meilleur rapport de force dans les coopérations futures

5.2.2. L’importance des responsabilités pour les individus

Cette complexité serait en partie due, selon les enquêtés, à une nécessité d’avoir un nombre assez grand de responsabilités pour pouvoir les répartir entre les différentes nations participantes – selon leurs contributions respectives comme nous avons pu le voir plus haut. Cette complexité serait aussi le fruit d’une volonté des individus de garder le pouvoir qu’ils ont. Nous choisisons la définition du pouvoir de Crozier et Friedberg (1977). Ils considèrent une relation de pouvoir comme étant instrumentale car il ne se conçoit que dans des buts qui motivent l’engagement de ressources de la part des acteurs. Le pouvoir est intimement lié à l’organisation puisque les acteurs ne peuvent atteindre leurs objectifs propres que grâce à l’exercice de relations de pouvoir - qui sont rendues possibles par la poursuite des objectifs collectifs.

Foucault (1994) développa l’idée d’un pouvoir non-substantiel traversé par des aspects stratégiques mais qui s’exercerait dans le cadre de relations inégalitaires car les relations de pouvoir sont réciproquement liées aux autres types de rapports : elles sont à la fois la résultante de ces rapports mais aussi productrices de ceux-ci. En outre, Jonathan et Stephen Cole (Cole et Cole, 1973) ont montré qu’il existait une relation entre la position académique et la qualité du travail (en lien avec sa visibilité). Rappelons également que Bourdieu (Bourdieu, 1976) quant à lui montra qu’il existe deux formes de capitaux avec des manières d’accumulation différentes : scientifique et temporel.

Ainsi, en recoupant ces différentes visions, nous comprenons l’enjeu en termes de pouvoir institutionnel que représentent les responsabilités pour les individus – et plus précisément les scientifiques :

« Lisa copie Euclid sur l'organigramme, c'est compliqué, il y a plein de boîtes avec plein de leaders, ça permet de contenter plein de gens et quand on propose de fusionner des boîtes car elles se ressemblent, les ingénieurs sont d'accord mais les leaders ne veulent pas car, sinon, ils perdent leur leadership mais ils ne l'affichent pas comme ça. »
(Entretien n° 14, Euclid, Toulouse)

Ces différents enjeux de pouvoir jouent donc aussi dans la complexification de l'organisation, principalement en fragmentant les responsabilités, ce qui entraîne un alourdissement de sa compréhension par les différents membres du consortium.

5.2.3. Quand la complexité entraîne des dysfonctionnements

La complexité de ces organisations découle donc de différents aspects qui ont été mis en lumière dans cette section. Cette forme organisationnelle reposant sur la compartimentation et la fragmentation entraîne trois types de dysfonctionnement :

1. L'incompréhension de l'organisation

Lors de cette enquête, nous avons constaté que les acteurs n'arrivaient pas à saisir l'organisation dans sa totalité et ils se retrouvaient donc désemparés quand ils devaient demander de l'information car ils ne savaient pas à qui la demander ni où la trouver.

« Dans d'autres consortiums, le travail est plus humain, plus direct. Dans Euclid, on ne connaît pas forcément qui est en charge de quoi. »
(Entretien n° 5, Euclid, Toulouse)

« Dans Euclid, c'est compliqué de savoir où tu es et à qui tu as à faire. » ((Entretien n° 14, Euclid, Toulouse)

La compartimentation et la fragmentation des tâches entraînent un alourdissement des organigrammes et, par conséquent, une difficulté pour les individus de les comprendre.

2. Une redondance des tâches

Des tâches similaires et en lien avec d'autres, du fait de la méconnaissance de l'organisation, entraînent des problèmes de communication qui ont pour conséquence de mener à une redondance des tâches comme nous pouvons le voir dans les extraits d'entretien suivants :

« On a eu une réunion pour préparer l'intégration de L3. L1-L2 tournent partout dans les calculs center. Là on prépare le coup d'après et on s'aperçoit que la découpe entre L2 et L3 n'est pas bien faite. L3 il y a beaucoup de choses et beaucoup de choses similaires, on doit revoir les choses. » (Entretien n° 17, Euclid, Toulouse)

L1, L2 et L3 correspondent à des successions de traitements qui seront effectués sur les données, comme cela est schématisé ci-dessous :

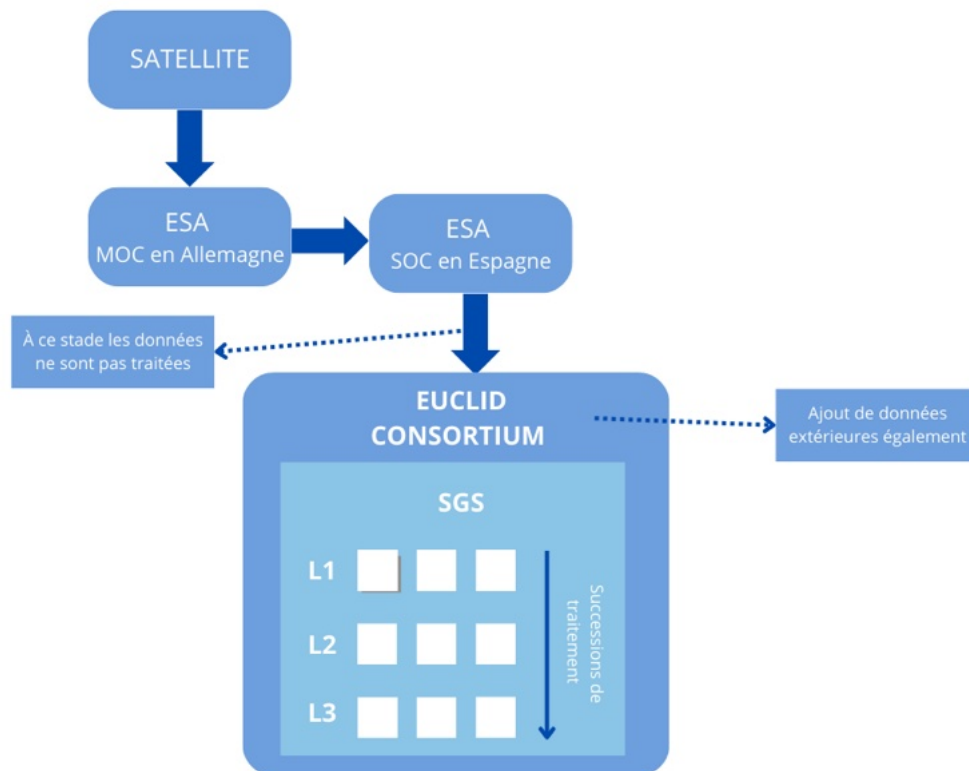


Figure 34 Schématisation de la chaîne de traitement de données

3. Une difficulté à se coordonner au niveau international :

La fragmentation des responsabilités – qui est à l’œuvre dans les consortiums – entraîne une nécessité de se coordonner, ce qui est rendu complexe par le caractère international de l’organisation et des coresponsabilités.

« Il y a un peu un accablement dû à la complexité à tous les niveaux du projet. Le logiciel n'est pas écrit dans le même labo mais il est décimé et le responsable n'est pas forcément proche des équipes et de ceux qui écrivent les documents. Parfois, il est question de qui fait quoi. Le logiciel sous la responsabilité française est à moitié développé par les Italiens. S'ils codent mal c'est nous les responsables. Côté qualité, on doit s'assurer que l'Italien a bien compris le côté qualité et l'implémente bien. On doit s'assurer que le résultat est « ok » et si ce n'est pas bon, on passe le relai au responsable qualité italien qui est plus proche de l'équipe. C'est l'inverse dans le cas où la partie de logiciel est sous responsabilité italienne. » (Entretien n° 15, Euclid, Toulouse)

La fragmentation des tâches et leur internationalisation compliquent la communication et la coordination des activités. Cela est d'autant plus vrai lorsque les tâches en question doivent parfaitement « s'assembler » comme ceci est le cas pour les parties du code de traitement de données.

5.3. La communication et la coordination au sein des consortiums

Les consortiums ont donc une forme organisationnelle complexe et opaque pour une majorité des membres de l'organisation. La limitation des dysfonctionnements est un

enjeu primordial pour ces organisations, elle passe en partie par la communication et la coordination entre les membres du consortium.

5.3.1. Les interactions entre les membres

Les enquêtés interagissent le plus fréquemment avec les personnes faisant partie de leur équipe locale de façon formelle – les réunions – ou informelle – les couloirs, la cantine, les bureaux. Ensuite, ils ont des interactions avec ceux avec qui ils doivent collaborer étroitement au sein de leur groupe de travail comme nous pouvons le voir dans cet extrait d’entretien :

« Je discute beaucoup avec mon homologue allemand car on fait tourner les deux codes. Quand j’ai des résultats, je les communique au chef et aux autres et si j’ai un problème de codes, je vois avec lui d’abord sinon je montre aux autres membres. » (Entretien n° 2, Euclid, Toulouse)

Au cours de notre recherche nous avons pu voir que les organisations au sein des SWGs n’étaient pas homogènes, les méthodes et les ambiances de travail changeant, parfois radicalement, d’un groupe à l’autre.

« Clairement il n’y a pas de cohérence, pas une façon de gérer un groupe qui est mise en place dès le début. Je vois les différences organisationnelles dans les Science Working Groups. Des différences qui ne gênent pas le travail mais plus la façon dont un tel va gérer le travail. Certains responsables sont plus ou moins derrière nous et d’autres se mettent en retrait pour laisser parler les autres. » (Entretien n° 7, Euclid, Toulouse)

Il n’existe donc pas de cohérence organisationnelle dans tous les groupes de travail. Certains enquêtés ont également relevé le fait qu’ils faisaient partie de groupes mais

qu'ils n'y participaient pas activement par manque d'informations, ce qui était lié à un fort entre-soi exercé par les responsables :

« (Parlant d'un SWG) Chacun est sur son piédestal, personne ne se parle. Ça se passe entre 2-3 personnes, il n'y a pas d'information, ni de réunions. Dans le tracking, depuis 2014, je mets 0 car il n'y a pas de communication, ils ne parlent qu'entre responsables » (Entretien n° 5, Euclid, Toulouse)

5.3.2. Les outils de communication

Les consortiums sont des collaborations géographiquement très dispersées qui recourent à l'usage de différents outils de communication pour que les membres puissent se coordonner entre eux. L'outil changera selon le type de communication souhaité : synchrone/asynchrone et collectif/individuel.

Pour se coordonner et communiquer, les individus utilisent différents outils : mail, appels, messagerie instantanée (telle que SLACK⁹¹), plateforme de gestion de projet (telle que Redmine), téléconférence ou visioconférence. Ces comportements communicationnels sont dus à la multitude des canaux mis à leur disposition. Il y a une utilisation simultanée de différents canaux car ils ont des utilisations différenciées (Broadbent, 2011). Ici, les mails servent à s'ajuster et à communiquer avec un nombre restreint de personnes tandis que les messageries instantanées et les téléconférences sont utilisées pour communiquer avec un plus grand nombre. Les canaux vocaux sont souvent privilégiés en cas de désaccord ou si le sujet est complexe – avec besoin d'ajustements mutuels et de mises au point :

« Le logiciel Slack permet de créer différents groupes et les gens peuvent communiquer en envoyant des messages, c'est plus dynamique et efficace. Dans le groupe, il y a une dizaine de personnes, c'est plus simple et plus facile que d'envoyer une dizaine de mails. Il y a 50

⁹¹ SLACK est une plateforme de conversation organisée sous formes de canaux de discussions.

personnes dans le groupe et dix personnes qui envoient les messages, c'est toujours les mêmes. » (Entretien n° 2, Euclid, Toulouse)

« La plupart des liens sont par courrier électronique car on sait qui fait quoi dans le projet donc on s'adresse directement à la personne. On commence par mail, si ça ne suffit pas on se skype et sinon on se déplace, s'il n'y a toujours pas de solution. Mais par mail 50% des cas sont résolus. » (Entretien n° 3, Euclid, Toulouse)

Lors des réunions, le moyen de communication privilégié est la téléconférence ou la visioconférence car ce sont des canaux synchrones, qui permettent aux individus de pouvoir se coordonner collectivement malgré la distance géographique. Lors des observations réalisées auprès de l'équipe locale, les réunions étaient organisées de manière hybride – à la fois dans une salle au sein de l'IRAP et via l'outil ZOOM. En effet, l'IRAP étant répartie sur trois sites (deux à Toulouse⁹² et un à Tarbes) et avec des membres pratiquant le télétravail, les membres de Tarbes ne voyaient pas l'intérêt de venir sur Toulouse pour une réunion d'une heure environ.

Ainsi, les réunions locales se déroulent de la manière suivante :

- Une salle est réservée à Toulouse pour les personnes pouvant être physiquement présentes.
- Un ticket ZOOM est réservé pour les personnes ne pouvant pas être présentes car elles sont à Tarbes ou en télétravail.

Afin de mener à bien les réunions, plusieurs dispositifs sont mis en place : une caméra sur trépied qui filme et capte le son des personnes présentes dans la salle ainsi que la projection de la page ZOOM sur le mur pour pouvoir voir les participants qui sont connectés à distance. Ce dispositif technique permet ainsi de palier au mieux la distance géographique car tous les participants sont à même de se voir et de se parler même s'ils ne sont pas tous présents dans la salle. Néanmoins, certains participants via ZOOM ne

⁹² Les sites toulousains se situant à moins de cinq minutes à pied l'un de l'autre.

mettent pas la vidéo pour différentes raisons telles que « éviter de gaspiller sa bande passante ».

L'usage des réunions et des téléconférences est très fréquent dans ce type de collaborations mais cela peut finir par représenter un poids pour les enquêtés comme en témoignent les extraits d'entretiens suivants :

« De manière générale, la téléconférence hebdomadaire est utile car ça pousse à montrer des choses. Car souvent on fait un tour de table, du coup c'est toujours embarrassant de dire qu'on n'a rien fait mais c'est sûr que ça prend du temps, ça chevauche les choses à faire dans son propre labo surtout quand on a des téléconférences pour plusieurs Science Working Groups et d'autres choses. Tu te retrouves avec 3-4 téléconférences. C'est lourd mais ça reste un bon moyen pour travailler en groupe quand on est séparé par des milliers de kilomètres. » ((Entretien n° 7, Euclid, Toulouse)

« On utilise les mails et les téléconférences, mais le rythme se réduit, les gens en ont eu marre car à une époque on en faisait trop souvent, on s'est recentré sur les mails. » (Entretien n° 8, Euclid/X-IFU, Toulouse)

5.3.3. Les effets de la crise sanitaire sur la coopération

Néanmoins, l'outil ZOOM ne fait pas l'unanimité et plusieurs instances telles que le CNRS et le CNES souhaiteraient que les chercheurs arrêtent de l'utiliser pour des raisons de sécurité comme cela est évoqué dans les extraits d'observations suivants :

« L'outil ZOOM : certains ne veulent pas qu'ils l'utilisent car cela poserait un problème de sécurité. En effet, le CNES ne veut pas l'utiliser car le site est hébergé par les Américains donc ils ont accès aux données. Ce serait l'argument majeur contre ZOOM. Le CNES veut qu'ils utilisent les outils du CNRS mais « ils ne marchent pas. Ils ne réalisent pas qu'on n'a pas les mêmes outils, poste perso dans notre

pièce, les outils ne marchent plus depuis plusieurs jours ils sont déjà dépassés ». » (Observations, Euclid)

La question de l'utilisation de ZOOM et de la faisabilité d'utiliser les autres outils qui sont recommandés par le CNRS et le CNES a été particulièrement prégnante durant la crise sanitaire et plus particulièrement durant les divers confinements en Europe. En effet, l'activité a été ralentie et des retards ont été notés comme cela a été évoqué lors de réunions locales :

« La crise sanitaire impacte l'instrument et le lancement puisque l'Allemagne est confinée et que le CNES annule les réunions (qualité et SGS). » (Observation, Euclid)

« Les développeurs en Angleterre ont du retard à cause de la pandémie. » (Observations, Euclid)

Néanmoins, l'utilisation d'outils de téléconférence et notamment de ZOOM a permis de continuer un semblant d'activité comme cela est mis en avant dans les extraits d'observation suivants :

« Pour l'instant on n'attend pas grand-chose (au vu de la situation) mais il ne faut pas se décourager, les licences ZOOM vont tourner à fond. Il prête la sienne à ses collègues qui en ont besoin. » (Observation, Euclid)

« Tout le monde est là et tout le monde est à la maison. L'activité continue. Tant que ZOOM et le réseau tiennent, les gens bossent. » (Observation, Euclid)

Ainsi, un grand nombre de réunions ont continué d'avoir lieu, notamment les consortiums meeting de Barcelone (2020) et Lausanne (2021) et une au niveau français qui devait initialement avoir lieu à Toulouse mais qui a été organisée à distance via ZOOM. La crise sanitaire a également mis en avant les différences de pratiques

professionnelles et plus particulièrement entre ceux qui travaillent sur la partie code et ceux qui travaillent sur l'instrument. En effet, les retards ont surtout touché l'instrument qui demande une présence physique alors que le code peut être développé de chez soi comme en témoignent ces extraits d'observations :

« P demande s'il y un impact sur le projet dû à l'épidémie. Je lui réponds que la livraison du NISP à Marseille a été retardée mais qu'il devrait arriver sous peu. » (Euclid)

« P dit que quasiment tous les pays sont confinés donc ils sont au ralenti puisque « c'est que les informaticiens qui travaillent, pas les ingénieurs. » » (Euclid)

Le consortium Euclid a, de manière générale, peu été impacté par la crise sanitaire. Cela s'explique en partie par le fait que la majorité des activités se faisaient à distance et que les acteurs avaient déjà l'habitude de travailler en utilisant ces outils de communications. La transition a donc été moins brutale pour les scientifiques du consortium qui étaient déjà accoutumés à l'usage de la visioconférence et à devoir coopérer avec leurs collègues à distance.

"In terms of the actual work, I think it didn't really impact the work so. The main impact it's just been that we haven't had physical meetings but I think the virtual meetings work very well so I think in terms of the productivity in Euclid it isn't really affecting anything to be honest. (...) I think part of it was because we were already used to working remotely because of the nature of Euclid. So, I think in that sense it didn't really like that wasn't really a big change in the kind of day to day week working in Euclid." (Entretien n° 40, Euclid, Durham)

L'extrait ci-dessus témoigne bien de l'accoutumance des individus aux technologies de la communication dans leur travail quotidien. Les activités qui sembleraient avoir été le plus impactées sont celles ne pouvant pas se faire à distance, celles reliées à l'instrument en lui-même, et les « grandes » réunions Euclid qui ont été déplacées en visioconférence.

Bien que le travail scientifique ait peu été impacté par la crise sanitaire, les conditions de travail ont été dégradées par la situation comme nous l'explique une personne faisant partie du comité à la diversité :

« Il y a de plus en plus de micro agressions. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cela : l'isolation, l'absence total d'échanges au-delà du virtuel. Pour un boulot basé sur de la collaboration formelle et informelle (...) les échanges sont que formels maintenant et tout cet aspect informel permet aux gens de sortir du cadre établi et de créer du lien. Là ça fait 15 mois que ça n'existe plus et dans notre métier c'est un pilier de la réussite d'un projet pour être honnête (...) Le nombre de plaintes et de situations difficiles sont en augmentation. Entre 2019-2020, le nombre de plaintes a augmenté (...) Le deuxième facteur c'est qu'on approche du lancement et les gens deviennent tendus. » (Entretien n° 33, Euclid, Durham)

L'augmentation de situations conflictuelles passe aussi par le manque d'interactions informelles, la création de liens entre les membres, comme cela est normalement le cas lors des grandes réunions telles que les consortiums meetings.

5.3.4. Les consortiums meetings

Des « grandes » réunions en présentiel sont en effet organisées une fois tous les ans au sein des deux consortiums : les consortiums meeting. Tous les membres du consortium sont invités à participer à ces réunions qui permettent aux personnes de se rencontrer et de se retrouver pour discuter des différents aspects de la mission. Dans chacun des cas, les consortiums meetings sont organisés de la même manière, ils durent une semaine environ et sont découpés en trois temps :

- Des conférences plénières avec des présentations évoquant la mission dans sa globalité.

- Des *splinters* qui sont des conférences thématiques des différents groupes de travail où sont évoqués en détails les avancées et difficultés dans les différentes tâches.
- Le *garage day* est une journée de travail collaboratif consacré à la résolution de problèmes spécifiques en lien avec la mission. Il traite, souvent, de difficultés à l'interface entre différents pans constitutifs de la mission (SGS, SWG, les instruments).

Les consortiums meetings sont également ponctués de moments de convivialité permettant aux membres de se retrouver autour d'un repas. Il est aussi de tradition de prendre une photo de tous les participants présents à l'évènement.



Figure 35 Euclid consortium meeting en 2019 à Helsinki⁹³



Figure 36 Euclid consortium meeting en 2018 à Bonn⁹⁴

⁹³ Source : *Members of the Euclid consortium at the Euclid Meeting in Helsinki (June 04–07, 2019)* – Photo credit: Mäläskä / Tailorframe Oy

⁹⁴ Source : site internet du consortium Euclid (<https://www.euclid-ec.org/going-public/>), site visité le 26/10/2024.

Les enquêtés y voient également une opportunité de se mettre à jour sur l'ensemble du projet et une occasion de voir en face à face les individus avec qui ils collaborent.

« C'est une façon d'être au courant de ce qui se passe dans la collaboration. Il y a beaucoup de gens et de groupes, c'est difficile de suivre donc c'est bien d'avoir une revue des sujets étudiés et c'est aussi une façon d'interagir en face à face avec les gens, c'est sympa. »
((Entretien n° 2, Euclid, Toulouse))

« Au Consortium meeting, on voit l'instrument se construire sous nos yeux. On voit les gens, on voit l'instrument assis dans la salle avec les gens. C'est un rassemblement de toutes les volontés qui essayent de mener un projet à bien avec les scientifiques. « Pourquoi on fait ça ? » et avec les ingénieurs « comment on peut le faire ? », on voit naître l'instrument. » *((Entretien n° 8, Euclid/X-IFU, Toulouse))*

* * *

Les consortiums scientifiques sont des organisations particulièrement complexes et opaques. Cette complexité est, en partie, liée à la nécessité de pouvoir distribuer les responsabilités – selon un principe avoisinant celui du géo-return – entre les différents pays participants. Cette complexité entraîne une plus grande opacité de ces organisations et, par conséquent, une forte méconnaissance de celles-ci par leurs membres. La circulation de l'information est rendue également plus compliquée par la multiplicité des canaux de communication et une centralisation ainsi qu'une maintenance plutôt faible des informations mises à disposition des individus.

CHAPITRE 6 :

Une volonté de limiter les dysfonctionnements

Les missions spatiales sont des entreprises porteuses de nombreuses incertitudes. La qualification et la gestion des risques, au sein des consortiums scientifiques, deviennent donc centrales. Les questions liées aux risques, dans une coopération scientifique internationale, s'y posent avec une grande importance. Ces projets de missions spatiales impliquent des membres géographiquement dispersés, où les incertitudes scientifiques, technologiques et humaines (en termes de personnels), sont importantes.

Les missions scientifiques s'inscrivent également dans un temps très long – entre le montage du projet, l'acceptation par l'institution décisionnaire, le développement du satellite (et des outils), l'envoi du satellite et la période de réception/traitement des données. Il se pose alors la question de la gestion des risques techniques et technologiques au sein de ces organisations. La volonté de réduire et de limiter les dysfonctionnements inhérents à ce type de projet sera l'objet de ce chapitre.

6.1. Les études sur les technologies à risques

Tout d'abord, l'étude des technologies à risque regroupe deux théories majeures : la théorie de la haute fiabilité (*High Reliability Theory* (HTR)) et celle de l'accident normal (*Normal Theory Accident* (NAT)). Pour résumer les grandes lignes de ces deux courants théoriques, la HTR considère que la sécurisation des systèmes à risques est possible lorsque la sécurité est mise au premier plan. La NAT, quant à elle, part du principe que les accidents graves sont inévitables – peu importe les efforts mis en place pour les éviter. Dans cette approche théorisée par Scott Sagan (1993) et portée, entre autres, par Charles Perrow (1994, 2011), la normalité et l'inévitabilité des accidents sont liées à la complexité des systèmes où des petites erreurs se propagent en erreurs majeures. Les catastrophes sont, par conséquent, normales car inhérentes aux systèmes.

6.1.1 Charles Perrow et la théorie de l'accident normal

Charles Perrow (1994, 2011) s'est penché sur la question des technologies à haut-risque et aux systèmes qui les sous-tendent. Il soutient l'hypothèse que certains accidents sont inévitables malgré les dispositifs mis en place pour les éviter. Un système est divisé en quatre niveaux – qu'il relie à des types de perturbations :

- Une partie (« part ») qui est le plus petit composant d'un système.
- L'unité (« unit ») qui est un ensemble de parties.
- Le sous-système (« sub-system ») correspond à un ensemble d'unités.
- Le système (« system ») – qui est niveau le plus élevé – est caractérisé par l'ensemble des sous-systèmes.

Ainsi, les perturbations affectant les deux premiers niveaux (parties et unités) correspondent à des incidents tandis que celles liées aux derniers niveaux (sous-systèmes et système) sont caractéristiques des accidents. Les incidents sont les perturbations les plus courantes tandis que les accidents sont des événements relativement rares. Charles Perrow va ensuite définir deux types d'accidents, ceux liés à des défaillances des

composants et les accidents de systèmes. Le principal élément qui différencie les types d'accident est la prévisibilité. Dans le premier, les interactions entre les défaillances sont attendues, anticipées et compréhensibles tandis que le second apparaît lorsque surgissent des interactions inattendues – et parfois même incompréhensibles – entre plusieurs défaillances. Ainsi, ce n'est pas la cause de l'accident qui différencie ces deux types d'accident mais sa compréhension.

Cela est intimement lié à la complexification et l'augmentation en taille des systèmes qui augmentent les risques d'interactions déconcertantes (*baffling interaction*) entre les systèmes, les rendant plus enclins à déclencher des accidents de systèmes – qui sont, pour Charles Perrow, des accidents inévitables. Les interactions entre différentes parties ne sont pas problématiques lorsqu'elles sont attendues et prévues – comme cela est le cas dans un système linéaire (*linear system*) – puisque les conséquences en cas de défaillances sont connues. Cependant, les systèmes complexes ont plus de chances d'être sujets à des interactions complexes qui ont des conséquences inattendues. Ainsi, les interactions linéaires sont les interactions sur lesquels reposent tous les systèmes car ce sont des interactions qui sont prévues, planifiées et visibles tandis que les interactions complexes sont plutôt invisibles et pas directement compréhensibles.

La surveillance des systèmes complexes passe donc par la mise en place de nombreux moyens de contrôle pour limiter les risques. Cependant, la lecture des indicateurs peut faire l'objet de mauvaises interprétations ou ils peuvent ne pas être fiables – ceci étant dû à une interaction complexe masquant les effets d'une défaillance du système.

« Complex systems tend to have elaborate control centers not because they make life easier for the operators, saving steps or time, nor because there is necessarily more machinery to control, but because components must interact in more than linear, sequential ways, and therefore may interact in unexpected ways. In addition to there being many interactions to control, the information about the state of components or processes is more indirect and inferential in complex systems. » (Perrow, 2011, p. 83)

Les systèmes peuvent également être à un couplage étroit ou à un faible couplage. Dans le cas des systèmes à couplage étroit, les éléments sont étroitement liés et ce qui arrive au premier arrivera, de facto, au second. Ces systèmes ont une série de caractéristiques dont : une plus grande sensibilité à la temporalité – dans le sens où un élément du système ne peut pas être mis en pause en cas de problème – ; les enchaînements des éléments sont invariables et la construction du système ne permet qu’une seule manière d’atteindre les objectifs ; ils sont également caractérisés par l’existence d’une marge de manœuvre très faible.

« Since nothing is perfect, if the organization is 'complexly interactive' rather than linear, and 'tightly coupled' rather than loosely coupled, small errors can interact in unexpected ways and the tight coupling will mean a cascade of increasingly large failures. A failure in a linear system (assembly line) is anticipated, comprehensible and generally visible. It can be fixed and probably won't happen again. Complexly interactive systems can have independent failures, each insignificant in itself, that interact in unexpected and even incomprehensible ways such as to evade or defeat the safety devices set up to respond to the individual failures. If the system is also 'tightly coupled', the initial failures cannot be contained or isolated and the system stopped; failures will cascade until a major part of the system or all of it will fail. Loosely coupled systems have the slack to absorb disturbances; defective units can be segregated, production can be stopped or follow alternative paths and substitutions of personnel or materials are possible. Tightly coupled systems do not have these options. » (Perrow, 1994, p. 216).

Concernant le rapport qu’un système entretient avec les erreurs, Charles Perrow va dresser une typologie des systèmes : *error inducing system*; *error avoiding system* et *error neutral system*. Elle est basée sur une série de caractéristiques déterminant le nombre de défaillances inévitables, les interactions inattendues ainsi que le degré de couplage – qui donne des informations sur la propagation de la défaillance. Les *error inducing systems* se caractérisent par une configuration des éléments du système qui

favorise les erreurs et par l'échec des tentatives ayant pour but de les réduire. Il considéra le secteur spatial comme faisant partie d'un *error neutral system*.

6.1.2 High Reliability Theory (HTR)

La théorie de la haute fiabilité considère que les organisations à haut risques, telles que les centrales nucléaires ou celles en charge du trafic aérien, ne peuvent pas fonctionner selon le principe d'essais et erreurs car les conséquences des erreurs seraient trop importantes. Ces organisations sont donc marquées par la logique d'essais sans erreurs. Par conséquent, il existe des types d'accidents et d'incidents qui doivent être absolument évités car les conséquences potentielles sont trop importantes.

Todd LaPorte et Paula Consolini (1991) identifiaient deux défis auxquels doit répondre le fonctionnement de ce type d'organisations : la gestion de technologies complexes en évitant les incidents ou accidents doublée à une capacité à répondre à des périodes de fortes demandes en termes de production. Les *High Reliability Organisation* (HRO) diffèrent donc des autres organisations – opérant selon le principe de l'apprentissage par les essais et les erreurs – selon trois principales caractéristiques :

- L'existence de liens étroits entre les différents pans constitutifs de l'organisation, de sorte qu'une défaillance d'une partie peut menacer le fonctionnement global.
- Les résultats des défaillances sont craints par la population – qui va exercer une forte pression pour que ces organisations n'en rencontrent pas.
- Ces organisations mettent la sécurité au premier plan via la mise en place « d'opérations à très haute fiabilité ».

Il existe une forte formalisation des activités qui passe par l'élaboration de procédures opérationnelles standard (Standard Operating Procedure (SOP)). Ainsi, il y a une routinisation des décisions qui repose sur la mise en œuvre de ces procédures. Les auteurs mettent en avant que, finalement, la seule décision est de savoir quelle SOP appliquer en fonction de la situation. Cette formalisation repose, en partie, sur le fait que ce sont des organisations où la prise de décision doit être rapide et efficace. Les opérateurs et les

managers ont également connaissance, de par leur expérience, des erreurs « mineures » qui peuvent entraîner un problème majeur. Ainsi, il existe un certain type de défaillances qui doivent être évitées à tout prix car elles sont porteuses de conséquences pouvant potentiellement mener à un événement catastrophique. Les auteurs mettent en avant l'importance de la connaissance profonde des aspects techniques entourant le travail des individus. Ces derniers sont préparés à toutes les éventualités. Ils mettent ainsi en place des stratégies de décisions « pro-actives » et « préventives » pour limiter la survenue de problèmes pouvant avoir des répercussions désastreuses.

“They try to be synoptic while knowing that they can never fully achieve it. In the attempt to avoid the pitfalls in this struggle, decision making patterns appear to support apparently contradictory production-enhancing and error-reduction activities. The patterns encourage

- reporting errors without encouraging a lax attitude toward the commission of errors;*
- initiatives to identify flaws in SOPs and nominate and validate changes in those that prove to be inadequate;*
- error avoidance without stifling initiative or operator rigidity; and*
- mutual monitoring without counterproductive loss of operator confidence, autonomy and trust.”(LaPorte et Consolini, 1991, p. 29)*

Scott (1987) décrit le lien entre les structures organisationnelles et les technologies comme entraînant une augmentation de la complexité organisationnelle qui se traduit par une augmentation de l'interdépendance des tâches et des incertitudes techniques – résultant en un besoin de coordination plus fort entre les individus. Todd Laporte et Paula Consolini s'appuyèrent sur son analyse pour montrer que la structure organisationnelle des HRO était complexe avec une forte interdépendance de ces différents pans – ce qui

implique une forte coordination. A contrario, ils considèrent l'incertitude technique comme n'étant pas forcément présente au sein de ces organisations car de nombreux efforts sont déployés pour comprendre le système dans son ensemble et les éviter.

En ce qui concerne le modèle de fonctionnement des HRO, elles reposent sur celui des bureaucraties – présence d'une structure hiérarchique complexe et centralisée, une division forte des tâches, etc. Cependant, le mode bureaucratique n'est pas le seul mode de fonctionnement à l'œuvre, il est celui du mode normal. La manière de s'organiser varie selon les différents moments. Ils distinguent donc trois temps associés à trois types de modes : mode normal (ou routinier) ; mode en haute cadence et mode d'urgence. Le mode lié à une augmentation de la cadence de production entraîne un besoin de coopération et de coordination plus grandes pour répondre aux besoins. Dans ce cas-là, les décisions deviennent collégiales et tournent autour de l'expertise des individus – et non plus selon leur place dans la hiérarchie. Le mode d'urgence est, comme son nom l'indique, mis en place dans des situations d'urgence où les individus suivent un script en mettant en place les procédures prévues pour répondre à ce type de situations. Dans cette vision, les organisations entourant des systèmes à risques deviennent extrêmement fiables grâce à la structure de l'organisation et des modes de fonctionnement qui sont mis en place.

6.1.3 La catastrophe Challenger : deux explications pour un même évènement

La recherche de Diane Vaughan (1989, 1996) a porté sur les raisons de la survenue de la catastrophe Challenger. Le 28 Janvier 1986, l'explosion de la navette spatiale coûta la vie à l'ensemble de l'équipage. Cet accident est le résultat d'un défaut des O-rings – lié aux températures froides précédant le lancement. Les O-rings ne remplirent plus leur rôle de joint, ce qui a permis à des flammes de pénétrer dans le booster de la fusée et de rentrer en contact avec l'hydrogène et l'oxygène. L'enquête mit en lumière que, la veille du lancement, des ingénieurs s'étaient opposés à la poursuite du lancement car ils considéraient que les O-rings représentaient une menace pour la sécurité du vol. La commission en charge de l'enquête en déduit que la décision de maintenir le lancement

était en lien avec un défaut dans le processus de prise de décision. Elle s'est donc penchée sur l'organisation de l'agence spatiale et a mis en avant une acceptation accrue des dysfonctionnements qui, *in fine*, mena à l'explosion de la mission Challenger. Diane Vaughan décrit ce phénomène comme étant en lien avec « *une normalisation de la déviance* » au sein des organisations.

Elle part du principe que les liens existants, entre la structure organisationnelle et les choix des individus, permettent de mieux les comprendre chacun. Elle considéra que la décision de poursuivre le lancement de Challenger était due à la combinaison de trois facteurs :

- La présence d'un environnement compétitif
- Les caractéristiques propres à l'organisation
- Le système régulateur en place pour réguler les activités de l'agence spatiale américaine

Les ressources sont nécessaires à la survie des organisations et elles doivent donc être en compétition avec les autres organisations pour les posséder. Ainsi, dans les années 1970, il a été calculé que la mise en place du programme de navette spatiale permettrait de « s'auto-financer » si une trentaine de vols était effectué. Cette estimation était confortable puisqu'en 1985, la NASA avait soixante vols de prévus. Cependant, cela n'a jamais été rentable car l'estimation des coûts était fausse. La NASA ne pouvait pas augmenter les prix car d'autres pays développaient également de nouveaux satellites commerciaux et elle ne pouvait pas se permettre de perdre des clients. De plus, l'agence avait mis en avant son programme de navette comme étant un moyen de rendre les activités spatiales « routinières et économiques » donc elle devait maintenir cette image, malgré les difficultés financières, pour maintenir son approvisionnement en termes de ressources.

“The effort to maintain the positive image that would continue to secure resources necessary for operation put further stress on the system. NASA was required to make system changes in order to support a re-useable fleet, and it was slow to develop these capabilities

(Commission, 1986: 165). Human and material resources devoted to any single flight were diluted. Inadequate replacements existed for parts that were damaged in flight, resulting in the "cannibalization of spare parts" from one vehicle to another in order to launch (Commission, 1986: 173-174). Not only was this costly in terms of manpower, but it was disruptive and created opportunities for component damage during the transfers." (Vaughan, 1989, p. 333)

Les effectifs du personnel en charge de la sécurité et du contrôle qualité étaient également en baisse mais l'agence continua à intensifier le calendrier des vols – malgré le fait que la sécurité soit compromise.

Le deuxième facteur évoqué dans l'analyse de Diane Vaughan relève des caractéristiques propres à l'organisation. La mission Challenger était le fruit de la combinaison de la NASA – elle-même décentralisée et dispersée géographiquement – et d'entreprises privées. Elle décrit la structure comme le résultat de la combinaison d'organisations, dans un système à faible couplage, caractérisée par « *unique domains, technology, expertise, language, and geographic location* ». La mise en place de règles et de procédures avait pour objectif d'améliorer la coordination et le contrôle – dans une organisation où la structure limitait l'accès aux informations. Cependant les échanges étaient très nombreux entre les différentes composantes ce qui entraînait une « censure systématique d'informations » qui est à relier à l'abondance de cette dernière. Ainsi, dans un but d'efficacité, des situations complexes étaient résumées ce qui entraînait une perte d'information. Le langage technique ainsi que la forte spécialisation s'avérèrent également être une barrière à la compréhension des différentes informations. Par conséquent, en ce qui concerne le cas des O-rings, les décisionnaires ne comprenaient pas exactement le problème en question car, en amont du lancement, ils n'avaient pas eu certaines des informations importantes et celles qui étaient en leur possession n'étaient pas concordantes – au regard de la gravité de la situation. Le résultat fut que le cas du O-rings ne fut pas pris au sérieux par les décisionnaires.

De plus, le comportement des individus est lié à de nombreux facteurs internes et externes à l'organisation, ce qui explique également le fait que les personnes, qui étaient

au courant, n'aient pas réagi. De manière générale, les individus veulent donner une bonne image d'eux ce qui explique que certaines informations ne soient pas remontées ou supprimées. Diane Vaughan documente cela avec l'exemple d'un cadre ingénieur – issu de l'entreprise de sous-traitance dont l'équipe d'ingénieurs avaient signalé le problème – à qui il avait été demandé de « *mettre sa casquette de manager* » pour évaluer la situation. Il fit partie des quatre personnes qui validèrent le vol. Diane Vaughan met cet exemple en lien avec un système de récompenses et de punitions qui diffèrent selon la position et le statut. Un ingénieur aura un système de récompense basé sur les réussites techniques tandis que celui d'un manager sera en fonction de ses réussites à atteindre les objectifs de production. Le choix de maintenir le lancement fut mis en lien avec une pression à maintenir le programme de vols, la forte médiatisation de la mission Challenger – dont une des passagères était une enseignante – et le fait que les lancements avaient toujours été une réussite.

Le dernier facteur est les mécanismes de régulation qui étaient mis en place au sein de la NASA. La supervision de la sécurité des activités était effectuée par trois organismes : deux internes à l'agence et un externe. Dans le cas des organes internes, il existait une forte interdépendance entre ces organismes et la NASA puisqu'ils dépendaient de la NASA (et de ses ressources), ce qui influait sur leur capacité à réguler et intervenir. Le Congrès était le troisième organe en charge de la régulation des activités de l'agence, ses membres ne faisaient pas partie de la NASA – et donc avaient accès aux informations qui leur étaient transmises – mais le temps accordé à ce travail de régulation était très limité :

“Just as the physical separation of government regulatory agencies and business organizations inhibits regulatory activities, this panel's externality limited its ability to deal effectively with its wide scope of safety responsibilities. Panel members did not participate in NASA's daily activities, and thus were forced to rely upon insiders for information. Technology and specialized language were barriers, despite the aerospace background of most panel members. Furthermore, members belonged to other organizations, and these commitments reduced the time these nine panel members spent on

safety at NASA to, on average, thirty days a year (Interview, ASAP Staff Director, 2 March 1988). As a consequence, NASA retained elements of autonomy, reducing the possibility that the panel could identify the O-ring problem and alter the actions of NASA decision makers.”(Vaughan, 1989, p. 341)

Ainsi, la capacité à réguler est affaiblie par l'autonomie et l'interdépendance entre les régulateurs et ceux qu'ils régulent.

Howard E. McCurdy (1991) s'est, quant à lui, penché sur le processus de déclin à l'œuvre au sein de la NASA. Il a relié cela à la théorie du cycle de vie des bureaucraties, de leur naissance, leur expansion et leur déclin – tel que théorisé par Downs (Downs, 1967). Cette théorie met en avant des organisations bureaucratiques qui voient le jour avec le soutien de l'État et en étant composées d'individus motivés et novateurs. Au fur et à mesure, les individus qui prennent part à l'organisation vont développer une attitude « conservatrice » et s'opposer aux changements. En parallèle de ce changement, la bureaucratisation des pratiques et des procédés va se développer et se cristalliser. Le soutien de l'État va, quant à lui diminuer. Cela marque le déclin de l'organisation.

Howard E. McCurdy va discerner des similitudes entre la trajectoire de la NASA et cette théorie. En effet, lors de sa création (durant la Guerre Froide), la NASA était composée d'individus très intéressés et engagés dans la conquête spatiale et les enjeux qui l'entouraient. La culture de l'organisation était également très orientée vers le savoir-faire, la recherche et une certaine prise de risques. Le soutien de l'État était également fort que ce soit en termes de financement ou de ressources (couplé avec un contrôle faible des activités). Par la suite, de nombreux changements vont profondément modifier l'organisation : le développement de la sous-traitance ; un contrôle accru de la part du Congrès américain – qui mena à une vision plus « conservatrice » concernant les risques ; une augmentation de la bureaucratie ; une baisse du budget ainsi que des tensions internes entre les différents centres de la NASA. Ce processus de bureaucratisation de l'agence passa par une augmentation du personnel de bureau ainsi que par un accroissement des dispositifs de régulation.

“By contrasting, on the one hand, the ability of NASA in the 1960 s to handle contractors, to provide the level of research expected to anticipate risks, to integrate input from centres through a strong and centralised macro-engineering management, and, on the other hand, the problems in the 1980’s identified by the commission on Challenger, including the handling of contractors (Thiokol), the level of understanding of components’ behaviour (O-ring) and the degree of management centralisation (the silent safety programme), McCurdy showed how performance was eroded between the two eras, from one state to another (...). The conditions of success slowly degraded, leading to the fateful event of 1986 and other difficulties.” (Le Coze, 2024, p. 4)

Ainsi, après une période d’expansion rapide, la NASA connut également une période de décélération rapide dès la fin des années 1960. Cela se traduisit par, entre autres, des baisses budgétaires, de recrutements et de promotions pour les membres de l’organisation. Par conséquent, la moyenne d’âge des employés augmenta. La question de l’âge est centrale pour Anthony Downs, il voit le vieillissement des individus prenant part à une organisation comme étant un phénomène expliquant l’augmentation des procédures et de la réglementation. Le processus de vieillissement se traduit donc par une approche plus conservatrice des activités, qui est également à relier avec une baisse des capacités innovantes et de diversification des activités. Ce point – portant sur une tendance à une attitude conservatrice – caractéristique de la théorie du cycle de vie ne fut pas totalement observable dans le cas de l’agence spatiale américaine. En effet, McCurdy mit en avant une attitude conservatrice au niveau du management mais il y avait également une persistance d’une culture axée sur le changement et l’innovation. Ainsi, *“The agency did move through the familiar cycle of expansion and decline, which produced the predicted effects on recruiting, average age, and promotion opportunities. It did grow more bureaucratic, in the pejorative sense of that term. Agency management appears to have grown more conservative, although the underlying culture retained a strong commitment to innovation”.* (McCurdy, 1991, p. 314)

La NASA des années 1990 fut marquée par le leitmotiv « Faster, Better, Cheaper », très en vogue aux États-Unis, et dans le reste du monde, durant cette période. Les activités de l'agence tournèrent autour de projets plus petits en lien avec la miniaturisation technologique. Cette période fut marquée par une prise de risque plus grande ainsi qu'une baisse de la régulation. Dans son étude, McCurdy démontra que le cours du cycle de vie des bureaucraties – tel que développé par Downs – n'était pas immuable.

“Observing a process of bureaucratisation and a cycle of decline in the history of the agency following Apollo, he scrutinises the low-cost (post- bureaucratic) initiative devised at the end of the twentieth century to develop cost-effective space exploration and to find a way of overcoming bureaucratic hurdles.” (Le Coze, 2024, p. 8)

S'intéresser à la littérature portant sur l'étude des technologies à risque ainsi qu'aux analyses proposées par Diane Vaughan et Howard E. McCurdy, nous a permis de mieux saisir les enjeux autour de ces organisations ainsi que les structures, les réglementations et les processus qui les sous-tendent. Cependant, l'approche de l'accident normal – dans laquelle s'inscrit la recherche de Diane Vaughan – est celle que nous privilégierons dans cette étude. Les organisations ont beau se doter de procédures pour limiter les risques d'accidents et d'incidents, les défaillances surviennent tout de même. Il sera question dans ce chapitre de comprendre la gestion des risques ainsi que les procédures et dispositifs mis en place pour réguler les activités.

6.2 Une volonté de réduire ou du moins limiter les dysfonctionnements

Dans cette partie, nous avons pu voir que ces organisations, de par leur caractère international mais également de par leur masse, connaissaient un grand nombre de dysfonctionnements. La limitation des risques devient donc un enjeu primordial pour ce type de collaboration où les enjeux techniques et scientifiques sont élevés. Cette section visera donc à étudier les logiques de limitation des risques et leurs effets.

6.2.1 La qualification des risques

P. Slovic, dans l'article « Perception of risk » (1987), nous explique que les études sur la perception du risque servent à comprendre le jugement que les personnes portent quand on leur demande de caractériser et évaluer des activités et technologies dangereuses. Cependant, cette difficulté à saisir et gérer les risques a induit la création d'une nouvelle discipline : « l'évaluation des risques » qui a été conçue pour aider à identifier, caractériser et quantifier les risques.

Bien que l'analyse des risques dans un projet puisse paraître objective, elle contient une grande part de subjectivité. En effet, selon Thomas Reverdy (2021), l'analyse des risques a pour objectif de *« convertir des incertitudes en aléas raisonnablement prévisibles, associés à une probabilité d'occurrence et à une gravité, grâce à des approximations et des simplifications. Avec cette conversion, l'incertitude devient calculable et gérable. »* (Reverdy, 2021, p. 97). Or, l'identification et l'analyse des risques s'appuient sur les connaissances et les expériences des différents acteurs prenant part au projet, chacun ayant une perception propre des risques. Ainsi, les tests mis en place reposent également sur des perceptions. En d'autres termes, tous les éléments ne peuvent pas être testés et tous les tests ne peuvent pas être effectués, il faut donc choisir quels éléments et tests sont à privilégier. Ces choix reposent en grande partie sur ce que les individus perçoivent comme étant pertinent (Reverdy, 2021).

Au sein du consortium Euclid, la gestion des risques – et donc leur évaluation – est effectuée au niveau managérial et à celui du système. A cet effet, un registre des risques a été mis en place et est tenu à jour tout au long du projet. Des mesures d'atténuation seront prises si le niveau de risque n'est pas considéré comme acceptable. Le consortium se doit, par conséquent, de se doter de moyens pour qualifier mais aussi hiérarchiser les risques. Lors d'une réunion au CNES sur les contributions françaises, nous avons pu constater qu'un grand nombre de risques tournaient autour des ressources humaines que ce soit dû à des remplacements (les nouveaux arrivants mettraient du temps pour comprendre l'organisation et être efficaces), à des départs non remplacés, à un manque

de personnel ou à un manque de visibilité sur la main d'œuvre des partenaires (notamment les Anglais).

En outre, le fait de mettre en place des mesures visant à atténuer les risques – si ceux-ci sont trop élevés – pourrait être expliqué de manière économique et sociale. Le lancement d'un satellite et une mission spatiale non-habité représentent peu de risque létal ; néanmoins, si un accident et/ou un problème au niveau du logiciel de traitement de données venait à survenir cela pourrait avoir des retombées financières et des impacts sur la réputation et la crédibilité des différentes entreprises, agences spatiales et centres de recherches qui ont participé à cette mission.

La perception et l'acceptation du risque proviennent de facteurs culturels et sociaux : *« Short argues that response to hazards is mediated by social influences transmitted by friends, family, fellow workers, and respected public officials. »* (Slovic, 1987, p. 281). Le concept de risque signifie donc des choses différentes selon les individus. Nous voyons sur notre terrain que cela diffère aussi selon les nationalités et les corps de métier. Le métier de qualicien sert à limiter les risques liés à la mission – qu'ils soient techniques, instrumentaux ou scientifiques (par rapport aux exigences scientifiques). Le groupe PA/QA (*Product Assurance and Quality Assurance*) du segment sol est donc là pour prendre en charge et limiter tous les risques liés au logiciel qui permettra le traitement des données :

« Souvent on réduit la qualité à : s'il manque une virgule ou répond au document type. Mais c'est plus important, c'est l'extraction et l'amélioration des documents. Notre but, c'est qu'en 2022 (la date du lancement d'Euclid à ce moment-là), on doit être sûr que le segment sol soit très bon et, pour cela, on doit être sûr des exigences, et même si c'est rarement le cas qu'il soit parfait, c'est le but. (...) le but c'est d'être prêt avant le tir, c'est une obsession, à chaque review, on voit ce qui est fait et ce qui reste à faire. Notre peur c'est qu'il manquerait un gros travail attendu par l'ESA. (...) Par exemple, on peut avoir un bon code mais qui manque de test unitaire. C'est une vérification d'une portion de code pour voir s'il fonctionne bien sans regarder les

exigences scientifiques. C'est un truc très technique qui teste toutes les fonctions et permet d'avoir une très bonne idée de la qualité du code. Quand cela est fait et dit que c'est bon, alors le logiciel est prêt à faire le travail. Cela permet d'avoir moins de risques, d'avoir moins de bugs car les logiciels peuvent avoir des bugs invisibles et on les voit quand le mal est fait et pour trouver l'origine du bug ça prend du temps et ça peut créer des tensions entre les entités comme le CNES et les labos et aussi entre les développeurs. » (Entretien n° 15, Euclid, Toulouse)

Dans cet extrait d'entretien, l'enquête fait référence aux risques liés au développement du logiciel de traitement de données. Il aborde l'importance de la vérification des codes développés en termes de qualité et d'exigences de ces derniers car cela permet de limiter les risques que le logiciel ne fonctionne pas comme il le devrait au moment de la réception des résultats.

6.2.2 La limitation des risques des instruments

Dans cette visée de limitation des risques techniques et technologiques, différents modèles de l'engin spatial sont fabriqués en amont du modèle de vol (*Flight Model* (FM)). Nous comptons deux types de modèles : l'*Engineering Model* (EM) et le *Qualification Model* (QM). Ce processus de construction permet de limiter les risques sur l'appareil qui sera envoyé dans l'espace comme en témoigne l'entretien suivant, réalisé auprès d'un ingénieur de recherche.

« Le modèle de qualification doit être le plus proche possible de celui envoyé dans l'espace. Il est soumis à des essais où il subit d'importants traumatismes pour voir s'il les supporte, le modèle de vol en subira aussi mais moins forts pour être sûr d'avoir une marge. (...) C'est la gestion quotidienne de choses pas parfaites. Ce qui est énormément important, c'est l'assurance qualité. On ouvre une fiche et pour clore l'incident ça monte dans la hiérarchie. Il y a une grande partie de l'effort sur l'histoire qualité et plus on fait des modèles avant celui de

vol, plus un certain nombre de problèmes apparaissent sur les modèles préliminaires. Ça permet que le modèle qui va voler aura moins de problèmes. » (Entretien n° 28, Euclid, Paris)

En effet, les anomalies relevées sur les différents modèles (EM ; QM et FM) sont de deux types. Elles sont soit liées à la production soit au fonctionnement et à la performance de l'instrument. Lorsque nous regardons l'évolution de ces anomalies (figure 37), celles-ci diminuent fortement de modèle en modèle – pour limiter les risques induits par l'instrumentation.

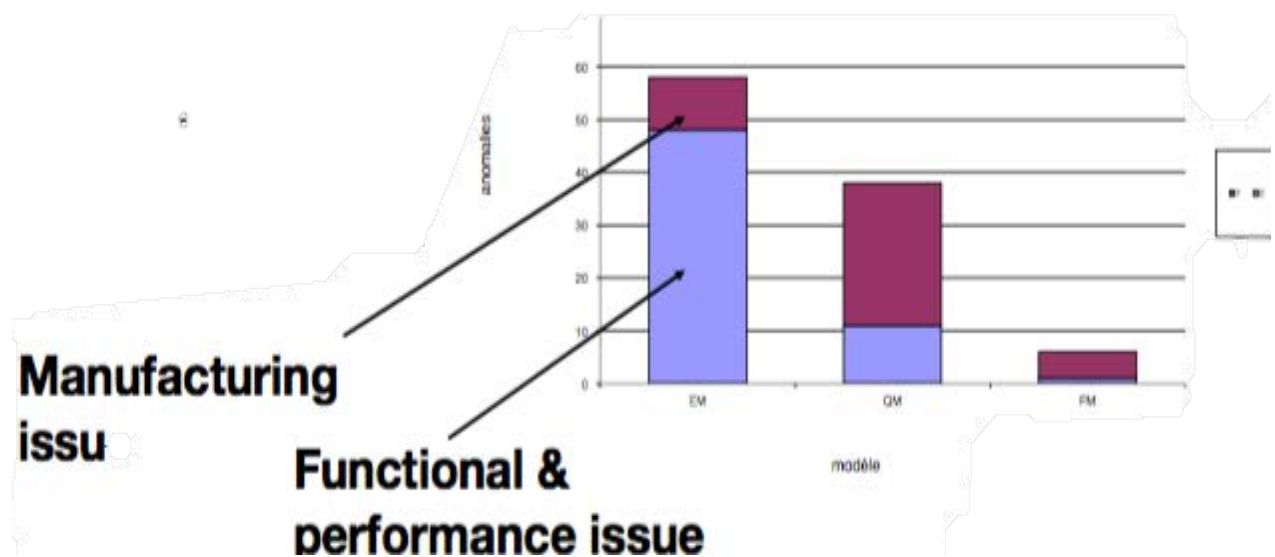


Figure 37 Évolution des anomalies en fonction du type de modèle testé⁹⁵

Il est à noter que les anomalies relevées pour l'EM sont majoritairement liées à la production alors qu'elles sont surtout liées au fonctionnement et à la performance pour le modèle de qualification. Le modèle de vol montrera certaines anomalies – surtout liées au fonctionnement et à la performance – mais significativement moins que les autres modèles. Cette volonté de limiter les risques de défectuosité est liée au fait qu'une fois le satellite lancé, les réparations seront impossibles – même si des ajustements des

⁹⁵ Source Jean Fontignie, « Product Assurance and Quality Assurance », présentation.

instruments seront possibles pour limiter les répercussions sur les données en cas de défaillance de certaines fonctions.

Cette logique de limitation des risques instrumentaux se retrouve, au préalable, dans le choix des composants utilisés. Ces éléments doivent passer des tests de qualification s'ils ne sont pas déjà qualifiés pour le spatial. Le processus entourant le choix des composants qui seront utilisés, est expliqué dans l'extrait d'entretien suivant, réalisé avec un ingénieur du consortium X-IFU :

« De base, le développement du circuit électronique nous restreint beaucoup pour choisir les composants. On cherche les références qualifiées, les références spatiales. S'ils ne sont pas assez bons, on prend du plus contraignant et on descend :

- 1. Spatial*
- 2. Militaire*
- 3. Commerce*

Quand nous ne le développons pas nous-mêmes, ce qui était le cas, on utilise celui du commerce et, si la composante est meilleure, là on décide de partir vers la qualification c'est-à-dire le test de radiation. Si ça, ça ne passe pas c'est mort, on voit si ça s'est dégradé. Ce test-là sert pour savoir si on reste sur ce composant. S'il passe le premier test de radiation alors il pourra devenir la baseline et après on lui fait passer les tests thermiques, vibrations et électroniques. » (Entretien n° 9, X-IFU, Toulouse)

Cet extrait permet de voir les logiques associées au choix des composants qui doivent suivre un cheminement plutôt strict. Pour développer un instrument, les ingénieurs et techniciens vont d'abord chercher des composants qui ont déjà été qualifiés pour le milieu spatial – c'est-à-dire qui sont en capacité de « survivre » dans ce milieu-là. Si le composant dont ils ont besoin n'existe pas pour les activités spatiales, ils vont chercher dans les composants qualifiés pour les activités militaires et enfin dans ceux du

commerce. Dans ces cas-là, ils doivent faire passer une série de tests pour chaque composant afin de s'assurer de sa capacité à résister dans l'espace et ainsi limiter les risques de défaillance liée à l'instrumentation. Cependant, cette visée à limiter les risques n'est pas synonyme de risque zéro malgré toutes les précautions qui sont prises durant la conception et le développement des instruments mais aussi l'incorporation de ceux-ci dans la structure du satellite.

Il en va de même pour que les instruments répondent aux exigences scientifiques - qui doivent absolument être respectées – comme en témoignent les extraits suivants :

« Euclid, c'est beaucoup de mesures précises, c'est une grosse collaboration pour quelques chiffres importants. Ce n'est pas la même chose que de poser un objet sur une planète ou quoi. Il y a des exigences pour chaque élément, il y a un besoin de précision car si on ne le tient pas, on ne pourra pas arriver aux exigences d'Euclid. (...) Pour les exigences, on prend des marges, par exemple pour une fusée de 2000 kg, au début on part sur un satellite de 1500 kg, donc avec 500 kg de marge, et on le découpe par petits morceaux avec des marges aussi. Comme ça, si on ne tient pas, on peut récupérer autre part. C'est pareil pour les exigences scientifiques, mais, après, il ne faut pas mettre trop de marge, sinon on n'utilise pas toute la capacité. Si l'objet ne remplit pas les exigences, c'est l'ECL qui tranche. Le cas classique c'est un truc qui ne fonctionne pas dans l'espace, on essaye de le rattraper au niveau du segment sol, il faut tout faire pour minimiser le problème, il faut vivre avec des choses qui ne sont pas parfaites. » (Entretien n° 28, Euclid, Paris)

Les exigences mises en place, au niveau technique et scientifique, permettent de limiter les risques liés aux missions spatiales. Au niveau technique, elles s'accompagnent de marges, en termes de poids, pour les différentes parties qui constitueront le satellite. Cela permet de s'assurer que la totalité du satellite n'excédera pas le poids qui était prédéterminé. Les marges au niveau scientifiques permettent, quant à elle, d'exprimer

une marge de manœuvre dans l'établissement des performances de l'instrument. L'élaboration des marges représente donc un procédé important dans la limitation des risques, lors de la conception des instruments, mais les individus doivent faire attention à ce que ces dernières ne soient pas trop grandes car cela pourrait impacter la qualité des données scientifiques. Le schéma ci-dessous met en lumière l'importance des exigences techniques et scientifiques mises en place dans les projets et leur importance dans la limitation des risques – notamment concernant la fonctionnalité des différents instruments :

Gold rule (Schmitt axiom)

- **Part I : What is not identified as a requirement is not verified**
- **Part II : what is not verified, don't expect it to work properly**
- **Part III : the early you verify, the lower consequences you have**

Figure 38 Le rôle des exigences⁹⁶

Le cas de l'instrument NISP

Le NISP est l'un des principaux instruments qui composent le satellite Euclid. Durant la phase de test du modèle de vol (flight mode), différents problèmes ont été repérés concernant les performances de l'instrument. Cette sous-partie permettra de mettre en lumière la gestion des risques au sein du consortium Euclid mais aussi à celui de l'*European Space Agency*.

⁹⁶ Source : Jean Fontignie, « *Product Assurance and Quality Assurance* », présentation

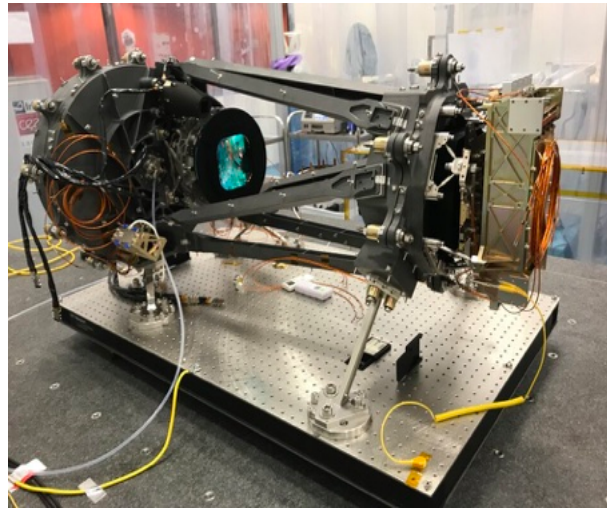


Figure 39 L'instrument NISP⁹⁷

Durant la phase de test dans des conditions de vide et de froid – qui a suivi l'intégration de l'instrument NISP dans le *Payload Model* (PLM) d'Euclid – la caméra de NISP a cessé de fonctionner. Le PLM⁹⁸ est la structure du satellite.

