

# Rapport de stage

Voice of the Customer on Products and Services Quality  
Process



Tutrice entreprise: **Mme Rita Barata**  
Tel : 04 42 85 86 08  
Tutrice université: **Mme Sabine Mercier**

**Mme Amandine Lainé**  
Promotion 2013/2014  
Stage : Avril – Septembre 2014



## Résumé

Pendant 6 mois, j'ai effectué mon stage de fin d'études à Airbus Helicopters Marignane dans le service qualité " International Quality Affairs & Customer Satisfaction".

Suite à une visite audit ISO 9001 de l'entreprise en 2012, celle-ci a mis en place un dispositif d'écoute du client afin de mieux comprendre ses attentes, et d'anticiper son comportement. Cela dans l'objectif d'améliorer la satisfaction client et de conduire ainsi l'entreprise vers une meilleure performance.

Mon travail consistait à améliorer le processus "Voix du client" ou "VoC", mis en place récemment et qui cible la qualité des produits et des services. Le but principal était d'apporter une autre vision dans l'analyse des besoins des clients afin d'établir une priorité des actions dans l'amélioration de la qualité.

Mes idées d'améliorations tournent donc autour de 3 axes :

- La création d'une nouvelle enquête client basée sur le modèle de Kano, outil qualité
- Une autre manière d'analyser les données avec la prise en compte du type de client et avec l'utilisation de nouvelles méthodes statistiques pour analyser les réponses aux enquêtes, les plaintes et les remarques des clients
- La mise en place de nouveaux indicateurs pour suivre la Voix du Client

Mais avant tout, j'ai dû étudier les procédures et instructions liées à la Voix du Client pour mieux comprendre le rôle et le fonctionnement de chaque service de l'entreprise dans le processus. J'ai ensuite participé à l'écriture des rapports VoC pour comprendre l'analyse actuelle des données clients avant d'apporter, par la suite, mes améliorations.

Tutrice d'entreprise : Mme Rita Barata  
Tutrice d'université : Mme Sabine Mercier

## Remerciements

Je souhaite remercier tous les gens qui ont participé de manières différentes à la réussite de mon projet et plus particulièrement les personnes suivantes :

Rita Barata, ma tutrice opérationnelle de l'entreprise, pour m'avoir guidé, accompagné et conseillé tout au long de mon stage. Je lui suis aussi reconnaissante pour sa patience et pour avoir répondu à toutes mes questions.

Sabine Mercier, ma tutrice de l'université, pour sa disponibilité et son intérêt porté dans mon travail.

Goetz L. et Susanne B., membres de mon équipe de projet pour leur écoute et leur confiance placée en moi.

Mes 2 collègues de travail, Pierre DV. et Alain G. pour leurs bonnes humeurs au bureau.

Enfin, ma famille qui m'a énormément soutenue depuis le début de mes études et qui m'a toujours encouragé dans mes projets.

# Sommaire

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>A. PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE.....</b>	<b>7</b>
I. AIRBUS GROUP.....	7
II. AIRBUS HELICOPTERS .....	7
III. PRODUITS ET SERVICES.....	8
IV. MISSIONS .....	10
V. ORGANISATION .....	11
VI. CONCURRENCES.....	12
VII. OBJECTIFS ET STRATÉGIES.....	12
<b>B. PRÉSENTATION DU SUJET DE STAGE .....</b>	<b>13</b>
I. LA VOIX DU CLIENT .....	13
II. INTÉRÊTS POUR L'ENTREPRISE .....	15
<b>C. AMELIORATION DU PROCESSUS « VOIX DU CLIENT » .....</b>	<b>16</b>
I. REDÉFINITION DU PROCESSUS .....	16
II. CAPTURE DE LA VOIX DU CLIENT PAR LA MÉTHODE DE KANO .....	18
a) Description du modèle .....	18
b) Mise en place du questionnaire Kano .....	20
c) Évaluation et interprétation .....	22
III. ANALYSES STATISTIQUES DES FEEDBACKS CLIENTS .....	25
a) Segmentation de la clientèle .....	25
b) Analyses statistiques multivariées .....	28
IV. MESURE ET SUIVI DE LA VOIX DU CLIENT.....	31
a) Indicateurs de la fidélité client.....	31
b) Indicateurs de l'impact client.....	35
V. RÉSULTATS.....	38
a) Autres travaux effectués .....	38
b) Problèmes rencontrés .....	39
c) Synthèse.....	40
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSION PERSONNELLE .....</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>43</b>
<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>44</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>46</b>

# Introduction

Durant ma dernière année de master de mathématiques appliquées à la gestion de production, j'ai pu acquérir de multiples connaissances liées au monde de l'entreprise et au domaine industriel. Après avoir longtemps connu un enseignement très théorique des mathématiques en particulier, j'ai eu la possibilité de pouvoir concilier théorie et pratique durant ce master.

Ayant un fort intérêt pour l'aéronautique, ce stage m'a permis justement d'utiliser mes connaissances en qualité et en analyses statistiques dans ce domaine. En effet, j'ai dû utiliser de nouvelles méthodes qualité/statistiques pour apporter une autre vision dans l'analyse de la « Voix du Client » et ainsi améliorer le processus.

Dans la première partie de ce rapport, je présenterai l'entreprise Airbus Helicopters. Ensuite, dans la deuxième partie, j'expliquerai le sujet de mon stage et son intérêt pour l'entreprise.

Dans la troisième partie, je commencerai par une redéfinition du processus VoC puis j'expliquerai mes différents axes d'améliorations utilisant des techniques modernes de statistiques et de qualité pour recueillir, analyser les besoins des clients et pour mesurer, suivre la Voix du Client.

Dans la dernière partie, j'exposerai les quelques autres travaux effectués durant le stage, j'expliquerai les difficultés rencontrées pour mener à bien ce projet et enfin je résumerai les résultats obtenus.

**Afin de protéger le patrimoine de l'entreprise, les résultats ont été modifiés volontairement dans ce mémoire.**

## A. Présentation de l'entreprise

### I. Airbus Group

Airbus Group, anciennement EADS, est un leader mondial de l'aéronautique, de l'espace, de la défense et des services associés. La société, fut créée en 2000, à partir de la fusion des groupes Aérospatiale Matra (France), DaimlerChrysler Aerospace (Allemagne) et Construcciones Aeronáuticas (Espagne). Depuis janvier 2014, elle a été renommée Airbus Group et réorganisée en 3 divisions: Airbus, Airbus Helicopters et Airbus Defense & Space.

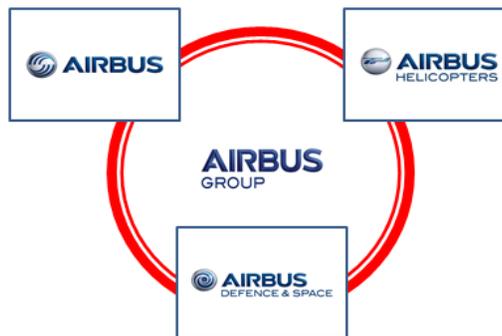
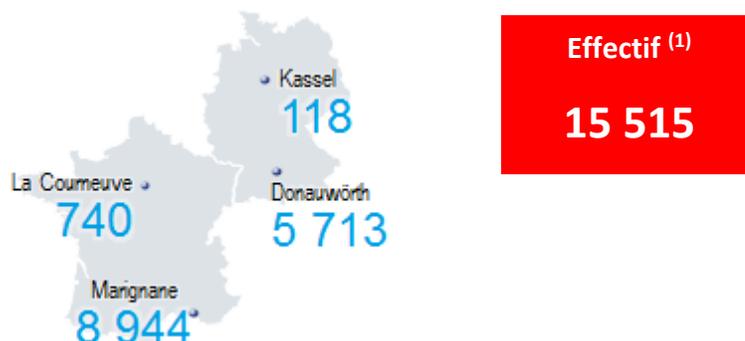


Figure A.1- Divisions d'Airbus Group

### II. Airbus Helicopters

Airbus Helicopters, autrefois Eurocopter, est le 1<sup>er</sup> constructeur mondial d'hélicoptères civils. L'entreprise est née, en 1992, de la fusion du groupe français Aérospatiale et du groupe allemand Deutsche Aerospace. Elle possède de nombreuses filiales à travers le monde qui permettent de faciliter les échanges et d'assurer une certaine proximité avec les clients. La société possède également plusieurs sites en France et en Allemagne. Son siège social est situé en France sur le site de Marignane.



(1) au 31/12/2013

Figure A.3 – Sites d'Airbus Helicopters en Europe

### III. Produits et services

Airbus Helicopters possède la plus large gamme d'hélicoptères civils et militaires au monde :

#### *Gamme civile*

Monomoteurs	Biturbines légers	Biturbines moyens	Moyen/Lourds
AS 350	AS 355	AS 365	AS 332
			
EC 120	EC 135	EC 155	EC 225
			
EC 130	EC 145	EC 175	
			

Tableau A.1 – Hélicoptères civils d’AH

#### *Gamme militaire*

Légers	Moyens	Moyen/Lourds	Moyen/lourds
AS 635	AS 565	AS 532	Tigre
			
AS550	EC 645	EC 725	NH 90
			

Tableau A.2 – Hélicoptères militaires d’AH

Ces gammes d'hélicoptères sont classées en **9** catégories :

- **Old Range** : Tous les anciens appareils qui ne sont plus construits en usine comme : le **BK 117**, **BO 105** ou **SA 330**
- **Hélicoptères Légers** : AS 350, AS 355, AS 550, AS 555, EC 120, EC 130
- **EC 135 / EC 145** : Appareils fabriqués en Allemagne
- **Dauphin** : AS 365 , AS 366 , AS 565 , EC 155
- **Super Puma** : AS 332, AS 532, EC 225 , EC 725
- **EC 175** : Appareil récemment commercialisé
- **NH 90/ Tigre** : Hélicoptères très spécifiques de l'armée

Airbus Helicopters propose à ses clients une multitude de supports et de services avec des solutions sur mesure :

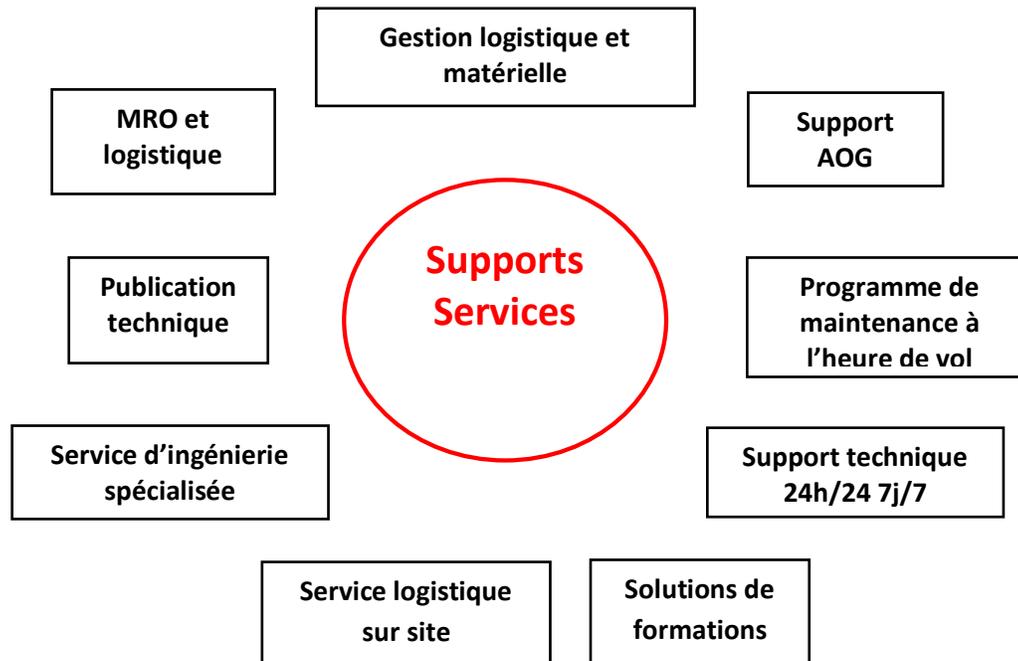
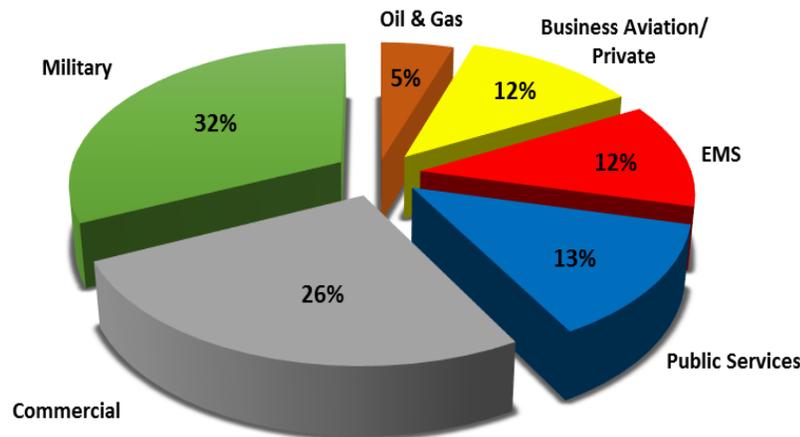


Figure A.3 – Supports et services proposés par AH

#### IV. Missions

Tous ces hélicoptères remplissent différents types de missions<sup>(2)</sup> :



**Figure A.4 – Missions des hélicoptères d’AH**

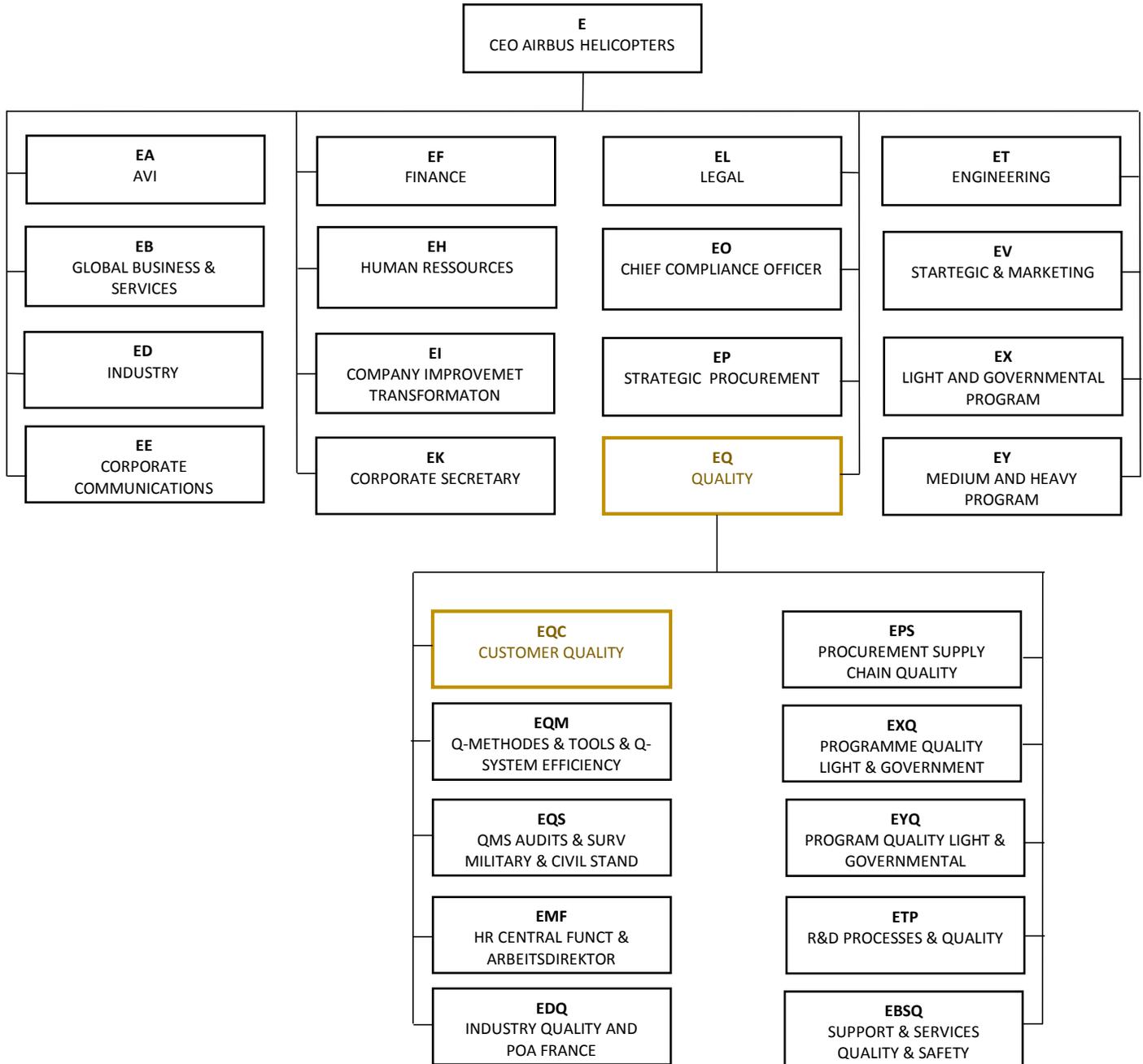
(2) Répartition de la flotte AH au 13/01/2014

- **Military** : Surveillance/Reconnaissance/Combat terrestre, maritime et naval, Transport de personnes et de marchandises lourdes
- **Commercial (Travail aérien/Transport de passagers)** : Agriculture, Photographie, Cinéma, Publicité, Tourisme, Taxi
- **Public services (Forces publiques)** : Police, Gardes-côtes, Recherche et Sauvetage, Lutte contre l’incendie
- **EMS (Services d’urgence)** : SAMU, Protection Civile
- **Business Aviation/Private** : Transport privé, VIP, Administratif, Executive
- **Oil & Gas (Industrie de pétrole et de gaz)** : Transport vers les plateformes pétrolières, Arpentage

## V. Organisation

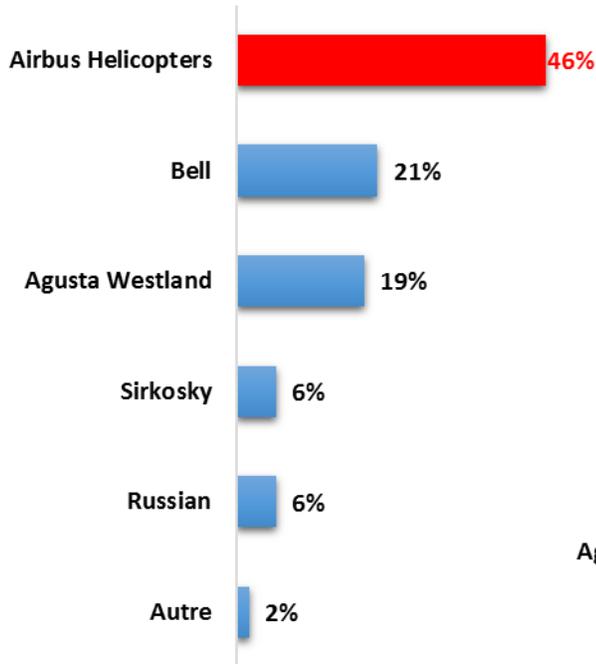
Le service EQCC (Customer Complaints management & Q subsidiaries) où je travaille se situe dans le département EQC (Customer Quality).

