



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par l'Université Toulouse 2 - Jean Jaurès

**Cotutelle internationale avec l'Université Virtuelle de Tunis
Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue ISEFC**

Présentée et soutenue par :

Afifa MAHJOUB

Le lundi 12 Juillet 2021

**Analyse de l'action didactique conjointe lors de l'enseignement et l'étude du
phénomène de dissolution en 1ère année du secondaire tunisien**

Tome I

Ecole doctorale : **CLESCO - Comportement, Langage, Education, Socialisation,
Cognition**

Spécialité : **Sciences de l'éducation**

Unité de recherche :

EFTS - Laboratoire Education, Formation, Travail et Savoirs

Thèse dirigée par

Patrice VENTURINI et Chiraz BEN KILANI

Jury

M. Abdelmajid NACEUR, Rapporteur

Mme Valérie MUNIER, Rapporteur

M. Manef ABDERRABBA, Examinateur

Mme Karine BECU-ROBINAULT, Examinatrice

M. Patrice VENTURINI, Directeur de thèse

Mme Chiraz BEN KILANI, Directrice de thèse

Remerciements

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux à M. Patrice VENTURINI et à Mme. Chiraz BEN KILANI, mes directeurs de thèse.

Merci à M. Patrice qui m'a permis, par sa confiance et son soutien dans les pires moments de doute, de mener ce travail à son terme. Je le remercie également pour ses qualités scientifiques et humaines.

Je remercie Mme Chiraz pour le soutien continu qu'elle m'a présenté pendant ces années, pour être toujours présente par ses conseils et pour avoir assuré la cotutelle de cette thèse.

Je la remercie également pour son amitié à laquelle j'attache une grande valeur.

Je tiens aussi à remercier M. Addelmajid Naceur et Mme Valérie Menier pour avoir bien voulu rapporter ce humble travail.

Je remercie également M. Manef ABDERRABBA et Mme Karine BECU-ROBINAULT pour l'honneur qu'ils m'ont fait d'être dans mon jury de thèse.

Je ne peux oublier l'enseignante et ses élèves qui ont participé et coopéré dans la construction du corpus de ce travail. J'avoue que ce travail n'aurait pas vu le jour sans eux.

Merci aussi à tous les élèves que j'ai eus au fil de ces années, pour leur contribution, sans le savoir, à ma réflexion sur les pratiques d'enseignement et d'étude.

Je remercie aussi mes collègues pour leur soutien et leur aide si précieuse, en particulier pendant les périodes chargées.

Un clin d'œil à Zeineb, une amie exceptionnelle, qui a réussi à sa façon de m'encourager.

Enfin, je ne saurais témoigner toute ma reconnaissance et mon amour à ma famille à laquelle je dois tout ce que je suis ; en particulier mes parents, mon mari et mes deux princes.

Je vous adore mes chers.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	8
PARTIE 1 : CADRE THÉORIQUE ET CONSTRUCTION DE LA PROBLÉMATIQUE	10
CHAPITRE 1 : LE PHÉNOMÈNE DE DISSOLUTION : ÉTUDE INSTITUTIONNELLE, SCIENTIFIQUE, ÉPISTÉMOLOGIQUE ET DIDACTIQUE	11
1. Étude institutionnelle	11
2. Le phénomène de dissolution : aperçu historique et aperçu scientifique	17
3. Étude épistémologique : Le processus de modélisation en sciences 21	
4. Étude didactique	26
5. Conclusion	29
CHAPITRE 2 : DÉCRIRE LES PRATIQUES ENSEIGNANTES	31
1. Les pratiques enseignantes : Une diversité d'approches	31
2. L'analyse des pratiques d'enseignement en sciences physiques et chimiques : Revue de quelques travaux récents	32
3. Échelles d'analyse	36
4. Conclusion	50
CHAPITRE 3 : PROBLÉMATIQUE	51
PARTIE 2 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE	54
CHAPITRE 1 : RECUEIL ET CONSTRUCTION DES DONNÉES.....	55
1. Principes généraux.....	55
2. Collecte des données	56
3. La construction des données	57
4. Conclusion	68
CHAPITRE 2 : TRAITEMENT DES DONNÉES	69
1. Les données traitées	69
2. Principes généraux du traitement des données	70
3. Conclusion	74

PARTIE 3 : RÉSULTATS	76
CHAPITRE 1 : ANALYSE DE LA SÉANCE S1.....	77
1. Présentation de la séance S1.....	77
2. Analyse des jeux de S1	80
3. Analyse didactique de la séance S1.....	164
CHAPITRE 2 : ANALYSE DE LA SÉANCE S4.....	175
1. Présentation de la séance	175
2. Analyse des jeux de S4	177
3. Analyse didactique de la séance S4.....	209
CHAPITRE 3 : UNE SYNTHÈSE DES ANALYSES	218
1. La caractérisation des pratiques observées	219
2. Conclusion	222
PARTIE 4 : DISCUSSION ET CONCLUSION.....	223
CHAPITRE 1 : DISCUSSION	224
1. Aspects théoriques : Échelles mobilisées et compatibilité des outils convoqués	224
2. Aspects méthodologiques	225
3. Discussion des résultats.....	226
CHAPITRE 2 : CONCLUSION ET PERSPECTIVES ENVISAGÉES	228
1. Conclusion	228
2. Perspectives envisagées.....	228
BIBLIOGRAPHIE	231
TABLE DES MATIÈRES.....	239

Introduction

Notre étude s'inscrit dans le courant des travaux sur les pratiques d'enseignement et d'étude qui visent une meilleure description de cette activité humaine complexe à des fins de compréhension (Bru, 2002).

La nécessité de ces travaux s'impose, lorsqu'on s'interroge sur la situation de l'enseignement scientifique dans un pays qui connaît ces dernières années une régression continue du taux d'orientation de ses élèves vers les formations scientifiques, en estimant que ces pratiques pourraient affecter l'intérêt des jeunes pour la science. En effet, les statistiques du ministère montrent que le taux d'orientation vers les sections scientifiques passe de 47,9% en 2016/2017 à 45,8% en 2017/2018 (contre une augmentation d'orientation vers la section économie et services de 27,2% à 29,4% pour la même période) (Ministère De l'Education, 2018).

La situation de l'enseignement scientifique en Tunisie est largement abordée dans le « livre blanc » publié par le ministère de l'éducation (Ministère De l'Education, 2016), dans le cadre de la réforme de 2016 – 2020. Dans ce livre, les concepteurs exposent une vision d'un projet de société et de civilisation qui voit dans l'école « une locomotive des transformations scientifiques, technologiques, et économiques actuelles et futures » (p. 7).

Notre travail s'inscrit dans cette préoccupation. Nous estimons que comprendre des pratiques d'une grande complexité peut contribuer à mieux comprendre la situation de l'enseignement des sciences dans nos lycées. Nous posons donc la question de savoir quelles pratiques sont produites quand l'enseignant et les élèves « font » de la science dans la classe d'aujourd'hui. Pour répondre à cette question, nous avons choisi d'identifier les caractéristiques de ces pratiques d'enseignement et d'étude et d'explorer leurs différentes dimensions lorsqu'il s'agit d'aborder un savoir particulier, celui du phénomène de dissolution pour des élèves au début du secondaire où se dessinent les traces de leur orientation. Nous décrivons ainsi le milieu incubateur de l'action didactique, la nature des savoirs produits en classe, et la place occupée par l'enseignant et les élèves quand le savoir est en jeu.

Décrire l'action didactique en lien avec le savoir pourrait conduire à notre avis, à comprendre les leviers et les freins à l'enseignement des sciences sur la base d'analyses de pratiques effectives.

Le choix pour le phénomène de dissolution n'est pas arbitraire. En effet, ce phénomène et le concept « concentration » qu'il aborde, sont centraux dans plusieurs branches scientifiques (chimie des solutions, biologie, biochimie et physique). À première vue, ce concept pourrait sembler simple et peu intéressant : « Après tout, il s'agit de prendre sa calculatrice et de diviser une valeur par une autre » pourraient dire certains. Mais si ces derniers s'arrêtent un instant à demander à un apprenant : « Que vaut la concentration en sucre de seulement 100 mL d'une solution sucrée à 10 g/L ? », ils seront peut-être surpris de constater que la réponse tarde souvent à venir surtout si elle est correcte.

Dans ce manuscrit, nous commençons, dans une 1^{ère} partie, consacrée à l'exposition du cadre théorique de la recherche, par présenter dans un premier chapitre le contexte institutionnel, scientifique, épistémologique et didactique dans lequel s'inscrivent l'enseignement et l'étude du phénomène de dissolution en général, et le concept « concentration » en particulier. Nous présentons dans un second chapitre quelques travaux récents sur les pratiques d'enseignement et d'étude en sciences physiques et chimiques. Nous introduisons à la suite, les différentes échelles d'analyses que nous utilisons dans notre description de l'action didactique, et qui vont nous permettre de construire le cadre théorique qui nous a permis de poser nos questions de recherches. Nous optons pour une combinaison d'outils théoriques, adaptée à la variété d'échelles temporelles de description (notamment la théorie de l'action conjointe en didactique et la théorie des deux mondes). Nous discutons ensuite la notion de continuité et son importance dans la caractérisation du savoir produit. Dans le chapitre 3, le dernier de cette première partie, nous présentons nos questions de recherche qui découlent de notre problématique et notre cadre théorique.

La deuxième partie est consacrée à expliciter la méthodologie. Dans un premier chapitre, nous détaillons notre dispositif d'étude et la construction des données recueillies. Nous présentons dans le second chapitre la méthode d'analyse de ces données, qui prend en compte les différentes échelles d'examen choisies.

Nous exposons, dans les deux premiers chapitres de la troisième partie, les résultats de nos différentes analyses synthétisés par la caractérisation des pratiques d'enseignement et d'étude observées au cours des séances analysées.

La conclusion reprend l'essentiel de notre travail et propose des perspectives pour la recherche et la formation des enseignants.

Partie 1 : Cadre théorique et construction de la problématique

Dans ce travail, nous nous intéressons à l'analyse des pratiques d'enseignement et d'étude relatives à des savoirs particuliers de la chimie, ceux liés au phénomène de dissolution en première année du lycée tunisien (grade 10, élèves de 15-16 ans) afin de décrire et comprendre ces pratiques. Dans la première partie de cet écrit, nous proposons les éléments théoriques de notre travail qui seront architecturés de la manière suivante.

Dans un premier chapitre, nous donnerons des éléments de référence institutionnels, scientifiques, épistémologiques et didactiques correspondants au phénomène de dissolution.

Dans le second chapitre, nous nous intéresserons aux pratiques enseignantes. Nous évoquerons d'abord brièvement les courants théoriques qui ont soutenu les travaux de recherche sur les pratiques enseignantes ces dernières décennies. Nous citerons par la suite quelques travaux récents en physique et chimie s'intéressant à l'analyse des pratiques d'enseignement et d'étude mobilisant différents cadres théoriques et différentes échelles temporelles dans l'analyse de l'action didactique. Nous nous situons dans le prolongement de ces travaux et nous aborderons la question de la temporalité de l'activité didactique étudiée et sa déclinaison en différentes échelles.

En nous appuyant sur les éléments théoriques associés aux échelles choisies, nous exposerons dans le dernier chapitre la problématique de notre recherche.

Chapitre 1 : Le phénomène de dissolution : Étude institutionnelle, scientifique, épistémologique et didactique

Ce chapitre a pour objet d'apporter des éléments nécessaires à l'analyse du savoir transmis dans la classe, lors de l'enseignement et l'étude du phénomène de dissolution, aux élèves du début du secondaire tunisien.

L'analyse institutionnelle, outre la description d'ensemble du système scolaire tunisien (§ 1.1), nous permettra de préciser les prescriptions institutionnelles relatives à l'enseignement des sciences physiques en général et à l'étude du phénomène de dissolution abordé en 1^e année de l'enseignement secondaire (10^e année d'enseignement obligatoire) en particulier (§ 1.2).

En relation avec les éléments apparaissant dans ces prescriptions, nous donnerons un aperçu scientifique, relatif à ces savoirs, qui pourrait nous aider à comprendre les situations proposées aux élèves (§ 2.2). Nous exposerons aussi des points de vue de quelques chimistes de l'antiquité car nous supposons retrouver chez les élèves des points de vue semblables de type naïf lorsqu'il s'agit de décrire ou d'interpréter ce phénomène (§ 2.1).

Ces savoirs ont des particularités épistémologiques que nous expliciterons (§ 3.1 et § 3.2), dans le but de voir comment le processus de dissolution peut être interprété dans la classe et dans quels termes (§ 3.3).

Enfin, pour clôturer ce chapitre, nous exposerons quelques résultats de recherches en didactique relatifs aux niveaux de représentations en chimie (§ 4.1) et aux difficultés d'étude (§ 4.2) et d'enseignement (§ 4.3) des concepts liés au phénomène de dissolution qui nous aideront à comprendre les situations d'enseignement et d'étude relatives à ces savoirs.

1. Étude institutionnelle

1.1. Organisation du système scolaire tunisien

Pour l'élève tunisien, la scolarité obligatoire s'étend sur 13 ans et comporte deux types d'enseignement : l'enseignement de base et l'enseignement secondaire.

1.1.1. L'enseignement de base

L'enseignement de base dure 9 ans et comporte deux cycles complémentaires : le cycle primaire et le cycle préparatoire. Le premier accueille les élèves de 6 ans et est dispensé dans les écoles primaires durant 6 ans, le second est dispensé au collège et dure 3 ans. Dans les deux cycles de l'enseignement de base, les matières concernant les sciences et les

techniques sont enseignées en arabe¹. C'est au niveau du collège (classes de 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème}) que les sciences physiques sont introduites comme discipline depuis la réforme de 1991. Une heure 30 par semaine est consacrée à l'enseignement de cette discipline.

1.1.2. L'enseignement secondaire

L'enseignement secondaire a une durée de quatre ans. La première année, dans laquelle se situe notre recherche, est un tronc commun au bout duquel les élèves vont être pré-orientés vers l'une des cinq filières suivantes : lettres, sport, sciences, économie et services et technologie de l'informatique. C'est à la fin de la deuxième année de la filière « sciences » que les élèves sont orientés vers l'une des trois sections : mathématiques, sciences expérimentales et sciences techniques. L'enseignement secondaire est sanctionné, dans chacune des sections, par un examen national. Les admis obtiennent le diplôme du baccalauréat (OIT et al., 2013). Dans tous les lycées, l'enseignement scientifique est assuré en langue française. Trois heures par semaine sont consacrées à l'enseignement des sciences physiques et chimiques en 1^e année.

1.2. Préconisations des programmes officiels

Nous allons voir dans ce paragraphe, ce que proposent les programmes officiels (PO) dans le cadre de l'enseignement et l'étude des savoirs liés au phénomène de dissolution au niveau de la 1^{ère} année secondaire et aussi au niveau collégial.

1.2.1. Ce que disent les programmes officiels à propos du phénomène de dissolution

▪ En première année secondaire

La partie chimie du programme officiel occupe 42% de l'horaire consacré à l'enseignement des sciences physiques et chimiques (Ministère De l'Éducation, 2010). Elle traite quatre thèmes dans l'ordre suivant : la matière, les solutions, la réaction chimique et les hydrocarbures.

Nous nous intéressons à l'enseignement et étude des savoirs relatifs au thème des solutions qui occupe presque 20% de l'horaire consacré à l'enseignement de la partie « chimie » du programme. Ces savoirs liés au phénomène de dissolution sont explicités dans la colonne « contenu » du PO et ils sont traités avec comme objectifs la distinction entre un solvant et un soluté, le calcul de la concentration (en g.L⁻¹ et en mol.L⁻¹), l'exploitation des indications de concentrations sur les étiquettes commerciales et sur des flacons de produits chimiques, la préparation d'une solution titrée à partir d'un soluté pur ou d'une solution plus

¹ « Le statut particulier du français en Tunisie fait que cette langue est enseignée pour elle-même dès la 3^e année du 1^{er} cycle de l'enseignement de base du primaire (environ 8 ans). Après sept années d'apprentissage (les quatre dernières années du primaire et les trois années du collège), elle devient, dans le cycle secondaire (les quatre années du lycée) la langue d'enseignement des disciplines scientifiques, techniques, économiques et de gestion » (Hammami & Dutrey, 2010).

concentrée, la reconnaissance d'une solution saturée et la mise en évidence, expérimentalement, des facteurs dont dépend la solubilité.

Ces objectifs sont exposés dans l'extrait suivant du PO (cf. Tableau 1 ci-dessous) avec un certain nombre d'exemples d'activités ainsi que le volume horaire correspondant :

Tableau 1 : Extrait du PO de la 1ère année de l'enseignement secondaire relatif au thème des solutions (Ministère De l'Éducation, 2010, p. 29)

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distinguer entre un solvant et un soluté. ▪ Calculer la concentration d'une solution (en g.L^{-1} et en mol.L^{-1}). ▪ Exploiter les indications de concentrations sur les étiquettes commerciales et sur des flacons de produits chimiques. ▪ Préparer une solution titrée à partir d'un soluté pur ou d'une solution plus concentrée. ▪ Reconnaître une solution saturée. ▪ Mettre en évidence expérimentalement les facteurs dont dépend la solubilité. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Comment expliquer l'apparition de bulles quand on chauffe de l'eau ? Quand on verse une boisson gazeuse dans un verre ? ▶ Comment expliquer le dépôt blanc sur les parois d'une casserole quand on vaporise complètement l'eau qu'elle contient ? ▶ Que se passe-t-il lorsqu'on met du sucre, du sel ou un morceau de plastique dans l'eau ? ▶ Avec un même solvant (eau) et un même soluté (le sucre/acide picrique), l'élève prépare des solutions de saveurs différentes/de couleurs différentes. Il sera amené à associer la différence de saveur/de couleur à la grandeur concentration. ▶ Peut-on dissoudre autant de morceaux de sucre que l'on veut dans un verre d'eau ? 	I. Dissolution	
		I-1. Solvant, soluté, et solution	1 h
		I-2. Concentration (en g.L^{-1} et en mol.L^{-1})	1 h
		II. Préparation d'une solution titrée	1 h
		III. Solution saturée, solubilité	1 h
		IV. Facteurs dont dépend la solubilité	1 h
		V. Notion d'équilibre	1 h

Le manuel scolaire (Dhaha et al., 2014) concrétise ces objectifs à travers différentes activités. Nous exposons ici, brièvement, ces activités car nous supposons que la plupart d'entre elles va être l'objet des situations d'enseignement en classe puisque qu'en Tunisie, un seul manuel scolaire est autorisé par le ministère pour l'utilisation en classe. Selon une récente recherche tunisienne le manuel scolaire est la principale ressource que la plupart des enseignants utilise pour préparer leur cours (Mzoughi-khadhraoui & Dumon, 2012).