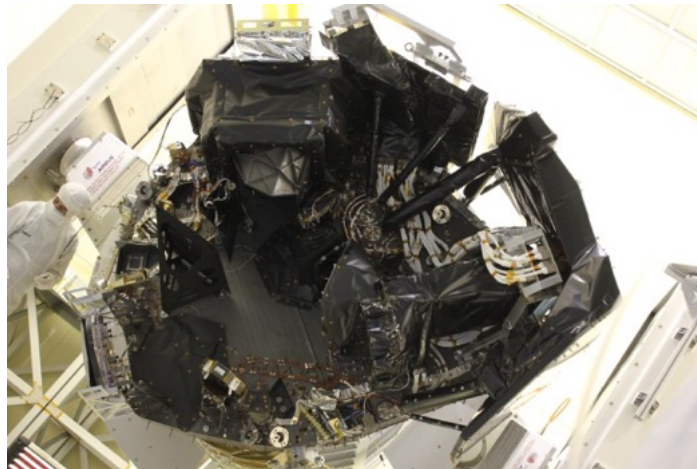


Figure 40 Le Payload Model (PLM) d'Euclid⁹⁹

⁹⁷ « Euclid's NISP Instrument », Euclid Consortium & NISP instrument team, 2020. Source : site internet de l'ESA (https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/Euclid_s_instruments), visité le 20/05/24.

⁹⁸ Le PLM est sous la responsabilité d'Airbus - Defence and Space.

⁹⁹ Source : photo du PLM d'Euclid prise le 21 Decembre 2020, copyright: Airbus Defence and Space – Toulouse. Site internet de l'ESA (<https://sci.esa.int/web/euclid/-/the-euclid-payload-module>), visité le 20/05/24

Le test réalisé, une fois que l'instrument est intégré à la structure du satellite, permet de voir la performance de l'instrument dans des conditions « réelles » c'est-à-dire au plus proche de celles qu'il rencontrera dans l'espace. Il se déroule au sein d'une « Thermal vacuum chamber ».



Figure 41 Chambre à vide thermique¹⁰⁰

Le problème rencontré est expliqué de la manière suivante par Paolo Strada qui est le Senior Instrument Engineer d'Euclid à l'ESA :

“Imagine having a nice digital camera. You take a picture, the image is good and you want to take another. But as you try to do that, the camera control is no longer responding: you cannot set the exposure, or release the shutter. The only way to take another picture is to restart, but after taking another picture the problem reoccurs.”
(Senior Instrument Engineer, Euclid, ESA)¹⁰¹

¹⁰⁰ « Thermal vacuum chamber », CSL, 2021. Source : site internet de l'ESA (https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/09/Thermal_vacuum_chamber), visité le 20/05/24.

¹⁰¹ Source : site internet de l'ESA (https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Tiger_Team_solves_mystery_of_Euclid_s_galaxy_speed_camera), visité le 20/05/2024

Ce dysfonctionnement disparaissait à température ambiante. L'ESA décida donc de mettre en place une *Tiger Team* pour comprendre l'origine du problème. Une *Tiger Team* est une équipe éphémère de différents spécialistes – ici des personnes de l'ESA et issues de l'industrie spatiale – qui ont pour objectif de résoudre un problème précis. Dans le cas de la caméra, il s'est avéré que le problème ne venait pas de l'instrument mais d'un bug du logiciel qui a été réparé par la suite. Ce bug n'avait pas d'effets dans les conditions « terrestres » mais il avait été amplifié par la forte baisse de la température lors des tests.

Tous les dysfonctionnements ne connaissent pas la même trajectoire que celui de la caméra. L'exemple suivant permet de mettre en avant la gestion d'un risque physique, c'est-à-dire lié à la construction de l'instrument. En effet, une autre partie de l'instrument NISP ne fonctionnait pas. Le dysfonctionnement se situait au niveau des GRISMs – qui sont reliés à la partie spectrométrique. Le GRISM « est un appareil d'optique constitué d'un réseau et d'un prisme à angle droit »¹⁰². L'instrument NISP est doté de 4 différents GRISMs pour pouvoir faire des observations dans le rouge et dans le bleu :

“In the spectrometer mode, the light of the observed target is dispersed by means of grisms covering the wavelength range of 930–1890 nm. In order to provide a flat resolution over the specified wavelength range, four grisms are mounted in a wheel. These four grisms yield three dispersion directions tilted against each other by 90° in order to reduce confusion from overlapping (due to slitless observing mode), but only 3 grisms are used; 2 red grism with 0° and 180° dispersion and one blue grism with 0° dispersion.”(Maciaszek et al., 2022, p. 3)

¹⁰² Source : site internet du CNRS

([https://images.cnrs.fr/photo/20140001_1413#:~:text=Un%20grism%20\(%22grating%20prism%22,un%20prisme%20%C3%A0%20angle%20droit\)](https://images.cnrs.fr/photo/20140001_1413#:~:text=Un%20grism%20(%22grating%20prism%22,un%20prisme%20%C3%A0%20angle%20droit),)), visité le 20/05/2024.

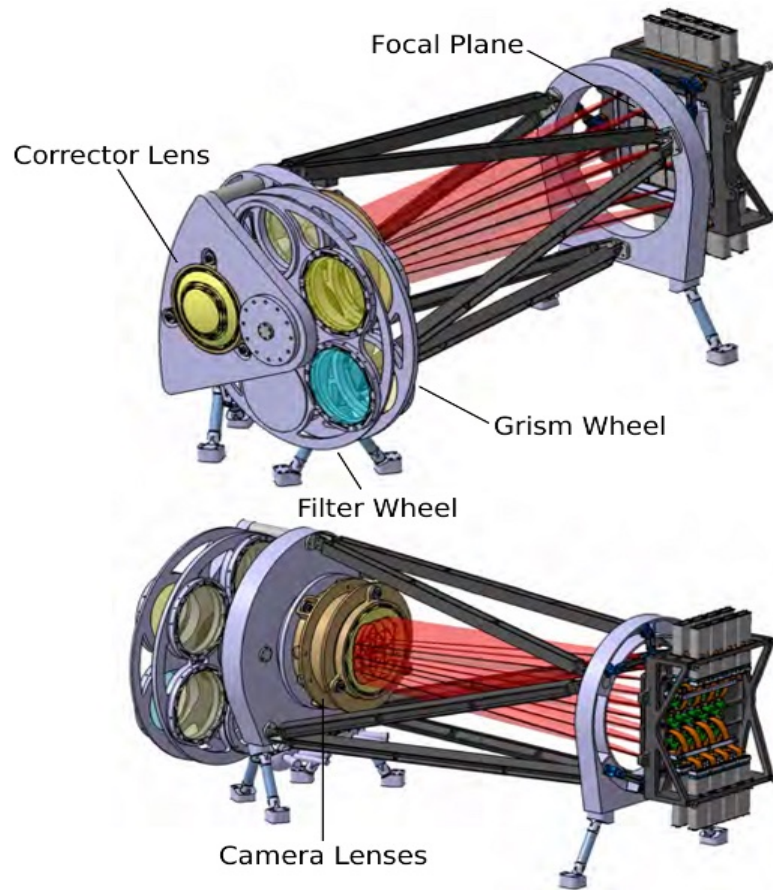


Figure 42 L'instrument NISP et les GRISMs¹⁰³

Le dysfonctionnement touchait un de ces GRISM qui avait un défaut de fabrication. Durant les réunions locales, il avait également été dit que tous les GRISMs avaient un défaut de fabrication mais qu'un seul impacterait la qualité de l'image. Une *Tiger Team* a été mise en place et de nombreuses simulations ont été faites pour essayer d'estimer les effets sur les attendus scientifiques que ce défaut pouvait avoir sur la mission.

¹⁰³ « NISP instrument », Euclid consortium, 2021. Source : site internet de l'ESA (https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/09/NISP_instrument), visité le 20/05/2024.

La question du GRISM est un sujet qui était récurrent dans les réunions locales Euclid car l'un des membres faisait partie du groupe NISP au sein du consortium. Très vite, l'hypothèse de la construction d'un nouveau GRISM a été écartée par l'ESA car cela aurait eu un effet conséquent – en termes de retard – pour la mission. La seule raison, selon l'agence spatiale européenne, qui aurait pu justifier de démonter l'instrument pour remplacer le GRISM aurait été que les objectifs scientifiques ne puissent pas être atteints.

Après plusieurs tests et simulations, il a été décidé que :

“The issue is due to a mismatch between mechanical and optical reference frame in the manufacturing design, which resulted in a wrong realization. After the test, a tiger team has been put in place. The conclusion is that the Grism 270° will be discarded from the observation, but the Grism 0° and the Grism 180° will be used with nominal and $\pm 4^\circ$ of rotation (see the NISP sequence observation in §2 and [14]). During NISP ground test, it has been demonstrated that using the Grism 0° and 180° at $\pm 4^\circ$ from their nominal position has no impact on the spectral performance. The new sequence of observation, without the Grism 270°, have equivalent completeness and purity performance. Therefore, no Grism 270° remanufacturing and replacement were implemented. » (Maciaszek et al., 2022, p. 18)

L'exemple du GRISM permet de mettre en avant la gestion des risques au sein des consortiums et de l'ESA. Les missions spatiales doivent s'adapter aux aléas techniques et scientifiques que la construction d'un satellite représente. Les missions spatiales sont des alliances entre la science et la technologie, ce qui demande parfois des compromis en termes scientifiques car l'impact technique pourrait être plus important comme le signale l'extrait d'entretien suivant :

“There was a problem with one of the cameras not performing... Some aspect of the camera didn't perform correctly during one of the tests and for that I'll just say that's why we do these tests and so it was caught, it was studied and ultimately we decided that that problem

wasn't severe enough that we had to replace anything or fix anything but they did have to do lots and lots of tests and studies and that's why we do these tests and studies and it's totally normal to have difficulties with putting together a space mission because typically what we're doing in a space mission is we're doing something technically challenging. So, the cameras for instance on Euclid are very very large cameras compared to what's been flown in space before. So, that means they're technically challenging to put together and it took a lot of efforts to build them and then once they're built, it takes a lot of testing to make sure that they work as designed (...) before and that's of course a very difficult decision and you might think oh it's better just to replace it but once you have the camera all put together and you want to replace a part inside you'd have to take everything apart to replace that part. And when you take everything apart, there's always a risk that you'll accidentally damage something else. There's also a long delay. It takes a very long time. It's not a few hours, it's months to take something apart and then put it back together because all the testing that has to happen. So, we ultimately decided not to replace that part because we hadn't seen the problem reoccur. But this is one of the difficult choices faced and anytime you're building a space mission.” (Entretien n° 39, Euclid, États-Unis)

La conception et la construction d’une mission telle qu’Euclid représentent un défi scientifique et technique. Certains aléas pendant la construction vont avoir des effets sur l’aspect scientifique. Il est alors nécessaire pour les différents acteurs concernés de prendre en compte les deux aspects avant de décider de la marche à suivre. Une défaillance aura potentiellement un impact sur les exigences scientifiques mais remplacer la partie défaillante peut entraîner des problèmes encore plus importants – au niveau technique et donc scientifique – et entraîner un fort retard dans la mission.

De plus, les missions scientifiques développées par les agences spatiales ont souvent des missions analogues émanant d’autres agences. Dans le cas d’Euclid, un enquêté a

mis en avant que le changement du GRISM serait revenu à « parier » avec le temps, dans le sens où cela aurait décalé le lancement et aurait potentiellement engendré le risque de perte de la « nouveauté scientifique » au profit de la mission développée par la NASA (*Nancy Grace Roman Space Telescope*). Il considérerait qu'il était préférable de parier sur l'absence de répétition du problème technique plutôt que sur la perte de la primauté scientifique.

Les missions scientifiques rencontrent donc des défaillances techniques et technologiques malgré les multiples dispositifs qui sont mis en place pour les limiter. Nous rentrons bien dans le modèle de la théorie de l'accident normal même s'il est question d'incident dans les cas que nous avons traités. La documentation a également un rôle dans la limitation des risques, il sera donc question de s'intéresser à la circulation de l'information dans ce type d'organisation.

6.2.3 La documentation comme remède aux dysfonctionnements ?

La circulation de l'information est un vecteur important de la sécurité et est également un bon indicateur du fonctionnement organisationnel. Ainsi, la capacité et la manière dont une organisation utilise les informations est aussi un reflet de la qualité de la performance de celle-ci. En d'autres termes, la circulation de l'information est vitale pour le bon fonctionnement d'une organisation (Westrum, 2014). Dans les consortiums scientifiques, la limitation des risques passe par l'élaboration de règles techniques. Elles concernent aussi bien les exigences en termes de documentation que des règles sur la qualité et le langage du code pour la partie SGS :

« Dans un grand programme, il faut imposer des règles communes comme des règles sur la qualité, les réunions, c'est très formaliste. Surtout quand on fait le travail de développement ensemble vu le lego monstrueux que c'est, on a besoin de règles sinon on ne s'en sort pas. Certains sont plus à même de définir les règles et il faut que tout le monde les respecte mais d'autres n'en ont rien à foutre car c'est trop long. » (Entretien n° 17, Euclid, Toulouse)

« Le CNES a imposé des règles sur la qualité du code et le langage du code. Les gens étaient très réticents à cela au début mais, maintenant, ils commencent à voir l'intérêt car le code est stable. » (Entretien n° 4, Euclid, Toulouse)

La documentation représenterait un moyen de limiter les risques liés aux ressources humaines, étant donné qu'il y a beaucoup de turn-over comme nous avons pu le voir précédemment. L'importance de la documentation est évoquée par un ingénieur dans l'extrait suivant :

« On a des difficultés à trouver des profils et la personne peut partir. C'est vrai dans tout domaine mais c'est compliqué là car on a beaucoup d'entrées, le développement est long et l'outil va être utilisé longtemps. Ce qu'on a développé maintenant ça va devoir fonctionner maintenant et si tout se passe bien dans 10-15 ans. » (Entretien n° 18, Euclid, Toulouse)

La documentation aurait également pour objectif de garder une trace écrite des activités entreprises par le consortium. Dans un contexte de fort turn-over, la documentation permet de transmettre les informations aux nouveaux arrivants sur ce qui a été fait, comment cela a été fait mais également les raisons de ces choix. Cependant, un problème récurrent a été soulevé par les différents membres : celui de ne pas trouver les informations nécessaires ainsi que les bonnes informations – celles qui sont à jour car il n'y a aucune personne qui est en charge de s'occuper de la maintenance des outils informatiques dédiés à la documentation tels que Redmind¹⁰⁴. La difficulté de trouver l'information couplée au caractère obsolète d'un grand nombre d'informations rajoutent des difficultés aux membres pour trouver l'information dont ils ont besoin.

“And I think it's partly due to the size of the collaboration. There are not easy ways to find out what is happening in a different part. So, we have a few centralized systems, there's a website with a wiki. You've

¹⁰⁴ Plateforme de gestion de projets.

probably heard about the Redmind. This is a central website, which is supposed to communicate within the collaboration, share results. In fact, this website is really difficult to navigate. And when you look at it, it's basically impossible to figure out where things are, how things are organized by just looking at the website.” (Entretien n° 23, Euclid, Milan)

Une bonne circulation des informations est nécessaire dans le cadre d’organisations regroupant tant de membres, d’autant plus que ces derniers sont géographiquement dispersés. Cependant, la multiplication des canaux de communication entraîne un éparpillement des différentes informations, complexifiant fortement la circulation, parmi les membres, de celles-ci.

Les problématiques liées à la communication et à la circulation de l’information sont bien connues de l’organisation qui a mis en place, en 2020, un comité portant dessus (*Euclid Consortium Information Channels Committee*). De ce comité est né un rapport en 2021 (*Euclid Consortium Information Channels Committee, 2021*) visant à améliorer la circulation de l’information dans le consortium. Les membres sont partis du constat qu’il y avait « une prolifération des sources d’information » et que la majorité n’était pas officielles et/ou à jour. Cela était couplé à un manque de communications et d’informations quant à l’usage des différents canaux. Les conséquences identifiées, pour la coopération, étaient multiples dont la difficulté à trouver les informations nécessaires à la réalisation des activités et un sentiment de frustration chez les membres – lié également au fait de dupliquer des choses qui existaient déjà. Le rapport alerta sur la possibilité que le manque de communication puisse nuire, sur du long terme, à la science.

Dans ce rapport, le comité part donc du principe que les membres devraient être en capacité de savoir où trouver les informations dont ils ont besoin et que la situation était propice à des risques au niveau de la communication et à un gaspillage des ressources. Il proposa donc une série de recommandations à mettre en place le plus rapidement possible. Parmi ces propositions, nous retrouvons le renouvellement et la restructuration du groupe en charge de la communication (EC COMS) ainsi que le recrutement d’un informaticien, d’un chargé de communication et d’un chercheur *senior* au sein du

consortium. Concernant le renouvellement du comité, le point le plus étonnant concernait la recommandation que le groupe soit majoritairement composé d'anglophones natifs car la langue officielle est l'anglais. Il était également question de revoir et d'améliorer le mécanisme de production des documents formels. En ce qui concerne les outils utilisés, il a été préconisé de réorganiser le Redmine – qui devra devenir le seul outil pour le management - et de limiter le nombre de *chats* à quatre (*general* ; *SGS* ; *SWGs* ; *meeting*). En effet, le comité avait dénombré une trentaine de groupes de discussions sur SLACK et Discord.

Nous avons aussi pu constater que la compréhension ou l'incompréhension des règles pouvaient relever de leur écriture dans le sens du vocabulaire employé ainsi que de la maîtrise de la langue anglaise par ceux qui les rédigent :

« Les règles doivent être complètement comprises et non ambiguës. Il y en a qui font des erreurs de bonne foi dû à un problème de maîtrise de langue. C'est les Français qui ont édité les règles donc dans un anglais très français. Donc les règles sont exploitées ou comprises à l'envers dû à un souci d'interprétation, les règles ne sont pas conformes. » (Entretien n° 17, Euclid, Toulouse)

La bonne circulation des informations mais également des règles est un critère cardinal permettant le bon déroulement de la coopération dans les consortiums scientifiques. Il est aussi indispensable que les règles soient précises et claires pour tous les participants.

* * *

Les missions scientifiques sont porteuses de peu de risques en termes de conséquences humaines – a contrario des missions habitées. Elles n'en restent pas moins des organisations porteuses de risques, techniques et technologiques, qu'elles se doivent de limiter. La limitation de ces risques passe donc par l'élaboration de règles et de procédures précises au sein de l'organisation. Néanmoins, de par la complexité des

systèmes sur lesquelles elles reposent, des défaillances imprévues surviennent malgré tous les dispositifs mis en place pour les éviter (NAT théorie).

Cela n'est pas également sans rappeler Andrew Schotter (Schotter, 1981) et sa théorie de l'information avec l'idée que les institutions seraient basées sur l'information et, plus précisément, son caractère inédit : « *l'expérience du passé est intégrée aux règles de l'institution de façon à guider les prévisions pour le futur* » (Douglas, 1989, p. 43). L'institution serait de ce fait une manière de réduire l'entropie, c'est à dire l'imprédictibilité de l'information et le degré de désorganisation. Les consortiums seraient d'une certaine manière des institutions en devenir puisqu'ils reposent sur une convention soutenue par des règles (Douglas, 1989).

Néanmoins, la multiplication et la non-maintenance de la documentation entraîneraient un certain flottement dans l'adoption des règles pour réduire les risques – les informations devenant un enjeu crucial dans les rapports de pouvoir. En effet, le discours a une place prédominante dans ce type de rapport et « *il faut admettre un jeu complexe et instable où le discours peut-être à la fois instrument et effet de pouvoir, mais aussi obstacle, butée, point de résistance et départ pour une stratégie opposée. Le discours véhicule et produit du pouvoir, il le renforce mais aussi le mine, l'expose, le rend fragile et permet de le barrer* » (Foucault, 1994, p. 133).

Chapitre 7 : Une formalisation du processus de publication

La publication d'articles représente un enjeu important pour les acteurs du monde académique. Cela est particulièrement mis en avant par l'expression relative au monde de la recherche : « publish or perish ». Il existe une injonction forte à publier le plus rapidement des résultats scientifiques mais également à les publier dans des revues ayant une visibilité importante – via le facteur d'impact (Garfield, 1972) – dans le domaine de recherche. Le nombre de publications et l'endroit où ces dernières sont publiées sont devenus des critères importants dans la carrière des chercheurs (Gingras, 2018b ; Pontille, 2002a, 2004) – en Europe et partout dans le monde.

Dans le cadre de coopérations scientifiques telles que celles que nous étudions, il devient primordial pour les acteurs d'encadrer le processus de publication. La publication des données représentant la finalité la plus importante pour les chercheurs qui sont investis dans ces organisations. Il s'agira de s'attarder sur les politiques de publication mises en place au sein d'Euclid et X-IFU.

7.1. Euclid et son dispositif de *tracking*

Un système d'adhésion avec une différence de niveau de contribution a été mis en place dont le principal facteur influençant le niveau d'appartenance est la contribution effective au projet. Cette différenciation est basée sur quatre niveaux : *Associate, Member, Core/Long Term Contributors, Founder*. L'adhésion à un niveau donné est accordée par l'ECB.

7.1.1. Des niveaux d'adhésion

Le document « *Euclid Consortium management plan* » (2013) a une section qui décrit l'ensemble des règles – adoptées par le conseil d'administration du consortium (*Euclid Consortium Board (ECB)*) – qui définissent les critères et le processus d'admission et de démission ainsi que les droits et les devoirs des membres du consortium. Le processus d'admission se fait via le comité d'adhésion au consortium Euclid (*Euclid Consortium Membership Committee (ECMC)*) qui est composé de 38 membres représentant toutes les composantes de la mission Euclid¹⁰⁵. Un système d'adhésion avec une différence de niveau de contribution a été mis en place dont le principal facteur influençant le niveau d'appartenance est la contribution effective au projet. Cette différenciation est basée sur quatre niveaux : *Associate, Member, Core/Long Term Contributors, and Founder* et dont l'adhésion à un niveau donné est accordée par l'ECB. Chaque niveau de *membership* accorde des droits différents en termes de signature pour les publications comme indiqué dans le tableau suivant :

¹⁰⁵ *the ECL and the EACSL; the ECB; the Project Managers; the Mission Survey Scientist; the VIS and NISP Instrument Scientists and the EC Science Ground Segment Scientist; the Science Working Groups (SGWs) Coordinators; the lead of the Communication Group.*

Level	Typical Contribution of EC full members work-years (WY) counts starting from the beginning of the project until mission completion.	Publication Rights
L4: Associate	. 0.5-2.0 WYs – Anyone who was or is currently EC full members lightly interested (small fraction of time) or post-doc working for a period, then leaving. L4 associate selected by ECMC.	. Only papers they effectively contribute to/write.
L3: Member	. >2.0 WYs – Anyone who was or is currently EC full members strongly interested (devoting a significant fraction of their time). May had or has some responsibilities in the project. L3 members selected by ECMC.	. All Primary Programme papers regardless the scientific, data or technical nature. + a fraction of papers (TBD) they wish in their scientific or technical areas (e.g. additional cosmology, legacy, SGS, Payload, COMs) in the current non-primary paper list;
L2: Long Term Contributors	. >4.0 WYs – Anyone who was or is currently EC full members who have Euclid as main project (spend a large fraction of time) and bear quite relevant responsibilities in the project. L2 contributors are selected by ECMC. . Include all past or present EC members with responsibilities in Euclid for at least 3 WYs since beginning of Phase-A. Selected by ECMC.	. All Primary Programme papers, regardless the scientific, data or technical nature; + all non-Primary papers of the current paper list they wish in their scientific or technical areas.
L1: Founder + LongTerm KEY Contributors	. Founders include past or present members with sustained positive contributions critical to the Euclid mission during the selection period. Founders will be decided by ECB members only. . Past or present Long Term KEY Contributors having at least 4.0 WYs of activity critical to the Euclid mission. May also include anyone the ECB would select. Can be proposed to ECB by ECMC.	All papers.

Table 1: Contribution Levels based on the number of Work-Year (WY) contribution of each individual integrated over N_{year} : $WY = FTE \times N_{\text{year}}$.

Figure 43 : Niveaux d'adhésion au consortium Euclid et droits de publication associés (Mellier, 2013, p. 74)

Ce système créant des niveaux d'adhésion fait écho aux propos de Mary Douglas (1989) sur les institutions comme étant créatrices de catégories et d'identités. Le consortium est composé d'une grande partie de chercheurs dont l'évaluation repose principalement sur les publications. L'*Euclid Consortium Board* a ainsi mis en place un dispositif technique de tracking qui permettra de définir ce niveau d'adhésion (*membership*) pour chaque membre selon ses implications.

7.1.2. La mise en place du logiciel de tracking

L'*Euclid Consortium Board* (ECB) avait créé un groupe temporaire, le « *tracking task force* » (TTF), qui était chargé de faire un rapport sur le dispositif envisagé. Le TTF n'avait qu'un rôle consultatif sur ce que devrait être ce dispositif et c'est l'ECB qui a été

chargé de le mettre en place. Il a donc été décidé que le travail des membres serait tracé en FTE (*Full Time Equivalent*). Les membres doivent déclarer, tous les six mois, combien de temps ils ont travaillé et sur quoi. Le suivi doit être fait pour chaque catégorie : « *with the categories being primarily the SWGs, instrument teams, SDCs, and OUs, but with the addition of a 'management' category that would include effort of the ECL, ECB, EST, ECEB, ECCG, SWG Coordination Group, Organisation Group, and other groups that manage the activities of the EC.* » Ce travail de « *reporting* » doit être accompagné d'un court texte (allant jusqu'à un paragraphe) décrivant leurs activités, pour chaque catégorie, et à quel effort cela se réfère. Lors de l'entrée sur le terrain en 2018, le logiciel venait d'être mis en place et rencontra de nombreuses critiques notamment sur le fait que celui-ci arrivait des années après le début du projet :

« Le tracking c'est bien si on le fait au jour le jour mais on demande de dire là ce qu'on a fait il y a 5-6 ans, je mets 20%. Je ne m'embête pas à chercher des infos que je n'ai peut-être pas. (...) A partir de maintenant c'est tous les 6 mois alors qu'avant il n'y en avait pas, donc je devrais retracer tout sur 6 ans. Je comprends cela mais je veux fuir cette lourdeur. » (Entretien n° 1, Euclid, Toulouse)

Ce logiciel est l'objet de nombreuses critiques de la part des enquêtés. Certains sont contre l'idée même d'un *tracking* et d'autres considèrent que ce dispositif est nécessaire mais qu'il est mal mis en place. Nombreux étaient les enquêtés convaincus qu'il finirait par disparaître ou être profondément modifié. Nous sommes en effet dans un dispositif foucauldien (Foucault, 2014) puisqu'il s'appuie sur des éléments discursifs (le rapport du TTF (le Tracking Task force) et le « *Euclid Consortium publication policy* ») et sur un dispositif technique (l'outil informatique de pistage). De plus, les membres peuvent être « *promus* » en fonction de leur investissement, ce qui s'apparente à un dispositif foucauldien car il classe les membres et repose sur un système de récompenses. Cela représente aussi un enjeu pour les publications puisque, lorsque les individus voudront signer une publication, leur demande passera par différents niveaux de validation et s'appuiera sur ce logiciel.

Les managers devront examiner ce suivi de travail de façon périodique pour vérifier ce qui a été déclaré et ils auront le droit de demander un changement d'adhésion – qui devra être validé par l'ECL. Néanmoins, le problème de la compartimentation et de la spécialisation poussées à l'extrême au sein du consortium Euclid, se répercute sur ce logiciel de tracking et notamment sur la validation des déclarations par les membres. Ce système de validation repose sur une chaîne de validations – à noter que seules les déclarations de l'ECL ne sont pas soumises à validation.

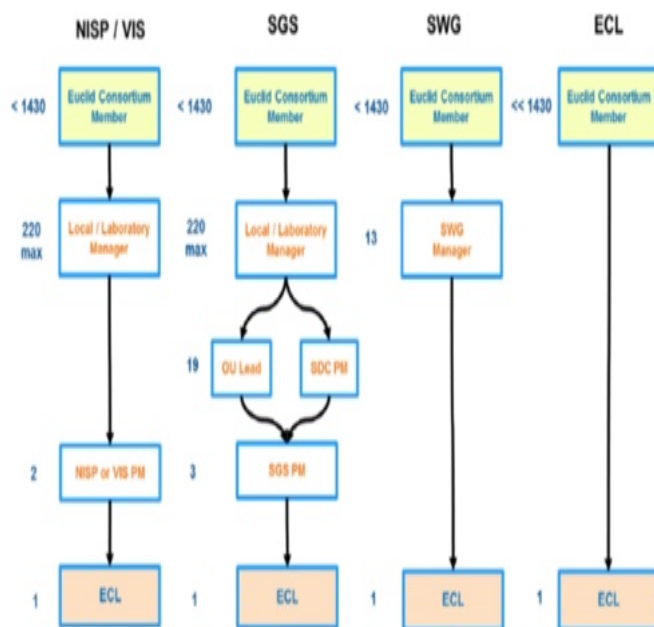


Figure 44 Processus de validation du tracking (Euclid consortium, 2016, p. 35)

7.1.3. L'absence de règles claires concernant la validation

Ce travail de validation de *tracking* est à plusieurs niveaux. Le responsable de projet au niveau local fait une première validation des *trackings*, qui est par la suite examinée par d'autres personnes. Ce modèle de validation en cascade a entraîné de nombreuses frustrations chez les enquêtés qui se retrouvaient avec leur « tracking » rejeté ou pas encore validé sans qu'ils n'en comprennent les raisons.

« Je n'ai aucune activité validée alors que je fais pas mal de choses dans chaque domaine. Mon tracking n'est pas validé alors qu'il y a

des personnes, leur tracking est évalué vite alors qu'ils ont pratiquement une implication zéro. C'est une situation pas saine, ça doit être fait de façon juste et carrée. (...) D'autres sont validés directement, il valait mieux ne rien faire. » (Entretien n° 5, Euclid, Toulouse)

Nous avons constaté que les différents groupes de travail s'organisaient différemment et cela se retrouverait également dans la manière de valider le *tracking*. De plus, nous avons pu constater une « absence » de règles en ce qui concerne le pourcentage de temps que représente chaque activité. Les individus auraient tendance à le remplir de manière subjective. En effet, comment peut-on quantifier de manière objective une activité telle que la participation à des téléconférences ou encore la rédaction d'un document ? Il en est de même pour les personnes en charge de la validation qui se retrouvent un peu désemparées face à des chiffres disparates, comme ces extraits d'entretiens nous le suggèrent :

« Comment marche le tracking, si ma déclaration est de 50% de mon temps sur Euclid car j'ai participé à des téléconf, des meetings ? La déclaration arrive à mon responsable qui dit « oui c'est vrai il a participé aux téléconf mais seulement ça, ça ne fait pas 50% du temps et donc je ne valide pas en FTE ». Dans d'autres pays, une personne va peut-être dire la même chose, ou il y a un coordinateur différent et il dit « oui c'est bon », ça provoque de la discrimination. Il y a aussi autres choses, la déclaration dépend des gens. Là je dois valider des FTE, on a une téléconf toutes les deux semaines, quelqu'un met 2% et l'autre 12% et la majorité est à 4-5%. Qu'est-ce que je dois faire ? Je ne vais pas accepter une déclaration à 12% et si j'accepte le 2%, il y a un facteur 10 de différence. Je n'ai pas encore fait la validation et je ne connais pas le mécanisme. Je voudrais contacter la personne pour lui dire qu'elle a déclaré trop ou pas assez, mais il n'y a pas cette possibilité. Si je dis non, le truc est bloqué jusqu'à ce que quelqu'un le débloque, c'est une complication excessive. Le tracking est nécessaire

mais il aurait fallu le prévoir. J'ai aussi eu des choses pas validées pendant 8 mois et je ne savais pas pourquoi c'était bloqué. J'ai dû écrire au gars du logiciel de tracking pour demander pourquoi. Il m'a répondu que c'était bloqué car je n'avais pas mis la justification dans une boîte. J'avais oublié, j'ai mis la justification et dans les 48h c'était validé. C'est compliqué pour un truc bête. L'idée est bonne mais l'implémentation n'est pas bonne. J'étais énervée, ça génère du stress et il n'y a pas de possibilité de contrôler mais il y a eu des ragots que quelques groupes ont dit n'importe quoi et cela a été validé et il y aurait des groupes qui ne valident presque rien. » (Entretien n° 19, Euclid, Milan)

« Le système de validation je le vois comme quelque chose avec lequel je ne suis pas d'accord donc je valide a priori oui. Je n'exerce pas de contrôle car je n'en ai pas les moyens. Le deuxième problème, c'est un système où les gens déclarent. Moi je suis en première ligne de validation et je n'ai pas les moyens de vérifier si les gens disent des choses vraies. Par contre, je refuse de valider sur la base de 5% pour la participation au consortium meeting. La simple participation ne contribue pas à la mission et ne justifie pas une déclaration dans le reporting. Je demande de me resoumettre une proposition. Si c'est 5% avec une déclaration plausible et acceptable, alors je valide. » (Entretien n° 31, Euclid, Paris)

Le dispositif de *tracking* est une originalité du consortium Euclid car il permet de soutenir et de mettre en œuvre la politique visant à classifier les membres en quatre catégories selon leur implication. Cette classification entraîne des droits distincts en termes de signatures des publications estampées Euclid. Cet outil technique met en exergue les dysfonctions organisationnelles que nous avons soulevées. En effet, les fortes compartimentation et spécialisation se retrouvent dans ce dispositif et plus particulièrement dans le système de validation. L'organisation différenciée des groupes et l'absence de règles claires sur le pourcentage de temps à allouer à chaque activité impactent les validations des membres car les activités ne se valent pas d'un groupe à

l'autre en fonction des individus en charge de la validation. Cette section nous a donc permis de présenter cet outil technique et sa mise en place au sein du consortium Euclid.

7.2. Les articles : la pierre angulaire de l'évaluation scientifique

La publication d'articles est au cœur du travail de chercheur puisqu'elle joue un rôle majeur dans le processus de recrutement et d'avancement de carrière dans cette profession. Les consortiums se dotent très rapidement de politiques de publication permettant de catégoriser les types d'articles publiés mais également de formaliser le processus de publication.

7.2.1. La signature scientifique

David Pontille (2002a, 2004) parle de la signature scientifique comme étant un espace hiérarchisé où les bonnes places seraient les premières mais aussi que l'ordre des signataires n'est pas neutre :

« En soulevant des questions aussi diverses que l'identité, la disposition des noms, l'écriture, l'autorité, l'énonciation, la taille et l'épaisseur des caractères, la place sociale des personnes, la responsabilité, ces situations donnent le ton. Elles présentent les pratiques qui entourent, guident, accompagnent un acte devenu complètement anodin et qui reste pourtant primordial : signer. Elles montrent que l'acte de signature est enchâssé dans une multitude d'activité qui organisent des signes, des matériaux et des valeurs, mais aussi des personnes et des institutions » (Pontille, 2002a, p. 23)

L'ordre de signature est un enjeu et sujet au débat pour les scientifiques car la place ne reflète pas la contribution à l'écriture puisqu'elle n'est pas toujours corrélée à l'investissement dans le papier. De plus, Yves Gingras (2018b) explique que faire partie

d'une communauté scientifique c'est principalement signer des articles dans une revue et non pas la possession d'un diplôme.

L'acte de signer un document – tel qu'une publication scientifique par exemple – permet, à la fois, de l'authentifier et de le valider. Ils sont donc inséparables l'un de l'autre (le document et la signature) (Fraenkel et Pontille, 2006).

« La signature des textes scientifiques garantit la paternité des énoncés et permet l'attribution du crédit. Pour cela, les chercheurs ont élaboré différentes conventions de signature selon les domaines, les circonstances de la situation, et les relations entretenues par les personnes (entre pairs, entre des chercheurs confirmés et des thésards). Le nom propre joue un rôle capital dans l'identification des contributions, qu'elles soient individuelles ou collectives. Il soutient l'évaluation des activités et la gestion des carrières. » (Fraenkel et Pontille, 2006, p. 113)

Le rôle de la signature scientifique est donc multiple, elle permet l'authentification des différentes productions scientifiques et d'évaluer les activités (individuelles et/ou collectives). L'avancée des carrières des chercheurs se basant également sur les publications créditées. De ce fait, *« La « lutte pour la vie » dans la cité scientifique trouve ici une forme d'expression singulière : elle se transforme en une lutte pour la visibilité »* (Pontille, 2002a, p. 77) Les chercheurs mettent en place des stratégies politiques pour maximiser leur profit scientifique (reconnaissance et visibilité) telles que des publications rapides de résultats partiellement contrôlés, des publications tardives, le choix du domaine de recherche ou de la revue où publier. Or, *« En signant leurs productions, les chercheurs prétendent faire une activité créatrice (découvrir des faits, produire des connaissances nouvelles) et, simultanément, ils engagent leur responsabilité dans leurs écrits, et ils peuvent être tenu de répondre publiquement de leurs actes »* (Pontille, 2002b, p. 36). La production scientifique se retrouve donc au cœur du travail des chercheurs mais aussi de leur évaluation – avec l'introduction de différentes métriques permettant de jauger l'impact que leurs contributions peuvent avoir.

7.2.2. L'évaluation de la recherche : une question de nombre ?

Dans son ouvrage *Citation analysis as tool in journal evaluation*, Eugene Garfield (1972) développe un indice, le facteur d'impact, qui permet de classer les revues en fonction de la fréquence des citations. Dans ce cas-là, les disparités entre le nombre de citations par articles publiés dans une revue ne sont pas prises en compte. En d'autres termes, le calcul est fait en prenant une revue comme un tout sans tenir compte du nombre de citations qui peut être différent d'un article à l'autre (Pontille et Torny, 2013). Les revues participèrent à sa légitimation et sa diffusion en mettant en avant « leur score » ce qui entraîna une hiérarchisation des revues – qui a eu, par la suite, un impact sur le choix de la revue par les chercheurs. En effet, cet outil fut repris par les commissions d'évaluation de l'activité scientifique qui s'en servirent comme instrument décisionnel dans l'évaluation de la production scientifique. Il devint également un outil de classement entre les universités, les laboratoires et les chercheurs. Les revues mettent, ainsi, en avant leur « score » ce qui a pour conséquence de renforcer leur légitimité et de pousser les auteurs à choisir stratégiquement dans quelles revues publier. À noter que seul le premier auteur est indexé pour le facteur d'impact et qu'il ne prend donc pas en compte le travail collectif.

Dès lors, l'évaluation scientifique reposera sur des logiques liées à la scientométrie et la bibliométrie. Plus précisément, elle s'appuiera sur des infrastructures informationnelles qui sont constituées d'algorithmes, de jeux de données et d'outils bibliométriques permettant de relier les deux précédents (Pontille et Torny, 2013). Cependant, « *Une fois élaborées, ces infrastructures informationnelles deviennent, pour une bonne part, invisibles, leur évidence partagée conduisant à l'effacement des opérations nécessaires à l'accomplissement de mesures ou de calculs.* » (Pontille et Torny, 2013, p. 28)

Pontille et Torny se sont penchés sur l'historicité et l'évolution des outils bibliométriques. Ils mettent ainsi en avant trois types de configurations. La première se caractérise par le monopole d'un acteur : l'Institute for Scientific Information (ISI) qui développa le *Journal of Citation Reports* (JCR). Ce dernier repose sur le calcul du facteur d'impact des revues. La deuxième configuration est marquée, notamment, par l'arrivée

de nouveaux acteurs dans les années 2000 – tels que Google et Elsevier – mettant fin au monopole de l’ISI. Elle se caractérise par l’introduction de nouvelles métriques dont le h-index qui a été développé par le physicien Jorge E. Hirsch (Hirsch, 2005). La troisième configuration est « *donc caractérisée par une multitude de jeux de données ouverts qui renvoient à des conceptions d’usagers fortement contrastées, non hiérarchisées entre elles. Du point de vue des algorithmes, on peut dégager une double tendance : d’une part, le recyclage et le raffinement des outils déjà présents dans les deux premières configurations et, d’autre part le comptage brut qui est incorporé dans de nouveaux outils bibliométriques (e.g. nombre de tweets).* » (Pontille et Torny, 2013, p. 53)

L’évaluation occupe donc une place de plus en plus prégnante dans le monde de la recherche, que ce soit au niveau national – où des organismes sont en charge d’évaluer les individus, les laboratoires et les établissements – ou que ce soit par le classement des revues scientifiques et des établissements (au niveau national et international) (Louvel, 2012). Les publications ont une place centrale dans l’évaluation des chercheurs, Yves Gingras (2018b, 2020) considère que l’article scientifique est ainsi passé d’une unité de connaissance à une unité comptable. Il met en avant un changement de logique entourant les publications. Avant, les publications scientifiques amenaient une reconnaissance symbolique ; l’accumulation de capital symbolique permettait à l’auteur l’accès à de nouvelles ressources. Le passage à l’utilisation de méthodes quantitatives pour évaluer les activités scientifiques est aujourd’hui accompagné d’une pression forte à publier et les articles sont ainsi devenus des unités comptables. En outre, il montre que le facteur d’impact des revues entraîne une plus grande importance aux revues dans les évaluations ce qui a pour effet de mettre plus en avant le lieu de publication plutôt que le contenu. Cela est également lié au fait que le taux de citation d’un article augmente dans les années qui suivent sa publication, les évaluateurs ont donc tendance à se fier à la revue dans laquelle il a été publié (comme étant gage de qualité) plutôt qu’au contenu en lui-même.

L’évaluation de la recherche repose donc sur deux mécanismes : le *peer-review* et les indicateurs bibliométriques. Paul Wouters (2020) démontre que les deux sont intrinsèquement liés car le premier repose sur l’évaluation qualitative d’une production scientifique par des pairs. Ces derniers sont, le plus souvent, des individus issus du même réseau de citation que l’auteur. Les comportements entourant les citations résultent

également de motivations intellectuelles et stratégiques car les individus ont conscience de l'importance des citations dans la carrière des chercheurs.

L'introduction des indicateurs bibliométriques – tels que le facteur d'impact ou le h-index – dans l'évaluation scientifique aurait eu pour conséquence d'accoler le principe de « impact or perish » à celui bien connu de « publish or perish » (Biagioli et Lippman, 2020). L'importance grandissante donnée à l'impact qu'auront les publications d'un chercheur pour sa carrière est également à mettre en lien avec de nouvelles formes de conduites professionnelles problématiques (Biagioli et Lippman, 2020 ; Fanelli, 2020 ; de Rijcke et Stöckelová, 2020 ; Wouters, 2020). Ainsi, aux comportements frauduleux liés à la création de l'article en lui-même (plagiat, falsification et fabrication) s'ajoutent ceux en lien avec la « post-production ».

“What they fail to grasp, however, are the new forms of manipulation that do not affect the epistemic status of a publication but take place around and outside the claims themselves like, for example, submitting fake peer reviews (often to publish in a higher impact factor journal than the article would have probably deserved), hacking journal databases (to manipulate the acceptance of one's article or to insert one's name in the authors' byline of an article already in press), setting up citation rings among authors (to maximize their personal citation counts) or among editors (to maximize their journals' impact factors), and so on. These may be called “post- production” manipulations in the sense that they concern the publication process and the impact of the claims, rather than a manipulation of the content of the publication.”(Biagioli et Lippman, 2020, p. 2)

La littérature scientifique a tendance à relier ce type de comportements à la pression à publier que les chercheurs subissent. Cependant, Danielle Fanelli relie plutôt ça à l'augmentation de la taille des collaborations et à l'éclatement géographique qui augmenterait le risque de comportement problématique ainsi qu'une tendance à l'allongement des publications scientifiques. Ce phénomène favoriserait, ce qu'il

nomme, le « sandwiching » c’est-à-dire le fait d’étoffer des articles avec beaucoup de données brutes et d’analyses secondaires.

“In conclusion, contrary to what is commonly argued in the literature, there is little direct evidence to suggest that pressures to publish have increasingly undermined the integrity of scientists. However, it is reasonable to hypothesize that such pressures might have contributed to alter scientists’ publication and collaboration practices. Scientists might be gaming metrics by “sandwiching” their negative results and “salami-slicing” not their publications, as commonly believed, but their collaborations. These strategies might have been effective to the point of going largely unnoticed by generations of scholars concerned by the negative effects of pressures to publish.” (Fanelli, 2020, p. 119)

Les publications revêtent donc un rôle central dans le travail des chercheurs dont la carrière repose sur l’évaluation de celles-ci. S’intéresser aux consortiums scientifiques implique donc de se pencher sur la question de la production scientifique – que ce soit les politiques ou les pratiques de publications à l’œuvre dans ce type d’organisation.

7.2.3. Les publications au sein de X-IFU

Le document concernant les politiques de publication ne concerne que la phase de conception et de développement de X-IFU. Elles seront rediscutées durant les phases de mise en service et d'exploitation. Les publications sont classées en trois catégories :

“Category 1. Publications reporting on the overall X-IFU consortium activities or on the overall X-IFU scientific performance.

Category 2. Publications reporting on any of the X-IFU activities within the perimeter of the X-IFU consortium or instrument tasks, which are presented as describing the X-IFU scientific or technical performance or part of it.

Category 3. Publications reporting on scientific or technical aspects that may be related or of application to the X-IFU, but which are not directly part of the activities within the perimeter of the X-IFU consortium or the X-IFU instrument development.” (Barcons et Barret, 2015, p. 4)

Chaque catégorie n’a pas les mêmes règles de publication. En effet, les publications de catégorie 1 doivent avoir l’approbation du PI avant soumission. Si elles traitent de la performance scientifique de l’instrument X-IFU, elles devront inclure les personnes du XCMT en tant que co-auteurs. Celles concernant les activités globales de X-IFU devront mettre en co-auteurs les membres du CoB. Le PI, en accord avec le XCMT, peut rajouter d’autres auteurs en reconnaissance de leur travail. Les publications relevant de la catégorie 2 devront aussi être approuvées par le PI. Les publications de catégorie 3 sont encouragées mais leurs auteurs ne doivent pas parler au nom du consortium (sinon ils relèveraient de la catégorie 1 ou 2) et il leur est demandé de le rapporter au PI avant leur publication.

En outre, chaque membre du consortium X-IFU qui a contribué à un développement spécifique doit être crédité en tant que co-auteur des publications rendant compte des résultats de cette contribution. L’équilibre entre les pays, les sexes et les instituts est encouragé, mais la liste des auteurs devrait toujours contenir les auteurs dans l’ordre de leur contribution aux résultats présentés dans la publication ou par ordre alphabétique. Un enquêté nous expliquait que le choix du premier auteur relevait de « *certaines mécanismes naturels* ». Généralement, le premier auteur effectue 80-90% du travail, il est donc difficile de le remettre en cause. Le choix du premier auteur se fait en amont. Il nous explique que dans le cas de la publication dont il est co-auteur, il y avait un thésard qui avait besoin d’être premier auteur. Les litiges entre les membres devront être adressés au PI qui, selon la gravité de la violation, proposera au CoB des mesures disciplinaires – telles que la suppression des droits d’auteur de la publication – lequel prendra une décision définitive.

Un *X-IFU Publication Board* (XPB) n'a pas été jugé nécessaire dans cette première phase du développement de l'*X-IFU*. Le XPB sera chargé, plus tard, d'examiner et éventuellement d'approuver le titre, la paternité et le contenu des publications nécessitant une approbation. Ce comité veillera à ce que l'auteur respecte les lignes directrices générales énoncées et les règles spécifiées pour chaque type de publication, qu'il reconnaisse le travail effectué par les autres membres et que le contenu est conforme à la compréhension actuelle de l'instrument et aux normes requises. Le XPB sera présidé par le PI et sera composé du PI, des deux Co-PIs, du *X-IFU Science Team Chair*, du *X-IFU Instrument scientist*, du *X-IFU System lead* et jusqu'à trois membres nommés pendant 3 ans par le CoB, sur proposition du PI. En attendant sa mise en place, c'est le PI qui s'occupe des tâches qui lui seront assignées.

7.2.4. Les publications au sein d'Euclid

Pour le consortium Euclid, la procédure de publication est plus complexe et mature que celle d'*X-IFU*. En effet, les papiers soumis par les membres passeront par différents niveaux de validation – tels que représentés dans le schéma ci-dessous.



Figure 3: Complete publication sequence of a publication project and refereed paper

Figure 45 Processus de publication dans le consortium Euclid (Mellier, 2016, p. 22)

Le processus de publication est donc particulièrement formalisé dans le consortium Euclid puisqu'un article passera une succession d'étapes avant de pouvoir être soumis à une revue scientifique. Ainsi, après que l'ECEB valide l'article – en fonction de plusieurs critères dont sa conformité et l'éligibilité des auteurs –, ce dernier sera publié sur le site interne du consortium qui les répertorie. Durant cette phase, les membres commenteront l'article et, éventuellement, demanderont de pouvoir signer l'article en question. Il a donc été mis en place un processus d'évaluation des articles avant que ces derniers ne soient

soumis à une revue. Cela correspond aux usages scientifiques, mais prend une forme très formalisée dans le cas que nous étudions. En effet, tous les individus qui demanderont à faire partie des signataires n'auront pas, systématiquement, participé à l'élaboration et l'écriture du papier en question. Cela rejoint les analyses de David Pontille, « *la signature d'un article scientifique n'implique aucunement l'écriture du texte : l'engagement décisif du signataire peut relever d'une multitude d'activités (recueil de données, maniement d'un instrument expérimental, conception de la recherche, élaboration d'une hypothèse, etc.) où l'écriture n'a pas la place absolue, suprême, qu'elle revêt dans la conception littéraire.* » (Pontille, 2004, p. 159)

La liste par défaut des auteurs admissibles sera donc composée des auteurs initiaux et principaux, quel que soit leur niveau de contribution, et des membres du consortium autorisés à être co-auteurs. La possibilité d'être co-auteur a été définie par *l'Euclid Consortium Editorial Board* (ECEB) suivant les droits de publication en lien avec le niveau de contribution (ou *membership*).

« *C'est normal que les publications correspondent au temps de travail/ d'investissement dans Euclid. Dans tous les groupes de travail, certains sont honnêtes, d'autres non. Qui va signer ? dans quel ordre ? c'est un sujet épineux. (...) Les niveaux de contribution, c'est bien pour un projet sur 15 ans.* » (Entretien n° 1, Euclid, Toulouse)

En ce qui concerne les publications en elles-mêmes, une distinction est faite entre trois différents types d'articles qui sont gérés par des ECPG (*Euclid Consortium Publication Group*) :

- **ECPG- Technical pour les Technical papers**
- **ECPG-Data release pour les data release papers,**
- **ECPG-Science pour les Scientific papers**

Tous les papiers doivent être le résultat d'un des deux types de projet de recherche qui ont été soumis, discutés et sélectionnés par l'ECPG : *primary programm* et *non-primary project initiatives*. Le contenu du programme primaire doit être approuvé par l'ECB et l'ESA et être conforme à la politique du *Science Management Plan* (SMP). Le

programme primaire a été défini dans la première phase de la mission Euclid, après l'adoption de celle-ci. Il peut être modifié et mis à jour pour maintenir les objectifs de la mission Euclid. La catégorie des projets de publication non primaires résulte d'initiatives d'individus ou de groupes d'individus au sein du consortium. Cela comprend toutes les idées scientifiques ou technologiques qui émergent à l'intérieur du consortium Euclid et qui ne sont pas inscrites dans le programme primaire.

Dans le cas où ce processus de publication n'est pas respecté, les membres impliqués pourraient perdre leur accès aux données et leur statut de membre. En outre, chaque projet de publication peut être réattribué à un autre groupe s'il est estimé que le projet est trop loin d'être achevé ou qu'il progresse trop lentement sans raisons apparentes. Cela a pour but de garantir que tous les projets de publication soient réalisés et complétés en temps voulu. De nombreuses répercussions négatives ont pu, néanmoins, être observées comme nous pouvons le voir dans cet extrait d'entretien :

« Le papier était censé être fini depuis 6 mois environ et on n'est pas près de finir. La pression augmente vraiment pour finir de publier et il y a parfois des choses pas très bien comprises, qu'on pourrait justifier un peu plus. Quand on parle avec le chef, il préfère publier même s'il n'est pas d'accord ou sûr à 100%. Cela est dû à la publication car la première année, c'était facile de communiquer et maintenant c'est plus compliqué. » (Entretien n° 2, Euclid, Toulouse)

Les politiques de publication de ces deux consortiums impliquent une catégorisation des différents types de papiers. Elles mettent également en avant les différences de maturité de ces deux organisations puisque Euclid a déjà un Euclid Consortium Editorial Board avec une procédure concernant les publications qui a été mise en place alors que pour X-IFU, le XPB n'a pas encore été jugé nécessaire. Cette partie a permis de comprendre l'importance des publications dans la communauté puisqu'un système de *membership* accordant des droits de publications différents a été mis en place.

7.3. Les publications un enjeu de visibilité ?

Il existe une injonction forte à être visible au niveau national et international (Wouters, 2020). L'importance accrue de la dimension internationale dans la recherche – que ce soit dans les politiques ou les critères d'évaluation – pousse et favorise l'internationalité et la visibilité internationale. Ceci instaurant une hiérarchie entre l'international, le national et le local (de Rijcke et Stöckelová, 2020).

7.3.1. L'avantage cumulatif

Le système de *membership*, mis en place par le consortium Euclid, entraîne une logique d'avantage cumulatif ou d'effet Saint-Mathieu (Merton, 1968). Il se caractérise par le fait que plus les individus qui publient sont reconnus et plus ils vont pouvoir publier et augmenter leur reconnaissance. Cela permet aux membres les plus élevés d'accumuler à la fois du capital scientifique – la reconnaissance par les pairs dont l'accumulation se fait par la production scientifique – et temporel (le pouvoir institutionnel) caractérisé par une emprise bureaucratique sur le champ (Bourdieu, 1975).

« Les gens qui travaillent au développement de la théorie de la relativité générale, c'est utile comme apport mais comment le compter comme apport pour le projet ? Le travail des doctorants est divisé par deux je ne vois pas très bien pourquoi ça ne s'applique qu'aux doctorants. (...) Dans le tracking, si on dit 50% du temps car même s'il y a une thèse Euclid, il faut écrire, aller en cours, s'ils sont à 100% du temps ce n'est pas à 100% mais ça s'applique aussi aux enseignants-chercheurs. (...) On voit bien que le système favorise les managers, tous les managers ont le droit de signer tous les papiers. »
(Entretien n° 31, Euclid, Paris)

Cette logique a pour effet d'entraîner une sorte d'effet Mathilda (Rossiter, 1993)– qui originellement caractérisait l'invisibilisation des femmes – puisque les doctorants voyaient, initialement, leur temps divisé par deux. Le constat étant que les temps ne se valent pas selon les membres. Cet effet Mathilda se retrouverait aussi au niveau des

professions puisqu'il y aurait une invisibilisation – au sein du consortium – du travail des ingénieurs mais d'une autre manière que pour celle des thésards. En effet, cette invisibilisation ne se ferait pas au niveau des FTE mais à celui de la validation des papiers et de leurs auteurs. Ces organes décisionnels doivent donc décider si les papiers soumis rentrent dans le cadre du consortium Euclid ou non. Or, il semblerait qu'il y ait un parti pris des scientifiques en défaveur des ingénieurs et que cette dérive serait le fruit d'une différence de culture professionnelle.

Cette hiérarchisation professionnelle (où les scientifiques se considéreraient « supérieurs » aux ingénieurs) serait exacerbée par le fait que les scientifiques sont majoritaires dans les postes à responsabilité et dans les organes décisionnels. De fait, les papiers des ingénieurs seraient plus difficilement estampables Euclid que ceux des scientifiques sans qu'il y ait de raisons manifestes à cela. Dans un entretien avec une chercheuse, elle évoquait cette situation de la manière suivante :

« Je ne comprends pas le problème avec les ingénieurs, il y a une perception diffuse que côté scientifique c'est plus noble mais c'est un « conscious bias » aussi. (...) Comme la majorité des postes de coordination c'est des scientifiques, ce qui dérive de l'organisation mise en place, il y a un « conscious bias » qui se reflète dans l'organisation comme dans les « publication policy ». Est-ce que c'est correct que la majorité des tâches ce soit des scientifiques ? Je dirais que, fondamentalement, oui mais il aurait fallu choisir des scientifiques un peu plus proches de l'expérimental, des gens qui ont déjà construit quelque chose. J'ai la sensation que les décisions sont effectuées par les scientifiques, ce n'est pas fait exprès. Je me suis trouvée dans ce type de situation, il y a un mois, quand on discutait de publications science ou méthodes, la majorité des publications sont techniques car on n'a pas encore de données et on ne peut pas faire plein de publications sur des données simulées. Sauf que dans le « publication board », il y a une majorité de scientifiques et ça s'est passé deux fois de suite que deux papiers différents qui présentaient des méthodes de traitement de données, les papiers techniques étaient

refusés sur la base que ce n'était pas des papiers Euclid car la méthode était applicable à Euclid mais aussi à autre chose. La première fois, je n'ai rien dit mais la deuxième fois, j'ai souligné que c'était la deuxième fois qu'on faisait le même type d'objection. La méthode est générale mais de là à dire que ce n'est pas un papier Euclid c'est un « conscient bias » car c'est développé pour Euclid et les personnes ne développent pas de méthode pour le plaisir. » (Entretien n° 19, Euclid, Milan)

Le comité de publication d'Euclid a donc tendance à favoriser les papiers plus théoriques et délaisser les papiers techniques qui sont perçus comme moins nobles et moins spécifiques à Euclid – car potentiellement généralisables à d'autres projets. Ce phénomène étant lié à une perception, portée par les chercheurs, de ce que devrait être un article scientifique. Dans l'article « Travailleurs de l'écrit, matières de l'information », Jérôme Denis et David Pontille mettent en avant trois principales formes d'invisibilité qui sont en lien avec : un statut social considéré comme inférieur ; la position des individus dans « un réseau sociotechnique ; « *la nature des tâches qu'ils accomplissent, considérées comme peu honorables ou peu respectables* » (Denis et Pontille, 2012, p. 8). Dans le cas des papiers techniques, les individus qui les portent sont plutôt perçus comme inférieurs aux chercheurs et le contenu de leur production scientifique comme peu noble en comparaison avec des papiers théoriques. L'accent sur la hiérarchisation des papiers se trouve également en amont du processus de publication, le développement de méthode est perçu comme peu noble car il n'est pas spécifique à Euclid et les articles portant sur ce sujet ne présentent pas de données scientifiques. Pour autant, sans ces méthodes d'analyses, les chercheurs ne seraient pas en capacité d'avoir, entre leurs mains, des données leur permettant de faire des analyses et de rédiger, à leur tour, des articles.

La suite de l'extrait met en avant la difficulté que les auteurs des papiers techniques peuvent rencontrer en cas de refus. Bien que cela leur permettrait d'avoir un article avec un nombre de co-signataires relativement bas – qui refléterait de manière plus réaliste les contributeurs –, cela aura également comme effet que cet article deviendrait plus difficilement publiable car il ne sera pas soutenu par un cas concret. En d'autres termes, la méthode ne pourra pas être affichée comme applicable pour la mission Euclid et donc perdra de sa « valeur » et de sa pertinence.

Pour les auteurs, l'avantage c'est que le papier est indépendant, il n'est pas signé par 100 mais par 5 personnes, mais il aura du mal à se faire accepter par un journal car ce n'est pas évident de publier une méthode si elle n'est pas appliquée à quelque chose, ce n'est pas intéressant. Mais d'un autre côté, du point de vue Euclid, ce n'est pas bon de ne pas publier une méthode qu'on utilisera ou qu'on envisage d'utiliser. » (Entretien n° 19, Euclid, Milan)

Ce processus d'invisibilisation se reflèterait également dans le choix des auteurs. Selon le niveau de membership, toutes les personnes ayant un niveau élevé de contribution pourraient signer pratiquement toutes les publications. Néanmoins, il semblerait que cela ne soit pas fait automatiquement et que ce soit au désavantage des techniciens ou ingénieurs comme en atteste ce passage :

« Les techniciens sont à 100% donc les FTE nécessaires ils les ont facilement mais ce qui n'est pas bon c'est que ce n'est pas encore mis en place alors que ça fait 2 ans que l'on en entend parler et 1 an que c'est prêt. Même s'ils ont le droit de signer les papiers, ils doivent dire physiquement oui, alors qu'on devrait le faire automatiquement pour les gens plus timides et éloignés mais aussi pour les jeunes. » (Entretien n° 19, Euclid, Milan)

Au processus d'invisibilisation des professions techniques, qui est à l'œuvre dans les consortiums scientifiques, s'ajouterait un processus d'auto-invisibilisation (ou d'autodisqualification) de ces mêmes professions. En effet, ils ne s'empareraient pas de leur droit à signer car il ne se sentiraient pas comme étant légitime à le faire. Ce même phénomène d'auto-invisibilisation pourrait se retrouver chez d'autres populations comme les femmes et les personnes en début de carrière (doctorants, post-doctorants).

7.3.2. Une recherche de visibilité nationale et institutionnelle

Dans la section traitant des responsabilités, nous avons pu constater que le choix des responsables par nationalité semblait être la norme dans les consortiums scientifiques et que cela serait dû à des enjeux de pouvoir liés à la visibilité (Tricoire, 2011b) via les institutions participantes – sur la scène nationale et internationale (de Rijcke et Stöckelová, 2020 ; Wouters, 2020). Ce besoin de visibilité se retrouve au sein du système de tracking puisque

« Le tracking c'est une grosse machine nécessaire même si au tout début il sert à essayer de voir la quantité de travail et d'argent pour chaque pays. Maintenant, l'institut fait un truc très technique qui disparaît dans la machine Euclid qui va produire la science mais chaque institution doit être rétribuée pour son implication car c'est important pour l'évaluation de l'institut. » ((Entretien n° 28, Euclid, Paris)

« The application tracks the activity of the various Euclid project users. The different elements used for this purpose are as follows:

- Member: each form represents a member of the Euclid project. The form enables members to access the platform and manage their personal information (email, password, etc.),*
- Country: reference base of countries participating in the Euclid project. In the tool, the country is the one of the institutes that pays the Euclid member. » (Euclid consortium, 2016, p. 5)*

Dans ces extraits nous pouvons voir l'importance de garder une trace pour les pays et les instituts. Il est à noter que le pays affilié à un membre est celui qui paye la personne pour sa contribution à Euclid.