**Figure A.5 – Organigramme général de l'entreprise et du département de la qualité**

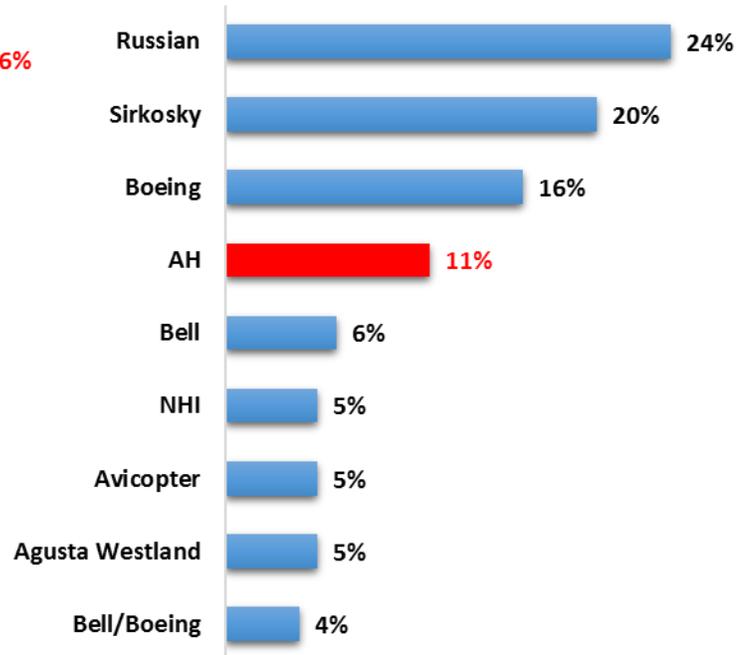


## VI. Concurrences

*Parts de marché civil et parapublic<sup>(3)</sup>*



*Parts de marché militaire<sup>(3)</sup>*



(3) au 06/02/2014 **Figure A.6 – Marchés civil/parapublic et militaire des hélicoptères**

## VII. Objectifs et stratégies

Les objectifs du plan de transformation d'Airbus Helicopters sont centrés sur la satisfaction client, la sécurité, la qualité et la compétitivité. La stratégie de l'entreprise tourne autour de 4 axes :

- Garantir aux clients du monde entier des produits et services fiables et efficaces
- Améliorer la performance, la sécurité et le confort
- L'innovation : diversifier la gamme de produits et développer de nouveaux appareils
- Réduire les coûts d'exploitation dans un contexte de forte concurrence

## B. PRESENTATION DU SUJET DE STAGE

### I. La Voix du Client

La Voix du Client ou VoC décrit le processus qui collecte, analyse et hiérarchise les besoins des clients dans l'objectif d'établir une priorité des actions et de faire progresser la satisfaction client. Très répandue dans le milieu du Marketing, la Voix du Client est aussi la 1<sup>ère</sup> étape importante d'une démarche DMAIC d'un projet Lean Six-Sigma car elle définit les attentes des clients et les objectifs à atteindre.

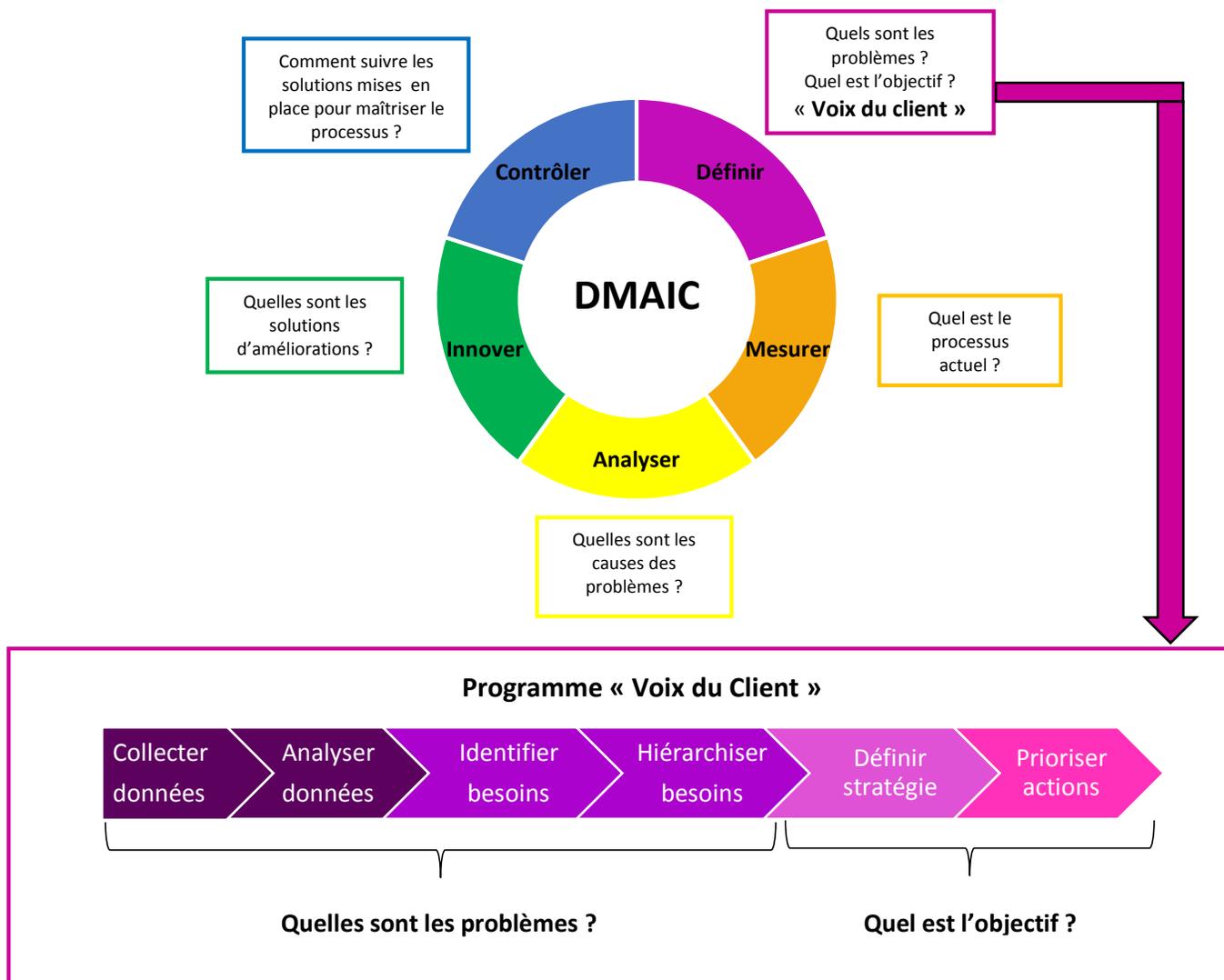


Figure B.1 – La Voix du Client dans le DMAIC du Six-Sigma

Chez Airbus Helicopters, plusieurs sources de données existent pour récolter la Voix du Client :

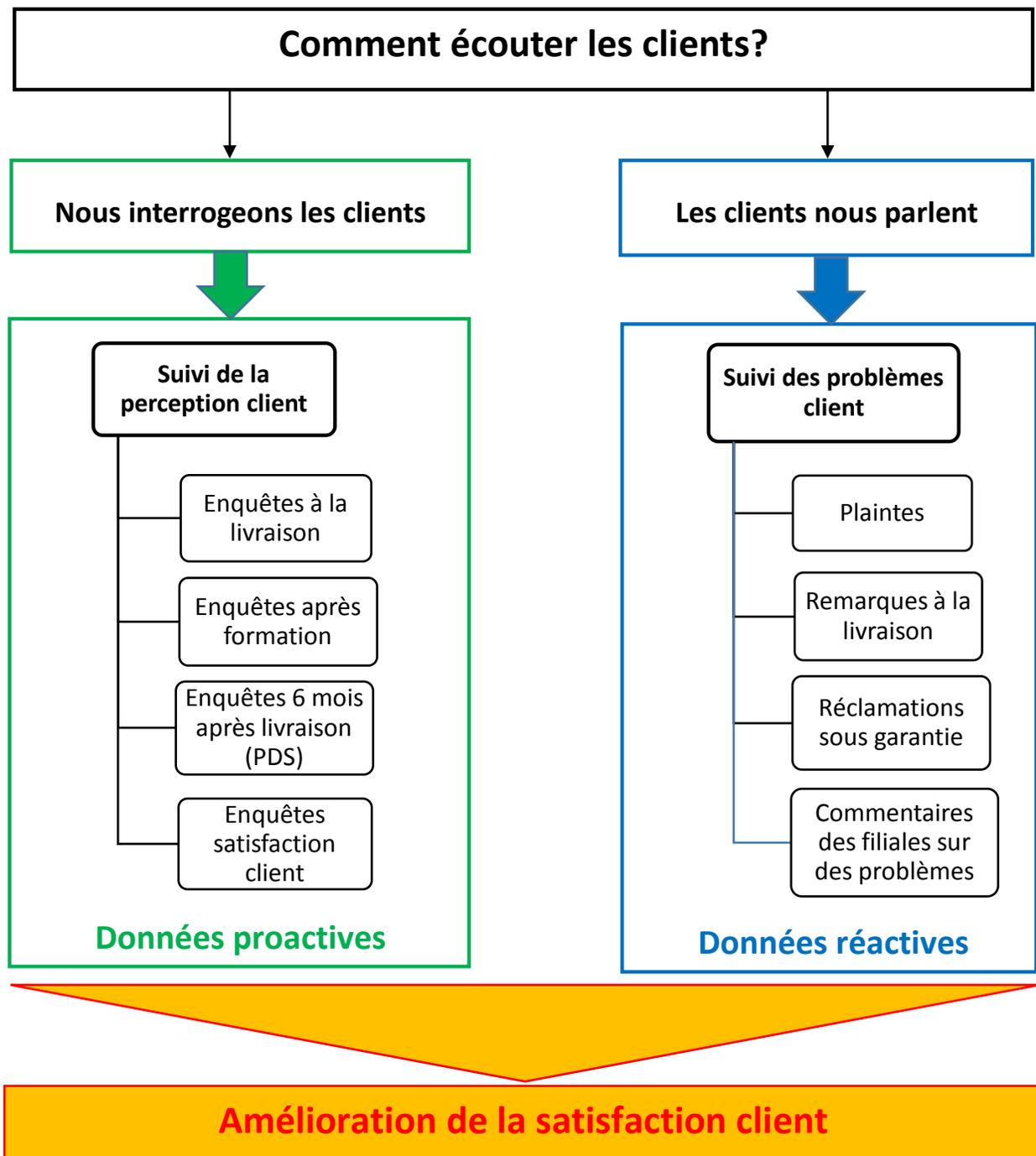


Figure B.2 – L’écoute de la Voix du Client chez Airbus Helicopters

Les données proactives, ici, les enquêtes mesurent la satisfaction client et permettent de prévenir les problèmes en identifiant les besoins des clients.  
Les données réactives permettent de résoudre les problèmes des clients et constituent une opportunité d'améliorer la satisfaction client.

## II. Intérêts pour l'entreprise

L'introduction du processus « Voix du Client » place le client au centre des préoccupations et cette orientation client agit directement sur la performance de l'entreprise. La mise en place de ce processus permet une meilleure compréhension et hiérarchie des besoins exprimés par le client.

Le client est au cœur des activités de fonctionnement de l'entreprise :

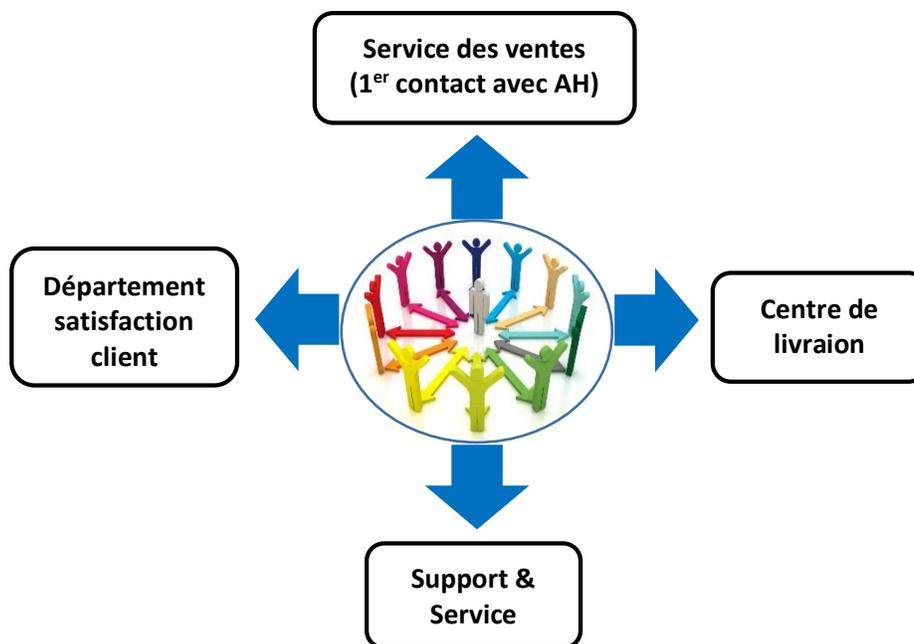


Figure B.3 – Relations entre le client et Airbus

Une entreprise qui n'écoute pas ses clients risque de les voir partir chez des concurrents qui répondent mieux à leurs exigences et à leurs attentes. La Voix du Client peut s'avérer être un avantage concurrentiel si une grande entreprise comme Airbus Helicopters sait bien recueillir et analyser celle-ci.

## C. AMELIORATION DU PROCESSUS « VOIX DU CLIENT »

### I. Redéfinition du processus

- Description des activités du processus VoC chez Airbus Helicopters

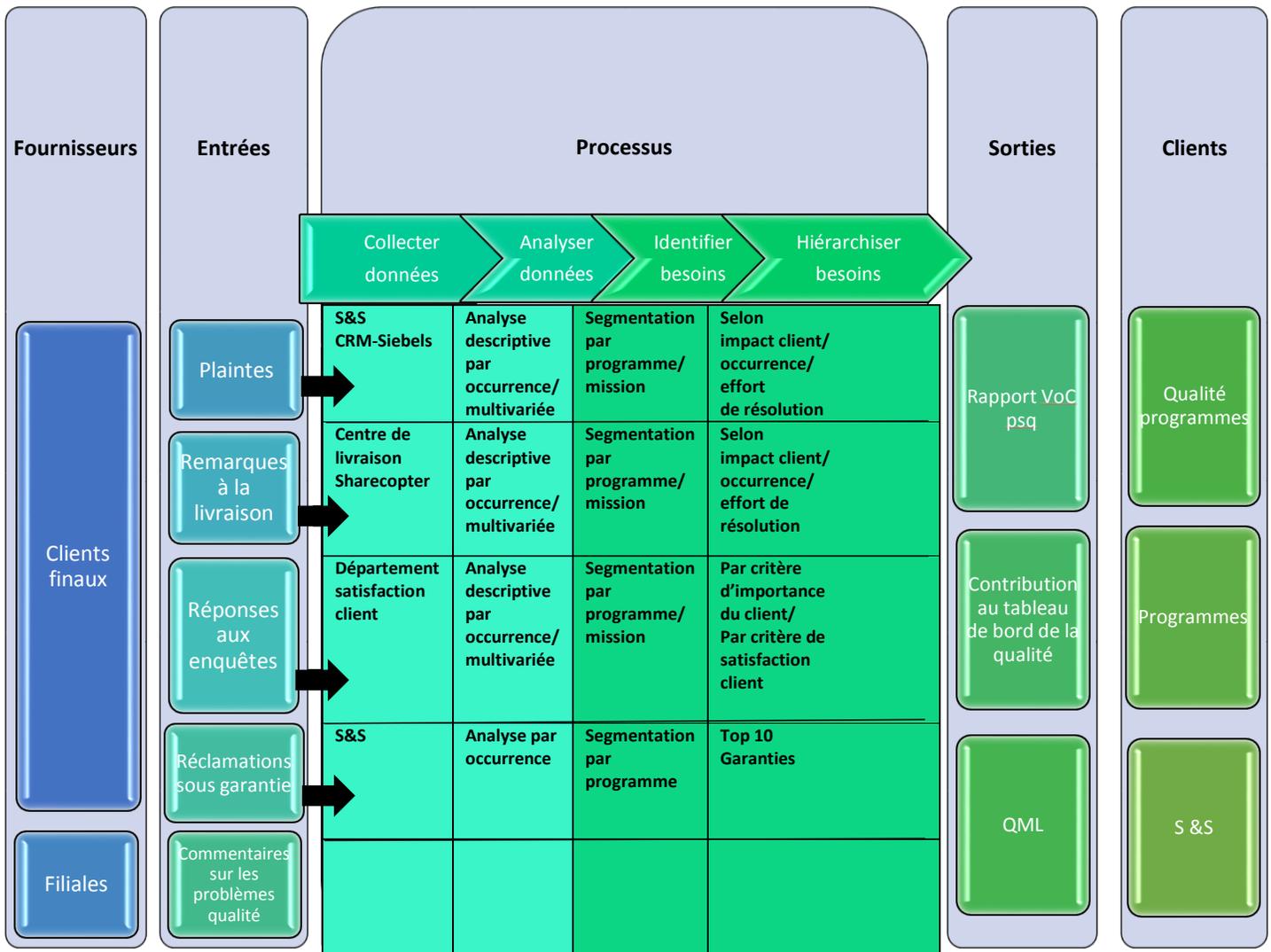


Figure C.1 – SIPOC du processus « Voix du Client » chez AH

S&S CRM-Siebels	Analyse descriptive par occurrence/multivariée	Segmentation par programme/mission	Selon impact client/occurrence/effort de résolution
Centre de livraison Sharecopter	Analyse descriptive par occurrence/multivariée	Segmentation par programme/mission	Selon impact client/occurrence/effort de résolution
Département satisfaction client	Analyse descriptive par occurrence/multivariée	Segmentation par programme/mission	Par critère d'importance du client/ Par critère de satisfaction client

- **Livrable 1 : Rapport VoC psq**

Un rapport VoC faisant le bilan de l’analyse des plaintes clients et des remarques à la livraison est rédigé chez AH tous les 2 mois sur 12 mois glissants.