Au 1^{er} chapitre, intitulé « la dissolution », nous trouvons une distinction entre solvant et soluté à partir de l'exemple de l'eau de mer. Celle-ci constitue un mélange homogène appelé solution car le sel (soluté) est soluble dans l'eau (le solvant). Il vient ensuite, une série d'expériences (ajouter différentes substances à l'eau) dont l'objectif est de montrer que certains solides, liquides et gaz peuvent ne pas se dissoudre dans l'eau mais peuvent, par contre, se dissoudre dans d'autres liquides (le pétrole et l'huile sont miscibles à l'essence de térébenthine).

Au second chapitre intitulé « concentration d'une solution – solubilité », le manuel s'intéresse aux notions de concentration et de solubilité. Il traite la première à travers une activité qui compare d'abord le goût de trois solutions sucrées, puis l'intensité de la couleur bleue des trois solutions de sulfate de cuivre II (cf. Figure 1) :

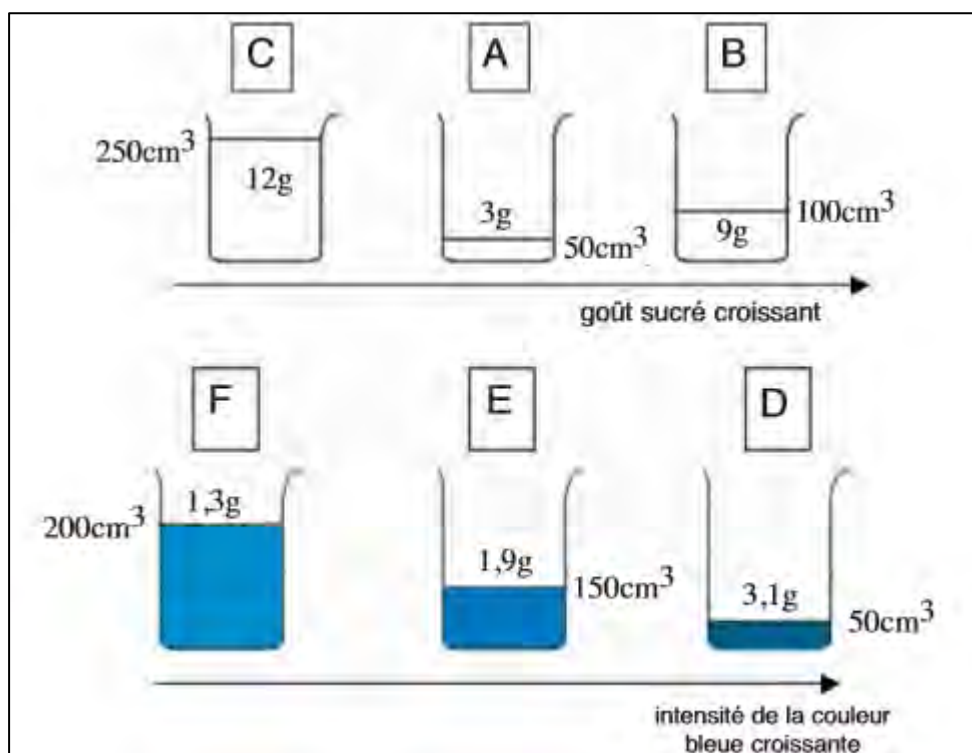


Figure 1 : Les expériences proposées par le manuel de 1^{ère} année pour mettre en évidence la notion de concentration massique d'un soluté dans une solution (Dhaha et al., 2014, p. 74)

Les élèves sont amenés à associer la solution la plus sucrée ou la plus foncée à la solution la plus concentrée. En soulignant l'insuffisance des sens pour classer certaines solutions à cause des dangers qu'elles présentent et pour aussi détecter les légères différences de goût, d'odeur ou de couleur entre diverses solutions, les auteurs proposent une classification basée sur une comparaison des rapports m/v attribués aux différentes solutions. Ainsi, s'énonce la définition de la concentration massique comme étant « le rapport de la masse (m) du soluté dissout exprimée en grammes au volume v de la solution exprimée en litre pour que la concentration C s'exprime en grammes par litre : $C = m/v$ » (Dhaha et al., 2014, p. 75).

Le manuel propose ensuite de relier la concentration massique à la concentration molaire en exploitant les indications d'une fiche d'analyse de sang pour la glycémie. Il définit ainsi la concentration molaire d'un soluté pur dans une solution comme étant « le rapport de la quantité de soluté dissoute exprimée en mol, au volume de la solution exprimé en litre : $C = n/v$ » (Dhaha et al., 2014, p. 75).

Le même chapitre introduit, vers la fin, les notions de solution saturée et de solubilité en proposant d'ajouter progressivement un soluté (des morceaux de sucre ou des cristaux de sel) à un certain volume d'eau. On arrive ainsi à former, à un moment donné, une solution saturée où le soluté ne peut se dissoudre davantage et dont la concentration, à une température donnée, est dite solubilité. Une série d'expériences est ensuite proposée pour montrer que la solubilité dépend de la température, de la nature du soluté et de celle du

solvant. À la fin du chapitre, les auteurs évoquent la notion d'équilibre à partir de l'obtention d'un mélange hétérogène formé par la solution saturée et l'excès de soluté non dissous.

Le manuel traite les contenus exposés précédemment sous forme de cours. Seule la préparation d'une solution titrée est proposée sous forme de travaux pratiques (Dhaha et al., 2014, pp. 61–92).

Avant d'entamer la partie relative aux solutions, le programme officiel propose d'autres savoirs à enseigner liés à la matière et ses propriétés dont certains sont liés à l'étude des solutions comme les différents types de mélanges, la discontinuité de la matière, ses différents états physiques et leurs transformations.

Ces savoirs proposés à l'enseignement sont exposés en mobilisant un point de vue scientifique particulier, celui de la nature particulière de la matière.

Bien que nous nous intéressions à la classe de la 1^{ère} année secondaire nous pensons que pour comprendre quels types de savoirs sont produits par les pratiques *in situ*, il est nécessaire d'examiner les savoirs mobilisés dans les niveaux précédents.

- **En huitième année de base**

C'est à ce niveau (élèves de 13-14 ans) que le phénomène de dissolution fait son apparition avec comme contenu l'étude de quelques solutions aqueuses en donnant les définitions de solvant, soluté, dissolution, solution, concentration, solution saturée, saturation et solubilité (Ministère De l'Éducation, 2006). Il est à noter que seule la concentration massique est mise à l'étude.

Le (seul) manuel scolaire autorisé (Meddouri et al., s.d) traite ces contenus à travers trois chapitres intitulés respectivement : la dissolution dans l'eau, la concentration d'une solution aqueuse et saturation – solubilité. Le développement de ces contenus est basé sur différentes activités.

La leçon propose d'abord une situation déclenchante qui consiste à expliquer la différence de couleurs de trois mélanges homogènes : eau + sulfate de cuivre II (bleu), eau + sucre (incolore) et eau + sulfate de fer II (vert). Pour distinguer ensuite entre solvant, soluté et solution, le manuel invite à réaliser deux expériences de dissolution dans l'eau. La 1^{ère} met en évidence la dissolution d'un solide (le sel), la 2^{ème} la dissolution d'un liquide (l'alcool).

Pour expliquer le phénomène de dissolution, le manuel préconise le recours à la théorie particulaire en introduisant la notion de la divisibilité de la matière.

Le manuel propose ensuite de mettre en évidence la concentration massique d'un soluté dans une solution à l'aide de deux activités indépendantes. La première consiste à préparer, avec le même soluté (le sulfate de cuivre II), deux solutions aqueuses d'égal volume mais avec différentes masses de solutés dissous. L'objectif de l'activité est d'amener l'élève à conclure que la solution la plus foncée est la plus concentrée. La seconde activité consiste à préparer deux solutions aqueuses en dissolvant la même masse du soluté dans des solutions

de volumes différents. L'élève doit conclure que la solution la plus concentrée est celle dont le volume est le plus faible. Suite aux activités proposées, le manuel évoque la définition suivante : « la concentration C d'une solution aqueuse est définie comme étant la masse de soluté dissoute par litre de solution » (Meddouri et al., s.d, p. 36). La solution saturée est mise en évidence par ajout progressif du sel dans un certain volume d'eau. Si après une longue agitation le soluté ajouté ne se dissout pas entièrement on dit que la solution est saturée et qu'à la température donnée, sa concentration est égale à sa solubilité. Une dernière activité est proposée à la fin pour mettre en évidence les effets de la température et de la nature du soluté sur la solubilité dans l'eau.

▪ **Conclusion**

En comparant rapidement ce qu'exigent les prescriptions institutionnelles comme savoirs à enseigner relatifs au thème des solutions dans les deux classes (la 8^e année de base et la 1^e année secondaire) ainsi que les activités proposées pour leur exécution, nous constatons l'existence de plusieurs points communs :

- Les deux programmes abordent la dissolution à partir d'un point de vue macroscopique mobilisant la notion du mélange homogène.
- La notion de concentration est mise en évidence à partir d'une observation basée sur les sens qui associe la solution la plus concentrée à la solution la plus sucrée ou la plus foncée.
- Les deux contenus insistent sur le fait que le volume utilisé pour calculer la concentration est le volume de la solution et non du solvant sans signaler explicitement le caractère intensif de la concentration.
- L'horaire total consacré à cette partie du programme est le même (6h)

Ce constat nous permet de supposer que les élèves de la 1^e année disposent d'un certain nombre de notions lorsqu'ils vont étudier les solutions.

1.2.2. Ce que disent les programmes officiels à propos de la démarche d'enseignement

Les propos introductifs du programme officiel relatifs à la 1^e année (Ministère De l'Éducation, 2010) attirent l'attention sur le fait que l'enseignement secondaire tunisien constitue « une continuité et une complémentarité » pour l'enseignement de base. Si ce dernier propose que les élèves s'entraînent à donner une explication ou une solution à des problèmes d'une complexité de degré moyen en s'appropriant des manières de communiquer, l'enseignement secondaire, lui, vise à installer chez l'élève la pratique systématique de la démarche scientifique².

² Le protocole de la démarche scientifique consiste à « Indiquer les éléments du problème posé ; construire des hypothèses ; recourir à l'expérience, à la recherche documentaire ou sur le terrain pour confirmer ou mettre en doute les hypothèses avancées ; conclure ou déduire... » (Ministère De l'Éducation, 2010).

Ces propos introductifs du programme officiel invitent à ce que les contenus cités ci-dessus (cf. Tableau 1, p. 13) soient enseignés à travers « les méthodes actives » qui permettent de « rendre l'apprenant capable de construire lui-même ses connaissances, de s'approprier des habiletés et de les intégrer dans des situations significatives » (Ministère De l'Éducation, 2010, p. 6). C'est dans ce sens que les instructions officielles incitent les enseignants à donner un intérêt particulier aux activités de formation à caractère expérimental au travers desquelles ils « amènent leurs élèves à formuler les hypothèses et à les confronter aux faits » (Ministère De l'Éducation, 2010, p. 6). Ces activités expérimentales se déclinent en deux types avec deux finalités différentes. Le programme officiel distingue entre « les expériences de travaux pratiques qui doivent être réalisées par les élèves et les expériences de cours qui sont à la charge de l'enseignant Les expériences de travaux pratiques sont soit destinées à exploiter un modèle ou à vérifier, pour les situations étudiées, la validité d'un modèle ou d'une loi, soit à répondre à une situation problème. L'expérience de cours permet soit d'introduire une notion qui sera approfondie et enrichie ultérieurement en TP, soit de reprendre une expérience faite par les élèves en TP pour un complément de cours » (Ministère De l'Éducation, 2010, p. 7).

Le programme officiel inscrit l'enseignement et l'apprentissage de la physique chimie dans une perspective constructiviste dans la mesure où « l'élève assume une grande part d'initiative et de responsabilité dans la construction de son savoir et dans l'acquisition de savoir-faire » (Ministère De l'Éducation, 2010, p.6). Or, les activités proposées par le manuel sont de type observation – conclusion – définition illustrant un glissement entre une démarche hypothético-déductive préconisée théoriquement et une approche empiriste inductive.

Nous donnons, dans la section suivante, quelques éléments historiques et scientifiques relatifs aux concepts liés au phénomène de dissolution.

2. Le phénomène de dissolution : aperçu historique et aperçu scientifique

Le but de cette section est de fournir quelques éléments historiques et scientifiques qui pourraient nous éclairer sur certaines des difficultés conceptuelles et des points de vue scientifiques chez les élèves, lors de l'élaboration des concepts relatifs à la structure de la matière d'une façon générale et au phénomène de dissolution en particulier.

Nous exposons d'abord, quelques éléments d'histoire et nous donnons ensuite, un aperçu scientifique des concepts retenus pour notre recherche, relatifs au phénomène de dissolution.

2.1. Aperçu historique

Le phénomène de dissolution est considéré comme « l'un de ceux qui ont le plus intéressé les chimistes de tous les temps » lorsqu'ils ont tenté de répondre aux questions posées par

les philosophes dès le IV^e siècle avant J.-C. : « Que se passe-t-il quand de l'eau et du vin se mélangent ? Deux corps mélangés sont-ils simplement juxtaposés ou bien peuvent-ils se compénétrer de sorte qu'il y aurait deux corps dans le même lieu ? Que devient le sucre lorsqu'il se dissout dans de l'eau ? A-t-il entièrement disparu ? » (Groisard, 2016).

Démocrite et Aristote, penseurs de cette époque, se posèrent ces questions mais leurs réflexions ont abouti à des modèles différents de la matière. Bensaude-Vincent (2012), dans son livre « Matière à penser », s'est concentrée sur la manière dont les chimistes et les philosophes de cette époque ont affronté l'énigme du « mélange » et elle a montré que cette notion ainsi que la notion de « substance » sont traitées suivant deux points de vue opposés, l'un qualifié de mécaniste et l'autre de substantialiste.

L'approche mécaniste, dont Démocrite et Leucippe (V^e et IV^e siècle avant J.C.) ont été parmi les principaux représentants, va « regarder la matière comme une éponge dont les grains isolés nagent dans le vide » (Dumas, 1878). Ces grains, que Démocrite nomme « atomes », sont des entités abstraites qui diffèrent par trois caractéristiques géométriques : la forme, l'arrangement et la position. Ainsi la diversité d'états physiques des substances formées est interprétée à l'aide d'une diversité de propriétés de ces atomes. Dans ce sens, Lucrèce voyait que : « les corps durs et compacts doivent avoir des atomes plus recourbés, plus intimement liés et entrelacés comme des rameaux [...] les liquides formés d'un corps fluide ne peuvent être composés que des parties lisses et sphériques [...] la fumée, les nuages et la flamme [...] pénètrent les rochers, leurs éléments ne doivent pas être recourbés et embarrassés. Il faut qu'ils aient une figure moyenne, armée de pointes plutôt que de crochets » (Titus Lucretius, 1821, p. 161). Cette conception atomiste soutient l'idée que les ingrédients du mélange demeurent comme les grains d'orge et de blé dans un mélange de céréales (Bensaude-Vincent, 2012).

L'approche substantialiste, développée par Aristote, va, dès le IV^e siècle avant J.-C., s'opposer à la théorie atomiste en rejetant l'idée de vide et de discontinuité de la matière. Aristote estimait que la division de la matière est limitée et conduit à des particules qui conservent les propriétés de la matière : « un corps naturel ne peut pas être divisé à l'infini, sinon il se converti en un autre ». Aristote donne deux caractères au mélange ; il est homogène, c'est-à-dire que toutes ses parties sont identiques, homéomères ; c'est-à-dire que ses constituants peuvent être restitués par séparation. Aristote suggère trois conditions pour obtenir un mélange : que ses constituants soient réciproquement actifs et passifs ; qu'ils soient facilement divisibles en petites parties ; enfin, qu'ils soient en proportions à peu près égales. Les propriétés actives sont les impressions particulières que les corps font sur les sens tel que le froid, le chaud, les couleurs, etc. et les propriétés passives expriment au contraire l'attitude des corps à subir un effet, comme par exemple la possibilité de fondre et de se solidifier. Aristote utilisait le terme (liquéfaction) pour désigner, à la fois, la dissolution aqueuse et la fusion par le feu. Il admettait dans la dissolution une pénétration des particules de l'eau dans les pores de la substance sous l'influence de deux agents externes : l'amour et la haine. D'après Aristote, « Les corps, que l'eau ne dissout pas, le feu les dissout, et cela

tient à ce que les pores de ces corps sont plus ouverts au feu qu'à l'eau » (Météorolog., lib IV, text. 30, comment. Alex. Aphrod, cité par Hoefler, 1842).

Ces idées demeurent jusqu'à l'avènement de l'atomisme scientifique. Au XVIII^e siècle, on reconnaît une reprise de l'idée de l'atome par Dalton. Celui-ci admet que la matière soit formée de particules infiniment petites et insécables appelées atomes. Ces atomes s'associent pour former les molécules des corps simples et celles des corps composés (Dumas, 1878). Pour interpréter le phénomène de dissolution, Dumas suppose l'existence d'une attraction moléculaire entre des molécules plus ou moins semblables qui se mêlent en conservant les propriétés individuelles qui les caractérisent. Pour lui cette attraction doit s'opposer à la résistance des corps à se dissoudre, prenant ainsi la forme d'une force qu'il nomme « force de dissolution » (Dumas, 1878, p.423). Berzelius, par contre, admet que cette attraction moléculaire ne peut être que de nature électrique (Colin A. Russell M. Sc Ph D. F.R.I.C, 1963).

2.2. Aperçu scientifique

Nous exposons ici le point de vue scientifique correspondant aux savoirs relatifs au phénomène de dissolution. Ce point de vue est basé sur l'aspect corpusculaire de la matière dans la mesure où les autres points de vue scientifiques, notamment le point de vue thermodynamique, ne sont pas abordés au niveau de la 1^{ère} année, contexte de notre recherche.

2.2.1. Qu'est-ce qu'une dissolution ?

Le point de vue corpusculaire de la matière admet que « dans un liquide où le mélange (solide-liquide) a eu lieu bien également, chaque atome du corps solide dissous est entouré d'un nombre égal de molécules de dissolvant » (Berzelius & Öngren, 1838, p. 256).

On comprend de cette définition que la dissolution d'une substance implique le processus de solvation.

▪ La solvation

Les solides se dissolvent dans un solvant lorsque leurs molécules ou leurs ions sont attirés par les molécules du solvant et se séparent du cristal. Les interactions existant en solution entre les molécules ou les ions séparés du solide et les molécules du solvant stabilisent le soluté en entourant chaque particule d'une sphère de molécules de solvant. On parle alors de sphère de solvation de l'eau (ou sphère d'hydratation).