* * *

Les consortiums scientifiques ont tendance à fortement encadrer le processus de publication. Cela passe par des politiques de publication qui posent un cadre formel concernant la rédaction et la publication d'articles par les membres de ces organisations ainsi que la mise en place d'organes dédiés à ces questions. Le logiciel de *tracking* mis en place au sein d'Euclid pousse cette formalisation à l'extrême. En effet, cet outil permet de classer les membres de la coopération selon leur implication. Il repose sur un système déclaratif où la déclaration de chaque membre est validée successivement dans une logique *bottom-up*. Il a été constaté une absence de règles claires et unifiées en ce qui concerne l'ensemble du dispositif de *tracking* – de la déclaration à la validation – laissant les membres perplexes vis-à-vis de celui-ci. La politique de publication au sein d'Euclid s'appuie en grande partie sur cet outil puisque chaque niveau d'adhésion confère des droits spécifiques au regard de la signature d'articles.

Chapitre 8 :

Une analyse statistique des publications du consortium Euclid

De manière générale, l'évaluation occupe une place prégnante dans la recherche (Louvel, 2012 ; Gingras 2018b, 2020). Les publications tendent à être le principal pilier permettant d'évaluer le travail d'un chercheur ainsi que l'impact généré par celui-ci. Dès lors, les publications revêtent un enjeu précieux dans les coopérations scientifique.

Plus que l'ordre de signature (Pontille, 2004), nous verrons que le statut de cette dernière n'est pas anodin et s'inscrit dans un processus plus large de mise en place de niveaux d'adhésion au sein du consortium Euclid. Les auteurs étant divisés en deux groupes distincts : ceux des leads et des éligibles. Ces derniers ayant acquis le droit de signer grâce à leur niveau de membership. L'analyse statistique des publications au sein d'Euclid permettra de mettre en lumière la répartition géographique des signatures et des signataires. En d'autres termes, Quel est l'impact de ce dispositif ? Joue-t-il de la même façon pour tous les pays ou toutes les institutions ?

8.1. Euclid : Les publications comme objet d'étude

Les consortiums scientifiques formalisent très fortement le processus de publications. Cela passe par des politiques de publication qui posent un cadre formel concernant la rédaction et la publication d'articles par les membres de ces organisations. Le logiciel de *tracking* mis en place au sein d'Euclid pousse cette formalisation à l'extrême en instaurant une hiérarchisation des membres où chaque statut alloue des droits spécifiques au regard de la signature d'articles. Comme nous l'avons vu, les signatures sont elle-même divisées en deux statuts distincts : *lead* et *eligible*. Ce dernier statut permet à des membres de signer des articles alors qu'ils n'ont pas participé à l'élaboration de l'article en question. Ils ont ainsi acquis le droit de signer grâce à leur niveau de *membership*.

8.1.1. Des publications difficiles à analyser

Le nombre de publications affiliées officiellement à Euclid ne cesse d'augmenter. Elles ne sont pour autant pas faciles à comptabiliser, pour nous comme pour les membres du projet. Cette augmentation pourrait être expliquée par l'activité croissante du consortium à l'approche du lancement de la mission – qui a eu lieu en juillet 2023 –, puis lors de ses premiers résultats. L'année 2024 est ainsi marquée par un numéro spécial « *Euclid on Sky* » dans la revue « *Astronomy & Astrophysics* ». Ce numéro comporte 15 articles¹⁰⁶ présentant la mission, les instruments ainsi qu'une première publication des observations (*Early Release Observations* (ERO)). Le programme ERO comprend une journée d'observations permettant de présenter les capacités en termes d'imagerie d'Euclid. Ces observations concernent la science héritée (*legacy science*) et sont les premières données et images émanant de cette mission¹⁰⁷.

Dans le cadre de cette recherche, nous nous sommes intéressés à 110 des 111 articles publiés par le consortium Euclid durant la période 2019-2024. Ils sont répartis ainsi selon les années :

¹⁰⁶ Dont un *Flagship Paper* et quatorze *Key Project Paper*.

¹⁰⁷ Source : site internet de l'ESA (<https://www.cosmos.esa.int/web/euclid/ero-public-release>), visité le 5/06/2025

Années	Nombre de publications
2019	4
2020	10
2021	14
2022	18
2023	16
2024	48

Figure 46 Publications Euclid 2019-2024

Il importe tout d'abord de noter que cette étude n'a rien eu de facile. Étudier les publications du consortium Euclid a posé des questions en termes de méthodologie. Une distinction a été opérée entre les signatures et les signataires de ces signatures. L'objectif affiché était de questionner le lien entre les signatures et l'affiliation géographique des signataires. Cependant, un grand nombre de chercheurs ont des affiliations institutionnelles multiples. Il a donc été décidé de s'intéresser aux aires géographiques plutôt qu'aux institutions puisqu'il n'est pas rare qu'un chercheur affiche une affiliation à une université et à un laboratoire d'une même ville.

Les affiliations multiples peuvent également être liées à des aires géographiques différentes (pays ou villes). Ici, réside la principale difficulté rencontrée dans l'élaboration du protocole d'étude des publications. Dans les cas d'affiliations multiples, seule la première affiliation a été recensée pour les signatures et l'affiliation la plus récurrente – ou la plus récente si le signataire comptabilise deux signatures – a été choisie. Cette situation, où la première affiliation fluctue d'une signature à une autre, touche 68 des 1104 signataires – soit 6,4% de l'ensemble de l'échantillon – en ce qui concerne l'affiliation nationale.

L'aire géographique a également représenté une autre difficulté. Le choix a été fait de regrouper les villes et leurs banlieues pour des soucis de lisibilité¹⁰⁸. 126 (11,4%)

¹⁰⁸ Les regroupements ont été effectués de la manière suivante : Garching avec Munich ; Leimen, Schwetzingen avec Heidelberg ; Surrey, Chelmsford et Guildford avec Londres ; Orsay, Meudon et Gif-sur-Yvette avec Paris ; Bellaterra avec Barcelone ; Pino Torinese avec Turin ; Monteporzio Catone avec Rome ; Villeurbanne avec Lyon.

individus affichent différentes affiliations intranationales. Les changements d'affiliations peuvent être expliqué par des appartenances multiples ainsi que par des mobilités géographiques (obtention d'un post-doctorat, mutation, etc.).

Autrement dit, le recensement des publications par les membres d'une coopération scientifique, n'est en rien automatique. Les difficultés que nous venons de décrire se posent également à eux. Ensuite, la littérature scientifique sur les publications, qui a considérablement enrichi nos connaissances sur les normes selon les disciplines en matière de signature, et mis en lumière les conventions suivies par les chercheurs, nous semble minorer, voire parfois ignorer, les difficultés que nous avons rencontrées, et les bricolages auxquels elles donnent lieu.

8.1.2. Les types de publications

On peut distinguer trois types d'articles :

- Les *Flagship papers* qui présentent les principaux – et plus importants – résultats de la mission.
- Les *Key Project papers* correspondent aux articles répondant aux principaux objectifs de la mission.
- Les *Standard Project papers* vont plutôt se pencher sur les aspects secondaires – qu'ils soient scientifiques ou techniques.

À l'heure actuelle, il n'existe qu'un seul *Flagship paper* (*Euclid: I. Overview of the Euclid mission*) qui présente une vue d'ensemble de la mission Euclid et dont le premier auteur est Yannick Mellier (l'ECL). La particularité de ce type de publication réside dans l'ordre des signatures – tous les auteurs sont listés par ordre alphabétique. Nous n'avons pas pris en compte cet article dans l'analyse statistique de par son statut très particulier et son caractère unique, mais il est bien sûr important de le présenter car il illustre la volonté de donner le statut d'auteur à des contributeurs au projet mais non à l'article lui-même.

A contrario, pour les KPP et les SPP, les signatures sont divisées en plusieurs groupes en fonction du statut des signataires ou de leur contribution au projet. Les signataires ainsi que leur ordre ne reflètent donc pas seulement leur contribution effective (Pontille, 2004).

“With the exception of 'Flagship papers', which will contain the most central results from the mission and for which the author list will be strictly alphabetical, all other publications will show tiers of authors. The first of such tiers consists of those people who worked directly on, and wrote the paper. The ordering of lead authors is decided by lead authors themselves. Then, following this group of lead authors are one or more alphabetically ordered tiers of authors who are eligible for authorship because of their multi-year contribution to the Euclid project: starting with the Founders and Builders; followed by people with more than an equivalent 4-year work for the project; people with more than an equivalent 2-year work for the project; and possibly a tier with other authors who helped to improve the manuscript (e.g., internal reviewers).”¹⁰⁹

En s’intéressant à la répartition des types de publication, nous pouvons constater que les articles faisant partie des « Key Project papers » sont, de manière générale, le type d’articles le plus fréquent au sein du consortium Euclid.

¹⁰⁹ Source : site internet du consortium Euclid (<https://www.euclid-ec.org/science/publications/>), visité le 5/06/2025

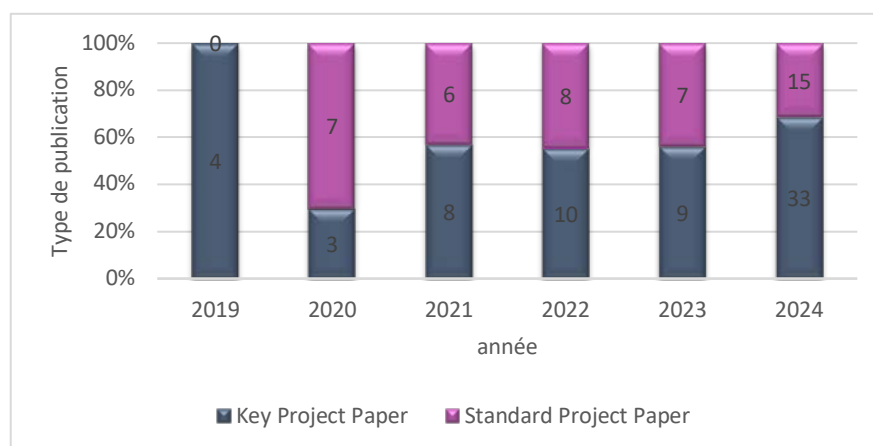


Figure 47 Répartition du type de publication (2019-2024)

Le nombre d'articles affilié au consortium Euclid ne cesse d'augmenter et la part des publications faisant partie des *Key Project* a tendance à être la plus importante puisqu'elle équivaut à environ 74% de l'ensemble des publications de la période étudiée. Il est également important de noter que sur ce type de publications, le nom des auteurs est précédé par la mention « *Euclid Collaboration* » alors que cette dernière n'est pas présente dans le cas des publications de type *Standard Project*.

8.2. Les signatures et les signataires : une distinction importante

L'étude de ces publications a permis de mettre en avant la répartition des signatures et des signataires par pays. Nous opérons une distinction entre les signatures et les signataires puisque certains individus ont signé plusieurs articles sur la période étudiée. Ainsi, le nombre total de signatures s'élève à 19 960 pour 1 104 signataires – répartis sur 31 pays.

8.2.1. Une répartition géographique différenciée des signatures et signataires

Ce sont globalement les pays qui ont contribué le plus au développement de la mission (Allemagne, France, Italie, Royaume-Uni) qui sont le plus présents en termes de

signatures (figure 47) et de signataires (figure 48). L'Italie a les parts de signatures (35,6%) et de signataires (23,6%) les plus élevées. La part des Français signataires s'élève à 18,4% et leurs signatures équivalent à 15,3%. Les Allemands représentent 9,5% des signataires et 10,5% des signatures. Le Royaume-Uni représente 13,8% des signataires et 7,8% des signatures. La part des signatures espagnoles équivaut à 7,5% et la part des signataires représente 7,4%. Ces cinq pays regroupent à eux-seuls 76,7% des signatures et 72,7% des signataires des publications Euclid durant la période allant de 2019 à 2024. Il existe donc une forte disparité entre les pays participants puisque cinq pays – sur les trente et un présents en termes de signatures – représentent la grande majorité des signataires et des signatures. Par conséquent, bien que la coopération soit très internationale, les signatures semblent surtout se concentrer sur ces cinq pays [Annexe 2].

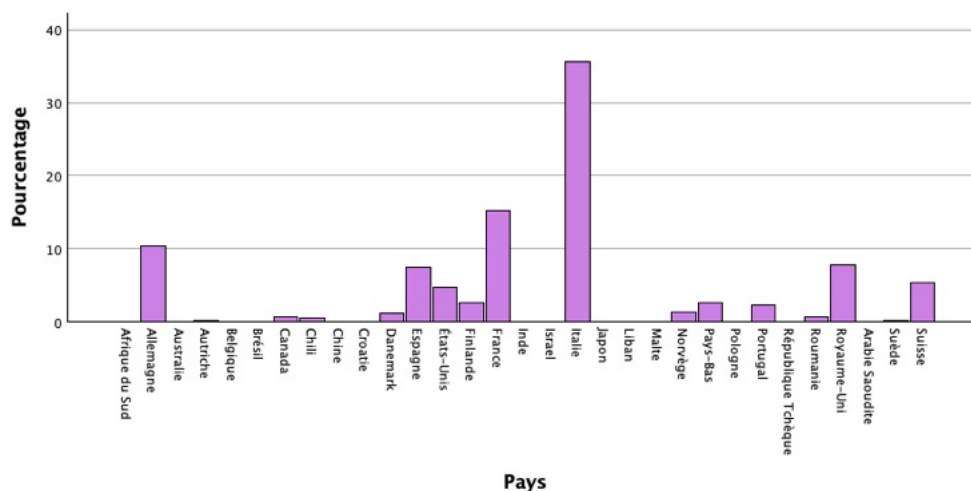


Figure 48 Répartition des signatures par pays

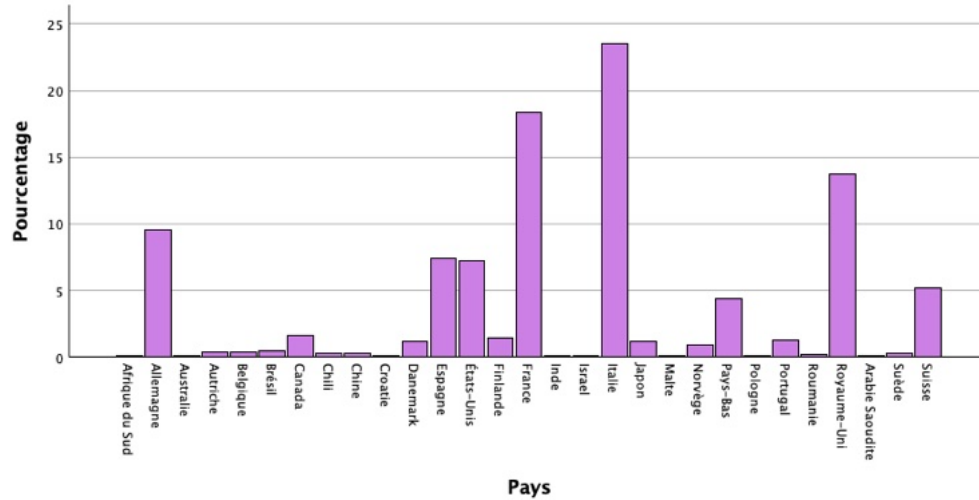


Figure 49 Répartition des signataires par pays

Cependant, nous remarquerons un certain écart entre la part des signatures et des signataires au sein des pays. L'Allemagne et l'Italie ont une part de signatures qui est plus importante que celle de leurs signataires, à l'inverse de la France et du Royaume-Uni. Il apparaît donc que certains pays voient augmenter leur volume en termes de signatures dans les publications tandis que d'autres voient, *a contrario*, leur pourcentage diminuer. Par exemple, l'Italie indique un total de 35,6% des signatures – soit 7101 signatures – alors qu'elle représente 23,2% des signataires soit 260 individus. Ce phénomène s'explique par la publication de plusieurs articles par un même chercheur. A contrario, le Royaume-Uni représente 8,9% des signatures alors que le total de ses signataires s'élève à 13,8%.

8.2.2. Les différents statuts et leur répartition pas pays

Il est également important de s'intéresser au statut des signatures – qui sont divisées en deux groupes : celui des éligibles à la signature et celui des participants à l'élaboration et la rédaction de l'article. Le groupe des *éligibles* est principalement rendu possible par le dispositif de *tracking* qui permet d'accéder à différents statuts ouvrant ensuite des droits en termes de signatures. Sur l'ensemble des signatures étudiés, la part des

signatures *eligible* correspond à 88,8% (soit 17 722 signatures) tandis que la part de *lead* est de 12,2% (2 238 signatures).

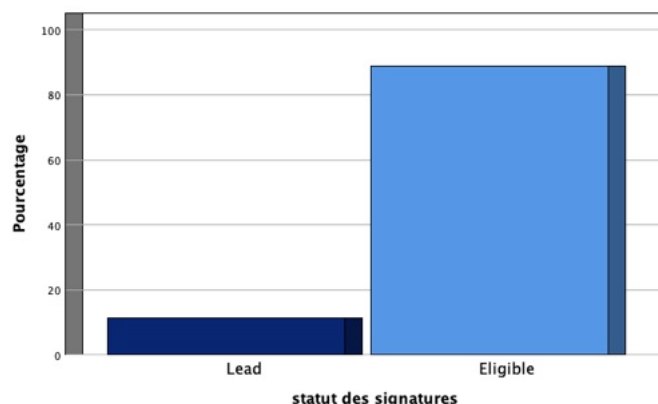


Figure 50 Usage du statut « Lead » et « Eligible » dans les signatures (2019-2024)

Nous pouvons voir dans le graphique ci-dessous que la part de signatures *eligibles* ne cesse d’augmenter au fil des années. En l’espace de 5 ans, elle a augmenté de 22,1 points, atteignant 89,5 % en 2024 contre 67,4 % en 2019 [Annexe 3]. Cette augmentation est à mettre en lien avec mise en place du *tracking* en 2018 par le consortium Euclid. La progression continue de la part de signatures *eligible* pourrait être expliquée par une appropriation progressive des droits octroyés – en termes de signatures – en fonction des différents niveaux d’adhésion.

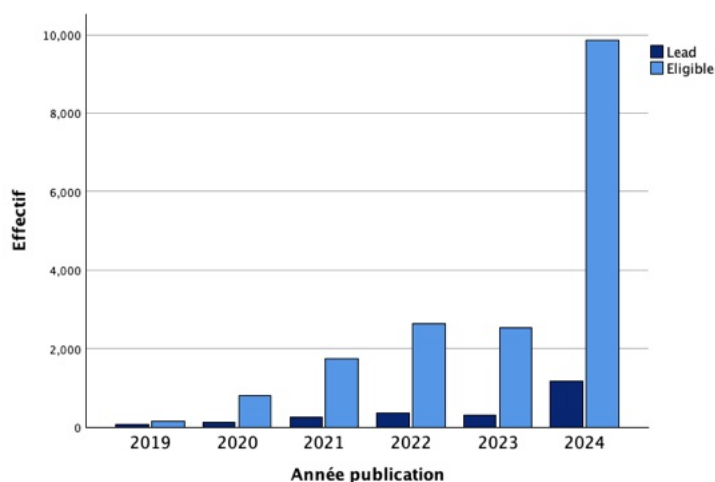


Figure 51 Répartition des statuts selon les années

En regardant de plus près les statuts des signatures et leur répartition en fonction des pays, nous pouvons voir qu'on retrouve de nouveau les pays qui ont contribué le plus au projet parmi ceux qui signent grâce à l'éligibilité que permet le dispositif de *tracking*. Ainsi, les signatures italiennes sont à 91,1% permises grâce au statut d'éligible et représentent 36,5% de toutes les signatures éligibles tandis que les signatures italiennes liées à la rédaction d'articles équivalent à 28,2% de toutes les signatures des groupes qui ont contribué aux articles. La part des signatures *leads* et *eligibles* françaises correspond respectivement à 17,8% et 14,9%. Le Royaume-Uni compte 12,2% des signatures *leads* et 7,2% de celles *eligibles*. Les signatures allemandes équivalent à 9,3% des *leads* et 10,6% des *eligibles*. Alors que 7,9% des signatures *leads* et 7,5% de celles *eligibles* sont espagnoles. Nous noterons que parmi ces pays, seul le Royaume-Uni a une part de signatures *leads* supérieure à celle des *eligibles*. A contrario, l'utilisation du statut *eligible* est la plus importante du côté des signatures italiennes – avec un écart de 8,3 points entre les deux statuts.

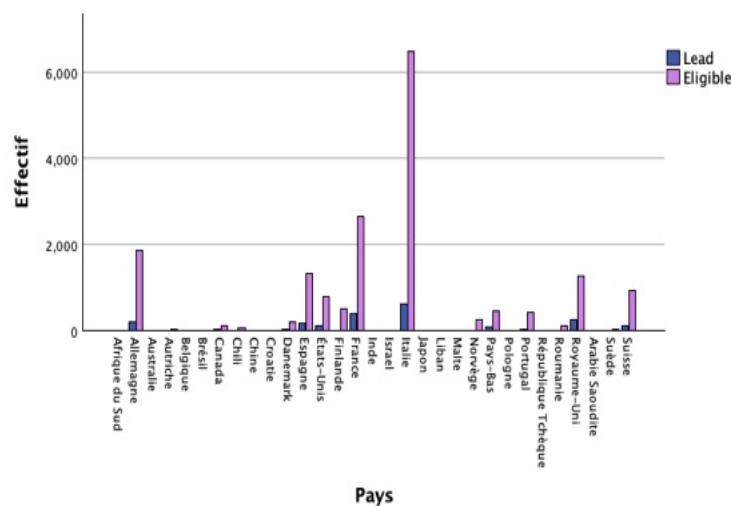


Figure 52 Répartition des statuts selon les pays durant la période 2019-2022

Il serait donc pertinent de s'intéresser à ces cinq pays ainsi qu'à la répartition géographique des signataires dans chacun de ces pays. Nous avons pu voir dans cette

section qu'ils pays regroupaient le plus de signataires et de signatures, mais existe-t-il un lien statistique entre le nombre de publications et la nationalité des participants ?

8.3. Publications : des logiques nationales ?

La part des signataires, des signatures ainsi que l'utilisation des différents statuts varie selon les pays. Cependant, cela atteste-t-il l'existence d'un lien statistique entre le nombre total de publications (ou le statut mobilisé) et l'appartenance géographique ?

8.3.1. Une description statistique des signataires

Lorsque nous nous intéressons au nombre de publications par signataire en prenant en compte tous les pays, la moyenne est de 18,07 publications tandis que la médiane est de 2 publications, c'est-à-dire que 50% des signataires ont signé 2 articles ou moins – tous les statuts confondus. Le troisième quartile est de 20 publications c'est-à-dire que 75% de la population a signé moins de 20 articles. À noter que le maximum d'articles signés par une personne est de 109. Il existe donc une forte dispersion du nombre de publications signées dans la population des signataires. [Annexe 4]

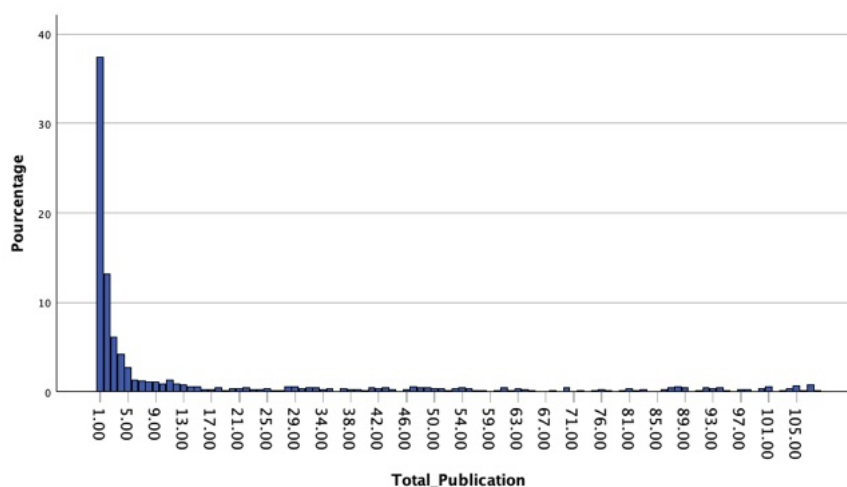


Figure 53 Répartition du nombre de signature par signataire

Le nombre de publications par signataire varie également selon le statut des signatures. En moyenne, les signataires ont 2,02 signatures avec le statut lead et 16,05 avec celui d'*eligible*. Les médianes se situent respectivement à hauteur de 1 et de 0. En d'autres

termes, 50% des signataires ont signé 1 article ou moins et 0 en *eligible*. Le troisième quartile est respectivement de 2 et 18 publications, c'est-à-dire que 75% de la population a signé moins de 19 articles avec le statut *eligible*. À noter que le maximum d'articles signés par une personne avec le statut *eligible* est de 108 et 24 pour celui de lead. Il existe donc une forte dispersion du nombre de publications signées avec le statut *eligible*. Cette forte disparité peut s'expliquer par le plus faible nombre d'individus qui ont eu recours (ou droit) au statut *eligible*. Sur 1104 signataires, 586 n'ont pas de signatures avec le statut d'*eligible* alors qu'ils ne sont que 137 à ne pas avoir de signature avec le statut lead. [Annexe 4]

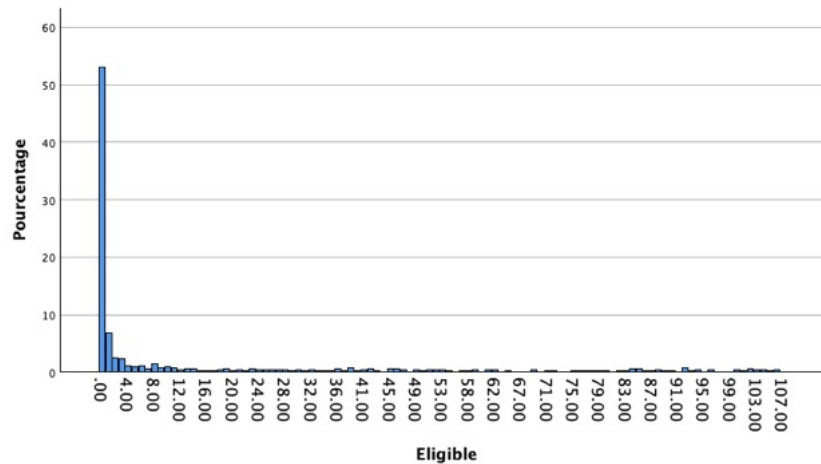


Figure 54 Répartition du nombre de signature avec le statut « Eligible » par signataire

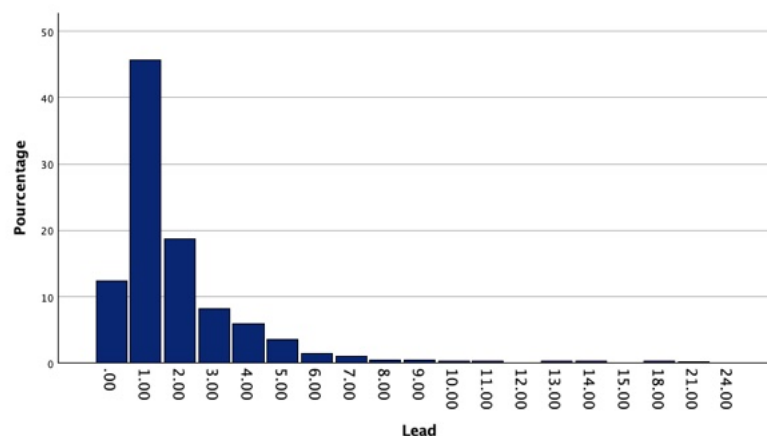


Figure 55 Répartition du nombre de signature avec le statut « Lead » par signataire

8.3.2. Quand l'appartenance nationale joue un rôle dans les publications : le cas des pays les plus prolifiques au sein de la coopération

En s'intéressant aux publications des cinq pays suivants : Allemagne, Espagne, France, Italie et le Royaume-Uni – qui regroupent 802 des 1 104 signataires –, nous remarquons qu'il y a une tendance générale à une augmentation des indicateurs statistiques. La moyenne de cette population est d'environ 19,3 et la médiane est de 3. Ainsi, 50% de cette sous-population a signé 3 articles ou moins. Le dernier quart de cette sous-population a signé plus de 24 articles contre plus de 19 dans la population générale. Il y a donc une tendance à une plus forte intensité de signatures dans cette sous-population. Il existe une forte dispersion des données avec une distribution asymétrique à droite. En d'autres termes, une majorité de signataires (60%) ont signé moins de 5 articles tandis que les 25% les plus prolifiques en ont signé plus de 25, avec un maximum observé de 109 publications. [Annexe 4 et 5]

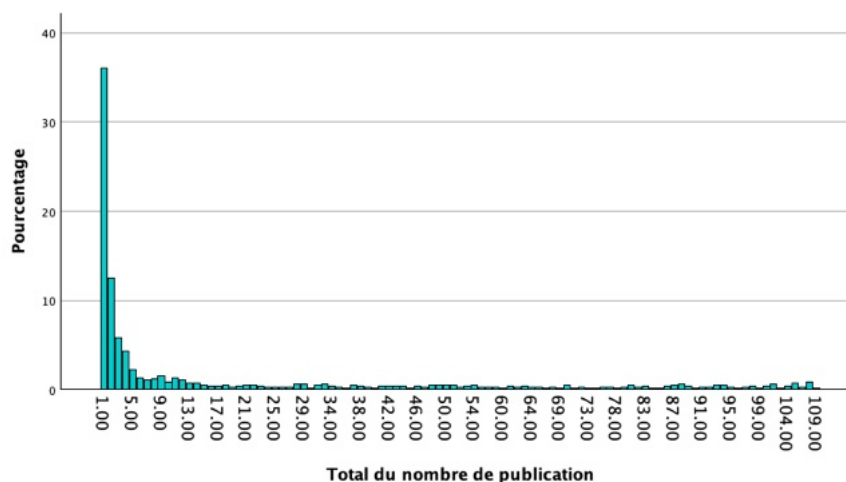


Figure 56 Répartition du nombre de signature (Allemagne, Espagne, France, Italie, Royaume-Uni)

Se pose alors la question de l'existence d'un lien de corrélation entre la nationalité et le nombre de publications signées. Pour cela, la variable en lien avec le nombre de signatures par signataires a été découpée en deux classes :

- La première classe rassemble les signataires qui ont signé entre 1 et 3 articles
- La seconde classe est celle de ceux qui ont signé plus de 3 articles

Concernant le nombre de signataires en fonction de ces cinq pays, la nationalité du signataire joue un rôle dans le nombre de signatures. Les Britanniques (65,1%%) sont statistiquement plus nombreux à avoir entre une et trois publications contre 54,1% toutes nationalités confondues – soit un écart de +10,7 points au profil moyen. A contrario, les Italiens sont statistiquement moins nombreux à signer entre un et trois articles puisqu'ils sont 45,4% (-10 points). Parmi la population générale, 45,6% ont signé plus de 3 articles. Les Britanniques sont statistiquement moins nombreux en comparaison aux Italiens. 34,9% des Britanniques (-10,7 points) ont signé plus de 3 articles contre 54,6% des Italiens (+9 points). Les deux variables sont dépendantes au sens du Khi-deux de Pearson [16,4 ; ddl=4 ; p=0,002]. Cependant, bien que la relation soit statistiquement significative, elle demeure d'intensité relativement faible [V de Cramer = 0,145]. [Annexe 5].

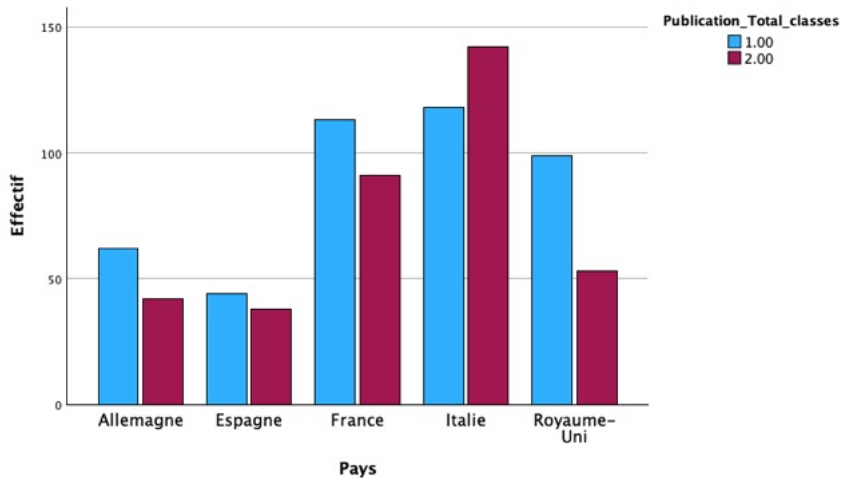


Figure 57 Répartition des signataires selon le nombre de signatures et le pays

La nationalité semblerait donc jouer un rôle dans le nombre de publications signées par les individus. Il est intéressant de s'intéresser aux types de signatures qui pourraient jouer sur ce lien de dépendance.

Les signatures d'articles se divisent en deux catégories : les *leads* – ceux qui ont participé à l'élaboration et à la rédaction d'articles – et les *eligibles* – ceux dont le statut au sein du consortium leur octroie des droits de signature. Lorsque nous comparons ces deux variables, nous pouvons voir que la moyenne des signatures *eligibles* est d'environ 17 alors qu'elle est d'environ 2 pour les signatures avec le statut de lead. L'écart interquartile entre la sous-population des signataires *eligibles* et celle des leads montre une dispersion des données plus grande dans la première puisqu'on passe de 2,6 à 29,5. [Annexe 5]

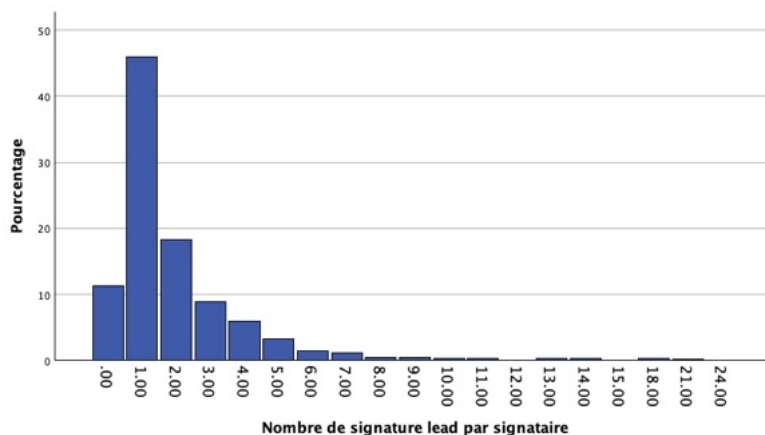


Figure 58 Répartition du nombre de signature avec le statut « Lead » par signataire (Allemagne, Espagne, France, Italie, Royaume-Uni)

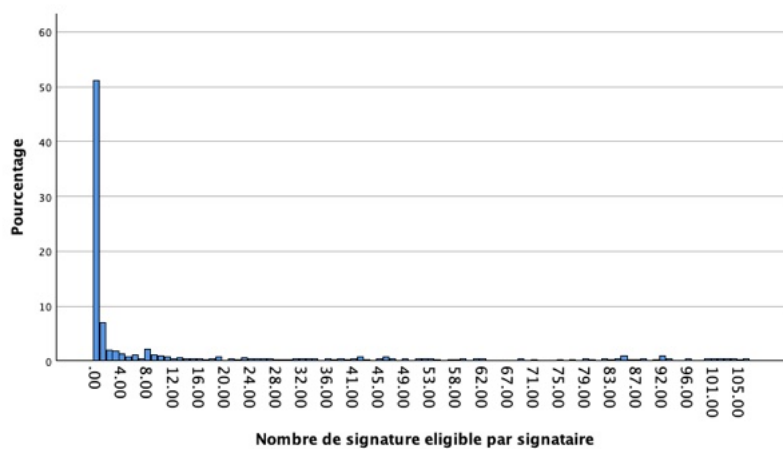


Figure 59 Répartition du nombre de signature avec le statut « Eligible » par signataire (Allemagne, Espagne, France, Italie, Royaume-Uni)

Le lien de dépendance entre le statut de *lead* et la nationalité n'est pas significatif [Annexe 6]. A contrario du lien entre le statut *eligible* et les nationalités. Pour cela, la variable en lien avec le nombre de signatures *eligibles* par signataire a été découpée en deux classes :

- Le premier groupe est celui des signataires qui n'ont signé aucune publication avec le statut *eligible*
- Le deuxième regroupe ceux qui ont signé un article ou plus.

Concernant le lien entre le statut *eligible* et la nationalité, nous remarquons que la nationalité du signataire joue un rôle dans le nombre d'articles signés sous ce statut. Lorsque nous nous intéressons aux individus qui n'ont signé aucun article avec le statut *eligible*, les Allemands et les Britanniques sont surreprésentés dans cette catégorie. En effet, 58,7% des Allemands et 65,8% des Britanniques sont dans ce groupe contre 51,1% toutes nationalités confondues – soit respectivement un écart de +7,6 et +14,7 points. Les Italiens sont 43,1% à faire partie de ce groupe (-8 points) et 45,6% des Français n'ont signé aucun article (-5,5 points). Les Britanniques (34,2%) et les Allemands (41,1%) sont également statistiquement moins nombreux à avoir signé un article ou plus sous ce statut alors que le profil moyen est de 48,9%. Les Français sont statistiquement plus nombreux à avoir au moins un article avec le statut d'*eligible* puisqu'ils sont 54,4%, soit un écart de 5,5 points au profil moyen. Cette tendance se retrouve également chez les Italiens (56,9%) avec un écart de 8 points. La nationalité semblerait donc jouer un jeu dans l'utilisation du statut d'*eligible* pour les publications Euclid. Les deux variables sont dépendantes au sens du Khi-deux de Pearson [24,894 ; ddl=4 ; $p < .001$] [Annexe 5]

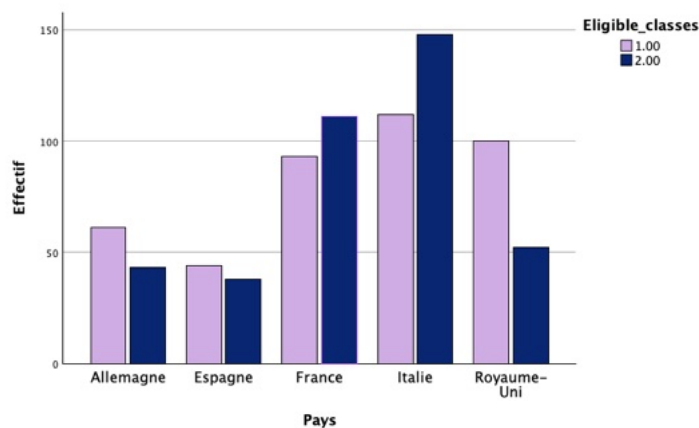


Figure 60 Répartition des signataires selon le nombre de signatures avec le statut eligible et le pays

8.3.3. Une répartition nationale très concentrée

La répartition géographique des signataires au sein des pays qui publient le plus montre que la majorité des signataires se concentrent dans quelques villes et leurs agglomérations :

- En Allemagne, Munich et sa banlieue (Garching) cumulent 45,7% des signataires. Heidelberg, Bonn et leurs banlieues regroupent respectivement 22,9% et 17,1% des signataires allemands. [Annexe 6]

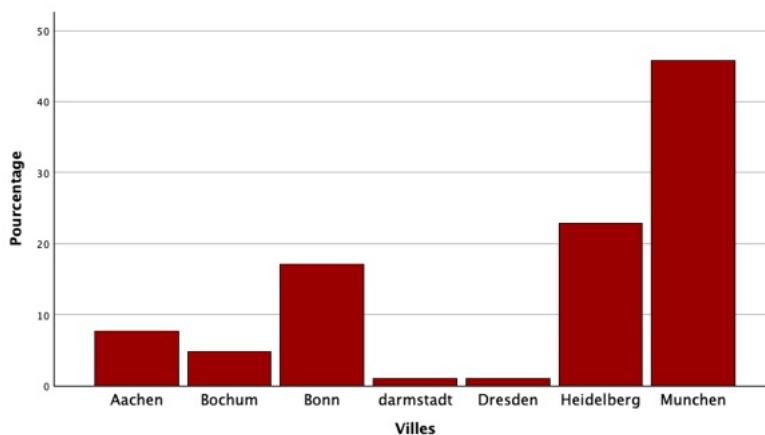


Figure 61 Répartition des signataires en Allemagne

- En France, les signataires se trouvent en forte proportion avec 44,8% au niveau de la capitale et son agglomération (Gif-sur-Yvette, Meudon et Orsay). On retrouve également un fort taux de signataires à Marseille avec un taux de 25,6%. La troisième ville ayant le plus de signataires est Toulouse (9,9%). [Annexe 6]

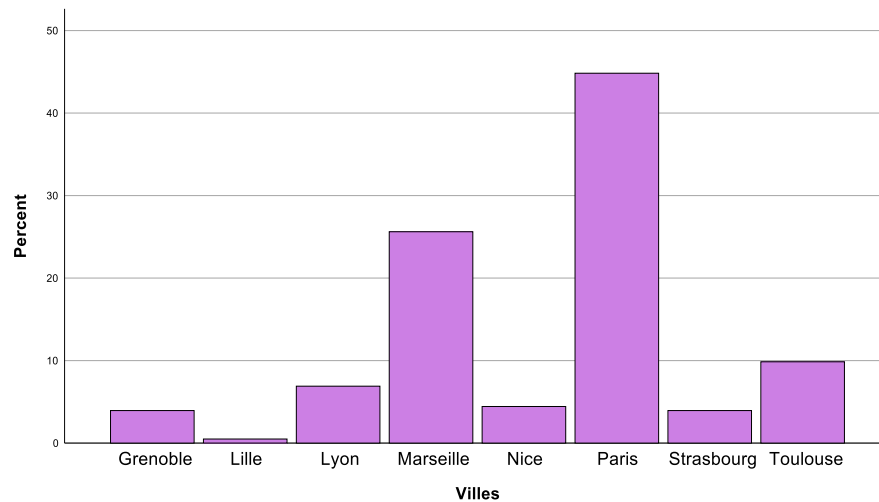


Figure 62 Répartition des signataires en France

- Les signataires Italiens sont plus dispersés. Ils se trouvent principalement dans cinq villes : Bologna (28%) ; Roma (15,4%) ; Trieste (13,8%) ; Padova (10%) et Milan (9,6%). [Annexe 6]

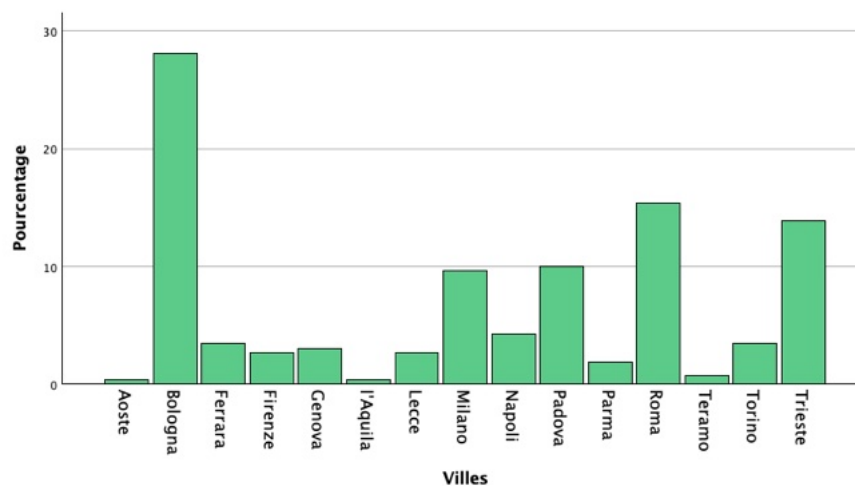


Figure 63 Répartition des signataires en Italie

- Au Royaume-Uni, la capitale anglaise (Londres et sa banlieue) concentre la plus forte proportion de signataires avec 38,2%. Édimbourg est la deuxième ville avec 14,5 % des signataires britanniques. Les deux capitales cumulent ainsi 52,7% des signataires britanniques. [Annexe 6]

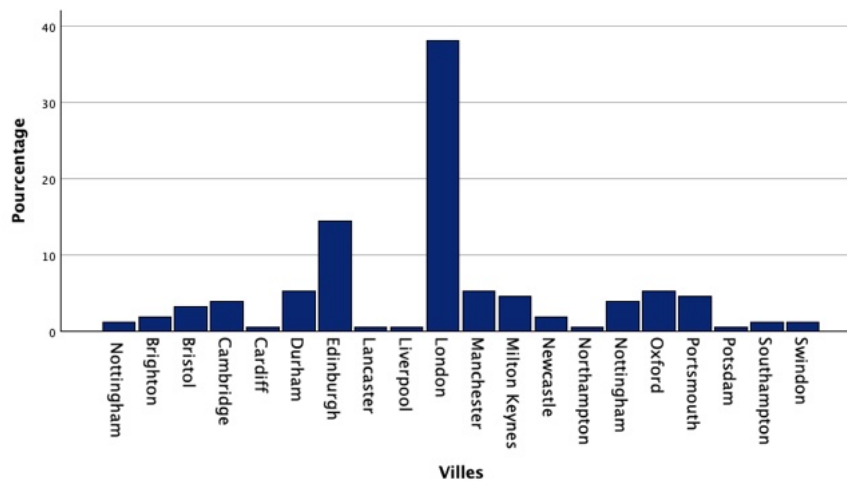


Figure 64 Répartition des signataires au Royaume-Uni

- Nous retrouvons principalement les signataires espagnols dans trois grandes villes : Barcelone (39%) ; Madrid (28%) et Tenerife (17,1%). [Annexe 6]

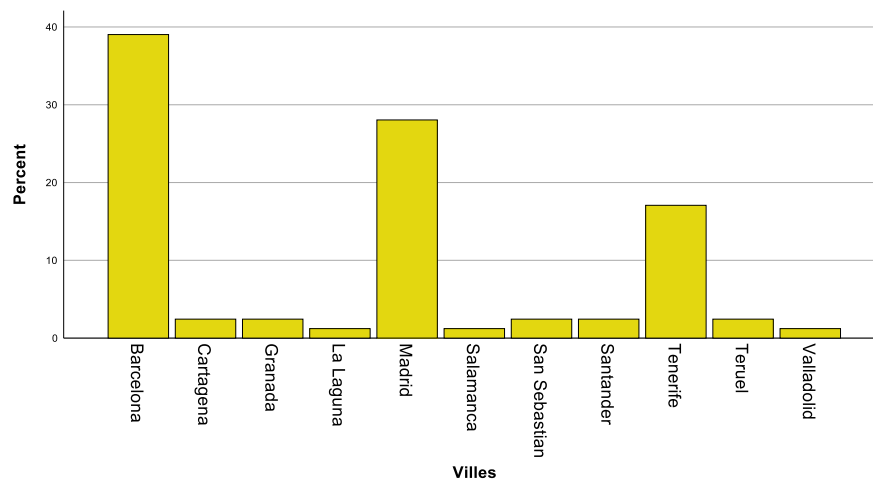


Figure 65 Répartition des signataires en Espagne

Dans chacun de ces pays, il y a une faible dispersion des signataires qui se polarisent autour de quelques grandes villes. Nous noterons qu'en France et au Royaume-Uni, la majorité des signataires se retrouvent au niveau des capitales nationales (Paris, Londres et Édimbourg). Se pose alors la question d'un lien entre la ville d'appartenance des signataires et le nombre de publications signés. À cette fin, nous nous sommes penchés sur les signataires issus de ces principales villes – à l'exception de Tenerife car le nombre de signataires issus de cette ville équivaut à 1,7% de l'ensemble des signataires. Cette sous-population regroupe 588 des 1 104 signataires soit environ 53,3%. La moyenne de nombre de signatures par signataire est de 21,3 et la médiane est de 3. Les mêmes classes que précédemment ont été reprises – soit une classe rassemblant les signataires qui ont signé entre 1 et 3 articles et une seconde comprenant ceux ayant signé 4 articles ou plus.

Lorsque nous nous intéressons aux individus qui ont signé entre un et trois articles, les signataires issus de Londres sont surreprésentés dans cette catégorie. En effet, 89,7% des Londoniens sont dans ce groupe contre 68% toutes villes confondues – soit un écart de +21,7 points. Les signataires issus de Trieste sont 47,2% à faire partie de ce groupe (-20,8 points) et 47,9% de ceux issus de Bologne (-20,1 points). Les Londoniens (10,3%) sont également statistiquement moins nombreux à avoir signé quatre articles ou plus alors que le profil moyen est de 32% – soit un écart de -21,7 points. Les signataires issus de Trieste et Bologne sont statistiquement plus nombreux à avoir signé au moins quatre articles. La ville d'origine semblerait donc jouer un jeu dans le nombre de publications signé. Les deux variables sont dépendantes au sens du Khi-deux de Pearson [37,292 ; ddl=14 ; $p < .001$]. La relation entre ces deux variables est d'intensité moyenne [V de Cramer = 0,252]. [Annexe 6]

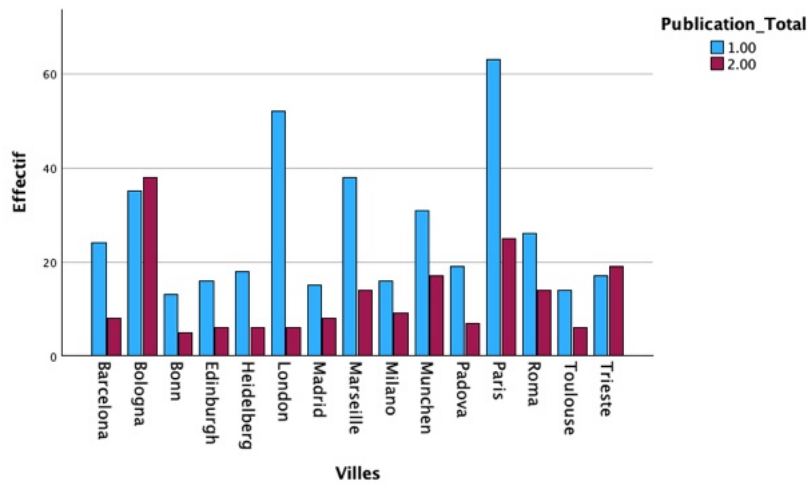


Figure 66 Répartition des signataires selon le nombre de signatures et le pays

* * *

Étudier les coopérations scientifiques internationales nécessite de se pencher sur la question des publications. Les articles sont les produits qui témoignent de ces collaborations. Dans le cas du consortium Euclid, une augmentation de la productivité de la coopération, en termes de publication, est à l'œuvre. Une différenciation des publications est également effectuée : *Flagship papers*, *Key Project papers (KPP)* et *Standard Project Papers (SPP)*. Le type de publication semble également être en relation avec la valeur qui est accordée au contenu. Les *Flagship* et les *Key Project papers* paraissent être plus prestigieux que les *Standard Project Papers*.

Nous avons pu mettre en lumière que toutes les signatures ne relevaient pas du même statut et qu'elles n'étaient pas toutes le reflet d'un processus de coopération. En d'autres termes, toutes les signatures ne se valent pas. Ainsi, la majorité des signatures n'émanent pas de personnes ayant activement participé à l'élaboration d'un article. La spécificité du consortium Euclid réside également dans la mise en place de statuts allouant différents droits en termes de signatures ainsi que des règles dans l'ordre de signatures. Cela permet

de pouvoir aisément identifier les différents types de signatures et, par conséquent, de les étudier statistiquement.

Bien que la coopération soit internationale, elle est surtout le fait de cinq pays : Allemagne, Espagne, France, Italie et Royaume-Uni. Les pays qui contribuent le plus sont donc également ceux qui ont les plus grandes parts de signataires et de signatures au sein du consortium Euclid. L'augmentation du nombre de signataires est également liée à une croissance de l'utilisation du statut d'*eligible au fil des années*. Ce processus peut traduire une appropriation et une démocratisation progressive de son utilisation par les membres. Cette étude statistique a également permis de mettre en lumière l'existence d'un lien statistique entre l'appartenance territoriale des signataires et les signatures. Ainsi, il existe un lien entre la nationalité des participants et le nombre de signatures pour les membres issus des pays les plus prolifiques. Cela est également le cas en ce qui concerne l'utilisation du statut *eligible*. Un lien statistique existe en outre entre l'origine géographique (ville) des signataires et le nombre de publications pour les membres des aires urbaines les plus productives.

Finalement, il apparaît clairement que le statut d'*eligible* pèse et que le dispositif de tracking a donc une réelle efficacité. Une disparité de l'utilisation du statut d'éligible en fonction de la nationalité du signataire est pour autant à l'œuvre dans le consortium Euclid. Certains pays en tirent davantage parti que d'autres, et la multiplication des signatures pour un même signataire ne signale pas nécessairement une contribution réelle aux articles.

Conclusion de la deuxième partie

Les consortiums sont donc traversés par des enjeux de pouvoir autour de la visibilité. Les États et les institutions entretiennent des relations de pouvoir entre eux et sont en compétition pour maximiser leur visibilité scientifique grâce à l'obtention de responsabilités. La compétition laisse place à la coopération quand cela est favorable au consortium. Cette coopétition (Nalebuff et Brandenburger, 1996) en jeu entraîne une nécessité de jonglage entre les rôles (Lahire, 2005) pour les acteurs qui devront apprendre à savoir quand faire passer en priorité les intérêts de la mission et ceux de leur institut. La question des responsables et les logiques qui sont associées à leur nomination renvoie également aux logiques concernant celles des membres et à leur importance, en termes numériques, au sein des consortiums.

Cette deuxième partie s'est également attachée à montrer la carrière de ces communautés scientifiques. Elles ont été modifiées par le processus de sélection de l'agence européenne du spatial qui influence leur constitution en termes de membre et de nationalité. L'ESA exerce un pouvoir sur ces communautés qui acceptent ces conditions et s'y conforment. Nous avons mis en avant les principales règles non-écrites du jeu qui régissent la sélection d'une mission :

1. Faire partie de la « bonne communauté » - celle dont c'est le tour de se voir accepter un projet.
2. Avoir le bon leader venant du « bon » pays c'est-à-dire un pays qui a les ressources et donc l'expertise pour mener à bien une mission.

L'importance de la visibilité et les stratégies mises en place pour accroître celle-ci ont été au centre de cette partie. La constitution des communautés, que ce soit au niveau national ou des institutions, repose sur cette logique de retour sur investissement, notamment par le biais des responsabilités. Le choix du leader et du pays responsable scientifiquement a des conséquences sur la communauté puisque les leaders auront tendance à recruter les responsables des consortiums en fonction des différents critères que sont la proximité géographique, « personnelle » mais également les collègues

invisibles (Price, 1966) dont ils font partie. Les acteurs choisissent des individus qu'ils connaissent et en qui ils ont confiance car cela permet de sécuriser le collectif et de mener à bien la mission.

Ces coopérations scientifiques prennent la forme d'organisations finement réglées reposant sur des logiques de compartimentation et de fragmentation. Ce choix organisationnel est en lien avec une logique de délégation avec des leviers de contrôle portant sur des règles et des procédures perçues comme contraignantes par les enquêtés. Cette forme organisationnelle renvoie également à des logiques plus politiques visant à satisfaire –en termes de visibilité au sein du consortium – les instituts et pays participants mais également une logique d'auto-renforcement des compétences des instituts et nationalités participantes. Il s'est aussi avéré que de nombreux individus ne semblaient pas comprendre l'organisation globale des consortiums et les règles qui les régissaient – surtout pour Euclid – car elles sont perçues comme étant trop compliquées. Au cours de cette partie, deux paradoxes ont donc émergé :

- 1) Les consortiums sont compartimentés et les différents groupes de travail n'ont pas forcément de lien entre eux. Les personnes sont spécialistes de leurs domaines de travail mais ne savent pas où en sont les autres et ce qu'ils font et pourtant la coopération fonctionne.
- 2) La majorité des personnes ne semblent pas connaître les règles et les procédures mais la coopération semble fonctionner pour autant.

Nous nous sommes attachés à montrer que l'organisation de ces deux consortiums était complexe. Cette complexité serait due à plusieurs facteurs : une volonté de régulation pour limiter les problèmes liés à la coopération mais également une nécessité d'avoir un nombre assez grand de responsabilités pour pouvoir les répartir entre les différentes nations participantes selon leurs contributions respectives. Ce besoin de pouvoir avoir un nombre suffisant de responsabilités à répartir a pour conséquence de complexifier l'organisation, principalement en fragmentant les responsabilités, et donc d'alourdir sa compréhension par les différents membres du consortium. Nous avons retrouvé trois types de dysfonctionnements créés par cette fragmentation des responsabilités :

1. Les acteurs n'arriveraient pas à saisir l'organisation dans sa totalité et ils se retrouvent donc désespérés quand ils doivent demander de l'information car ils ne savent pas à qui la demander.
2. Des tâches similaires et en lien avec d'autres du fait de la méconnaissance de l'organisation entraînent des problèmes de communication qui ont pour conséquence de mener à une redondance des tâches.
3. Une fragmentation des responsabilités qui entraîne une nécessité de se coordonner, ce qui est rendu complexe par le caractère international de l'organisation et des co-responsabilités.

La compartimentation et la fragmentation des responsabilités auraient donc tendance à engendrer une difficulté dans la compréhension de l'organisation. Une bonne communication et coordination sont essentielles pour mener à bien le projet dans ce type d'organisation. Ainsi, les individus ont recours à de nombreux dispositifs techniques tels que ZOOM ou SLACK pour communiquer et se coordonner entre eux. Néanmoins, la fréquence des réunions varie selon trois facteurs : la temporalité ; le responsable et l'urgence. En outre, la multiplication de la documentation et des moyens de communication aurait un effet opposé à celui escompté. Globalement les enquêtés ne la lisent pas et elle ne les intéresse pas forcément car cette multitude de documents représente, pour eux, une « lourdeur administrative et organisationnelle » mais aussi une forme de redondance dans les demandes de rapport.

Nous avons pourtant pu voir que la documentation et les règles auraient pour objectifs de palier les dysfonctionnements des consortiums, dus à une fragmentation des responsabilités et à l'éclatement géographique des membres. Cela n'est pas sans rappeler Andrew Schotter (1981) et sa théorie de l'information avec l'idée que les institutions seraient basées sur l'information et, plus précisément, son caractère inédit : *« l'expérience du passé est intégrée aux règles de l'institution de façon à guider les prévisions pour le futur »* (Douglas, 1989, p. 43). L'institution serait de ce fait une manière de réduire l'entropie c'est à dire l'imprédictibilité de l'information et le degré de désorganisation. Les consortiums seraient d'une certaine manière des institutions en devenir puisqu'ils reposent sur une convention soutenue par des règles (Douglas, 1989).

Néanmoins, la multiplication et la non-maintenance de la documentation entraîneraient un certain flottement dans l'adoption des règles pour réduire les risques – les informations devenant un enjeu crucial dans les rapports de pouvoir. En effet, le discours a une place prédominante dans ce type de rapport et « *il faut admettre un jeu complexe et instable où le discours peut-être à la fois instrument et effet de pouvoir, mais aussi obstacle, butée, point de résistance et départ pour une stratégie opposée. Le discours véhicule et produit du pouvoir, il le renforce mais aussi le mine, l'expose, le rend fragile et permet de le barrer* » (Foucault, 1994, p. 133). De plus, nous pouvons constater que les questions autour de la perception et de la gestion des risques seraient intimement liées à celle de l'importance et du poids des cultures au sein de l'organisation.

En outre, les deux consortiums étudiés montrent des politiques de publication cadrées et réglementées reposant sur une catégorisation des différents types de papiers. L'étude de ces politiques montre également une différence de maturité de ces deux organisations : Euclid a mis en place une procédure et un organe en charge des publications Euclid (*Euclid Consortium Editorial Board*) tandis qu'X-IFU a jugé que le projet était trop « jeune » pour mettre en place ce type d'organe (Le XPB). La formalisation poussée à l'extrême de ce type de coopération passe également par le dispositif de tracking. Ce dispositif est une originalité du consortium Euclid car il permet de soutenir et de mettre en œuvre la politique visant à classer les membres en quatre catégories selon leur implication. Cette classification entraîne des droits distincts en termes de signatures des publications estampées Euclid.

Cet outil technique met en exergue les dysfonctions organisationnelles soulevées dans cette deuxième partie. Les fortes compartimentation et spécialisation se retrouvent dans ce dispositif et plus particulièrement dans le système de validation. L'organisation différenciée des groupes et l'absence de règles claires sur le pourcentage de temps à allouer à chaque activité impactent les validations des membres car les activités ne se valent pas d'un groupe à l'autre en fonction des individus en charge de la validation. Cette partie nous a donc permis de présenter cet outil technique et sa mise en place au sein du consortium Euclid. Elle a aussi mis en exergue l'importance des publications pour les chercheurs.

Le pouvoir c'est donc celui d'être visible dans le consortium par tous les moyens, y compris la saturation des publications. Le « tracking » est un instrument permettant de produire cette visibilisation des pays et des instituts engagés dans le projet notamment par le statut d'éligible à la signature de publications que permet le niveau de membership. Ce dispositif permet de garder une trace des contributions de chaque membre, instituts et pays. Le retour sur investissement se fait par les publications puisque les pays qui contribuent le plus sont ceux qui ont le plus de signataires et de signatures – que ce soit sous le statut de lead ou d'éligible. Néanmoins, le fait de signer plusieurs papiers permet à certains pays d'augmenter leur visibilité. En s'intéressant aux signataires des pays qui contribuent le plus – soit l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni –, nous avons pu voir plusieurs choses :

1. L'effort dans chaque pays se concentre autour d'une poignée de grandes villes.
2. Il existe un lien entre la nationalité du participant et le nombre de publications et, plus particulièrement, les publications sous le statut d'*eligible*.
3. L'existence d'un lien entre l'appartenance géographique (aire urbaine) et le nombre total de publications.