On analyse les plaintes et les remarques par occurrence puis par programme et par mission.

On effectue ensuite des analyses multivariées sur les plaintes, les remarques et les enquêtes.

On construit aussi par programme des indicateurs d’impact client via les plaintes.

- **Livrable 2 : Quality Master List (QML)**

La Quality Master List est une base de données établissant un classement par programme des problèmes majeurs de qualité constatés à l’extérieur et à l’intérieur de AH/AHD. La Voix du Client participe à la construction de cette liste.

En effet, on utilise les résultats du rapport VoC pour classer les problèmes externes c’est-à-dire les plaintes, les remarques à la livraison et les garanties selon 3 critères : l’impact du client perçu, l’occurrence, et l’effort de résolution estimé par l’entreprise.

- **Rôles et responsabilités autour du processus VoC**

**Tableau C.1 - Matrice RACI des tâches liées au processus Voix du Client**

Tâches	Centre client/ livraison	Chef ingénieur	CRM-Siebels	Département satisfaction client	EDQ	EQC	EQCC	Filiales	Incidents	Programme	Programme Qualité	PSOs
Rapport Voc	C		C	C		A	R	C			I	
QML		C			C	A	C		C	I	R	C

R : Réalisateur    A : Autorité    C : Consulté    I : Informé

## II. Capture de la Voix du client par la méthode de Kano

### a) Description du modèle

Le modèle de Kano est un outil de gestion de la qualité créé par le qualisticien Noriaki Kano en 1984 basé sur la théorie que la satisfaction ou l'insatisfaction perçue par un client sur un produit ou service ne sont pas des valeurs symétriques. C'est un outil d'évaluation qualitative basé sur une enquête.

L'analyse des réponses aux enquêtes classe les exigences des clients en 5 catégories :

- **Attractives** : Exigences correspondant à des besoins non exprimés. Lorsqu'une caractéristique est présente, le client exprime une heureuse surprise mais lorsqu'elle est absente, cela ne cause pas d'insatisfaction.
- **Obligatoires** : Besoins de base, toujours exprimés par le client. La caractéristique n'engendre donc pas de satisfaction lorsqu'elle est présente mais génère un mécontentement chez le client si elle est absente.
- **Proportionnelles ou linéaires** : Besoins exprimés. La satisfaction client est proportionnelle au niveau de qualité de la fonction installée. Elle engendre donc de la satisfaction lorsqu'elle est présente et de l'insatisfaction quand elle est absente.
- **Indifférentes** : Du fait de leurs présences ou absences, les caractéristiques n'engendrent ni satisfaction ni insatisfaction.
- **Contraires (à double tranchant)** : Certains clients ne veulent pas de ces attributs, d'autres préfèrent les avoir.

Une autre catégorie existe mais celle-ci est très rare. En effet, elle révèle une contradiction entre les questions posées et les réponses des clients. Soit c'est le client qui n'a pas compris la question, soit ce dernier s'est trompé en cochant la mauvaise case ou bien la question a été mal rédigée.

Les objectifs de cette méthode sont :

- Identifier précisément les besoins des clients
- Prioriser les besoins selon les impacts sur la satisfaction client
- Identifier des segments de la clientèle basés sur la priorité des actions

Le diagramme de Kano ci-dessous étudie la relation entre le niveau de fonctionnement de la caractéristique ou fonction d'un produit/service et les conséquences sur sa satisfaction.

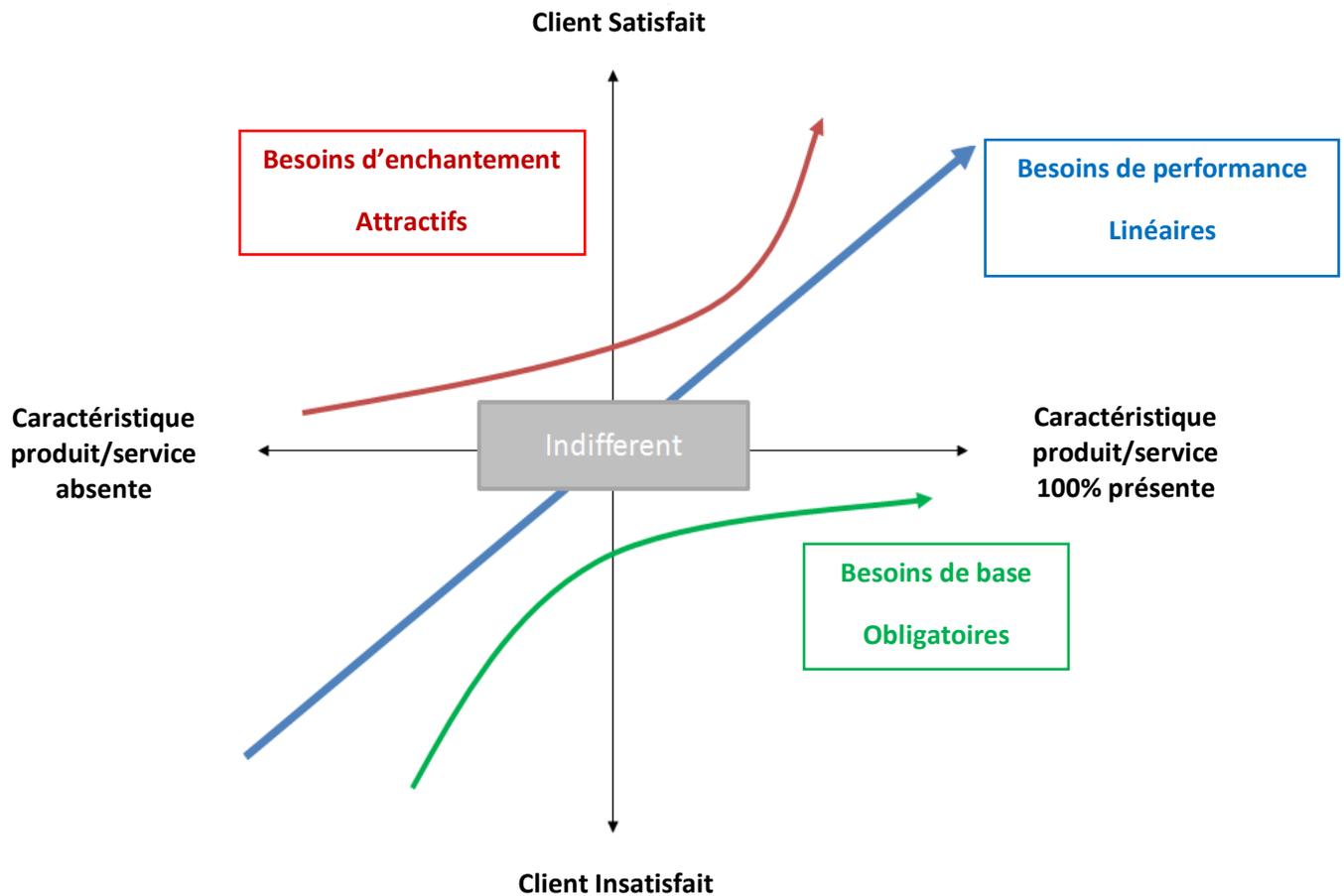


Figure C.2.1 – Diagramme de Kano

C'est un modèle simple qui illustre par un diagramme les différents besoins ou exigences des clients identifiés.

b) Mise en place du questionnaire Kano

- **Identification de la population**

Il est important de bien choisir les clients à interroger en fonction de l'objet du questionnaire. Si l'on cherche l'innovation ou la conception de nouveaux produits/services, on ciblera la population la plus concernée par ce type de changement. Si l'on veut identifier des changements ou des différences dans les besoins des clients, on effectuera un sondage simple.

- **Identification des exigences du produit/service**

On liste d'abord toutes les fonctions critiques à la qualité que peut remplir un produit ou un service. Un brainstorming est en général organiser pour lister et choisir les caractéristiques. On peut s'aider aussi des données venant des différentes sources de la Voix du Client : plaintes, remarques, enquêtes. On récolte et on regroupe les différents besoins. Puis, on les traduit en caractéristiques critiques reliées à la qualité (CTQ). (Voir exemple tableau C.2 ci-dessous)

Sources	VoC	CTQ
Plaintes	« L'EASA diffère de la pièce reçue »	Fiabilité des documents EASA
Remarques livraison	« Trace de colle sur la porte »	Propreté extérieure
Enquêtes Satisfaction client	« Pas d'information sur le statut de ma commande de pièces AOG »	Information du service AOG sur le suivi des commandes
Enquêtes 6 mois après livraison (PDS)	« Le contact d'AH a été désagréable lors de la vente »	Relation avec les responsables de l'entreprise

**Tableau C.2 - Traduction de la VoC en CTQ**



c) Évaluation et interprétation

• **Évaluation**

On identifie la typologie de chaque caractéristique grâce à la table de Kano.

		Question dysfonctionnelle				
		1	2	3	4	5
Question fonctionnelle	1	D	A	A	A	P
	2	C	I	I	I	O
	3	C	I	I	I	O
	4	C	I	I	I	O
	5	C	C	C	C	D

A : Attractive

P : Proportionnelle

O : Obligatoire

I : Indifférente

C : Contraire

D : Erreur de codage ou de compréhension

**Tableau C.4 - Grille d'évaluation de Kano**

D'après la réponse du client 1 de l'exemple précédent, la fonction 1 est classée dans les exigences proportionnelles alors que la fonction 2 est catégorisée dans les exigences attractives.

Pour chaque caractéristique ou fonction, on effectue une analyse par occurrence des différents types de besoins/exigences identifiés. On choisit sa catégorie en prenant celle qui apparaît le plus grand nombre de fois. Si il apparaît le même nombre pour 2 catégories, on tranche selon l'ordre d'importance suivant : Obligatoire > Proportionnel > Attractif > Indifférent (Voir extrait du questionnaire ci-dessous)

Dimension	CTQ	A	P	O	I	C	D	Catégorie
Formation	Centre de formation proche des locaux du client	26	6	3	22	0	0	A
Livraison	Livraison de l'hélicoptère à la date prévue	7	16	28	11	1	0	O
Relation	Réponse rapide des équipes de contact	19	19	14	11	0	0	P
Price	Compétitivité de l'offre	19	9	3	31	1	0	I

**Tableau C.5 - Extrait des résultats d'un exemple d'enquête adapté à l'entreprise AH**

- **Interprétation**

Pour interpréter les résultats, il est utile de connaître l'impact global des exigences d'un produit/service sur la satisfaction des clients. On se sert alors du coefficient de satisfaction client (CS) qui mesure le degré de satisfaction lorsque l'exigence d'un produit/service est respectée et qui mesure le degré d'insatisfaction lorsque l'exigence du produit/service n'est pas remplie. On le calcule à partir des formules suivantes :

**Degré de la satisfaction :**

$$\frac{A + P}{A + P + O + I}$$

**Degré de l'insatisfaction :**

$$\frac{P + O}{(A + P + O + I) \times (-1)}$$

Dimension	CTQ	A	P	O	I	Catégorie	$\frac{A + P}{A + P + O + I}$	$\frac{P + O}{(A + P + O + I) \times (-1)}$
Formation	Flexibilité de formation	11	22	16	14	P	0.52	-0.60
	Centre de formation proche des locaux du client	26	6	3	22	A	0.56	-0.16
	Proposition de tarifs forfaitaires	25	18	3	17	A	0.68	-0.33
	Amabilité des instructeurs	16	18	6	23	I	0.54	-0.38
Livraison	Information régulière sur les commandes	10	25	20	8	P	0.56	-0.71
	Envoi par SMS des informations concernant le suivi de la livraison	29	21	4	9	A	0.79	-0.40
	Livraison de l'hélicoptère à la date prévue	7	16	28	11	O	0.37	-0.71
	Livraison des pièces à la date prévue	4	27	23	9	P	0.49	-0.79
Aspect Hélicoptère	Propreté cabine	3	20	18	22	I	0.37	-0.60
	Propreté extérieure de l'hélicoptère	8	26	22	7	P	0.54	-0.76
	Siège confortable	28	20	9	5	A	0.77	-0.47
	Installation de la climatisation	26	10	18	9	A	0.57	-0.44
	Facilité d'accès à l'hélicoptère	6	23	16	18	P	0.46	-0.62
Relation	Réponse rapide des équipes de contact	19	19	14	11	P	0.60	-0.52
	Visite régulière de responsables d'AH	9	26	23	5	P	0.56	-0.78
Prix	Compétitivité de l'offre	19	9	3	31	I	0.45	-0.19
	Délais rapide d'une offre	18	15	24	6	O	0.52	-0.62

**Tableau C.6 - Coefficient de la satisfaction client**

Appliqué au questionnaire, le coefficient de satisfaction client permet de localiser sur un graphe les dimensions de chaque caractéristique dans les parties correspondant aux 4 catégories d'exigences.

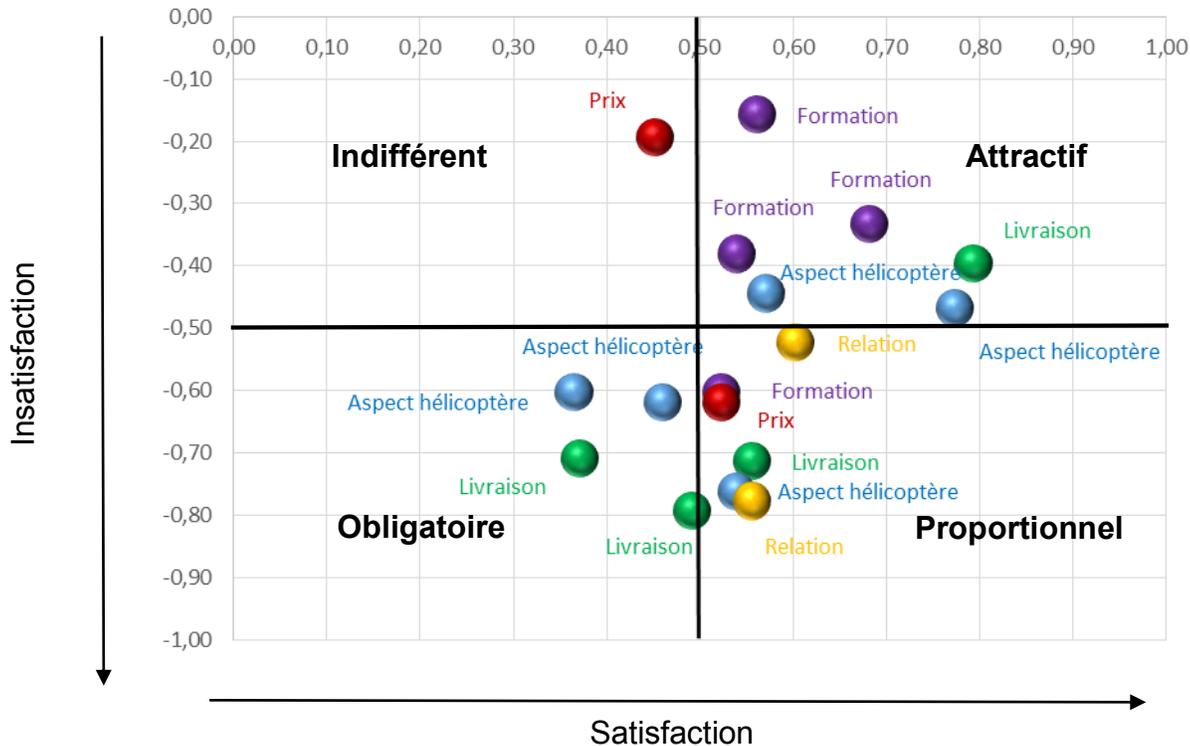


Figure C.2.2 – Diagramme du coefficient de la satisfaction client

Un coefficient positif a un impact sur la satisfaction. Plus le score est proche de 1, plus grand sera l'influence de la caractéristique sur la satisfaction du client.

Un coefficient égal à 0 signifie que la fonction d'un produit/service ne cause pas de d'insatisfaction si elle est absente.

Un coefficient négatif a un impact sur l'insatisfaction. Plus le score est proche de -1, plus grand sera l'influence de la caractéristique sur l'insatisfaction du client.