L'interaction entre un ion du cristal et une molécule de solvant polaire est forte. Elle explique la solubilité des composés ioniques dans l'eau, et leur insolubilité dans les solvants apolaires (Le cas de chlorure de sodium dans l'eau).

Sous l'effet de l'agitation inhérente aux molécules d'eau liquide, les ions et les molécules qui les solvatent se dispersent dans le liquide.

▪ **La liaison hydrogène**

Elle résulte de l'interaction électrostatique entre un élément très électronégatif portant au moins un doublet non liant et un atome d'hydrogène lié à un élément très électronégatif. C'est la plus forte des liaisons intermoléculaires. Elle justifie la solubilité de l'éthanol (alcool) dans l'eau alors que l'éthane (alcane) y est insoluble.

2.2.2. La nature microscopique des modèles pour expliquer les phénomènes macroscopiques de la matière

Le phénomène de la dissolution recouvre des phénomènes macroscopiques tels que la mise en solution d'une substance pure et son état physique (solide, liquide, gaz). Ces phénomènes sont macroscopiques au sens où on peut en faire l'observation avec ses sens : on voit le sucre se dissoudre dans l'eau, par exemple. La particularité de la chimie est de fournir des modèles pour expliquer ces observations. Ces modèles exploitent le domaine microscopique (et sous-microscopique) pour expliquer ce qui est observable à l'échelle macroscopique.

▪ **La solubilité d'un composé**

La mise en solution d'un composé moléculaire dans un solvant nécessite que les particules des deux composés s'attirent les unes les autres et fassent des liaisons entre elles.

Si les particules ne font pas de liaisons entre elles, les substances ne se mélangent pas, elles sont insolubles l'une dans l'autre. Un composé moléculaire est soluble dans un solvant s'il fait des liaisons intermoléculaires avec les molécules du solvant. Les liaisons intermoléculaires permettent aux substances polaires d'être solubles dans les substances polaires, et aussi aux substances non polaires d'être solubles dans les substances non polaires. L'huile (non polaire) et l'essence (non polaire) sont ainsi solubles l'une dans l'autre, de la même façon que l'éthanol (polaire) est soluble dans l'eau (polaire). Comme les liaisons Hydrogène sont plus intenses que les autres liaisons intermoléculaires, une substance dont les molécules font des liaisons Hydrogène avec les molécules d'un solvant est plus soluble dans ce solvant qu'une substance n'en faisant pas. Par exemple, l'eau est un solvant qui fait des liaisons Hydrogène. L'eau solubilise l'éthanol (alcool) parce que les molécules de l'une font des liaisons Hydrogène avec les molécules de l'autre.

▪ **La concentration : Grandeur caractéristique d'une solution**

Les chimistes utilisent plusieurs expressions pour exprimer la concentration en soluté d'une solution (Corey, 2016)

- La concentration massique (unités : g.L^{-1} ou kg.m^{-3}) qui rapporte la masse de soluté au volume de solution.
- La concentration molaire qui est le rapport entre la quantité de matière de soluté et le volume de solution.

- Le pourcentage massique (ou volumique) qui est le résultat exprimé en pourcent du rapport entre la masse de soluté (ou le volume de soluté) et la masse de solution (ou le volume de solution).
- De ces différentes expressions de concentration, il en ressort plusieurs constats :
- Quelle que soit l'expression de la concentration, elle correspond à une proportion de soluté dans la solution.
- Le rapport se fait entre la quantité de soluté et la quantité totale de solution (et non de solvant). C'est pour cette raison que la préparation d'une solution de concentration déterminée se réalise en plaçant le soluté dans une fiole jaugée et en complétant le récipient avec le solvant jusqu'au volume visé de solution.
- La concentration est une grandeur intensive dans la mesure où la concentration en soluté d'un mélange de deux solutions n'est pas égale à la somme des concentrations des deux solutions isolées³.

Nous donnons, dans la section suivante, quelques éléments relatifs à la nature de la chimie comme science de modèles.

3. Étude épistemologique : Le processus de modélisation en sciences

3.1. Les modèles en science

Les modèles jouent un rôle essentiel dans la pratique scientifique si l'on considère que la science constitue un système de représentation du monde qui nous entoure (Bunge, 1973 ; Canguilhem, 1983 ; Walliser, 1977).

La description ou l'interprétation d'un phénomène en physique (ou en chimie) nécessite un modèle qui, en général, dépend d'une théorie (Bunge, 1973, pp 160-168). Les modèles sont donc nombreux et diversifiés en raison des multiples phénomènes qu'ils peuvent expliquer, des différentes fonctions qu'ils peuvent remplir et de multiples modes de représentation (le matériel concret, le langage écrit, les symboles mathématiques, les graphes, etc.) pouvant être utilisés pour les représenter (Walliser, 1977).

Ces caractéristiques font du modèle un terme polysémique dont une définition unique ne peut pas satisfaire aux diverses conceptions (Joshua & Dupin, 1989). Face à cette polysémie du terme « modèle », Walliser (1977) choisi de donner les fonctions du modèle plutôt que sa définition: « Représenter la portion de réalité étudiée, expliquer les phénomènes

³ Prenons l'exemple de deux solutions sucrées de concentration massique respectivement 10 g.L⁻¹ et 20 g.L⁻¹. La concentration en sucre du mélange de ces deux solutions n'est pas égale à 30 g.L⁻¹ mais dépendra du volume initial de chacune des solutions. La pression ou la température sont d'autres exemples de grandeurs intensives. À l'inverse, les grandeurs telles que la quantité de matière ou la masse sont des grandeurs extensives : 10 kg de sucre et 20 kg de ce même sucre présentent une masse totale de 30kg (Willame & Snauwaert, 2015).

questionnés, prévoir les devenir des situations étudiées rentrant dans son champ de validité et prédire des nouveaux phénomènes » (Walliser, 1977, pp. 189-193).

3.2. La Modélisation en science

Plusieurs épistémologues (Bachelard, 1973 ; Bunge, 1973 ; Hacking, 1983, cité par Roy & Hasni, 2014) considèrent que la modélisation du monde matériel est au cœur de la physique. Ainsi, l'articulation entre théories et champ empirique nécessite l'élaboration de modèles. Roy et Hasni (2014) soulignent que « c'est par le processus de modélisation que se fait la construction des modèles. Ce processus dynamique et non linéaire étant au cœur du fonctionnement du savoir en sciences » (Roy & Hasni, 2014, p. 350). La construction de modèles renvoie à deux processus : l'un partant de la théorie pour la rendre plus concrète ; l'autre partant de l'expérience pour la rendre plus abstraite. La modélisation est ainsi ce double processus et le modèle est son résultat.

3.3. Points de vue épistémologiques sur les savoirs enseignés

L'importance de la modélisation dans l'enseignement des sciences a été décrite à de nombreuses reprises (Kermen & Meheut, 2008 ; Kermen, 2018 ; Le Maréchal & Coquidé, 2006 ; Martinand, 1992 ; Tiberghien & Vince, 2005 ; Tiberghien, 1994). Ces chercheurs proposent de mieux connaître les façons dont on peut recourir à la modélisation pour enseigner et faire apprendre car les démarches menant à la construction des savoirs sont aussi importantes que les savoirs eux-mêmes (Coquidé, 2008). Nous évoquerons par la suite deux points de vue sur la modélisation en physique et en chimie, celui de Tiberghien et celui de Kermen.

3.3.1. Le point de vue de Tiberghien

Tiberghien (Tiberghien, 1994) distingue deux mondes : le monde des objets et des événements qui réfère au monde empirique, et celui des théories et modèles qui réfère aux aspects théoriques et aux modèles des situations matérielles étudiées (cf. Figure 2, p. 23)

Tiberghien considère que « les processus impliqués dans la construction de la compréhension scientifique d'une situation matérielle (au moins à l'école primaire et secondaire) devraient impliquer des relations entre les événements ou les propriétés de la situation matérielle et le modèle théorique, même si ce modèle est simple » (Tiberghien, 1994, p. 85).

Partant de ce point de vue, modéliser c'est passer d'une description des objets et événements perceptibles appartenant au champ empirique à une interprétation faisant appel au monde des théories et modèles (concepts, modèles, lois, formalisme, etc.) (Tiberghien, 1994).

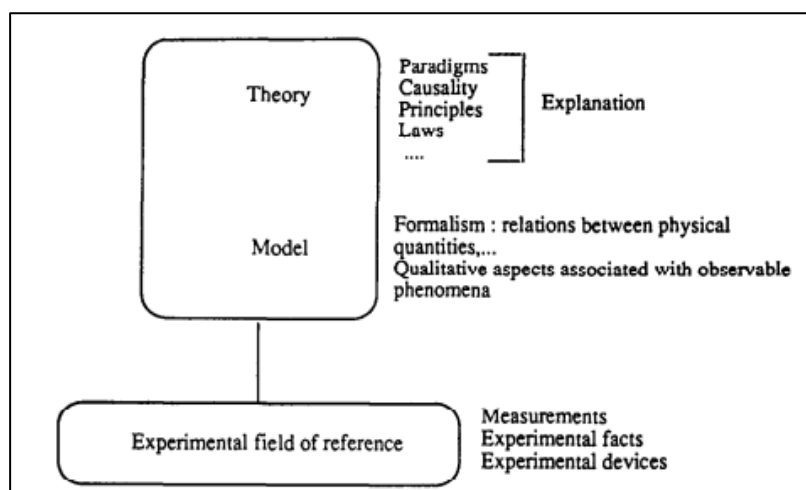


Figure 2 : Les deux mondes fondés sur la modélisation (Tiberghien, 1994)

Tiberghien considère aussi que l'activité de modélisation du monde matériel est aussi en œuvre dans la vie quotidienne « lorsqu'une personne ou un groupe de personnes explique, interprète ou prédit des situations matérielles, il y a une activité de modélisation de ces situations » (Tiberghien, 2000).

Elle fait l'hypothèse que l'élève, face à une situation matérielle en classe, fait appel à une « théorie » du monde matériel qui dépend de son propre point de vue, ce qui implique l'utilisation d'un contexte social différent du contexte scientifique (Tiberghien, 1994, p. 75).

Dans ce sens, Buty (2000) ajoute que l'élève, pour réaliser le but de la situation rencontrée, construit son propre modèle et cette construction est le résultat de la mobilisation de plusieurs sources de connaissances : « ses connaissances antérieures, le dispositif expérimental, le discours et les consignes de l'enseignant s'ils existent, ... » (Buty, 2000, p. 24).

Cette approche permet ainsi de distinguer entre deux types de savoirs, savoir quotidien (connaissances des élèves) et savoir de la physique (ou de la chimie). Pour chacun de ces savoirs, Tiberghien & Vince, (2005) distinguent entre théorie/modèles et description en termes d'objets/événements d'une situation matérielle (cf. Figure 3, p. 24).

Tiberghien et Vince (2005) avancent l'hypothèse que la construction du sens par l'élève se fait par la mise en relation entre ces différents éléments de savoir.

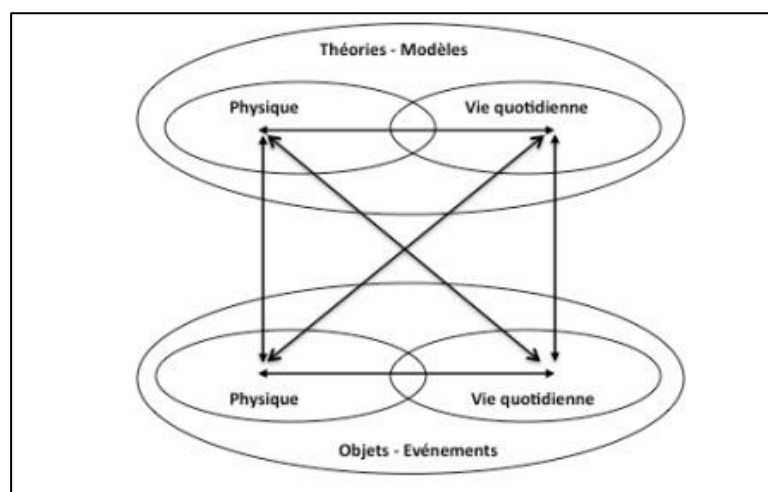


Figure 3 : Catégorisation des savoirs (Tiberghien et Vince, 2005) : les flèches représentent les diverses mises en relation qu'un apprenant peut construire

Ces relations, d'après Tiberghien, Buty et Le Maréchal (2005), peuvent être construites par différents types de raisonnement qui sont caractérisés au sein des tâches épistémiques (décrire, expliquer, argumenter, prédire, critiquer, définir, interpréter, questionner) : « we consider that constructing an understanding of a concept or a notion necessitates establishing new relations between elements of knowledge. (...) Relations between elements of knowledge can be constructed through different types of reasoning. To characterize them we refer to the epistemic tasks (Ohlsson, 1996) such as describing, explaining, arguing predicting, critiquing, defining » (Tiberghien et al., 2005, p. 31)

Si le point de vue de Tiberghien se base sur une analyse épistémologique du fonctionnement de la physique (Tiberghien, 1994), Kermen fonde son point de vue sur une réflexion didactique et épistémologique sur les modèles en chimie et en particulier sur une analyse de la réaction chimique et les difficultés d'apprentissage des étudiants à son sujet (Kermen, 2018a).

Nous exposons, dans le paragraphe (3.3.2 ci-dessous), le point de vue de Kermen sur la catégorisation des savoirs enseignés.

3.3.2. Le Point de vue de Kermen

En se basant sur une analyse épistémologique des concepts de transformation et de réaction chimiques et en discutant les cadres didactiques de la modélisation dans l'enseignement de la chimie, Kermen distingue entre réalité/modèle et les niveaux de perception (microscopique/macrosopique) propres à la chimie. Elle propose un schéma catégorisant les savoirs en chimie en termes de niveau théorique, niveau des modèles et niveau expérimental dans lequel le niveau expérimental donne lieu à deux réalités ; une perçue et l'autre idéalisée (Figure 4).

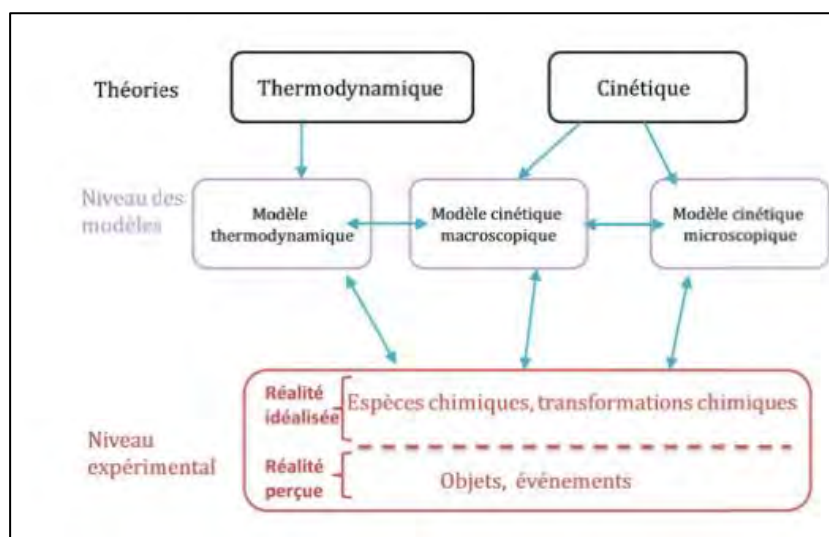


Figure 4 : Les niveaux de modélisation chez Kermen (Kermen, 2018b).

L'auteure justifie l'existence de ces deux réalités par le fait que " The first part includes objects and events (the colour of a liquid or the changes in the values measured by a pH meter). The second one concerns chemical species defined by their name, their chemical formula, their physical state, such as for example, copper Cu(s), which is a symbolic representation of a macroscopic substance. Their amount of substance is given; the description of events is made in terms of decreasing or increasing in amounts of certain chemical species. The first part of this level can be considered as a first description of the phenomenon we are looking at. The second part is another stage of interpretation or representation of the phenomenon. It is another description, in which chemical objects are described as chemical species and characterized by their name, chemical formula, physical state and amount of substance" (Kermen & Méheut, 2009, p. 26).

Kermen considère ainsi qu'une situation expérimentale est dotée de deux types de descriptions ; la première est une description empirique de la réalité perçue (description des événements), et la deuxième est une description idéalisée qui mobilise les concepts macroscopiques de la chimie et correspond à la réalité idéalisée.

Par ailleurs, les activités de modélisations s'accompagnent presque systématiquement d'une représentation dans un ou plusieurs registres sémiotiques (La langue naturelle, la langue symbolique, les graphes, les schémas, les formules algébriques, etc.). Un même concept peut être représenté de manières différentes, chaque représentation apportant une information qui concourt à lui donner du sens. Nous supposons dans ce sens que l'appréhension du concept de concentration d'une solution nécessite l'utilisation de différentes représentations.

Tiberghien considère que, dans la classe, les savoirs sont supportés par différents types de discours qui sont « communiqués par des systèmes sémiotiques variés [...] et que la langue naturelle fait le lien entre eux pour accéder à la signification des concepts » (Tiberghien et

al., 2009). Dans ce sens aussi, Kermen (2018) considère que les divers types de représentations font partie intégrante de l'utilisation des modèles.

3.3.3. Conclusion

Les savoirs enseignés correspondent aux savoirs mis en œuvre dans la classe par le professeur et les élèves pendant les séquences d'enseignement. Pour les catégoriser, Tiberghien et Kermen a développé chacune une approche qui a été décrite brièvement dans les paragraphes ci-dessus (§ 3.3.1 ci-dessus et § 3.3.2). La référence à l'une ou l'autre constitue un outil pour analyser le savoir enseigné en physique et en chimie.

Dans l'analyse du savoir construit en classe autour des concepts relatifs au phénomène de dissolution, nous suivons Tiberghien (Tiberghien et al., 2007) dans sa catégorisation des savoirs en termes de modélisation et aussi en termes de liens pouvant être construits par différents types de raisonnement qui sont caractérisés au sein des tâches épistémiques⁴ (Tiberghien, Buty, & Le-Maréchal, 2005). Le choix de ce point de vue revient d'une part, au fait que la théorie des deux mondes de Tiberghien prend en compte tous les savoirs présents dans la classe (les savoirs naïfs des élèves, les connaissances procédurales et déclaratives, ...), et d'autre part, à notre point de vue sur la réalité idéalisée de Kermen que nous considérons, en quelque sorte, une description scientifique du monde empirique.

Nous donnons, dans la section suivante, quelques éléments issus de la littérature en didactique de la chimie relatifs aux difficultés que les élèves et les enseignants éprouvent lors de l'enseignement et l'étude du phénomène de dissolution.