TROISIÈME PARTIE :

*Les cultures comme leviers de
régulation ?*

Cette troisième partie aura pour objectif de comprendre la place et le rôle des différentes cultures au sein des consortiums scientifiques. Pour cela, il sera indispensable d'identifier les différents types de cultures qui sont à l'œuvre et leurs contributions au façonnement des communautés participant aux missions spatiales. En effet, au sein de ces coopérations, il est souvent fait référence à la « communauté Euclid » ou à « la communauté X-IFU », il s'agira donc dans cette partie de questionner la réalité d'une communauté se formant autour d'un projet. En d'autres termes, il s'agira d'interroger l'existence d'une communauté bien définie ou s'il s'agit plutôt de regroupements de plusieurs groupes se différenciant les uns des autres par des appartenances culturelles distinctes. Comment par ailleurs l'appartenance à ces communautés est-elle perçue par les acteurs ?

La question de l'étude des cultures sera centrale dans cette partie, le chapitre 9 permettra donc de présenter les principaux courants qui se sont intéressés à l'étude des cultures : le culturalisme et les *cultural studies*. Cela permettra de comprendre ce que nous entendons par le terme de culture et de nous éclairer sur la manière dont ces courants ont appréhendé l'étude des cultures et des différences culturelles.

Le chapitre 10 s'intéressera aux cultures institutionnelles, professionnelles et disciplinaires. Le poids des cultures institutionnelles sera l'une des focales de ce chapitre. En effet, ces coopérations regroupent des agences nationales, des laboratoires et des instituts de recherche qui ont chacun des cultures qui leurs sont propres. La culture professionnelle des ingénieurs n'étant pas la même que celle des chercheurs, il s'agira de questionner la rencontre de ces deux cultures professionnelles au sein d'une coopération scientifique. La culture disciplinaire sera également l'objet de cette dernière partie sous le prisme de l'évolution organisationnelle des sciences de l'Univers.

Le chapitre 11 s'attardera sur la question des cultures nationales. La culture nationale est la différence à l'œuvre la plus visible au sein de ces consortiums. Il s'agira de comprendre la perception que les participants ont de ces différences de cultures nationales et ce qu'elles font au collectif.

Chapitre 9 :

Le culturalisme et les cultural studies : des pistes de compréhension des différences culturelles ?

Les consortiums scientifiques sont des organisations regroupant de multiples nationalités, institutions, professions et disciplines. L'un des objectifs de cette thèse est d'identifier les cultures à l'œuvre au sein de ces consortiums scientifiques et les effets que ces dernières peuvent avoir sur la coopération et la structure organisationnelle. Se pencher sur le sujet des différences culturelles – qu'elles soient nationales, institutionnelles, professionnelles ou disciplinaires – suppose dans un premier temps de définir ce que nous entendons par le terme culture.

En effet, la culture est un concept flou qui, très souvent, permet d'essentialiser les comportements des individus en les rattachant à des différences culturelles. En d'autres termes, cela suppose de répondre à une série de questions : Qu'est-ce qu'une culture ? Comment se manifeste-t-elle ? Quelles sont ses modalités de transmission ? etc. Il s'agira, dans ce chapitre, de présenter les principaux courants qui se sont intéressés à la question de la culture : le culturalisme et les cultural studies.

9.1. Les cultures comme objet d'études en sciences sociales

De nombreux auteurs et courants se sont intéressés aux cultures au sens large du terme. Il s'agira, ici, de présenter les deux courants principaux : le culturalisme et les *cultural studies*. Le premier s'intéresse particulièrement aux différences culturelles liées aux sociétés dans lesquelles nous évoluons, les auteurs de ce courant privilégient une approche rejetant l'ethnocentrisme en faveur d'un certain relativisme culturel. Bien que cela puisse paraître être une posture tout à fait normale (et souhaitable) de nos jours, ce changement de paradigme n'était pas anodin au moment de sa mise en place. Les *cultural studies*, quant à elles, reposent sur l'étude des cultures de groupes et trouvent leur origine dans les travaux sur les cultures populaires – avec une posture rejetant le dénigrement des classes populaires. Ce courant s'élargit à d'autres questionnements qui marquèrent les fondements des études de genre, entre autres.

9.1.1. L'approche culturaliste

La culture est définie de la manière suivante par E. B. Tylor : « *Culture (ou civilisation), pris dans son sens ethnographique large, est ce tout complexe qui comprend la connaissance, la croyance, l'art, la morale, le droit, la coutume et toutes les autres capacités et habitudes acquises par l'homme en tant que membre de la société.* »¹¹⁰ Un intérêt de cette définition réside dans la vision d'une culture comme étant le résultat de processus acquis, par les individus, et ne relevant donc pas de l'inné. Cette définition de la culture tranche également avec une vision évolutionniste – et hiérarchisante – des cultures qui était communément admise. Celle-ci n'était pas sans rappeler la pensée darwiniste car elle considérait que les sociétés passaient par plusieurs stades : le premier étant celui de primitif avant d'accéder au plus « évolué » ou « supérieur » – celui de civilisé. La conception dominante du monde, à cette époque, était donc celle d'une division entre les sociétés primitives et civilisées (Delas et Milly, 2015).

¹¹⁰ (Tylor, 2016, p. 1) cité dans (Delas et Milly, 2015, p. 254)

Le courant culturaliste trouva ses racines dans les études menées par Franz Boas où il étudia « *les différentes formes culturelles comme autant de versions de l'humanité commune, ayant chacune sa propre cohérence et sa propre historicité* » (Streiff-Fénart, 2021, p. 2). Il rejetait donc cette idée de hiérarchie entre les peuples et considérait les différences observées entre les populations dites primitives et civilisées comme relevant de différences de cultures. Ralph Linton prolongea cette idée en partant du postulat que toutes les sociétés sont porteuses d'une culture et que, par conséquent, tous les individus sont cultivés car ils font partie – et participent – à une culture. L'étude des cultures s'intéressa donc aux différences mais également aux ressemblances observées entre les sociétés. Linton théorisa, ainsi, l'existence de quatre caractéristiques communes à toutes les sociétés : l'universalité, la durée, l'autonomie fonctionnelle et la différenciation interne. L'universalité est liée au fait que les sociétés ont toutes des caractéristiques communes. La durée est à mettre en lien avec la persistance dans le temps des sociétés. L'autonomie fonctionnelle signifie que « *les sociétés sont des unités fonctionnelles et opératoires. Elles ont beau être constituées d'individus, elles travaillent comme des ensembles.* »¹¹¹ La différenciation interne fait référence à la structuration de la société qui passe, entre autres, par la division du travail. Le culturalisme permet également d'introduire le concept de « relativisme culturel » largement développé mais également le poids de l'ethnocentrisme dans les études menées en anthropologie (Delas et Milly, 2015 ; Streiff-Fénart, 2021).

Dans la vision culturaliste, la société dans laquelle vit une personne créerait les fondations d'une « personnalité de base » chez les individus. Ce courant culturaliste fonda l'école « culture et personnalité » dans les années 1930. Selon celui-ci, « *la culture fournit aux individus des modèles de comportements qui conditionnent à la fois leur intégration et la survie de la société* » (Delas et Milly, 2015, p. 259) en prenant la forme de « modèles » (*patterns*) qui entraîneraient « une certaine standardisation des comportements », les rendant ainsi prévisibles. Cela passerait par des institutions de socialisation primaires et secondaires. Ruth Benedict (2005), dans son ouvrage *Patterns*

¹¹¹ (Linton, 1967, p. 20) cité dans (Delas et Milly, 2015, p. 258)

of Culture, considéra que « *chaque culture est organisée selon une configuration (pattern), un modèle particulier marqué par quelques traits saillants. Et ce modèle culturel forge une personnalité typique pour ses membres.* » (Dortier, 2002, p. 148)

Margaret Mead (Mead, 1972) créa une typologie des modes de transmission de la culture :

- Postfigurative dont la transmission des normes et des valeurs se fait par la tradition via les générations passées telles que les parents et grands-parents.
- Cofigurative où la construction et l'incorporation d'un nouveau modèle se font via les pairs.
- Préfigurative, ici, à l'inverse du modèle culturel postfiguratif, ce sont les enfants qui vont guider leurs parents dans la compréhension de cette nouvelle culture (Delas et Milly, 2015).

Linton (1968) développa les notions de statuts et de rôles, ces deux étant indissociables l'un de l'autre. En effet, le statut découle de la structuration de la société et le rôle – lié au modèle culturel – regroupe les comportements attendus par rapport au statut de l'individu. Les individus sont donc porteurs de différents statuts (assignés ou acquis) auxquels différents rôles sont associés et ils devront jongler avec ceux-ci en fonction des situations dans lesquelles ils se trouvent (Delas et Milly, 2015).

La transmission d'un modèle culturel donné chez un individu entraîne donc un processus d'adaptation lorsque ce dernier entre en contact avec un nouveau modèle : l'acculturation – qui a été décrite en premier par Powell en 1880. Le *Mémoire pour l'étude de l'acculturation* (1936) donna cette définition qui sera communément admise :

« L'acculturation est l'ensemble des phénomènes qui résultent d'un contact continu et direct entre des groupes d'individus de cultures différentes et qui entraînent des changements dans les modèles (patterns) culturels initiaux de l'un ou des deux groupes. » (Cuche, 2016, p. 59).

Pour Stöetzl, « *l'acculturation ne consiste donc pas seulement à subir ces contraintes paralysantes, auxquelles pensait Durkheim, ni à imiter sans but comme le pensait Tarde : elle consiste dans une adaptation très fortement motivée* »¹¹². L'acculturation peut entraîner trois réponses différentes : l'adoption, la combinaison ou la réaction – se traduisant par un refus fort de l'autre culture. Roger Bastide s'intéressa au processus d'acculturation, et participa à introduire la vision culturaliste en France, par le biais de son étude sur le lien entre l'introduction de la monnaie en Afrique et la modification des échanges matrimoniaux (Cuche, 2016 ; Delas et Milly, 2015).

« L'argent, en se substituant au contre-don en nature, va modifier profondément la structure de l'échange : la réunion de la somme nécessaire au « prix de la fiancée » n'exige plus la collaboration de l'ensemble du groupe de parenté (contrairement à la constitution d'un troupeau). Le mariage tend donc à devenir une affaire individuelle et prend de plus en plus la forme d'une tractation exclusivement économique et non plus principalement sociale (traditionnellement l'échange matrimonial avait pour finalité première l'alliance entre deux groupes de parenté). » (Cuche, 2016, p. 64)

Cependant, le culturalisme reçut plusieurs critiques notamment par les individualistes méthodologiques et les interactionnistes. Ces derniers reprochent à ce mouvement de faire « *de la culture une entité séparée, isolée des individus qui lui donnent pourtant sens et existence. Son holisme devient exagéré car il ne permet pas de saisir les véritables lieux de création de la culture, en l'occurrence les interactions individuelles* » (Delas et Milly, 2015, p. 273). De plus, l'essentialisation de la culture – qui a été, parfois, associée au mouvement culturaliste – est reprise comme argument par le mouvement ouvertement raciste « Nouvelle droite » qui prônait les différences culturelles et une séparation entre les cultures pour préserver « l'identité indo-européenne » (Streiff-Fénart, 2021).

¹¹² (Stöetzl, 1978) cité dans (Delas et Milly, 2015, p. 264)

« Le terme « culturalisme » est aujourd’hui un terme dépréciatif. On accuse les chercheurs.euses qualifié.es de « culturalistes » de propager « l’idée qu’à chaque société correspond une culture qui en est le moule et qui détermine une homogénéité de conduites avec une stabilité des représentations et des attitudes collectives » (Poutignat et Streiff-Fénart 2010, p. 442).

« On dénonce leur usage de la culture dans des rhétoriques d’assignation identitaire qui en font un équivalent euphémisé de la race. Cet usage est, notons-le, aux antipodes de la visée de l’anthropologie culturelle, qui se saisissait justement de la culture comme un outil pour réfuter la naturalité des différences de race, mais aussi – en particulier chez Margaret Mead – des différences de sexe. » (Streiff-Fénart, 2021, p. 5)

En effet, dans son ouvrage *Mœurs et sexualité en Océanie* (Mead, 2004), Margaret Mead dépeint des stéréotypes féminins et masculins qui diffèrent des pays occidentaux. Elle théorisa donc l’existence d’un sexe social qui est différent du sexe biologique. En d’autres termes, elle chercha à démontrer l’influence de l’origine culturelle dans l’attribution et la perception de rôles sociaux selon le sexe biologique des individus, contrairement à la perception commune et enchantée de ces rôles comme naturels. Nous ne pouvons évoquer les travaux de Margaret Mead sans aborder la controverse Freeman/Mead – qui est l’une des plus importantes controverses en anthropologie. Les travaux de Mead sur la sexualité des adolescents en Samoa (Mead, 1982) – en particulierité des jeunes filles – fut l’objet de très vives critiques de la part de Derek Freeman (1986, 1996). Le livre de Margaret Mead stipulait qu’il existait une grande liberté sexuelle chez les adolescentes samoanes. Ces résultats furent réfutés par Derek Freeman qui considérait que Margaret Freeman avait déformé la réalité, qu’elle avait mal interprété les rires de ses enquêtes. Ainsi, *« l’élève de F. Boas et de R. Benedict aurait été aveuglée par sa volonté de prouver qu’une société sans interdit produisait des adolescents sans trouble psychologique, contrairement à ce que l’on pouvait observer dans les sociétés occidentales de l’époque. »* (Derlon, 2004, p. 212). Il mit également en avant un manque de connaissance de la société samoane ainsi qu’un manque de compétence de la part de

Mead. Cependant, l'analyse de Freeman qui amena la réfutation des travaux de Mead ne fut pas exempte de biais méthodologique notamment le fait qu'il considéra que les deux enquêtées avaient été les principales sources d'informations de Margareth Mead alors qu'il n'existait pas de preuves concrètes pour soutenir cette allégation¹¹³. Serge Tcherkézoff (Tcherkézoff, 2001) expliqua que l'analyse erronée de Mead trouva, en partie, ses racines dans la littérature de l'époque qui véhiculait un certain mythe occidental de la liberté sexuelle en Polynésie – et que Mead avait grandement consultée en amont de sa recherche.

Le mouvement culturaliste a donc permis l'étude des cultures comme étant de l'ordre de l'acquis et non de l'inné. Il s'est fortement intéressé aux processus de transmission qui sont à l'œuvre au sein des sociétés. Bien que dans un premier temps, il ait été question de s'intéresser aux modèles culturels de sociétés « lointaines », un prolongement des études culturalistes consista à s'intéresser aux processus d'acculturation – notamment avec les études d'Herskovits sur la culture des descendants d'esclaves africains aux États-Unis. Un déplacement de l'objet d'étude s'opéra et permit d'étudier des lieux plus locaux. Le culturalisme participa à inspirer les études sur la stratification sociale et les cultures de classes dont le mouvement des *cultural studies* (Delas et Milly, 2015).

9.1.2. L'approche des *cultural studies*

L'apparition des médias de masse, au XXe siècle, s'accompagna de nombreux travaux universitaires très critiques à leur égard – notamment en ce qui concerne leur diffusion dans les milieux populaires. Cette critique émana au Royaume-Uni de chercheurs en littérature anglaise (les *English Studies*) ainsi que de philosophes issus de l'École de Francfort qui « vont ainsi considérer l'industrie culturelle, et notamment les médias, comme une idéologie au service de la domination capitaliste, dans une perspective néomarxiste. [...] Le but est ainsi d'asservir les masses, corps et âme, respectivement par le travail et la « culture de masse », à la fois distincte de la culture savante et de la culture populaire traditionnelle. » (Détrez, 2020, p. 114). Les médias de masses auraient

¹¹³ (Orans, 1996) cité dans (Shankman, 2013)

également un effet aliénant sur les individus qui les consommeraient et aboutiraient à une société marquée par « *l'absence de réflexion* ». Cette vision des médias de masse recoupée à « *l'ébranlement des valeurs de la haute culture héritée des Lumières* » (Mattelart et Neveu, 2008, p. 17) a également été partagée au Royaume-Uni par de nombreux intellectuels. En ce sens, la revue *Scrutiny* – fondée, en 1932, par Frank R. Leavis – sera la référence des « défenseurs » de cette culture. Il sera question pour eux, de plébisciter la « grande littérature » et de dénigrer les produits issus de la culture de masse comme étant le symptôme d'une « dégénérescence de la culture » (Cervulle et Quemener, 2018 ; Mattelart et Neveu, 2008).

L'émergence des *cultural studies* trancha avec cette vision des médias et de la culture. En effet, elles s'intéressèrent à l'étude des cultures au sein des groupes sociaux, plus particulièrement dans les classes populaires, et des médias – en termes de contenu et de réception. Les recherches dans ce domaine s'élargirent également à d'autres thématiques dont celle du genre. Les *cultural studies* naissent dans les années 1960-70 au sein de l'école de Birmingham dont les premières études porteront sur la culture jeune et ouvrière ainsi que les sous-cultures (sub-cultures). L'avènement des *cultural studies* se fera par le biais de quatre principaux chercheurs : Richard Hoggart, Raymond Williams, Edward Thomson et Stuart Hall. L'institutionnalisation des *Cultural Studies* passera également par la fondation du *Centre for Contemporary Cultural Studies* en 1964, qui sera dédié aux recherches sur les *cultural studies*. Les *cultural studies* sont définies de la manière suivante par E. Neveu et A. Mattelart :

« On peut qualifier alors l'émergence des *Cultural Studies* comme celle d'un paradigme, d'un questionnement théorique cohérent. Il s'agit de considérer la culture au sens large, anthropologique, de basculer d'une réflexion centrée sur le lien culture-nation à une approche de la culture des groupes sociaux. Si elle demeure fixée sur une dimension politique, la question centrale est alors de comprendre en quoi la culture d'un groupe, et d'abord celle des classes populaires, fonctionne comme contestation de l'ordre social ou à l'inverse comme mode d'adhésion aux rapports de pouvoir. » (Mattelart et Neveu, 2008, p. 4)

Le livre pionnier *La culture du pauvre*¹¹⁴ (Hoggart, 1970) de Hoggart repose sur une ethnographie/biographie du monde ouvrier des années 1920-30, au sein de la ville de Leeds au Royaume-Uni, et se centra surtout sur les aspects identitaires, familiaux et domestiques, plutôt que sur la relation au travail, marquant ainsi un changement radical dans les études sur les populations ouvrières, aussi bien dans la manière dont il les étudia que dans sa posture académique (qui tranchera avec une représentation « passive » des membres de la classe populaire). En effet, « *L'idée centrale qu'il développe, c'est que l'on a tendance à surestimer l'influence de ces produits de l'industrie culturelle sur les classes populaires, parce qu'on sous-estime leur capacité de filtrer ou de faire peu de cas des énoncés reçus. En ce sens, Hoggart est aussi, sans en formuler la revendication théorique, un fondateur des études de réception.* » (Mattelart et Neveu, 2008, p. 21).

L'autre particularité de ces auteurs est qu'ils n'appartenaient majoritairement pas à la classe supérieure – fortement présente dans le monde académique. Ce particularisme expliquerait l'approche qu'ils développent, avec les *Cultural Studies*, concernant l'étude des classes populaires et de leurs cultures. En effet, Hoggart et Williams sont issus de milieux populaires – et ont bénéficié du contexte social et économique favorisant la mobilité sociale par, notamment, la démocratisation de l'accès à l'enseignement supérieur – tandis que Thompson « *est un enseignant investi dans les institutions de formation permanente, qui le mettront en contact des milieux populaires, et dans des collectes d'histoires locales* » (Détrez, 2020, p. 121). Hall, quant à lui, était issu de la classe moyenne jamaïcaine et migra au Royaume-Uni au début des années 1950 pour ses études.

« Tous, parce qu'ils proviennent de ces milieux populaires ou y travaillent au plus près, partent des expériences vécues, des paroles entendues ou récoltées, afin de restituer les moments et les pratiques ordinaires populaires : contre l'idée de masses passives et lobotomisées, contre la description qui ne les place qu'en termes de manque (de motivation, d'intérêt, de pratiques...), il s'agit de décrire

¹¹⁴ La traduction de cet ouvrage est intéressante puisque son titre originel est *The Uses of Literacy* qui pourrait plutôt se traduire par les usages de la littéracie – c'est-à-dire la lecture et la compréhension de textes écrits.

les tactiques et les pratiques, les ruses et les stratégies, et de questionner toutes sortes de formes à la fois visibles et inaperçues d'accommodement, mais aussi de résistance à l'ordre social, qu'il s'agisse de l'ingéniosité déployée par les femmes dans les recettes, pour accommoder au mieux le peu qu'on a, par exemple le « gâteau de four » de la grand-mère de Richard Hoggart, ou du braconnage et vol de bois rapportés par Thompson, décrits par l'auteur comme des formes de résistances dans le cadre des contraintes. » (Détrez, 2020, p. 122)

Ainsi, les auteurs, appartenant à ce courant de pensées, s'attachèrent à décrire le quotidien de ces classes populaires par le biais de leurs pratiques pour faire émerger les normes, les valeurs qui sont propres à ces classes-là. Ils se donnèrent comme objectifs de les étudier sans faire preuve d'« ethnocentrisme », de « populisme » et de « misérabilisme ». Ce changement dans la manière d'étudier les classes populaires connut son prolongement dans l'étude des sous-cultures (ou sub-cultures) (Détrez, 2020 ; Mattelart et Neveu, 2008).

« Ces sous-cultures se déclinent selon les différentes appartenances sociales, mais aussi dans le rapport conflictuel entre jeunesse blanche et jeunesse immigrée. De façon générale, les sous-cultures sont aussi contre-cultures, et doivent être pensées comme réponses des marges au pouvoir dominant, la sous-culture permettant de redonner un sens au monde social et donc de se réapproprié celui-ci. » (Détrez, 2020, p. 126)

Cet élargissement des thématiques de recherche s'accompagnera également d'un fort intérêt pour la question de la réception et plus particulièrement celle autour des médias. Ce tournant est opéré par le biais de travaux tels que ceux de Stuart Hall et de David Morley. Les travaux « Codage/décodage » de Hall (2007) mettent ainsi en exergue une réception différenciée d'un même média chez les individus selon leurs appartenances sociales.

« Ce cadre analytique peut sembler aujourd'hui banal. Il impliquait pourtant alors de prendre en compte toutes les situations de décalage,

de quiproquos entre les codes culturels, les grammaires médiatiques présidant à la production du message d'une part et les références culturelles des récepteurs d'autre part. Il y avait là de quoi bousculer les routines de la sociologie empirico-fonctionnaliste des médias, peu soucieuse des conditions de production des messages. La notion de décodage invite à prendre au sérieux le fait que les récepteurs ont des statuts sociaux, des cultures et que voir ou entendre un même programme n'implique pas d'en tirer un sens ou un souvenir similaire. » (Mattelart et Neveu, 2008, p. 34).

La recherche de David Morley¹¹⁵ porta sur les réactions des individus après avoir visionné un épisode de l'émission « Nation Wide » et il mettra en évidence une réception différente en fonction du milieu mais également de l'âge et du genre. Pour cela, il mit en place un protocole de recherche par le biais des focus groups. En effet, les *cultural studies* sont également propices « aux innovations méthodologiques ». En outre, la méthodologie emprunte également aux méthodes qualitatives traditionnellement utilisées par les ethnographes et anthropologues dans l'étude des « cultures lointaines ».

Il sera également question d'élargir les questionnements initiaux à ceux du genre et de l'immigration.

« Les interrogations des Cultural studies ne vont cesser d'essaimer, et de se réfracter dans tout un éventail de « studies » diverses et variées, concernant tant les publics que les objets, et dont la liste ne pourrait être exhaustive : Women Studies, puis Gender Studies, Arab Women ou Black Women studies, Porn studies, Film studies, Game studies, Subaltern Studies, Gay et Lesbian Studies, Queer Studies ... Dans leur diversité, ce sont toujours les questions des pratiques, de leurs appropriations, de leurs usages et significations, et de leur place dans des systèmes de domination où elles occupent les marges qui sont au cœur des études » (Détrez, 2020, p. 135)

¹¹⁵ David Morley, *The Nationwide audience: structure and decoding*, s. 1., London : British Film Institute, 1980, 190 p.

Les *cultural studies* sont donc un courant qui a permis une meilleure prise en compte des cultures des groupes, et sous-groupes, qui étaient plutôt dénigrées et considérées, souvent, comme sans intérêt par le monde de la recherche – et quand elles faisaient l’objet de travaux, c’était dans une visée critique de l’évolution de la société. La posture des *cultural studies* trancha donc avec celle de l’époque dans laquelle elle a été développée, la prise en compte et la légitimation des cultures de groupe – notamment celle des classes populaires – a permis une meilleure compréhension de ces dernières. Bien que les *cultural studies* s’intéressèrent en premier lieu aux classes populaires, elles se déplacèrent vers d’autres objets de recherche.

9.2. Des études pionnières sur la culture et les organisations

Certains auteurs se sont intéressés aux liens pouvant exister entre la culture nationale et les organisations. Il s’agira de présenter les deux travaux centraux : *Culture et Organisations* (Hofstede, Hofstede et Minkov, 2010) et *La logique de l’honneur* (Iribarne, 1989).

9.2.1. Les programmations mentales comme explication des différences culturelles

Hofstede et Minkov (2010) définissent les cultures comme étant en lien avec des programmations mentales qui sont des schémas de façons d’agir, de penser et de ressentir et qui permettraient aux individus de se différencier des autres groupes. Ces programmations mentales seraient liées aux environnements sociaux – tels que la famille, les amis, l’école, le travail, etc. – dans lesquels les individus évoluent. Pour les auteurs, le terme culture est un synonyme de programmation mentale et ils définissent la culture de la manière suivante :

« La culture est toujours un phénomène collectif car elle est partagée, au moins partiellement, par les individus qui vivent ou ont vécu dans le même environnement social que celui où ils ont fait leur apprentissage. La culture rassemble des règles non écrites du jeu social, c’est la programmation collective de l’esprit qui différencie les

membres d'un groupe des membres d'un autre groupe. » (Hofstede, Hofstede et Minkov, 2010, p. 16)

La culture se manifeste selon eux de différentes manières selon une structure en « pelure d'oignon ». Elle compte quatre dimensions : les symboles, les héros, les rituels et les valeurs.

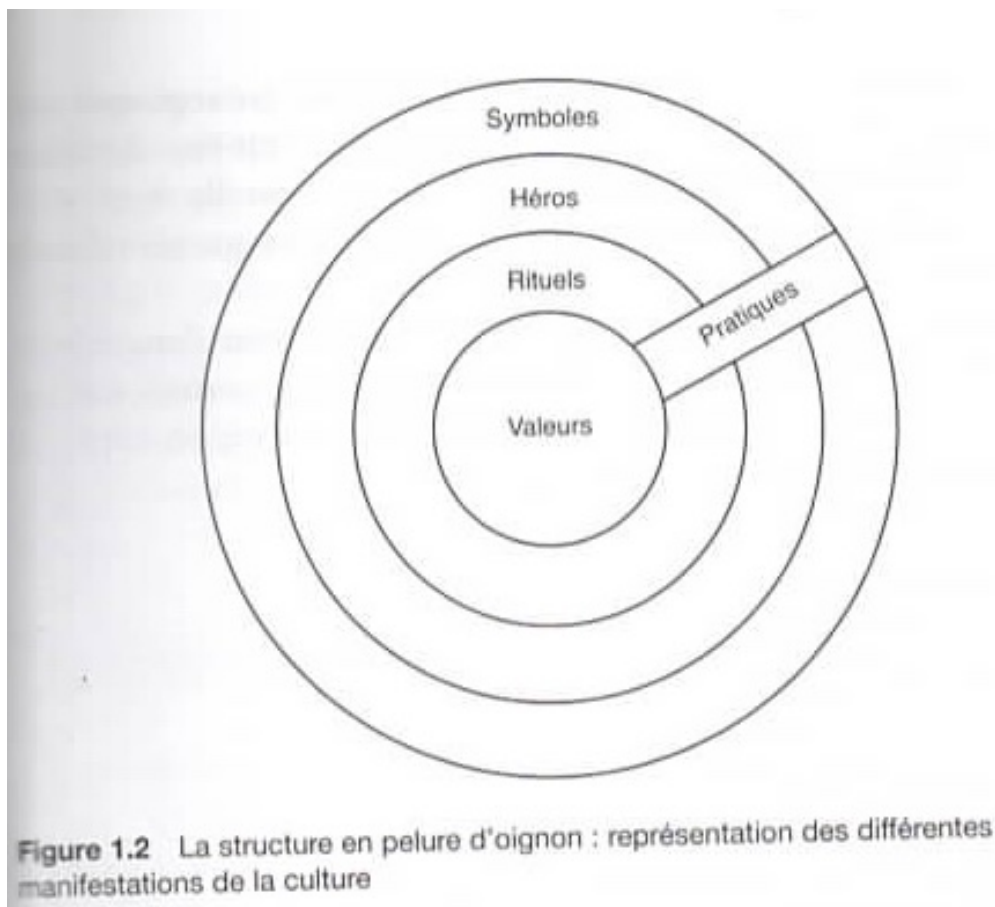


Figure 67 Structure des manifestations de la culture selon Hofstede et Minkov (Hofstede, Hofstede et Minkov, 2010, p. 19)

Les symboles représentent la couche la plus superficielle de la culture tandis que les valeurs sont au cœur de celle-ci. Les pratiques – qui regroupent l'ensemble des dimensions à l'exception des valeurs – sont les pans les plus manifestes d'une culture et sont, plus facilement, soumises aux changements, a contrario des valeurs qui sont relativement stables.

Bien que la culture soit un construit social, l'absence de celle-ci est impossible. Les individus ont également besoin de classer les individus dans des groupes : Eux (exogroupe) versus Nous (endogroupe). Cependant, les auteurs partent du postulat que chaque individu est l'agrégat de plusieurs couches de programmations mentales – qui sont souvent source de conflits.

Les couches de programmations mentales, identifiées par les auteurs, correspondent à différents niveaux de cultures : **national ; appartenance régionale et/ou ethnique et/ou religieuse et/ou linguistique ; sexuel ; générationnel ; social et organisationnel pour les salariés**. Ils identifient également les cultures professionnelles. Celles-ci étant situées, par les auteurs, comme se trouvant à mi-chemin entre les cultures nationales et organisationnelles car elles sont porteuses à la fois de valeurs et de pratiques.

Dans son étude statistique sur les filiales d'IBM, Hofstede identifie des problématiques communes à tous les pays mais faisant l'objet de réponses distinctes. Les domaines identifiés – qui font écho à la recherche de Alex Inkeles et Daniel Levinson – sont les suivants : distance hiérarchique ; collectivisme versus individualisme ; féminité versus masculinité et contrôle de l'incertitude. *« À eux quatre, ils forment un modèle quadridimensionnel (4-D) des différences entre les cultures nationales. Chaque pays s'y caractérise par le résultat qu'il affiche pour chacune de ces quatre dimensions »*. Ce modèle sera par la suite enrichi par l'analyse de la base de données *World Values Survey* – faite par Minkov – qui déboucha sur l'identification de deux nouvelles dimensions : orientation à long terme versus orientation à court terme ; plaisir versus retenue.

Ces dimensions identifiées n'ont pas permis de pleinement comprendre les cultures organisationnelles – second principal objet de la recherche mené par les auteurs. Ils considèrent la culture organisationnelle comme étant « un phénomène en soi » mais distinct de la culture nationale. Cette distinction s'opère dans le fait que les individus ne sont pas nés dans cette culture et qu'un choix a été opéré d'appartenir à une certaine organisation – qu'ils peuvent décider de quitter. Néanmoins, la conception que les individus se font d'une organisation est intrinsèquement liée à leur culture nationale d'appartenance. Cette relation a également été mise en avant par Owen James Stevens

qui démontra un lien entre la perception de problèmes organisationnels et la nationalité des individus.

« Avec leur modèle « pyramidal », les étudiants français de l'INSEAD, issus d'un pays où la distance hiérarchique est élevée et le contrôle de l'incertitude fort, préconisaient des mesures de concentration de l'autorité et de structuration des activités. Avec leur modèle de « machine bien huilée », les Allemands, originaires d'un pays où le contrôle de l'incertitude est fort et où la distance hiérarchique est faible, souhaitaient structurer les activités sans concentrer l'autorité. Avec leur modèle de « marché de village », les Britanniques, dont la culture nationale se caractérise par une faible distance hiérarchique et un faible contrôle de l'incertitude, refusaient toute concentration de l'autorité et toute structuration des activités. Or Français, Allemands et Britanniques avaient à traiter la même étude de cas. » (Hofstede, Hofstede et Minkov, 2010, p. 360)

En s'appuyant sur les travaux de Mintzberg sur les organisations, ils cartographient ainsi les préférences d'une configuration organisationnelle en fonction de la culture nationale. En effet, la typologie de Mintzberg exposait cinq modèles de configurations organisationnelles : la structure simple, la bureaucratie mécaniste, la bureaucratie professionnelle, la structure divisionnalisée et l'adhocratie. Chacune de ces organisations reposait sur un ou plusieurs mécanismes de coordination et comprenait cinq parties (le centre opérationnel ; le sommet stratégique, la ligne hiérarchique ; la technostructure ; le support logistique).

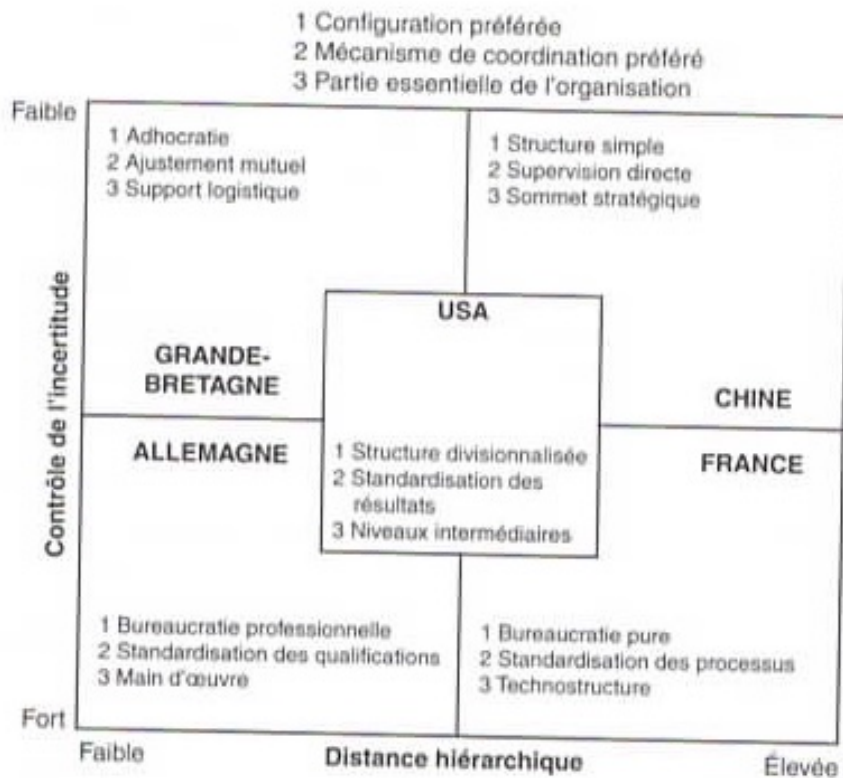


Figure 9.2 Projection des cinq configurations organisationnelles préférées de Mintzberg sur une matrice distance hiérarchique-contrôle de l'incertitude, avec un pays type pour chaque configuration.

Figure 68 Configurations de Mintzberg associées à des pays types (Hofstede, Hofstede et Minkov, 2010, p. 370)

Il existerait donc un lien entre la culture nationale et la configuration organisationnelle choisie. Néanmoins, les auteurs mettent en avant l'existence d'une culture organisationnelle distincte de la culture nationale. Les deux seraient de nature différente puisque les cultures nationales reposent principalement sur des valeurs tandis que les cultures organisationnelles sont surtout faites de pratiques. Ainsi, des individus semblables appartenant à des organisations différentes auront des pratiques distinctes mais des valeurs proches. L'inverse est également avéré, l'étude sur les filiales IBM a montré que les individus appartenant à une même entreprise mais n'ayant pas la même culture nationale auront des pratiques similaires mais des valeurs distinctes.

« Les valeurs des salariés différaient davantage selon le sexe, l'âge et le niveau de formation (et bien sûr la nationalité) qu'en fonction de leur appartenance à l'organisation per se. » (Hofstede, Hofstede et Minkov, 2010, p. 411)

Ils identifient également six dimensions aux cultures organisationnelles : « 1. orientation vers les processus par opposition à orientation vers les résultats ; 2. orientation vers les hommes par opposition à orientation vers les tâches ; 3. esprit maison par opposition à esprit de profession ; 4. système ouvert par opposition à système clos ; 5. contrôle lâche par opposition à contrôle étroit ; 6. normatif par opposition à pragmatique. » (Hofstede, Hofstede et Minkov, 2010, p. 418). Il est à noter que ces dimensions font exclusivement appel aux pratiques des individus.

9.2.2. Les organisations comme fruit d'une histoire nationale

Dans *la logique de l'honneur* (1989), Philippe d'Iribarne démontra un lien entre l'histoire nationale d'un pays et le fonctionnement de ses organisations. Il étudia trois usines (française, américaine et néerlandaise) d'un même groupe et remarqua qu'elles avaient pratiquement la même hiérarchie et les mêmes procédures. Bien que ces dernières semblassent similaires, de prime abord, elles n'en étaient pas moins très différentes en réalité. Les Américains, les Français et les Néerlandais n'avaient pas la même manière de réagir face aux règles et à la hiérarchie. Philippe d'Iribarne mit en avant, dans l'usine française, l'écart entre le prescrit et la réalité concernant la mise en place des sanctions et des récompenses tandis que les Américains avaient une « codification rigoureuse » de celles-ci. Cela va de même dans les activités puisque les Américains souhaitent une autonomie dans la manière de faire mais attendent des objectifs clairs alors que, dans le cas de l'entreprise Française, « *Chacun tend à pousser très loin sa propre interprétation de ses responsabilités, sans attendre que la direction de l'usine définisse ses objectifs* » (Iribarne, 1989, p. 22).

Philippe d'Iribarne met en avant l'importance de l'informel dans le mode organisationnel à la française que ce soit en termes de structure ou des relations interpersonnelles. En

effet, cette informalité touche également les relations interpersonnelles et est importante pour le bon déroulé de la coopération entre les individus au sein de l'organisation. Ainsi, les individus n'ont pas de problèmes à se rendre des services les uns les autres tant que cela ne tombe pas sous le coup de la « servitude ». Pour l'auteur, la servitude se définit comme faire partie d'une entité au service d'une autre. Les individus vont donc percevoir une même tâche de manière distincte si cette dernière profite à tout le monde ou si c'est « au service » d'une autre entité.

Les identités de métier sont également très fortes en France. Les individus vont donc avoir des difficultés à faire des activités qu'ils considèrent comme étant en inadéquation avec leur position. A contrario, cela peut être également source de motivation quand ils considèrent que celle-ci est respectée. La France fonctionne sur une logique de l'honneur où les positions sont porteuses de droits et de devoir pour les individus.

Aux États-Unis, la référence est la logique marchande, celle de « *vendre son travail pour un salaire* » avec une notion de justice (*fair*). Les rapports entre les divers niveaux hiérarchiques sont conformes aux rapports prescrits par l'organisation. La structure hiérarchique est très codifiée où les objectifs et les devoirs des subordonnés sont explicites et ne laissent pas place à l'interprétations. Il existe également une forte volonté de plaire à son supérieur.

« Le sentiment que l'on travaille pour quelqu'un, et le poids accordé à ce qu'il pense de la qualité de ce que l'on fait, jouent bien au-delà de sa capacité à récompenser et à punir. » (Iribarne, 1989, p. 142)

De nombreuses procédures régissent les récompenses et les sanctions. La position des individus et les avantages octroyés sont régis par un principe d'ancienneté tandis que les sanctions sont inscrites dans le contrat et peuvent faire l'objet de contestation (« procédure de grievance »).

Aux Pays-Bas, la place de chacun dans l'organisation est bien définie et doit être respectée. Cependant, les rapports sont quasi-indifférenciés entre les différentes strates hiérarchiques puisque peu de valeur leur est accordée. La place de l'individu est grande

et son supérieur ne peut rien lui imposer sans que celui-ci n'ait compris la raison de l'ordre et l'ait acceptée. Les individus sont donc maîtres de leurs décisions, la discussion entre les membres de l'organisation est une étape importante dans le modèle néerlandais. Celle-ci va permettre de parvenir à un consensus et elle peut être initiée par n'importe qui, peu importe la position. Il y a par conséquent une grande place pour le consensus dans le modèle néerlandais ce qui n'est pas propice aux changements. Paradoxalement, bien que les individus se voient octroyer une forte liberté dans leur travail, il existe un fort contrôle (transparence des activités) par les supérieurs hiérarchiques.

Cependant, « *Si on met généralement l'accent sur la volonté de bien s'entendre, la peur de mal s'entendre en est le revers* » (Iribarne, 1989, p. 235). Cette volonté d'atteindre un consensus, couplée à « la prohibition d'attitudes agressives », entraînent donc un évitement des conflits et le masquage de problèmes, ce qui se traduit par un taux d'absentéisme et de turn-over plus élevé ainsi qu'un engagement plus limité de la part des individus.

9.2.3. Les organisations scientifiques internationales

L'aspect conflictuel de ces organisations trouve son origine dans la variété des populations qui les composent. Stacia E. Zabusky (1995) mettait en avant deux grandes catégories de distinctions existantes que sont les différences de nationalités et les professions. Cependant, la plupart des individus et particulièrement les scientifiques minimisent l'importance de la première dans les relations de travail. Ils parlent de ces différences, mais plutôt comme une expérience positive qui advient majoritairement pendant les moments de pause tels que les repas. En outre, la parole a une place centrale pour l'atteinte d'un consensus et donc du « *working together* ». Cependant, l'anglais est la langue officielle, favorisant ceux dont c'est la langue maternelle en termes de rhétorique mais cela peut se retourner contre eux car les autres participants peuvent avoir du mal à les comprendre.

Les études sur les organisations scientifiques ont montré que les participants se focaliseraient surtout sur les distinctions entourant les scientifiques et les ingénieurs (Zabusky, 1995 ; Simoulin, 2007). Vincent Simoulin pointe l'existence de deux sous populations qui ne font pas appel à la même économie de la grandeur puisque les acteurs mobilisent des cités différentes dans leurs discours (la cité industrielle pour les ingénieurs et la cité inspirée pour les scientifiques). Cette fragmentation du registre discursif permet de consolider la cohérence interne de chaque sous-communauté par le biais de l'affirmation de sa différence. Néanmoins, l'utilisation d'un même instrument a un effet unificateur. En effet, « *L'instrument est par ce moyen présent dans toutes les têtes de façon remarquablement identique ; les images et les indicateurs fonctionnent comme un ciment partagé dont on ne saurait surestimer l'importance.* » (Simoulin, 2007). L'utilisation d'un instrument commun est un élément unificateur qui permet de réunir ces deux sous-communautés.

Stacia E. Zabusky, de son côté, considère que les termes scientifiques et ingénieurs sont idéal typiques au sens Wébérien car ils ne sont pas tous les mêmes (ils ne viennent pas tous de la même discipline et ils ne travaillent pas tous sur les mêmes composants de la mission). Dans cette interrogation entourant la distinction entre profession et disciplines, Yves Gingras (Gingras, 1991) explique que le terme professionnel tend à entraîner une confusion entre la construction d'une profession – dont le but est de monopoliser l'accès à des positions sociales – et d'une discipline qui a pour objectif de contrôler les recrues et l'objet d'étude. Les cultures professionnelles et disciplinaires sont donc distinctes. Elles n'exercent pas le même type de contrôle car elles ne sont pas de même nature. Il sera donc question de certes distinguer les professions mais également les différentes disciplines prenant part aux consortiums scientifiques.

En effet, Terry Shinn (1980) émet pour sa part l'idée qu'il existerait un lien entre la spécialité scientifique et l'organisation au sein des laboratoires. Cependant, les auteurs Lemaine, Lécuyer, Gomis et Barthelemy (Lemaine et al., 1972 ; Martin Olivier, 2005) établirent que ce n'était pas seulement la discipline et l'objet qui déterminaient les formes organisationnelles des laboratoires mais plutôt des intérêts et des ressources des individus à l'intérieur de l'organisation.

La culture instrumentale fait référence au fait que l'organisation, les pratiques et même les réflexes des individus diffèrent selon les parties de l'instrument sur lesquelles ils travaillent. De plus, chaque équipe travaille sur un élément de l'instrument final ce qui nécessite une forte coordination car il faut prendre en compte les objets voisins (Simoulin, 2007) ¹¹⁶ – objets avec lesquels leur instrument peut être en interaction. Chaque objet correspond à plusieurs équipes et groupes de travail, qu'ils soient liés au segment sol – c'est à dire les dispositifs techniques permettant de « *tirer de la science* » de cet outil - ou à l'objet en lui-même – sa fabrication. Cela engendre une grande complexité en termes de technicité et de coordination puisque la coopération est rendue difficile par le fait que toutes les équipes sont géographiquement éclatées (Vinck, 1995). Une distinction essentielle, et fortement débattue, sépare les éléments nobles et les éléments communs, c'est à dire « *les parties laissées entre deux instruments pour y faire passer les fluides, les câbles et les supports de l'instrument* » (Vinck et Laureillard, 1999, p. 23). Ces éléments communs sont des frontières qui contraignent les concepteurs.

* * *

Les présentations des courants du culturalisme et des *cultural studies* ont permis de nous éclairer sur la signification donnée à la notion de culture. Les études qui ont tenté de relier la question des cultures à celles des organisations peuvent faire l'objet de critiques – notamment une certaine forme de réductionnisme des différents faits sociaux à la question des différences culturelles.

Bien que ces études soient intéressantes pour appréhender les différences culturelles à l'œuvre, il s'agira d'essayer de ne pas tomber dans le piège de tout ramener aux différences culturelles. L'un des objectifs sera plutôt de comprendre d'une part comment, dans les consortiums que nous étudions, la perception de ces différences par les individus joue sur la structure organisationnelle du consortium et l'apparition de communautés, et d'autre part comment s'articulent ou s'opposent les cultures nationales, instrumentales, disciplinaires et professionnelles.

¹¹⁶ Vincent Simoulin, « Une communauté instrumentale divisée... et réunie par son instrument », art cit.

Chapitre 10 :

L'appartenance institutionnelle et professionnelle : vecteur de fragmentation du collectif ?

Les pays participants aux missions scientifiques le font par le biais de leurs instituts scientifiques (laboratoire, centre de recherche, etc.). De ce fait, les institutions scientifiques sont la pierre angulaire des efforts menés par les pays dans l'élaboration, la construction et l'exploitation d'une mission spatiale. La coopération de ces différentes institutions – dont certaines ont une culture institutionnelle forte – ainsi que les rapports entretenus entre ces derniers sont à interroger.

Interroger les différences de cultures institutionnelles va nécessairement de pair avec l'étude des cultures professionnelles. Les instituts sont ainsi marqués par la culture professionnelle prépondérante en leur sein. De ce fait, un laboratoire composé en majorité de chercheurs n'aura pas exactement la même culture qu'un organisme composé d'ingénieurs. Il s'agira donc de s'interroger sur le poids des cultures institutionnelles et professionnelles dans l'architecture organisationnelle du consortium.

10.1. Des différences de culture institutionnelle

Lors des réunions Euclid, seule l'appartenance institutionnelle était notifiée sur les badges des participants. Celle-ci apparaissait également sur la plupart des PowerPoint durant les différentes présentations. L'institut de rattachement apparaissait donc comme l'élément d'appartenance le plus mis en avant visuellement lors de ces grandes réunions. Il a également été constaté que l'appartenance institutionnelle jouait un rôle dans les dynamiques relationnelles et de pouvoir entre les différents instituts prenant part aux missions spatiales.

10.1.1. L'instrument et les différentes institutions

Une grande partie des terrains, réalisés pour cette thèse, s'est déroulée dans des instituts, laboratoires et départements universitaires. Ces différents établissements étaient tournés vers la recherche – qu'elle soit instrumentale ou théorique. Le CEA a également été un terrain et il a la particularité d'être un organisme à l'intersection entre le monde de la recherche et le monde de l'ingénierie. Les agences spatiales sont, quant à elles, principalement tournées vers l'ingénierie. Les objectifs de ces institutions différaient selon qu'elles étaient tournées vers la science ou l'ingénierie. Nous proposons une catégorisation des différents organismes participant aux missions scientifiques de l'ESA : les institutions tournées vers la recherche, les institutions à l'intersection de la recherche et l'ingénierie et les institutions tournées vers l'ingénierie.

L'institution de rattachement semblerait donc jouer un rôle dans la perception de la mission par les enquêtés. Grossetti et Boë (2008) ont montré que les instruments avaient aussi une place importante, voire centrale, au sein d'une organisation scientifique recouvrant différentes spécialités. La position des ingénieurs se renforçait d'autant plus que le statut de l'instrument se consolidait (Grossetti et Boë, 2008). Au cours de notre enquête, nous avons pu constater que la place de l'instrument dépendait de l'institut de

rattachement. Plus les instituts avaient comme finalité l'ingénierie et plus l'instrument – et donc les ingénieurs – avait une place prépondérante dans l'organisation. *A contrario*, plus l'institut était tourné vers la théorie et plus on constatait un effacement de l'instrument et des ingénieurs en faveur de l'avancée scientifique et des chercheurs. De ce fait, les agences spatiales sont tournées vers l'innovation technologique tandis que les laboratoires et centres de recherche priorisent l'innovation scientifique. Un chercheur de X-IFU évoquait cette situation dans cet extrait d'entretien :

« Avec le CNES, le maitre d'œuvre, cela ne s'est pas toujours bien passé. Il y a eu une mauvaise expérience, très mauvaise. Nous, les scientifiques, on est motivés par la science et le CNES la science ce n'est pas le moteur, c'est l'ingénierie. Il faut marier science et ingénierie, il ne faut pas que l'ingénierie prenne toutes les marges et que la science, la performance, n'en ait aucune. L'équipe précédente voulait réaliser l'instrument sans tenir compte de la science (...) Après l'échec passé avec le CNES, j'étais mal car j'ai la responsabilité de fournir X-IFU à la communauté et cela allait capoter à cause de la relation avec le CNES. » (Entretien n° 25, X-IFU, Toulouse)

Cette situation n'est pas sans rappeler les propos de Thomas Reverdy sur les enjeux identitaires entourant la collaboration entre différentes professions : *« Quand deux métiers interagissent, la confrontation est aussi identitaire : dans l'interaction, ce sont les champs de compétence des uns et des autres qui se dessinent. »* (Reverdy, 2021, p. 155)

L'appartenance institutionnelle impliquerait également des différences dans les raisons qui motiveraient les différents instituts à contribuer à la réalisation d'une mission spatiale. Ainsi, la raison première, pour laquelle l'ESA financerait des missions scientifiques, serait liée au principe de *geo-return*. Ce principe consiste à re-distribuer les contributions des pays aux différents programmes de l'ESA par le biais de contrats industriels. Certains chercheurs considèrent donc que la science n'est pas la priorité des agences nationales et européenne mais plutôt un prétexte pour financer les industriels comme cela est évoqué dans les extraits suivants :

« La structure du management est due à l'ESA. La science c'est une vitrine, ce n'est pas important, ça sert à collecter des fonds publics pour les distribuer aux industries, c'est surtout évident pour les pays et ça permet en même temps d'abreuver les scientifiques et faire des trucs jolis. » (Entretien n° 29, Euclid, Paris)

Ces différences culturelles en termes d'enjeux ont pour conséquence d'entraîner des rapports de force entre les agences spatiales et les laboratoires scientifiques. Leurs objectifs peuvent parfois être antagonistes : les agences qui mettent les moyens financiers veulent avoir une technologie sûre en termes techniques et à moindre coût tandis que les instituts de recherche veulent un instrument qui soit le plus performant possible scientifiquement parlant :

« La conception instrumentale était plus optimale au début que maintenant. C'est dû au miroir du télescope qui a été réduit, ça a un côté frustrant scientifiquement et c'est dû au coût qui était supérieur à la somme d'argent mise notamment par l'ESA. Le télescope et l'instrument sont quand même performants, c'est le processus habituel vu dans d'autres projets, X-IFU n'a pas tellement bougé, ça ne bouge pas la capacité. » ((Entretien n° 12, Euclid, Toulouse)

Les raisons qui motivent la participation des instituts diffèrent en fonction de leurs finalités. Les agences seront motivées par l'ingénierie – et donc l'instrument en lui-même – tandis que les instituts de recherche seront poussés par la science. La science passera par l'obtention des données – qui devront être les plus précises possible. Cette divergence en termes de finalités ne pose, le plus souvent, pas de problème dans la coopération entre les différents participants mais elle peut, néanmoins, résulter en conflits lorsque les divergences dans la conception de la mission sont trop grandes. En d'autres termes, si la conception de l'instrument ne prend pas suffisamment en compte les besoins scientifiques (et vice-versa), cela peut entraîner des relations conflictuelles entre les différentes organisations prenant part à la mission scientifique.

10.1.2. Des différences organisationnelles en fonction du type d'instituts

Les différences de finalités seraient également liées à une recherche de visibilité distincte : les agences nationales cherchent à avoir une visibilité technique tandis que les instituts de recherche cherchent une visibilité scientifique. Ces différences de finalités sembleraient être en lien avec le type d'organisation. En effet, les agences nationales ou européennes auraient une organisation semblable au modèle industriel avec une hiérarchie plus présente. Cette organisation avec une bureaucratie fort présente est héritée de la NASA (Patarin-Jossec, 2021). Tandis que les instituts de recherche se rapprocheraient du modèle universitaire avec une hiérarchie peu présente comme peuvent en témoigner ces extraits d'entretiens :

« Le projet nécessite une vraie organisation, industrielle d'un certain point de vue. Ce n'est pas obligatoirement le cas dans les laboratoires de recherche car si le papier sort avec du retard ils prennent le risque d'être doublés mais ce n'est pas le même problème. Ça nécessite une organisation plus précise avec des rôles définis et des gens qui s'engagent sur certaines activités, ce n'est pas le cas dans tous les types de labo de recherche, ce qui est dû à la nature du travail. »
(Entretien n° 28, Euclid, Paris)

"Scientists in general are not used to be very careful with deadlines, for example. They tend to be creative people, and so people that sometimes stop something that they should do for doing something else that they think is more interesting. And in some way we have to accept this. But of course if you want to make a satellite (...) you need to have scientists who are also capable to manage. I think this group of people we have in the science coordination group have a very clear idea of what it means managing, even if they are not coming from technology or engineering." (Entretien n° 20, Euclid, Milan)

Ces différences organisationnelles seraient donc liées au type d'institut et par là à la place de l'instrument. Les instituts tournés vers l'ingénierie sont construits sur un modèle

proche de celui industriel alors que les instituts de recherche ont une organisation similaire à celle du monde universitaire. Ces différences en termes d'organisation se retrouveraient au niveau de l'organisation des consortiums. En effet, les agences spatiales ont mis en place un modèle organisationnel qui est très proche du leur c'est-à-dire avec des procédés, des règles et un organigramme précis. Cela entraînerait une non-maitrise des règles et des procédures – dictées par les agences – ainsi qu'une résistance forte de la part des chercheurs. Les chercheurs ont tendance à ne pas lire la documentation qui représente, pour eux, une « lourdeur administrative et organisationnelle ». Ils ont tendance à mettre en avant, dans les entretiens, l'aspect non-hiérarchisé de leur travail et la liberté qu'ils ont dans leur recherche. De ce fait, ces différences de culture institutionnelle auraient pour conséquence un choc des cultures qui serait visible au niveau organisationnel par l'acceptation et la conformation aux règles ou son contraire. Nous nous demanderons si ces différences en termes de finalité et d'organisation seraient en lien avec la profession et donc la place de l'instrument.

« Le CNES fonctionne différemment que les laboratoires. On a des façons de travailler différentes, on ne fait pas les mêmes métiers. La finalité des laboratoires c'est les publications, faire avancer la science, la façon de s'organiser va dans le sens de ces objectifs-là alors que le CNES, nous, on ne fait pas de science, on travaille sur des projets scientifiques mais on n'en fait pas. » (Entretien n° 18, Euclid, Toulouse)

« Ça peut très bien se passer comme ça peut mal se passer, il y a des gens qui ont quitté le projet car il y avait une incompatibilité d'humeur avec les scientifiques. Le CNES demande de respecter les normes, ils nous voient « comme des chieurs » alors qu'ils ne comprennent rien à la science, on n'est pas là pour faire des docs, on doit faire des papiers scientifiques. Ils n'en ont rien à foutre de faire de la documentation. » (Entretien n° 17, Euclid, Toulouse)

Ces différences organisationnelles et de finalités sont donc source de tensions entre les membres. La forme organisationnelle du consortium est mise en place par les agences et

ne correspond pas à l'organisation des instituts de recherche. Elle est donc perçue comme étant inadaptée au mode de travail de la recherche. Les individus relevant de la recherche doivent s'adapter pour travailler avec des individus rattachés à des instituts différents – qui ont des identités organisationnelles propres.

10.1.3. Quand la coopération laisse place à la compétition

Durant les réunions locales, les discussions entre les membres mettaient en avant des tensions qui pouvaient exister entre les différents instituts participants. Ces tensions tournaient principalement autour de la visibilité au sein du consortium et du fait que certaines personnes mettaient beaucoup en avant le travail qui était fait au sein de leur laboratoire, au détriment des autres partenaires. La mise en avant du travail effectué permet ainsi d'accroître sa visibilité scientifique et technique mais cela peut également être source de tensions et d'agacements pour les autres membres qui perçoivent leur travail comme étant invisibilisé.

Lorsque nous évoquions les tensions qui pouvaient transparaître dans ce type de coopération, un enquêté a mis en avant la répartition asymétrique des moyens et des contributions. Cette répartition inégale s'explique, en partie, par un engagement initial différencié. Ainsi, lorsqu'un institut s'est engagé dans la coopération dès les prémices de la mission, cet institut se retrouve à avoir un rapport de force qui lui est favorable au sein du consortium et, *in fine*, plus de responsabilités et de moyens qui lui sont alloués. Cela peut engendrer des frustrations chez les autres partenaires qui peuvent se sentir « lésés » car leur visibilité scientifique, au niveau du consortium, est moindre.

« Évidemment, il y a une très forte différenciation. Mais la différenciation, c'est qu'il y a deux grands labos en France sur Euclid, qui sont l'IRAP et le LAC de Marseille. Mais c'est vrai que c'est aussi ceux qui contribuent le plus et qui ont mis le plus de moyens. (...) Donc c'est des projets qui sont poussés par des gens. (...) C'était deux proposant très très forts. Ils ont poussé beaucoup pour que ce projet fonctionne au niveau européen. Donc effectivement, ils ont récupéré

beaucoup de moyens de leur position. Donc c'est vrai que nous, au petit laboratoire de Toulouse, on est frustrés. Mais en même temps, on doit reconnaître que c'est ces deux labos qui ont le plus contribué. (...) Par exemple, à l'IAS, ils ont aussi une contribution assez importante. L'IAS, c'est ceux qui ont fait Planck. Évidemment, dans EUCLID, ils n'ont pas la position qu'ils avaient dans Planck. Je pense qu'il y a quelque part, tu vois, les anciens notables qui ont perdu leur position de grand notable. Ça reste des petits notables maintenant, mais ils ne sont plus au même niveau. » (Entretien n° 46, Euclid, Toulouse)

Cet extrait d'entretien met en lumière ces rapports de pouvoirs entre les instituts qui sont à l'œuvre dans les coopérations scientifiques. Néanmoins, ce rapport de force entre les instituts est « remis en jeu » au fil des différents projets. Un institut peut donc se retrouver à avoir un rapport de force qui lui est favorable dans un projet et plus défavorable dans un autre. Cette mouvance des relations de pouvoir qui est à l'œuvre peut engendrer des tensions chez les individus qui voient leur pouvoir décliner, d'un projet à un autre, au sein de la même communauté scientifique. Ce phénomène de « déclassement » institutionnel est bien illustré dans cet extrait d'entretien. En effet, suite à un recrutement qui avait été défavorable à un laboratoire qui avait une position forte dans le projet PLANCK mais moindre dans le projet Euclid, des tensions sont apparues entre les membres de ce laboratoire et ceux du laboratoire qui avait vu leur candidat recruté.

« Le fait est qu'elle réagit très fortement. Ça veut dire qu'il y a une charge personnelle très forte. Quand ils ont passé dix ans à s'investir, ils ont l'impression qu'ils n'en retirent pas assez. Ça peut effectivement se traduire par des tensions entre labos. Mais c'est aussi les labos qui cultivent un peu cette idée qu'il y a une culture de labos qui est un peu curieuse. Moi, je ne la comprends pas tout à fait, cette chose-là. Mais ça, c'est un point de vue personnel. Je ne trouve pas que les labos soient particulièrement des entités qui ont une valeur en soi. C'est d'abord la contribution des individus qui sont dans les labos qui fait qu'un labo est important. Évidemment, quand il y a des labos qui ont des contributions techniques, tu as une expertise technique qui est

cohérente et qui fait qu'effectivement, ça a un peu plus de sens de dire qu'on rentre un peu plus sur un modèle d'entreprise. Une entreprise sait fabriquer un produit, donc elle devient experte sur un produit. Donc elle a une identité de ce point de vue-là, mais je ne suis pas venu dans la recherche pour me retrouver confronté au modèle des entreprises. » (Entretien n° 46, Euclid, Toulouse)

Cet extrait met ainsi en avant les tensions qui peuvent apparaître entre les laboratoires et les rapports de force à l'œuvre et leur versatilité au fil des projets. Les individus peuvent vivre ces changements comme étant une forme de déclassement et une perte de leur pouvoir au sein de la communauté scientifique. L'objectif pour les membres étant de maintenir et de renforcer leur pouvoir au fil des projets et cela passe par un auto-renforcement des compétences et une visibilité de ces derniers. Ces compétences deviennent, ainsi, le socle des différentes identités institutionnelles.