- **Priorités**

On établit les priorités d'action selon :

- Le type de besoin/exigence qui influe le plus sur le produit ou service. L'ordre à respecter est donc le suivant : Obligatoire > Proportionnel > Attractif > Indifférent
- Le critère d'importance du client en utilisant la question ouverte du questionnaire Kano.

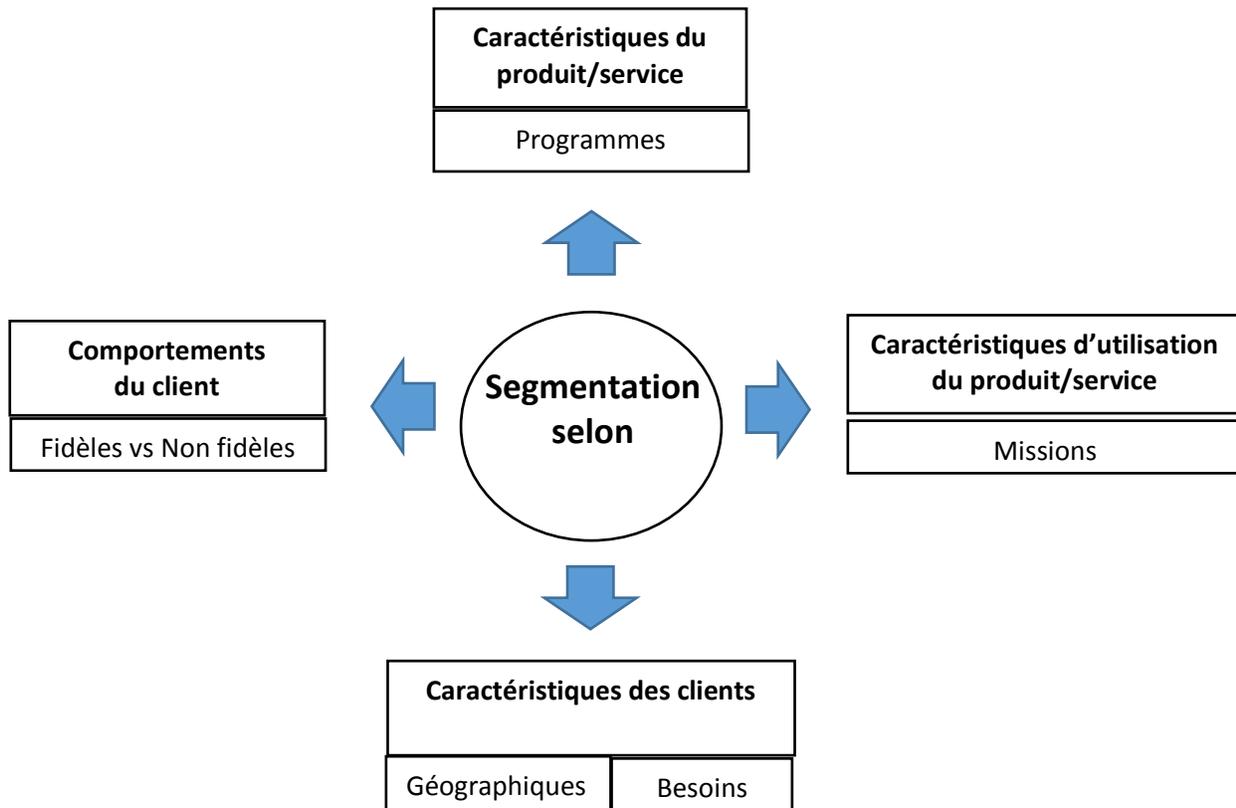
### III. Analyses statistiques des feedbacks clients

#### a) Segmentation de la clientèle

Pour bien interpréter la Voix du Client, il est important de segmenter la clientèle. Cela permet :

- D'établir des profils et des comportements de la clientèle
- De pouvoir satisfaire efficacement les clients aux besoins spécifiques

Il existe 4 types de segmentation et 6 segments importants pour Airbus Helicopters :

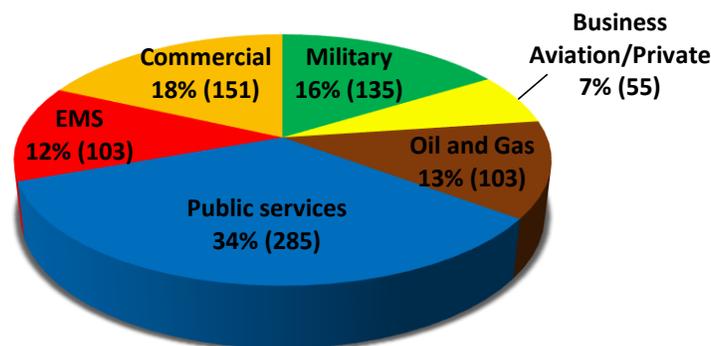


*Figure C.3.1 – Segmentation des clients*

Pour pouvoir segmenter selon les besoins des clients, il faut les avoir déterminé auparavant. Pour cela, on peut utiliser les enquêtes de satisfaction traditionnelle ou celle de Kano. On pourra alors regrouper des clients selon différents profils liés à des besoins spécifiques. Pour segmenter selon la fidélité des clients, l'indicateur de fidélité NPS présenté dans ce rapport (Voir page 31) est justement utilisé pour mesurer la fidélité et ainsi identifier les clients les plus ou moins fidèles.

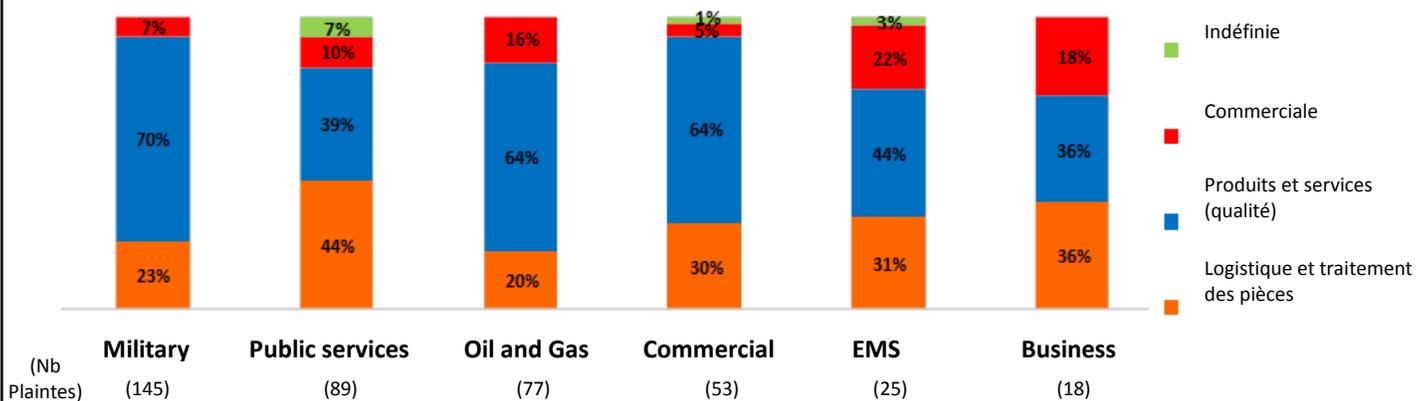
Les Programmes, les Missions et les caractéristiques géographiques sont des segments qui ont déjà été catégorisés par l'entreprise. Mais les analyses statistiques réalisées pour étudier la Voix du Client étaient seulement focalisées sur les programmes et non sur le type de client. La segmentation des clients par mission dans l'analyse des plaintes et des remarques a permis de rendre compte de la différence des besoins selon le type de client.

**Analyse descriptive simple des plaintes Dauphin Mai 2013 – Avril 2014**



\*Hélicoptères en service jusqu'en 2014

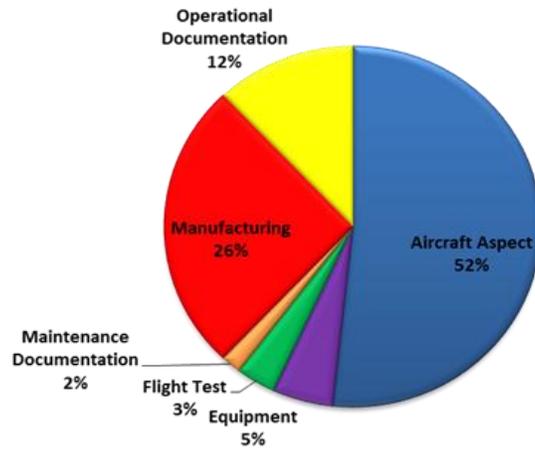
**Figure C.3.2 – Hélicoptères par mission\***



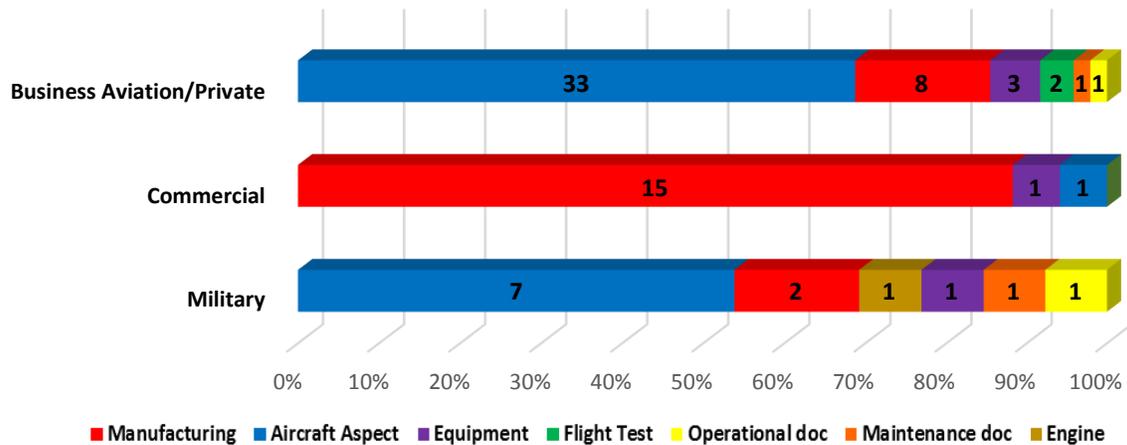
**Figure C.3.3 – Type de plaintes par mission**

Dans l'exemple ci-dessus, ce sont les clients des missions militaires qui se plaignent le plus alors que le secteur militaire est le 3<sup>ème</sup> marché des Dauphins. Ce type de client est donc le plus impacté par des problèmes liés principalement à la qualité.

*Analyse descriptive simple des remarques Dauphin Mai 2013 – Avril 2014*



**Figure C.3.4 – Répartition générale des types de remarques**



**Figure C.3.5 – Remarques par mission**

Dans l'autre exemple ci-dessus, on constate que les remarques les plus nombreuses sont liées à l'aspect externe/interne de l'appareil (peinture, propreté, finition) et concernent les missions Business Aviation et Militaire.

b) Analyses statistiques multivariées

Les méthodes statistiques multivariées dites descriptives permettent d’analyser simultanément plusieurs variables dans le but de dégager les principales informations. Elles prennent en compte toutes les variables au même niveau pour pouvoir résumer l’information. Ces méthodes sont très utilisées pour étudier les feedbacks des clients. Dans le travail qui suit, nous nous intéresserons à 4 d’entre-elles :

- L’Analyse en Composante Principale ou ACP qui étudie la dépendance entre 2 variables quantitatives
- L’Analyse Factorielle des Correspondances ou AFC qui étudie la dépendance entre 2 variables qualitatives
- L’Analyse des Correspondances Multiples ou ACM/AFCM qui étudie la dépendance entre plusieurs variables qualitatives et quantitatives
- La Classification Ascendante Hiérarchique ou CAH qui construit une hiérarchie des individus

Chacune de ces méthodes possède un objectif différent et le choix de leur utilisation dépend du type de variable étudié.

• **Relation « Problème/Produit/Client »**

L’objectif d’analyser les plaintes et les remarques par les méthodes AFC et ACM est de déterminer les liaisons qui existent entre le produit (l’hélicoptère), le problème (remarque, plainte) et le client (mission, pays). Cela permet d’identifier quel problème, sur quel appareil et sur quel type de client exactement.

Prenant un exemple simple d’analyse AFC des programmes Super Puma :  
On observe sur la figure C.3.6 que certains types de plaintes sont liés à un type d’appareil. Par exemple, on constate que les EC 725 sont d’avantage caractérisés par des problèmes commerciaux. Il faut ensuite vérifier si les points de ces variables sont réellement bien représentés sur les 2 axes et regarder leurs parts de contribution à la construction des axes. (Voir détails annexe 2 page 48)

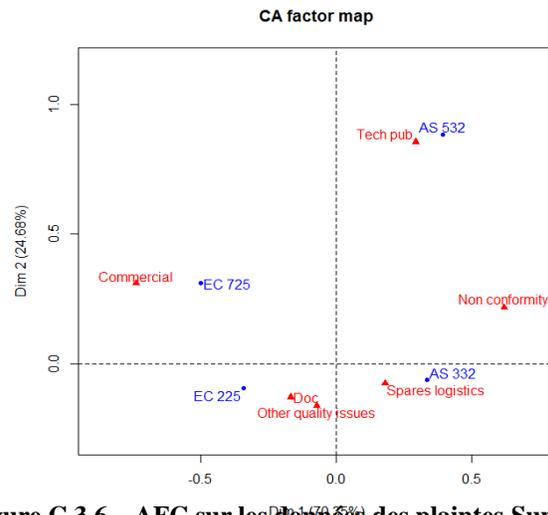
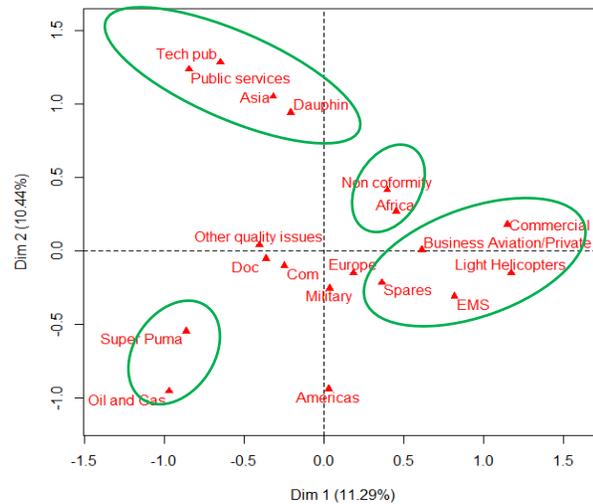


Figure C.3.6 – AFC sur les données des plaintes Super Puma

Si maintenant on réalise une ACM sur tous les types de programme, de plainte et de client (pays, missions), on distingue certains groupes de variables liées entre elles. (Voir figure C.3.7)

Figure C.3.7 – ACM sur les données des plaintes



- **Profil client des remarques à la livraison**

Un profil client des remarques par programme a été créé en se servant des données datant de janvier 2013 jusqu'à maintenant. On réalise d'abord une ACP avec le logiciel R sur les données quantitatives « remarques » et « client »

On réalise ensuite une classification ascendante hiérarchique (CAH) pour identifier des classes et déterminer plus précisément des ressemblances entre les clients.

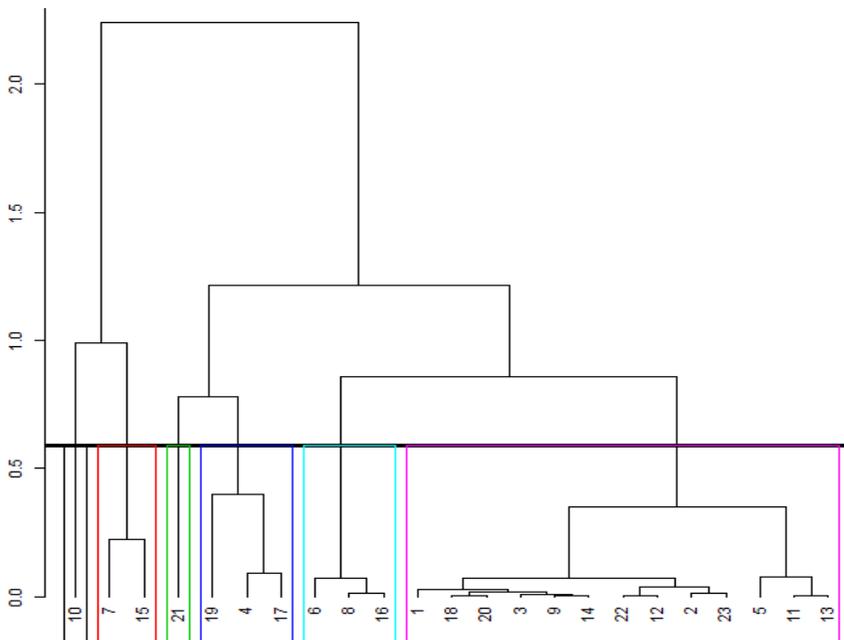


Figure C.3.8 – Super Puma : CAH des clients sur les remarques

Sur la figure C.3.8, on observe 6 classes de clients (numérotés de 1 à 23) triées selon leur ressemblance. Elles sont caractérisées par le type de remarque qui lui est le plus pertinent. Par exemple, la classe rose est définie par des remarques liées à la peinture, à l'équipement et à l'ajustement c'est-à-dire que les clients de cette classe prennent plus d'importance pour ce type de remarques. (Voir détails des analyses annexe 3 page 52)

Le profil mis à jour tous les 6 mois permettra de mieux connaître les attentes critiques de chaque client avant la livraison et de répondre au mieux à leurs besoins lors des prochaines livraisons.

- **Analyse de la clientèle de l'enquête PDS**

Le PDS ou Post Delivery Survey est une enquête de satisfaction envoyée à un client 6 mois après la livraison de l'hélicoptère. L'enquête est composée de 8 questions dont 4 variables qualitatives et 4 variables ordinales. (Voir fiche PDS annexe 2 page 48) Voici un exemple d'enquête sur 6 mois.