4. Étude didactique

Nous proposons ici un bref exposé, issu de la littérature de la didactique de la chimie, qui identifie les difficultés des élèves et des enseignants lors de l'enseignement et l'étude des concepts relatifs au phénomène de dissolution.

Plusieurs travaux (Johnstone, 1993 ; Laugier & Dumon, 2004 ; Talanquer, 2011, ...) s'accordent à dire qu'une grande partie de ces difficultés est due aux différents niveaux de représentations en chimie.

4.1. Les niveaux de représentations en chimie

La chimie se distingue des autres sciences par la présence, dans sa structure même, de trois niveaux de représentation. En chimie, nous pouvons décrire les objets et les événements soit à l'échelle macroscopique, en décrivant par exemple, la disparition du sel de cuisine dans

⁴ Tiberghien et al. (2005) considèrent que « relations between elements of knowledge can be constructed through different types of reasoning. To characterize them we refer to the epistemic tasks (Ohlsson, 1996) such as describing, explaining, arguing predicting, critiquing, defining. » (Tiberghien, Buty & Le Maréchal, 2005 p. 31). Nous revenons sur l'idée des tâches épistémiques plus tard (§ 3.2.3, p. 62) lorsque nous exposons nos outils théoriques.

l'eau, soit à l'échelle microscopique, décrivant le mouvement des molécules (de l'eau) et des ions (sodium et chlorure) ci-dessus. Nous pouvons utiliser le symbolisme pour représenter, par exemple, ces molécules et ces ions dans un diagramme. Ces trois niveaux ont été décrits par Johnstone (1993) qui les a représentés graphiquement sur un triangle (Figure 5) dont les sommets sont associés à chacun des niveaux, macroscopique, microscopique et symbolique.

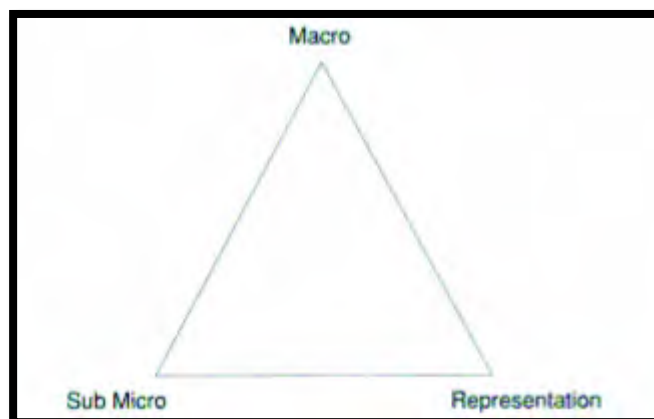


Figure 5 : Le triangle de Johnstone (1993) : The new chemistry has three basic components : macrochemistry, submicrochemislry, and representational chemistry.

D'après Johnstone (2006), les chimistes et les enseignants travaillent bien à l'intérieur de ce triangle et peuvent facilement se déplacer d'un sommet à un autre en mêlant sans aucune difficulté les trois points de vue. Mais, il n'en va pas de même pour les élèves lorsqu'ils sont confrontés à un enseignement mêlant les registres macroscopiques (macrophénomènes tangibles et visibles), microscopiques (interprétation en termes de molécules et d'ions) et symboliques (représentations des niveaux précédents par des symboles chimiques) qui les conduit à la surcharge cognitive et affecte leur mémoire à long terme (Johnstone, 2006, cité par Taber, 2013).

Johnstone indique aussi que l'usage fréquent des symboles mathématiques, des formules et des équations pour exprimer les relations à des niveaux macroscopiques et microscopiques, est un autre facteur qui s'ajoute à cette complexité (Johnstone, 1993).

Le modèle de Johnstone a été largement repris dans l'enseignement de la chimie, mais a également été développé et re-conceptualisé de diverses manières et a servi de cadre à de nombreuses études sur le terrain (Talanquer, 2011). Il a également influencé le travail de Mzoughi-Khadhraoui et Dumon sur l'appropriation du langage de la chimie par des élèves tunisiens de première année (grade 10) (Mzoughi-khadhraoui & Dumon, 2012). Après avoir représenté par un tétraèdre la mise en relation du champ empirique (Sommet E du tétraèdre) avec le monde des théories et modèles (le triangle MmS), les auteurs ont mis en évidence les difficultés des élèves tunisiens débutants à mobiliser les conventions et les règles du langage de la chimie pour mettre en relation le registre symbolique avec les objets et évènements des niveaux macroscopique et microscopique (dans le triangle MmS du tétraèdre de la Figure 6).

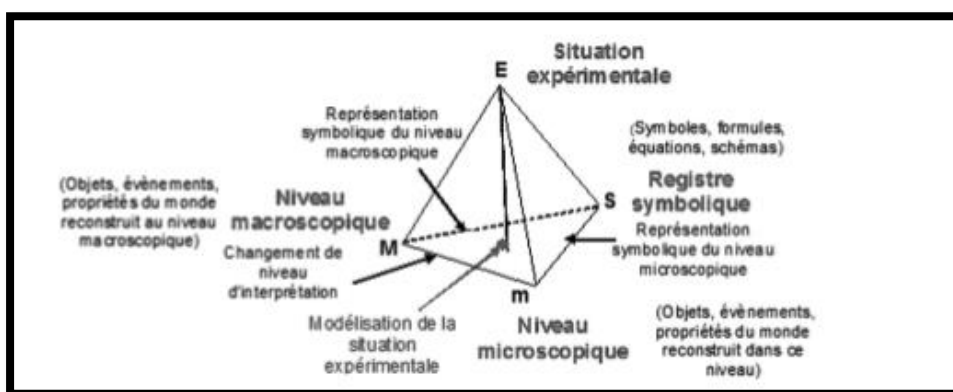


Figure 6 : Schématisation de la mise en relation du champ empirique avec le monde des théories et modèles en chimie. (Mzoughi-khadhraoui & Dumon, 2012).

Dans la conclusion de leurs travaux sur la transformation chimique, Laugier et Dumon, (2004) estiment que l'origine de quelques difficultés rencontrées par les élèves à relier les aspects macroscopique et microscopique d'une transformation chimique revient à des obstacles épistémologiques. En effet, ils associent l'obstacle substantialiste et perceptif au niveau macroscopique et l'obstacle mécaniste au niveau microscopique.

4.2. Difficultés d'étude

La chimie des solutions a une place essentielle dans le programme des sciences chimiques au début de l'enseignement secondaire parce que la compréhension de ces concepts permet la prise en charge des sujets plus avancés tels que la cinétique chimique, l'équilibre chimique, l'équilibre acide-base et l'électrochimie (Çalik et al., 2010 ; Prieto et al., 1989). Dans ce sens, plusieurs auteurs (Abraham et al., 1994 ; Ebenezer & Gaskell, 1995 ; Haidar & Abraham, 1991 ; Prieto et al., 1989 ; Stavridou & Solomonidou, 1989) s'accordent à dire que beaucoup d'élèves ne peuvent pas comprendre les concepts de base de la chimie des solutions dès le début de leur étude de la chimie, et donc ils ne parviennent pas à comprendre les concepts les plus avancés.

D'autres travaux en didactique de la chimie ont montré que les élèves développent parfois des conceptions non scientifiques ou alternatives sur les divers aspects de la chimie des solutions. Ainsi, au sujet du processus de la dissolution, les élèves croient qu'après dissolution il se forme de nouvelles espèces chimiques (Pinarbaşı et al., 2006 ; Adadan & Savasci, 2012). Les élèves considèrent aussi que la matière n'existe que « s'il y a évidence de son existence » (Stavy, 1990). Ainsi, le sucre disparaît une fois dissout dans l'eau. Mulford & Robinson (2002) ajoute que les élèves considèrent qu'au cours de la dissolution la masse totale de la solution diminue. Une autre difficulté résulte de la confusion que font les élèves entre les concepts de transformation physique et transformation chimique. Ils considèrent en effet, que la dissolution⁵ est une transformation chimique étant donné que les

⁵ « La définition microscopique de la dissolution dans l'eau en particulier pose des problèmes délicats. En effet, si la dissolution du sucre dans l'eau, qui se traduit par une dilution de molécules dans le solvant et ne modifie

caractéristiques de la solution sont différentes de celles de ses composantes, mais peuvent tout aussi bien la considérer comme étant une transformation physique dans la mesure où la séparation des constituants de la solution utilise des moyens physiques (Haidar & Abraham, 1991 ; Ebenezer & Gaskell, 1995).

Dans un travail qui vise à déterminer l'étendue et les caractéristiques des conceptions alternatives des élèves de 16-17 ans sur les aspects les moins étudiés de la chimie des solutions, Adadan & Savasci (2012) ont recensé plusieurs conceptions alternatives notamment celles qui concernent la « concentration de la solution ». En effet, celle-ci n'est pas comprise comme une proportion relative à la quantité de soluté dans le volume d'une solution puisque d'après les élèves elle augmenterait si une certaine quantité de solution était éliminée. Les chercheuses expliquent cette découverte par la connaissance incohérente des élèves de la théorie des particules de la matière dans le contexte des solutions (Adadan & Savasci, 2012).

4.3. Difficultés d'enseignement

Plusieurs travaux avancent l'idée que les enseignants ne se rendent pas compte des difficultés qu'ont les élèves lorsqu'ils interprètent des observations macroscopiques en termes de propriétés atomiques et moléculaires (Butts & Smith, 1987). « La compréhension profonde des phénomènes macroscopiques de la matière (et de leurs traductions symboliques ou mathématiques) passe par une appréhension correcte du modèle non observable » (Silberstein et al., 1988 cité par Barlet & Plouin, 1994). Les auteurs signalent aussi que ce déplacement entre aspect macroscopique et microscopique demande aux élèves des capacités conceptuelles que les enseignants négligent ou sous estiment.

5. Conclusion

Le phénomène de dissolution occupe une place essentielle dans le programme de chimie au début de l'enseignement secondaire parce que la compréhension de ses concepts permet plus tard la prise en charge des sujets plus avancés tels que la cinétique chimique, l'équilibre chimique, l'équilibre acide-base et l'électrochimie. Nous avons d'abord présenté comment les instructions officielles traitent l'enseignement et l'étude du phénomène de dissolution au niveau de la 1^{ère} année du lycée. En effet, le manuel officiel propose des activités axées majoritairement sur des expériences quotidiennes qui suivent un déroulement linéaire de type expérience – observation – définition.

pas la structure, ne présente pas de difficultés et s'il en est de même dans le cas du sel de cuisine (simple dilution d'ions si l'on excepte les phénomènes électrostatiques de solvatation), par contre, pour des structures qui ne sont pas purement ioniques, des problèmes se posent. Ainsi, dans le cas de complexes des métaux de transition, la dissolution peut être une véritable réaction, les molécules d'eau, entrant dans la constitution d'une nouvelle espèce facilement caractérisée par sa couleur. On peut citer le cas du sulfate de cuivre anhydre, blanc, devient bleu quand on le met dans l'eau » (Caretto & Viovy, 1994).

L'étude épistémologique nous a permis de porter un regard sur l'usage des modèles et de la démarche de modélisation comme outil pouvant faciliter l'analyse des savoirs mis en œuvre dans la classe et les catégoriser (le monde des objets et événements et celui des théories et modèles).

Nous avons étudié, à la fin, le phénomène de dissolution d'un point de vue didactique. Nous avons signalé les difficultés d'enseignement et d'étude liées à cet objet de savoir révélées par des études en didactique de la chimie.

Ce chapitre nous a permis de dégager un certain nombre d'indicateurs et de repères qui nous seront fort utiles dans notre travail traitant des pratiques effectives des enseignants sur l'enseignement du phénomène de dissolution.

Nous considérons que le savoir est un enjeu dans les pratiques d'enseignement et d'étude et nous représentons dans le chapitre suivant le cadre théorique de notre recherche organisé autour des pratiques d'enseignement et d'étude en classe relatives à un savoir particulier celui du phénomène de dissolution en 1^{ère} année du secondaire tunisien.

Chapitre 2 : Décrire les pratiques enseignantes

Dans ce travail, nous voudrions décrire, dans un but de compréhension, l'action didactique en classe relative à l'enseignement et l'étude du phénomène de dissolution. Nous donnons d'abord brièvement quelques définitions et caractéristiques des « pratiques enseignantes » données par des chercheurs montrant la pluralité de cette notion. Nous exposerons ensuite, quelques travaux récents sur les pratiques d'enseignement et d'étude en sciences physiques et chimiques fondés sur des cadres théoriques et méthodologiques différents.

De ces travaux émerge l'idée que l'action didactique est une activité humaine complexe, constituée d'évènements qui se manifestent à des temporalités différentes d'où, pour l'analyser, il est nécessaire de disposer d'un certain nombre d'échelles temporelles que nous proposons de décrire. Enfin, nous donnons l'approche adoptée dans notre travail d'analyse.

1. Les pratiques enseignantes : Une diversité d'approches

Dans le champ de l'éducation, l'intérêt pour l'enseignant n'est pas récent et les paradigmes des recherches le concernant (Marcel et al., 2002) renvoient à plusieurs définitions des « pratiques enseignantes » tributaires des disciplines, des champs théoriques et des problématiques différentes.

Pour Bru, Altet, & Blanchard-Laville (Bru et al., 2004), les « pratiques enseignantes » sont une notion qui dépasse celle de « méthodes » qui a longtemps caractérisé une approche prescriptive du travail de l'enseignant. Elles révèlent de processus générateurs et organisateurs qui leur sont propres.

Altet (2003) considère que les « pratiques enseignantes » sont une notion englobante donnant lieu à plusieurs définitions selon les champs théoriques de référence utilisés, selon les problématiques et les visées de recherche. Après avoir fait une confrontation notionnelle entre différentes équipes de recherches, Altet retient des éléments communs dans ces définitions : « ceux qui envisagent la pratique comme constituée de dimensions multiples (interactive, contextualisée, cognitive, psychosociale, ...), comme une activité professionnelle située, orientée par des fins, des buts, des normes, celle d'un groupe professionnel, traduisant les savoirs, les procédés, et les compétences – en actes- d'une personne en situation professionnelle ».

Chevallard (Chevallard, 1998) considère que « la pratique enseignante », comme toute activité humaine, met en œuvre une organisation qu'il note $[T/\tau/\theta/\Theta]^6$ et qu'il nomme praxéologie, ou organisation praxéologique. $[T / \tau]$ constituant la praxis (types de tâches et techniques pour les réaliser) ; $[\theta/\Theta]$ constituant le logos (technologie justifiant la technique

⁶ Ce quadruplet résume qu'une tâche, d'un certain type T de tâches présents dans une institution donnée, est accomplie au moyen d'une certaine technique τ , justifié par une technologie θ qui permet en même temps de la penser, voire de la produire, et qui à son tour est justifiable par une théorie Θ (Chevallard, 1998).

et théorie justifiant la technologie). Pour lui, toute pratique est le fruit d'une action humaine dans une institution donnée.

Pour Blanchard-Laville (2002), dans une approche clinique d'orientation psychanalytique des pratiques enseignantes, la pratique se réfère à des tâches à réaliser et des contextes dans lesquels elles se réalisent ; « c'est la posture, c'est-à-dire la façon d'investir la tâche, de se relier aux différents objets (au sens psychique du terme) que sont les élèves, le savoir, l'institution, qui détermine la pratique » (Blanchard-Laville, 2002, cité par Altet, 2003, p. 38).

Robert & Rogalski (2002), utilisent le mot pratiques pour désigner « tout ce que l'enseignant ou l'enseignante met en œuvre avant, pendant et après la classe (conceptions activées au moment de la préparation des séances, connaissances diverses, discours mathématique et non mathématique pendant la classe, gestes spécifiques, corrections de productions d'élèves, etc.) ». L'intérêt des chercheurs au travail de l'enseignant les amène à définir cinq composantes des pratiques enseignantes : *cognitive* et *médiative* qui correspondent aux analyses réalisées en classe (choix des énoncés et de la gestion de la classe), *sociale* (liée à l'établissement), *institutionnelle* (les programmes et instructions officielles, les horaires, les manuels) et enfin la composante *personnelle* (liée à la formation et au parcours de l'enseignant).

Cette pluralité de définitions reflète une diversité de modèles témoignant la complexité de la « pratique enseignante » comme objet d'étude. Plusieurs chercheurs (Altet, Bru, Clanet, cité par Altet, 2003) proposent cependant des modèles qui visent « l'articulation de plusieurs types de variables concernant à la fois l'enseignant, l'apprenant et la situation » (Altet, 2003, p. 35). Les variables étudiées concernent l'enseignant, mais portent aussi sur l'élève et la situation, afin de pouvoir expliquer et comprendre le fonctionnement de la pratique enseignante dans sa complexité, à partir de l'étude des processus en jeu, de leurs interactions et des différentes dynamiques internes et externes.

Nous retenons de toutes ces définitions un consensus réunissant la plupart des chercheurs évoqués : Une action humaine est incompréhensible hors contexte et doit être étudiée « en situation ». Nous considérons dans ce sens que l'action didactique est une action humaine traduisant « ce que les individus font dans des lieux (des institutions) où l'on enseigne et où l'on apprend » (Sensevy & Mercier, 2007). Nous situons notre travail dans ce cadre de l'action située à l'instar de plusieurs chercheurs en didactique de la physique et de la chimie dont nous donnerons quelques éléments de leurs travaux dans la section suivante.

2. L'analyse des pratiques d'enseignement en sciences physiques et chimiques : Revue de quelques travaux récents

Les travaux sur l'action didactique deviennent, de nos jours, de plus en plus nombreux. Vue sa complexité, il n'est pas étonnant qu'elle soit traitée sous différents angles, mobilisant ainsi différentes approches théoriques et méthodologiques. Certains travaux cherchent à identifier les connaissances professionnelles des enseignants. D'autres ont pour but de lier

la pratique de l'enseignant aux performances des élèves. Certains autres tentent de comprendre des pratiques d'enseignement et d'étude autour d'un savoir en jeu. Nous nous situons dans cette dernière perspective et nous exposons ici une présentation principalement méthodologique de quelques travaux récents sur les pratiques d'enseignement qui articulent la didactique de la physique et de la chimie à d'autres cadres théoriques afin de situer notre travail.

Tiberghien, Malkoun, Buty, Souassy & Mortimer (2007) : Les chercheurs visent à caractériser des pratiques de deux classes de physique en vue de les relier à l'acquisition des élèves. L'analyse est centrée sur les savoirs enseignés comme production conjointe du professeur et des élèves dans une classe.