10.2. Les chercheurs et les ingénieurs : deux mondes qui doivent apprendre à cohabiter

L'étude des organisations ne doit pas oublier les sous-groupes, « *il faut donc étudier les laboratoires comme des espaces à l'existence et à l'activité problématiques, dont l'unité ne va pas de soi et doit être constamment construite et entretenue.* » (Simoulin, 2007, p. 222). Peter Galison montre de fait l'existence de sous-populations en distinguant les théoriciens, les expérimentalistes et les instrumentalistes (Galison, 1997b). Vincent Simoulin¹¹⁷ prolonge cette perspective en montrant qu'elles ne partagent pas le même type d'organisation, de publication, de perception et de représentation. Les deux sous-populations ne font pas appel à la même économie de la grandeur puisque les acteurs mobilisent des cités différentes dans leur discours (la cité industrielle pour les ingénieurs et la cité inspirée pour les chercheurs) (Boltanski et Thévenot, 1991). Les chercheurs

¹¹⁷Simoulin Vincent. « *Un sociologue au merveilleux pays du synchrotron* ». Billet. *Mondes Sociaux* (blog).

vont donc mobiliser des valeurs autour de la création, de la passion pour la recherche tandis que les ingénieurs – et les techniciens – vont plutôt avoir un discours portant sur l’efficacité et la fiabilité des aspects techniques de l’instrument.

10.2.1. Des professions avec des finalités différentes

L’institution de rattachement des participants jouait un rôle dans la perception de la mission par les enquêtés selon la place que prenait l’instrument. Cette place de l’instrument est également rattachée à des finalités différentes. Les ingénieurs souhaitent développer un instrument qui fonctionne, ils sont à la recherche de la performance technique tandis que les chercheurs veulent un instrument innovant scientifiquement parlant, ils sont donc tournés vers la performance scientifique. Ces deux cultures ne sont pas, par essence, en inadéquation l’une avec l’autre mais elles peuvent entraîner des crispations, voire même des conflits entre les participants. Ces différences culturelles en termes d’enjeux et de finalités ont pour conséquence d’entraîner des rapports de force entre les agences spatiales et les laboratoires scientifiques, leurs objectifs peuvent, ainsi, parfois être antagonistes. Ces différences d’enjeux seraient également liées à une recherche de visibilité distincte, les ingénieurs qui sont le plus souvent rattachés aux agences nationales cherchent à avoir une visibilité technique tandis que les chercheurs veulent une visibilité scientifique notamment par le biais des publications comme cela est mis en avant dans l’extrait suivant.

« La différence c’est que les chercheurs ont besoin d’être reconnus par la communauté et pour la progression, les publications sont importantes alors que pour les ingénieurs ce n’est pas la chose la plus importante. » (Entretien n° 28, Euclid, Paris)

« C’est très caricatural ce que je vais dire, les ingénieurs ont pour objectifs la réalisation de choses qui marchent, il va pas essayer de modifier ce qu’il sait faire mais va le faire, il va pas être curieux (...) Par contre si il est dans le champ de la recherche technique (...) j’irais jusqu’à dire un esprit scientifique. C’est un profil d’ingénieur aussi curieux mais dont la nature est de faire évoluer la technologie qu’on

met dans l'instrument (...) Les scientifiques ont un autre objectif donc parler de détecteurs, il s'en fout, je le vois dans ces yeux, il veut savoir si il peut faire un papier scientifique. » (Entretien n° 36, Euclid, Lyon)

Dans les consortiums, il existerait donc, si l'on excepte les administratifs et range les techniciens au côté des ingénieurs, au moins deux sous-communautés : les ingénieurs et les chercheurs. Ces sous-communautés sont en lien avec une culture professionnelle propre à chacune. Les membres se représentent comme ayant des cultures distinctes – voire parfois même antagonistes – mais comme étant reliées par un objectif commun : la mission spatiale. Cela rejoint ce qu'avance Vincent Simoulin dans son étude sur les synchrotrons, il décrit cela de la manière suivante :

« Ce n'est pas nous qui en traçons ce portrait mutuellement caricatural, ce sont elles qui se décrivent ainsi l'une l'autre, qui se voient comme le regroupement de deux mondes différents par la seule grâce d'un instrument identique. Les démarcations qu'elles tracent l'une avec l'autre sont un aspect structurant de l'identité de chaque sous-communauté, c'est un point d'ancrage sur lequel il est possible de mobiliser leurs membres et de bénéficier de leur immédiate compréhension. » (Simoulin, 2007, p. 234)

La communauté des ingénieurs et celle des chercheurs se différencieraient aussi en termes de finalité et d'enjeux. Les scientifiques ont pour objectif la recherche scientifique (et la publication d'articles) tandis que les ingénieurs ont pour finalité la construction d'un instrument.

“My impression is that these technical guys are more concentrated on the formal technical aspect of the problems and quite often they risk to miss the scientific point of the problem, so everything can go well formally even if they don't reach the scientific scope and for me it's not the best approach. (...) I think because in my opinion the guys that are leading this part of the project are basically technicians, engineers, people who don't have in mind the scientific aspect of the survey, so there is not a good balance between the two aspects. I guess probably

if there was more scientific people involved also in this aspect we can reach a good balance, but at the moment from my point of view we are more concentrated on the formal aspect of the software and not on the real problem of the software.” (Entretien n° 22, Euclid, Milan)

Cette divergence en termes de finalité est mise en exergue par le consortium X-IFU. Nous avons pu voir que les scientifiques étaient frustrés par le fait que l’ESA décide de baisser la taille du miroir tandis que les ingénieurs, pourtant du même laboratoire, semblaient être au contraire satisfaits de cette décision puisque cela les arrangeait d’un point de vue technique comme cela a été mentionné avec un ingénieur travaillant sur le projet.

« La baisse du miroir représente une baisse des contraintes, on va vers la bonne direction. » (Entretien n° 9, X-IFU, Toulouse)

Ces sous-communautés diffèrent donc en termes d’enjeux car leurs objectifs ne sont pas les mêmes et sont propres à chaque profession : la publication d’articles pour les scientifiques et la réalisation d’un instrument pour les ingénieurs. Il faut toutefois différencier les chercheurs qui font de la théorie et les instrumentalistes (Galison, 2002). Ces derniers, bien qu’ils fassent également de la recherche, ont une culture professionnelle qui est plus proche des ingénieurs que les autres chercheurs. Les instrumentalistes sont également plus habitués à travailler au sein d’une équipe plus large pour élaborer les instruments, ils savent mieux travailler avec des ingénieurs que les théoriciens. Les théoriciens, quant à eux, vont avoir tendance à travailler seuls ou au sein d’une équipe plus restreinte comme en témoigne l’extrait suivant :

“If you worked in a smaller group and you haven't worked with observational data, so if you're a theoretician, for example, you tend to try and respond to problems a bit quicker and don't like all the bureaucracy. So, it's very hard to get the theoreticians to actually do predictions that are useful for you. So, it's very easy to do idealised predictions that look nothing like a real survey. But the act of making the measurements, can change the answers quite a lot. And so, you have to try and build that into what they call the euclideanisation of the statistical predictions. So, trying to encourage people to work in a

different way from what they normally work in. So, the theoreticians are like that” (Entretien n°40, Euclid, Durham)

Ces différences de culture professionnelle se retrouvent aussi dans la manière d’organiser le travail et dans la façon dont ils justifient leur organisation. Elles semblent également être en lien avec un type d’organisation. Les agences nationales ou européenne, qui regroupent majoritairement des ingénieurs, auraient une organisation semblable au modèle industriel avec une hiérarchie très présente et une réglementation très forte. Les instituts de recherche ont, quant à eux, une hiérarchie faible et une réglementation peu contraignante concernant les modalités de travail. Cette dichotomie dans la manière de s’organiser est particulièrement palpable dans les extraits suivants :

« En même temps, comment faire de la recherche si on doit pointer ? La liberté des horaires, la liberté d’expression et ne pas avoir de hiérarchie c’est important, les idées ça ne se commande pas. On ne peut pas commander la recherche même si on travaille dur. » (Entretien n° 5, Euclid, Toulouse).

Ces différences d’organisation entraîneraient également une non-maitrise des règles et des procédures – mises en place par les ingénieurs – ou une absence de volonté de les suivre chez les chercheurs qui mettent souvent en avant l’aspect non-hiérarchisé de leur travail. En effet, l’organisation des consortiums prend une forme organisationnelle similaire à celle des agences. Cette similitude trouve son origine dans le fait que ce sont les agences qui financent et coordonnent les missions spatiales (au niveau national et européen). Cependant, ce type d’organisation entraîne une résistance de la part des chercheurs qui sont habitués à une organisation moins rigide et hiérarchique. Cette résistance est d’autant plus forte lorsqu’un ingénieur se retrouve responsable d’une équipe de scientifiques comme en témoigne l’extrait suivant :

« Officiellement je suis la responsable, j’ai l’habitude de gérer des ingénieurs mais je n’ai jamais eu de scientifique sous ma responsabilité. Quand je suis arrivée avec la façon de travailler des

ingénieurs, certaines personnalités n'ont pas accepté d'être sous ma responsabilité, j'ai été obligée de modifier ma méthode de travail sinon ça allait au conflit donc je devais lâcher du lest car "un chercheur ne reçoit d'ordre de personne » même si dans les faits ils doivent rendre des comptes au consortium » (Entretien n° 6, Euclid, Toulouse)

Il existerait également une hiérarchisation de ces sous-communautés et cela se retrouverait au niveau de l'organisation. En effet, au niveau de l'organigramme global d'Euclid et X-IFU nous pouvons voir que la majorité des responsables sont des scientifiques et qu'il y aurait une hiérarchisation en termes de noblesse : les chercheurs feraient un travail plus noble que les ingénieurs. Ce type d'organisation dominé par une sous-communauté aurait pour conséquence une invisibilisation des ingénieurs au profit des chercheurs. Cette situation est particulièrement bien évoquée dans l'extrait suivant d'un entretien avec une chercheuse :

« Il y a une perception diffusée du côté scientifique qui serait plus noble (...) la majorité des postes de coordination c'est des scientifiques (...). Les gens qui construisent l'instrument ont toujours la sensation de ne pas être assez appréciés. Les gens en science ont comme attitude de se penser le plus important du groupe, chacun se pense être indispensable mais tout le monde ne peut l'être. » (Entretien n° 19, Euclid, Milan)

Les ingénieurs et les chercheurs appartiennent donc à des cultures professionnelles différentes qui ont chacune des finalités et des organisations qui leur sont propres. Dans le cadre d'une mission spatiale, il y a une nécessité d'allier ces deux mondes que sont l'ingénierie et la recherche. Ces différences de culture professionnelles auraient pour conséquence un choc des cultures qui serait visible au niveau organisationnel par l'acceptation et la conformité aux règles mises en place. Cela peut entraîner des frictions au niveau du projet comme nous avons pu le voir avec X-IFU mais également chez certaines personnes qui n'arrivent pas à travailler avec d'autres cultures professionnelles et à s'adapter à leur manière de travailler, surtout quand les modalités de leur travail sont

conditionnées par une autre culture. Cela passe par une adaptation des individus aux différentes cultures professionnelles qui sont à l'œuvre.

10.2.2. L'adaptation des acteurs face à ces différences culturelles

Au-delà des difficultés de compréhension, il faut garder à l'esprit que, dans le cas d'un projet, les différentes professions entretiennent entre elles des relations de prescriptions où une profession va induire des contraintes sur une autre (Reverdy, 2021). Au sein des coopérations scientifiques, les relations entre les scientifiques et les ingénieurs vont simultanément imposer des contraintes les uns aux autres (techniques et scientifiques). Or, « *il existe une forte « dépendance de sentier » au sein de chaque métier, issue des expériences accumulées. Les interactions entre métiers obligent les individus à justifier et expliciter leurs raisonnements, leurs méthodes d'évaluation et les incertitudes associées.* » (Reverdy, 2021, p. 153).

Ainsi, le terrain au CNES nous a éclairée sur le fonctionnement d'une agence spatiale nationale et notamment son rapport avec les différents laboratoires. Cela nous a permis de comprendre en quoi les relations que les individus entretenaient avec les chercheurs n'étaient pas nécessairement habituelles. La question de l'accord multilatéral a été soulevée dans la quasi-totalité des entretiens car les enquêtés n'étaient pas habitués à cette manière de procéder. En effet, ils ont l'habitude de travailler sous contrat avec des industriels, ce qui impliquait une forte relation de pouvoir puisque, en cas de retard ou d'erreur, le CNES se retrouvait dans un rapport de force qui lui était favorable pour négocier – en s'appuyant sur les risques de pénalité financière (inscrits dans le contrat) et la mise en péril de futures collaborations. Or, dans le cas du consortium Euclid, l'accord ne leur permettrait pas d'avoir un tel rapport de domination avec les scientifiques. Par conséquent, ils ont dû mettre en place de nouvelles stratégies car les habituelles étaient inefficaces en vertu de la relation qui les liait avec les chercheurs. Ce changement de paradigme dans la manière de travailler des ingénieurs est mis en avant dans les extraits d'entretiens suivants réalisés avec des ingénieurs :

« (A propos des industriels) Il y a une hiérarchie très forte, les ordres doivent être suivis, sinon on est enlevé du projet. Le climat est très

cadre donc le CNES a un bras de levier très important sur les industriels. Avec les laboratoires, il n'y a pas ce type de hiérarchie, on a moins de moyens d'actions ou de levier pour que les scientifiques répondent mieux aux besoins et aux exigences. Si les chercheurs n'écrivent pas le code ou mal, on fait quoi ? On n'a pas trop de solution. » (Entretien n° 15, Euclid, Toulouse)

Les ingénieurs du CNES sont donc habitués à un cadre très formalisé avec leurs partenaires industriels et militaires – par le biais de contrats – qui posent les bases de relations hiérarchisées en faveur des ingénieurs du CNES. Ces dynamiques de pouvoir sont quasi-inexistantes dans les rapports avec les chercheurs car le cadre est moins formel et plus souple. Ce type de relation a pour conséquence d'entraîner une stratégie d'adaptation par les agents du CNES que ce soit en termes organisationnels ou de pratiques de travail puisqu'ils font face à une relation juridique et une population qui diffèrent de celle des industriels/militaires. Ce changement de cadre ainsi que d'interlocuteurs est mis en avant dans l'extrait suivant :

« Le management est adapté aux labos. Dans la majorité des projets, on travaille avec des industriels, donc des professionnels du code. Les labos c'est tout le contraire, les développeurs sont sortis de thèse donc ce ne sont pas forcément de bons développeurs. Les règles du jeu sont différentes, on ne peut pas appliquer ça avec les labos, on n'a pas de moyens de pression hiérarchique alors qu'avec les industriels, oui par le biais du contrat. » (Entretien n° 15, Euclid, Toulouse)

Les industriels tels que Thalès sont des ingénieurs compétents en codage tandis que les scientifiques sont avant tout des chercheurs qui ne consacrent pas l'intégralité de leur temps à l'écriture de lignes de codes – et qui ont donc moins de compétence dans ce domaine que des ingénieurs. La relation entre les ingénieurs et les chercheurs n'est donc pas similaire à celle que les ingénieurs entretiennent avec les industriels. Cela est également couplé à une expertise moindre en termes de développement. De ce fait, pour pallier ce problème de compétence et pour l'aider dans le pilotage du code, le CNES fait appel à des sous-traitants pour qu'ils servent de soutien technique dans les laboratoires.

L'adaptation des ingénieurs, notamment du CNES, passe aussi dans la manière de travailler avec les chercheurs et dans la mise en place de nouveaux dispositifs d'évaluation tels que le « maturity assessment », pour le code, qui se déroule de la manière suivante :

« Pour casser la façon dont on jugeait le logiciel ou l'équipe, avant c'était un peu binaire, c'était oui c'est fait, ou non ce n'est pas fait (...) Maintenant, on travaille avec un concept à la mode et habile : est-ce que vous êtes mûrs ? il y a différentes étapes de maturité : 6 étapes 1,2,3 avec A et B. A1 c'est le brouillon, une note technique et 3B : tout est fait, le logiciel est validé et prêt pour le tir. » (Entretien n° 15, Euclid, Toulouse)

Les ingénieurs du CNES ont mis en place un nouveau mode d'évaluation des codes développés au sein des laboratoires. Ce dispositif de « maturity assessment » est en fait une évaluation « cachée » des codes développés, il n'a pas pour but de sanctionner les individus mais plutôt d'inciter les chercheurs à développer un code répondant aux exigences et à la qualité souhaitées par les ingénieurs. Les « maturity assessment » peuvent être assimilées à des « nudges » (ou coup de pouce) pour modifier le comportement des chercheurs en douceur. En effet, la mise en place de ce dispositif semblerait être un moyen de faire accepter l'évaluation par les chercheurs. L'accent a souvent été mis sur l'importance de la faire accepter mais aussi de le faire de manière douce, voire déguisée, comme en témoigne cet extrait d'entretien :

« Il n'y a pas de message fort, c'est noyé dans la gestion normale des maturités assessment. Au lieu de donner le niveau attendu, 2B par exemple, on va donner le niveau 1A, parfois, ils ne sont pas contents mais on le dit gentiment. Le verdict du maturité assessment peut être perçu comme une alerte par l'équipe. (...) Le piège c'est de ne pas être brutal et il faut que les gens acceptent d'être jugés. Je pense que c'est une réussite, ça marche, mais il faut une organisation. Les

reviewers font marcher la machine Euclid. » ((Entretien n° 15, Euclid, Toulouse)

L'adaptation des acteurs aux différentes cultures professionnelles à l'œuvre est donc centrale dans ce genre de coopération, regroupant différents corps de métiers. Ce processus d'adaptation est particulièrement visible au niveau du segment sol. Celui-ci étant le pan de la mission qui nécessite une forte coordination entre les scientifiques et les ingénieurs – notamment du CNES.

10.2.3. Le langage : une question de socialisation professionnelle ?

Enfin, nous évoquerons la question du langage au sein des consortiums scientifiques. Ici, nous explorerons la question du langage à travers les termes techniques utilisés par les ingénieurs et les chercheurs. En effet, en fonction de l'appartenance à une culture professionnelle donnée, nous n'aurons pas exactement la même terminologie qu'une autre profession. Cela peut engendrer des difficultés dans la communication entre ces « deux mondes » :

“During a meeting I remember perfectly a conversation, we were three, there was me, an informatic guy, and a scientist. And I was not talking, I was just listening the conversation between these two guys, and both of those guys are trying to explain the problem. The informatic guy is trying to explain to the scientist its problem and its solution, and it's quite clear to me that they are speaking two different languages, they are trying to explain, but they use different vocabularies, and it's quite clear that the scientist guy is not catching the problems that are exposed and vice versa, like two different languages. (...) but my impression is that when people from one part is talking to another people to the other part, he is not realising that what he is saying is not perfectly clear to the other part, because for him it's perfectly clear. (...) I guess that we have to try to make a bit of effort to be more clear, simpler, to repeat stuff, and the other part has

to say, sorry, I don't understand, can you explain it another way?"

(Entretien n° 22, Euclid, Milan)

L'extrait précédent montre bien, de manière anecdotique, que la question du langage est centrale dans les coopérations comme Euclid ou X-IFU qui regroupent des cultures nationales et professionnelles différentes. Ici, la terminologie employée par chacun des participants n'était pas compréhensible par l'autre car ils n'ont pas été socialisés à ce langage. Les individus doivent donc apprendre à adapter leur manière de s'exprimer en fonction de leurs interlocuteurs car ils peuvent parler de la même chose mais pas dans les mêmes termes ce qui engendre des incompréhensions. Cela peut également être le cas au sein des différents groupes de travail, que ce soit entre ingénieurs, théoriciens et instrumentalistes comme en témoigne l'extrait suivant :

"Or when you've got kind of people working on the instrument or the telescope, again, because they're coming from different communities, where they'll work very well within their own community. But suddenly, they've got to interact and discuss with, you know, for weak lensing, you know, we have to get into the details of the instrument itself. It's not a black box to us. But that means we've got to talk with the instrument builders, and they've got to talk to us. And again, I mean, it does work very well. But there again, because there's a different language, there's a different background, there's potential for misunderstandings as well. (...) But we just know that sometimes, you know, that something be written down, and it's kind of obvious what it means to someone in one area, and someone in another area reads it and completely misunderstands it. And then problems arise as a result of that, (...). It's no one's fault. You know, you wrote it down, or someone wrote it down the way that their field would expect it to be written down. Someone read it and read it the way their field would have understood it. And the two groups have never had to discuss that detail before." (Entretien n° 42, Euclid, Édimbourg)

Ce verbatim met en exergue l'importance des mots et de leurs définitions qui peuvent varier d'une discipline à une autre ou d'une profession à une autre. Il existe, de ce fait,

un langage technique propre à chacun et faisant partie intégrante de l'habitus professionnel et disciplinaire. Ce flou linguistique autour de la signification des termes utilisés entraîne des incompréhensions lorsque deux individus venus de cultures professionnelles et/ou disciplinaires différentes interagissent ensemble. Cet enquête nous dira même plus loin :

“For years, we talked about doing a Euclid dictionary, because the language that was used in different fields was different. We've actually never achieved it, because we can never get agreement on definitions of things.” (Entretien n° 42, Euclid, Édimbourg)

Il existe donc une volonté d'homogénéiser le discours des membres en instaurant un dictionnaire. Cela montre bien les difficultés de compréhension générées par la spécification des termes scientifiques et techniques selon la discipline et/ou la profession de l'interlocuteur. Le non-aboutissement de la mise en place d'un dictionnaire – lié à des désaccords dans les définitions – montre les dynamiques de pouvoirs qui peuvent exister entre les différents membres. En effet, dans ce cas de figure, quel langage aura l'ascendant sur les autres ? Cela n'est pas sans rappeler Bourdieu et sa notion de capital linguistique qui est intrinsèquement lié aux compétences linguistiques.

« De là, entre autres conséquences, le fait que les différents sens des mots ne sont pas perçus comme tels : seule la conscience savante qui brise la relation organique entre la compétence et le champ fait apparaître la pluralité des sens qui sont insaisissables dans la pratique parce que la production y est toujours immergée dans le champ de réception. » (Bourdieu, 1977, p. 18)

Les consortiums scientifiques sont à l'intersection de plusieurs champs ayant, chacun, un langage propre. La non stabilité dans la définition des mots techniques et scientifiques employés peut être interprétée comme la résultante de rapports de pouvoir entre les différentes professions et disciplines. Ainsi, la domination linguistique d'un groupe sur un autre n'est pas déterminée et fait toujours l'objet d'une « lutte » passant par le maintien des registres linguistiques de chacun dans les interactions inter-groupes.

10.3. Les sciences de l'Univers : une branche disciplinaire en plein basculement organisationnel

Les professions et les disciplines ne sont pas la même chose et elles ne doivent pas être confondues. En effet, Yves Gingras (1991) nous explique que le terme professionnel tend à entraîner une confusion entre la construction d'une profession – dont le but est de monopoliser l'accès à des positions sociales – et d'une discipline qui a pour objectif de contrôler les recrues et l'objet d'étude (Gingras, 1991). L'institutionnalisation d'une discipline serait une étape cruciale dans la formation d'une communauté scientifique car elle permettrait sa reproduction en tant que groupe. Ici, nous nous intéresserons à l'histoire de l'astrophysique au travers de son évolution organisationnelle.

10.3.1. L'émergence d'un nouveau monde d'acteurs autour de la programmation

Lors de notre recherche, il a été très rapidement évident que les sciences de l'Univers n'étaient pas des disciplines particulièrement habituées aux très grandes collaborations telles qu'Euclid. Très souvent, les enquêtés ont mis en avant ce changement organisationnel qui a été mis en œuvre depuis plusieurs années. En effet, ils sont plus accoutumés à des collaborations plus restreintes en termes de membres et de nationalités comme en témoignent les extraits d'entretiens suivants :

« Astronomy has always been not really a solitary enterprise, but until a few years ago groups were small, there were four, five, ten people at the most. There was no need for a leader, there was no need for tables with deadlines and a detailed organization of the work. » (...) And when the number of people grows and it becomes this large, everything becomes difficult because there's so many different ideas, there's so many different opinions. And when you have to decide something, if

you try to listen to 2000 different ideas, then it's chaos. And what I saw and I think many other people saw is that for astronomy, this is unusual. I mean, having a project this big is not the standard, even in terms of satellites that are always big projects. But Planck, for example, that very successful satellite for the last 10, 15 years, Planck was like 200 people, 200, 300 people. And in some sense, people are not prepared to handle this large community.” (Entretien n° 21, Euclid, Milan)

Ces extraits d’entretiens mettent en avant ce basculement organisationnel qui a eu lieu au sein de l’astrophysique et ces conséquences. Les décisions deviennent plus difficiles à prendre, le projet se segmente en plusieurs parties interdépendantes. L’appareillage bureaucratique devient ainsi plus présent et plus contraignant pour les participants. La particularité d’Euclid repose sur le fait que c’est le consortium le plus large en termes de membres que cette discipline ait pu connaître. L’augmentation du nombre de membres a donc en partie joué sur cette complexification organisationnelle et cette fragmentation. La fragmentation organisationnelle – qui est également liée à des enjeux de geo-return – est aussi à rattacher à une complexification de l’organisation. Cela a pour effet que les membres ne sont plus en capacité de pouvoir suivre les différentes parties constitutives du consortium.

Bien que cette augmentation soit liée à d’autres enjeux que nous avons développés dans la deuxième partie, il ne faut pas négliger l’aspect technique et technologique des missions spatiales. En effet, elles sont de plus en plus complexes et importantes au niveau technologique, technique et scientifique. Cela entraîne une nécessité d’impliquer toujours plus d’individus, de spécialités et de professions différentes. L’extrait d’entretien suivant témoigne de ce processus de fragmentation du collectif lié à une complexification de la manipulation.

“(…) then it went through a kind of transition around a few years after selection where the ground segment was to be created the data processing and the instrument teams go bigger and around that time it got to the point where it was too big for an individual in the

organizations to know everybody else. And at that point the consortium naturally the work became more focused on the individual areas so the data processing folks on data processing, science on the science, the instrument on the instrument, which i think it was sort of natural because in the science side we didn't really need to know the exact details of the data processing side to and vice versa. (...) The focus has shifted from being all consortium to being a sort of narrow area. That makes sense ? » (Entretien n° 41, Euclid, Londres)

Cet enquête met en avant le basculement opéré dans l'organisation du projet Euclid. Celui-ci s'est peu à peu segmenté en trois grands mondes : l'instrument, la science et la programmation. L'étude du consortium Euclid a mis en lumière l'importance de la programmation et de la gestion des données dans les missions spatiales. À titre d'exemple, permettant de comprendre la complexification technique et technologique du consortium Euclid, les données transmises par le satellite Euclid seront tellement importantes (aux alentours de 170 millions de gigaoctet) qu'elles devront être stockées et traitées dans neuf datacenters – répartis géographiquement de la manière suivante :



Figure 69 Répartition des Sciences Data Centers (SDC)¹¹⁸

¹¹⁸ Source : site internet du consortium Euclid (<https://www.euclid-ec.org/public/data/ground-segment/>), visité le 28/10/2024

Le traitement des données dans les datacenters est inhabituel pour les chercheurs. Cela entraîne donc des modifications dans les manières de travailler car ils sont plutôt habitués à pouvoir télécharger les données brutes sur leurs ordinateurs et à faire tourner leurs propres codes. Or, dans le cas des données qu'Euclid va recueillir, les individus ne seront plus en capacité de le faire. Il est donc techniquement nécessaire d'avoir un programme en capacité de supporter les données reçues mais aussi de pouvoir les traiter. Cela entraîne un besoin de mettre en place une plus grande formalisation des attentes et des « requirements » en ce qui concerne le développement du code qui traitera ces données.

“(…) So Euclid is what we call a stage four survey. So, I think there are people that are used to the work they've done in the stage three telescopes, where the data was more manageable. So, you could download the data on your computer or on the local cluster, play with it by yourself, do your own analysis, do all that stuff. Because Euclid is going to get so much data, so much data, that the images in Euclid are processed all over Europe and the US, right? There's the science data centers, there's one in Edinburgh, it's like everywhere. So, you cannot download the data to your computer. » (Entretien n° 45, Euclid, Édimbourg)

Cette augmentation de la formalisation au sein de la discipline a pour conséquence une adaptation de la part des acteurs notamment dans leur manière de travailler. Néanmoins, nous pouvons constater une certaine nostalgie pour certains individus qui regrettent ce tournant organisationnel et la formalisation qui y est liée. Dans cet extrait, l'enquêté nous fait part de ce changement organisationnel au sein de sa discipline. En effet, les personnes sont passées d'un modèle où elles avaient la main mise sur un pan scientifique d'une mission à un modèle plus industriel de la science. Dans ce nouveau modèle, les participants à la mission ont une vision globale du projet et un contrôle sur la science qui sont moindres.

“It's not exciting in the way that cosmology was when I first started doing it, where teams were smaller, where you could easily, yourself as an individual or maybe yourself and one collaborator have complete control over some important aspect of the science. Now that

isn't possible, and as a result the whole thing is very inflexible (...).
(Entretien n° 44, Euclid, Édimbourg)

Durant la suite de l'entretien, il témoigne d'un sentiment de lassitude face à une manière de faire de la science qu'il considère comme relevant plus de l'ingénierie que de la créativité :

“ (...) So, you see a lot of papers coming out that are actually just code comparison papers. Here are these five different pieces of software which are all meant to measure the same thing. Let's feed them some fake data and see how they respond. So, there's this reinventing the wheel. And again, it's, it may sound selfish, and I suppose it is, but if I'm going to invest effort in doing something, I want it to make a difference. So, a lot of the activity at Euclid, I think, well, if I join this science working group and participate in this process, how is it going to change things? It means that I feel a kind of sense of participation, but I don't have responsibility. It's not a question of generating new ideas. It's much more scientific engineering than creativity.”
(Entretien n° 44, Euclid, Édimbourg)

L'enquête met en avant une formalisation de la science qui passe par le développement de programmes pour traiter les données scientifiques. Une grande partie du travail accompli en amont de la mission consiste donc à écrire des lignes de codes qui permettront de réaliser les traitements souhaités. Il s'agira également d'effectuer des simulations pour s'assurer du bon fonctionnement du programme. Il y a également une coopération mise en place entre les individus en ce qui concerne le développement de modèles analytiques. Chacun développe un modèle qu'il code puis s'ensuit une sélection du modèle qui sera implémenté pour la mission. Ici, il est fait référence aux papiers qui tournent autour de la comparaison de codes et, en effet, les articles scientifiques qui étaient générés lors du terrain par la communauté Euclid se concentraient sur la comparaison de modèles analytiques mais également les résultats de diverses simulations. Lorsque l'enquête nous dit : « *And so, you know, a lot of the preparatory scientific activity for Euclid, and actually all of this is kind of generic. It applies to other*

big consortia. (...) It's much more scientific engineering than creativity”, cela renvoie également à la critique d’une industrialisation de la science qui perdrait son aspect créatif.

10.3.2. La programmation : un monde à la jonction de la science et de l’ingénierie

Nous avons pu voir que la manière de s’organiser est intimement liée à la culture professionnelle qui est majoritaire dans l’organisation. Les consortiums scientifiques sont une coopération qui est principalement composée de chercheurs mais qui est, majoritairement, financée et chapeautée par des agences spatiales. Cette divergence dans la manière de percevoir une mission spatiale – liée à des cultures professionnelles distinctes – est particulièrement mise en exergue dans ce long extrait d’entretien avec un chercheur travaillant pour le segment sol de la mission Euclid. Ici, l’enquête met en avant la représentation très critique qu’il se fait de l’organisation du consortium comme délaissant la science en faveur de procédés plutôt industriels – en prenant l’exemple du modèle par « exigences » imposé par l’ESA– et les dérives que cela entraîne :

“So, you always have a requirement and then a way of hacking that requirement. And, so, Euclid is built in that way, right? We have the requirements, so you meet the requirements, whatever it takes. That doesn't mean that if every bit does the requirement fulfillment, that in the end when you put everything together, you will get what you would expect. And even if you did, you would just get something you already know, kind of because we build the instrument to get there. I think there's very little room for a science in this, because this is just bureaucracy with scientists in it. So, I think this is my big issue, and this was my big fight with the Science Ground segment that led me into desperately looking for a new job. Because you can't require your way into dark energy, and Euclid thinks it can be done.” (Entretien n° 45, Euclid, Édimbourg)

En effet, le logiciel – qui est développé par le segment sol du consortium et qui traitera les données de la mission Euclid – a été découpé en différentes parties avec des exigences

propres. Cependant, l'enquête nous explique que cela ne garantit pas, une fois que toutes les parties soient assemblées, que cela marchera. Il souligne également l'aspect « inattendu » de la science qui est gommé en utilisant ce type de procédé. Ici, l'enquête met en avant que cette manière de faire de la science, en remplissant des exigences qui sont mises en place par les agences spatiales, ne produit pas de données nouvelles.

Il expliquera également que cette manière de procéder pour développer le traitement des données a déjà connu des échecs. Il prend, ensuite, l'exemple de la mission Planck dont le lancement a eu lieu en 2009 : *“In the end it worked out, people sat down, restructured the software, rewrote everything, put their hands in the mud of the data, pulled it out and fixed it. And Planck now is one of the most precise instruments in cosmology we have, but it didn't find anything new.”* En 2017, un document nommé « Planck lessons learned » revient sur les problèmes rencontrés lors de la phase de traitement. Les auteurs mettent en avant la complexification – au fil du temps – du traitement des données et de la nécessité de rassembler les différents pans qui constitue l'analyse – pour en permettre une meilleure compréhension. Dans la suite de l'entretien, il met en avant sa lassitude vis-à-vis de cette manière de faire de la science et les limites que cela amène :

“(…) So, it's this piece of code, this maturity assessment, like, all past all the things, flying colors, ticked all the boxes. Marvelous, beautiful software, all done. Funding agencies, space agencies, everyone's happy. Then comes the science challenge, where we throw data at the pipeline and we try to see what comes out of it. When it passes through this software, you notice something weird was coming out. There was no software. Like, there was no algorithm, there was nothing doing the analysis. It was just a shell that ticked all the boxes. Other reviewers looked at it, funding agencies looked at it, all the documents were there, all the manuals were there, the data model was correct, nothing was being done. So, it got garbage in, threw garbage out, ticked all the boxes, all the requirements were met, nothing was being done. (...) Now things have been fixed. But I think for me, this is just an anecdote of how these requirement-based, box-sticking exercise in science is a terrible mistake. This is not how you do science. You have to leave

room for not knowing what you're doing and figuring out on the way. ”

(Entretien n° 45, Euclid, Édimbourg)

Le logiciel de traitement de données d’Euclid a connu un certain nombre de problèmes en termes de performances. Ici, l’enquête met en avant l’organisation du segment-sol et, plus particulièrement, la mise en place d’un protocole mu par les exigences de l’agence spatiale européenne – qu’il considère comme étant à l’origine des dysfonctionnements du logiciel de traitement. Le code développé respectait les exigences mises en place par les agences spatiales et avait été validé lors de son évaluation dans le cadre des « maturity assessment ». Cependant, lorsque celui-ci a été testé par le biais de simulation, il n’a pas fait le traitement qu’il était supposé faire. L’enquête compare cela à « une coquille vide » car, bien que le code ait été développé et validé, il était dépourvu de son utilité première : analyser les données recueillies. Cette amertume liée à la manière dont les outils d’analyses sont développés – en suivant un protocole formel mis en place par l’ESA – a été partagé par plusieurs enquêtés. Ces derniers montrant une certaine nostalgie vis-à-vis d’une organisation plus flexible et moins informelle. En d’autres termes, une organisation plus proche du modèle universitaire.

De manière générale, il dénonce une manière de faire de la science façonnée par les agences spatiales, et donc par les ingénieurs, qui serait trop éloignée et en inadéquation avec celle des chercheurs. Durant cette recherche sur le consortium Euclid et X-IFU, il a souvent été mis en avant cette nécessité de répondre aux exigences techniques au détriment, parfois, de l’aspect scientifique – surtout celui lié au processus de création de nouvelles méthodologies ou de nouvelles théories. Les critiques, qui émanaient de cette manière de construire une mission spatiale, étaient liées principalement au fait qu’il n’y avait rien de réellement novateur au niveau de la science et qu’il n’y avait pas vraiment de la place pour l’inattendu ou l’innovation. En effet, comme cela a été expliqué dans l’extrait précédent, le satellite a été construit dans le but de répondre à un certain nombre d’exigences établies à l’avance et cela laisse par conséquent peu de place à l’inattendu et/ou à une découverte scientifique fortuite.

Concernant les résultats scientifiques, la mission Euclid a déjà commencé la cartographie de l’Univers en identifiant, entre autres, des amas d’étoiles extragalactiques et des

galaxies brillantes très lointaines. Ces résultats ont été obtenus en utilisant moins de 0,1% du temps d'observation d'Euclid et font partie du programmes ERO (*Early Release Observation*) (Euclid consortium, 2024). Les premières publications des données ont lieu en mars 2025 avec le Quick Data Release (Q1). Le Q1 concerne surtout la science héritée (*Legacy Science*) c'est-à-dire les résultats scientifiques qui ne font pas parties des objectifs principaux de la mission. En opposition à la science principale (*Core Science*), ici la cosmologie, qui fait référence aux objectifs principaux de la mission.

“With a sky area of about 63 square degrees, this release is seven times larger than the earlier ERO release, and represents the largest contiguous areas of sky ever observed with an optical/near-infrared space telescope. The Q1 data are complemented by observations of a star-forming region in our own galaxy, taken early-on in the mission to test and improve Euclid’s guiding performance.

Thanks to Euclid’s very wide field of view and high resolution, these exquisite data are also highly valuable for various astrophysical studies on smaller scales, ranging from clusters of galaxies to planet-sized objects. All the papers published today are dedicated to this non-cosmological science, also called legacy science.”¹¹⁹

Les prochaines publications sont prévues en octobre 2026 avec au moins deux autres publications majeures d'ici 2031. À l'heure actuelle, la mission Euclid semble donc s'inscrire dans ce que Thomas Kuhn nomma la science normale (Kuhn, 1972), en l'occurrence ici, le modèle cosmologique standard.

¹¹⁹ Source : <https://www.euclid-ec.org/public/press-releases/euclid-quick-data-release-1/>, site visité le 05/06/2025

10.3.3. La physique des particules comme idéal à atteindre

Certaines disciplines sont plus habituées aux grandes collaborations, notamment la physique des particules qui a souvent été érigée en exemple par les enquêtés. Ils considèrent que c'est une discipline où le travail effectué est mieux reconnu et où les aspects organisationnels et managériaux sont plus mûrs et en adéquation avec ce type de coopérations.

« On n'est pas au point en astrophysique pour ce genre de collaboration. En termes de management, ceux de la physique des particules sont plus habitués et savent mieux gérer que nous. »
(Entretien n° 7, Euclid, Prague)

En effet, il est souvent reproché à l'organisation d'invisibiliser le travail des chercheurs – et surtout des jeunes – via les articles. Nous avons pu voir dans le chapitre 7 que les signataires des publications étaient de plus en plus nombreux et qu'il n'était pas rare d'avoir plusieurs dizaines de signataires sur un même article. Le lancement n'ayant eu lieu qu'en Juillet 2023, les publications antérieures reposent sur des aspects techniques car elles traitent majoritairement du développement de simulations/codes et/ou de résolutions techniques d'un problème. Les articles qui présenteront les données et qui répondront aux questions scientifiques auxquelles la mission Euclid a vocation à répondre n'arriveront qu'une fois le traitement et l'analyse des données effectués.

En ce sens, la physique des particules est perçue comme un idéal à atteindre car les publications sont signées au nom de la collaboration et d'autres moyens sont mis en place pour permettre la reconnaissance des contributions de chacun. L'extrait d'entretien ci-dessous met bien en avant ce basculement organisationnel de leur discipline – vers un modèle se rapprochant de celui de la physique des particules – et les problèmes que celui-ci soulève :

“I mean, for the scientist, if you spend two years writing a big piece of software to make Euclid work, after two years, if your goal is to remain in the scientific career, then people ask you, oh, where are your publications? You have no publications. So that creates a problem. So,

this is the problem we face in the science working groups, that I think it's a general trend in the way that the science is organized, because astrophysics with these big collaborations like Euclid is becoming more and more similar to particle physics, where big collaborations like (...) these are thousands of people. But there they know in some way, they have a way to recognize the work done by people, which is different from what we have in our community. And that's a kind of problem, because we are in a kind of a transition phase between our old way of doing science in which you do a work, you are the first author on the paper, you do many papers. When you apply for a job, they look at your papers, they see that you have a number of papers, they see that you have been the leading author, and that's easy, that's done.” (Entretien n° 20, Milan)

Il est bien question dans cet extrait d'un basculement organisationnel de la discipline entre un mode bien connu des participants et qui est décrit comme « la vieille manière de faire de la science » et une nouvelle qui ne repose pas sur les mêmes règles et principes. Les enquêtés passent donc d'un modèle qu'ils connaissent bien vers un modèle plus flou dont les règles et procédures leurs paraissent plus abstraites. En effet, comme dans beaucoup de disciplines, la publication des articles reste l'élément central reflétant qui permet de prétendre à une position dans le secteur universitaire. Le cœur de ce basculement organisationnel de ces grandes collaborations se trouve également au niveau des articles.

“Here, things become less clear, they become more fuzzy. And so, I feel the responsibility, we always have to be careful, and especially when we involve young scientists, that whatever the task they have to do, it has to be something that has a scientific appeal, and that can in principle also produce a publication. So, not only a concrete piece of software or something, or simply a result of an investigation to understand the problem, which is important for the experiment for Euclid. But also, something that this person can publish on a paper, and that will contribute to his career. So, on one side, you clearly get

recognition by the fact of being responsible of some Euclid work package, for example, people write in their CV, oh, I've been leading the work package on non-linear corrections, for example, in galaxy clustering in Euclid. But at the same time, I think they should still be able to show some direct results of some publications. It's not easy, I'm not saying it's easy, because typically the kind of work that you have to do is sometimes very technical, you have to write a code to perform a computation.” (Entretien n° 20, Euclid, Milan)

Ce changement organisationnel s’accompagne d’une nécessité d’adapter la manière dont les évaluations et les recrutements sont opérés dans les disciplines des sciences de l’Univers. Là où auparavant il était assez facile de distinguer le travail que chacun effectuait au sein de la coopération, l’identification du travail des membres est devenue plus difficile à cerner. Nous sommes passé d’un modèle relativement individuel à un modèle collectif. Le travail des individus devenant plus difficilement identifiable, les outils d’évaluation se retrouvent à perdre en pertinence. Ce phénomène touche majoritairement les individus en début de carrière (doctorant, post-doctorants) qui sont le groupe le plus sollicité dans l’écriture du code du modèle analytique. Leur contribution, bien qu’importante pour la collaboration, se retrouve parfois invisibilisée ou perçue de manière peu positive dans le sens où cette tâche ne relèverait pas de la science à proprement parler.

* * *

Les consortiums scientifiques dans le domaine spatial sont des coopérations plus complexes qu’elles ne paraissent à prime abord. Bien qu’elles regroupent des membres issus de mêmes disciplines, ces derniers appartiennent à des instituts et professions ayant des cultures propres – avec des finalités et des organisations parfois antagonistes. L’étude de ces consortiums montre une nécessité pour les membres de s’adapter pour permettre le bon déroulement de la mission. Cela n’est pas sans faire écho aux propos de Robert Jervis (1997) sur les systèmes.

Cependant, des tensions – liées à des différences d'appartenance professionnelle et institutionnelles – peuvent apparaître. Les disciplines des sciences de l'Univers sont également en plein basculement organisationnel qui est, en partie, lié à une complexification technique et technologique des manœuvres nécessitant l'implication de toujours plus de monde, de professions et d'instituts. Cela s'accompagne également d'une standardisation des procédés notamment liés au traitement des données et à la consolidation d'une nouvelle communauté : celles des programmeurs. La programmation étant un monde à l'intersection de la science et de l'ingénierie, est l'endroit où nous retrouvons le plus de crispations liées aux différences de cultures professionnelles et à l'émergence d'un nouveau groupe d'acteurs.

Chapitre 11 :

Le caractère international des coopérations scientifiques dans le domaine spatial

Les missions spatiales européennes sont l'incarnation de la mise en œuvre d'une intégration européenne des activités spatiales par le biais de l'ESA. Les consortiums scientifiques, tels qu'Euclid et NewAthena, représentent l'effort joint de pays européens dans l'élaboration, la construction et l'exploitation d'une mission spatiale. Les modalités de la coopération entre différents pays ainsi que l'émergence d'une communauté autour d'un projet restent, cependant, à interroger.

S'intéresser aux différences de culture nationale répond tout d'abord à une demande du commanditaire, le CNES. Cela ayant pour objectif de mieux comprendre comment prendre en compte les différences culturelles dans la gestion d'un consortium international. Il s'est éloigné au fur et à mesure de notre avancement dans cette demande, face au constat que d'autres facteurs jouaient. Pour autant, les différences culturelles pèsent de fait sur le fonctionnement quotidien des acteurs et sur leurs représentations. Mais les variables culturelles sont nombreuses et variées, et ne se résument pas seulement aux différences nationales.

11.1. Les cultures nationales

Le consortium scientifique est une forme organisationnelle originale de par sa composition et son immatérialité puisque c'est la coopération d'un groupe d'individus géographiquement dispersés qui coopèrent autour d'un projet de mission spatiale. Il s'agira donc de comprendre les modalités de cette coopération au prisme des appartenances nationales distinctes.

11.1.1. Le langage : le premier signe de différences culturelles ?

Durant cette recherche, le premier élément qui marquait une distinction entre les membres du consortium était le langage. En effet, lors des grandes réunions Euclid, il n'était pas rare d'entendre plusieurs langues pratiquées pendant les moments de pause. La langue est donc le premier élément de distinction mais aussi de rassemblement puisque les individus ont plutôt tendance à rester avec des personnes parlant le même langage. Il était cependant fréquent de voir des groupes de discussion, incluant des participants de nationalités différentes, se former. Dans ces cas-là, l'anglais devenait la langue de référence. Il m'est aussi arrivé d'être témoin d'un glissement de langage dès lors qu'une personne non-francophone intégrait la discussion, ce changement se faisant « naturellement ». Il y a donc une adaptation des personnes au niveau de la langue qu'ils utilisent : ils vont favoriser leur langue maternelle dans les échanges avec des individus ayant la même mais ils glisseront vers l'anglais dès lors qu'une autre personne les rejoindra. Cette adaptation des acteurs est bien mise en avant dans l'extrait suivant d'un entretien réalisé avec un ingénieur américain :

"I'm very lucky in that, the official language of euclid is english. So, the french and the italian people are expected to speak english at Euclid meetings and write in english for Euclid. So, I find that almost all of the people in Euclid have very good English even if they have you know an accent. So, I don't see that very much as a problem and, I think, they have a good attitude about it, always. You know I can for

instance at an in-person Euclid consortium meeting, it can be two native French speakers standing there talking to each other in French and if I go over and join the conversation they will switch to English. You know and I've even been in a room where there might be ten natives French speaker speaking in French and, then, I go in the room and, since I'm there, they switch to English and I think "wow, I'm very lucky" that, you know, ten people are switching to my language because I'm outnumbered." (Entretien n°39, Euclid, États-Unis)

Dans cet extrait, l'enquêté nous parle également des accents des participants et en tant que jeune chercheure non-habituée à des discussions en anglais, il m'a été difficile de comprendre toutes les interactions, exceptée quand la personne avait un accent de natif ou français. Il m'est alors apparu que la question de la maîtrise de l'anglais – la langue officielle du consortium – était centrale mais cela soulevait aussi la question de la compréhension de cette langue parlée par des non-natifs. Cette compréhension vient aussi bien du côté des non-natifs que des natifs qui auront du mal à comprendre une prononciation à la « française » par exemple. Il y a une part d'apprentissage mais aussi d'habitude à comprendre un anglais parlé avec différents accents.

Le langage revêt donc un caractère central au sein du consortium, que ce soit au niveau de la communication ou de la documentation – qui est exclusivement en anglais sauf pour celle propre à chaque pays. La maîtrise ou non de l'anglais qui est la langue « officielle » du consortium peut avoir des conséquences sur la compréhension des organisations par les individus. En outre, la capacité à parler et comprendre cette langue pourrait s'avérer être également une source d'inégalité entre les membres et mener à des phénomènes de domination symbolique (Bourdieu, 1998). Ce phénomène de domination aurait pour effet de placer les membres anglophones en position de dominant grâce à un usage contrôlé de la langue qui leur permet l'utilisation d'une rhétorique plus « dense », c'est à dire l'efficacité de la parole dans la poursuite d'un objectif.

De ce fait, l'efficacité du discours des membres serait en lien avec leur maîtrise de la langue officielle du consortium : l'anglais, que ce soit au niveau de l'argumentation

linguistique – enchaînement d’arguments - ou rhétorique – l’art de persuader (Ducrot, 2004). En effet, les échanges linguistiques sont aussi traversés par des luttes de domination (Bourdieu, 1998) et la maîtrise de la langue semblerait être une condition *sine qua non* dans l’exercice de la rhétorique. La difficulté à pratiquer cette langue a été évoquée dans certains entretiens comme en témoignent les extraits suivants :

« Au milieu de la réunion, il dit « on passe en français car j’en ai marre de l’anglais », ça m’a décomplexé. J’ai peur de faire des erreurs mais j’ai besoin de dire plein de choses et je n’y arrive pas. Je trouve que les jeunes sont mieux en anglais (...) De ce que j’ai vu, après nous ce sont les Italiens, et les Allemands parlent super bien anglais. » (Euclid, Entretien n° 30, Euclid, Paris)

“For me it's quite difficult to speak in English. But other people, I don't see this problem in the other people which I used to work. (...) Well, it's not a problem in the sense that we can't solve something. It's a problem in the sense that it's difficult for me to explain exactly my problem or I have to tell stuff twice before the other people understand me. So, it's more a difficulty than a problem.” (Entretien n° 22, Euclid, Milan)

Les individus venant des pays du sud de l’Europe (la France et l’Italie par exemple) sont souvent réputés pour avoir un niveau d’anglais moindre en comparaison à d’autres pays comme l’Allemagne ou les pays nordiques. Néanmoins, cette relation plutôt difficile à l’anglais semble également être un phénomène générationnel, les enquêtés les plus âgés étaient ceux qui éprouvaient le plus de difficultés en comparaison aux individus en début de carrière. Par conséquent, bien que la maîtrise de l’anglais reste plus difficile pour les non-natifs et pour certaines nationalités, les difficultés liées à la communication semblent s’être amoindries avec le temps comme en témoigne l’extrait suivant :

“So, I don't really, no it's, it's funny how it changed. Partly language used to be a real issue. But decades ago, making European collaborations work was hard because some nations spoke excellent English. The British spoke okay English. But then there were the

French and the Italians who found it really difficult. And for many years that meant pulling these different national blocks together was very hard, just from a communication point of view. But in recent years, I've been to meetings, consortium meetings, where some difficult issue will come up and the Italians and the French will start arguing with each other. But they argue in flawless English. So, the argument might as well be between the Germans and the British. That competence at language has somehow erased a lot of the cultural differences that used to be there.” (Entretien n° 44, Euclid, Edimbourg)

Le langage pourrait donc être perçu comme l'un des premiers signes des différences culturelles à l'œuvre au sein des consortiums. De façon ensuite plus radicale et peut-être encore plus fidèle à l'hypothèse culturaliste fondamentale du « pattern » (Benedict, 2005), Hofstede et Minkov (Hofstede, Hofstede et Minkov, 2010) définissent la langue comme l'un des premiers éléments de différenciation des communautés. Claire Bidart nous explique que « *l'homophilie limite les mondes sociaux, les segmente. L'homophilie de race (au sens américain) ou d'ethnie serait celle qui crée les plus fortes divisions.* » (Bidart, Degenne et Grossetti, 2011, p. 232).

La langue a un double rôle : celui de rassembler mais aussi diviser les membres. Elle rassemble car elle permet aux membres de pouvoir communiquer entre eux. Paradoxalement, elle est aussi source de division et de segmentation du collectif. La langue est le premier signe de différences de cultures entre les membres de la communauté Euclid, elle entraîne également une domination symbolique d'une partie des membres sur les autres. La langue est aussi un vecteur de segmentation entre les membres puisque les personnes auront tendance à rester avec celles qui parlent le même langage. Cette tendance à l'homophilie en fonction de la nationalité entraîne une fragmentation de la communauté Euclid. Certains individus – notamment les responsables – ne pensent pas Euclid comme une seule entité mais comme le regroupement de plusieurs communautés nationales Euclid. Nous chercherons donc à comprendre comment les individus perçoivent ces différences de cultures.

Par extension, la nationalité serait donc l'un des premiers critères de segmentation de la communauté en plusieurs sous-communautés. De plus, comme nous avons pu le voir dans la deuxième partie, les individus raisonnent en termes de visibilité scientifique selon leur pays d'appartenance. Il y a une volonté affichée de mettre en place des stratégies à l'échelle nationale pour les pays participants. Cela démontre bien également une segmentation plutôt politique du consortium selon les nationalités participantes comme en témoigne l'extrait suivant :

« On voit encore beaucoup chez les hauts niveaux de responsables, ils ont beaucoup de raisonnement en termes de France, Italie. C'est normal de vouloir en tirer une contrepartie mais ça donnait parfois lieu à des comportements complètement débiles. En l'occurrence, je considère qu'à des projets de cette échelle, il faut arriver à travailler ensemble et donc avoir moins la mentalité Euclid France versus Euclid Italie versus Euclid bidule. » (Entretien n° 27, Euclid, Paris)

11.1.2. Un aplatissement des différences culturelles ?

Les enquêtés ont évoqué des différences en fonction des cultures nationales, ils ont pourtant rarement mis en avant les différences de cultures nationales pour expliquer les conflits. Cela pourrait être dû au fait que cela va à l'encontre de l'éthos de la Science et notamment de la norme d'universalisme : les connaissances sont objectives et universelles, c'est à dire que leur acceptation ou leur rejet, par la communauté, ne doit pas dépendre de son auteur (Merton, 1979 ; Saint-Martin, 2013). Cette norme serait transmise au cours de la socialisation anticipée et constituerait l'habitus du chercheur.

A plusieurs reprises, dans les entretiens ou les interactions durant nos terrains, l'accent a été mis sur la nécessité de partir travailler à l'étranger – pour connaître d'autres façons de travailler – afin d'obtenir un poste fixe dans la recherche. Mohamed Harfi et Claude Mathieu nous expliquent du reste qu'il y a une forte croissance de la mobilité chez les étudiants puisqu'on comptait en 2003 deux millions d'étudiants étrangers qui étaient inscrits dans des établissements européens et 50% d'entre eux provenaient d'échanges

intra-européens (Harfi et Mathieu, 2006). La part des étudiants mobiles augmente selon le cycle universitaire comme nous pouvons le voir dans le tableau ci-dessous :

	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	Évolution 1998 - 2004 (en points)
1 ^{er} cycle	5,9	6,4	7,2	8,3	9,2	9,7	9,9	4
2 ^{ème} cycle	8,1	8,5	9,4	10,8	12,4	13,9	14,8	6,7
3 ^{ème} cycle	19,3	19,8	20,0	21,8	23,4	24,8	25,2	5,9
Total	8,6	9,1	9,9	11,3	12,6	13,7	14,2	5,6

Source : MENESR, DEP, B2 - SISE et Repères et références statistiques, édition 2005

Tableau n° 1 : Part des étudiants étrangers dans les effectifs universitaires (y compris IUT) par année et cycle d'études (en pourcentage)

Figure 70 Part des étudiants étrangers (1998-2005), (Harfi et Mathieu, 2006, p. 31)

Conformément à ces chiffres, nous avons pu constater que la majorité de nos enquêtés avaient poursuivi leurs études ou fait un post-doctorat à l'étranger et, à plusieurs reprises, l'accent a été mis sur la nécessité de partir à l'étranger pour avoir un poste fixe dans la recherche comme en témoigne l'extrait suivant.

“Faire un doctorat dans un autre pays que celui d'étude, c'est un plus pour le CV car c'est difficile d'avoir un job permanent, il y a beaucoup de candidats, on est obligé de bouger, sinon on pense que tu n'as pas assez vu de façons de travailler. » (Entretien n° 2, Euclid, Toulouse)

Donc, cette injonction sous-jacente à la mobilité a pour conséquence de former les futurs et jeunes chercheurs à être en contact avec des pratiques de recherche qui diffèrent de celles de leur formation initiale. Cette adaptation aux différentes pratiques deviendrait de ce fait l'une des caractéristiques de l'habitus des chercheurs. Certains enquêtés n'ont pas connu de mobilité en dehors de leur pays d'origine, ils se qualifient eux-mêmes comme ayant été chanceux ou ayant eu un parcours inhabituel. Cependant, tous les enquêtés qui sont issus de la recherche mettent l'accent sur le fait qu'ils ont toujours travaillé dans des environnements internationaux même s'ils n'ont pas connu de forte mobilité. Cette socialisation des jeunes chercheurs consistant à travailler dans des milieux internationaux pourrait expliquer le fait que les membres ne voient pas les différences culturelles comme étant problématiques même si elles existent.

11.1.3. Les différences culturelles : entre préjugés et réalités objectives

Durant les entretiens, lorsque la question des différences culturelles entre les différents pays participants était évoquée, les individus semblaient toujours être élusifs et, majoritairement, ils disaient qu'il n'y en avait pas ou que c'était lié à des manières de travailler, de s'organiser ou alors lié à des individus plus qu'à des différences culturelles. Or, pendant des discussions en off, il n'était pas rare d'entendre des personnes se plaindre de la nationalité comme, par exemple, les Anglais qui ne faisaient jamais ce qu'ils promettaient de faire ou les Hollandais avec qui cela pouvait être difficile de travailler. J'ai eu donc plusieurs fois l'impression que pendant les entretiens, il y avait une espèce de tabou à reconnaître ces différences de cultures nationales. Et dès lors que les personnes les reconnaissaient, elles évoquaient toujours le côté enrichissant et positif de travailler dans un milieu aussi international. Cependant, les différences de cultures nationales évoquées durant les entretiens tournaient majoritairement autour des manières de travailler et de s'organiser comme en témoignent les extraits suivants :

« Ça se passe bien mais il y a des différences, on apprend à faire avec car ça ne marcherait pas sinon. (...) Les Allemands sont plus linéaires et organisés, il y a beaucoup de planification en amont pour éliminer le plus possible de surprises. Une fois discuté d'une chose, c'est gravé dans le marbre, par contre le temps de discussion est très long, autant qu'il faut pour arriver à un consensus. Nous on fait différemment, on est dans l'adaptation permanente, ça permet plus de souplesse s'il y a un événement extérieur. Mais on apprend à vivre avec ce confort, on ne s'attend pas à des surprises, le cadre de travail est très différent. »
(Entretien n° 8, Euclid/X-IFU, Toulouse)

« (À propos des différences culturelles) C'est des lieux communs, typiquement on retrouve des différences culturelles plus ou moins réelles, les italiens ce n'est pas la rigueur leur principale qualité, c'est peut-être vrai. On sait que les Allemands c'est tranché : oui c'est oui et non c'est non. Anglais c'est un monde à part on ne sait pas trop, ils disent qu'ils vont le faire mais on ne sait jamais. (...) Quand on

travaille au quotidien, on trouve le même pourcentage de gens non rigoureux chez les Allemands, les Français et les Italiens. » (Entretien n° 35, Euclid, Lyon)

Nous noterons également que ces extraits mettent en lumière l'existence de préjugés chez les membres sur les différentes nationalités participant à la mission Euclid. La quasi-totalité des membres reconnaissent que ce sont là des stéréotypes mais ils y voient, parfois, une manifestation de leur existence dans les interactions qu'ils peuvent avoir avec d'autres membres ou dans la manière qu'une équipe a de s'organiser. Nous pourrions ramener cela aux stigmates (Goffman, 1975) associés aux différentes nationalités. Les membres pourraient ainsi associer les difficultés rencontrées avec un ou plusieurs membres à leur nationalité. La mobilisation de ces stigmates serait également une manière de renforcer sa propre appartenance à une communauté nationale en distinguant les « autres » du « nous ». L'extrait de l'entretien est un bon exemple de cette distinction qui peut être opérée par les individus. Il y aurait également une plus grande facilité à établir une relation avec un individu partageant la même culture.

"I find it easier to talk to British people because they tend to be a bit more relaxed, a bit more laid back about the whole thing. We're all a bit socially awkward, so just in any situation where you're having to have a working relationship with someone, it's made it easier if you can just naturally speak to them, even not about science, and I find that's easier with British people, but it's certainly not a serious issue or anything, I don't think it inhibits, I think it actually enriches the work that we do. (...) I think it's good to have people who are quite formal and people who are quite, like to talk, and people who are more, you know, this mixture. I quite like that. Like maybe if it was all Brits people, like, nothing would ever get done." (Entretien n° 43, Euclid, Édimbourg)

Il existe donc bien un processus de stigmatisation au sein des coopérations scientifiques qui est lié à des appartenances nationales différenciées. Cela passe également par une « auto-stigmatisation » comme le montre l'extrait précédent qui véhicule des stéréotypes sur son propre groupe d'appartenance. Les différences culturelles sont donc perçues

comme existantes par les membres, même si elles relèvent des stéréotypes, et peuvent générer une fragmentation du collectif en plusieurs communautés nationales. Il en résulte que l'existence de contraintes organisationnelles liées au caractère international de ces organisations n'est pas à négliger.