On réalise une ACM avec le logiciel XLStat pour déterminer les relations entre les réponses et le type de mission des clients.

Sur la figure C.3.9, on différencie 3 groupes : les clients des missions Business et Commercial ont donné dans l'ensemble de très bonnes notes à toutes les questions. Les missions de transport passager ont été globalement satisfaites concernant les équipements, le confort et la qualité de finition. L'ensemble des missions Oil and Gas et Fire Fighting n'ont pas été satisfaites sur tous les points depuis la livraison de leurs hélicoptères (Voir détails de l'analyse annexe 4 page 55)

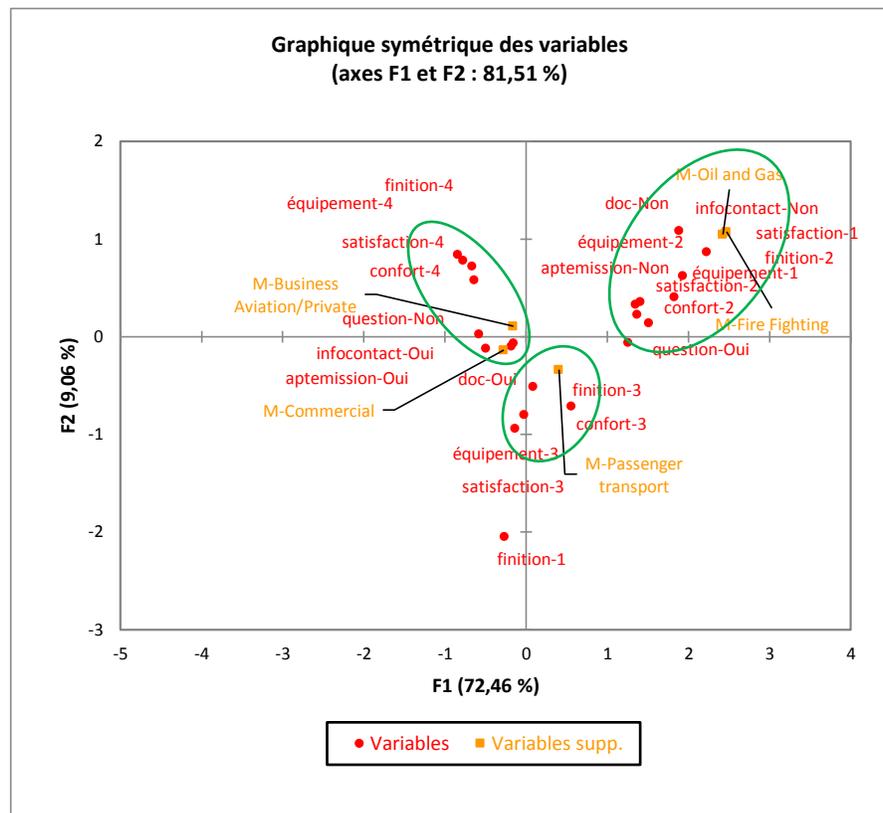


Figure C.3.9 – Hélicoptères Légers : ACM des réponses aux questionnaire PDS

#### IV. Mesure et suivi de la Voix du client

La Voix du Client, ce n'est pas uniquement analyser les besoins des clients, c'est aussi analyser leurs comportements. Or la fidélité est très fortement liée à la satisfaction client et sont toutes les deux, des éléments importants pour la réussite d'une entreprise.

##### a) Indicateurs de la fidélité client

Il existe un indicateur de la fidélité client permettant d'écouter la « Voix du Client » : Le Net Promoter Score (NPS).

Il se construit à partir de sondages qui diffèrent des enquêtes traditionnelles de satisfaction client. Cet indicateur est reconnu et utilisé par des entreprises leader au niveau international pour mesurer et améliorer la fidélité des clients.

- **Construction de l'indicateur NPS**

Il prédit la probabilité qu'un client recommande une entreprise, produit ou service à son entourage. La méthode repose sur seule question sur une échelle de 0 (Pas probable du tout) à 10 (Très probable) :

« Quelle est la probabilité que vous recommandiez cette entreprise à un ami ou un collègue ? »

On différencie alors 3 catégories de clients :

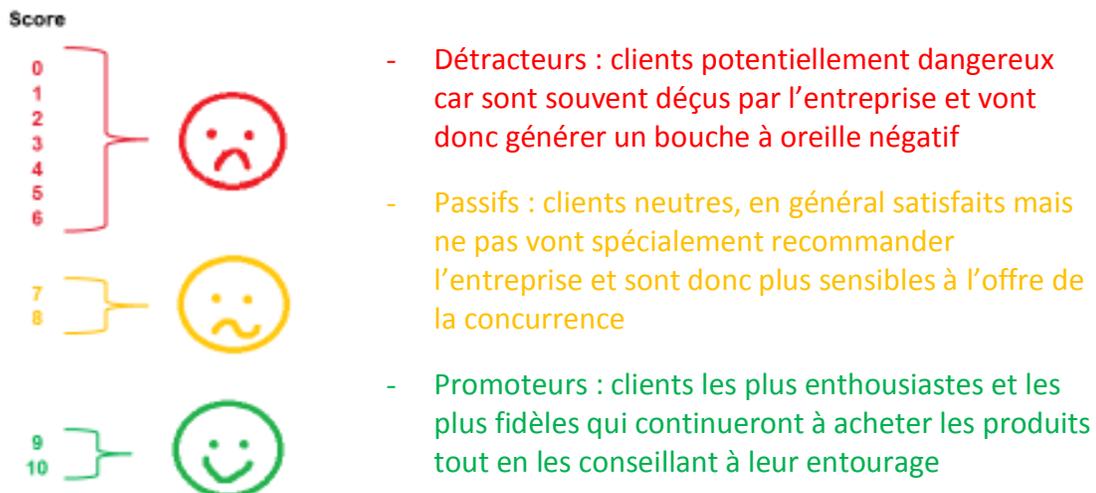


Figure C.4.1 – Catégorisation de la clientèle par l'indicateur NPS

- Calcul du NPS

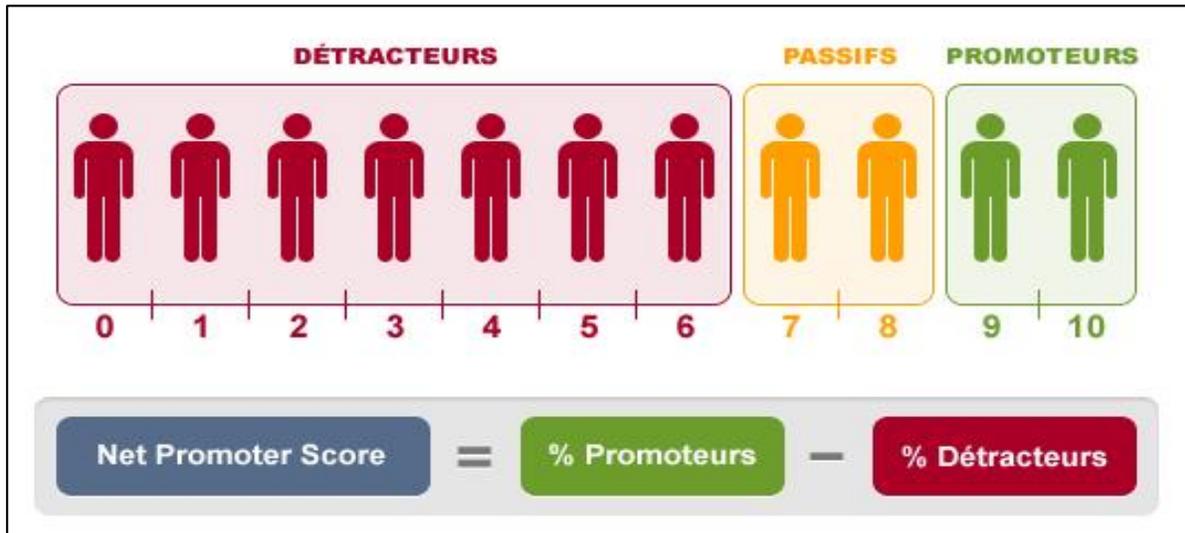


Figure C.4.2 – Méthode de calcul du NPS

Exemple :

Net Promoter Score = + 39 = 51% - 12%

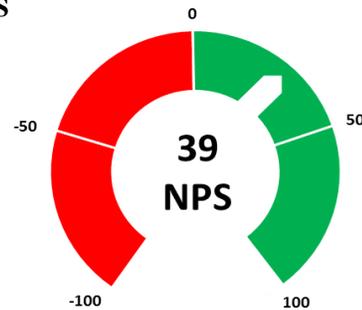


Figure C.4.3 – Jauge d'indicateur du NPS

Le NPS obtenu n'est pas un pourcentage et se situe entre -100 (tous les clients sont détracteurs) et + 100 (tous les clients sont des promoteurs).

- Objectifs du NPS

Le premier intérêt de l'indicateur NPS est de pouvoir comparer la fidélité globale des clients de l'entreprise AH au fil du temps et entre ses principaux concurrents dans le but d'anticiper leurs comportements vis-à-vis de l'entreprise.

L'autre avantage de cet indicateur est de pouvoir comparer la fidélité des clients selon le marché des missions de l'entreprise AH au fil du temps et entre ses concurrents. (Voir exemple ci-dessous)

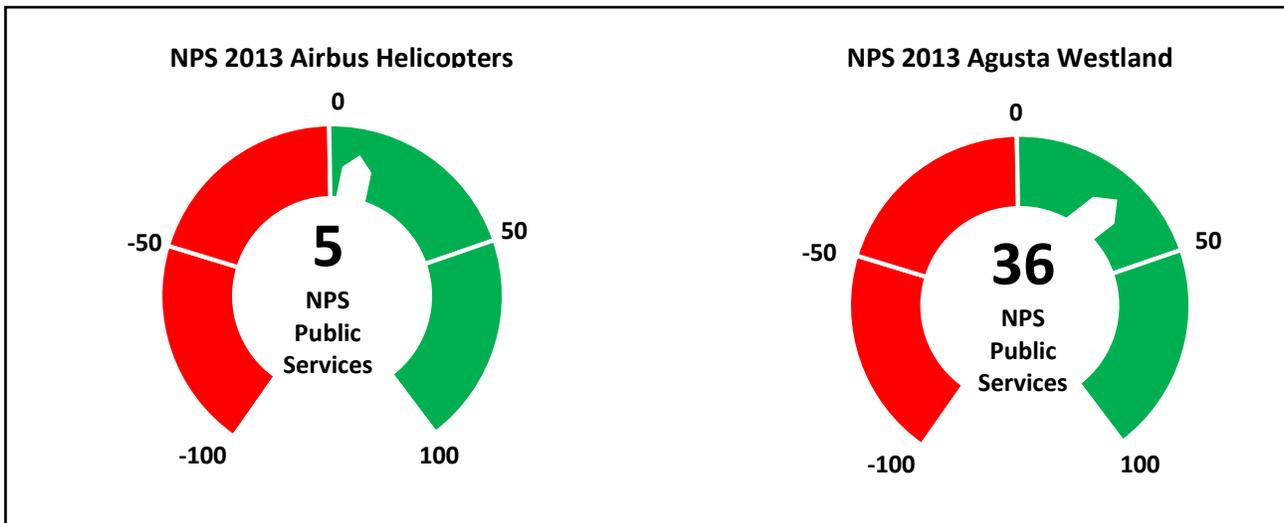


Figure C.4.4 - Comparaison du NPS entre AH et AW pour le marché des missions Public Services en 2013

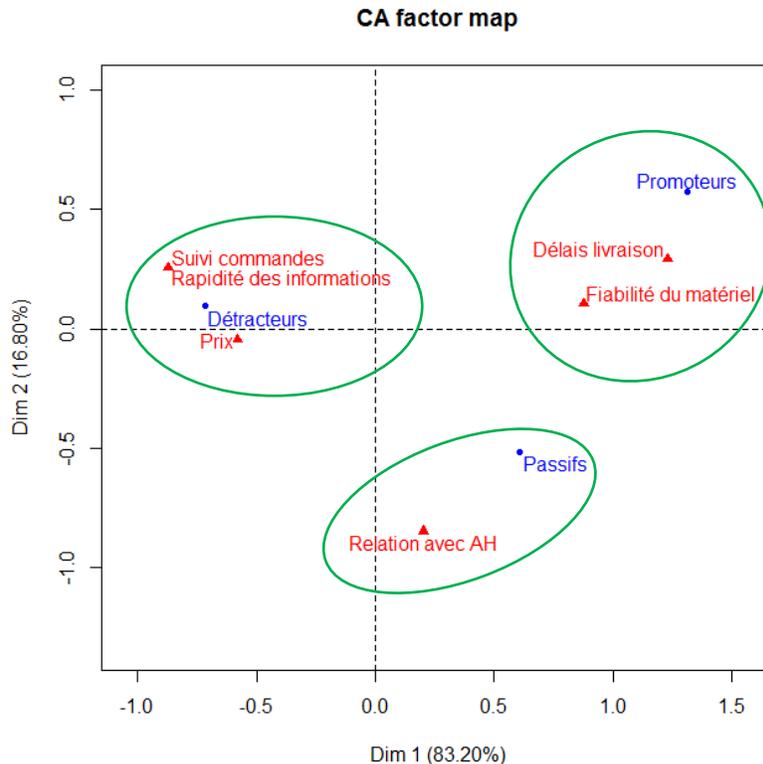
En 2013, l'entreprise d'Airbus Helicopters obtenait un NPS plus petit qu'Agusta Westland pour le marché des missions Public Services. Il possédait donc moins de clients fidèles que son concurrent. Même si le NPS d'AH reste dans la partie verte des promoteurs, il reste proche de la frontière d'avec celle des détracteurs. L'entreprise doit faire attention à ne pas perdre des clients qui pourraient se rabattre vers des rivaux possédant un NPS plus grand. En effet, ces derniers auront plus de clients promoteurs de leurs entreprises sur ce type de marché.

Mais il faut aussi savoir ce qui a influencé un tel choix dans les scores. En général, une question ouverte vient s'ajouter pour avoir plus de précisions sur les raisons :

« Pour quelles raisons principales donnez-vous cette note ? »

On peut alors identifier les menaces qui pousseraient un client à quitter une entreprise plutôt qu'une autre.

En analysant les résultats de l'enquête du Net Promotor Score par la méthode AFC, on peut déterminer des liens d'indépendances entre un type de client et un type de raison et ainsi identifier les facteurs influençant chaque catégorie de client. (Voir exemple ci-dessous)



**Figure C.4.5 – Analyse Factorielle des Correspondances de l'enquête du NPS**

Les indicateurs de fidélité comme le NPS sont des outils et non des solutions. Combinés ensemble avec d'autres indicateurs comme celui de la satisfaction client (CSAT), ils donneront une meilleure prédiction de la fidélité des clients.

Cet indicateur a l'avantage d'être facile à calculer. Les sondages sont aussi rapides à envoyer, de même que les réponses des clients.

Les questionnaires à envoyer ne seront pas tout à fait les mêmes selon le panel de clients à interroger. En effet, les entreprises concurrentes sont différentes selon le type de marché des missions.

Pour que cette méthode soit adaptée à l'entreprise d'AH, il serait plus judicieux d'avoir un suivi de ces indicateurs tous les 6 mois.

b) Indicateurs de l'impact client

La segmentation clientèle réalisée selon les critères géographiques et les missions a aussi permis d'établir par programme des indicateurs de l'impact client via les plaintes  
L'intérêt de ces indicateurs est d'identifier les différents impacts des problèmes sur chaque type de clients et de suivre par produit et dans le temps ceux qui sont réellement les plus touchés.

Par programme, l'indicateur se construit à partir de la formule suivante :

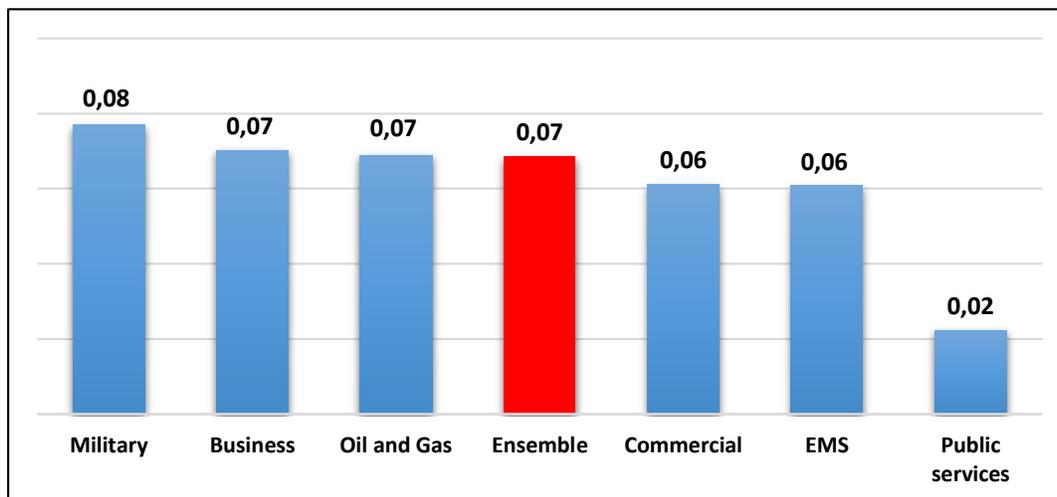
$$\frac{\text{Nombre de plaintes par type de client sur la période } T}{\text{Nombre d'appareils en service par type de client sur la période } T}$$

Comme le rapport VoC se fait tous les 2 mois sur 12 mois glissants, on analyse ces indicateurs sur 2 périodes différentes pour pouvoir faire les comparaisons des évolutions.