Afin de caractériser la dynamique du savoir enseigné dans les classes, la méthodologie est basée sur une reconstruction du savoir enseigné à deux échelles temporelles : mésoscopique (en thèmes et sous-thèmes) et microscopique (en facettes et tâches épistémiques). L'analyse au niveau mésoscopique permet d'établir des comparaisons entre les deux classes en termes de contenu, durée et chronologie des thèmes et aussi en termes de topogenèse. L'analyse microscopique permet d'approfondir le fonctionnement du savoir enseigné à travers les deux notions: de « continuité du savoir enseigné » et de « sa densité » en lien avec leurs hypothèses que l'apprentissage, (par exemple un élève n'apprend pas en une seule fois le principe d'inertie mais va intégrer des éléments nouveaux de connaissance dans des ensembles déjà acquis). Elles ont montré que selon leur degré de difficulté, une continuité forte de certains éléments dans le savoir enseigné est liée à leur acquisition. Les analyses aux niveaux méso et micro s'appuient sur les données vidéographiques des séances filmées,. Cette relation savoir enseigné - acquisition est renforcée par l'analyse à l'échelle mésoscopique pour l'étude de la dynamique du savoir, notamment l'étude de la topogenèse et la chronogenèse.

Seck (2008) : Le chercheur étudie le rapport entre les pratiques enseignantes et les performances des élèves autour des concepts liés à l'énergie au lycée. Il adopte le point de vue de la théorie de l'action conjointe en didactique. Sa méthodologie est basée sur une reconstruction du savoir enseigné à trois échelles temporelles différentes :

- L'échelle macroscopique, fondée sur une approche conceptuelle donnant la structure du savoir à un niveau de granularité relativement élevé de l'ordre de la séquence.
- L'échelle mésoscopique, basée sur une approche thématique en la croisant avec les phases didactiques et l'organisation de la classe : c'est ce que Seck appelle « les formes de mise en scène dans une classe pouvant caractériser la classe en termes de chronogenèse (progression du savoir), de topogenèse (position des acteurs par rapport à cette progression) et de contrat » (Seck, 2008, p. 92).
- L'échelle microscopique, fondée sur la décomposition du savoir en petits éléments, en identifiant « dans le texte des transcriptions les mots ou les expressions qui font références à l'énergie » (Seck, 2008, p. 106).

Cross (2010) : Le chercheur propose de décrire l'action de l'enseignant en étudiant ses connaissances professionnelles qui émergent de l'action didactique in situ. Il s'intéresse aux connaissances professionnelles d'une enseignante de chimie en classe de Terminale. Avançant l'idée qu'un enseignant professionnel doit mettre en œuvre des connaissances en fonction des situations, il propose de caractériser ces connaissances en fonction du savoir en jeu dans la classe. Il prend en compte à la fois l'épistémologie du savoir en jeu et la mise en œuvre de ce savoir dans la classe. Il articule ainsi, la théorie de l'action conjointe en didactique et les catégories de connaissances professionnelles en mobilisant le modèle Pedagogical Content Knowledge (PCK) de Shulman. Les données vidéo prises en classe ordinaire sont traitées à deux échelles différentes : la première est du niveau des thèmes centrés chacun sur un objet de savoir, la seconde de l'épisode interactionnel. Le traitement des données issues de ces découpages mobilise deux approches complémentaires : la 1^{ère} est narrative et concerne les thèmes, la seconde est statistique et concerne les mots clés attribués aux épisodes mettant en jeu une « difficulté d'élève » ou une « stratégie d'enseignement ». La reconstruction des connaissances professionnelles de l'enseignante est basée sur les catégories construites à la base de ces « épisodes interactionnels » au cours desquels l'enseignante répond aux questions des élèves. L'action didactique de l'enseignante est, selon cette étude, orientée par des buts tels que la compréhension de la chimie par les élèves et la préparation des élèves à l'épreuve de chimie du Bac, ce qui permet au chercheur d'inférer diverses connaissances professionnelles liées à ces deux buts. Ces connaissances professionnelles dépendent de la situation et du savoir en jeu. Avec cette façon de voir, « le savoir enseigné est toujours au centre de l'interaction, mais ce n'est pas le savoir enseigné en lui-même qui caractérise l'action, ce sont les connaissances des acteurs par rapport à ce savoir enseigné ».

Jameau (2012) : Le chercheur utilise une approche articulant la didactique des sciences (la modélisation scientifique) et la didactique professionnelle pour analyser l'activité des enseignants de physique en classe puis la comparer à leur préparation dans le but d'identifier les connaissances professionnelles et leurs évolutions. Il construit ainsi un modèle pour analyser les connaissances mobilisées par les enseignants, fondé sur les PCK classées en cinq composantes incluant chacune des sous-catégories. Ces dernières caractérisent des éléments de connaissances repérés au niveau microscopique relatif au discours précisé. Sa méthodologie associe le chercheur et les binômes de professeurs afin de saisir l'écart entre ce qu'ils ont prévu et ce qu'ils réalisent en classe. Ces écarts, et notamment les incidents critiques, sont à la base de la construction de son corpus. Son travail aboutit à l'identification des connaissances en jeu et montre comment le concept de PCK s'articule avec celui de schème. Cette approche éclaire ainsi les évolutions qui se jouent lorsque les enseignants traitent d'un sujet au moyen des démarches d'investigation. Il montre qu'il y a une relation entre ces connaissances et la régulation rétroactive de l'activité qui permet à l'enseignant d'ajuster sa préparation.

Kermen & Barroso (2013) : Les chercheuses utilisent la double approche didactique et ergonomique tout en faisant appel au fonctionnement du savoir en jeu (la distinction entre ce qui relève de la réalité empirique et ce qui relève du registre des modèles) pour décrire et caractériser l'activité d'une enseignante expérimentée lors de deux séances en demi-classe sur les piles électrochimiques. Les chercheuses procèdent d'abord à un découpage de la transcription de chaque séance filmée en termes d'épisodes. Chaque épisode met en jeu une réalisation de tâche identifiée lors de l'analyse a priori. L'analyse du déroulement des séances sollicite une description détaillée des épisodes en tenant compte des interventions de l'enseignante, des élèves et du sujet de l'intervention. Elles mettent ensuite en résonance ces analyses avec les déclarations de l'enseignante pour accéder aux dimensions institutionnelle, sociale ou personnelle des déterminants de ses pratiques. Les chercheuses concluent, à partir de ces analyses, que les logiques d'action de l'enseignante observée reposent sur des choix qui sont le fruit d'une interaction entre des facteurs relevant de différentes composantes des pratiques professionnelles en particulierisant ceux relatifs aux composante cognitive et institutionnelle.

Venturini & Tiberghien (2012) : Les auteurs cherchent à caractériser l'action didactique dans une classe de physique où il s'agit de mettre en œuvre la démarche d'investigation par un enseignant en début de carrière lors de l'enseignement de la loi d'additivité des tensions dans un circuit série. Le corpus à analyser est constitué principalement d'une vidéo de la séance et une vidéo de type autoconfrontation, au cours de laquelle l'enseignant commente et justifie ses actions. En se référant à la théorie de l'action conjointe en didactique, les deux chercheurs analysent la séance à l'échelle mésoscopique après l'avoir structurée en jeux didactiques. Les chercheurs signalent la nécessité de mener une analyse à un niveau intermédiaire permettant à la fois une vision locale au niveau micro des interactions et une perception plus globale au niveau mésoscopique (intermédiaire) du jeu. Les allers et retours entre ces deux niveaux sont permanents et permettent aux chercheurs de percevoir les dynamiques méso, topo et chrologénétiques des jeux identifiés. De cette analyse, les chercheurs infèrent quelques déterminants de l'action didactique de cet enseignant en début de carrière.

Hervé et al. (2014) : Les chercheurs visent à caractériser l'action didactique relative à au concept de l'énergie. Afin de comprendre la construction de ce concept en classe, les chercheurs mobilisent les outils de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) et le cadre de modélisation scientifique de Tiberghien. Ils mènent ainsi une analyse d'une séance ordinaire filmée dans une classe de 1^{ère} STAV de l'enseignement agricole. Le cadre de description utilisé permet au chercheurs de mener leur analyse à l'échelle mésoscopique associée à une analyse en termes de jeux de langage. Cette étude a permis aux chercheurs d'inférer des éléments qui favorisent la conceptualisation de l'énergie par les élèves : la possibilité de rendre compte de la généralité du concept à partir de différents usages (langagiers ou d'objets), l'explicitation d'éléments épistémologiques pour donner du sens au concept.

Nouri (2016) : Le chercheur vise dans son travail à comprendre l'action didactique de deux enseignants, l'un novice et l'autre expérimenté, lors de l'enseignement et l'étude de la variation du pH au cours d'une réaction entre une solution acide et une solution basique dans une classe de terminale. Il mène une analyse didactique à l'échelle mésoscopique en mobilisant des outils issus d'un cadre théorique articulant la théorie de l'action conjointe en didactique et la théorie des deux mondes (le monde empirique et le monde des théories et modèles). Son travail aboutit à la caractérisation des pratiques observées et lui permet de caractériser l'avancée du savoir en termes de continuités/discontinuités.

En guise de conclusion, nous disons que ces études, dont certaines sont axées sur les pratiques et d'autres sur les connaissances, partagent l'idée que l'action didactique est constituée d'évènements qui se manifestent à des temporalités différentes d'où pour l'analyser il est nécessaire de disposer d'un certain nombre d'échelles que nous proposons d'en rendre compte dans la section suivante.

3. Échelles d'analyse

Décrire les processus des actions humaines nécessite qu'on dispose des échelles de temps pertinentes traduisant, selon Wortham (2006), le fait que ces processus "spread over time and space, through many "events" and take place across various characteristic time intervals" (Wortham, 2006, p. 8).

Lemke (Lemke, 2000) précise que pour comprendre le niveau d'analyse auquel on s'intéresse, il faut se situer à la fois à un niveau plus élevé et moins élevé de l'échelle du temps qui nous intéresse car : "What is possible on the focal scale, the kinds of interactions that can happen, depends on the kinds of processes and participants at the level immediately below, level N-1. Processes at level N-1 are constitutive of processes at level N; they provide the affordances for activity at level N. But level N is never the top level (certainly for human social processes)" (Lemke, 2000, p. 277).

Plusieurs travaux en didactique (cf. § 2, p. 32) ont mobilisé différentes échelles dans l'analyse de différents systèmes. La pluralité et diversité des échelles montrent que « chaque système produit son temps propre » (Mercier et al., 2005, cité par Tiberghien et al., 2007, p. 101).

Dans ce sens, Venturini & Tiberghien (2018) considèrent que le choix d'une échelle et/ou d'une autre reste lié aux outils théoriques mobilisés, et aux questions de recherche posées (Venturini & Tiberghien, 2018). Dans leurs travaux, (Tiberghien & Venturini, 2015 ; Venturini & Tiberghien, 2018), les deux chercheurs ont montré la pertinence d'introduire des échelles du temps intermédiaires entre les niveaux classiquement utilisés (micro, méso et macro) et qui s'ajoutent à eux.

En guise de conclusion, nous disons que l'étude d'un système complexe comme l'action didactique nécessite d'être menée à différentes échelles temporelles et que l'alternance et l'articulation des différents niveaux d'analyse permettent d'enrichir la description de l'objet étudié. Notre travail se situe dans la lignée de ces travaux qui s'intéressent à l'action

didactique mettant en œuvre l'enseignement et l'étude d'un savoir particulier, celui de du phénomène de dissolution pour des élèves du début du secondaire tunisien.

Nous considérons que cette action didactique est conjointe (Sensevy et Mercier, 2007) mettant en jeu une série de transactions entre le professeur et l'élève dont l'objet est un savoir (Venturini & Tiberghien, 2018).

Nous exposons, dans la section suivante, les trois échelles (mésoscopique, microscopique et intermédiaire) que nous avons choisies pour décrire l'action didactique et les outils théoriques associés aux différents niveaux d'analyse.

3.1. Échelle mésoscopique

L'échelle mésoscopique concerne des événements qui se produisent sur quelques minutes ou quelques dizaines de minutes. Elle correspond, pour une séance de classe par exemple, au rythme de changement des activités.

L'adoption du point de vue qui considère l'action didactique comme conjointe nous autorise à utiliser la métaphore du « jeu » (Sensevy, 2007), que nous associons à l'échelle mésoscopique. Nous présentons ci-dessous les éléments essentiels de la TACD (Amade-Escot & Venturini, 2009 ; Schubauer-Leoni et al., 2007 ; Sensevy & Mercier, 2007 ; Sensevy, 2011 ; Sensevy, Mercier & Schubauer-Leoni, 2000) qui va nous fournir des outils essentiels pour mener l'analyse des jeux à cette échelle.

3.1.1. Théorie de l'action conjointe en didactique (TACD)

Sensevy & Mercier (2007, p. 187) considèrent que « faire de la didactique, c'est étudier des pratiques de savoir, et plus spécifiquement des pratiques de diffusion (ou transposition) et de transmission (ou étude, enseignement et apprentissage) de savoir ». Ainsi « la fonction essentielle de cette théorie consiste dans la production d'un vocabulaire qui permette des descriptions systémiques des processus d'enseignement et d'apprentissage » (Sensevy, 2007, p. 13). Dans ce sens, la TACD cherche à offrir un cadre théorique pour décrire l'action enseignante dans un système triadique indivisible reliant l'enseignant, l'élève et le savoir.

Nous commençons par définir l'action didactique, pour décrire, ensuite les concepts fondamentaux de la TACD.

3.1.1.1. L'action didactique

Une des notions clé de la TACD est celle de l'action didactique. Le terme *action* d'après Sensevy (2007, p. 14) traduit le fait d'*agir*.

L'auteur justifie son acception du terme par le poids des situations⁷ et leur cristallisation en institutions⁸.

Par le terme *didactique*, Sensevy, (2007, p. 14), fait référence à « ce qui se passe quand quelqu'un enseigne quelque chose à quelqu'un d'autre ». Il précise qu'une pratique d'éducation est fondée sur la transmission d'un savoir. Il appelle « savoir » la *puissance d'agir* qui permet d'exercer une capacité (Sensevy & Mercier, 2007). Dans ce sens, Schubauer-Leoni et al. (2007a) ajoutent que cette *puissance d'agir* s'exprime en situation, et qu'apprendre c'est apprendre d'une expérience, mais c'est aussi apprendre une expérience.

Pour Sensevy (2007), deux dimensions caractérisent plus particulièrement l'action didactique. La première concerne son caractère conjoint. En effet, par ce terme, l'auteur veut insister sur le fait qu'il est impossible de comprendre l'action de P (professeur) à propos du savoir (S) sans se référer à l'action de E (élève) à propos de ce même savoir et vice versa. Ainsi, la compréhension de cette action est impossible si on ne tient pas compte de la triade (enseignant, élève, savoir).

La seconde caractéristique réfère au fait que cette action est « fondée sur une communication dans la durée entre le professeur et les élèves ». Cette communication est centrée sur un objet précis, « [...] le savoir qui doit être transmis » (Sensevy, 2007, p. 14).

Cette communication, comme toute communication humaine, suppose une co-opération au sein de laquelle le savoir résulte d'une co-production entre les co-acteurs (qui sont principalement des co-locuteurs) d'une situation qu'ils partagent mais qu'ils abordent avec des rapports différents pour satisfaire des objectifs différents (notamment enseigner et étudier/apprendre un savoir). Dans le cadre de l'action didactique et selon Sensevy et Mercier (2007) c'est le savoir, en tant que *puissance d'agir*, qui donne sa forme aux pratiques d'enseignement et d'apprentissage, et de ce fait, il est au cœur d'une « transaction » entre l'enseignant et les élèves.

3.1.1.2. Transactions didactiques

Nous avons mentionné ci-dessus que l'action didactique est fondée sur la communication, donc sur des interactions. Dans la TACD, les interactions didactiques sont appréhendées comme *des «transactions»* à propos des savoirs en jeu, entre une instance Professeur (P) et une instance Elève (E) (Sensevy, 2007). Ainsi, pour comprendre cette action, il est nécessaire de la décrire à travers (trans) « *l'autre* » qui, pour l'auteur, regroupe l'autrui et l'environnement (Sensevy, 2007, p. 16). Dans cette optique, l'auteur ajoute que le savoir n'est par conséquent ni dans l'acte d'enseigner, ni dans l'acte d'apprendre puisque l'un

⁷ Une situation au sens de Sensevy (2011) est « l'ensemble des relations et des conditions d'espace et de temps qui lui donnent sa forme » (Sensevy, 2011, p. 25).

⁸ Une institution au sens de Chevallard est « un dispositif social total,...qui permet et impose à ses sujets, c'est-à-dire aux personnes qui viennent y occuper les différentes positions p offertes dans I, la mise en jeu d'une manière de faire et de penser propres » (Chevallard, 1992).

suppose l'autre. Les contenus de savoirs forment donc des objets interactionnels et transactionnels mis en jeu dans la communication entre ces deux pôles.

Dans cette même lignée, Venturini & Tiberghien (2018) soulignent aussi le caractère communicationnel de cette action particulière « vue comme mettant en jeu une série de transactions entre le professeur et l'élève dont l'objet est un savoir ou est en lien avec un savoir ».

3.1.1.3. Le jeu en tant que métaphore de l'action didactique

Sensevy (2011) décrit l'action conjointe comme étant dialogique et participative qui la modélise en termes de « jeu » (Sensevy, 2011, pp. 49-50). Inspiré du « jeu social » de Bourdieu (Bourdieu, 1987, cité par Sensevy, 2011, p. 42) et du « jeu de langage » de Wittgenstein (Wittgenstein, 2004, cité par Sensevy, 2011, p. 30), l'auteur considère qu'« agir selon la logique de la pratique (la logique d'un système pratique déterminée) c'est maîtriser un jeu de langage dans une forme de vie déterminée » (Sensevy, 2011, p. 44).

Pour se rendre sensible à la forme que ces jeux donnent à l'action didactique, Sensevy souligne l'intérêt d'un ensemble de caractéristiques relatives au jeu didactique (Sensevy, 2011).

3.1.1.3.1. Les caractéristiques du jeu didactique

La métaphore du jeu suppose qu'« un jeu a un enjeu, [...] que l'on se prend au jeu ; on y gagne ou on y perd; on ne peut y jouer sans en connaître les règles, et au-delà de la connaissance des règles du jeu, il faut pour gagner produire des stratégies pertinentes, des stratégies gagnantes, et donc avoir le sens du jeu » (Sensevy, 2011, p. 42).

Venturini & Tiberghien (2018) considère « les deux métaphores (celle de transaction et celle du jeu) [comme] n'étant pas sans lien. La première met l'accent sur ce que professeur et élève co-construisent au cours des échanges et dont l'aboutissement servira de référence commune pour les transactions à venir. La seconde met plus l'accent sur des aspects qui restent souvent implicites dans la transaction mais qui la pilotent, les idées de règles, de stratégies, d'enjeu, de gain » (Venturini & Tiberghien, 2018, p. 67). En se référant à cette idée, nous gardons pour la suite de notre travail la notion du jeu didactique.