En effet, les membres ont dû s'adapter notamment en termes de rythme de travail puisqu'ils ne sont pas les mêmes dans tous les pays. Cela est aussi complexifié par le fait de devoir travailler avec des individus qui ne sont pas sur les mêmes aires géographiques et qui peuvent donc avoir un décalage horaire assez conséquent comme c'est le cas avec les États-Unis. La nécessité de s'adapter à la contrainte du temps semble être l'un des points les plus saillants dans l'organisation du consortium.

« (A propos des téléconférences) “En général, c'est un horaire convenant à l'Europe mais la plupart des téléconférences sont plutôt vers 14h car c'est une heure raisonnable, faisable, pour suivre la téléconférence pour l'Amérique. » (Entretien n° 2, Euclid, Toulouse)

« Il a fallu s'entendre sur la manière de travailler, les habitudes sont différentes et la chose assez amusante c'est le rythme de travail qui est différent. Par exemple, les Pays-Bas et l'Espagne, les rythmes de pause et de déjeuner n'ont rien à voir, en Espagne ils peuvent manger tard le soir alors qu'au Pays-Bas si ce n'est pas 8h, c'est compliqué. » (Entretien n° 16, Euclid, Toulouse)

Un autre point qui semblait être particulièrement problématique pour les enquêtés, en termes de nationalité, est le fait que les membres ne soient pas liés entre eux par un contrat mais par un accord multilatéral. Ainsi, ils n'ont pas d'obligation légale de fournir le travail pour lequel ils se sont engagés comme cela est le cas dans un contrat. La hiérarchie du consortium n'a donc pas de pouvoir légitime sur les participants. Les membres sont engagés entre eux par un lien moral plus que juridique puisque s'ils ne respectent pas leurs engagements, ils ne risquent pas de poursuite juridique mais, par contre, ils risquent de perdre en termes de réputation scientifique. La question de l'accord qui régit les liens entre les participants devient encore plus complexe quand les membres sont d'une nationalité différente de celui ou celle qui est responsable de la tâche. En effet,

le ou la responsable ne peut pas obliger les partenaires à faire ce sur quoi ils se sont engagés mais reste responsable envers le consortium en cas de non-délivrance ou de mal façon :

« C'est difficile de donner des ordres car on n'a pas de légitimité, c'est au bon vouloir et les Anglais nous mènent en bateau sur le composant à développer. Depuis deux ans, il me dit « les enfants sont malades, ma mère est décédée, (...) Le problème c'est qu'il nous dit que ça arrive demain et quand tu le prends entre quatre yeux, il a toujours plein de problèmes, il joue sur l'empathie. » (Entretien n° 17, Euclid, Toulouse)

Le caractère international des coopérations scientifiques dans le domaine spatial nécessite des adaptations de la part des individus. Cette adaptation passe par le rythme de travail et par la mise en place d'ajustements aux différentes manières de travailler et de s'organiser. L'internationalité de ce type de projet pose également la question de la légitimité des responsables puisqu'il n'existe pas de contrats mais un accord multilatéral. Les enquêtés éprouvent donc des difficultés à gérer des membres d'une autre nationalité puisqu'ils ne peuvent pas les obliger à respecter leurs engagements. Cela soulève également la question des spécificités nationales en termes d'organisation mais également de stratégies au sein du consortium.

11.2. Les consortiums : un rassemblement de communautés nationales ?

L'étude des coopérations scientifiques dans le domaine spatial a mis en lumière l'existence de communautés fondées sur l'appartenance nationale. Ce phénomène peut trouver, en partie, son origine dans la préférence à côtoyer des personnes qui nous ressemblent socialement (homophilie de race/ d'ethnie (Bidart, Degenne et Grossetti, 2011)). Néanmoins, tout ne peut pas être réduit à une préférence culturelle, d'autres facteurs jouent également dans cette fragmentation du collectif en fonction des

appartenances nationales. Cette section mettra en lumière des stratégies et des organisations distinctes visant à renforcer des communautés nationales.

11.2.1. Des stratégies différentes

Lors des entretiens, nous avons pu remarquer que la question de la responsabilité et de la visibilité revenait souvent en termes de stratégie nationale. Ici, nous développerons plus particulièrement le cas de la France et du Royaume-Uni. La France car le terrain s'est majoritairement déroulé en France, et le Royaume-Uni car c'est la nation qui est la plus problématique en termes de « *delivrable* » selon les personnes interviewées. En outre, les membres de ces deux pays semblent aussi avoir mis en place des stratégies totalement différentes concernant la prise de responsabilités.

- Le cas du Royaume-Uni

En s'intéressant à la communauté britannique, nous avons pu voir qu'elle a fait en sorte de se positionner dans un rapport de pouvoir qui lui est favorable au sein d'une partie du consortium Euclid. Comme on l'a vu plus tôt, cela consiste à afficher des effectifs théoriques bien supérieurs à ceux qu'on est réellement capable de mobiliser sur une tâche. Ceci lui a permis d'avoir un contrôle assez élevé de la chaîne de la « *weak-lensing* » (lentille gravitationnelle faible). Néanmoins, cette stratégie, qui serait de se positionner sans en avoir la capacité matérielle et humaine afin de produire les « *delivrables* » à moindre coût et donc de maximiser son retour sur investissement, aurait aussi pour conséquence de mener à des retards.

« Les Anglais, ils n'ont pas assez de monde et ils ont pris beaucoup de responsabilités. Ils s'engagent mais derrière ça ne suit pas. Au niveau scientifique si ça ne marche pas, eux, ils tirent les marrons du feu à la fin car le lead permet de s'octroyer une part scientifique de projet (en termes de visibilité). Ils ont bien joué, leur financement est à hauteur de 10% et ils ont une position forte dans Euclid. Même si la France a su jouer quand il y a eu le changement de PI pour récupérer la position

puis après on s'est dit ça « pas important », on fait plein de petits morceaux et on a délesté des tâches. Leur stratégie, je ne sais pas si elle est pensée mais elle est bien, leur retour sur investissement est mieux. » (Entretien n° 32, Euclid, Paris)

« Les Anglais, ils prennent des responsabilités et du software mais ils ne le font pas. La personne en charge du software doit être surchargée mais le code n'est pas fait. (Pour les maturity assesment) ils demandent LM2 mais ils sont à LM0 ou 1 (...) Normalement, je n'ai pas de nouvelles mais là il me contacte pour savoir quoi faire pour avoir le niveau. Ils veulent savoir pour pouvoir le faire à bas prix. » (Entretien n° 30, Euclid, Paris)

La stratégie britannique reposerait donc sur une concentration des activités autour d'un pan de la mission qui est celui autour du Weak Lensing¹²⁰. Cette stratégie, visant à concentrer les efforts d'un pays autour d'une même tâche, augmente leur visibilité scientifique et technique au sein du projet. Cela leur permet également d'asseoir leur compétence dans ce domaine au sein de la scène internationale, ce qui pourrait leur être favorable dans l'élaboration de futures missions.

- Le cas de la France

La communauté française est éparpillée dans les différentes parties du consortium Euclid. Il ne semble pas y avoir de réflexion nationale en termes de visibilité – a contrario des Anglais. Cette non-stratégie au niveau national entraîne une répartition éclatée des responsabilités, ce qui aurait pour conséquence de limiter le rapport de pouvoir des membres français sur les différentes chaînes comme nous pouvons le voir dans cet extrait d'entretien :

¹²⁰ « Weak lensing refers to the statistically correlated image distortions of background galaxies due to the foreground matter distribution, also known as “cosmic shear”. Weak lensing has the advantage of being sensitive to the clustering of matter, which can potentially allow us to differentiate between dark energy and modified gravity. » (reference ?)

« La France, on est mauvais pour se coordonner au niveau national, on le fait au niveau des instituts mais pas de la nation. Les Anglais sont forts pour mettre de côté leur problème d'instituts pour l'intérêt de l'Angleterre, ils arrivent à discuter et avoir une position cohérente pour mener le développement du projet comme ils l'entendent. (...) En France, on est moins doué, on n'a pas fait en amont une analyse de l'intérêt collectif, on est saupoudrés dans un tas d'endroits et ça nous a été reproché par le CNES car on a une part commensurable en investissement mais notre capacité à peser est moins importante que ça. (...) Dans la distribution de postes, on n'a pas été volé, on a des postes à responsabilité mais pas de façon coordonnée, on en retrouve toujours un petit peu partout. » (Entretien n° 31, Euclid, Paris)

L'éclatement des responsabilités françaises a pour conséquence d'amoindrir la visibilité de la France au sein du consortium au profit d'autres pays – qui ont une contribution financière moindre. Ce manque de coordination au niveau national, en comparaison aux Britanniques, démontre une difficulté, selon les acteurs interrogés, à raisonner en termes d'intérêt national. Cet extrait rappelle également l'importance de l'appartenance institutionnelle, qui a été l'objet du Chapitre 10, en comparaison à l'appartenance nationale.

Jusque-là, nous avons pu voir l'importance de la nationalité et du collectif qui se constitue autour de celui-ci. Nous chercherons donc à savoir comment ce collectif Euclid se crée, s'il se crée, et est-ce qu'on peut parler d'une communauté Euclid ou d'un agrégat de différentes communautés ? Cette course à la visibilité semblerait segmenter le collectif en fonction de l'appartenance nationale de ses membres. Ce ne serait donc pas les différences de culture nationale qui seraient prédominantes mais bien l'intérêt national de chaque nation participante. Le renforcement des collectifs nationaux est perceptible dans la mise en place d'organisations au niveau national.

11.2.2. Des organisations différenciées

Dans *La logique de l'honneur*, Philippe d'Iribarne nous montrait déjà que, dans les trois usines qu'il avait étudiées (française, américaine et néerlandaise), il y avait une « structure » similaire en termes de hiérarchie et de procédures mais que dans la réalité des faits, les individus ne répondaient pas de la même manière aux règles en fonction de leur nationalité (Iribarne, 1989). Dans le cas des consortiums, nous avons pu constater que, même si l'organisation globale du consortium était la même pour chaque pays, la façon de travailler et de s'organiser différait selon les nationalités notamment en ce qui concerne la place des agences spatiales.

Ainsi, pour la France, une organisation a été mise en place par le CNES¹²¹ qui gère de très près les activités des laboratoires partenaires. Ces derniers ont un fort travail de « reporting » et de planification de leurs activités, à faire pour l'agence spatiale française. Le CNES a ainsi une place prépondérante dans l'organisation française d'Euclid mais aussi dans le financement d'Euclid. L'extrait suivant nous explique comment le financement des missions se déroule en France :

« Le contrat entre guillemets c'est que le CNRS n'ayant pas les moyens de financer par de l'argent liquide, ils financent par des contributions de personnel. Donc le salaire quand on fait notre rapport au CNES par exemple, on compte que moi je contribue mettons à 40% pour Euclid, donc mon coût salarial est calculé sur cette base et c'est comme si le laboratoire contribuait financièrement à cette hauteur là au projet. Par contre le CNES lui il va faire la même chose mais avec des contributions qui sont en argent, en vrai argent entre guillemets, qui vient dans les caisses. Donc quand tu regardes la contribution financière sur des projets comme ça, elle est en argent physique du côté du CNES parce qu'ils ont des ressources mais elle est aussi la contribution du personnel, la contribution du CNRS via son personnel. Donc finalement l'argent qu'on obtient pour le fonctionnement c'est

¹²¹ Cf. Chapitre 3 « Les missions Euclid et NewAthena ».

l'argent qui sert à travailler pour le projet. Donc si on a besoin d'acheter un matériel, le CNES nous l'offre. » (Entretien n° 46, Euclid, Toulouse)

L'agence spatiale française joue donc un rôle central en ce qui concerne le suivi et la gestion des activités mais également en termes de financement. Cette organisation basée sur une forte présence de l'agence spatiale nationale n'est pas la même dans tous les pays. En effet, au Royaume-Uni, les missions spatiales sont financées de la manière suivante :

“It's different in the uk. It's split so for space missions to do all the kind of infrastructure building instruments building the pipeline that's all funded by the uk space agency and then science exploitation is funded by the uk but it's the science and technology funding council right. But these are two different entities even though they talk to each other and so you basically have to negotiate as a consortium. As part of a uk consortium you have to negotiate with them about who's going to fund what and what level they're going to fund it and have them all agree that should be funded.” (Entretien n° 42, Euclid, Édimbourg)

De plus, les personnes qui ne sont pas financées par l'agence spatiale britannique n'ont pas nécessairement de rapport à faire comme cela est décrit dans l'extrait suivant :

“It depends on what kind of funding you have and what the conditions of that funding are. So, I was funded by a grant from the UK Government Research Council for Science. (...) So, I've never had to log any work. But some people do, I think. (...) So, he is holding the grant for this which comes from the UK Space Agency which funds that work in the UK. I think they're a lot stricter with their working hours. Just because funding agencies like the UK Space Agency are quite strict about logging, like logging time. But no, for the funding sources I've been on, there's no need, no requirement to record anything.” (Entretien n° 43, Euclid, Édimbourg)

Nous pouvons donc voir, en prenant l'exemple de la France et du Royaume-Uni, que l'organisation interne de chaque pays et l'implication des agences nationales ne sont pas pareilles d'un pays à l'autre. Nous avons le cas de la France qui a une agence très présente et qui pilote de près le projet alors que, dans le cas du Royaume-Uni, nous sommes plus dans le cas d'une agence de moyens qui exerce une présence bien plus amoindrie dans le pilotage global des missions spatiales. L'organisation nationale varie donc d'un pays à un autre avec une présence plus ou moins forte des agences spatiales respectives. Ces spécificités se retrouvent également au niveau des événements organisés par les communautés nationales.

Au sein du consortium Euclid, certaines communautés nationales, telles que la France, l'Italie et le Royaume-Uni, ont la particularité de mettre en place, une fois par an, un « consortium meeting » pour les membres de leur pays. Ces réunions sont, en général, plus courtes que l'« Euclid consortium meeting ». Elles permettent aux individus d'avoir une vision globale des contributions de leur pays au sein du projet Euclid et de connaître les membres de la communauté Euclid. Cela représente aussi une occasion, surtout pour les jeunes chercheurs, de présenter leurs travaux.

« Les consortiums meetings France je n'y vais pas souvent car je trouve cela inutile. Les gens trouvent cela de moins en moins utile car on se connaît tous bien. Au début c'était bien pour qu'on se connaisse. » (Entretien n° 5, Euclid, Toulouse)

“In the UK, we normally have one meeting, and normally in December, which is all the people in the UK and it's an opportunity for people to present their work and to get an overview of the different work going on in Euclid. We normally hold it in one day, one or two days, it's quite a short thing. And it's normally held at the end of the year because it's, I think the organizers think, it's a kind of nice thing to do before people going on holidays, to kind of summarize the year's work.” (Entretien n° 41, Euclid, Londres)

La mise en place de réunions Euclid au niveau national participe à la consolidation de communautés nationales, mais pas nécessairement à celle du collectif. De plus, la communauté Euclid France a la particularité d’avoir créé une école Euclid – qui fut renommée l’école Rodolphe Clédassou en hommage à celui qui était l’un des fondateurs de cette école – à destination des jeunes chercheurs et dont l’objectif est le suivant :

« Former la future communauté à la science des grands relevés cosmologiques tels que celui produit par les observations du satellite. Durant 3 ans – correspondant aux trois cycles mis en place – les participants acquièrent des connaissances théoriques, instrumentales, numériques et observationnelles utiles au lancement de leur carrière. »¹²²

Par le biais de ces différentes initiatives nationales, nous pouvons voir qu’il y a une volonté de renforcer un sentiment d’appartenance à la communauté Euclid et plus particulièrement à une communauté nationale d’Euclid. Cela passe également par la création de sites internet Euclid par les différents pays (Euclid France ; Euclid UK ; Euclid Italia) qui ont pour but de promouvoir la mission Euclid mais également leurs contributions à la mission.

11.2.3. Euclid : un énoncé performatif ?

J-L Austin a développé le concept de performativité autour de certains énoncés qui, une fois qu’ils sont dits, accomplissent quelque chose (ex : le mariage) ou en d’autres termes « quand dire, c’est faire » (J. L. Austin, 1961). Muniesa et Callon élargissent le concept de performativité :

« En définissant la performance comme un ensemble d’activités et d’évènements qui instaurent ou modifient un agencement. Nous utilisons ici la notion d’agencement dans un sens qui est proche de celui que Gilles Deleuze (1989) donne après Foucault à la notion de

¹²² Source : site internet Euclid France (<https://euclid-france-preprod.in2p3.fr/2021/09/23/ecole-euclid-2021/>), visité le 15/01/2023

dispositif. Il insiste sur le caractère multilinéaire du dispositif, sur son hétérogénéité (il inclut le langage, des objets et des sujets), sur son caractère non systématique, qui lui donne, à travers des bifurcations, une capacité évolutive et innovatrice. » (Muniesa et Callon, 2013, p. 289)

Il nous a été donné de voir que la création de la communauté semblait passer par des phénomènes de performativité. Lors de mes différentes observations, il y avait souvent des objets estampillés Euclid – tels que des posters, des stickers sur les ordinateurs portables etc. Seuls ces différents *goodies* permettaient de différencier les membres d’Euclid des autres individus au sein des laboratoires, instituts et centres de recherche. L’appartenance au consortium se verrait donc par le biais des objets ou des logos Euclid ou X-IFU/Athena qui porteraient donc en eux un aspect social : performer la communauté Euclid et X-IFU ou en d’autres termes faire advenir les communautés Euclid et X-IFU. Cette performativité par les objets est bien présente dans le projet « Fingertip Galaxy » mis en place par l’artiste Lisa Pettibone et l’« instrument scientist » Tom Kitching. Le projet avait pour objectif de créer une galaxie avec les empreintes digitales des membres du consortium. Elle a par la suite été envoyée dans l’espace avec le télescope Euclid. Ci-dessous nous pouvons voir l’aspect performatif dans la présentation qu’en fait l’ESA :

“The team behind ESA’s Euclid mission has come together to create something special – a personal and collective galaxy-shaped fingerprint painting that has been attached to the spacecraft ready to launch into space. The collaborative nature of the artwork reflects the collaborative nature of the Euclid project overall; in both cases, people have come together to build something unique.”¹²³

¹²³ Source : site internet de l’ESA
(https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2022/07/The_Fingertip_Galaxy_Reflecting_Euclid_in_art), visité le 20/10/2024

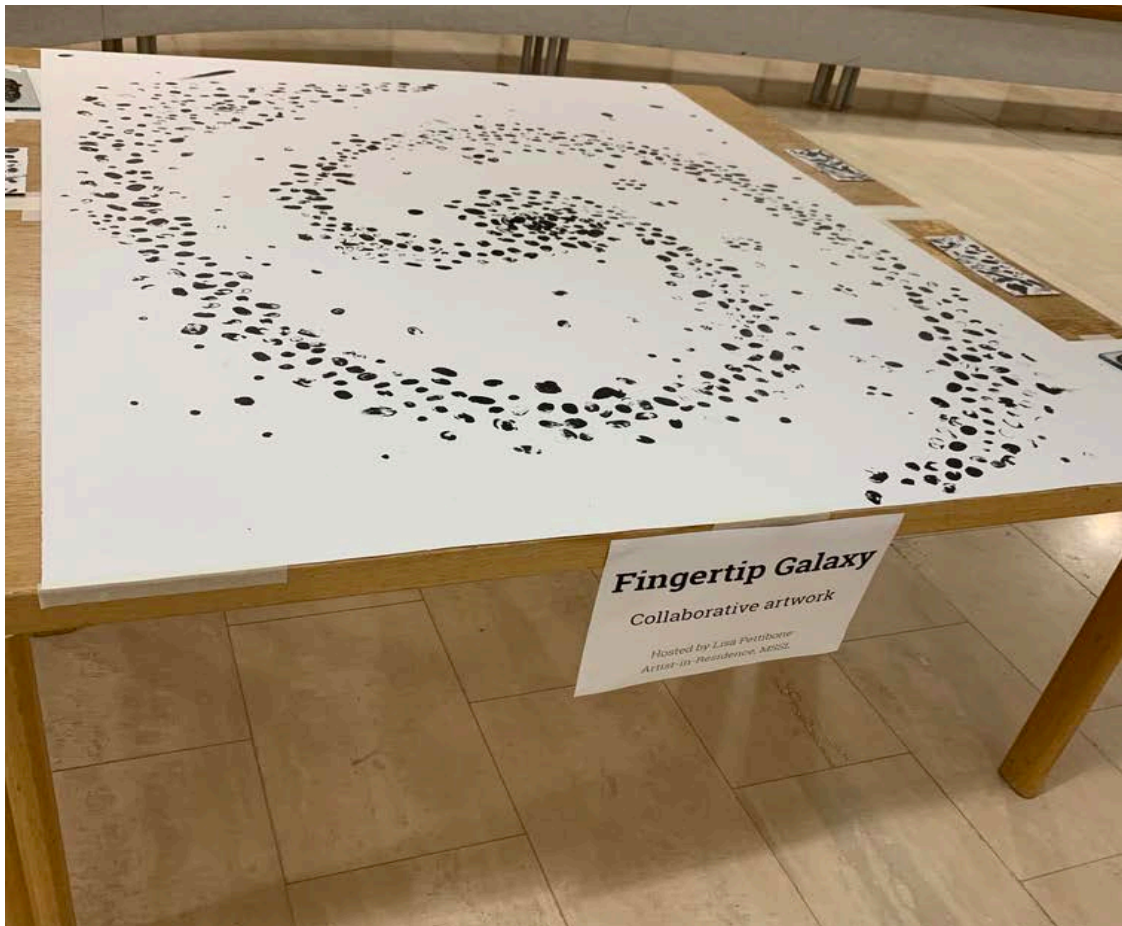


Figure 71 Photo du projet *Fingertip Galaxy*

Cependant, nous pouvons voir que les objets peuvent être une manière de segmenter la communauté en fonction des nationalités puisque, durant les consortiums meetings, certains membres portaient un T-Shirt Euclid France. Lors de mes différents terrains notamment en France, j'ai pu constater que dans les bureaux des individus il y avait des posters Euclid mais c'était très souvent ceux des différents consortiums meetings en France. Les objets se voient ainsi être l'objet d'une double performativité : rendre réelle la communauté Euclid mais aussi des sous-communauté nationales.

Les consortiums meetings, les différents goodies et rencontres, sont en tout cas importants pour les membres car cela permet pour les participants de développer le sentiment d'appartenance à la communauté Euclid et X-IFU. Rencontrer les autres membres du consortium lors des grandes réunions leur permet de saisir l'avancement de

la mission dans sa globalité et de développer un sentiment d'appartenance - en rendant concret le consortium par le biais des individus présents.

« Le Consortium meeting c'est le seul endroit où il y a une fraction conséquente du consortium au même endroit. On a plein de réunions mais on n'est pas plus de 100 et là on est 500, c'est important. (...) C'est important d'avoir la sensation d'être tous embarqués dans la même chose, la notion de bien commun est vraiment très importante. Ce n'est pas naturel et ça se construit (...) Dans un projet quand on ne crée pas des façons de se rencontrer, on crée des chapelles et on se pense meilleur que les autres et si le truc ne marche pas c'est à cause des autres. Cela disparaît quand les gens se croisent, ils voient le travail que les gens font. (...) Rassembler les équipes, ça permet de créer un esprit d'équipe, c'est vital. L'instrument spatial, on peut potentiellement entrer en crise et s'il n'y a pas d'esprit d'équipe, on va se taper dessus. Donc le consortium meeting ou le garage day c'est le moment où on fait des choses mais en plus on crée des liens de personne à personne, on s'identifie à un projet commun, c'est beaucoup plus long à 2000 qu'à 200. » (Entretien n° 31, Euclid, Paris)

Dans cette section nous avons pu voir que parler d'une communauté Euclid n'allait pas forcément de soi. Les goodies et les différents consortiums meetings seraient donc porteurs d'une prophétie auto-réalisatrice – celle d'une communauté Euclid ou X-IFU. La prophétie réalisatrice de Merton trouve son origine dans les travaux de Thomas – que Merton renomma le théorème de Thomas (Merton, 1995). Dans son ouvrage *The Child In America Behavior Problems And Programs*, Thomas écrivit “If men define situation as real, they are real in their consequence” (Thomas et Thomas, 1928). Cela sous-entend la construction de la réalité sociale par les individus en fonction de la représentation qu'ils s'en font.

« En d'autres termes, les individus agissent dans une situation donnée en référence à des paramètres objectifs, mais aussi en fonction de la signification que celle-ci revêt pour eux. » (Saint-Martin, 2013, p. 88)

Ces prophéties auraient pour conséquence de rendre réelles des communautés Euclid et X-IFU en les proclamant comme existantes alors qu'elles n'allaient pas de soi – que ce soit dû à une dispersion géographique des membres mais aussi à des différences de cultures professionnelle, institutionnelle et disciplinaire que nous traiterons dans la section suivante. Néanmoins, nous pouvons constater que la communauté Euclid est fractionnée en sous communautés selon la nationalité et que ce sentiment communautaire peut être renforcé par une organisation très présente au niveau national comme nous avons pu le voir avec le cas de la France. Il sera pertinent de voir si nous retrouvons cette vision plutôt nationaliste en ce qui concerne la coopération et plus précisément l'écriture d'articles scientifiques.

11.3. Les publications comme reflets de la coopération au sein du consortium Euclid

En s'inspirant des travaux réalisés sur les publications scientifiques (Grossetti et Milard, 2003 ; Maisonobe et al., 2016 ; Milard, 2014), il sera question, ici, de s'intéresser aux publications comme reflets du réseau de coopérations à l'œuvre au sein du consortium Euclid. Le corpus – qui permet l'élaboration de ce réseau de collaborations – est constitué de 110 articles publiés entre 2019 et 2024. Seuls les individus ayant le statut de « lead » dans les publications ont été retenus pour élaborer ce réseau. Ce choix a été effectué car seuls les individus ayant ce statut ont activement participé à l'élaboration d'un article. Il s'agira donc d'appréhender par le biais des publications les logiques de coopération à l'œuvre entre les individus – notamment au regard de leur appartenance nationale.

Le logiciel *Gephi* a été utilisé pour mener cette analyse de réseau. Les principales mesures statistiques sur lesquelles reposent cette analyse sont la densité, la modularité et la centralité d'intermédierité (*betweness centrality*). La densité d'un réseau nous renseigne sur le niveau de connectivité de ce dernier en prenant la part des liens existants par rapport au nombre total de liens possibles. La modularité permet de détecter l'existence de communautés au sein d'un réseau c'est-à-dire les différents sous-ensembles de nœuds (individus) qui sont les plus fortement interconnectés. La centralité

d'intermédiation, quant à elle, met en avant l'importance d'un nœud, ici un membre du consortium Euclid, comme pont avec les autres nœuds. En d'autres termes, cela mesure combien de fois un nœud est le chemin le plus court à d'autres nœuds. Ils ont le rôle d'intermédiaires entre les différentes parties du réseau et sont représentés par la taille des nœuds dans les graphes.

11.3.1. La structure du réseau de coopération sur la période 2019-2024

Durant la période que nous nous proposons d'étudier, le consortium Euclid a publié 110 articles. L'analyse du réseau des signataires des articles Euclid, durant la période 2019-2024, met au jour un réseau complexe de très faible densité. Ce dernier est segmenté en neuf communautés dont l'une est totalement isolée du reste du réseau. De manière générale, la structuration du réseau d'écriture d'articles, au sein d'Euclid, laisse apparaître une coopération internationale entre les membres du consortium malgré la présence de pôles de coopération plutôt nationale. Les pays qui sont le plus présents dans ce réseau de coopérations sont : l'Italie, la France et le Royaume-Uni. Le schéma suivant permet de visualiser l'ensemble du réseau de publications selon la nationalité des membres :

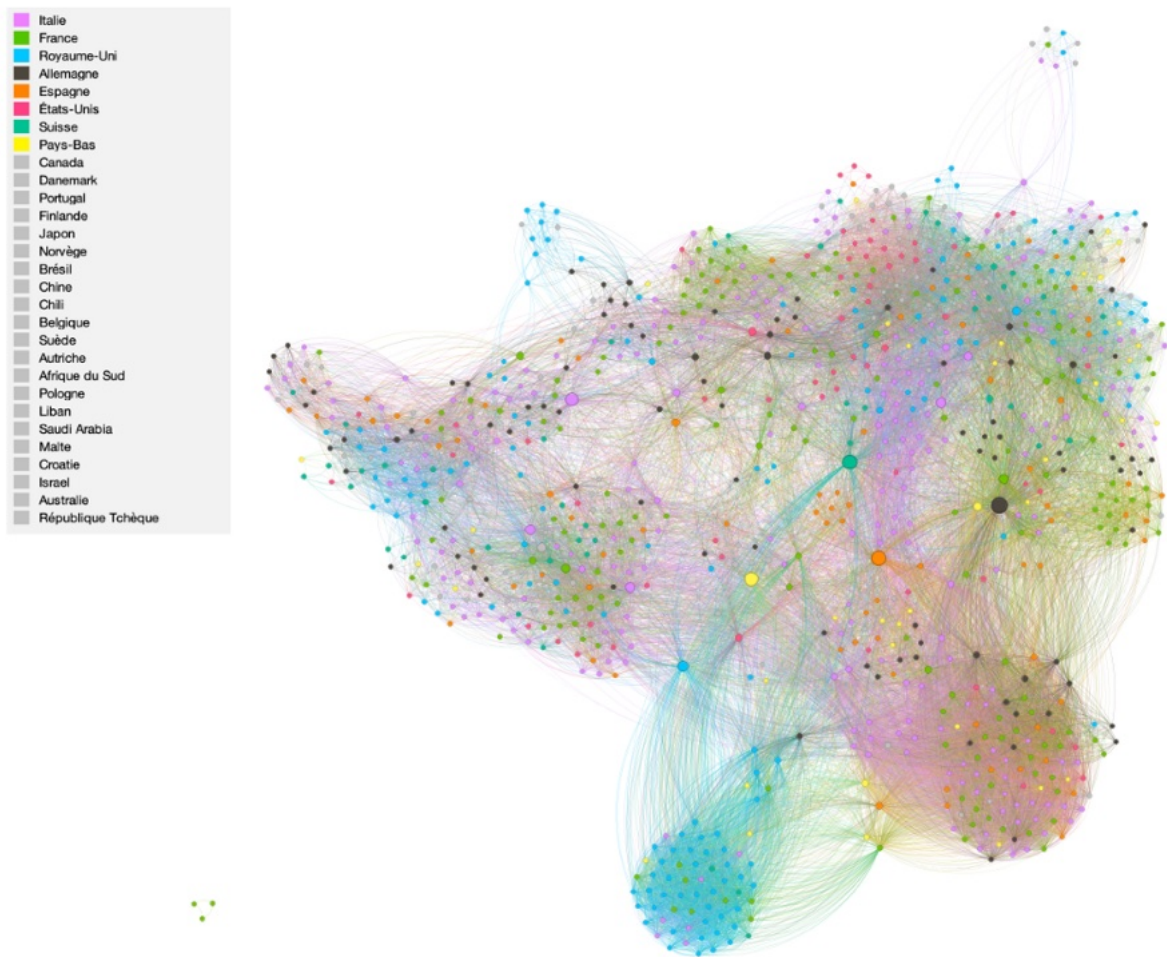


Figure 72 Réseau des signataires durant la période 2019-2024

On peut d'emblée signaler un certain nombre de faits :

- La structure du réseau montre l'existence de nombreux liens entre les différentes communautés – au sein du bloc central de ce réseau qui est composé de huit communautés.
- La communauté 5 est la plus importante – elle est constituée de 273 personnes et représente 24,56% du réseau d'auteurs d'articles.
- Les communautés 1, 7, 3 et 8 sont de taille équivalente – chacune représentant entre 11,71% et 12,95% du réseau.

- En termes de nationalités, les communautés 5 et 8 témoignent de coopérations entre l'Italie, la France et le Royaume-Uni avec respectivement 25,32% et 24,78% d'Italiens, 15,61% et 15,04% de Français et 10,55% et 13,27% de Britanniques. La communauté 1 est également marquée par une forte présence d'Italiens (36,8%) et de Français (25%). La communauté 3 est quant à elle composée de 20,87 % de Français, 20% d'Espagnols et 13,91% d'Italiens. La communauté 7 diffère en termes de nationalités car elle est principalement composée d'États-Uniens (22,95%), d'Allemands (14,75%) et de Britanniques (14,75%).
- Les communautés les plus importantes sont très internationales même si quelques pays sont plus fortement représentés – notamment l'Italie, la France et le Royaume-Uni.

Cependant, lorsque nous nous intéressons aux communautés les plus petites, nous remarquons qu'elles reflètent des coopérations majoritairement intra-nationales ou entre deux nationalités. Les communautés 6 et 0 regroupent majoritairement des individus issus d'une même nationalité – respectivement britannique (61,1%) et italienne (58,46%). La communauté 2 témoigne d'une coopération majoritairement franco-italienne avec 36,51% d'Italiens et 33,33% de Français. La communauté 4 est surtout une coopération entre le Royaume-Uni (36%) et l'Allemagne (28%).

Au sein des communautés 3, 4 et 5, les réseaux semblent plus distendus et se dessinent des pôles où les liens avec le reste de la communauté semblent moindres que dans les autres communautés. Ils se situent d'ailleurs plutôt en périphérie du graphe. Ce phénomène est lié à une coopération plus fragmentée au sein de ces communautés. Chaque pôle semble plutôt indiquer le réseau de signataires d'un article qui représente, pour la majorité, l'unique production scientifique de ces membres au sein du consortium Euclid. La structure de la communauté 3 – et dans une moindre mesure celle de la communauté 4 – laisse apparaître plusieurs pôles distincts et un réseau plutôt dispersé. La communauté 5 a une structure plus étendue et clairsemée, sans regroupement central identifiable. La structure des communautés 8 et 0 semble similaire à celle de la communauté 5 tandis que le sous-graphe 7 a une structure intermédiaire entre celles des

communauté 5 et 3. A contrario, les communautés 1 et 6 semblent se regrouper autour d'un pôle principal. La communauté 2, bien que plus étendue, présente également une structuration autour d'un pôle principal.

De manière générale, dans le réseau de collaboration du consortium Euclid, durant la période 2019-2024, les communautés restent relativement connectées les unes avec les autres. En s'intéressant aux caractéristiques des personnes qui forment des ponts entre les différentes communautés, nous constatons que ce sont des individus masculins ayant le statut de *founder* ou de *builder* au sein de la coopération. Les quatre acteurs clés, du plus au moins important, sont un Hollandais (*founder*) ; un Suisse (*founder*) ; un Espagnol (*founder*) et un Allemand (*builder*). Dans ce contexte, les personnes ayant l'intermédiation la plus élevée sont celles qui facilitent la connexion entre les différentes communautés et ont un statut important dans l'organisation.

Bien que les liens inter-communautés semblent plutôt nombreux, ces derniers sont des liens faibles. En d'autres termes, la coopération entre les individus de ces différentes communautés est plutôt de l'ordre du ponctuel. Cela a également tendance à se retrouver dans les liens entretenus au sein d'une même communauté. Les liens faibles sont majoritaires puisque seulement 13,8% des liens présentent un poids supérieur à 1, ce qui témoigne de coopérations dépassant l'ordre du ponctuel. Nous noterons que la communauté 5 est celle où la collaboration entre les individus de cette communauté est plus fréquente et où les membres semblent donc entretenir les liens les plus forts,.



Figure 73 Structure communautaire des signataires durant la période 2019-2024

11.3.2. L'évolution des réseaux de coopération au sein du consortium Euclid

L'étude du réseau de coopération que forme les signataires des articles Euclid sur la période 2019-2024 permet de mettre au jour la structure sur la période mais pas de saisir l'évolution de la coopération à l'œuvre au fil des années. Il s'agira, ici, de s'intéresser à la structure des réseaux de publication pour chaque année constitutive de cette période.

2019 : l'isolement des communautés ?

L'analyse des publications de 2019 met au jour un réseau moyennement dense qui laisse apparaître quatre communautés distinctes (dont deux sont complètement isolées). Ce réseau est composé de 72 individus. Chaque communauté représente une publication, donc nous pouvons voir que la collaboration entre les individus se fait au sein de communautés qui sont plutôt isolées les unes des autres – un seul individu relie les deux communautés (un Hollandais ayant le statut de *Founder*). Ces communautés sont composées de peu d'individus à l'exception de la communauté 2. La coopération est, de manière générale, fortement restreinte à quelques individus. En effet, la communauté 2 regroupe 68,06% (49 personnes) des individus tandis que les communautés 1 et 3 sont composées de 8 individus et la communauté 4 est constituée de 7 individus.

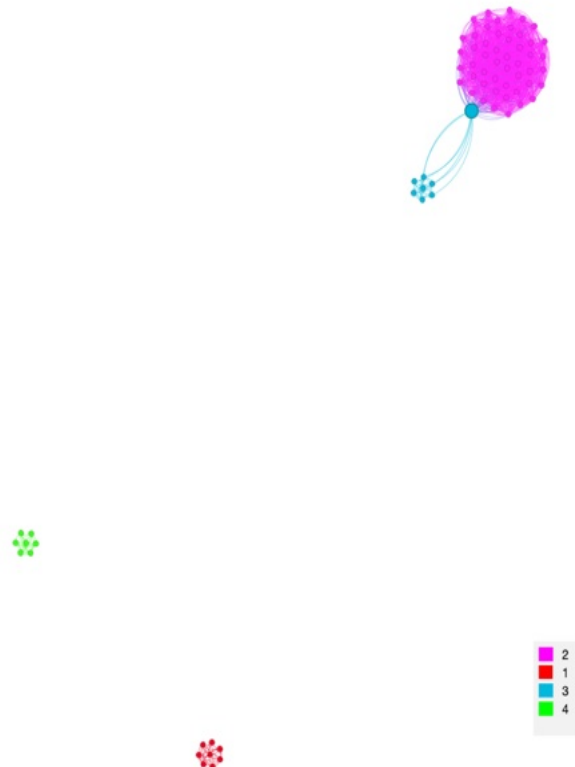


Figure 74 Structure communautaire des signataires de publication en 2019

Nous sommes dans une structure de réseau où une publication équivaut à une communauté. Par conséquent, les liens entre les signataires, au sein d'une communauté,

sont faibles car ils ne correspondent qu'à une seule publication. La structuration du réseau laisse également entrevoir une collaboration plutôt internationale dans l'écriture d'articles scientifiques – même si les Italiens (22,22%) et les Français (29,17%) représentent environ la moitié des individus constituant ce réseau de publications. Néanmoins, il est important de noter que le nombre peu élevé d'articles en 2019 – seulement quatre – ne permet pas de tirer de réelle conclusion sur la nature des coopérations concernant la production scientifique dans le consortium Euclid.

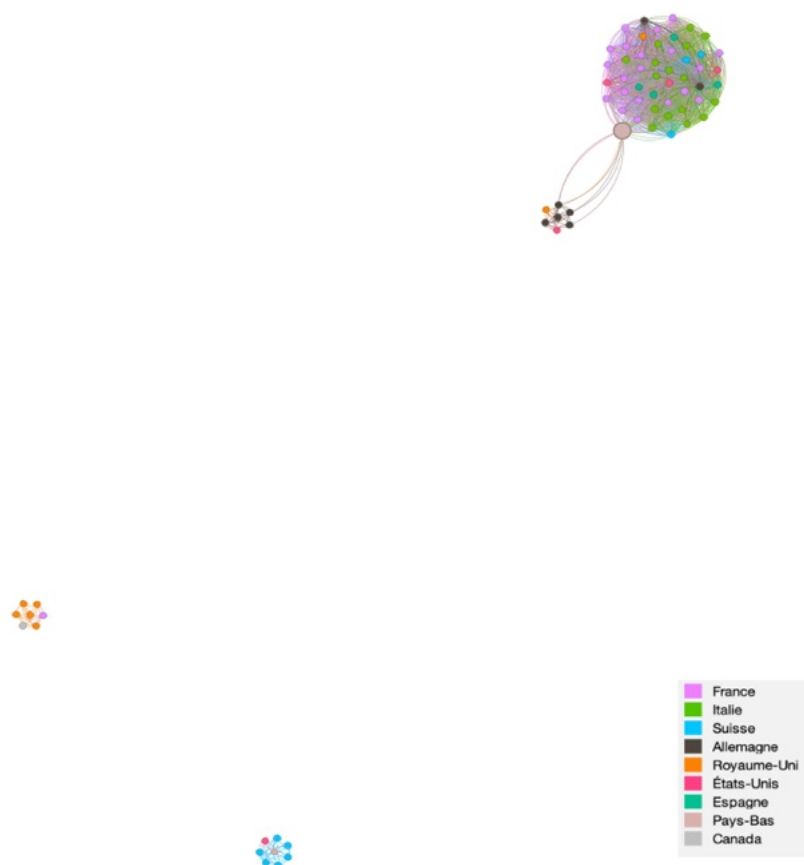


Figure 75 Réseau des signataires et nationalités en 2019

2020 : l'apparition d'une structure en maille

En 2020, le consortium Euclid a publié 10 articles pour un total de 95 signataires sous le statut de *lead*. Le réseau des signataires des publications en 2020 est peu dense. Ce réseau est composé de sept communautés dont trois sont totalement isolées.

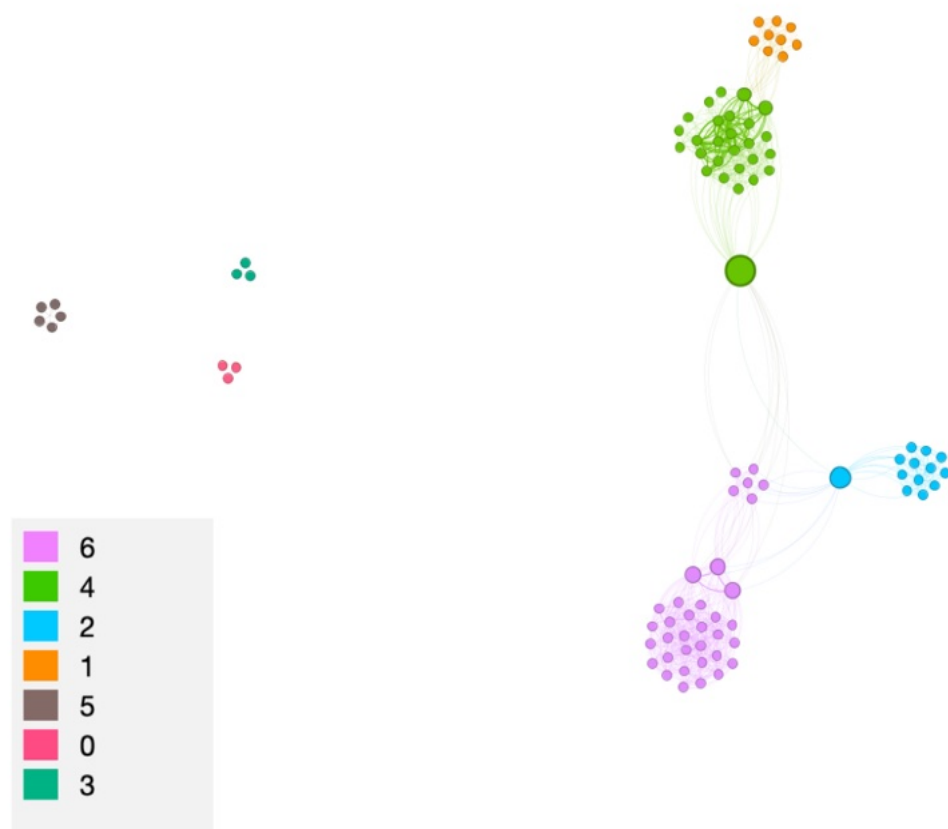


Figure 76 Structure communautaire des signataires de publication en 2020

Ces dernières ne regroupent que très peu d'individus, elles témoignent également d'une plus grande collaboration intranationale puisque deux sont exclusivement composées de Français. L'ensemble de ce réseau de publications est principalement composé de trois nationalités : française (21,05%) ; italienne (18,95%) ; britannique (18,95%).

Un ensemble de communautés semble constituer la partie la plus importante et centrale de ce réseau de publications. Il est numériquement beaucoup plus important et se compose de quatre communautés – chacune étant plus nombreuse et plus internationale que les autres communautés constitutives de ce réseau. Les communautés 6 et 4 semblent jouer le rôle de lien entre deux autres communautés plus périphériques. Cet ensemble prend la forme d'une structure en maille : chaque réseau permet d'en relier un autre à cet ensemble. De plus, quelques individus permettent de relier ces différentes communautés

car ils ont participé à l'écriture d'articles scientifiques (identifiables à la taille des nœuds). L'intermédiaire le plus important est un Espagnol ayant le statut de *founder*. Les communautés 6 et 4 sont celles qui sont les plus importantes numériquement – respectivement 36,84% et 28,42% des individus appartiennent à ces communautés. La coopération internationale semble moins forte au sein de la communauté 2.

Il est également intéressant de noter que le réseau des signataires ne reflète plus totalement la structuration d'un réseau par article. En d'autres termes, la collaboration semble ne plus être seulement limitée à l'écriture d'un article en commun mais laisse entrevoir des communautés au sein desquelles la production scientifique n'est pas systématiquement limitée à un seul article. La communauté 4, et dans une moindre mesure la communauté 6, démontrent ainsi l'apparition de liens plutôt forts entre leurs membres ce qui correspond à de multiples coopérations entre de mêmes individus.

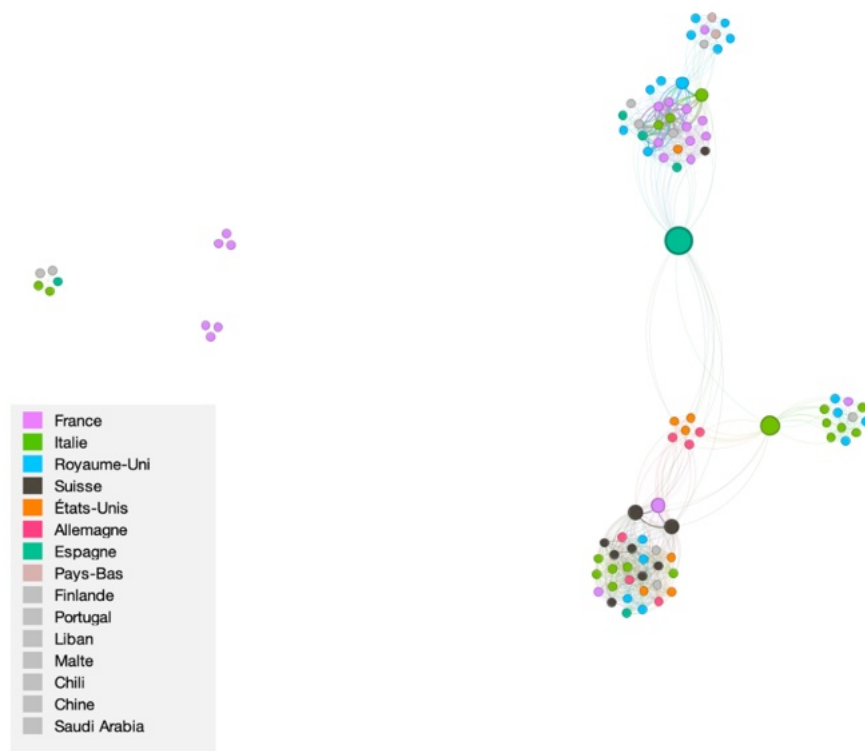


Figure 77 Réseau des signataires en 2020

2021 : Une densification relationnelle au sein des communautés

En 2021, le réseau que forment les signataires des articles, au sein du consortium Euclid, est moins dense qu'en 2019 et 2020. Il comprend 161 signataires – pour un total de 14 articles. Il laisse apparaître huit communautés et de nouveau nous pouvons retrouver des communautés isolées où la coopération internationale est inexistante. Ces communautés sont organisées autour d'une seule publication. L'ensemble du réseau rassemble majoritairement, de nouveau, des membres de nationalité française (25,47%) et italienne (23,6%). Les États-Unis constituent la troisième force en présence avec 12,42% des individus.

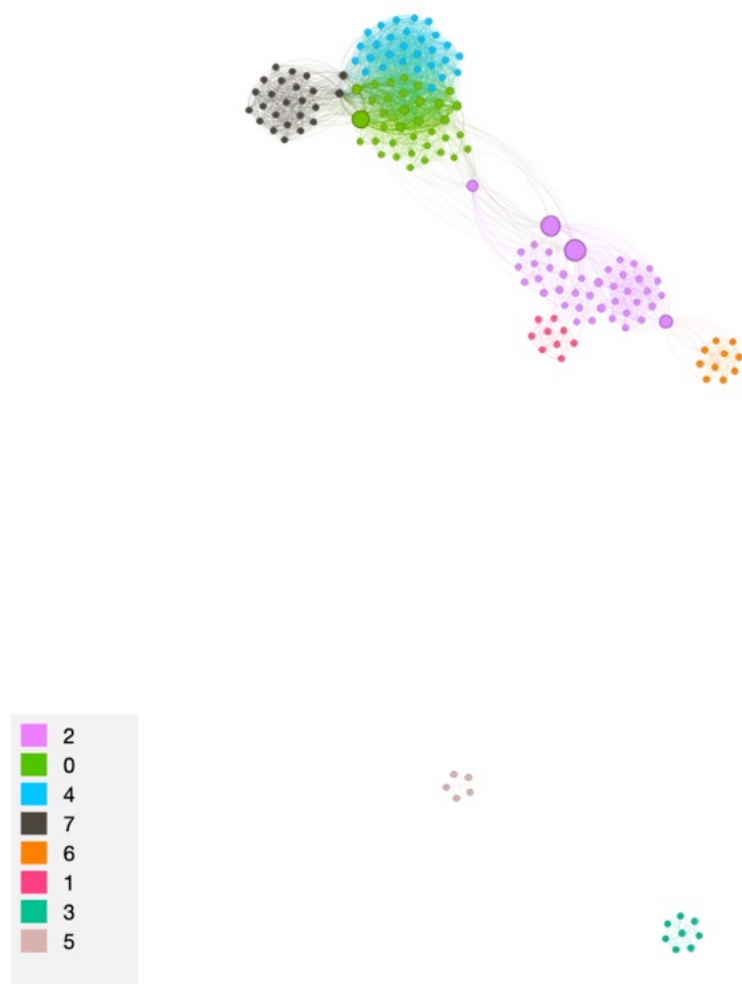


Figure 78 Structure communautaire des signataires de publication en 2021

Nous retrouvons, de nouveau, la même structure en maille qu'en 2020, avec l'existence d'un sous-ensemble de réseaux ayant deux communautés centrales et quatre plus périphériques. La différence réside dans le fait que les communautés centrales regroupent un nombre nettement plus important de membres et abritent les individus créant des ponts entre ces différentes communautés. Ces individus sont respectivement deux Espagnols – ayant le statut de *Founder*¹²⁴ et de *Builder* – et un jeune chercheur français. Les communautés 6, 1 et 7 qui se situent à la périphérie de ce grand sous-ensemble sont les blocs comprenant le moins d'individus (respectivement 10, 9 et 24).

Les communautés 0 et 2 forment un groupe central comprenant 47, 83% des individus ayant publié en 2021. Néanmoins, la communauté 2 laisse apparaître des pôles de coopération qui dessinent une tendance à des collaborations où l'internationalité est moindre. Ce phénomène est particulièrement visible en ce qui concerne les États-Unis. Nous noterons également que la communauté 0 apparaît être celle où les liens entre les individus sont les plus forts, ce qui traduit une plus grande collaboration entre des membres appartenant à cette communauté. De manière générale, les individus ont tendance à ne coopérer qu'une seule fois avec les mêmes personnes, ce qui se traduit par un réseau où les liens faibles sont majoritaires.

¹²⁴ Il s'agit de la même personne que celle identifiée dans les précédentes analyses.

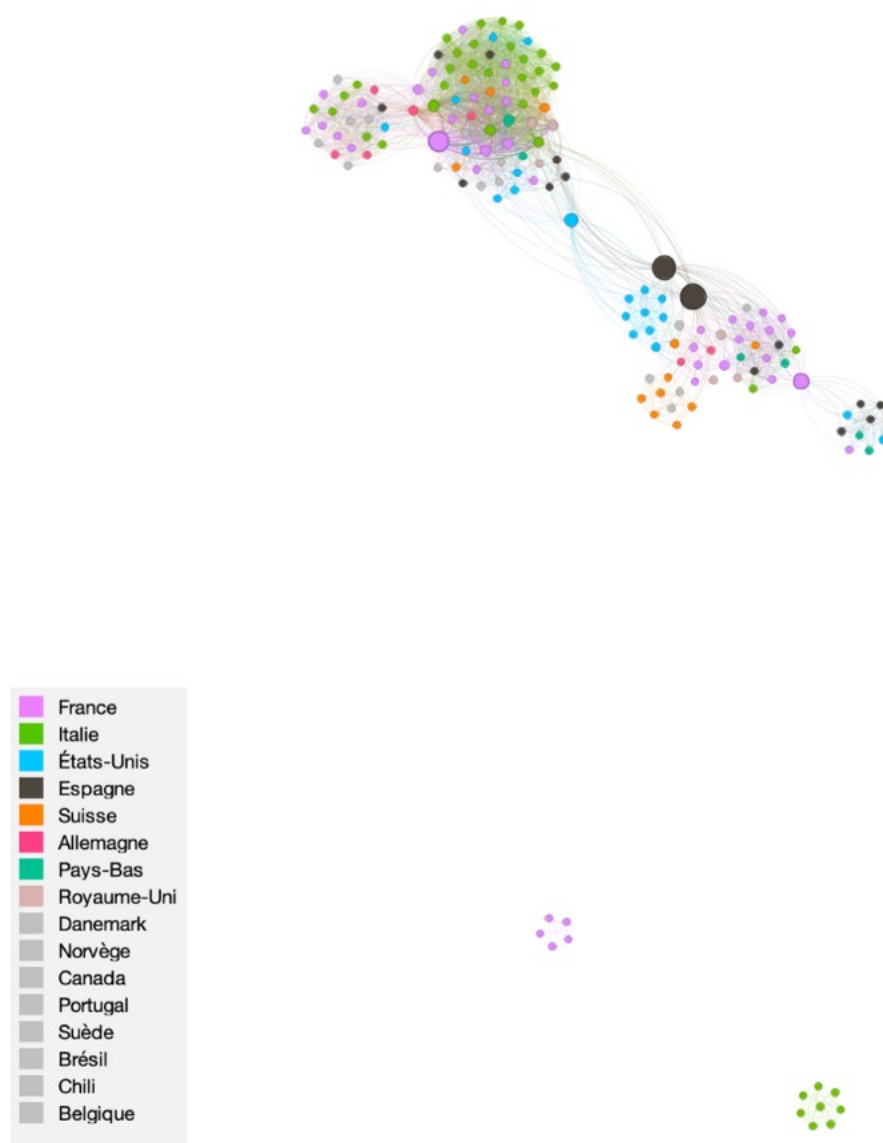


Figure 79 Réseau des signataires en 2021

2022 : Une densification et complexification du réseau de coopération

En 2022, 262 individus ont participé à l'élaboration de 18 articles scientifiques. L'analyse des publications met au jour un réseau très peu dense qui laisse apparaître neuf communautés distinctes (dont deux sont totalement isolées des autres). Les communautés isolées sont plus internationales et importantes numériquement que les années précédentes. Ce phénomène traduit une collaboration plus importante – que ce soit en

termes de nationalité qu'en termes de nombre – dans l'écriture d'un article. De manière générale, la structuration du réseau démontre une forte collaboration internationale dans l'écriture d'articles scientifiques. Cependant, dans l'ensemble de ce réseau de publication, nous retrouvons majoritairement les mêmes nationalités : italienne (22,52%) ; française (15,65%) ; britannique (11,07%) et allemande (9,92%).

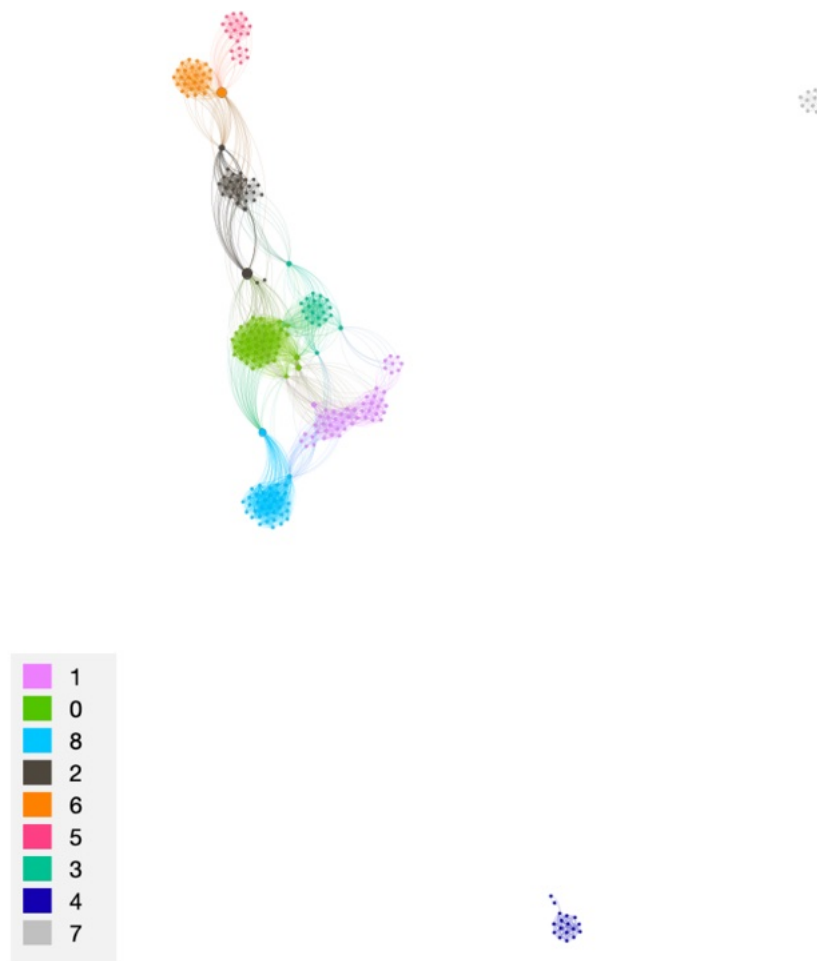


Figure 80 Structure communautaire des signataires de publication en 2022

Nous noterons également que la structure du réseau diffère quelque peu des années précédentes – même si elle a toujours une structure en mailles – et apparaît plus segmentée, le principal ensemble de sous-réseaux étant segmenté en sept communautés de taille variable. Les communautés 0, 1 et 7 sont les plus importantes numériquement – comprenant respectivement 47, 52 et 37 individus. Au sein des communautés 1 et 5, nous observons que des pôles se dessinent, ce qui laisse sous-entendre une coopération plus

fragmentée au sein de ces communautés. De manière générale, le réseau de collaboration, en ce qui concerne l'écriture d'articles scientifiques, est particulièrement distendu et se reflète dans la force des liens qui sont entretenus entre les individus.

En effet, bien que les liens entre les différentes communautés soient plus nombreux en comparaison aux années précédentes, le réseau laisse toujours entrevoir une structuration de la production scientifique qui est fortement segmentée et diffuse. Les différentes communautés sont toujours reliées par une poignée d'individus qui servent de pont entre les communautés. Dans ce réseau de publications, les principaux intermédiaires sont une Italienne (*builder*) et un Portugais (*builder*). La majorité des liens intra et inter communautés sont des liens faibles, les individus ne coopèrent que ponctuellement à l'écriture d'un article. Néanmoins, les liens intra-communautaires semblent se renforcer, les communautés 8 et 2 témoignent de liens plus forts qui unissent leurs membres. Cela signifie une plus forte tendance à la collaboration intra-communautaire au sein de ces communautés.

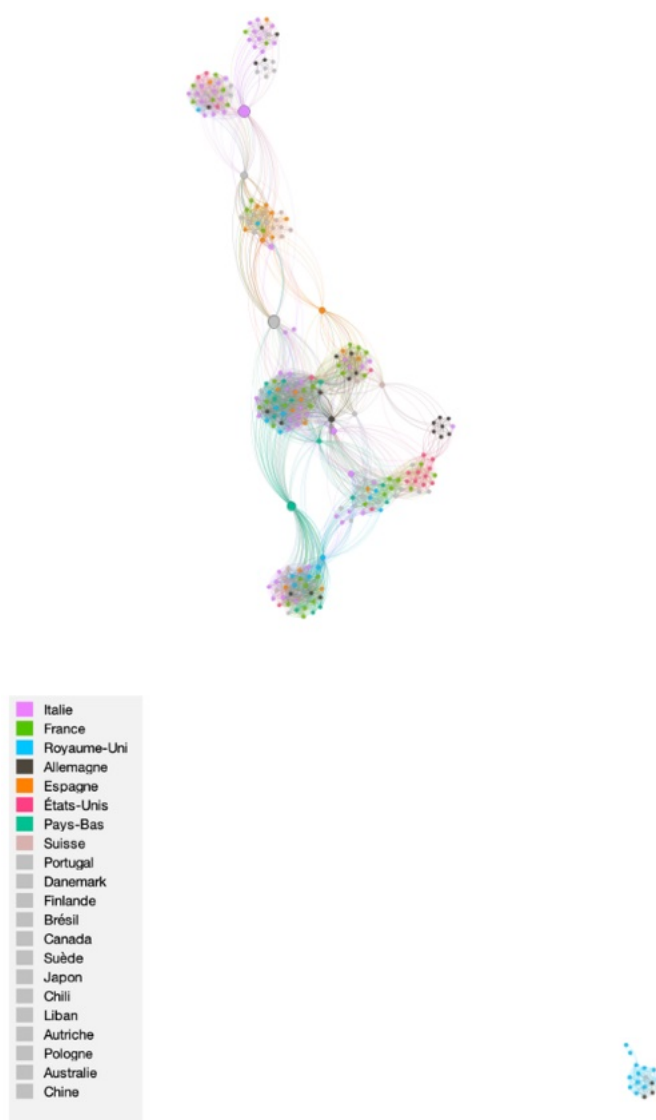


Figure 81 Réseau des signataires en 2022

2023 : Un retour à une structure communautaire plutôt nationale

En 2023, le réseau que forment les signataires des articles, au sein du consortium Euclid, est moins dense que les années précédentes. Il comprend 252 signataires qui ont participé à l'écriture de 16 articles. Il laisse apparaître 10 communautés dont une communauté isolée – organisées autour d'une seule publication. L'ensemble du réseau rassemble majoritairement, de nouveau, des membres de nationalité italienne (33,33%), espagnole (11,51%) et française (11,11%). L'Allemagne est le quatrième pays avec 10,32% des

individus. Ce réseau de coopération est donc marqué par une forte présence de signataires italiens ainsi que plusieurs pôles dont la composition est peu internationale.