Exemple avec les Hélicoptères Légers :

- **Par mission**

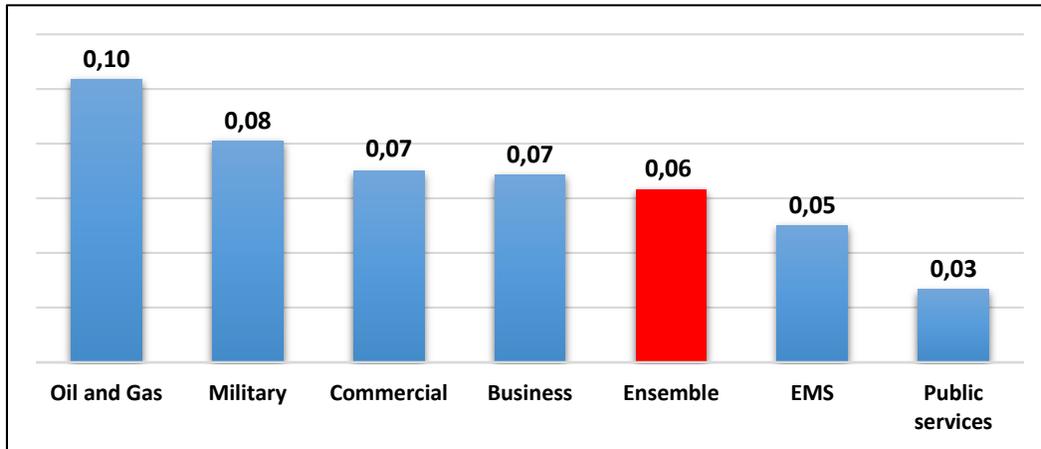
**Période 1 : Mai 2013 - Avril 2014**



**Figure C.4.6 – Hélicoptères Légers : Indicateurs de conflictualité des missions période 1**

On constate, d'après la figure ci-dessus, que si on compare avec l'ensemble des missions, l'impact diffère de très peu selon le type de mission. Excepté les missions de Public Services qui sont les moins affectées par les problèmes via les plaintes.

**Période 2 : Juillet 2013 - Juin 2014**

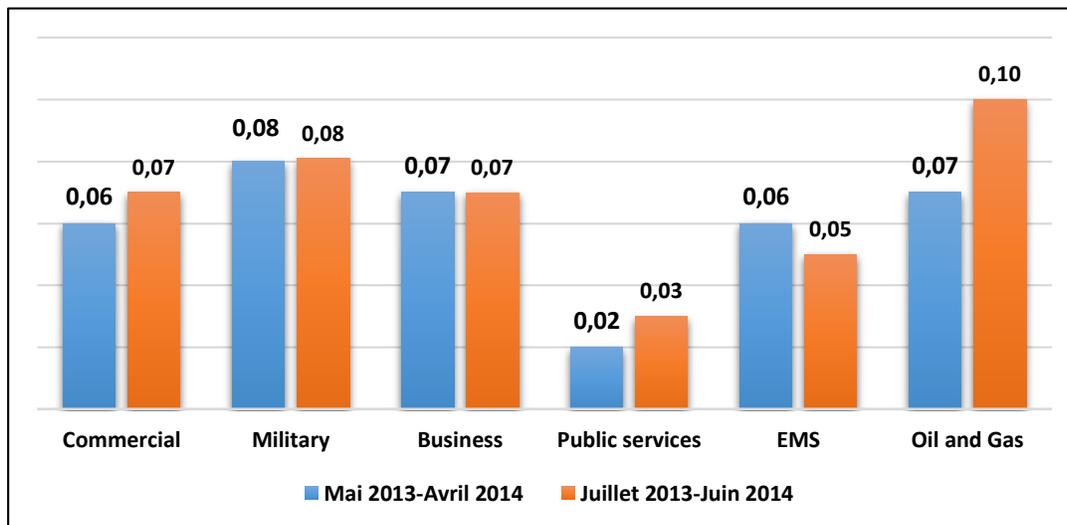


**Figure C.4.7 – Hélicoptères Légers : Indicateurs de conflictualité des missions période 2**

Maintenant, si on observe 2 mois après, 4 missions font parties de celles qui sont les plus touchées par les problèmes et notamment celles des Oil and Gas.

Ces 2 graphiques permettent donc d'identifier plusieurs profils de clients impactés par des problèmes si on se réfère à l'ensemble de la population d'un même produit (hélicoptères légers)

**Évolution des indicateurs d'impact client (mission)**



**Figure C.4.8 – Hélicoptères Légers : Évolution des indicateurs d'impact client**

- Par région géographique

*Évolution des indicateurs d'impact client (région)*

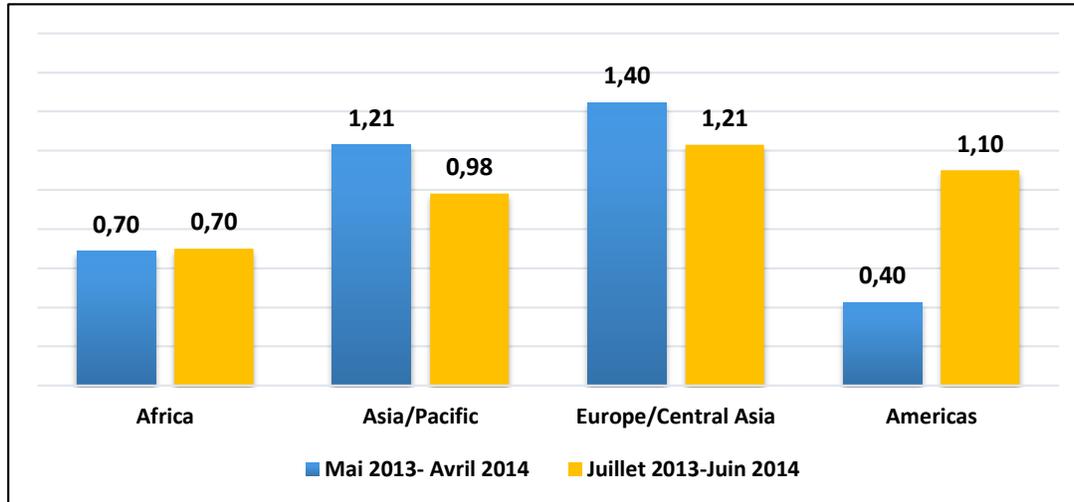


Figure C.4.9 – Hélicoptères Légers : Évolution des indicateurs d'impact client par région

Sur les 2 derniers types de graphes (Voir figures C.4.8 et C.4.9), on peut constater les différences d'impacts entre chaque type de client au fil du temps. Certaines missions et régions ont un impact identique sur les 2 périodes, d'autres au contraire ont en un qui est bien différent.

## V. Résultats

### a) Autres travaux effectués

J'ai participé à la création d'un nouvel indicateur lié aux remarques à la livraison. L'intérêt de cet indicateur est de suivre l'évolution de la performance de la livraison pour chaque type de programme car les actions de correction se font justement par programme.

Il se construit à partir de la formule suivante :

$$\frac{\text{Nombre de remarques par programme durant la période T}}{\text{Nombre de programmes livrés pendant la période T}}$$

Ces indicateurs contribueront à l'élaboration de l'OTQ4 Dashboard, rapport mensuel des indicateurs sur la livraison des hélicoptères.

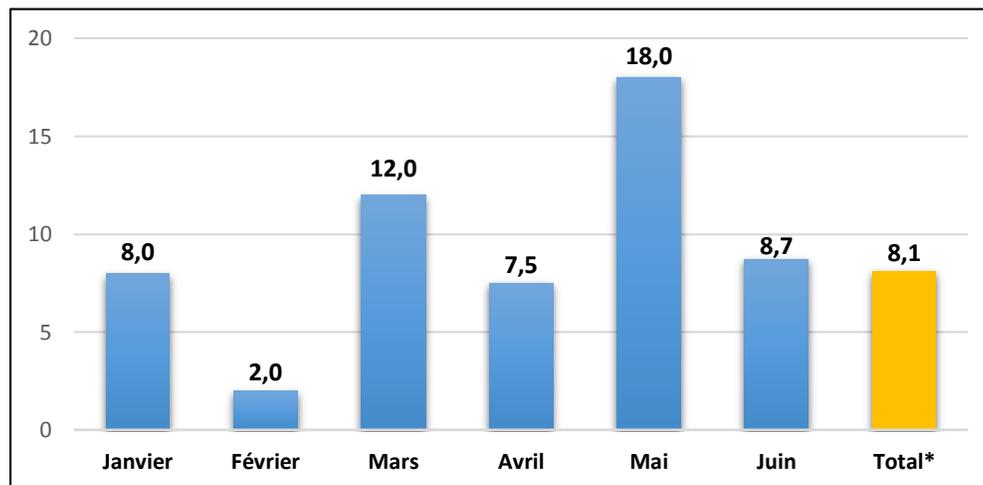


Figure C.5.1 –Super Puma : Indicateurs mensuels sur les remarques à la livraison

\*depuis le début de l'année 2014

Pour le rapport VoC, on a des indicateurs bimensuels (voir figure C.5.2) qui comparent la performance de chaque programme au fil du temps.

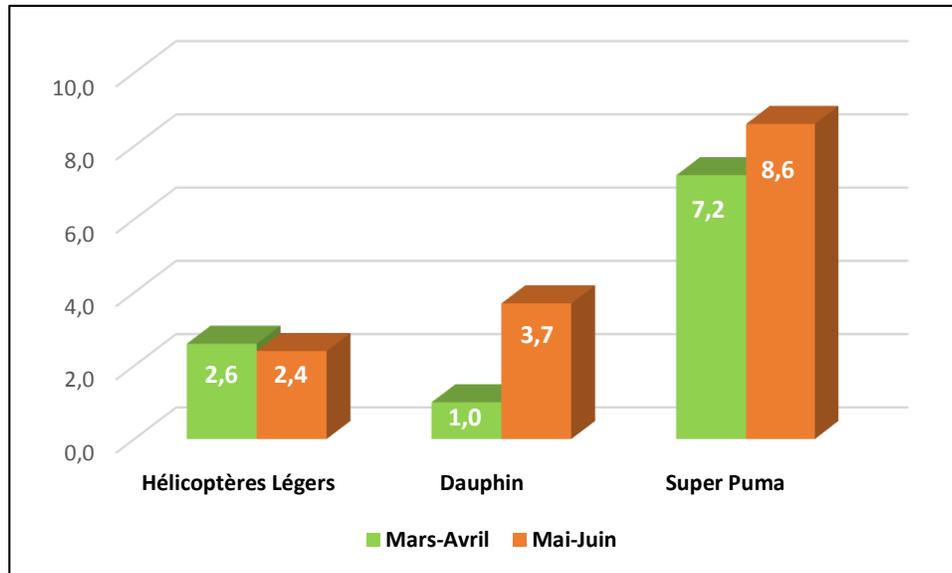


Figure C.5.2 – Indicateurs bimensuels sur les remarques de chaque programme

b) Problèmes rencontrés

J'ai pris beaucoup de temps à trier les bases de données pour pouvoir les analyser car elles sont mal harmonisées. Ces bases de données comportent également un vocabulaire d'anglais et d'abréviations technique aéronautique, ce qui a rendu l'analyse plus difficile. Enfin, certaines possèdent beaucoup de valeurs manquantes à cause d'une mauvaise saisie des données sur CRM. Les résultats obtenus sont alors moins fiables. Cependant, depuis 2013, Airbus Helicopters a commencé à établir un processus pour justement améliorer la saisie des informations de tous les départements (internes et filiales). Il est prévu que ce processus soit entièrement mis en place avant le début de l'année 2015.

c) Synthèse

Durant les 5 mois de stage, j'ai d'abord étudié comment fonctionnait l'entreprise. Puis, j'ai aussi travaillé sur les bases de données pour pouvoir bien les comprendre. J'ai par la suite, participé à l'écriture du rapport VoC du mois de mai pour apprendre comment ma tutrice effectuait l'analyse statistique des feedbacks clients. Ensuite, j'ai écrit le rapport suivant avec mes premières améliorations : la segmentation des clients dans les analyses descriptives et la mise en place des indicateurs de l'impact client.

L'analyse statistique par segmentation de la clientèle a permis d'identifier différents besoins et impacts des clients.

Ces derniers mois ont été consacrés à tester d'autres pistes d'améliorations et à écrire le rapport de stage. A ce stade, l'indicateur de fidélité et le questionnaire de Kano n'ont pas encore été appliqués et validés par mon équipe de projet. Car ces 2 méthodes étant basées sur des enquêtes, le service qui s'occupe des sondages n'a pas encore été fusionné avec le nôtre.

Le dernier mois de septembre sera consacré à 3 principales tâches :

- L'écriture du nouveau rapport VoC avec toutes les améliorations approuvées.
- L'explication de chaque méthode d'amélioration sous format powerpoint pour l'entreprise
- La recherche de nouvelles idées pour améliorer le design du rapport VoC

## Conclusion générale

Le travail fourni durant ce stage décrit plusieurs aspects de la « Voix du Client » à travers plusieurs méthodes bien différentes pour l'analyser. On y mêle les statistiques, la qualité et le marketing.

La segmentation de la clientèle par mission a permis de se rendre compte de l'importance d'inclure le type de client dans les analyses des plaintes, des remarques et des enquêtes car les besoins et les impacts de chacun sont différents.

L'utilisation des méthodes d'analyses statistiques multivariées a apporté des informations supplémentaires dans l'analyse des feedbacks clients. Ces méthodes répondent à de nouveaux objectifs : identifier les liens qui existent entre l'hélicoptère, le client et le type de problème, et établir des profils clients.

D'autres nouvelles méthodes d'analyse existent pour étudier les feedbacks clients. Comme par exemple, l'analyse des données textuelles avec le Text Mining. Cette méthode serait utile pour analyser rapidement et efficacement les remarques à la livraison. Dans ce rapport, je n'ai pas pu l'appliquer car les logiciels adaptés pour ce type d'analyse sont sous licence. (Voir détails logiciels page 43)

Le modèle de Kano et les indicateurs de fidélité sont des outils très utilisés en marketing pour analyser la Voix du Client. Le questionnaire de Kano diffère des enquêtes traditionnelles et apporte une nouvelle vision sur le type d'exigence des clients. L'innovation faisant partie des objectifs de l'entreprise, cette méthode serait alors très utile pour concevoir et développer de nouveaux produits ou services adaptés à certains types de clients. Les indicateurs VoC n'ont pas l'objectif de suivre directement la performance de l'entreprise mais plutôt de surveiller le comportement des clients dont la réussite de l'entreprise dépend.

## Conclusion personnelle

Ce stage a été pour moi très gratifiant et enrichissant car c'est ma 1<sup>ère</sup> expérience dans le monde du travail. J'ai pu alors découvrir le fonctionnement interne et complexe d'une grande entreprise comme Airbus Helicopters, référence dans l'industrie aéronautique.

J'ai eu l'opportunité de travailler dans le service de la qualité internationale et de découvrir tous les mécanismes tournant autour de la qualité des produits et des services de l'entreprise.

Au cours de ce stage, j'ai enrichi mes connaissances liées au monde aéronautique et plus particulièrement à celui des hélicoptères. À travers mes tâches, j'ai pu aussi acquérir un vocabulaire d'anglais technique de l'aéronautique.

J'ai également pris conscience de l'importance du travail en groupe. J'ai été intégrée dans une équipe internationale, ce qui m'a permis d'être plus ouverte.

Les conditions de travail ont grandement influencé la réussite de mon stage. J'ai eu, en effet, la chance de faire partie d'une équipe sympathique, soucieuse de mon travail, et d'avoir eu de bonnes relations avec les collègues de bureau.

J'ai eu aussi l'occasion de visiter certaines parties et chaînes d'assemblages du site.

Ce sujet de stage, m'a permis de prendre conscience du rôle primordial du client dans la définition de la qualité, surtout pour des produits très spécifiques que sont les hélicoptères.

Ce que j'ai beaucoup apprécié durant mon stage, c'est le travail d'analyse et de reporting.

Je souhaite travailler soit comme analyste de la qualité et de la performance, soit comme responsable de la qualité au service de la satisfaction client. Car ce qui m'intéresse le plus, c'est de pouvoir concilier analyses statistiques et méthodes qualité pour identifier les problèmes, les causes mais aussi de participer aux actions correctives. Le but recherché étant de participer activement à l'amélioration des services rendus à nos clients.