Pour se rendre sensible à la forme que ces jeux donnent à l'enseignement et à l'apprentissage, Sensevy souligne l'intérêt d'un ensemble de descripteurs du jeu didactique (Sensevy, 2007).

3.1.1.3.2. Les descripteurs du jeu didactique

- **Contrat didactique**

Au sein de la TACD, le contrat didactique constitue un concept principal dans la mesure où il fournit un cadre interprétatif de ce qui se passe, en classe, entre le professeur et les élèves

à propos d'un savoir. Par la suite, le contrat didactique constitue ce que Sensevy (2011, p. 99) appelle « le système stratégique disponible au moyen duquel le professeur et les élèves vont jouer ce jeu ». Ce point de vue conduit à l'idée que pour jouer le jeu, l'enseignant et les élèves utilisent un système de stratégies qui inclue un ensemble de règles, généralement implicites, mais dont les conséquences apparaissent particulièrement à travers le partage des responsabilités entre l'enseignant et ses élèves vis à vis de la progression du savoir dans la classe (Venturini & Tiberghien, 2018). Certaines de ces règles d'action sont la trace de pratiques répétées, qui font sans cesse l'objet d'ajustements en fonction de la situation construite par le professeur et de la spécificité de la connaissance visée (Sensevy, 2007). D'autres sont pérennes car elles sont construites sur de longues périodes. Mais ces règles peuvent se manifester localement et concerner l'action conjointe durant différentes temporalités.

En se référant à Brousseau (Brousseau, 2009), Sensevy ajoute que le contrat didactique « conçoit l'action didactique comme organiquement communicationnelle, fondée sur le processus d'interprétation que l'élève produit de la situation à travers la perception qui est la sienne des actes professoraux, et donc des systèmes de signes qu'ils impliquent » (Sensevy, 2011, p. 98).

La reconnaissance de l'existence du contrat didactique amène l'auteur (Sensevy, 2007) à mettre en évidence, dans le même temps, deux caractéristiques qui pèsent dans les transactions didactiques. La première concerne le fait que le contrat didactique fonctionne sur un paradoxe. D'une part, si le professeur dit ce qu'il veut il ne peut plus l'obtenir. D'autre part, apprendre pour l'élève, suppose qu'il accepte la relation didactique mais qu'il la considère comme provisoire et s'efforce de la rejeter. La seconde caractéristique du contrat concerne ses « effets » dont nous citons les « effets Topaze et Jourdain ». Ces deux « dérives », pourtant nécessaires à la poursuite de la relation didactique, se manifestent lorsque le professeur donne la règle du jeu et négocie à la baisse, sur le plan épistémique, les conditions dans lesquelles l'élève finira par donner la réponse attendue (l'effet « Topaze »), ou lorsque le professeur reconnaît l'indice du savoir visé (reconnaitre une stratégie gagnante là où elle ne l'est pas) dans les comportements ou les réponses des élèves, alors qu'ils sont motivés par des causes et des significations banales (l'effet « Jourdain »). Toutefois, ces « effets de contrats » ainsi que ses « ruptures » contribuent à décrire le fonctionnement du système didactique (Brousseau, 2009).

▪ **Milieu didactique**

Si plusieurs études signalent l'importance de ce concept dans l'étude de l'action didactique, une théorie unifiée est loin d'être partagée à propos de ce concept (Amade-Escot & Venturini, 2009). En effet, les auteurs (2009, p. 28) rappellent, en se basant sur une revue de littérature, que ce concept a été modulé lors de sa migration d'une théorie à une autre. Dans le cadre de la théorie des situation didactiques (TSD), Brousseau (Brousseau, 1990), considère que le milieu doit être « adidactique » et « antagoniste » de l'élève : il doit être le

facteur des contradictions, des difficultés et des déséquilibres et donc des adaptations que l'élève doit pouvoir opérer de façon autonome. Chevallard (Chevallard, 1992) dans le cadre de la théorie de l'anthropologie du didactique (TAD), considère le milieu comme une condition écologique de l'existence du système didactique au sein d'une institution, car il faut qu'à chaque instant un ensemble d'objets puisse exister pour les sujets de l'institution, à savoir qu'il existe a minima des « rapports institutionnels localement stables » Chevallard (1992). Dans le cadre de la TACD, Sensevy (Sensevy, 2007) définit le milieu à la fois comme un « environnement cognitif » commun entre les acteurs et comme un « *système antagoniste* » de l'actant, ce qui lui permet de différencier l'environnement cognitif d'une part, des ressources et des contraintes qui orientent les transactions d'autre part.

De leur côté, Amade-Escot et Venturini (2009) considèrent, en référence à l'approche de l'action conjointe, que le milieu didactique est tout ce qui agit sur l'élève et sur le professeur et sur quoi l'élève et le professeur agissent. Nous adhérons à cette idée et, à l'instar de Gardiès & Venturini (2015), nous associons le milieu aux aspects matériels, conceptuels et communicationnels de la situation didactique auxquels les acteurs donnent du sens en rapport avec les savoirs en jeu.

- ***Le doublet contrat-milieu***

D'un point de vue didactique, un jeu représente l'expression d'un contrat didactique (en tant que système stratégique) dans un milieu spécifique (en tant qu'éléments matériels, conceptuels et communicationnels de la situation qui permettent aux joueurs de construire ou modifier le système stratégique). La séance d'enseignement peut alors se décrire comme une succession de contrats didactiques dans des milieux sans cesse renouvelés au cours de l'action didactique (Gruson, 2006, cité par Marlot, 2009). Une telle description permettra de saisir certaines des raisons possibles de l'évolution d'un jeu à l'autre, de décrire comment cette évolution s'est faite (introduction d'un nouvel élément dans le milieu, instauration d'un nouveau contrat) et à travers quelle transaction elle s'est faite. Regarder le milieu comme résultant d'une action conjointe entre enseignant et élève pose la question sur ce dernier qui peut représenter des élèves différents donc des milieux et des contrats différents dans la classe (Schubauer-Leoni, 1986 cité par Amade-Escot, 2013).

Ce premier point sur le lien étroit entre milieu et contrat nous invite à examiner les techniques didactiques professorales utilisées par l'enseignant pour faire jouer le jeu.

- ***Le quadruplet des techniques professorales pour faire jouer le jeu***

Pour faire jouer le jeu didactique, le professeur utilise quatre types de techniques dont chacune à une fonction particulière dans le jeu :

- Définir le jeu : le professeur définit le jeu en donnant les règles « *définitoires* » qui vont montrer aux élèves la manière dont les jeux vont se jouer.

- Dévoluer : c'est « l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert » (Brousseau, 1998, p. 303). Faire accepter que la solution ne dépende que des connaissances que l'élève a déjà, alors qu'il ignore la solution, et produire un milieu adapté.
- Réguler : « la régulation est l'action du professeur consistant à modifier les contraintes et les variables des situations et à donner des informations pour faciliter l'étude, ainsi que tous les comportements produits en vue d'amener l'élève à élaborer des stratégies gagnantes dans le jeu didactique » (Amade-Escot, 2007, p. 121). Les formes de régulation peuvent comporter des questions fermées, des effets topaze, voire des questions très ouvertes.
- Institutionnaliser : Ce processus (Brousseau, 2009) concerne les savoirs produits pendant le jeu et vise à « les replacer dans un répertoire spécial dont la culture et la société affirment l'importance et l'usage » de manière à assurer la prise en compte "officielle" par l'élève de l'objet de la connaissance et par le maître, de l'apprentissage de l'élève (Brousseau, 2009). L'institutionnalisation permet dans ce sens de clarifier le savoir auquel la classe peut faire légitimement référence.

▪ **Le triplet des genèses de la dynamique du jeu**

Décrire les pratiques d'enseignement et d'étude *in situ* suppose de considérer l'action didactique comme une succession de jeux didactiques et répondre à des questions de type : à partir de quoi les savoirs évoluent-ils ? qui les fait évoluer ? et comment avancent-ils ?

Le système descriptif de la TACD propose, pour répondre respectivement à ces questions, un triplet fondamental (Sensevy, 2007, p. 30) : mésogénèse, topogénèse et chronogénèse, rendant compte en même temps de la dynamique de l'action.

Cet ensemble de descripteurs se trouve au cœur d'une typologie de techniques observables construite par Schubauer-Leoni et al. (2007, p. 59) et mobilisée par Ligozat (2015) pour décrire l'action conjointe Professeur-Élèves. Nous prenons appui sur cette typologie et nous décrivons, dans la suite, ces trois descripteurs en donnant pour chacun des exemples de gestes susceptibles de le mettre en œuvre.

❖ **La mésogénèse**

Ce concept a pris naissance dans les travaux de Brousseau et est développé par plusieurs travaux (Chevallard, 1992 ; Sensevy, Mercier, Schubauer-Léoni, 2000 ; Amade-Escot & Venturini, 2009) lors de l'étude du « milieu » en classe. Il se réfère dans la TACD à la co-construction du milieu qui évolue dynamiquement dans le temps au fur et à mesure que les savoirs avancent sous l'effet de l'action conjointe, en permettant de se rendre compte des significations que prennent les objets (symboliques, matériels et langagiers) pour les acteurs (Amade-Escot & Venturini, 2009).

Nous suivons de plus près l'évolution du milieu et nous essayons de la décrire à travers l'identification des gestes mésogénétiques opérées par l'enseignante notamment la dénomination / désignation d'objets matériels, langagiers ou symboliques par ostension physique et / ou verbale ; l'indication de traits pertinents par rapport à une configuration d'objets donnée ; l'introduction de consignes et d'injonctions, ...

❖ La topogénèse

Ce descripteur (Sensevy, Mercier, Schubauer-Léoni, 2000) permet d'identifier comment le contenu épistémique est réparti entre les transactants. Il « renvoie à l'évolution du partage des responsabilités vis-à-vis du savoir au cours du temps » (Sensevy, 2007, p.32). Il peut donner lieu à plusieurs modalités :

- Topogénèse professeur si la responsabilité du savoir est assumée par le professeur qui prend à sa charge la responsabilité de faire avancer les savoirs en adoptant une position topogénétique haute ou « surplombante ».
- Topogénèse élève lorsque c'est l'élève qui assume l'avancée des savoirs par l'introduction d'éléments pertinents.
- Topogénèse partagée si le professeur et l'élève introduisent tous les deux des éléments significatifs dans l'avancée du savoir.

❖ La chronogénèse

Sensevy associe ce descripteur à la modification du contenu du jeu au cours du temps (Sensevy, Mercier, Schubauer-Léoni, 2000). De la dynamique du savoir émerge la notion d'avancée du savoir que différents travaux ont tenté d'interpréter en mobilisant notamment l'idée de continuité du savoir (El Hage, Buty & Badreddine, 2012 ; El Sowayssi, 2016 ; Nouri, 2016 ; Tiberghien & Malkoun, 2007 ; Tiberghien, 2012) en réponse à différentes hypothèses.

Ces travaux montrent que la chronogénèse peut être étudiée à différentes échelles temporelles pour décrire l'évolution du savoir (Tiberghien et al., 2007). Nous revenons sur cette idée de continuité un peu plus tard dans la suite de notre exposé d'outils théoriques.

Nous distinguons pour la chronogénèse trois modalités :

- Rapide : si on repère des indices de fin d'activité relatifs à l'élément de savoir en jeu ou une déclaration d'avancée dans un but d'institutionnalisation ;
- Lente : si un ralentissement accompagne l'action de structuration des éléments de savoirs en jeu ;
- Arrêtée : lorsque les éléments de savoir visés sont absents.

Pour conclure, nous pouvons dire que ce point de vue ternaire de l'action didactique nous fournit un ensemble d'outils qui nous permet de décrire la dynamique des jeux didactiques dans la classe et nous permet ainsi de voir quel savoir est co-construit en action. Mettre ce

triplet de genèse au service de l'analyse d'une action didactique fondée sur un point de vue ternaire (associant simultanément l'enseignant, l'élève et le savoir), suppose que ces genèses évoluent ensemble : « à chaque état de la mésogenèse correspond un état de la topogenèse et un état de la chronogenèse au regard des savoirs en jeu » (Amade-Escot & Venturini, 2009, p. 29).

La TACD inscrit l'action conjointe au sein d'un processus de communication (Sensevy, 2007, p. 15). Pour se rendre compte de ce qui se passe entre les actants à propos du savoir en jeu et ainsi mieux documenter la topogenèse, nous supposons fructueux d'analyser la forme que peuvent prendre les échanges didactiques en mobilisant les outils de l'approche communicationnelle (Mortimer & Scott, 2003).

3.1.2. L'approche communicationnelle

La communication en classe de science a fait l'objet de travaux de Mortimer & Scott (2003). Ces auteurs présentent deux dimensions pour la catégorisation du discours entre l'enseignant et les élèves ; la dimension dialogique et autoritative du discours et la dimension interactive et non-interactive. En combinant ces deux dimensions, ils ont défini les quatre catégories « fondamentales de l'approche communicationnelle » (Mortimer & Scott, 2003) :

- Interactive/dialogique : l'enseignant et les élèves explorent les idées, génèrent des nouvelles significations, osent des questions et des possibilités, s'écoutent et travaillent selon plusieurs points de vue.
- Non-interactive/dialogique : l'enseignant considère plusieurs points de vue, prend le dessus, exploite et travaille dans différentes perspectives.
- Interactive/autoritative : l'enseignant conduit les élèves à travers une série de questions-réponses avec le but de régir un point de vue scientifique.
- Non-interactive/autoritative : l'enseignant présente un point de vue scientifique et conduit un cours magistral.

Ces catégories, avec celles relatives aux descripteurs de l'action conjointe décrits précédemment, constituent nos outils théoriques pour analyser le jeu didactique à l'échelle mésoscopique. Cette échelle sera notre échelle de référence (Niveau N).

Dans la section suivante, nous essayons d'abord d'exposer brièvement les outils théoriques liés au choix d'une échelle microscopique issus de quelques travaux antérieurs. Nous donnons ensuite notre orientation dans le cadre de notre recherche.

3.2. Échelle microscopique

Cette échelle est associée à des événements de très courtes durées (la durée est généralement de l'ordre de quelques secondes). Elle peut concerner, par exemple, la production d'un acte de communication (verbal ou non) (Tiberghien & Venturini, 2015 et

Venturini & Tiberghien, 2018), d'un épisode interactionnel (Cross, 2010), d'une phrase ou d'une courte interaction (Malkoun, 2007).

Considérant que l'action conjointe est « organiquement communicationnelle », Tiberghien et Venturini (2015) se retournent vers les sciences du langage et prennent l'acte (verbal ou non verbal) comme unité d'analyse d'un événement de courte durée, gardant un sens du point de vue de la transaction didactique. Les chercheurs attribuent à l'acte trois dimensions : pragmatique, interactionnelle et représentationnelle (Tiberghien & Venturini, 2015, p. 58) :

- La dimension pragmatique

Cette dimension est liée aux aspects illocutoires et perlocutoires du langage et est rattachée aussi à l'intentionnalité des intervenants (enseignant et élève). Tiberghien et Venturini (2015) considèrent que c'est au chercheur de choisir ses propres catégories adaptées à l'objet et au corpus de sa recherche. Ainsi, dans un travail sur le contrat didactique dans une classe de physique, Venturini et Tiberghien (2015) choisissent des catégories liées à la responsabilité du professeur vis à vis des savoirs (P traite lui/elle-même des éléments des savoirs, P demande aux élèves de traiter eux-mêmes des éléments des savoirs).

- La dimension interactionnelle

Cette dimension caractérise les actes langagiers liés aux échanges enseignant-élève. Ces actes donnent lieu généralement, dans une classe, à un discours interactif qui peut être caractérisé par des patterns de discours comme les patterns I-R-E⁹, I-R-F et I-R-F-R-F et peuvent aussi contribuer à un discours non-interactif au sens de Mortimer et Scott (2000) qui « concerne par exemple des déclarations liées aux savoirs, des injonctions liées à la gestion de la classe, etc. » (Tiberghien & Venturini, 2015).

- La dimension représentationnelle

Tiberghien et Venturini (2015) associent cette dimension à la représentation du monde physique. Ils associent à l'acte (ou à un ensemble d'actes) ayant un sens de point de vue du savoir la notion de : « facette » de savoir.

Pour définir la « facette », les deux chercheurs reprennent la définition donnée par (Minstrell, 1992). Ainsi, « une facette est un énoncé mettant en jeu un élément de connaissance, de raisonnement ou de stratégie qui peut être correct ou incorrect du point de vue du savoir enseigné et par exemple relever alors de pratiques quotidiennes » (Tiberghien & Venturini, 2015). Dans ce sens, une facette est construite par le chercheur et sert de référence pour analyser le discours de la classe (professeur ou élève).

L'acte ainsi construit, constitue un outil méthodologique qui a permis aux chercheurs de nourrir les descriptions faites à une échelle supérieure en termes du triplet des genèses.

⁹ « I » pour initiation qui se fait normalement à travers une question posée par l'enseignant, « R » pour une réponse de la part de l'élève, « E » pour une évaluation par l'enseignant et « F » pour un feedback.

D'autres travaux, s'intéressant plus particulièrement à la question des contenus du savoir enseignés en classe, ont mobilisé les facettes comme outil méthodologique (Tiberghien et al., 2007 ; Tiberghien, 2012 ; Tiberghien & Malkoun, 2007 ; El Sawayssi, 2016 ; Gardiès & Venturini, 2015 ; Venturini & Tiberghien, 2018).

Nous nous alignons avec ces travaux dans le choix des facettes pour repérer les éléments de savoirs dans les productions verbales de l'enseignant et des élèves dans le but de suivre l'avancée du savoir enseigné en termes de liens, établis ou non, du point de vue du fonctionnement du savoir (Tiberghien & Vince, 2005).

3.2.1. Le fonctionnement du savoir de point de vue de la modélisation

Les savoirs enseignés correspondent aux savoirs mis en œuvre dans la classe par le professeur et les élèves pendant les séquences d'enseignement. Nous avons souligné, dans un chapitre précédent (cf. § 3.3, p. 22) l'importance de catégoriser ces savoirs selon un point de vue épistémologique auquel l'enseignante et/ou les élèves font référence lorsqu'ils traitent un élément de savoir. Leurs propos peuvent relever de l'un des trois niveaux de modélisation suivant :

- Monde des théories et modèles (th/mod) : lorsqu'ils concernent la mise en jeu d'un point de vue, d'un élément de théorie ou d'un modèle (scientifique ou quotidien).
- Monde des objets et événements (obj/ev) : lorsqu'ils concernent des phénomènes empiriques, une expérience de sens ou une expérience commune.
- Lien entre les deux mondes : lorsqu'ils concernent la mise en relation du champ des observables et celui des théories/modèles.