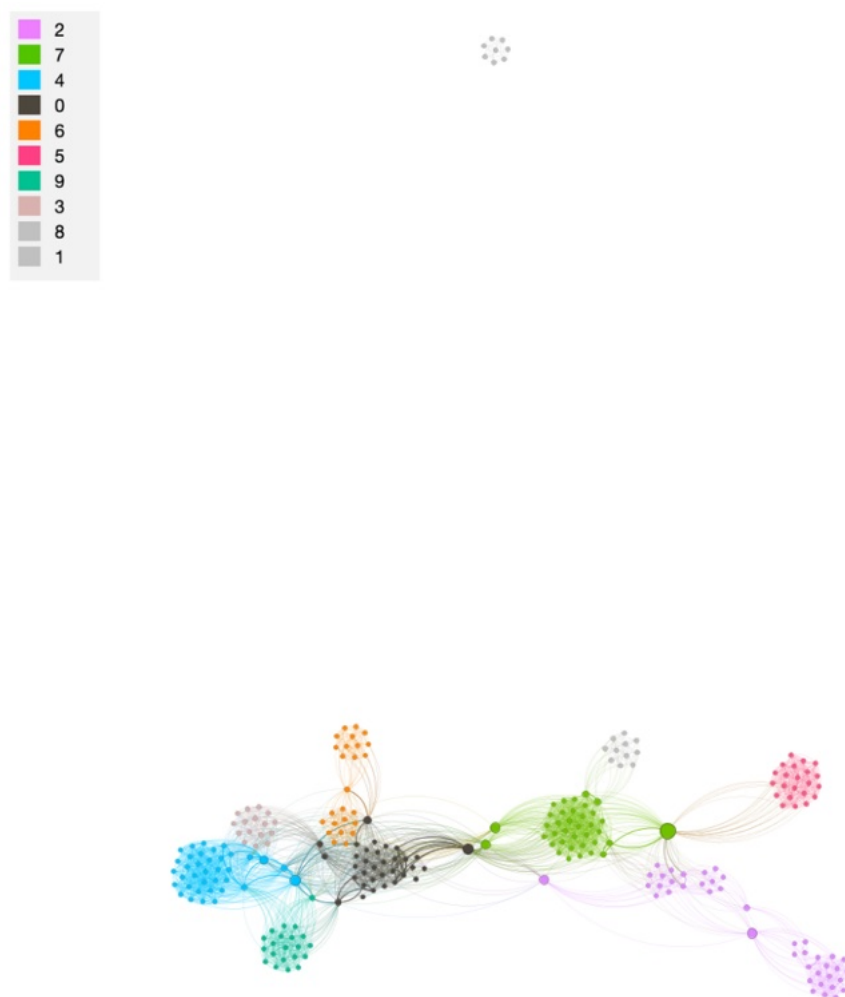


Figure 82 Structure communautaire des signataires de publication en 2023

La structure du réseau continue d'avoir une structure plutôt en maille et fortement segmentée. Le principal ensemble de sous-réseaux est composé de neuf communautés ayant des effectifs variables. Les communautés 2, 4 et 7 sont les plus nombreuses – représentant respectivement 17,06%, 14,29% et 14,68% du réseau des auteurs d'article. La communauté 2, ainsi qu'à moindre mesure la communauté 6, laisse apparaître des pôles pouvant se traduire par une coopération plus fragmentée au sein de cette communauté. Le réseau de collaboration d'écriture est composé de plusieurs

communautés qui sont peu connectées entre elles. Les individus jouant un rôle de pont entre ces communautés se situent majoritairement au centre de cette structure en maille. L'individu ayant la centralité d'intermédierité la plus élevée (*betweenness centrality*), appartient à la communauté 7 et est de nationalité allemande avec le statut de *builder* au sein du consortium Euclid. La majorité des liens intra et inter communautés restent des liens faibles, laissant supposer une coopération ponctuelle autour de l'écriture d'un article. Les liens intra-communautés semblent, comme en 2022, se renforcer, témoignant de liens plus forts qui unissent les membres de ces communautés.

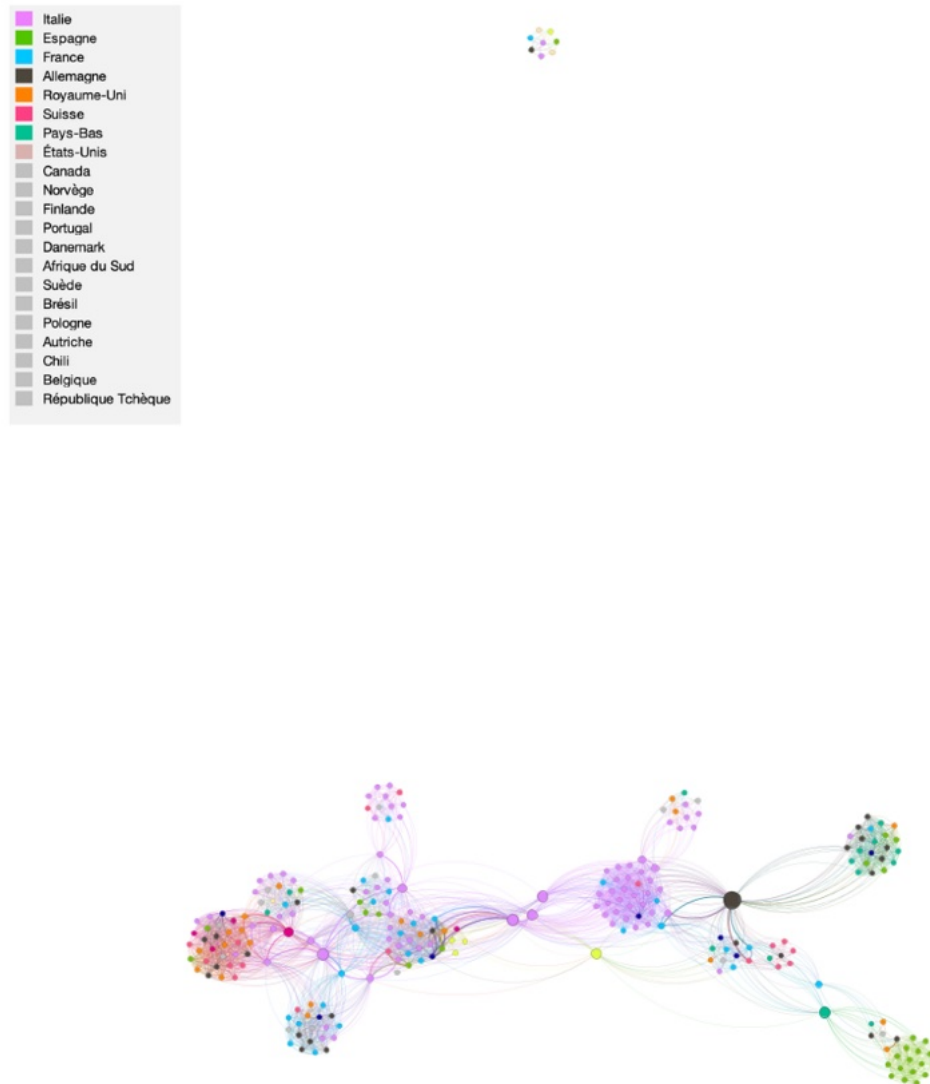


Figure 83 Réseau des signataires en 2023

2024 : Un réseau fortement polarisé

En 2024, le réseau de signataires des articles est également moins dense que les années précédentes avec une structure plus polarisée. Les individus entretiennent donc majoritairement des liens faibles entre eux, ce qui traduit une tendance à des coopérations uniques entre les individus. Ainsi, seulement 10,27% des liens présentent un poids supérieur à 1, lequel témoigne de coopérations dépassant l'ordre du ponctuel.

Ce réseau comprend 695 signataires – pour un total de 48 articles. 9 communautés interconnectées sont constitutives de ce réseau. Les communautés les plus importantes sont les communautés 2, 5 et 9 qui sont, respectivement, composées de 182, 174 et 119 individus. Les communautés 8 et 1 sont les moins importantes. En termes de structure, la communauté 2, et dans une moindre mesure, la communauté 6, ont une position centrale dans ce réseau de signataires et tendent à être moins polarisées que les autres. La communauté 2 est également la seule communauté à entretenir des liens avec les autres, ce qui explique sa position centrale. Il n'est donc pas surprenant qu'elle abrite en son sein les individus assurant les liens intercommunautaires les plus significatifs. Ces individus sont un Allemand (*Builder*), un Italien (*Founder*) et un États-Unien.

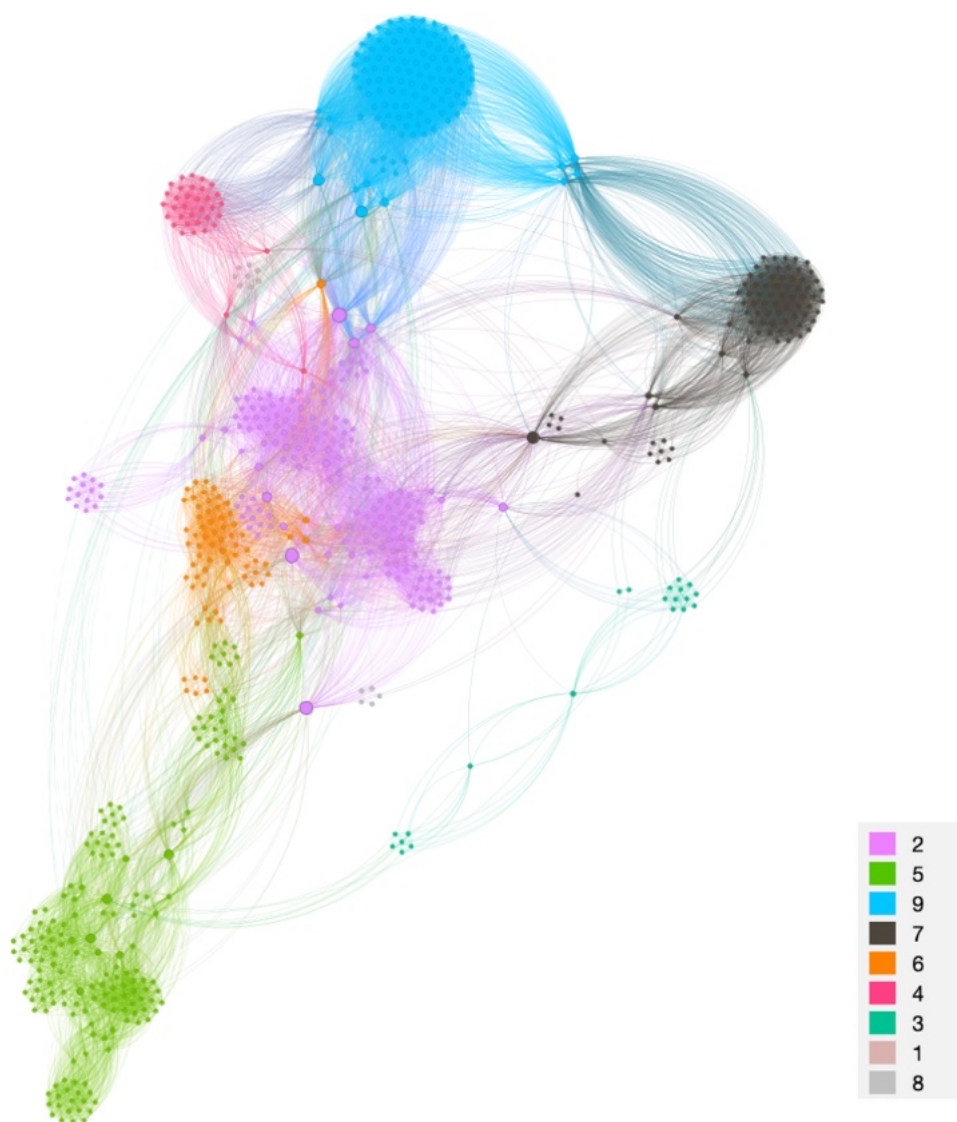


Figure 84 Structure communautaire des signataires de publication en 2024

Concernant la nationalité des membres, l'ensemble du réseau est composé, majoritairement, d'individus de nationalité italienne (27,05%), française (17,15%) et britannique (14,4%). Nous remarquons, cependant, que la majorité des communautés se forment autour d'une ou deux nationalités :

- 39,5% d'Italiens et 26,05% de Français composent la communauté 9.
- La communauté 4 est majoritairement composé de Français (48,57%) et d'Espagnols (22,86%)

- Les communautés 6 et 7 sont principalement composées d'Italiens – respectivement 56,72% et 57,14%.
- 42,86% de Britanniques et 38,1% d'Allemands composent la communauté 3.
- 60% d'États-Uniens constituent la communauté 8.
- La communauté 1 est composée uniquement d'Allemands.

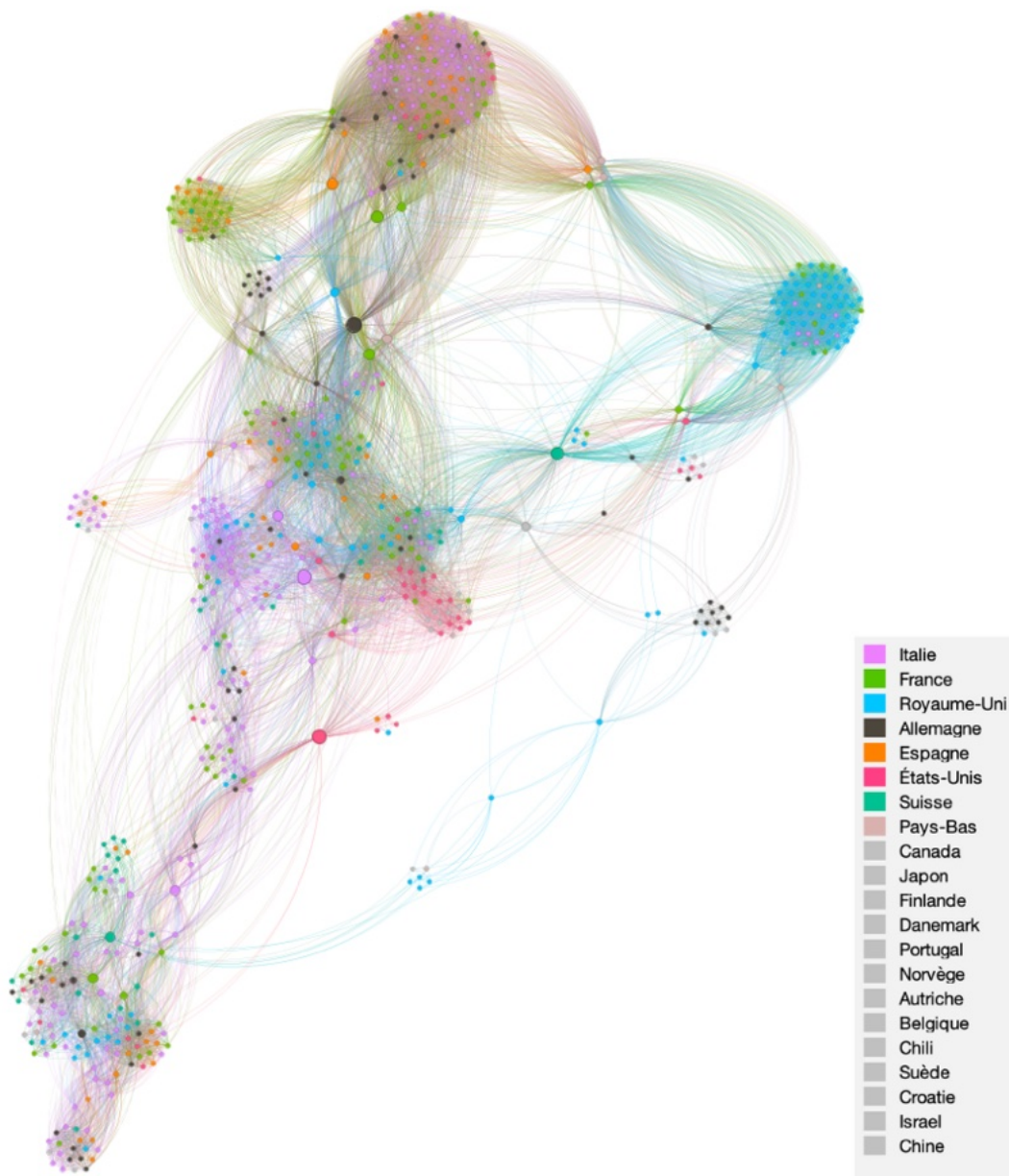


Figure 85 Réseau des signataires en 2024

En s'intéressant à l'évolution des réseaux de publications au sein d'Euclid durant la période 2019-2024, nous pouvons voir que ces derniers se sont densifiés au fil du temps. Leur densification passe par l'augmentation du nombre de signataires – nous passons de quatre publications en 2019 à 48 publications en 2024 – ainsi que par un plus grand processus de coopération à l'œuvre entre les individus. Nous sommes passés d'un réseau avec peu de membres où les différentes communautés étaient plutôt isolées et où la structure du réseau était le miroir de chaque publication à des réseaux dont les structures se complexifient. Malgré la persistance d'une certaine fragmentation, avec l'existence de plusieurs communautés au sein de ces réseaux, la majorité d'entre elles étaient reliées sous la forme d'une structure en maille qui démontrait une certaine coopération entre les différentes communautés – en plus d'une tendance à l'augmentation de la coopération intra-communautaire. Il est également important de noter que les individus étant des intermédiaires entre les différentes communautés sont quasi exclusivement des personnes ayant le statut de *founder* ou de *builder*. De manière un peu surprenante, il est à noter qu'elles ne sont également pas, en grande majorité, affiliées aux pays qui investissent le plus dans le consortium Euclid.

* * *

Bien que les membres reconnaissent difficilement l'existence de différences nationales – ce qui peut être, en partie, lié à la construction d'un habitus professionnel valorisant le caractère international de la recherche – celles-ci existent de fait et oscillent entre préjugés et réalités objectives. En effet, la représentation que les membres se font des autres nationalités, et de leur propre appartenance, est fondée sur la diffusion de stéréotypes. Ces derniers se renforçant dès lors qu'une situation permettrait de les valider. De manière générale, il existe une forte tendance à l'homophilie chez les membres : les individus ont tendance à rester avec les personnes partageant la même nationalité qu'eux. L'existence de différences nationales ne peut donc être réduite aux stéréotypes, il existe bien des manières de s'organiser et des stratégies propres à chaque pays.

Les réseaux restent tout de même segmentés et démontrent l'existence de communautés, ce qui n'est pas sans faire écho à la fragmentation de l'organisation auxquelles elles appartiennent. Ces dernières ne sont pas totalement liées à l'appartenance nationale des individus même s'il subsiste des communautés démontrant une coopération majoritairement intra-nationale. L'étude du réseau de coopérations dans l'écriture d'articles scientifiques met même en avant une tendance à la collaboration internationale. L'évolution, au fil des années, de la coopération semble montrer un processus de structuration des communautés publiantes d'Euclid – qui faisaient preuve d'un isolement plus prégnant au début de la période étudiée. Les individus ayant le rôle de « pont » entre les différentes communautés sont en très grande majorité des personnes ayant le statut de *founder* ou de *builder* et n'appartenant pas aux pays qui investissent le plus dans le consortium Euclid ou qui sont le plus présents dans les communautés publiantes.

Conclusion de la troisième partie

Cette troisième partie a mis en exergue le fait que la langue est l'un des signes prédominants de différences culturelles puisque la maîtrise de la langue officielle – l'anglais – entraînait une hiérarchisation des membres selon leur capacité à communiquer. De façon générale, une forte tendance à l'homophilie a été constatée chez les membres : les individus auraient tendance à rester avec les personnes partageant la même nationalité et la même langue qu'eux. Les différences de cultures nationales ne sont, *a contrario*, pas perçues comme étant problématiques. Cela peut être expliqué par la socialisation des chercheurs qui les pousse à la mobilité et à s'adapter à d'autres pratiques et rythmes de travail que ceux de leur pays.

L'étude des consortiums scientifiques dans le domaine spatial s'inscrit bien dans la vision systémique, telle que décrite par Robert Jervis (1997). Cela est particulièrement perceptible en ce qui concerne l'interconnexion entre les différents pans ainsi que par les actions des enquêtés qui sont surtout influencés par leurs présupposés sur la façon dont le système devrait être. L'adaptation aux changements ainsi que la mise en place de stratégies (par anticipation de certains comportements) sont également particulièrement saillantes.

L'adaptation est un concept fort dans cette partie, les membres s'adaptent aux différentes manières de s'organiser selon les pays, les institutions, les professions et les disciplines. En outre, cette course à la visibilité segmente le collectif en fonction de l'appartenance nationale. Ce ne serait donc pas les différences de culture nationale qui seraient prédominantes mais bien l'intérêt national de chaque nation participante. Les pays mettent en place des stratégies différentes comme cela a pu être montré avec le cas de la France – caractérisé par un éclatement des responsabilités ce qui diminue sa visibilité – et du Royaume Uni – caractérisé par un regroupement des responsabilités dans une même partie pour avoir un rapport de pouvoir qui lui est favorable et augmenter sa visibilité. De plus, certaines nations, notamment la France, le Royaume-Uni et l'Italie, vont fortement structurer une communauté Euclid au niveau national par le biais de consortiums meetings ou d'écoles Euclid par exemple.

En ce qui concerne les cultures, nous avons pu noter l'existence de trois autres sources de cultures à l'œuvre au sein du collectif : professionnelles, institutionnelles et disciplinaires. Les cultures professionnelles et institutionnelles seraient les différences les plus saillantes au sein du consortium car elles imposeraient également une forte logique d'adaptation pour les différents membres. La culture professionnelle entraîne de nombreux conflits notamment quand les individus ne sont pas habitués à travailler avec un autre corps de métier. Les ingénieurs et les chercheurs se perçoivent comme étant différents et ne partagent pas la même manière de s'organiser car ils ne sont pas dans les mêmes types d'institutions.

Nous pouvons donc conclure que le consortium Euclid dans sa globalité serait un collectif qui agrégerait des communautés nationales qui sont portées par des enjeux et des stratégies propres à chacune. Au sein de ces communautés nationales, il y aurait des sous-communautés professionnelles en lien avec la place de l'instrument et qui donneraient lieu à des frictions dues à des différences culturelles professionnelles et institutionnelles. Les membres entretiendraient des rapports de pouvoirs qui seraient basés sur des logiques de domination dues à une hiérarchisation des membres avec les scientifiques qui se placeraient au-dessus des autres professions. L'étude du consortium Euclid a également permis de mettre en lumière l'existence d'une nouvelle communauté ; celles des programmeurs. Celle-ci étant à l'intersection de la science et de l'ingénierie. Cette communauté n'est pas nouvelle mais elle se renforce au fil des projets, ce phénomène étant lié à une complexification du traitement des données qui entraîne une très forte formalisation des procédés.

Conclusion générale

Au terme de ce manuscrit, il convient de revenir sur les éléments les plus saillants qui dépeignent les principales conclusions de cette recherche sur les consortiums scientifiques dans le domaine spatial.

Une européanisation des activités spatiales

Le spatial a toujours donné lieu à des coopérations internationales. Cependant, les efforts européens se sont très vite institutionnalisés autour de deux organisations : ELDO et ESRO. Ces dernières posèrent les bases d'une intégration européenne des activités spatiales. Cette volonté d'européanisation de ces questions-là trouva son apogée avec la création de l'Agence Spatiale Européenne en 1975. La création de programmes scientifiques pointus lui permit ensuite d'asseoir sa place d'acteur central en ce qui concerne les activités spatiales en Europe. L'effort joint des pays européens lui permit, et lui permet toujours, d'être en capacité de concurrencer les plus grandes puissances dans ce domaine.

En Europe, la part financière allouée aux activités spatiales est très disparate d'un pays à l'autre. Cela est souvent à mettre en lien avec des organisations – qui sont en charge de ces questions-là – plus ou moins développées. L'agence spatiale étant la forme organisationnelle la plus aboutie. Les contributions nationales sont donc très hétérogènes au niveau européen. Les pays peuvent ainsi être catégorisés de la manière suivante : les gros contributeurs (*big*), les contributeurs moyens (*medium*) et les petits contributeurs (*small*) (*Adriaensen et al., 2015*). En outre, les pays qui, historiquement, étaient à l'initiative des efforts dans le domaine spatial – c'est-à-dire l'Allemagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni – restent les pays qui investissent le plus dans ce domaine.

Les capacités de chaque pays ne leur permettent pas forcément de mener des missions scientifiques d'une telle ampleur. En effet, les missions de l'ESA sont très coûteuses – surtout pour les missions Medium et Large – financièrement et « humainement ». La complexité technologique et scientifique de ces projets demande la participation de nombreuses professions, disciplines et spécialités. Un seul pays n'a donc pas les capacités d'assumer de tels projets de missions. Cette complexité nécessite également la coopération de diverses populations d'acteurs allant des industriels aux chercheurs dont chacune a des logiques et des organisations propres. En effet, les agences ne sont pas les seuls acteurs au niveau national, à cela s'ajoutent les laboratoires et les instituts de recherche qui ont une place centrale et majeure en ce qui concerne les efforts scientifiques qu'un pays déploie dans ce domaine-là.

L'ESA pose ainsi le cadre des coopérations dans le domaine spatial par le biais notamment de son programme scientifique obligatoire. Ce dernier repose sur un principe *bottom-up* où les scientifiques vont proposer des projets de recherche qui passeront par la suite un processus de sélection. Ce fonctionnement par projet oblige donc les porteurs à prendre en compte les critères de sélection dont certains sont ouvertement affichés et d'autres relèvent de l'ordre de l'officieux. Les porteurs de projets se doivent donc de savoir jouer selon les règles du jeu, cela demande une connaissance accrue du processus de sélection mis en place par l'agence européenne. Les deux principales règles non-écrites qui régissent la sélection d'une mission sont le fait de faire partie de la « bonne communauté » et d'avoir un leader issu d'un « bon » pays – c'est-à-dire un pays *big*.

Ce processus de sélection n'est pas sans conséquences pour les communautés qui se sont formées autour d'une proposition de projet. En effet, dans le cas des deux missions scientifiques que nous nous sommes proposés d'étudier, les communautés ont été fortement modifiées par le processus de sélection. La mission Euclid résulte d'une fusion forcée de deux projets initiaux : Dune et Space. Chacune de ces missions était portée par des « grands » pays, respectivement la France et l'Italie, et leur combinaison ne s'est pas faite sans certaines difficultés principalement associées au choix du *Lead*. NewAthena quant à elle a connu de nombreuses restructurations au fil des années, passant entre autres d'une mission en partenariat avec la NASA et la JAXA (IXO) à, de nouveau, une mission

uniquement européenne. L'intégration européenne des activités scientifiques par le biais de l'ESA permet donc de mener des projets plus ambitieux, son rôle ne s'arrête pas pour autant à celui d'agence de moyens. Les communautés scientifiques se retrouvent transformées par le processus de sélection de l'ESA qui va influencer leur composition, particulièrement en ce qui concerne les membres et les nationalités prenant part au projet. L'ESA exerce un pouvoir sur ces communautés qui acceptent ces conditions et s'y conforment. Le processus de sélection est donc porteur de contraintes qui vont influencer dans un premier temps la composition des communautés. La constitution de cette dernière jouera également un rôle dans l'architecture de la coopération.

Somme toute, les missions spatiales sont des projets où l'incertitude est très forte – et prend plusieurs formes. Une mission demeure incertaine avant son officialisation par l'ESA et peut connaître de forts changements au cours du temps. Une des particularités des missions scientifiques est qu'elles s'inscrivent dans de longues temporalités. La partie scientifique de ces missions repose sur des organisations prenant la forme de consortiums dont l'objectif premier est de limiter les incertitudes techniques, scientifiques et technologiques relatives à ce genre de projets.

Des organisations complexes et opaques

Bien que les missions scientifiques soient porteuses de peu de risques de catastrophe humaines – au regard des missions habitées. Elles demeurent porteuses de nombreux risques – qu'ils soient techniques et/ou technologiques – cela nécessite donc de les limiter. La logique visant à les limiter passe par l'élaboration d'une organisation comprenant de nombreuses règles et procédures précises. Les consortiums scientifiques reposent sur des organisations fragmentées et compartimentées. Le choix de cette forme organisationnelle n'est pas anodin et rappelle les études sur les organisations à hauts risques – notamment celles étudiées par Diane Vaughan et Charles Perrow. Cette forme est en partie liée à la complexité de la manipulation scientifique qui requiert l'implication de toujours plus de personnes issues de professions, de disciplines et de spécialités différentes – s'inscrivant dans la logique de la *Big Science*. Il en résulte que les disciplines des sciences de l'Univers connaissent un basculement organisationnel.

Cependant, le choix de la forme organisationnelle n'est pas seulement le résultat de cette complexification, elle est également à mettre en lien avec des enjeux de pouvoir qui traversent ces coopérations. Les pays ainsi que les institutions participantes entretiennent des relations de pouvoir entre eux où chacun souhaite maximiser sa visibilité scientifique – qui passe en partie par l'obtention de responsabilités. Il existe une logique de retour sur investissement dans la logique de répartition des responsabilités, il s'agit donc pour l'organisation d'en avoir un nombre suffisant pour pouvoir les distribuer. Le fait de fragmenter les responsabilités participe à satisfaire cela mais a pour conséquence de participer à l'alourdissement et à la mauvaise compréhension de l'organisation par ses membres. La visibilité des instituts et de pays participants au sein de l'organisation repose également sur le nombre de membres – issus de ces derniers – prenant part à la coopération. Ainsi, plus un institut ou un pays aura de membres inscrits dans le consortium plus il gagnera en visibilité. Il en résulte une grande différence entre la proportion des membres inscrits et ceux qui sont réellement actifs.

Dans une logique visant à réduire les dysfonctionnements, ces organisations reposent sur de nombreux mécanismes de contrôle. Ces mécanismes de régulation ayant pour objectifs de favoriser la circulation de l'information ainsi que la standardisation des procédés – notamment ceux en lien avec le développement du logiciel de traitement des données développé par la partie segment sol pour le consortium Euclid. Cependant, la multiplication et la non-maintenance de la documentation n'est pas sans conséquence pour la circulation de l'information. Il est observé une certaine incertitude concernant la compréhension et l'adoption des règles par les membres de l'organisation et l'accès à des données importantes se retrouve compromis par un éparpillement des informations relatives à l'organisation et aux activités qui sont menées au sein de celle-ci. Une bonne circulation de l'information et une bonne communication sont cruciales pour le bon fonctionnement des organisations. Or, la multiplication des canaux de communication et un éparpillement informationnel ont un effet opposé à celui escompté.

Par conséquent, de nombreux individus ne saisissent pas l'organisation globale des consortiums et la réglementation qui l'encadre – surtout dans le cas du consortium

Euclid. L'étude des consortiums a ainsi mis en exergue une situation particulièrement paradoxale pour plusieurs raisons. Premièrement, les organisations sont compartimentées et les différents groupes de travail n'ont pas nécessairement de lien entre eux. Les personnes sont spécialistes de leurs domaines de travail et maîtrisent les activités qui sont engagées au sein de ce dernier. A contrario, ils ne savent pas où en sont les autres et ce qu'ils font mais la coopération fonctionne. Secondement, la majorité des personnes ne semblent pas connaître les règles et les procédures mais la coopération fonctionne pour autant. Cependant, trois types de dysfonctionnement se produisent au sein de l'organisation :

1. La difficulté pour les membres à comprendre l'organisation dans sa totalité et ils se retrouvent donc désespérés quand ils doivent demander de l'information car ils ne savent pas à qui la demander et/ou où la chercher.
2. Une redondance dans l'accomplissement de tâches – liée à une forte compartimentalisation et une méconnaissance de l'organisation qui entraînent des problèmes de communication.
3. Une fragmentation des responsabilités qui augmente la nécessité de coordonner les activités – rendue complexe par le caractère international de l'organisation et des co-responsabilités.

Les communautés se construisant autour d'un projet de missions sont ainsi marquées par des enjeux en lien avec la visibilité scientifique que les participants pourront en tirer – que ce soit au niveau national, institutionnel ou individuel. Cela va avoir une influence sur la forme organisationnelle que la coopération prendra. La visibilité passe donc par l'obtention de responsabilités au sein du consortium qui permettra une visibilité scientifique – en lien avec les compétences demandés pour les tâches. Cela permettra aux individus, institution et pays de développer une expertise dans certains domaines et de favoriser un auto-renforcement de celle-ci dans de prochains projets. La question de la visibilité scientifique n'est pas à réduire à l'obtention des responsabilités. La production scientifique joue également un rôle majeur et est donc l'objet d'un fort processus de formalisation dans ce type de coopération.

Les publications : des activités hautement réglementées

Le processus de publication est fortement réglementé dans les consortiums scientifiques que nous avons étudiés. Cela passe par des politiques de publication qui posent un cadre formel concernant la rédaction et la publication d'articles par les membres de ces organisations. Le logiciel de *tracking* mis en place au sein d'Euclid pousse cette formalisation à l'extrême en instaurant une hiérarchisation des membres où chaque statut alloue des droits spécifiques au regard de la signature d'articles.

Dans les coopérations scientifiques, les publications revêtent une place centrale car elles seront le résultat des efforts joints des scientifiques. L'objectif des missions scientifiques est de récolter des données permettant d'enrichir les connaissances que nous avons de l'Univers. L'analyse des données ainsi que la production scientifique sont donc les ultimes objectifs des communautés scientifiques. Ces dernières étant majoritairement composées de chercheurs dont la carrière repose sur la publication d'articles, les enjeux entourant les productions scientifiques sont très forts. Il est de nouveau question de la visibilité scientifique que les individus, les organisations ainsi que les pays pourront récolter grâce à cette coopération. Les organisations se dotent donc de politiques de publication qui cadrent et réglementent les activités, les différents types de papiers mais surtout les droits en termes de signatures.

L'importance des publications s'observe par la mise en place d'un dispositif de tracking au sein du consortium Euclid. Il permet notamment de mettre en œuvre une politique visant à classifier les membres en différentes catégories selon leur implication. Cette classification alloue des droits distincts en termes de signature des publications officielles du consortium Euclid. Cet outil technique est également porteur de certains dysfonctionnements organisationnels déjà soulevés. En effet, le système de validation de ce tracking reflète les effets de la forte compartimentation des activités. L'organisation différenciée des groupes et l'absence de règles claires impactent le système de validation. D'un groupe à l'autre, le pourcentage alloué à la même tâche changera en fonction de celui qui se trouve en charge de la validation.

Il a été constaté que les pays qui contribuent le plus sont également ceux qui ont les plus grandes parts de signataires et de signatures au sein du consortium Euclid. Les signatures participeraient au processus de retour sur investissement pour les pays participants aux missions scientifiques de l'agence spatiale européenne. En effet, les pays qui contribuent le plus sont également ceux qui ont le plus de signataires et de signatures – que ce soit sous le statut de lead ou d'éligible. Le pouvoir consiste à être visible dans la coopération par tous les moyens, y compris la saturation des publications. Le « tracking » est donc également un instrument permettant de produire cette visibilisation des pays et des instituts engagés dans le projet.

Le poids des cultures dans les coopérations scientifiques

Une des spécificités de ces organisations repose sur l'immatérialité de l'organisation et la dispersion géographique de ces membres. La diversité culturelle – qu'elle soit d'ordre nationale, institutionnelle, professionnelle ou disciplinaire – peut engendrer un certain nombre de difficultés que nous nous sommes proposés d'étudier.

La coopération internationale repose sur l'utilisation d'une langue commune par tous les participants : l'anglais. Or, la maîtrise de cette langue n'est pas homogène chez les membres qui composent cette organisation. La langue était donc le premier signe de différence culturelle à l'œuvre et les individus avaient tendance à rester avec des individus parlant la même langue et issus du même pays. Cependant, l'appartenance à une nation ne constituait pas la différence culturelle la plus problématique. Cela peut s'expliquer par le caractère international des activités spatiales qui aura contribué à une socialisation particulière des scientifiques (nous entendons par là aussi bien les chercheurs que les ingénieurs). Les différences nationales étaient davantage à mettre du côté des manières de travailler, d'organiser la communauté nationale ainsi que des stratégies mise en place concernant l'obtention de responsabilités et de visibilité au sein du consortium.

A contrario, les cultures professionnelles et institutionnelles sont les différences les plus proéminentes au sein du consortium car elles sont à mettre en lien avec une forte logique

d'adaptation pour les individus. La culture institutionnelle est aussi à relier à des enjeux de visibilité différents. Les agences spatiales veulent consolider leur visibilité technique alors que les instituts de recherche désirent renforcer leur visibilité scientifique. Les organisations seront donc différentes entre un institut tourné vers l'ingénierie – composé majoritairement d'ingénieurs avec une organisation de type industriel – et un institut de recherche – composé majoritairement de chercheurs avec une hiérarchie et des procédures moindres. Un certain nombre de conflits relevait de différences de culture professionnelle. Les ingénieurs et les chercheurs se considèrent comme faisant un travail différent et ils ne partagent pas la même manière de s'organiser ni la même vision de ce que devrait être l'organisation.

Un basculement organisationnel des sciences de l'Univers

Les sciences de l'Univers n'étaient pas particulièrement accoutumées aux grandes collaborations mais un changement organisationnel a commencé ces dernières années avec la mise en place de coopérations telles qu'Euclid. Ce basculement organisationnel a eu notamment pour conséquence d'alourdir le processus de décision et à segmenter l'organisation en plusieurs parties interdépendantes. De facto, l'appareillage bureaucratique en est devenu plus présent et plus contraignant pour les membres. L'augmentation du nombre de membres a en partie joué sur cette complexification et fragmentation organisationnelle. Cela a pour effet de passer à un nouveau modèle où les membres ne sont plus en capacité de connaître les différents pans de la coopération.

Ce basculement organisationnel est également à mettre en lien avec la complexification technique et technologique des missions spatiales. L'organisation d'Euclid s'est ainsi segmentée en trois grands mondes : l'instrument, la science et la programmation (avec le segment sol). La programmation se trouvant à la jonction de la science et de l'ingénierie. Sa centralité, dans le consortium Euclid, résulte de la manière dont le traitement de données est effectué. Bien que les missions spatiales aient toujours reposé sur l'élaboration de codes pour traiter des données, il a été constaté que c'était une communauté qui se renforçait. Cela est dû au processus de complexification des missions scientifiques qui demandent le traitement d'un volume de données de plus en plus important. Cela nécessite donc de mettre en place un programme de traitement

standardisé et commun à tous les data centers qui recevront les données – ce qui est relève de l'inhabituel pour les chercheurs. Cette augmentation de la formalisation au sein de la discipline a pour conséquence une adaptation de la part des acteurs notamment dans leur manière de travailler mais une certaine nostalgie a été constatée, certains individus regrettant ce basculement organisationnel vers un modèle plus « industriel » de la science – qui est perçu comme délaissant l'aspect créatif au profit d'un modèle centré sur des exigences à remplir.

L'étude du consortium Euclid a ainsi permis de mettre en lumière l'existence d'une « nouvelle » communauté : celles des programmeurs. Cette communauté n'est pas réellement nouvelle mais elle connaît un processus de consolidation. C'est une communauté à l'intersection de la science et de l'ingénierie puisqu'elle regroupe à la fois des chercheurs, des ingénieurs de recherche et des ingénieurs. Se retrouvant à l'intersection de la science et de l'ingénierie, c'est également là que se trouvent le plus de crispations liées aux différences de cultures professionnelles.

Ce changement organisationnel est également caractérisé par la mise en place de grandes collaborations. La physique des particules, étant habituée à ce modèle, est devenue une forme d'idéale à atteindre – les enquêtés considérant qu'elle met en place une meilleure organisation couplée à une meilleure reconnaissance du travail. Cette perception passe également au niveau de la gestion des publications. Là où la physique des particules est habituée à signer au nom de la collaboration et est considérée comme mieux reconnaissant le travail de chacun, ici, les enquêtés ont le sentiment que leur contribution est noyée dans la masse. Le cœur de ce basculement se retrouve aussi au niveau des articles. Cela est accompagnée d'une nécessité et une volonté d'ajuster le processus d'évaluation et de recrutement.

Bibliographie

- Abbott, A. D. (1988). *The system of professions : An essay on the division of expert labor*.
University of Chicago Press.
- Adriaensen, M., Giannopapa, C., Sagath, D., & Papastefanou, A. (2015). Priorities in
national space strategies and governance of the member states of the European
Space Agency. *Acta Astronautica*, 117, 356-367.
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.07.033>
- Akrich, M. (1987). Comment décrire les objets techniques? *Techniques et culture*, 9,
49-64.
- Akrich, M. (1991). L'analyse socio-technique. *La gestion de la recherche*, 339.
<https://shs.hal.science/halshs-00081727>
- Armstrong, E. S. (2020). Exploring Space(s): Queer feminist approaches to
understanding pedagogy in science museum galleries [Doctoral, UCL (University
College London)]. In *Doctoral thesis, UCL (University College London)*. (p. 1-1).
UCL (University College London).
<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10107417/>
- Barrier, J. (2011). Chapitre 8 / Financer la recherche, organiser les relations science-
industrie. Les politiques de financement sur projets en France (1982-2006). In
Gouverner (par) les finances publiques (p. 355-391). Presses de Sciences Po.
<https://doi.org/10.3917/scpo.bezes.2011.01.0355>
- Becker, H. S. (1985). *Outsiders. Études de sociologie de la déviance*. Éditions Métailié;
Cairn.info. <https://www.cairn.info/outsidiers--9782864249184.htm>

- Bekus, N. (2022). Outer space technopolitics and postcolonial modernity in Kazakhstan. *Central Asian Survey*, 41(2), 347-367. <https://doi.org/10.1080/02634937.2021.1893273>
- Benedict, R. (2005). *Patterns of Culture*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Biagioli, M., & Lippman, A. (2020). Introduction : Metrics and the New Ecologies of Academic Misconduct. In *Gaming the Metrics : Misconduct and Manipulation in Academic Research* (MIT Press, p. 1-24). <https://direct.mit.edu/books/oa-edited-volume/4598/chapter/211127/Introduction-Metrics-and-the-New-Ecologies-of>
- Bidart, C., Degenne, A., & Grossetti, M. (2011). 9. Une ségrégation douce. In *La vie en réseau* (Presses Universitaires de France, p. 229-254). Presses Universitaires de France. <https://shs.cairn.info/la-vie-en-reseau--9782130590644-page-229?lang=fr&tab=texte-integral>
- Boltanski, L., & Thévenot, L. (1991). *De la justification : Les économies de la grandeur*. Editions Gallimard.
- Boncourt, T. (2013). Acteurs multipositionnés et fabrique du transnational. La création du European Consortium for Political Research. *Critique internationale*, 59(2), 17-32. <https://doi.org/10.3917/crri.059.0017>
- Bonnet, R.-M., & Manno, V. (1994). *International Cooperation in Space : The Example of the European Space Agency*. Harvard University Press.
- Bourdieu, P. (1975). La spécificité du champ scientifique et les conditions sociales du progrès de la raison. *Sociologie et sociétés*, 7(1), 91-118. <https://doi.org/10.7202/001089ar>
- Bourdieu, P. (1976). Le champ scientifique. *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, 2(2), 88-104. <https://doi.org/10.3406/arss.1976.3454>

- Bourdieu, P. (1977). *L'économie des échanges linguistiques*.
<https://doi.org/10.3406/lfr.1977.4815>
- Bourdieu, P. (1998). *La domination masculine*. Seuil.
- Broadbent, S. (2011). *L'intimité au travail : La vie privée et les communications personnelles dans l'entreprise*. FYP editions.
- Bruno, I., & Didier, E. (2015). *Benchmarking : L'État sous pression statistique*. La Découverte.
- Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction : La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *Année sociologique*, 36, 169-208.
- Cervulle, M., & Quemener, N. (2018). Chapitre 1. Culture. In *Cultural Studies -2e éd.* (Armand Colin, p. 13-39). Armand Colin. <https://shs.cairn.info/cultural-studies--9782200621650-page-13?lang=fr&tab=texte-integral>
- Cole, J. R., & Cole, S. (1973). *Social Stratification in Science*. University of Chicago Press.
- Crozier, M., & Friedberg, E. (1977). *L'acteur et le système : Les contraintes de l'action collective*. Editions du Seuil.
- Cuche, D. (2016). IV / L'étude des relations entre les cultures et le renouvellement du concept de culture. *Repères*, 5, 56-76.
- De Montluc, B. (1997). The changing face of the European space sector : The policies of Germany, Italy and the United Kingdom. *Space Policy*, 13(1), 9-14.
[https://doi.org/10.1016/S0265-9646\(97\)00034-9](https://doi.org/10.1016/S0265-9646(97)00034-9)

- Debailly, R., & Quet, M. (2017). Passer les « Science and Technology Studies » en revue-s : Une cartographie du champ par ses périodiques. *Zilsel : science, technique, société*, 1, 25-53. <https://doi.org/10.3917/zil.001.0023>
- Delas, J.-P., & Milly, B. (2015). Chapitre 5—Les culturalismes. In *Histoire des pensées sociologiques -4e éd.* (Vol. 4, p. 253-292). Armand Colin. https://shs.cairn.info/article/ARCO_DELAS_2015_01_0253?lang=fr&tab=texte-integral
- Denis, J., & Pontille, D. (2012). Travailleurs de l'écrit, matières de l'information. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 61(1), 1-20. <https://doi.org/10.3917/rac.015.0001>
- de Rijcke, S., & Stöckelová, T. (2020). Predatory Publishing and the Imperative of International Productivity : Feeding Off and Feeding Up the Dominant. In *Gaming the Metrics : Misconduct and Manipulation in Academic Research* (MIT Press, p. 101-110). <https://direct.mit.edu/books/oa-edited-volume/4598/chapter/211136/Predatory-Publishing-and-the-Imperative-of>
- Derlon, B. (2004). Souvenirs des Mers du Sud. Clichés anciens et controverses anthropologiques. In *Savoirs du lointain et sciences sociales* (p. 209-244). Éditions Bouchène. <https://doi.org/10.3917/bouch.coll.2004.02.0209>
- de Terssac, G. (2012). La théorie de la régulation sociale : Repères introductifs. *Revue Interventions économiques. Papers in Political Economy*, 45, Article 45. <https://journals.openedition.org/interventionseconomiques/1476>
- Détrez, C. (2020). Chapitre 5. L'apport des Cultural Studies. In *Sociologie de la culture: Vol. 2e éd.* (p. 113-136). Armand Colin. <https://www.cairn.info/sociologie-de-la-culture--9782200626969-p-113.htm>

- Dortier, J.-F. (2002). Le culturalisme : La personnalité est forgée par la culture. In *La culture* (p. 147-150). Éditions Sciences Humaines.
<https://doi.org/10.3917/sh.journ.2002.01.0147>
- Douglas, M. (1989). *Ainsi pensent les institutions* (A. Abeillé, Trad.). Usher.
- Downs, A. (1967). *Inside Bureaucracy* (1st edition). Scott Foresman & Co.
- Ducrot, O. (2004). Argumentation rhétorique et argumentation linguistique. In M. Doury & S. Moirand (Éds.), *L'argumentation aujourd'hui : Positions théoriques en confrontation* (p. 17-34). Presses Sorbonne Nouvelle.
<https://doi.org/10.4000/books.psn.756>
- Dufay, A. (2021). Acceptabilité des efforts spatiaux : Enseignements et conséquences de l'arrivée à maturité du New Space sur la bataille du faire-savoir. *Stratégique*, 126-127(2-3), 65-73. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/strat.126.0065>
- Dupuy, R. (2013). L'industrie européenne de défense : Changements institutionnels et stratégies de coopération des firmes. *Innovations*, 42(3), 85-107.
<https://doi.org/10.3917/inno.042.0085>
- Elias, N. (2016). *La dynamique sociale de la conscience : Sociologie de la connaissance et des sciences* (M. Joly, D. Moraldo, M. Woollven, & H. Leclerc, Trad.). La Découverte.
- Fanelli, D. (2020). Pressures to Publish : What Effects Do We See? In *Predatory Publishing and the Imperative of International Productivity : Feeding Off and Feeding Up the Dominant* (p. 111-122). MIT Press.
<https://direct.mit.edu/books/oa-edited-volume/4598/chapter/211137/Pressures-to-Publish-What-Effects-Do-We-See>
- Foucault, M. (1994). *Histoire de la sexualité. 1. La volonté de savoir*. Gallimard.

- Fraenkel, B., & Pontille, D. (2006). La signature au temps de l'électronique. *Politix*, 74(2), 103-121. <https://doi.org/10.3917/pox.074.0103>
- Freeman, D. (1986). *Margaret Mead and Samoa : The making and unmaking of an anthropological myth* (Penguin Books). Australian National University Press.
<http://hdl.handle.net/1885/114717>
- Freeman, D. (1996). *Margaret Mead and the heretic : The making and unmaking of an anthropological myth*. Penguin Books.
- Fuller, S. (1993). *Philosophy, Rhetoric, and the End of Knowledge : The Coming of Science and Technology Studies*. University of Wisconsin Press.
- Fuller, S. (1997). Constructing the High Church-Low Church Distinction in Sts Textbooks. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 17(4), 181-183.
<https://doi.org/10.1177/027046769701700408>
- Gál, R. P., & Armstrong, E. S. (2023). Feminist Approaches to Outer Space : Engagements with Technology, Labour, and Environment 1. In *The Routledge Handbook of Social Studies of Outer Space*. Routledge.
- Galison, P. (1997). *Image and Logic : A Material Culture of Microphysics*. University of Chicago Press.
<https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/I/bo3710110.html>
- Garfield, E. (1972). Citation Analysis as a Tool in Journal Evaluation. *Science*, 178(4060), 471-479. <https://doi.org/10.1126/science.178.4060.471>
- Gingras, Y. (1991). L'institutionnalisation de la recherche en milieu universitaire et ses effets. *Sociologie et sociétés*, 23(1), 41-54. <https://doi.org/10.7202/001297ar>
- Gingras, Y. (2018a). *Histoire des sciences*. Presses universitaires de France-Humensis.

- Gingras, Y. (2018b). Les transformations de la production du savoir : De l'unité de connaissance à l'unité comptable. *Zilsel*, 4(2), 139-152. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/zil.004.0139>
- Gingras, Y. (2020). The Transformation of the Scientific Paper : From Knowledge to Accounting Unit. In M. Biagioli & A. Lippman, *Gaming the Metrics : Misconduct and Manipulation in Academic Research* (MIT Press, p. 43-55). <https://direct.mit.edu/books/oa-edited-volume/4598/chapter/211130/The-Transformation-of-the-Scientific-Paper-From>
- Gingras, Y., & Heilbron, J. (2009). 12. L'internationalisation de la recherche en sciences sociales et humaines en Europe (1980-2006). In *L'espace intellectuel en Europe* (p. 359-389). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.sapir.2009.01.0359>
- Godin, B., Trépanier, M., & Albert, M. (2000). Des organismes sous tension : Les conseils subventionnaires et la politique scientifique. *Sociologie et sociétés*, 32(1), 17-42. <https://doi.org/10.7202/001303ar>
- Goffman, E. (avec Kihm, A.). (1975). *Stigmate : Les usages sociaux des handicaps*. les Éditions de Minuit.
- Grossetti, M., & Boë, L.-J. (2008). Sciences humaines et recherche instrumentale : Qui instrumente qui ? : L'exemple du passage de la phonétique à la communication parlée. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2, n° 1(1), 97-. <https://doi.org/10.3917/rac.003.0097>
- Grossetti, M., & Milard, B. (2003). Les évolutions du champ scientifique en France à travers les publications et les contrats de recherche. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 148(3), 47-56. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/arss.148.0047>

- Hackett, E. J., Amsterdamska, O., & Lynch, M. E. (2007). *The Handbook of Science and Technology Studies, third edition Ed. 3.* MIT Press.
<https://univ.scholarvox.com/book/88800276#>
- Hall, S. (2007). Encoding and Decoding in the Television Discourse. In *CCCS selected working papers*. (p. 402-414). Routledge.
- Harfi, M., & Mathieu, C. (2006). Mobilité internationale et attractivité des étudiants et des chercheurs. *Horizons stratégiques*, 1(1), 28-42.
<https://doi.org/10.3917/hori.001.0028>
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569-16572.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures et organisations : Comprendre nos programmations mentales—3e éd.* (J.-Y. Cotté, Trad.). Pearson Education France.
- Hoggart, R. (1970). *La culture du pauvre : Étude sur le style de vie des classes populaires en Angleterre* (J.-C. Garcias, F. Garcias, & J.-C. Passeron, Trad.). Les Éditions de Minuit.
- Hubert, M., & Louvel, S. (2012). Le financement sur projet : Quelles conséquences sur le travail des chercheurs ? *Mouvements*, 71(3), 13-24.
<https://doi.org/10.3917/mouv.071.0013>
- Hughes, E. C. (1958). *Men and Their Work*. Free Press.
- Iribarne, P. d'. (1989). *La logique de l'honneur : Gestion des entreprises et traditions nationales*. Éditions du Seuil.

- J. L. Austin (avec Universal Digital Library). (1961). *Philosophical Papers*. Oxford University Press. <http://archive.org/details/philosophicalpap013680mbp>
- Jervis, R. (1997). *System effects complexity in political and social life*. Princeton University Press.
- Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, 26(1), 1-18. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)
- Klimburg-Witjes, N. (2024). A Rocket to Protect? Sociotechnical Imaginaries of Strategic Autonomy in Controversies About the European Rocket Program. *Geopolitics*, 29(3), 821-848. <https://doi.org/10.1080/14650045.2023.2177157>
- Krige, J., Russo, A., & Sebesta, L. (1994). *Europe in space : 1960 - 1973*. ESA Publ. Division, ESTEC.
- Kuhn, T. S. (1972). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion, éditeur.
- Lahire, B. (1998). *L'homme pluriel : Les ressorts de l'action*. Nathan.
- Lamy, J. (2011). Grandeur scientifique et politiques de l'espace : La création et le transfert du CNES (1958-1974). *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, 58-1(1), 156-177. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/rhmc.581.0156>
- Lamy, J. (2021). Soutenir la recherche, s'inscrire dans le marché : Le conseil d'administration du CNES ou la gestion des contradictions (1981-2001). *Entreprises et histoire*, 102(1), 54-77. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/eh.102.0054>
- Lamy, J. (2023). Le « programme fort » et la crise de la science des années 1970 aux années 1990: *Communications*, n° 113(2), 161-171. <https://doi.org/10.3917/commu.113.0161>

- Lamy, J., & Saint-Martin, A. (2013). Faire politique d'un système d'observation de la Terre : L'élaboration du programme européen Copernicus/GMES (Global monitoring for environment and security). *Année sociologique*, 63(2), 429-472.
<https://doi.org/10.3917/anso.132.0429>
- LaPorte, T. R., & Consolini, P. M. (1991). Working in Practice but Not in Theory : Theoretical Challenges of « High-Reliability Organizations ». *Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART*, 1(1), 19-48
- Larédo, P., & Mustar, P. (2001). *Research and Innovation Policies in the New Global Economy : An International Comparative Analysis*. Edward Elgar Publishing.
- Latour, B. (1989). *La science en action*. La Découverte.
- Latour, B., & Woolgar, S. (avec Biezunski, M.). (1988). *La vie de laboratoire : La production des faits scientifiques*. Éditions La Découverte.
- Laureys, D. (2004). Les débuts chaotiques de l'Europe spatiale. *La revue pour l'histoire du CNRS*, 10, Article 10. <https://doi.org/10.4000/histoire-cnrs.589>
- Le Coze, J.-C. (2024). NASA, SpaceX, safety and (Post) bureaucracy. Reinterrogating the past, challenging the present with H. McCurdy. *Safety Science*, 177, 106599.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106599>
- Le Quéau, D. (s. d.). *Sciences de l'Univers* [Rapport de conjoncture].
- Lemaigne, G., Lecuyer, P. B., Gomis, A., & Barthélemy, C. (1972). *Les voies du succès. Sur quelques facteurs de la réussite des laboratoires de recherche fondamentale en France* (GERS CNRS).
- Linton, R. (1967). *Le fondement culturel de la personnalité*. Dunod.
- Linton, R. (1968). *De l'homme* (Y. Delsaut, Trad.). les Editions de minuit.

- Louvel, S. (2007). Le nerf de la guerre: Relations financières entre les équipes et organisation de la coopération dans un laboratoire. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 12(2), 297-322. <https://doi.org/10.3917/rac.002.0297>
- Louvel, S. (2012). Avant-propos : Réinterroger l'évaluation comme technologie de « pilotage à distance » du secteur public. L'exemple de la recherche. *Quaderni. Communication, technologies, pouvoir*, 77, Article 77. <https://doi.org/10.4000/quaderni.540>
- Maisonobe, M., Grossetti, M., Milard, B., Eckert, D., & Jégou, L. (2016). L'évolution mondiale des réseaux de collaborations scientifiques entre villes : Des échelles multiples. *Revue française de sociologie*, 57(3), 417-441. <https://doi.org/10.3917/rfs.573.0417>
- Marcovich, A., & Shinn, T. (2012). Regimes of science production and diffusion : Towards a transverse organization of knowledge. *Scientiae Studia*, 10(spe), 33-64. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662012000500003>
- Martin Olivier (avec Singly François de). (2005). *Sociologie des sciences*. Arman.
- Mattelart, A., & Neveu, É. (2008). *Introduction aux Cultural Studies*. La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.matte.2018.02>
- McCurdy, H. E. (1991). Organizational Decline : NASA and the Life Cycle of Bureaus. *Public Administration Review*, 51(4), 308-315. <https://doi.org/10.2307/976746>
- Mead, M. (1937). *Cooperation and Competition Among Primitive Peoples*. McGraw-Hill Book Company.
- Mead, M. (1972). *Le fossé des générations*. Denoël.
- Mead, M. (1982). *Moeurs et sexualité en Océanie*. Plon.

Mead, M. (avec Chevassus, G., Laurent, F., Fisher, H. E., Pipher, M., & Boas, F.). (2004).

Moeurs et sexualité en Océanie. Pocket.

Merton, R. K. (1979). *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations* (N. W. Storer, Éd.). University of Chicago Press.

<https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/S/bo28451565.html>

Merton, R. K. (1995). The Thomas Theorem and the Matthew Effect. *Social Forces*, 74(2), 379-422. <https://doi.org/10.2307/2580486>

Milard, B. (2014). Réseaux et entourages citationnels en chimie : Quatre types d'implications dans la recherche. *L'Année sociologique*, 64(1), 15-46.

<https://doi.org/10.3917/anso.141.0013>

Morley, D. (avec Internet Archive). (1980). *The Nationwide audience: Structure and decoding*. London : British Film Institute.

<http://archive.org/details/nationwideaudien0000morl>

Muniesa, F., & Callon, M. (2013). 8. La performativité des sciences économiques. In *Traité de sociologie économique* (p. 281-316). Presses Universitaires de France.

<https://doi.org/10.3917/puf.stein.2013.01.0281>

Naja, G. (2012). L'Espace européen après Lisbonne. *Géoeconomie*, 61(2), 107-114.

<https://doi.org/10.3917/geoec.061.0107>

Naja, G. (2019). Politiques spatiales intergouvernementales européennes. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, Mai 2019(2), 6-12. Cairn.info.