# Bibliographie

## Livres

[1] Yang Kai, « *Voice of the Customer: Capture and Analysis* » (*Six Sigma Operational Methods*), EDITION 1 (24 Octobre 2007)

[2] Husson F., Lê S., Pagès P., « *Analyse de données avec R* », EDITION PU RENNES (3 septembre 2009)

[3] Cornillon PA., Busson F., Jéqou N., Matzner-Lober E., « *Statistiques avec R* », EDITION PU RENNES (31 mai 2012)

## Sites internet

### Téléchargement gratuit de logiciels d'analyse de données

R : <http://www.r-project.org/index.html>

XLStat : <http://www.xlstat.com/fr/telechargement.html>

### Logiciels d'analyse de données sous licence :

SPAD : <http://www.coheris.com/produits/analytics/logiciel-data-mining/>

SAS : <http://www.sas.com/offices/europe/france/businessanalytics/index.html>

SPSS : <http://www-01.ibm.com/software/fr/analytics/spss/products/statistics>

### Tutoriels vidéo des méthodes d'analyses multivariées ACP, ACF, ACM, CAH sur R

[http://www.youtube.com/watch?v=f\\_lgjXVdTAK](http://www.youtube.com/watch?v=f_lgjXVdTAK)

<http://www.youtube.com/watch?v=u17atQJDkeM>

<http://www.youtube.com/watch?v=1QPRsg3Bxok>

### Tutoriel de la méthode ACM/AFCM sur XLStat

<http://www.xlstat.com/fr/centre-d-apprentissage/tutoriels/analyse-des-correspondances-multiples-acm-avec-xlstat.html>

# Glossaire

## Terminologie Entreprise

<b>AH</b>	<b>Airbus Helicopters (France)</b>
<b>AHD</b>	<b>Airbus Helicopters Deutschland (Allemagne)</b>
<b>AOG</b>	<b>Aircraft On Ground</b> Service de dépannage qui fonctionne 24h/24, 7j/7, 365j/an. L'hélicoptère ou l'avion est immobilisé au sol jusqu'à ce que l'incident soit résolu
<b>AW</b>	<b>Agusta Westland</b> Entreprise anglo-italienne concurrente d'Airbus Helicopters
<b>CRM</b>	<b>Customer Relationship Management</b> En français, Gestion de la Relation Client (GRC) logiciel permettant la communication entre l'entreprise et ses clients. Contient des bases de données permettant de stocker et de mettre à disposition toutes les informations des clients.
<b>EASA</b>	<b>European Aviation Safety Agency</b> En français, Agence de la sécurité aérienne (AESA) est une agence européenne créée en 2002 qui s'occupe de la sécurité et de la réglementation aérienne.
<b>EDQ</b>	<b>Industrie Qualité et POA France</b>
<b>EQC</b>	<b>Qualité Client</b>
<b>EQCC</b>	<b>Customer Complaints management &amp; Q subsidiaries</b>
<b>MRO</b>	<b>Maintenance, Repair and Overhaul</b> Correspond à l'ensemble des activités de maintenance, de réparations et de révisions des avions ou des hélicoptères
<b>PDS</b>	<b>Post Delivery Survey</b> Enquête de satisfaction client envoyé 6 mois après la livraison d'un appareil
<b>PSO</b>	<b>Product Support Officer</b> Agent de soutien au produit
<b>QML</b>	<b>Quality Master List</b> Classement par programme des problèmes majeurs liés à la qualité selon les 3 critères : l'impact client perçu, l'occurrence et l'effort de résolution
<b>S&amp;S</b>	<b>Support et Services</b>

<b>DMAIC</b>	<b>Define Measure Analyze Improve Control</b> Méthode de résolution de problèmes qui se déroule en 5 étapes : Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler
<b>SIPOC</b>	<b>Supplier Input Process Output Customer</b> En français, Fournisseurs Entrées Processus Sorties Clients, diagramme qui décrit un processus du fournisseur (entrées) au client (sorties) à travers ses activités
<b>VoC psq</b>	<b>Voice of the Customer on Products and Services Quality process</b> Processus appelé « Voix du Client » qui cible notamment la qualité des produits et des services
<b>RACI</b>	<b>Responsible Accountable Consulted Informed</b> Matrice décrivant les responsabilités et les rôles des intervenants au sein de chaque activité ou processus

### Terminologie Statistiques

<b>ACM/ AFCM</b>	<b>Analyse des Correspondances Multiples</b> Méthode statistique d'analyse de données, utilisée en général pour de grands tableaux de données, qui étudie la dépendance entre au moins 2 variables qualitatives et qui résume l'information présente
<b>ACP</b>	<b>Analyse en Composante Principale</b> Méthode d'analyse statistique multivariée qui étudie la dépendance entre 2 variables quantitatives et qui résume l'information présente
<b>AFC</b>	<b>Analyse Factorielle des Correspondances</b> Méthode d'analyse statistique multivariée qui étudie la dépendance entre 2 variables qualitatives et qui résume l'information présente
<b>CAH</b>	<b>Classification Ascendante Hiérarchique</b> Méthode d'analyse statistique multivariée utilisée pour construire une hiérarchie sur les individus
<b>NPS</b>	<b>Net Promoter Score</b> Indicateur qui mesure la fidélité des clients d'une entreprise

## Annexes

<b>Annexe 1 : Planning de stage</b> .....	47
<b>Annexe 2 : Post Delivery Survey (PDS)</b> .....	49
<b>Annexe 3 : Analyse des sorties R</b> .....	50
<b>Annexe 4 : Analyse sur XLStat</b> .....	56

# Annexe 1 : Planning de stage

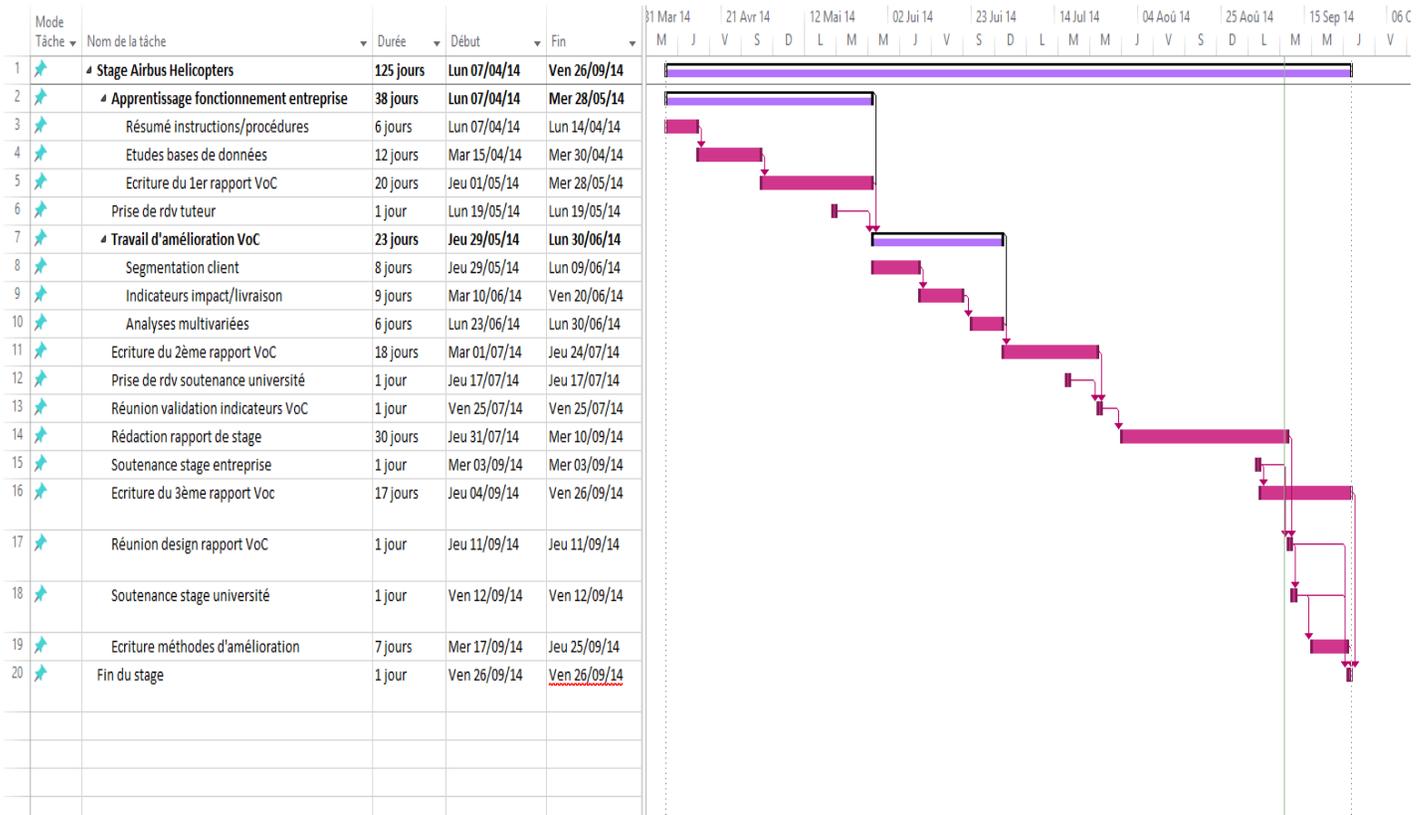


Figure 1 – Diagramme de Gantt du stage chez Airbus Helicopters

## Annexe 2 : Post Delivery Survey (PDS)

### Q1 – Satisfaction globale

1. Pas du tout satisfait / 2. Peu satisfait / 3. Satisfait / 4. Très satisfait

### Q2 – Questions sans réponses depuis la livraison

O/N

### Q3 – Documents reçus

O/N

### Q4 – Aptitude pour accomplir les missions

O/N

### Q5 – Confort

1. Pas du tout satisfait / 2. Peu satisfait / 3. Satisfait / 4. Très satisfait

### Q6 – Fiabilité de l'équipement

1. Pas du tout satisfait / 2. Peu satisfait / 3. Satisfait / 4. Très satisfait

### Q7 – Qualité de la finition

1. Pas du tout satisfait / 2. Peu satisfait / 3. Satisfait / 4. Très satisfait

### Q8 – Information sur les contacts de l'entreprise

O/N

Figure 2 – Questionnaire de l'enquête satisfaction client 6 mois après la livraison d'un hélicoptère

# Annexe 3 : Analyse des sorties R

## 1/ Étapes d'une analyse multivariée (Exemple de l'AFC sur les plaintes Super Puma)

### 1.a. Tests d'indépendance

Il est nécessaire avant de commencer l'analyse de tester l'indépendance de l'ensemble des variables étudiées. Pour tester sur des variables qualitatives, on utilise le test du Khi2 et on dessine le graphe des relations d'indépendance conditionnelles.

#### Test du Khi2:

```
> chisq.test(tabcroise, simulate.p.value=T)

Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000
replicates)

data: tabcroise
X-squared = 66.0715, df = NA, p-value = 0.0004998
```

Figure 3 – Sortie sur R du test d'indépendance du Khi2

On obtient une p-value inférieure au seuil de référence de 5%. On rejette donc l'hypothèse  $H_0$  que les variables sont indépendantes entre elles.

#### Graphique d'indépendance conditionnelle

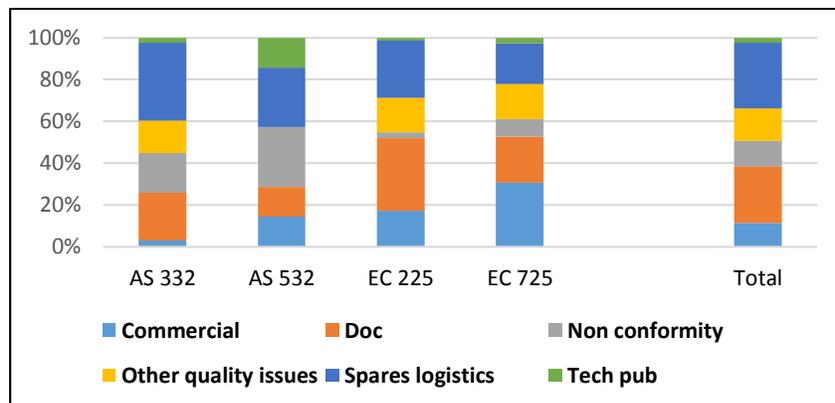


Figure 4 – Indépendance conditionnelle des plaintes Super Puma

Sur la figure D.3, on observe que la répartition des types de plaintes est différente entre chaque appareil et aussi par rapport à l'ensemble des Super Puma. Il existe bien un lien de dépendance des remarques pour chaque hélicoptère. On peut donc faire une analyse multivariée pour étudier ces relations.

### 1.b.Choix du nombre de dimensions à étudier

Pour choisir les dimensions, on analyse les vecteurs propres (c'est-à-dire de l'inertie ou de la variance expliquée) associée à chacun des axes. Le pourcentage d'inertie représente la part d'information représentée sur les graphiques d'analyses. (Voir figure D.4)

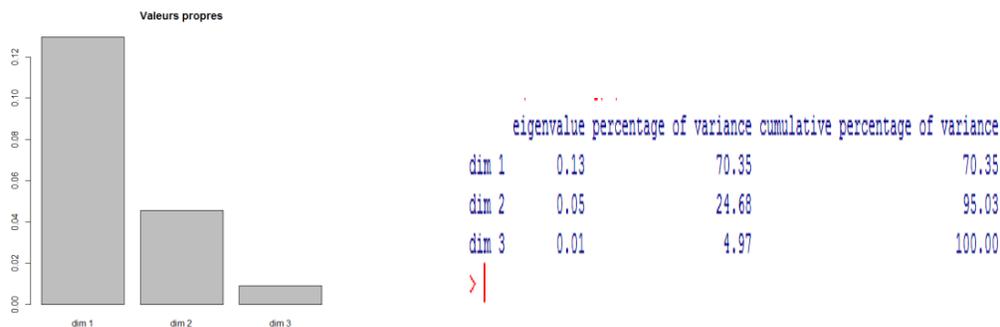


Figure 5 – Graphe des vecteurs propres et pourcentage d'inertie cumulée

Les 2 premiers axes expriment 95% de l'inertie totale ou de la variabilité totale du nuage des individus représentée par le graphe. On analysera donc sur les deux premiers axes car ils apporteront beaucoup d'information

### 1.c. Interprétation graphique

Les pourcentages d'inertie des axes 1 et 2 sont mentionnés sur le graphe de l'ACF (respectivement 70.35% et 24.68%)

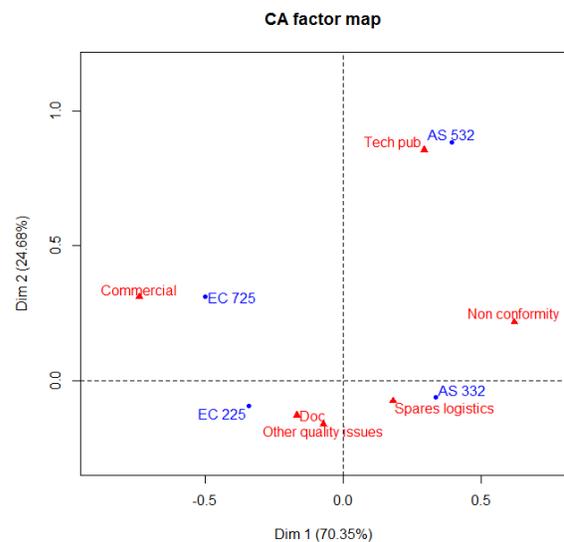


Figure 6 – Graphe de l'ACF des plaintes Super Puma

### 1.d. Contribution à la construction des axes et qualité de la représentation

```
Call:
CA(tabcroise)

Eigenvalues
      Dim.1 Dim.2 Dim.3
Variance 0.129 0.045 0.009
% of var. 70.354 24.680 4.965
Cumulative % of var. 70.354 95.035 100.000

Rows
      Dim.1 Dim.2 Dim.3
AS 332 | 0.936 42.31 0.850
AS 532 | 0.393 4.657 0.756
EC 225 | -0.341 33.869 0.89
EC 725 | -0.497 19.159 0.636
ctr
AS 332 5.069 0.008 |
AS 532 24.293 0.057 |
EC 225 21.168 0.039 |
EC 725 49.469 0.116 |

Columns
      Dim.1 Dim.2 Dim.3
Commercial | -0.736 47.77 0.838
Dec | -0.446 5.750 0.511
Non conformity | 0.62 36.339 0.871
Other quality issues | -0.072 0.608 0.124
Spares logistics | 0.180 7.857 0.847
Tech pub | 0.294 1.669 0.093
ctr
Commercial 10.739 0.013 |
Dec 28.661 0.180 |
Non conformity 13.113 0.022 |
Other quality issues 17.084 0.246 |
Spares logistics 0.373 0.003 |
Tech pub 30.030 0.118 |
```

Figure 7 – Résumé de l'ACF sur les plaintes Super Puma

Sur le graphe D.6, on obtient en sortie du logiciel R, un résumé de l'analyse AFC.

On obtient le pourcentage d'inertie associée à chaque dimension. Par exemple, la 1<sup>ère</sup> dimension de la variable non conformity explique 62% de l'inertie totale. (Voir en bleu).

On a aussi les résultats de chaque variable sur 3 dimensions par défaut et leur contribution dans la construction des axes. Par exemple, les plaintes liées aux problèmes commerciales contribuent représentent 47% de l'information sur l'axe 1. (Voir en vert)

La qualité de la représentation de chaque variable dépend du cosinus de l'angle par rapport à l'axe. Plus le cosinus est proche de 1, plus la variable sera bien représentée sur le graphe de l'ACF. Par exemple, l'EC 225, et l'AS 332 sont bien représentés sur l'axe 1 car ils possèdent des cosinus supérieurs à 0.7. (Voir en rouge). L'ensemble des variables des remarques et des appareils sont bien représenté sur les 2 axes.

## 2/ Analyse ACP et CAH des remarques à la livraison Super Puma

### 2.a.Choix du nombre de dimension à étudier

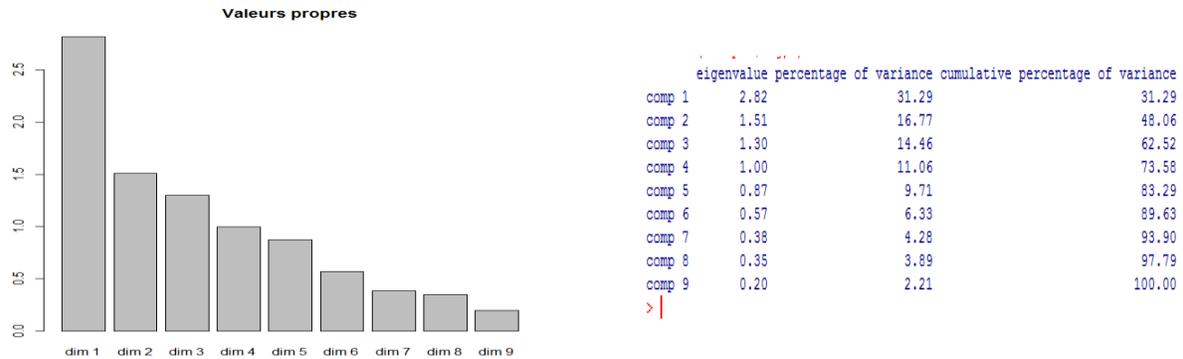
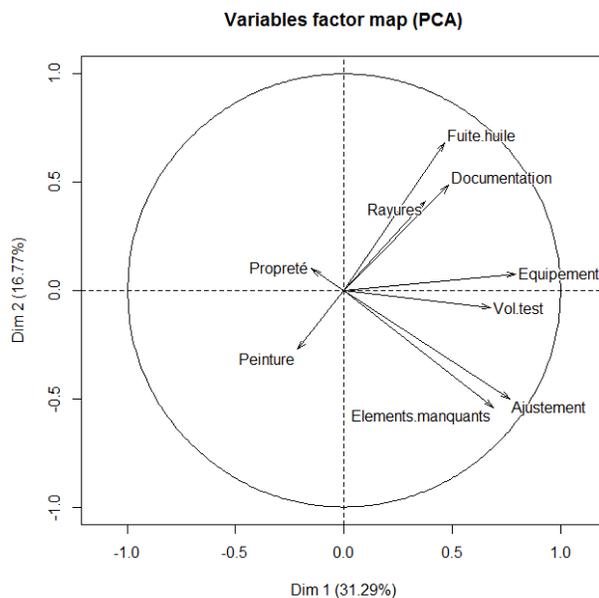


Figure 8 – Graphe des vecteurs propres et pourcentage d’inertie cumulée

Les 4 premiers axes permettent d’expliquer 73% de l’inertie totale. Ici, on peut analyser les 4 dimensions.