La référence à la théorie des deux mondes (Tiberghien & Vince, 2005) constitue pour notre travail un des outils nécessaires pour analyser le savoir et caractériser, en conséquence, son avancée dans la classe.

La notion d'avancée du savoir est étudiée dans plusieurs travaux antérieurs à travers la mobilisation de la notion de continuité du savoir en réponse à différentes hypothèses.

3.2.2. Les continuités et les discontinuités dans l'avancée du savoir

Différents chercheurs ont abordé la notion de continuité de différents points de vue.

Pour Tiberghien & Malkoun (2007) et Tiberghien et al., (2007), la continuité est interprétée en lien avec l'apprentissage d'un savoir en classe. Ces chercheurs considèrent que l'élève n'apprend pas au rythme où les nouveaux éléments de savoirs sont enseignés, mais il apprend à son propre rythme ; alors si le savoir est repris souvent dans l'enseignement, il y a plus de chance qu'il soit acquis et appris par les élèves. De ce fait, la continuité est assurée par la reprise d'éléments du savoir déjà introduits. Ces reprises mémorielles pour les chercheurs consistent à établir des liens entre les différents éléments de savoirs et les

différents moments de leur enseignement (Tiberghien & Malkoun, 2007, p. 35 ; Tiberghien et al., 2007, p. 114).

Pour El Sawayssi (2016), la continuité est traduite par la cohérence du savoir enseigné, au sens où le professeur établit de multiples liens entre les différents éléments de savoir à différents moments d'enseignement. Ces liens peuvent « s'exprimer de différentes façons comme par exemple l'introduction d'un langage plus scientifique, ou un lien entre l'acquis et le scientifique, ou un lien de généralisation par passage du cas particulier au cas général, de l'évènement à la théorie, etc. » (El Sawayssi, 2016, p. 38).

Pour Gardiès & Venturini (2015), la continuité concerne l'établissement des liens entre les savoirs de référence et les savoirs effectivement enseignés dans une pratique d'enseignement ordinaire. Pour ces chercheurs, décrire l'évolution du savoir enseigné revient à préciser quelle nature du savoir (quotidienne ou scientifique scolaire) est à l'œuvre dans un thème particulier et à quel moment (Gardiès & Venturini, 2015, p. 25).

Notre point de vue épistémologique sur le fonctionnement du savoir façonne notre analyse de la dynamique du savoir enseigné dans la classe. Nous considérons qu'une continuité du savoir (ou une discontinuité) est assurée à travers la construction (ou non) des liens lors du passage du monde des observables au monde des théories et modèles ou au sein d'un même monde ou aussi en passant d'un langage quotidien à un langage scientifique scolaire.

L'identification des continuités et discontinuités contribue à caractériser l'avancée du savoir. Le cheminement adopté pour les identifier sera développé davantage dans la méthodologie.

3.2.3. Les tâches épistémiques

Établir des relations entre les éléments de savoir peut correspondre à différents types de raisonnement (Ohlsson, 1996, cité par Tiberghien, Buty, & Maréchal, 2005). Ohlsson (1996) construit une catégorisation des tâches épistémiques (décrire, expliquer, argumenter, prédire, critiquer, définir) rendant compte de ces raisonnements. Les travaux de Tiberghien, Buty et Le Maréchal (2005) ajoutent à cette classification la tâche épistémique (questionner) et les conditions de mise en œuvre de chacune des tâches (cf. Tableau 2 ci-dessous) :

Tableau 2 : Categories of epistemic tasks (Tiberghien, Buty, & Maréchal, 2005, p. 42)

Epistemic tasks	Theme (Object of the task)	How
Describing	- observable facts (events, objects, indications) - graph, schema, image	
Interpreting	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition, concept	- Constructing relation between objects-events - Constructing relation between objects - events and physical quantities - Constructing relation between physical quantities
Predicting	- Experimental facts - Theoretical element - Relation between facts and theoretical element	- Intuitively - From observation of objects or events - From theoretical elements
Defining	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition	
Explaining	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition, concept	- Constructing relation between objects-events - Constructing relation between objects-events and physical quantities - Constructing relation between physical quantities
Questioning	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition, concept	
Arguing	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition	
Critiquing (evaluating).	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition, concept	knowledge produced - by him/herself - by other

Nous prenons de cette liste les tâches épistémiques que l'analyse a priori des activités proposées aux élèves ainsi que notre connaissance des habitudes d'enseignement au lycée, nous ont permis de sélectionner. Nous reformulons ces tâches épistémiques de manière à s'adapter à notre interprétation :

- Description : cette tâche rend compte de certains traits d'un objet dans le monde des observables (le sel et l'eau forment un mélange homogène) ou d'un concept dans le monde théorique (La concentration d'une solution saturée est maximale).
- Interprétation : c'est la compréhension de « quelque chose » du monde matériel ou du monde théorique en mettant en jeu un point de vue, un élément de théorie ou de modèle (scientifique ou quotidien) permettant de clarifier « cette chose » ; (le sel se dissout dans l'eau), (À égale masse de soluté, la solution au plus petit volume est la plus concentrée).

- Définition : c'est la construction du sens d'un vocabulaire ou d'un concept à travers une formulation brève et précise de son contenu. Cette tâche peut correspondre soit à l'élaboration d'une définition soit à la mise en œuvre d'une définition déjà établie ; (le sel joue le rôle de soluté et l'eau le solvant), (la concentration est le rapport de la masse du soluté dissous sur le volume de la solution).
- Prédiction : prédire pour Malkoun « c'est annoncer « quelque chose » comme devant se produire, par connaissance inductive, rationnelle des causes et des effets ». Ici "quelque chose " peut être matériel (événement) ou un élément théorique par exemple : une valeur d'une variable ou une relation entre variables ou entre grandeurs physiques » (Malkoun, 2007), p. 67). Prenant appui sur notre analyse a priori nous ajoutons que prédire dans le cas d'une expérience de pensée c'est aussi opérationnaliser un modèle déjà construit, en explorant dans l'espace théorique les relations possibles entre ses concepts, dans le but de produire une procédure de calcul. Cela revient à mettre en œuvre une stratégie d'utilisation du modèle retenu ou d'une définition théorique ou d'un concept « déjà vus ». C'est généralement une opérationnalisation du modèle sans qu'il y ait une application sur l'espace empirique. C'est le cas par exemple de prédire l'effet d'un refroidissement sur une solution saturée en calculant la masse du soluté déposé.

L'identification de ces tâches épistémiques rend compte de la contribution des élèves et de l'enseignant dans la manipulation du savoir dans la classe.

Nous utilisons la facette comme unité d'analyse du savoir dans la classe au niveau N-2. Sa caractérisation en référence à la modélisation et en termes de tâche épistémique mise en œuvre contribue à l'analyse de l'action didactique à une échelle intermédiaire au niveau de laquelle s'articulent les données des deux échelles, microscopique et mésoscopique.

3.3. Échelle intermédiaire

Cette échelle était proposée par Tiberghien et Venturini en réponse à la question de la contribution des observables au niveau microscopique à la caractérisation mésoscopique du jeu (Tiberghien & Venturini, 2015, p. 55). Selon les auteurs, cette échelle « caractérise des épisodes de l'ordre d'une à deux minutes qui peuvent être interprétés de deux manières différentes et complémentaires :

- Comme la plus petite unité de transaction ou de jeu (en dessous, il n'y a plus de transaction ni de jeu). À ce titre, cet épisode peut être caractérisé à l'aide des descripteurs utilisés au niveau mésoscopique pour décrire l'action didactique et est lié à des évolutions « locales » d'une ou plusieurs de ses dimensions ;
- Comme un ensemble d'actes, cohérent du point de vue de la signification, et à ce titre l'épisode de niveau N-1 peut être décrit à partir des caractéristiques des actes » (Venturini & Tiberghien, 2018).

Nous suivons les auteurs dans le choix de cette échelle temporelle comme unité d'analyse du jeu didactique car nous considérons que chaque jeu peut être vu comme constitué de jeux élémentaires (J.E) dont l'enjeu est un savoir plus local. Nous précisons la mise en œuvre de notre analyse au niveau des jeux élémentaires (niveau N-1) lorsque nous décrivons notre méthode de traitement des données dans la partie relative à la méthodologie (cf. chapitre 2, § 2.1, p. 70).

4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques points de vue sur les pratiques enseignantes. Nous avons souligné la pluralité de cette notion ainsi que la complexité de son analyse. Nous avons ensuite présenté quelques travaux de recherche récents sur l'enseignement et l'étude en sciences physiques et chimiques s'intéressant au rôle essentiel que prennent les interactions enseignant-élèves-savoir dans le processus d'enseignement et d'étude en classe. Notre travail s'intègre dans le courant de ces travaux en considérant l'action didactique comme étant une action conjointe enseignant/élève mettant en jeu un savoir particulier celui du phénomène de dissolution dans la classe. Notre étude sollicite trois échelles temporelles (mésoscopique, microscopique et une échelle intermédiaire entre mésoscopique et microscopique) et intègre de ce fait une combinaison de plusieurs outils théoriques dont la cohérence épistémologique est assurée par l'inscription de ces outils dans une perspective interactionnelle et pragmatiste. Ils sont complétés par un point de vue sur le savoir étroitement dépendant de la nature de la chimie en tant que science des modèles, et résumés dans le Tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Récapitulatif des outils théoriques mobilisés pour chaque échelle temporelle¹⁰.

Échelles	Niveau de découpage et outils théoriques adaptés
Échelle mésoscopique (Niveau N)	Structuration de la séance en jeux didactiques. Chaque jeu est caractérisé par un enjeu de savoir et la manière de le traiter. Les descripteurs sont : Doublet contrat milieu, triplet des genèses, quadruplet des techniques professorales et approche communicationnelle.
Échelle intermédiaire méso-micro (Niveau N-1)	Structuration des jeux didactiques en « jeux élémentaires ». Chaque J.E est caractérisé par un enjeu de savoir local et la manière de le traiter. Les descripteurs sont : <ul style="list-style-type: none"> ▪ relatifs au niveau mésoscopique (N), ▪ relatifs au niveau microscopique (N-2) en lien avec le savoir (la théorie des deux mondes et les tâches épistémiques).
Échelle microscopique (Niveau N-2)	Identification de facettes au sein de chaque J.E. Chaque facette regroupe un ou plusieurs actes ayant du sens par rapport au savoir en jeu. Elle est caractérisée à l'aide des descripteurs mettant en jeu la modélisation et les tâches épistémiques.

¹⁰ Ce tableau est largement inspiré de celui de (Venturini & Tiberghien, 2018, p. 70).

Chapitre 3 : Problématique

Nous faisons ici le point sur ce que les chapitres précédents ont apporté à notre réflexion et structurons ces éléments afin de formaliser nos questions de recherche.

Dans notre travail, nous souhaitons caractériser les pratiques d'enseignement et d'étude relatives à un savoir particulier en chimie, celui du phénomène de dissolution en 1^{ère} année du lycée (grade 10).

Le phénomène de dissolution en chimie est important dans la mesure où une grande partie du travail du chimiste consiste à manipuler des solutions dont il doit connaître qualitativement et quantitativement la composition. De ce fait, la dissolution fait nécessairement partie des cours de chimie, et ce à différents niveaux de la scolarité de l'élève.

Toutefois, ce phénomène met en jeu un réseau de concepts complexes tels que les liaisons chimiques, le volume et la masse de la solution, la quantité de matière, la dilution, l'équilibre solution saturée - soluté non dissous, etc. Il nécessite aussi la compréhension des propriétés des grandeurs intensives telle que la concentration d'un soluté dans une solution, ce qui le rend délicat à aborder en classe.

En Tunisie, l'enseignement au secondaire des savoirs liés au phénomène de dissolution débute au niveau de la 1^{ère} année¹¹ (élèves de 15-16 ans) et revient tout le long du cursus scolaire de l'élève. Des grandeurs, comme la concentration molaire, introduites lors de cette première année, sont utiles pour aborder ultérieurement, en terminale scientifique par exemple, des concepts comme les équilibres chimiques et les réactions acido-basiques (calcul de la constante d'équilibre et du pH) (Ministère De l'Éducation, 2010).

Ces savoirs, d'après les instructions officielles (cf. § 1.2.2), doivent être menés dans le cadre de la démarche scientifique et dans un contexte où l'élève est « actif » dans la construction du savoir.

Cependant, les études en didactique de la chimie (cf. 2, p. 32), ont montré que la plupart des élèves rencontrent des difficultés au sujet du phénomène de dissolution. Ainsi, par exemple, le vocabulaire (soluté, solvant, solution, concentration) n'est pas correctement utilisé (Willame & Snauwaert, 2015), la distinction entre transformation physique et transformation chimique demeure ambiguë (Haidar & Abraham, 1991 ; Ebenezer & Gaskell, 1995), la compréhension du caractère intensif de la concentration est hasardeuse (Tsoumpélis & Gréa, 1995), le calcul de concentration ou la réalisation de solutions de concentration donnée par dilution est souvent aléatoire (Pinarbaşı et al., 2006 ; Mulford & Robinson, 2002). Pour plusieurs chercheurs (Abraham et al., 1994 ; Ebenezer & Gaskell, 1995 ; Prieto et al., 1989 ; Stavridou & Solomonidou, 1989) ces difficultés rencontrées avec les

¹¹ La 1^{ère} année en Tunisie est un niveau transitoire entre le collège et le lycée.

concepts de base sont autant d'obstacles à la compréhension ultérieure de concepts les plus avancés (calcul de la constante d'équilibre, calcul du pH, ...).

Ces éléments sont autant de raisons pour examiner le tout début de l'enseignement du phénomène de dissolution lors de la première année secondaire, d'autant plus qu'à ce moment-là se rajoute pour les élèves tunisiens une difficulté supplémentaire, l'enseignement des sciences en langue française qui n'est pas leur langue maternelle.

Visant à décrire et comprendre les pratiques d'enseignement et d'étude relatifs à cet objet de savoir, nous nous inscrivons dans la thématique de l'analyse des pratiques enseignantes qui connaît un intérêt qui ne cesse d'augmenter (Altet, 2009). Plusieurs recherches se développent dans ce domaine parmi lesquelles celles qui s'intéressent à des situations didactiques ordinaires en classes de physiques et de chimie.

Ces études ont décrit scientifiquement des pratiques ordinaires centrées sur des concepts comme les équilibres chimiques (Cross, 2010), l'énergie (Hervé et al., 2014 et Seck, 2008), le dosage acido-basique (Nouiri, 2016), l'action mécanique (Tiberghien & Malkoun, 2007) et la tension électrique (Venturini & Tiberghien, 2012). Ces analyses cherchent à comprendre ce qui se joue en classe relativement à l'avancée du savoir lors de la transition entre le monde empirique et le monde des théories et modèles et/ou dans l'utilisation des différents registres sémiotiques (Tiberghien & al., 2007 ; Nouiri, 2016). Ces travaux et les savoirs sur les pratiques qu'ils produisent sont susceptibles d'avoir des retombées pour la formation initiale et la formation continue des enseignants.

Notre étude s'inscrit dans le prolongement de ces travaux en considérant l'enseignant au sein d'une relation ternaire renfermant aussi l'élève et le savoir. Elle vise à décrire et comprendre ce qui se passe dans une classe de 1^{ère} année secondaire (15-16 ans) lorsqu'il s'agit d'enseigner et d'étudier le phénomène de dissolution et les concepts de base qui lui sont liés, dans un contexte particulier, celui où les élèves abordent, pour la première fois, le lycée et l'enseignement scientifique en langue française dans un lycée tunisien.

Pour analyser les pratiques observées, nous adoptons une orientation interactionnelle et pragmatiste en mobilisant différentes échelles temporelles. Nos outils théoriques combinent en conséquence, différents cadres théoriques : la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) (Amade-Escot & Venturini, 2009 ; Schubauer-Leoni et al., 2007 ; Sensevy & Mercier, 2007 ; Sensevy, 2006, 2007, 2011 ; Sensevy et al., 2000), l'approche communicationnelle (Mortimer & Scott, 2003), la modélisation (Tiberghien, 1994) et les tâches épistémiques (Tiberghien, Buty, & Le-Maréchal, 2005).

Nous cherchons à mettre à jour les dynamiques apparaissant dans l'action didactique pour savoir qui mène le(s) jeu(x) (topogénèse), dans quel milieu (mésogénèse), à quel rythme et en construisant quels savoirs (chronogénèse). En d'autres termes, nous cherchons à caractériser la pratique d'enseignement et d'étude lorsque le professeur enseigne et l'élève étudie, au quotidien, le phénomène de dissolution au début de l'enseignement secondaire tunisien en répondant aux questions suivantes :

1. Quelles sont les caractéristiques de l'action didactique considérée comme conjointe en termes d'évolution du milieu, des responsabilités et du savoir au cours du temps ?

Nous suivrons de plus près l'évolution du milieu et nous essayons de répondre à la question suivante :

2. Quels sont les types de régulations opérées par l'enseignante concourant à l'évolution du milieu ?

Dans le but de caractériser la contribution de l'enseignant et de l'élève dans l'évolution du savoir coproduit dans la classe, nous cherchons à répondre à la question suivante :

3. Quelle contribution des élèves au regard de celle de l'enseignant dans les tâches épistémiques liées à la manipulation du savoir ?

Pour caractériser l'évolution du savoir coproduit dans la classe, nous cherchons à caractériser les liens qui s'établissent (ou non) entre les différents éléments de savoir en termes de modélisation : sont-ils relatifs au niveau des théories et à des modèles, à celui des objets et événements ou à leurs relations ?

Nous donnons ainsi une caractérisation de l'évolution du savoir à travers notre réponse à la question suivante :

4. Quelles sont les continuités et les discontinuités en termes de modélisation qui accompagnent l'avancée du savoir ?

Partie 2 : Cadre méthodologique de la recherche

Nous présentons dans cette partie la méthodologie suivie pour mener ce travail de recherche. Nous présentons dans un premier chapitre la façon dont nous avons construit les données à traiter. Nous exposons dans un second chapitre la manière dont ces données ont été traitées à différentes échelles de temps après avoir précisé notre choix des parties à analyser.

Chapitre 1 : Recueil et construction des données

Dans ce chapitre, nous explicitons la manière dont nous avons collectée les données empiriques et la méthode de leur construction.

Nous exposons d'abord, les principes généraux qui orientent notre méthodologie (§ 1). Nous décrivons ensuite le dispositif du recueil des données (§ 2). Nous montrons à la fin notre processus pour construire nos données (§ 3).

1. Principes généraux

La façon de construire les données est étroitement liée à la fois au cadre théorique choisi et aux questions de recherches.