<https://doi.org/10.3917/rindu1.192.0006>

- Nalebuff, B., & Brandenburger, A. (avec Cohen, L.). (1996). *La co-opétition : Une révolution dans la manière de jouer concurrence et coopération*. Village mondial.
- Nardon, L. (2007). Où va le programme spatial français ? *Politique étrangère*, *Été*(2), 293-305. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/pe.072.0293>
- Orans, M. (avec Internet Archive). (1996). *Not even wrong : Margaret Mead, Derek Freeman, and the Samoans*. Novato, Calif. : Chandler & Sharp Publishers. <http://archive.org/details/notevenwrongmarg0000oran>
- Patarin-Jossec, J. (2021). *La fabrique de l'astronaute. Ethnographie terrestre de la station spatiale internationale* (Editions Petra). <https://www.editionspetra.fr/livres/la-fabrique-de-lastronaute-ethnographie-terrestre-de-la-station-spatiale-internationale>
- Perrow, C. (1994). The Limits of Safety : The Enhancement of a Theory of Accidents. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 2(4), 212-220. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5973.1994.tb00046.x>
- Perrow, C. (2011). *Normal Accidents : Living with High Risk Technologies - Updated Edition*. Princeton University Press. <https://univ.scholarvox.com/book/88935264>
- Pontille, D. (2002a). La signature scientifique. Authentification et valeur marchande. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 141-142(1-2), 72-78. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/arss.141.0072>
- Petroni, G., Venturini, K., Verbano, C., & Cantarello, S. (2009). Discovering the basic strategic orientation of big space agencies. *Space Policy*, 25(1), 45-62. <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2008.12.010>

- Pontille, D. (2002a). La signature scientifique. Authentification et valeur marchande. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 141-142(1-2), 72-78. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/arss.141.0072>
- Pontille, D. (2002b). La signature scientifique. Authentification et valeur marchande. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 141-142(1-2), 72-78. <https://doi.org/10.3917/arss.141.0072>
- Pontille, D. (avec Fraenkel, B.). (2004). *La signature scientifique : Une sociologie pragmatique de l'attribution*. CNRS éd.
- Pontille, D., & Torny, D. (2013). La manufacture de l'évaluation scientifique: Algorithmes, jeux de données et outils bibliométriques. *Réseaux*, 177(1), 23-61. <https://doi.org/10.3917/res.177.0023>
- Price, D. J. D. S. (1963). Little Science, Big Science. In *Little Science, Big Science*. Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/pric91844>
- Redfield, P. (2002). The Half-Life of Empire in Outer Space. *Social Studies of Science*, 32(5-6), 791-825. <https://doi.org/10.1177/030631270203200508>
- Reverdy, T. (2021). Antimanuel de management de projet. Composer avec les incertitudes. <https://doi.org/10.3917/dunod.rever.2021.01>
- Reynaud, J.-D. (1997). *Les règles du jeu : L'action collective et la régulation sociale* (3e édition). Armand Colin.
- Rossiter, M. W. (1993). The Matthew Matilda Effect in Science. *Social Studies of Science*, 23(2), 325-341. <https://doi.org/10.1177/030631293023002004>
- Sagan, S. D. (1993). *The Limits of Safety : Organizations, Accidents, and Nuclear Weapons* (First Edition). Princeton University Press.

- Saint-Martin, A. (2013). *La sociologie de Robert K. Merton*. La Découverte.
<https://doi.org/10.3917/dec.saint.2013.01>
- Saint-Martin, A. (2021). Un nouvel esprit du capital-risque spatial ? Sur quelques tendances récentes du financement de l'industrie spatiale américaine. *Entreprises et histoire*, 102(1), 120-139. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/eh.102.0120>
- Salazar, J. F., & Gorman, A. (2023). *The Routledge handbook of social studies of outer space*. Routledge Taylor & Francis Group.
- Schotter, A. (1981). *The Economic Theory of Social Institutions*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511983863>
- Scott, W. R. (1987). *Organizations : Rational, Natural, and Open Systems*. Prentice-Hall.
- Serres, M. (2019). How Luxembourg becomes Europe's commercial space exploration hub. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, Mai 2019(2), 69-72.
<https://doi.org/10.3917/rindu1.192.0069>
- Shankman, P. (2013). The "Fateful Hoaxing" of Margaret Mead : A Cautionary Tale. *Current Anthropology*, 54(1), 51-70. <https://doi.org/10.1086/669033>
- Shinn, T. (1980). Division du savoir et spécificité organisationnelle : Les laboratoires de recherche industrielle en France. *Revue française de sociologie*, 21(1), 3-35.
<https://doi.org/10.2307/3320898>
- Shinn, T. (2000). Formes de division du travail scientifique et convergence intellectuelle. *Revue Française de Sociologie*, 41, 447-473.
- Simmel, G. (1999). *Sociologie : Étude sur les formes de la socialisation* (L. Deroche-Gurcel & S. Muller, Trad.). Presses universitaires de France.

- Simoulin, V. (2007). Une communauté instrumentale divisée... Et réunie par son instrument. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 1, 2(2), 221-241.
<https://doi.org/10.3917/rac.002.0221>
- Simoulin, V. (2016). Les générations de synchrotrons : Des communautés et des équipements au croisement du national et de l'international. *Revue française de sociologie*, 57(3), 503-528. <https://doi.org/10.3917/rfs.573.0503>
- Simoulin, V. (2017). An instrument can hide many others : Or how multiple instruments grow into a polymorphic instrumentation. *Social Science Information*, 56(3), 416-433. <https://doi.org/10.1177/0539018417714418>
- Simoulin, V. (avec Stirling, B., & Vinck, D.). (2012). *Sociologie d'un grand équipement scientifique : Le premier synchrotron de troisième génération*. ENS éditions.
- Slovic, P. (1987). Perception of Risk. *Science*, 236(4799), 280-285.
<https://doi.org/10.1126/science.3563507>
- Soubès-Verger, I. (2002). Mythes et réalités de l'espace militaire. *Hermès, La Revue*, 34(2), 169-182. <https://doi.org/10.4267/2042/14452>
- Soubès-Verger, I. (2019). Chine, Russie, Inde, Japon : Essai de typologie de leurs ambitions spatiales en 2019. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2019(2), 25-29. <https://doi.org/10.3917/rindu1.192.0025>
- Soubès-Verger, I. (2022a). L'espace, lieu particulier des rivalités politiques et technologiques. *Revue Défense Nationale*, 851(6), 73-78.
<https://doi.org/10.3917/rdna.851.0073>
- Soubès-Verger, I. (2022b). L'espace, lieu particulier des rivalités politiques et technologiques. *Revue Défense Nationale*, 851(6), 73-78.
<https://doi.org/10.3917/rdna.851.0073>

- Sourbès-Verger, I. (2024). La puissance spatiale, permanences et changements. *L'Espace Politique. Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique*, 51-52, Article 51-52. <https://doi.org/10.4000/12ddu>
- Stoetzel, J. (1978). *La psychologie sociale*. Flammarion.
- Streiff-Fénart, J. (2021). *Culturalisme* (p. 6). <https://shs.hal.science/halshs-03503333>
- Szolucha, A., Timko, P., Ojani, C., & Korpershoek, K. (2023). Ethnographic research of outer space : Challenges and opportunities. *Ethnography*, 14661381231220273. <https://doi.org/10.1177/14661381231220273>
- Tcherkézoff, S. (2001). Is Anthropology About Individual Agency or Culture? Or Why « Old Derek » Is Doubly Wrong. *The Journal of the Polynesian Society*, 110(1), 59-78.
- Thomas, D. S., & Thomas, W. I. (1928). *The Child In America Behavior Problems And Programs* (Alfred A. Knopf). <http://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.155699>
- Timko, P., Korpershoek, K., Ojani, C., & Szolucha, A. (2022). Exploring the extraplanetary : Social studies of outer space. *Anthropology Today*, 38(3), 9-12. <https://doi.org/10.1111/1467-8322.12726>
- Tricoire, A. (2006). Externaliser la contrainte. Le dispositif de pilotage d'un projet de recherche communautaire (enquête). *Terrains & travaux*, 11(2), 122-139. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/tt.011.0122>
- Tricoire, A. (2011a). La structuration d'un projet européen. Du réseau scientifique au collectif de recherche. *Terrains & travaux*, 18(1), 81-101. <https://doi.org/10.3917/tt.018.0081>

- Tricoire, A. (2011b). L'impact des critères de sélection des programmes de financement sur les pratiques scientifiques. *Innovations*, 36(3), 41-63. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/inno.036.0041>
- Tutton, R. (2021). Sociotechnical Imaginaries and Techno-Optimism : Examining Outer Space Utopias of Silicon Valley. *Science as Culture*, 30(3), 416-439. <https://doi.org/10.1080/09505431.2020.1841151>
- Tylor, E. B. (2016). *Primitive culture : Researches into the development of mythology, philosophy, religion, language, art and custom*. Dover Publications Inc. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k61535g>
- Vaughan, D. (1989). Regulating Risk : Implications of the Challenger Accident. *Law & Policy*, 11(3), 330-349. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9930.1989.tb00032.x>
- Vaughan, D. (1996). *The Challenger launch decision : Risky technology, culture, and deviance at NASA*. University of Chicago Press.
- Vertesi, J. (2012). Seeing like a Rover : Visualization, embodiment, and interaction on the Mars Exploration Rover Mission. *Social Studies of Science*, 42(3), 393-414. <https://doi.org/10.1177/0306312712444645>
- Vertesi, J. (2020). *Shaping Science : Organizations, Decisions, and Culture on NASA's Teams*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226691114>
- Vidmar, M. (2020). New Space and Innovation Policy : Scotland's Emerging "Space Glen". *New Space*, 8(1), 31-51. <https://doi.org/10.1089/space.2019.0032>
- Vidmar, M., Rosiello, A., Vermeulen, N., Williams, R., & Dines, J. (2019). New Space and Agile Innovation : Understanding Transition to Open Innovation by Examining Innovation Networks and Moments. *Acta Astronautica*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.09.029>

- Vinck, D. (1995). *Sociologie des sciences*. Armand Colin.
- Vinck, D., & Laureillard, P. (1999). *Ingénieurs au quotidien : Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation*. Presses universitaires de Grenoble.
- Westrum, R. (2014). The study of information flow: A personal journey. *Safety Science*, 67, 58-63. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.01.009>
- Wouters, P. (2020). The Mismeasurement of Quality and Impact. In M. Biagioli & A. Lippman, *Gaming the Metrics : Misconduct and Manipulation in Academic Research* (MIT Press, p. 67-76). <https://direct.mit.edu/books/oa-edited-volume/4598/chapter/211132/The-Mismeasurement-of-Quality-and-Impact>
- Zabusky, S. E. (1995). *Launching Europe : An Ethnography of European Cooperation in Space Science*. Princeton University Press.

Documents :

- Barcons, X., & Barret, D. (2015, juin 6). *X-IFU Publication Policy Document*.
- Clédassou, R., Dabin, C., Maciaszek, T., & Poncet, M. (2012, septembre 14). *French Contribution to Euclid*.
- Euclid consortium. (2024, mai 23). *EC Press Release « Euclid Consortium : First science results and exclusive ERO data from the Euclid space telescope »*.
- Euclid consortium. (2016). *Activity Tracking Application User Manual*.
- Euclid Consortium Information Channels Committee. (2021, janvier 22). *Report of the Euclid Consortium Information Channels Committee*.
- ESA Communications. (2019, novembre). *CONVENTION DE L'ASE ET RÈGLEMENT INTÉRIEUR DU CONSEIL*.

Maciaszek, T., Ealet, A., Gillard, W., Jahnke, K., Barbier, R., Prieto, E., Bon, W., Bonnefoi, A., Caillat, A., Carle, M., Costille, A., Ducret, F., Fabfro, C., Foulon, B., Gimenez, J., Grassi, E., Jaquet, M., Lemignant, D., Martin, L., ... Mellier, Y. (2022). Euclid near infrared spectrometer and photometer instrument flight model presentation, performance, and ground calibration results summary. In L. E. Coyle, M. D. Perrin, & S. Matsuura (Éds.), *Space Telescopes and Instrumentation 2022 : Optical, Infrared, and Millimeter Wave* (p. 57). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2630338>

Mellier, Y. (2013, juillet 26). *Euclid Consortium Management Plan*.

Mellier, Y. (2016, août 23). *Euclid Consortium Publication Policy*.

The Euclid Consortium Diversity Committee. (2017, juillet 7). *Euclid Consortium Code of Conduct*.

The X-IFU Consortium Management Team. (2016a, mars 22). *The X-IFU Consortium Governance Document*.

The X-IFU Consortium Management Team. (2016b, avril 13). *The X-IFU Science Management Plan*.

Annexe 1 : Liste des entretiens

Entretien n°	Profession	Date et durée	Lieux de passation	Consortium
Entretien n°1	Chercheur	24/05/2018 1h00	IRAP (Toulouse)	Euclid
Entretien n°2	Doctorant	29/05/2018 1h25	IRAP (Toulouse)	Euclid
Entretien n°3	Chercheur	25/05/2018 1h13	IRAP (Toulouse)	Euclid
Entretien n°4	Ingénieure de recherche	25/05/2018 1h04	IRAP (Toulouse)	Euclid
Entretien n°5	Chercheuse	30/05/2018 1h45	IRAP (Toulouse)	Euclid
Entretien n°6	Ingénieure de recherche	1/06/2018 1h50	IRAP (Toulouse)	Euclid
Entretien n°7	Post-doctorant	29/06/2018 1h10	Ancien IRAP (Prague)	Euclid
Entretien n°8	Chercheur	17/07/18 1h00	IRAP (Toulouse)	X-IFU / Euclid
Entretien n°9	Ingénieur	19/07/2018 55 min	IRAP (Toulouse)	X-IFU
Entretien n°10	Chercheur	12/07/2018 1h00	IRAP Toulouse	X-IFU
Entretien n°11	Doctorant	17/07/2018 1h03	IRAP (Toulouse)	X-IFU
Entretien n°12	Chercheur	12/07/2018 1h00	IRAP Toulouse	X-IFU
Entretien n°13	Doctorant	7/06/2018 2h30	IRAP (Toulouse)	Euclid
Entretien n°14	Ingénieure	31/01/2019 1h24	CNES (Toulouse)	Euclid
Entretien n°15	Ingénieur	31/01/2019 1h33	CNES (Toulouse)	Euclid
Entretien n°16	Ingénieur	01/02/2019 1h23	CNES (Toulouse)	Euclid
Entretien n°17	Ingénieur	01/02/2019 1h20	CNES (Toulouse)	Euclid
Entretien n°18	Ingénieur	15/02/2019 40 min	CNES (Toulouse)	Euclid
Entretien n°19	Chercheuse	13/03/2019 1h22	IASF-Mi (Milan)	Euclid
Entretien n°20	Chercheur	11/03/2019 50 min	Université de Milan	Euclid
Entretien n°21	Chercheur	11/03/2019 1h22	IASF-Mi (Milan)	Euclid
Entretien n°22	Ingénieur	13/03/2019 55 min	IASF-Mi (Milan)	Euclid
Entretien n°23	Chercheuse	13/03/2019 1h35	IASF-Mi (Milan)	Euclid

Entretien n°24	Chercheur	10/07/18 1h23	IRAP (Toulouse)	X-IFU
Entretien n°25 et 26	Chercheur	17/07/18 et 11/02/2019 1h10 et 1h00	IRAP (Toulouse)	X-IFU
Entretien n°27	Chercheur	17/04/2019 1h15	CEA (Paris)	Euclid
Entretien n°28	Chercheur	17/04/2019 1h25	CEA (Paris)	Euclid
Entretien n°29	Chercheur	16/04/2019 1h33	CEA (Paris)	Euclid
Entretien n°30	Chercheuse	16/04/2019 1h00	CEA (Paris)	Euclid
Entretien n°31	Chercheur	18/04/2019 1h55	CEA (Paris)	Euclid
Entretien n°32	Chercheur	17/04/2019 1h10	CEA (Paris)	Euclid
Entretien n°33 et 34	Chercheuse	22/06/2021 et 25/06/2021 1h06 et 30 min	Durham University	Euclid
Entretien n°35	Chercheur	20/07/2021 1h22	IP2I (Lyon)	Euclid
Entretien n°36	Chercheur	28/07/21 1h30	IP2I (Lyon)	Euclid
Entretien n°37	Chercheur	01/07/2021 1h03	IP2I (Lyon)	Euclid
Entretien n°38	Responsable CNES	05/12/2022 30 min	CNES (Paris)	Aucun
Entretien n°39	Chercheur	27/07/2021 46 min	NASA (Pasadena)	Euclid
Entretien n°40	Chercheur	26/01/2021 54 min	Durham University	Euclid
Entretien n°41	Chercheur	3/08/2021 45 min	UCL (Londres)	Euclid
Entretien n°42	Chercheur	9/01/2023 1h28	ROE (Édimbourg)	Euclid
Entretien n°43	Chercheur	5/01/2023 1h18	ROE (Édimbourg)	Euclid
Entretien n°44	Chercheur	5/01/2023 1h26	ROE (Édimbourg)	Euclid
Entretien n°45	Post-doctorant	06/01/2023 1h04	ROE (Édimbourg)	Euclid
Entretien n°46	Chercheur	14/12/2022 45 min	IRAP (Toulouse)	Euclid
Entretien n°47	Post-doctorant	18/04/2019 51 min	CEA (Paris)	Euclid
Entretien n°48	Chercheur	11/03/2019 44 min	Université de Milan	Euclid

Annexe 2 : Répartition des signataires et des signatures

		Pays_rec_2			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Afrique du Sud	6	.0	.0	.0
	Allemagne	2087	10.5	10.5	10.5
	Australie	26	.1	.1	10.6
	Autriche	46	.2	.2	10.8
	Belgique	13	.1	.1	10.9
	Brésil	26	.1	.1	11.0
	Canada	140	.7	.7	11.7
	Chili	95	.5	.5	12.2
	Chine	3	.0	.0	12.2
	Croatie	1	.0	.0	12.2
	Danemark	244	1.2	1.2	13.5
	Espagne	1500	7.5	7.5	21.0
	États-Unis	932	4.7	4.7	25.6
	Finlande	543	2.7	2.7	28.4
	France	3047	15.3	15.3	43.6
	Inde	2	.0	.0	43.6
	Israël	1	.0	.0	43.6
	Italie	7101	35.6	35.6	79.2
	Japon	29	.1	.1	79.4
	Liban	13	.1	.1	79.4
	Malte	1	.0	.0	79.4
	Norvège	286	1.4	1.4	80.9
	Pays-Bas	538	2.7	2.7	83.6
	Pologne	2	.0	.0	83.6
	Portugal	458	2.3	2.3	85.9
	République Tchèque	1	.0	.0	85.9
	Roumanie	136	.7	.7	86.6
	Royaume-Uni	1556	7.8	7.8	94.4
	Arabie Saoudite	1	.0	.0	94.4
	Suède	57	.3	.3	94.6
	Suisse	1069	5.4	5.4	100.0
	Total	19960	100.0	100.0	

Tableau 4 Répartition des signatures par pays

		Pays			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Afrique du Sud	1	.1	.1	.1
	Allemagne	105	9.5	9.5	9.6
	Australie	1	.1	.1	9.7
	Autriche	4	.4	.4	10.1
	Belgique	4	.4	.4	10.4
	Brésil	5	.5	.5	10.9
	Canada	18	1.6	1.6	12.5
	Chili	3	.3	.3	12.8
	Chine	3	.3	.3	13.0
	Croatie	1	.1	.1	13.1
	Danemark	13	1.2	1.2	14.3
	Espagne	82	7.4	7.4	21.7
	États-Unis	80	7.2	7.2	29.0
	Finlande	16	1.4	1.4	30.4
	France	203	18.4	18.4	48.8
	Inde	1	.1	.1	48.9
	Israël	1	.1	.1	49.0
	Italie	260	23.6	23.6	72.6
	Japon	13	1.2	1.2	73.7
	Malte	1	.1	.1	73.8
	Norvège	10	.9	.9	74.7
	Pays-Bas	49	4.4	4.4	79.2
	Pologne	1	.1	.1	79.3
	Portugal	14	1.3	1.3	80.5
	Roumanie	2	.2	.2	80.7
	Royaume-Uni	152	13.8	13.8	94.5
	Arabie Saoudite	1	.1	.1	94.6
	Suède	3	.3	.3	94.8
	Suisse	57	5.2	5.2	100.0
	Total	1104	100.0	100.0	

Tableau 5 Répartition des signataires

Annexe 3 : Répartition des statuts

Tableau croisé Année publication * statut_rec

			statut_rec		Total
			Lead	Eligible	
Année publication	2019	Effectif	73	151	224
		% dans Année publication	32.6%	67.4%	100.0%
		% du total	0.4%	0.8%	1.1%
	2020	Effectif	121	799	920
		% dans Année publication	13.2%	86.8%	100.0%
		% du total	0.6%	4.0%	4.6%
	2021	Effectif	239	1751	1990
		% dans Année publication	12.0%	88.0%	100.0%
		% du total	1.2%	8.8%	10.0%
	2022	Effectif	343	2629	2972
		% dans Année publication	11.5%	88.5%	100.0%
		% du total	1.7%	13.2%	14.9%
	2023	Effectif	299	2521	2820
		% dans Année publication	10.6%	89.4%	100.0%
		% du total	1.5%	12.6%	14.1%
	2024	Effectif	1163	9871	11034
		% dans Année publication	10.5%	89.5%	100.0%
		% du total	5.8%	49.5%	55.3%
Total	Effectif		2238	17722	19960
	% dans Année publication		11.2%	88.8%	100.0%
	% du total		11.2%	88.8%	100.0%

Tableau croisé 1 années de publications *statuts

Tableau croisé Pays_rec_2 * Statut

			Statut		Total
			eligible	lead group	
Pays_rec_2	Afrique du Sud	Effectif	4	2	6
		% dans Pays_rec_2	66.7%	33.3%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.1%	0.0%
	Allemagne	Effectif	1878	209	2087
		% dans Pays_rec_2	90.0%	10.0%	100.0%
		% dans Statut	10.6%	9.3%	10.5%
	Australie	Effectif	24	2	26
		% dans Pays_rec_2	92.3%	7.7%	100.0%
		% dans Statut	0.1%	0.1%	0.1%
	Autriche	Effectif	32	14	46
		% dans Pays_rec_2	69.6%	30.4%	100.0%
		% dans Statut	0.2%	0.6%	0.2%
	Belgique	Effectif	6	7	13
		% dans Pays_rec_2	46.2%	53.8%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.3%	0.1%
	Brésil	Effectif	18	8	26
		% dans Pays_rec_2	69.2%	30.8%	100.0%
		% dans Statut	0.1%	0.4%	0.1%
	Canada	Effectif	113	27	140
		% dans Pays_rec_2	80.7%	19.3%	100.0%
		% dans Statut	0.6%	1.2%	0.7%
	Chili	Effectif	78	17	95
		% dans Pays_rec_2	82.1%	17.9%	100.0%
		% dans Statut	0.4%	0.8%	0.5%
	Chine	Effectif	0	3	3
		% dans Pays_rec_2	0.0%	100.0%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.1%	0.0%
	Croatie	Effectif	0	1	1
		% dans Pays_rec_2	0.0%	100.0%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.0%	0.0%
	Danemark	Effectif	214	30	244

		% dans Pays_rec_2	87.7%	12.3%	100.0%
		% dans Statut	1.2%	1.3%	1.2%
		Effectif	1324	176	1500
Espagne		% dans Pays_rec_2	88.3%	11.7%	100.0%
		% dans Statut	7.5%	7.9%	7.5%
		Effectif	802	130	932
États-Unis		% dans Pays_rec_2	86.1%	13.9%	100.0%
		% dans Statut	4.5%	5.8%	4.7%
		Effectif	522	21	543
Finlande		% dans Pays_rec_2	96.1%	3.9%	100.0%
		% dans Statut	2.9%	0.9%	2.7%
		Effectif	2649	398	3047
France		% dans Pays_rec_2	86.9%	13.1%	100.0%
		% dans Statut	14.9%	17.8%	15.3%
		Effectif	2	0	2
Inde		% dans Pays_rec_2	100.0%	0.0%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.0%	0.0%
		Effectif	0	1	1
Israel		% dans Pays_rec_2	0.0%	100.0%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.0%	0.0%
		Effectif	6470	631	7101
Italie		% dans Pays_rec_2	91.1%	8.9%	100.0%
		% dans Statut	36.5%	28.2%	35.6%
		Effectif	17	12	29
Japon		% dans Pays_rec_2	58.6%	41.4%	100.0%
		% dans Statut	0.1%	0.5%	0.1%
		Effectif	6	7	13
Liban		% dans Pays_rec_2	46.2%	53.8%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.3%	0.1%
		Effectif	0	1	1
Malte		% dans Pays_rec_2	0.0%	100.0%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.0%	0.0%
		Effectif	266	20	286
Norvège					

		% dans Pays_rec_2	93.0%	7.0%	100.0%
		% dans Statut	1.5%	0.9%	1.4%
		Effectif	453	85	538
Pays-Bas		% dans Pays_rec_2	84.2%	15.8%	100.0%
		% dans Statut	2.6%	3.8%	2.7%
		Effectif	0	2	2
Pologne		% dans Pays_rec_2	0.0%	100.0%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.1%	0.0%
		Effectif	425	33	458
Portugal		% dans Pays_rec_2	92.8%	7.2%	100.0%
		% dans Statut	2.4%	1.5%	2.3%
		Effectif	0	1	1
République Tchèque		% dans Pays_rec_2	0.0%	100.0%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.0%	0.0%
		Effectif	136	0	136
Roumanie		% dans Pays_rec_2	100.0%	0.0%	100.0%
		% dans Statut	0.8%	0.0%	0.7%
		Effectif	1283	273	1556
Royaume-Uni		% dans Pays_rec_2	82.5%	17.5%	100.0%
		% dans Statut	7.2%	12.2%	7.8%
		Effectif	0	1	1
Arabie Saoudite		% dans Pays_rec_2	0.0%	100.0%	100.0%
		% dans Statut	0.0%	0.0%	0.0%
		Effectif	52	5	57
Suède		% dans Pays_rec_2	91.2%	8.8%	100.0%
		% dans Statut	0.3%	0.2%	0.3%
		Effectif	948	121	1069
Suisse		% dans Pays_rec_2	88.7%	11.3%	100.0%
		% dans Statut	5.3%	5.4%	5.4%
		Effectif	17722	2238	19960
Total		% dans Pays_rec_2	88.8%	11.2%	100.0%
		% dans Statut	100.0%	100.0%	100.0%
		Effectif			

Tableau croisé 2 Pays*statuts

Annexe 4 : Répartition des signataires par nombres de signatures

Total_Publication					
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	1.00	413	37.4	37.4	37.4
	2.00	145	13.1	13.1	50.5
	3.00	68	6.2	6.2	56.7
	4.00	47	4.3	4.3	61.0
	5.00	30	2.7	2.7	63.7
	6.00	15	1.4	1.4	65.0
	7.00	13	1.2	1.2	66.2
	8.00	12	1.1	1.1	67.3
	9.00	12	1.1	1.1	68.4
	10.00	10	.9	.9	69.3
	11.00	15	1.4	1.4	70.7
	12.00	10	.9	.9	71.6
	13.00	9	.8	.8	72.4
	14.00	7	.6	.6	73.0
	15.00	7	.6	.6	73.6
	16.00	3	.3	.3	73.9
	17.00	3	.3	.3	74.2
	18.00	5	.5	.5	74.6
	19.00	2	.2	.2	74.8
	20.00	4	.4	.4	75.2
	21.00	4	.4	.4	75.5
	22.00	5	.5	.5	76.0
	23.00	3	.3	.3	76.3
	24.00	3	.3	.3	76.5
	25.00	4	.4	.4	76.9
	26.00	2	.2	.2	77.1
	27.00	2	.2	.2	77.3
	28.00	7	.6	.6	77.9
	29.00	7	.6	.6	78.5
	30.00	4	.4	.4	78.9
	31.00	5	.5	.5	79.3

33.00	5	.5	.5	79.8
34.00	3	.3	.3	80.1
35.00	4	.4	.4	80.4
36.00	1	.1	.1	80.5
37.00	4	.4	.4	80.9
38.00	3	.3	.3	81.2
39.00	3	.3	.3	81.4
40.00	2	.2	.2	81.6
41.00	5	.5	.5	82.1
42.00	4	.4	.4	82.4
43.00	5	.5	.5	82.9
44.00	3	.3	.3	83.2
45.00	1	.1	.1	83.2
46.00	3	.3	.3	83.5
47.00	6	.5	.5	84.1
48.00	5	.5	.5	84.5
49.00	5	.5	.5	85.0
50.00	4	.4	.4	85.3
51.00	4	.4	.4	85.7
52.00	2	.2	.2	85.9
53.00	4	.4	.4	86.2
54.00	5	.5	.5	86.7
55.00	4	.4	.4	87.0
57.00	2	.2	.2	87.2
58.00	2	.2	.2	87.4
59.00	1	.1	.1	87.5
60.00	2	.2	.2	87.7
61.00	5	.5	.5	88.1
62.00	2	.2	.2	88.3
63.00	4	.4	.4	88.7
64.00	3	.3	.3	88.9
65.00	2	.2	.2	89.1
66.00	1	.1	.1	89.2
67.00	1	.1	.1	89.3
68.00	2	.2	.2	89.5
69.00	1	.1	.1	89.6
70.00	5	.5	.5	90.0
71.00	1	.1	.1	90.1
72.00	2	.2	.2	90.3

73.00	1	.1	.1	90.4
74.00	2	.2	.2	90.6
76.00	3	.3	.3	90.9
77.00	2	.2	.2	91.0
78.00	1	.1	.1	91.1
79.00	2	.2	.2	91.3
81.00	4	.4	.4	91.7
82.00	2	.2	.2	91.8
83.00	3	.3	.3	92.1
84.00	1	.1	.1	92.2
85.00	1	.1	.1	92.3
86.00	3	.3	.3	92.6
87.00	5	.5	.5	93.0
88.00	7	.6	.6	93.7
89.00	5	.5	.5	94.1
90.00	1	.1	.1	94.2
91.00	2	.2	.2	94.4
92.00	5	.5	.5	94.8
93.00	4	.4	.4	95.2
94.00	5	.5	.5	95.7
95.00	2	.2	.2	95.8
96.00	1	.1	.1	95.9
97.00	3	.3	.3	96.2
98.00	3	.3	.3	96.5
99.00	1	.1	.1	96.6
100.00	4	.4	.4	96.9
101.00	6	.5	.5	97.5
102.00	1	.1	.1	97.6
103.00	2	.2	.2	97.7
104.00	4	.4	.4	98.1
105.00	8	.7	.7	98.8
106.00	2	.2	.2	99.0
107.00	9	.8	.8	99.8
109.00	2	.2	.2	100.0
Total	1104	100.0	100.0	

Tableau 6 Répartition du nombre total de signatures par signataire

		Lead			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	.00	137	12.4	12.4	12.4
	1.00	504	45.7	45.7	58.1
	2.00	207	18.8	18.8	76.8
	3.00	91	8.2	8.2	85.1
	4.00	65	5.9	5.9	90.9
	5.00	39	3.5	3.5	94.5
	6.00	16	1.4	1.4	95.9
	7.00	12	1.1	1.1	97.0
	8.00	5	.5	.5	97.5
	9.00	6	.5	.5	98.0
	10.00	3	.3	.3	98.3
	11.00	3	.3	.3	98.6
	12.00	1	.1	.1	98.6
	13.00	4	.4	.4	99.0
	14.00	4	.4	.4	99.4
	15.00	1	.1	.1	99.5
	18.00	3	.3	.3	99.7
	21.00	2	.2	.2	99.9
	24.00	1	.1	.1	100.0
	Total	1104	100.0	100.0	

Tableau 7 Répartition du nombre total de signatures avec le statut "Lead" par signataire

		Eligible			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	.00	586	53.1	53.1	53.1

1.00	76	6.9	6.9	60.0
2.00	27	2.4	2.4	62.4
3.00	25	2.3	2.3	64.7
4.00	12	1.1	1.1	65.8
5.00	10	.9	.9	66.7
6.00	12	1.1	1.1	67.8
7.00	6	.5	.5	68.3
8.00	17	1.5	1.5	69.8
9.00	9	.8	.8	70.7
10.00	11	1.0	1.0	71.6
11.00	9	.8	.8	72.5
12.00	4	.4	.4	72.8
13.00	6	.5	.5	73.4
14.00	6	.5	.5	73.9
15.00	3	.3	.3	74.2
16.00	3	.3	.3	74.5
17.00	3	.3	.3	74.7
18.00	4	.4	.4	75.1
19.00	7	.6	.6	75.7
20.00	3	.3	.3	76.0
21.00	4	.4	.4	76.4
22.00	2	.2	.2	76.5
23.00	6	.5	.5	77.1
24.00	5	.5	.5	77.5
25.00	4	.4	.4	77.9
26.00	5	.5	.5	78.4
27.00	4	.4	.4	78.7
28.00	4	.4	.4	79.1
29.00	3	.3	.3	79.3
30.00	5	.5	.5	79.8
31.00	3	.3	.3	80.1
32.00	4	.4	.4	80.4
33.00	3	.3	.3	80.7
34.00	3	.3	.3	81.0
35.00	2	.2	.2	81.2
36.00	6	.5	.5	81.7
38.00	2	.2	.2	81.9
39.00	8	.7	.7	82.6
40.00	2	.2	.2	82.8

41.00	4	.4	.4	83.2
42.00	6	.5	.5	83.7
43.00	2	.2	.2	83.9
44.00	1	.1	.1	84.0
45.00	6	.5	.5	84.5
46.00	7	.6	.6	85.1
47.00	5	.5	.5	85.6
48.00	1	.1	.1	85.7
49.00	4	.4	.4	86.1
50.00	2	.2	.2	86.2
51.00	4	.4	.4	86.6
52.00	4	.4	.4	87.0
53.00	4	.4	.4	87.3
55.00	3	.3	.3	87.6
56.00	1	.1	.1	87.7
57.00	2	.2	.2	87.9
58.00	3	.3	.3	88.1
59.00	5	.5	.5	88.6
60.00	1	.1	.1	88.7
61.00	4	.4	.4	89.0
62.00	4	.4	.4	89.4
63.00	1	.1	.1	89.5
64.00	3	.3	.3	89.8
65.00	1	.1	.1	89.9
67.00	1	.1	.1	89.9
68.00	1	.1	.1	90.0
69.00	4	.4	.4	90.4
70.00	1	.1	.1	90.5
71.00	2	.2	.2	90.7
72.00	2	.2	.2	90.9
73.00	1	.1	.1	90.9
74.00	1	.1	.1	91.0
75.00	2	.2	.2	91.2
76.00	2	.2	.2	91.4
77.00	2	.2	.2	91.6
78.00	2	.2	.2	91.8
79.00	3	.3	.3	92.0
80.00	2	.2	.2	92.2
81.00	1	.1	.1	92.3

82.00	3	.3	.3	92.6
83.00	2	.2	.2	92.8
84.00	6	.5	.5	93.3
85.00	7	.6	.6	93.9
86.00	2	.2	.2	94.1
87.00	3	.3	.3	94.4
88.00	4	.4	.4	94.7
89.00	3	.3	.3	95.0
90.00	2	.2	.2	95.2
91.00	1	.1	.1	95.3
92.00	8	.7	.7	96.0
93.00	3	.3	.3	96.3
94.00	4	.4	.4	96.6
95.00	1	.1	.1	96.7
96.00	4	.4	.4	97.1
97.00	1	.1	.1	97.2
98.00	1	.1	.1	97.3
99.00	1	.1	.1	97.4
100.00	4	.4	.4	97.7
101.00	3	.3	.3	98.0
102.00	6	.5	.5	98.6
103.00	4	.4	.4	98.9
104.00	4	.4	.4	99.3
105.00	2	.2	.2	99.5
106.00	4	.4	.4	99.8
107.00	1	.1	.1	99.9
108.00	1	.1	.1	100.0
Total	1104	100.0	100.0	

Tableau 8 Répartition du nombre total de signatures avec le statut "Eligible" par signataire

Statistiques		
Lead	Eligible	Total_Publication

N	Valide	1104	1104	1104
	Manquant	0	0	0
Moyenne		2.0272	16.0525	18.0797
Médiane		1.0000	.0000	2.0000
Ecart type		2.43151	28.83883	29.49627
Minimum		.00	.00	1.00
Maximum		24.00	108.00	109.00

Tableau 7 Répartition statistique

Annexe 5 : Répartition du nombre de signatures par signataires pour l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni

Total_Publication					
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	1.00	289	36.0	36.0	36.0
	2.00	100	12.5	12.5	48.5
	3.00	47	5.9	5.9	54.4
	4.00	35	4.4	4.4	58.7
	5.00	18	2.2	2.2	61.0
	6.00	11	1.4	1.4	62.3
	7.00	9	1.1	1.1	63.5
	8.00	10	1.2	1.2	64.7
	9.00	12	1.5	1.5	66.2
	10.00	7	.9	.9	67.1
	11.00	11	1.4	1.4	68.5
	12.00	9	1.1	1.1	69.6
	13.00	6	.7	.7	70.3
	14.00	6	.7	.7	71.1
	15.00	4	.5	.5	71.6
	16.00	3	.4	.4	71.9
	17.00	3	.4	.4	72.3
	18.00	4	.5	.5	72.8
	19.00	2	.2	.2	73.1
	20.00	3	.4	.4	73.4
	21.00	4	.5	.5	73.9
	22.00	4	.5	.5	74.4
	23.00	3	.4	.4	74.8
	24.00	2	.2	.2	75.1
	25.00	2	.2	.2	75.3
	26.00	2	.2	.2	75.6
	27.00	2	.2	.2	75.8
	28.00	5	.6	.6	76.4
	29.00	5	.6	.6	77.1
	30.00	1	.1	.1	77.2
	31.00	4	.5	.5	77.7
	33.00	5	.6	.6	78.3
	34.00	3	.4	.4	78.7
	35.00	2	.2	.2	78.9
	36.00	1	.1	.1	79.1
	37.00	4	.5	.5	79.6

38.00	3	.4	.4	79.9
39.00	2	.2	.2	80.2
40.00	1	.1	.1	80.3
41.00	3	.4	.4	80.7
42.00	3	.4	.4	81.0
43.00	3	.4	.4	81.4
44.00	3	.4	.4	81.8
45.00	1	.1	.1	81.9
46.00	3	.4	.4	82.3
47.00	2	.2	.2	82.5
48.00	4	.5	.5	83.0
49.00	4	.5	.5	83.5
50.00	4	.5	.5	84.0
51.00	4	.5	.5	84.5
52.00	2	.2	.2	84.8
53.00	3	.4	.4	85.2
54.00	4	.5	.5	85.7
55.00	2	.2	.2	85.9
57.00	2	.2	.2	86.2
58.00	2	.2	.2	86.4
60.00	1	.1	.1	86.5
61.00	3	.4	.4	86.9
62.00	2	.2	.2	87.2
63.00	3	.4	.4	87.5
64.00	2	.2	.2	87.8
65.00	2	.2	.2	88.0
67.00	1	.1	.1	88.2
68.00	2	.2	.2	88.4
69.00	1	.1	.1	88.5
70.00	4	.5	.5	89.0
71.00	1	.1	.1	89.2
72.00	2	.2	.2	89.4
73.00	1	.1	.1	89.5
74.00	1	.1	.1	89.7
76.00	2	.2	.2	89.9
77.00	2	.2	.2	90.1
78.00	1	.1	.1	90.3
79.00	2	.2	.2	90.5
81.00	4	.5	.5	91.0
82.00	2	.2	.2	91.3
83.00	3	.4	.4	91.6
84.00	1	.1	.1	91.8
85.00	1	.1	.1	91.9
86.00	3	.4	.4	92.3

87.00	4	.5	.5	92.8
88.00	5	.6	.6	93.4
89.00	3	.4	.4	93.8
90.00	1	.1	.1	93.9
91.00	2	.2	.2	94.1
92.00	2	.2	.2	94.4
93.00	4	.5	.5	94.9
94.00	4	.5	.5	95.4
95.00	2	.2	.2	95.6
96.00	1	.1	.1	95.8
97.00	2	.2	.2	96.0
98.00	3	.4	.4	96.4
99.00	1	.1	.1	96.5
100.00	3	.4	.4	96.9
101.00	5	.6	.6	97.5
103.00	1	.1	.1	97.6
104.00	3	.4	.4	98.0
105.00	6	.7	.7	98.8
106.00	2	.2	.2	99.0
107.00	7	.9	.9	99.9
109.00	1	.1	.1	100.0
Total	802	100.0	100.0	

Tableau 8 Répartition des signataires par nombres total de signature

		Lead			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage	Pourcentage
			e	valide	cumulé
Valide	.00	91	11.3	11.3	11.3
	1.00	369	46.0	46.0	57.4
	2.00	147	18.3	18.3	75.7
	3.00	71	8.9	8.9	84.5
	4.00	48	6.0	6.0	90.5
	5.00	26	3.2	3.2	93.8
	6.00	12	1.5	1.5	95.3
	7.00	10	1.2	1.2	96.5
	8.00	4	.5	.5	97.0
	9.00	4	.5	.5	97.5
	10.00	3	.4	.4	97.9
	11.00	3	.4	.4	98.3

12.00	1	.1	.1	98.4
13.00	3	.4	.4	98.8
14.00	3	.4	.4	99.1
15.00	1	.1	.1	99.3
18.00	3	.4	.4	99.6
21.00	2	.2	.2	99.9
24.00	1	.1	.1	100.0
Total	802	100.0	100.0	

Tableau 9 Répartition des signataires par le nombre de signatures sous le statut Lead

		Eligible			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	.00	410	51.1	51.1	51.1
	1.00	56	7.0	7.0	58.1
	2.00	16	2.0	2.0	60.1
	3.00	15	1.9	1.9	62.0
	4.00	10	1.2	1.2	63.2
	5.00	6	.7	.7	64.0
	6.00	9	1.1	1.1	65.1
	7.00	3	.4	.4	65.5
	8.00	17	2.1	2.1	67.6
	9.00	9	1.1	1.1	68.7
	10.00	8	1.0	1.0	69.7
	11.00	6	.7	.7	70.4
	12.00	3	.4	.4	70.8
	13.00	5	.6	.6	71.4
	14.00	4	.5	.5	71.9
	15.00	3	.4	.4	72.3
	16.00	3	.4	.4	72.7
	17.00	2	.2	.2	72.9
	18.00	4	.5	.5	73.4
	19.00	6	.7	.7	74.2
	20.00	1	.1	.1	74.3
	21.00	3	.4	.4	74.7
	22.00	2	.2	.2	74.9
	23.00	5	.6	.6	75.6
	24.00	4	.5	.5	76.1
	25.00	4	.5	.5	76.6
	26.00	3	.4	.4	76.9
	27.00	4	.5	.5	77.4
	28.00	2	.2	.2	77.7

29.00	2	.2	.2	77.9
30.00	2	.2	.2	78.2
31.00	3	.4	.4	78.6
32.00	4	.5	.5	79.1
33.00	3	.4	.4	79.4
34.00	3	.4	.4	79.8
35.00	1	.1	.1	79.9
36.00	4	.5	.5	80.4
38.00	2	.2	.2	80.7
39.00	4	.5	.5	81.2
40.00	2	.2	.2	81.4
41.00	3	.4	.4	81.8
42.00	6	.7	.7	82.5
43.00	2	.2	.2	82.8
44.00	1	.1	.1	82.9
45.00	3	.4	.4	83.3
46.00	6	.7	.7	84.0
47.00	3	.4	.4	84.4
48.00	1	.1	.1	84.5
49.00	3	.4	.4	84.9
50.00	1	.1	.1	85.0
51.00	4	.5	.5	85.5
52.00	3	.4	.4	85.9
53.00	3	.4	.4	86.3
55.00	2	.2	.2	86.5
56.00	1	.1	.1	86.7
57.00	2	.2	.2	86.9
58.00	2	.2	.2	87.2
59.00	3	.4	.4	87.5
60.00	1	.1	.1	87.7
61.00	3	.4	.4	88.0
62.00	4	.5	.5	88.5
63.00	1	.1	.1	88.7
64.00	1	.1	.1	88.8
65.00	1	.1	.1	88.9
67.00	1	.1	.1	89.0
68.00	1	.1	.1	89.2
69.00	3	.4	.4	89.5
70.00	1	.1	.1	89.7
71.00	2	.2	.2	89.9
72.00	1	.1	.1	90.0
73.00	1	.1	.1	90.1
74.00	1	.1	.1	90.3
75.00	2	.2	.2	90.5

76.00	1	.1	.1	90.6
77.00	2	.2	.2	90.9
78.00	1	.1	.1	91.0
79.00	3	.4	.4	91.4
80.00	2	.2	.2	91.6
81.00	1	.1	.1	91.8
82.00	3	.4	.4	92.1
83.00	2	.2	.2	92.4
84.00	4	.5	.5	92.9
85.00	7	.9	.9	93.8
86.00	2	.2	.2	94.0
87.00	2	.2	.2	94.3
88.00	3	.4	.4	94.6
89.00	1	.1	.1	94.8
90.00	2	.2	.2	95.0
92.00	7	.9	.9	95.9
93.00	3	.4	.4	96.3
94.00	1	.1	.1	96.4
95.00	1	.1	.1	96.5
96.00	4	.5	.5	97.0
97.00	1	.1	.1	97.1
98.00	1	.1	.1	97.3
100.00	3	.4	.4	97.6
101.00	3	.4	.4	98.0
102.00	3	.4	.4	98.4
103.00	4	.5	.5	98.9
104.00	3	.4	.4	99.3
105.00	2	.2	.2	99.5
106.00	3	.4	.4	99.9
107.00	1	.1	.1	100.0
Total	802	100.0	100.0	

Tableau 10 Répartition des signataires par le nombre de signatures sous le statut Eligible

		Statistiques		
		Total_Publicati on	Lead	Eligible
N	Valide	802	802	802
	Manquant	0	0	0
Moyenne		19.3117	2.1185	17.1933
Médiane		3.0000	1.0000	.0000

Ecart type	30.26120	2.61412	29.52933
Minimum	1.00	.00	.00
Maximum	109.00	24.00	107.00
Percentiles 25	1.0000	1.0000	.0000
50	3.0000	1.0000	.0000
75	24.2500	2.0000	23.0000

Tableau 9 Indicateurs statistiques de la répartition du nombre de signatures pour l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni

Pays * Publication_Total_2

Tableau croisé

			Publication_Total_2		Total
			1.00	2.00	
Pays	Allemagne	Effectif	62	42	104
		% dans Pays	59.6%	40.4%	100.0%
		% dans Publication_Total_2	14.2%	11.5%	13.0%
		Résidus standardisés	.7	-.8	
	Espagne	Effectif	44	38	82
		% dans Pays	53.7%	46.3%	100.0%
		% dans Publication_Total_2	10.1%	10.4%	10.2%
		Résidus standardisés	-.1	.1	
	France	Effectif	113	91	204
		% dans Pays	55.4%	44.6%	100.0%
		% dans Publication_Total_2	25.9%	24.9%	25.4%
		Résidus standardisés	.2	-.2	
	Italie	Effectif	118	142	260
		% dans Pays	45.4%	54.6%	100.0%
		% dans Publication_Total_2	27.1%	38.8%	32.4%
		Résidus standardisés	-2.0	2.1	
	Royaume-Uni	Effectif	99	53	152
		% dans Pays	65.1%	34.9%	100.0%
		% dans Publication_Total_2	22.7%	14.5%	19.0%
		Résidus standardisés	1.8	-2.0	

Total	Effectif	436	366	802
	% dans Pays	54.4%	45.6%	100.0%
	% dans Publication_Total_2	100.0%	100.0%	100.0%

Tableau croisé 3 Pays et répartition signatures selon les deux classes définies

Tests du khi-carré

	Valeur	df	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	16.813 ^a	4	.002
Rapport de vraisemblance	16.930	4	.002
Association linéaire par linéaire	.175	1	.676
N d'observations valides	802		

a. 0 cellules (,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5.
L'effectif théorique minimum est de 37,42.

Mesures symétriques

		Valeur	Signification approximative
Nominal par Nominal	Phi	.145	.002
	V de Cramer	.145	.002
N d'observations valides		802	

Pays * Lead_classes

Tableau croisé

			Lead_classes		Total
			1.00	2.00	
Pays	Allemagne	Effectif	66	38	104
		% dans Pays	63.5%	36.5%	100.0%
		% dans Lead_classes	14.3%	11.1%	13.0%
		Résidus standardisés	.8	-1.0	
	Espagne	Effectif	44	38	82
		% dans Pays	53.7%	46.3%	100.0%

	% dans Lead_classes	9.6%	11.1%	10.2%
	Résidus standardisés	-.4	.5	
France	Effectif	124	80	204
	% dans Pays	60.8%	39.2%	100.0%
	% dans Lead_classes	27.0%	23.4%	25.4%
	Résidus standardisés	.6	-.7	
Italie	Effectif	133	127	260
	% dans Pays	51.2%	48.8%	100.0%
	% dans Lead_classes	28.9%	37.1%	32.4%
	Résidus standardisés	-1.3	1.5	
Royaume-Uni	Effectif	93	59	152
	% dans Pays	61.2%	38.8%	100.0%
	% dans Lead_classes	20.2%	17.3%	19.0%
	Résidus standardisés	.6	-.7	
Total	Effectif	460	342	802
	% dans Pays	57.4%	42.6%	100.0%
	% dans Lead_classes	100.0%	100.0%	100.0%

Tableau 10 Répartition du nombre de signatures sous le statut « lead » pour l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni

Tests du khi-carré

	Valeur	df	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	8.024 ^a	4	.091
Rapport de vraisemblance	8.021	4	.091
Association linéaire par linéaire	.358	1	.550
N d'observations valides	802		

a. 0 cellules (,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5.
L'effectif théorique minimum est de 34,97.

Mesures symétriques

		Valeur	Signification approximative
Nominal par	Phi	.100	.091
Nominal	V de Cramer	.100	.091
N d'observations valides		802	

Pays * Eligible_classes

Tableau croisé

			Eligible_classes		Total
			1.00	2.00	
Pays	Allemagne	Effectif	61	43	104
		% dans Pays	58.7%	41.3%	100.0%
		% dans Eligible_classes	14.9%	11.0%	13.0%
		Résidus standardisés	1.1	-1.1	
	Espagne	Effectif	44	38	82
		% dans Pays	53.7%	46.3%	100.0%
		% dans Eligible_classes	10.7%	9.7%	10.2%
		Résidus standardisés	.3	-.3	
	France	Effectif	93	111	204
		% dans Pays	45.6%	54.4%	100.0%
		% dans Eligible_classes	22.7%	28.3%	25.4%
		Résidus standardisés	-1.1	1.1	
	Italie	Effectif	112	148	260
		% dans Pays	43.1%	56.9%	100.0%
		% dans Eligible_classes	27.3%	37.8%	32.4%
		Résidus standardisés	-1.8	1.9	
	Royaume-Uni	Effectif	100	52	152
		% dans Pays	65.8%	34.2%	100.0%
		% dans Eligible_classes	24.4%	13.3%	19.0%
		Résidus standardisés	2.5	-2.6	
Total	Effectif		410	392	802
	% dans Pays		51.1%	48.9%	100.0%
	% dans Eligible_classes		100.0%	100.0%	100.0%

Tableau 11 Répartition du nombre de signatures sous le statut « eligible » pour l'Allemagne, L'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni

Tests du khi-carré

	Valeur	df	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	24.894 ^a	4	<.001
Rapport de vraisemblance	25.178	4	<.001
Association linéaire par linéaire	.580	1	.446
N d'observations valides	802		

a. 0 cellules (,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5.
L'effectif théorique minimum est de 40,08.

Mesures symétriques

		Valeur	Signification approximative
Nominal par	Phi	.176	<.001
Nominal	V de Cramer	.176	<.001
N d'observations valides		802	

Annexe 6 : Répartition des signataires par villes

		Villes			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Aachen	8	7.6	7.6	7.6
	Bochum	5	4.8	4.8	12.4
	Bonn	18	17.1	17.1	29.5
	darmstadt	1	1.0	1.0	30.5
	Dresden	1	1.0	1.0	31.4
	Heidelberg	24	22.9	22.9	54.3
	Munchen	48	45.7	45.7	100.0
	Total	105	100.0	100.0	

Tableau 12 Répartition des signataires en Allemagne

		Villes			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Grenoble	8	3.9	3.9	3.9
	Lille	1	.5	.5	4.4
	Lyon	14	6.9	6.9	11.3
	Marseille	52	25.6	25.6	36.9
	Nice	9	4.4	4.4	41.4
	Paris	91	44.8	44.8	86.2
	Strasbourg	8	3.9	3.9	90.1
	Toulouse	20	9.9	9.9	100.0
	Total	203	100.0	100.0	

Tableau 13 Répartition des signataires en France

Villes

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Aoste	1	.4	.4	.4
	Bologna	73	28.1	28.1	28.5
	Ferrara	9	3.5	3.5	31.9
	Firenze	7	2.7	2.7	34.6
	Genova	8	3.1	3.1	37.7
	l'Aquila	1	.4	.4	38.1
	Lecce	7	2.7	2.7	40.8
	Milano	25	9.6	9.6	50.4
	Napoli	11	4.2	4.2	54.6
	Padova	26	10.0	10.0	64.6
	Parma	5	1.9	1.9	66.5
	Roma	40	15.4	15.4	81.9
	Teramo	2	.8	.8	82.7
	Torino	9	3.5	3.5	86.2
	Trieste	36	13.8	13.8	100.0
	Total	260	100.0	100.0	

Tableau 14 Répartition des signataires en Italie

		Villes			
		Frequenc y	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Barcelona	32	39.0	39.0	39.0
	Cartagena	2	2.4	2.4	41.5
	Granada	2	2.4	2.4	43.9
	La Laguna	1	1.2	1.2	45.1
	Madrid	23	28.0	28.0	73.2
	Salamanca	1	1.2	1.2	74.4
	San Sebastian	2	2.4	2.4	76.8
	Santander	2	2.4	2.4	79.3
	Tenerife	14	17.1	17.1	96.3
	Teruel	2	2.4	2.4	98.8
	Valladolid	1	1.2	1.2	100.0
	Total	82	100.0	100.0	

Tableau 15 Répartition des signataires en Espagne

		Villes			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Nottingham	2	1.3	1.3	1.3
	Brighton	3	2.0	2.0	3.3
	Bristol	5	3.3	3.3	6.6
	Cambridge	6	3.9	3.9	10.5
	Cardiff	1	.7	.7	11.2
	Durham	8	5.3	5.3	16.4
	Edinburgh	22	14.5	14.5	30.9
	Lancaster	1	.7	.7	31.6
	Liverpool	1	.7	.7	32.2
	London	58	38.2	38.2	70.4
	Manchester	8	5.3	5.3	75.7
	Milton Keynes	7	4.6	4.6	80.3
	Newcastle	3	2.0	2.0	82.2
	Northampton	1	.7	.7	82.9
	Nottingham	6	3.9	3.9	86.8
	Oxford	8	5.3	5.3	92.1
	Portsmouth	7	4.6	4.6	96.7
	Potsdam	1	.7	.7	97.4
	Southampton	2	1.3	1.3	98.7
	Swindon	2	1.3	1.3	100.0
	Total	152	100.0	100.0	

Tableau 16 Répartition des signataires au Royaume-Uni

		Total_Publication			
		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	1.00	211	36.1	36.1	36.1
	2.00	63	10.8	10.8	46.8
	3.00	30	5.1	5.1	52.0
	4.00	22	3.8	3.8	55.7
	5.00	10	1.7	1.7	57.4
	6.00	10	1.7	1.7	59.1
	7.00	5	.9	.9	60.0
	8.00	9	1.5	1.5	61.5

9.00	11	1.9	1.9	63.4
10.00	7	1.2	1.2	64.6
11.00	7	1.2	1.2	65.8
12.00	6	1.0	1.0	66.8
13.00	6	1.0	1.0	67.9
14.00	4	.7	.7	68.5
15.00	4	.7	.7	69.2
16.00	3	.5	.5	69.7
17.00	2	.3	.3	70.1
18.00	4	.7	.7	70.8
19.00	1	.2	.2	70.9
20.00	2	.3	.3	71.3
21.00	4	.7	.7	72.0
22.00	3	.5	.5	72.5
23.00	2	.3	.3	72.8
24.00	1	.2	.2	73.0
25.00	2	.3	.3	73.3
26.00	1	.2	.2	73.5
27.00	2	.3	.3	73.8
28.00	5	.9	.9	74.7
29.00	2	.3	.3	75.0
30.00	1	.2	.2	75.2
31.00	3	.5	.5	75.7
33.00	2	.3	.3	76.1
34.00	3	.5	.5	76.6
36.00	1	.2	.2	76.8
37.00	3	.5	.5	77.3
38.00	1	.2	.2	77.4
39.00	1	.2	.2	77.6
40.00	1	.2	.2	77.8
41.00	3	.5	.5	78.3
42.00	1	.2	.2	78.5
43.00	3	.5	.5	79.0
44.00	2	.3	.3	79.3
45.00	1	.2	.2	79.5
46.00	3	.5	.5	80.0
47.00	2	.3	.3	80.3
48.00	3	.5	.5	80.9
49.00	3	.5	.5	81.4
50.00	3	.5	.5	81.9
51.00	3	.5	.5	82.4
52.00	1	.2	.2	82.6
53.00	3	.5	.5	83.1
54.00	4	.7	.7	83.8

55.00	2	.3	.3	84.1
57.00	2	.3	.3	84.4
58.00	2	.3	.3	84.8
61.00	3	.5	.5	85.3
62.00	2	.3	.3	85.6
63.00	3	.5	.5	86.2
64.00	1	.2	.2	86.3
65.00	2	.3	.3	86.7
67.00	1	.2	.2	86.8
68.00	2	.3	.3	87.2
69.00	1	.2	.2	87.4
70.00	4	.7	.7	88.0
71.00	1	.2	.2	88.2
72.00	1	.2	.2	88.4
73.00	1	.2	.2	88.5
74.00	1	.2	.2	88.7
76.00	2	.3	.3	89.1
77.00	1	.2	.2	89.2
79.00	1	.2	.2	89.4
81.00	4	.7	.7	90.1
82.00	1	.2	.2	90.3
83.00	2	.3	.3	90.6
85.00	1	.2	.2	90.8
86.00	2	.3	.3	91.1
87.00	3	.5	.5	91.6
88.00	5	.9	.9	92.5
89.00	3	.5	.5	93.0
90.00	1	.2	.2	93.2
91.00	2	.3	.3	93.5
92.00	2	.3	.3	93.8
93.00	3	.5	.5	94.4
94.00	3	.5	.5	94.9
95.00	1	.2	.2	95.0
96.00	1	.2	.2	95.2
97.00	2	.3	.3	95.6
98.00	3	.5	.5	96.1
99.00	1	.2	.2	96.2
100.00	3	.5	.5	96.8
101.00	4	.7	.7	97.4
104.00	3	.5	.5	97.9
105.00	4	.7	.7	98.6
106.00	2	.3	.3	99.0
107.00	6	1.0	1.0	100.0
Total	585	100.0	100.0	

Tableau 17 Répartition du nombre de signature par signataire

Statistiques

		Total_Publication
N	Valide	585
	Manquant	0
Ecart type		31.39727
Minimum		1.00
Maximum		107.00
Percentiles	25	1.0000
	50	3.0000
	75	29.5000

Tableau 18 Mesures statistiques

Tableau Croisé Villes * Publication_Total

			Publication_Total		Total
			1.00	2.00	
Villes	Barcelona	Count	24	8	32
		% within Villes	75.0%	25.0%	100.0%
		% within Publication_Total	6.0%	4.3%	5.4%
		Standardized Residual	.5	-.7	
	Bologna	Count	35	38	73
		% within Villes	47.9%	52.1%	100.0%
		% within Publication_Total	8.8%	20.2%	12.4%
		Standardized Residual	-2.1	3.0	
	Bonn	Count	13	5	18
		% within Villes	72.2%	27.8%	100.0%
		% within Publication_Total	3.3%	2.7%	3.1%
		Standardized Residual	.2	-.3	
	Edinburgh	Count	16	6	22
		% within Villes	72.7%	27.3%	100.0%
		% within Publication_Total	4.0%	3.2%	3.7%

Heidelberg	Standardized Residual	.3	-.4	
	Count	18	6	24
	% within Villes	75.0%	25.0%	100.0%
	% within Publication_Total	4.5%	3.2%	4.1%
London	Standardized Residual	.4	-.6	
	Count	52	6	58
	% within Villes	89.7%	10.3%	100.0%
	% within Publication_Total	13.0%	3.2%	9.9%
Madrid	Standardized Residual	2.0	-2.9	
	Count	15	8	23
	% within Villes	65.2%	34.8%	100.0%
	% within Publication_Total	3.8%	4.3%	3.9%
Marseille	Standardized Residual	-.2	.2	
	Count	38	14	52
	% within Villes	73.1%	26.9%	100.0%
	% within Publication_Total	9.5%	7.4%	8.8%
Milano	Standardized Residual	.4	-.6	
	Count	16	9	25
	% within Villes	64.0%	36.0%	100.0%
	% within Publication_Total	4.0%	4.8%	4.3%
Munchen	Standardized Residual	-.2	.4	
	Count	31	17	48
	% within Villes	64.6%	35.4%	100.0%
	% within Publication_Total	7.8%	9.0%	8.2%
Padova	Standardized Residual	-.3	.4	
	Count	19	7	26
	% within Villes	73.1%	26.9%	100.0%
	% within Publication_Total	4.8%	3.7%	4.4%
Paris	Standardized Residual	.3	-.5	
	Count	66	25	91
	% within Villes	72.5%	27.5%	100.0%
	% within Publication_Total	16.5%	13.3%	15.5%
Roma	Standardized Residual	.5	-.8	
	Count	26	14	40
	% within Villes	65.0%	35.0%	100.0%
	% within Publication_Total	6.5%	7.4%	6.8%

	Toulouse	Standardized Residual	-.2	.3	
		Count	14	6	20
		% within Villes	70.0%	30.0%	100.0%
		% within Publication_Total	3.5%	3.2%	3.4%
	Trieste	Standardized Residual	.1	-.2	
		Count	17	19	36
		% within Villes	47.2%	52.8%	100.0%
		% within Publication_Total	4.3%	10.1%	6.1%
	Total	Standardized Residual	-1.5	2.2	
		Count	400	188	588
		% within Villes	68.0%	32.0%	100.0%
		% within Publication_Total	100.0%	100.0%	100.0%

Tableau croisé 4 Villes et répartition des signatures selon les deux classes définies

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	37.292 ^a	14	<.001
Likelihood Ratio	38.584	14	<.001
Linear-by-Linear Association	.233	1	.630
N of Valid Cases	588		

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.76.

Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	.252	<.001
	Cramer's V	.252	<.001
	Contingency Coefficient	.244	<.001
N of Valid Cases		588	