### 2.b.Interprétation graphique



Sur la figure 9, on constate que l’axe 2 oppose les variables de peinture et de propreté aux autres variables. Autrement dit, un client faisant des remarques sur la peinture, la propreté n’en fait pas ou très peu sur le reste.

Figure 9– ACP sur les types de remarques à la livraison

## 2.c. Classification Ascendante Hiérarchique

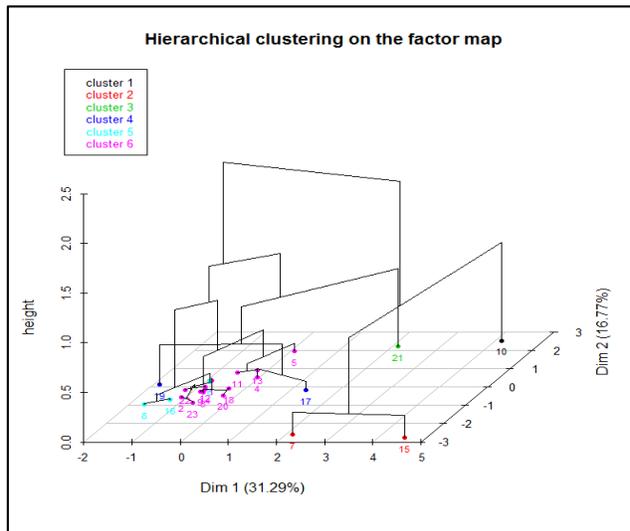


Figure 10– Classification ascendante hiérarchique

La figure 10 illustre l'arbre hiérarchique sur le plan de l'ACP. Il renseigne sur 3 informations : le plan de l'ACP, l'arbre hiérarchique et l'appartenance aux classes avec les couleurs des individus.

```
> cla$desc.var
$quanti.var
          Eta2      P-value
Peinture    0.8851346 1.997551e-07
Elements.manquants 0.8067227 1.473812e-05
Ajustement  0.8010961 1.863807e-05
Propreté    0.7457483 1.368584e-04
Rayures     0.6951157 5.853350e-04
Documentation 0.6720304 1.042627e-03
Equipement  0.5658874 9.110493e-03
Fuite.huile 0.5306122 1.635459e-02
Vol.test    0.4912442 2.954226e-02
```

Figure 11– Description des classes par les variables qualitatives

Sur la figure ci-dessus, on obtient des informations sur le rapport de corrélation entre la variable qualitative (la remarque) et la variable de classe. Par exemple, la peinture est très fortement liée avec sa classe car le rapport de corrélation est proche de 1. (Voir en vert)

```

$quantif$3`
v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd
Rayures 3.861078 6 0.8695652 NA 1.3287571
Vol.test 2.101459 2 0.3913043 NA 0.7655138
p.value
Rayures 0.0001128879
Vol.test 0.0356007122

$quantif$4`
v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd
Propreté 3.979622 4 0.4782609 2 1.28095
p.value
Propreté 6.902487e-05

$quantif$5`
v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd
Peinture 4.352817 6.666667 1.434783 1.247219 2.183457
p.value
Peinture 1.343995e-05

$quantif$6`
v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd
Ajustement -2.224039 1.0000000 2.4782609 1.1952286 3.888328
Equipement -2.440986 0.3571429 0.7826087 0.6102860 1.019656
Peinture -2.695867 0.4285714 1.4347826 0.6226998 2.183457
p.value
Ajustement 0.026145847
Equipement 0.014647222
Peinture 0.007020559

```

Figure 12– Caractérisation des classes par les types de remarque

Sur l'exemple ci-dessus, on peut caractériser la classe 3 aux remarques liées aux rayures et au vol test. (Voir en rouge)

```

$dist
cluster: 1
10
5.838836
-----
cluster: 2
15 7
6.053680 4.092037
-----
cluster: 3
21
5.159499
-----
cluster: 4
19 17
4.471663 3.329716
-----
cluster: 5
8 16 6
3.492648 2.921700 2.437238
-----
cluster: 6
5 1 13 12 18
3.981935 3.290223 3.176026 3.103671 3.090322

```

Figure 13– Clients les plus caractéristiques d'une classe

La figure 13 illustre les clients les plus caractéristiques d'une classe.

Le client le plus caractéristique est celui le plus éloigné du centre de gravité des autres classes. Il correspond au premier de la liste. Le dernier est le moins caractéristique car il est plus proche des autres classes.

## Annexe 4 : Analyse sur XLStat

XLStat est un logiciel d'analyse de données sous licence mais gratuit pendant 30 jours. Il permet d'effectuer plus facilement les méthodes d'analyses multivariées. Dans l'exemple qui suit, nous utiliserons ce logiciel pour analyser les réponses de l'enquête de satisfaction envoyée 6 mois après livraison d'un appareil avec la méthode ACM.

### 1.b. Réalisation d'une ACM avec XLStat

Dans la barre des tâches en haut, il faut cliquer sur « Analyse des données » puis choisir « Analyse des Correspondances Multiples (ACM) ».

The screenshot shows the XLStat software interface. At the top, there is a menu bar with options like FICHIER, ACCUEIL, INSERTION, CoSign, MISE EN PAGE, FORMULES, DONNÉES, RÉVISION, AFFICHAGE, and COMPL. Below the menu bar is a formula bar showing 'A1' and a function icon. The main area displays a data table with columns A through J and rows 1 through 22. The columns are labeled: A (client), B (satisfactio), C (confort), D (équipemé), E (finition), F (question), G (doc), H (aptemissi), I (infoconta), and J (M). The rows contain data for clients C1 through C22. A dialog box titled 'Analyse des Correspondances Multiples (ACM)' is open over the data table. The dialog box has several tabs: Général, Options, Données supp., Données manq., Sorties, and Graphiques. The 'Général' tab is active. It contains the following settings: 'Tableau observations/variables : Feuil 1!\$B:\$I', 'Format des données : Tableau observations/variables', 'Libellés des variables' (checked), and 'Libellés des observations : Feuil 1!\$A:\$A'. The 'OK', 'Annuler', and 'Aide' buttons are visible at the bottom of the dialog box.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	client	satisfactio	confort	équipemé	finition	question	doc	aptemissi	infoconta	M
2	C1	4	4	4	4	Non	Oui	Oui	Oui	Busine
3	C2	4	4	3	3	Non	Oui	Non	Oui	Comme
4	C3	3	3	2	3	Non	Oui	Oui	Oui	Comme
5	C4	3	4	4	4	Non	Oui	Oui	Oui	Passen
6	C5	3	3	3	3	Non	Oui	Oui	Oui	Busine
7	C6	3							Oui	Busine
8	C7	3							Oui	Comme
9	C8	3							Oui	Passen
10	C9	4							Oui	Comme
11	C10	2							Oui	Busine
12	C11	1							Non	Fire Fig
13	C12	2							Oui	Busine
14	C13	4							Oui	Comme
15	C14	3							Oui	Comme
16	C15	3							Oui	Passen
17	C16	3							Oui	Comme
18	C17	4							Oui	Comme
19	C18	4							Oui	Busine
20	C19	3	3	1	3	Oui	Oui	Oui	Oui	Comme
21	C20	3	3	3	1	Non	Oui	Oui	Oui	Busine
22	C21	3	3	3	3	Non	Oui	Oui	Oui	Comme
22	C22	1	2	1	2	Oui	Oui	Non	Non	Oil and

Dans la fenêtre qui apparaît, choisir comme observations/variables les colonnes des questions et comme libellés des observations la première colonne des individus. (En vert)

Puis dans l'onglet « Données supp. », choisir comme données qualitatives supplémentaires la colonne des missions. (En vert) et cliquer OK. Il apparaît tout le résumé des résultats de l'analyse ACM.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	client	satisfacti	confort	équipemé	finition	question	doc	aptemissi	infocontat	M	
2	C1	4	4	4	4	Non	Oui	Oui	Oui	Business Aviation/Priv.	
3	C2	4	4	3	3	Non	Oui	Non	Oui	Commercial	
4	C3	3	3	2	3	Non	Oui	Oui	Oui	Commercial	
5	C4	3	4	4	4	Non	Oui	Oui	Oui	Passenger transport	
6	C5	3	3	3	3	Non	Oui	Oui	Oui	Business Aviation/Priv.	
7	C6	3							Oui	Business Aviation/Priv.	
8	C7	3							Oui	Commercial	
9	C8	3							Oui	Passenger transport	
10	C9	4							Oui	Commercial	
11	C10	2							Oui	Business Aviation/Priv.	
12	C11	1							Non	Fire Fighting	
13	C12	2							Oui	Business Aviation/Priv.	
14	C13	4							Oui	Commercial	
15	C14	3							Oui	Commercial	
16	C15	3							Oui	Passenger transport	
17	C16	3							Oui	Commercial	
18	C17	4							Oui	Commercial	
19	C18	4							Oui	Business Aviation/Priv.	
20	C19	3	3	1	3	Oui	Oui	Oui	Oui	Commercial	
21	C20	3	3	3	1	Non	Oui	Oui	Oui	Business Aviation/Priv.	
22	C21	3	3	3	3	Non	Oui	Oui	Oui	Commercial	
23	C22	1	3	1	2	Oui	Oui	Non	Non	Oil and Gas	
24	C23	1	3	2	2	Oui	Oui	Non	Oui	Passenger transport	
25	C24	2	3	3	2	Oui	Oui	Non	Oui	Commercial	

Analyse des Correspondances Multiples (ACM)

Général | Options | Données supp. | Données manq. | Sorties | Graphiques

Observations supplémentaires :  Variables supplémentaires :

Aléatoire  Quantitatives :

Nombre d'observations : 1

Variable de groupe :

Qualitatives : Feuill1[;:;]

OK Annuler Aide

## 2.b.Choix du nombre de dimension à étudier

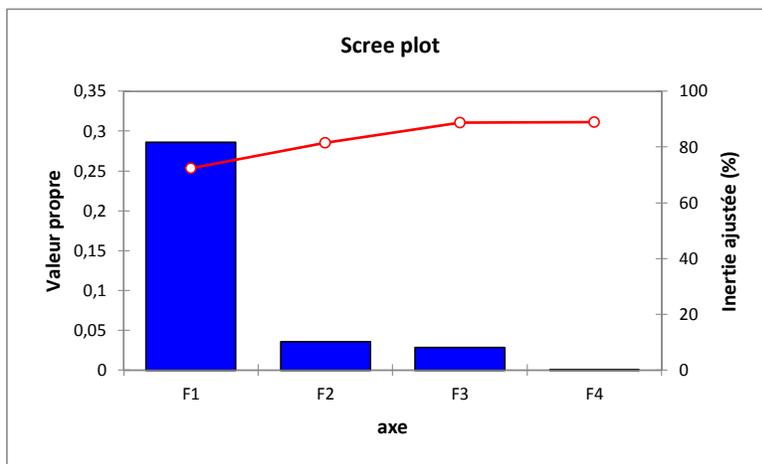


Figure 11 – Valeurs propres et pourcentages d'inertie cumulée

Les 2 premiers axes représentent plus de 80% de l'inertie totale et donc apportent beaucoup d'information. On concentrera notre analyse sur ces 2 axes.

## 2.c. Interprétation graphique

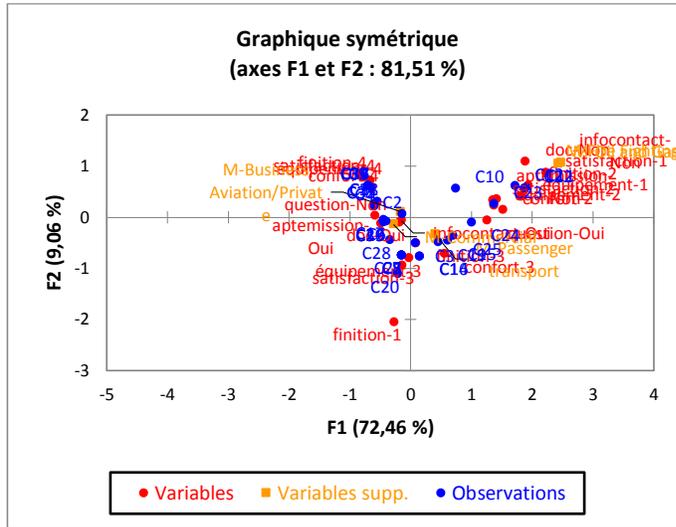


Figure 12 – ACM sur les réponses aux questionnaire PDS

Sur un même graphe, apparaissent les individus, les variables supplémentaires (les missions) et les variables actives (les questions).

## 1.d. Contribution à la construction des axes

Contributions (Variables) :						
	Poids	Poids (relatif)	F1	F2	F3	F4
satisfaction-1	3	0,011	0,090	0,028	0,122	0,047
satisfaction-2	4	0,014	0,044	0,005	0,166	0,040
satisfaction-3	15	0,054	0,002	0,163	0,002	0,000
satisfaction-4	13	0,046	0,047	0,097	0,000	0,000
confort-2	2	0,007	0,028	0,000	0,150	0,000
confort-3	15	0,054	0,029	0,094	0,028	0,020
confort-4	18	0,064	0,044	0,074	0,001	0,016
équipement-1	3	0,011	0,060	0,006	0,190	0,022
équipement-2	3	0,011	0,034	0,002	0,063	0,257
équipement-3	15	0,054	0,000	0,118	0,005	0,008
équipement-4	14	0,050	0,037	0,089	0,000	0,005
finition-1	1	0,004	0,000	0,052	0,002	0,089
finition-2	4	0,014	0,090	0,019	0,013	0,176
finition-3	19	0,068	0,001	0,061	0,000	0,140
finition-4	11	0,039	0,046	0,096	0,001	0,022
question-Non	24	0,086	0,048	0,000	0,002	0,007
question-Oui	11	0,039	0,106	0,001	0,004	0,016
doc-Non	3	0,011	0,065	0,043	0,022	0,104
doc-Oui	32	0,114	0,006	0,004	0,002	0,010
aptemission-Non	9	0,032	0,108	0,014	0,018	0,008
aptemission-Oui	26	0,093	0,038	0,005	0,006	0,003
infocontact-Non	2	0,007	0,072	0,028	0,192	0,010
infocontact-Oui	33	0,118	0,004	0,002	0,012	0,001
M-Business Aviat	13	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000
M-Commercial	16	0,057	0,000	0,000	0,000	0,000
M-Fire Fighting	1	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
M-Oil and Gas	1	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
M-Passenger tran	4	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000

Figure 13 – Contribution des variables dans la construction des axes

Sur la figure 13, il est normal que les missions obtiennent des valeurs nulles car sont des valeurs supplémentaires et ne participent donc pas à la construction des axes.

### 1.e. Qualité de la représentation des axes

	F1	F2	F3	F4
satisfaction-1	0,465	0,071	0,293	0,062
satisfaction-2	0,236	0,014	0,410	0,054
satisfaction-3	0,014	0,661	0,007	0,000
satisfaction-4	0,355	0,360	0,000	0,000
confort-2	0,140	0,001	0,348	0,000
confort-3	0,238	0,381	0,106	0,042
confort-4	0,431	0,354	0,002	0,039
équipement-1	0,314	0,015	0,454	0,029
équipement-2	0,177	0,005	0,150	0,337
équipement-3	0,000	0,478	0,021	0,018
équipement-4	0,292	0,346	0,000	0,010
finition-1	0,002	0,124	0,004	0,110
finition-2	0,484	0,050	0,031	0,239
finition-3	0,010	0,308	0,002	0,368
finition-4	0,320	0,324	0,003	0,039
question-Non	0,730	0,002	0,013	0,027
question-Oui	0,730	0,002	0,013	0,027
doc-Non	0,335	0,110	0,052	0,137
doc-Oui	0,335	0,110	0,052	0,137
aptemission-Non	0,692	0,044	0,052	0,013
aptemission-Oui	0,692	0,044	0,052	0,013
infocontact-Non	0,364	0,068	0,446	0,012
infocontact-Oui	0,364	0,068	0,446	0,012
M-Business Aviat	0,015	0,007	0,075	0,003
M-Commercial	0,065	0,016	0,001	0,001
M-Fire Fighting	0,180	0,034	0,206	0,095
M-Oil and Gas	0,173	0,032	0,227	0,024
M-Passenger tran	0,021	0,015	0,012	0,052

**Figure 14 – Sortie XLStat des cosinus carrés des variables**

Sur la figure ci-dessus, on voit apparaître certaines variables avec un cosinus d'environ 0.7. Ils sont donc mieux représentés que les autres variables. (Voir en jaune)