Pour décrire des pratiques d'enseignement et d'études relatives à un savoir précis, ici le phénomène de dissolution au début du secondaire, nous faisons référence aux pratiques conjointes et aux transactions didactiques objets de l'interaction, en classe, entre enseignant et élève(s).

La description de ces pratiques nécessite de mener des observations de séances de classe ordinaires¹² afin de « comprendre le fonctionnement en situation d'objets que les enseignants ont pour tâche d'enseigner dans leur pratique courante » (Leutenegger, 2000, p. 212).

Pour cela, nous avons choisi de mener une étude de cas où il s'agit d'observer une classe de 1^{ère} année du lycée (grade 10, élèves de 15-16 ans) pendant l'enseignement du phénomène de dissolution débutant la partie « Solutions » du programme officiel tunisien (Ministère De l'Education, 2010, p. 7).

Inspirée des travaux de Schubauer-Leoni et Leutenegger (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2010), notre observation didactique est de type clinique/expérimentale dans le sens que le sujet (ici l'action didactique) est étudié au sein d'un système (enseignant-élève-savoir) pour suivre, par exemple, le processus de l'avancée du savoir au sein de ce système.

Elle est expérimentale dans la mesure où le système observé peut être perturbé par les conditions expérimentales (provoquées par la présence des caméras et aussi par les aspects conjoncturels et imprévisibles liés notamment au comportement des élèves, au fait qu'on observe une action conjointe qui, si elle est liée à ce qui est prévu par le professeur dans sa préparation, est aussi tributaire de l'action des élèves). Ainsi « les observables sont dès lors à rapporter à leurs conditions de production en cherchant à comprendre le rôle possible du dispositif dans l'émergence de ces observables » (Leutenegger, 2008, p. 49).

¹² La séance est qualifiée d'ordinaire dans le sens où le contenu est sous l'entière responsabilité de l'enseignant(e).

Notons que pour réduire l'interprétation du chercheur l'approche clinique expérimentale (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2010) soumet ces interprétations à la vérification auprès des sujets participants à la recherche et cela par le biais des entretiens ante et post avec l'enseignant (et parfois avec des élèves). Dans notre travail, nous nous inscrivons plutôt dans une perspective pragmatiste dans laquelle le primat est donné à l'action *in situ*.

Nous estimons que l'intention d'enseigner est perceptible au travers des gestes mésogénétiques de l'enseignante et au travers de l'institutionnalisation dans le processus chronogénétique. Nous estimons aussi que la convocation de plusieurs descripteurs issus de cadres théoriques différents concourt à affiner l'interprétation sans chercher les intentions déclarées de l'enseignante par le biais d'entretiens surtout que celles-ci sont généralement orientées dans la perspective d'obtenir une évaluation positive aux yeux de l'institution (Crowne & Marlowe, 1960, cité par Nouri, 2016).

Nous explicitons dans le paragraphe suivant la méthode de collecte de nos données.

2. Collecte des données

Nous avons observé une classe de 1^{ère} année (grade 10) durant toute la séquence consacrée à l'enseignement du phénomène de dissolution. La classe appartient à un établissement tunisien situé à la banlieue sud de la capitale. C'est un grand lycée qui compte 150 enseignants et enseignantes ainsi que 1800 élèves dont la majorité est issue d'un milieu socio-économique moyen. Compte tenu des résultats enregistrés au baccalauréat, ce lycée est compté parmi les meilleurs dans la région.

L'enseignement des sciences physiques de la classe suivie est assuré par une enseignante qui a accepté volontairement d'être filmée. Elle est titulaire d'une maîtrise en sciences physiques et exerce dans ce lycée dès son recrutement il y a plus de 25 ans.

La classe compte 31 élèves dont 16 garçons et 15 filles. Les salles où se déroule l'enregistrement vidéographique des séances étaient très vastes. Afin d'avoir le maximum de données, nous avons adopté un dispositif combinant plusieurs techniques :

- Une caméra posée sur la paillasse de l'enseignante et permet de filmer une partie des élèves de face.
- Une caméra placée au fond de la classe prend dans son champ le tableau et une partie des élèves vus de dos.
- Une caméra à main était indispensable pour palier l'inconvénient de l'espace très vaste de la salle de classe et qui permet de suivre l'enseignante dans ses déplacements entre les groupes d'élèves.
- Le magnétophone d'un téléphone portable, mis dans la poche de la blouse portée par l'enseignante, permet d'enregistrer son discours.

- Le tableau ci-dessous () montre l'ensemble des séances filmées, leurs dates d'enregistrement et la durée de chacune d'elles.

Tableau 4 : L'ensemble des séances filmées.

	Numéro de la séance (S)	Date	Durée	TP ou Cours	Remarques
Séquence d'enseignement	S1	26-12-2016	52min52s	TP	L'enseignante prend 10 minutes de plus pour finir la séance
	S2	02-01-2017	42min56s	TP	
	S3	30-01-2017	42min03s	TP	
	S4	02-02-2017	41min14s	cours	Séance non programmée a priori (communication personnelle)

En plus des séances filmées, nous avons aussi récupéré des photos du tableau, des photos de quelques cahiers d'élèves et les fiches de TP préparées par l'enseignante et distribuées aux élèves au début de chaque séance de travaux pratiques (TP).

Les fiches de TP et les cahiers ont servi de base pour produire une analyse a priori qui nous permettra de saisir le savoir supposé être l'enjeu de ces séances.

3. La construction des données

Nous nous intéressons ici particulièrement aux données vidéographiques. Le traitement consiste d'abord à réaliser un film pour chaque séance en ayant recours à toutes les sources vidéo et audio du dispositif utilisé afin de cerner le maximum de détails. Le film est le résultat d'un montage¹³ des enregistrements des trois caméras dont la durée est celle de la séance et dans lequel une attention particulière est portée à l'action de l'enseignante. Les films obtenus sont ensuite retranscrits.

3.1. La transcription

Nous avons retranscrit¹⁴ les productions verbales de la totalité des séances filmées (les quatre séances). Nous désignons par la lettre 'P' l'enseignante et par la lettre 'E' l'élève. Si

¹³ Le montage a été réalisé à l'aide du logiciel Movie Maker.

¹⁴ Les règles utilisées dans la transcription sont inspirées des conventions ICOR. Les symboles P et E désignent respectivement l'enseignante et un élève. Nous n'avons pas différencié les élèves, sauf lorsque ceux-ci interviennent en classe entière, l'élève est alors distingué à l'aide d'un numéro (E1, E2, ...) ou par son appartenance à l'un des deux groupes, que nous appelons G1 et G2, (E/G1, E/G2). L'intervention de plusieurs élèves est symbolisée par (Es). Les pauses sont représentées par /, //, /// et correspondent à des temps de 2 secondes, 3 secondes et plus. Lorsqu'il était impossible d'entendre ce qui était dit, on met (inaud). Nous avons utilisé la ponctuation pour rendre compréhensibles quelques passages. Les termes en arabe sont écrits avec des lettres latines. Leur traduction est donnée immédiatement et est placée entre parenthèses. Nous mettons entre parenthèses aussi les corrections apportées à quelques passages. Nous avons ajouté une flèche

plusieurs élèves parlent en même temps nous mettons 'E(s)'. Nous décrivons entre parenthèses les gestes que nous considérons importants pour la compréhension de ce qui se passe dans classe, comme par exemple si l'enseignante écrit au tableau ou aide les élèves à réaliser l'expérience. Notons que nous avons mis entre crochets l'écriture en arabe de quelques mots (significatifs pour nous) prononcés en arabe et entre parenthèses leur signification en français.

Ces retranscriptions ont été réalisées à l'aide du logiciel Transana¹⁵. Ce logiciel nous permet de retranscrire la vidéo en la visionnant plusieurs fois et d'insérer des repères temporels au cours de la transcription, ce qui nous permet plus tard de revenir à un moment précis dans la vidéo si on a besoin de revoir de plus près une interaction dans la classe. La retranscription est ensuite transformée en tableau où chaque ligne numérotée correspond à un tour de parole (tdp). Nous donnons ci-contre un extrait de la transcription de la première séance (cf. La totalité de la transcription de S1, p.270).

- | |
|--|
| 20. P : alors oui, que s'est-il passé ? (0:01:50.3) |
| 21. E1 : le sel euh |
| 22. P : (0:01:54.7) Bon alors, qu'est-ce que vous observez là, qu'est-ce qu'on obtient ? |
| 23. E(s) : (deux élèves du groupe G2 qui parlent en même temps) l'eau, l'eau. |
| 24. P : l'eau ! l'eau c'est tout / (0:01:59.4) |
| 24. bis P : si je vous demande de goûter qu'est-ce que vous constatez ? (0:02:01.5) |
| 25. E(s) : eau salée, eau salée |
| 26. P : eau salée, c'est-à-dire, que s'est-il passé pour le sel ? |
| 27. E : le sel euh dhèbe [ذ ا ب] (se dissout en arabe courant), thèl [تحل] (se dissout en arabe scientifique) (0:02:07.6) |
| 28. P : donc je peux dire qu'il s'est divi↑ / (elle utilise sa main de manière à désigner la divisibilité) |
| 29. E : divisé |
| 30. P : divisé jusqu'à ce que / il devient comment ? Il est devenu comment ? |
| 31. Es : (silence) |
| 32. P : invi |
| 33. E : invisible (0:02:15.8) |
| 34. P : invisible à l'œil nu d'accord mais il est toujours là, (0:02:19.4) est-ce qu'on peut dire que le sel a disparu ? (0:02:21.2) |
| 35. Es : non, non |
| 36. P : non, ça n'a pas disparu il est toujours là |
| 37. Es : oui (0:02:24.6). |

Extrait 1: Extrait de transcription de la 1^{ère} séance S1 (tdp20–tdp37).

ascendante '↑' ou descendante '↓' pour désigner les tonalités respectivement forte ou faible de la voix de l'enseignante.

¹⁵ Transana est un logiciel développé par l'Université de Wisconsin (USA). Il permet de traiter des fichiers numériques audio ou vidéo en facilitant leurs découpages en clips. Le logiciel 'Transana' a aussi la fonction d'attribuer des mots clés à chaque clip dont l'occurrence peut donner lieu à des graphiques.

Après avoir fait la retranscription de la séquence (les 4 séances ont été retranscrites), nous avons fait le choix de mener dans Transana les découpages selon les différents niveaux choisis.

3.2. Structuration des données

Comme nous l'avons mentionné dans notre cadre théorique (cf. § 3, Chapitre 2, p. 36), l'activité de classe est complexe et les phénomènes s'y déroulent sur différentes échelles temporelles. Dans ce sens, la structuration des données doit elle aussi prendre en compte cette variété d'échelles. Nous avons fait le choix de faire un découpage de l'action en trois niveaux (N, N-1 et N-2).

3.2.1. Structuration au niveau N en jeux didactiques

C'est une structuration en adéquation avec l'échelle mésoscopique (quelques minutes ou quelques dizaines de minutes, niveau N) basée sur le repérage d'un changement significatif dans l'enjeu du savoir et/ou de la manière dont il est traité (Venturini & Tiberghien, 2018). Par exemple, la plupart des jeux des séances de travaux pratiques (TP) est initiée par un changement de l'activité expérimentale associée à chaque fois à un autre enjeu de savoir. Le 1^{er} jeu de la 1^{ère} séance de TP, par exemple, (tdp 1-tdp 85), est relatif à l'expérience de dissolution du sel dans l'eau. Le second jeu, (tdp 86-tdp 142), est déclenché par la préparation du mélange sable-eau. Le 3^{ème} jeu, (tdp 143-tdp 218), est initié par la dissolution du diiode dans l'alcool (cf. Transcription de S1, p. 270).

À chaque jeu nous donnons un numéro et un intitulé. Le numéro du jeu fait référence à la séance à laquelle il appartient et à son ordre chronologique dans cette séance. Par exemple, le jeu S1.J01 est le 1^{er} jeu de la 1^{ère} séance. L'intitulé du jeu est construit en référence à l'action de l'élève, l'enjeu mis en évidence et la manière de le traiter. Ainsi, si l'enjeu du savoir est de décrire ce qui se passe au sel une fois mis dans l'eau à partir de l'expérience réalisée par groupe, l'intitulé du jeu sera « Constater, à partir d'une activité expérimentale dirigée et de questions fermées, que le sel se dissout dans l'eau en formant un mélange homogène ».

Ce découpage se fait directement sur la transcription dans Transana où la délimitation est possible grâce aux « code time » du logiciel qui nous permet en même temps d'avoir la durée du jeu. Ce travail conduit à la construction d'un synopsis regroupant les jeux de chaque séance. Les tableaux correspondant aux synopsis des quatre séances sont consultables en Annexe 2, p. 313.

Le Tableau 5 ci-dessous est un extrait du synopsis de la 1^{ère} séance regroupant les trois premiers jeux repérés au cours des quinze premières minutes :

Tableau 5 : Extrait du synopsis de la 1^{ère} séance S1 : les trois premiers jeux de la séance.

Jeu (N) Durée (min:s)	Intitulé
S1.J01 (04min:59s)	Constater, à partir d'une activité expérimentale dirigée et de questions fermées, que le sel se dissout dans l'eau en formant un mélange homogène.
S1.J02 (02min:52s)	Constater, en groupe et à partir d'une expérience guidée, que le sable ne se dissout pas dans l'eau et forme avec celle-ci un mélange hétérogène.
S1.J03 (05min:26s)	Constater, à partir d'une expérience dirigée en groupes et de questions ouvertes, que le diiode se dissout dans l'alcool en formant un mélange homogène.

3.2.2. Structuration au niveau N-1 en jeux élémentaires

Cette structuration s'attaque à un niveau temporel plus fin (de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes, niveau N-1) en s'intéressant à ce qui se passe à l'intérieur du jeu, lorsque les échanges concernent un enjeu local lié à un contenu spécifique du savoir en jeu (il peut s'agir, par exemple, de la réalisation d'une expérience, d'une discussion autour d'une notion, d'un rappel d'une définition nécessaire au procédure de calcul, d'une généralisation d'un constat expérimental, etc.). À ce niveau (N-1), l'action didactique possède une dynamique traduisant l'évolution de l'une ou plusieurs de ses dimensions liées à ce savoir spécifique. Dans ce sens, nous pourrions faire correspondre cet ensemble d'échanges à un « jeu élémentaire » (J.E)¹⁶ constitutif du jeu en cours.

Nous structurons chaque jeu en jeux élémentaires en référence, comme nous l'avons dit précédemment, à une modification locale dans le savoir en jeu. Ce travail se synthétise par un tableau de structuration en J.E au niveau de chaque jeu didactique.

Nous donnons à chaque J.E un symbole, un intitulé, les tours de paroles, l'organisation sociale¹⁷ et la durée correspondante. Le symbole est composé de deux chiffres, le premier se réfère au jeu correspondant et le second à sa chronologie dans le jeu. Par exemple les jeux élémentaires J01.E1 et J01.E2 correspondent respectivement au 1^{er} et au 2^{ème} jeu

¹⁶ Nous rappelons pour mémoire que théoriquement, on définit le jeu par son enjeu. Or, des modifications locales dans l'enjeu et/ou de l'organisation sociale peuvent avoir lieu au cours du jeu en donnant lieu ainsi à des sous-jeux à un niveau (N-1) du jeu. Or, le terme de sous-jeu laisse penser à une hiérarchie entre jeu et sous-jeu or leur nature est identique. C'est pour ça qu'on parlera de jeu élémentaire à la place d'un sous-jeu. C'est simplement l'empan de l'enjeu de savoir ou la manière de le traiter qui sont plus locales. Par ailleurs, en dessous de l'échelle du jeu élémentaire, on ne peut plus parler de jeux ou de sous-jeu, on n'a plus qu'une série d'interactions, et si on veut comprendre l'ensemble (enseignant + élève + Savoir), il faut se placer au minimum à l'échelle du jeu élémentaire.

¹⁷ L'organisation sociale prend différentes formes au cours de la séance S1 : elle est dite par groupe si les élèves de chaque groupe travaillent sans l'enseignante, au cours de la réalisation de l'expérience par exemple, elle est dite en classe entière si l'enseignante s'adresse aux élèves des deux groupes en même temps, elle est dite P/groupe si l'enseignante s'adresse aux élèves d'un seul groupe.

élémentaire du 1^{er} jeu de la séance. L'intitulé du J.E reprend pour l'essentiel l'objet des échanges.

Le but de ce tableau est de visualiser le développement chronologique du savoir au cours du jeu, de faciliter le repérage du jeu élémentaire dans le jeu par rapport aux jeux élémentaires qui le suivent et qui le précèdent. Nous donnons ci-dessous (cf.) un exemple illustrant la structuration du 1^{er} jeu de la 1^{ère} séance :

Tableau 6 : Structuration au niveau N-1 du premier jeu de la première séance (S1.J01)

Jeu élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (secondes)
J01.E1 Prendre connaissance de l'expérience (mélange (eau + sel)) et la réaliser en suivant les consignes orales de l'enseignante	tdp 1–tdp 17 (Par groupe)	(98)
J01.E2 Observer puis décrire le mélange obtenu	tdp 18–tdp 24 (P/groupe G2)	(21)
J01.E3 Interpréter l'obtention de l'eau salée en termes de dissolution du sel	tdp 24.bis–tdp 27 (P/groupe G2)	(08)
J01.E4 Interpréter l'obtention de l'eau salée en termes de divisibilité du sel	tdp 28–tdp 42 (P/groupe G2)	(24)
J01.E5 Décrire le mélange (eau + sel) obtenu et l'interpréter en termes de dissolution	tdp 43–tdp. 62 (P/groupe G1)	(62)
J01.E6 Schématiser et écrire sous la dictée de l'enseignante ce qui a été observé : « le sel s'est dissous dans l'eau, on obtient un mélange homogène »	tdp 63–tdp 85 (Classe entière)	(86)

3.2.3. Structuration au niveau N-2 en facettes

Cette structuration est basée sur l'idée que le savoir est un ensemble de « petits éléments » ou facettes (Minstrell, 1992). Celles-ci peuvent émerger d'un acte verbal simple (une phrase par exemple) ou d'un ensemble d'actes lors d'une discussion dans la classe (quelques phrases) (Venturini & Tiberghien, 2018).

Dans ce sens, nous marquons (en traçant un trait de couleur) directement sur la transcription dans Transana l'acte verbal ou l'ensemble d'actes ayant du sens par rapport au savoir en jeu dans la classe (cf. Figure 7 ci-dessous).



Figure 7 : Interface du logiciel Transana avec un extrait de la transcription de S1 (tdp 20-tdp 37). Les parties surlignées mettent en jeu des éléments de savoir

L'identification des éléments de savoir demande des allées retours à la vidéo et aussi une bonne connaissance de la séance et de son contenu. L'analyse a priori menée à partir des activités proposées aux élèves, enrichie par l'analyse institutionnelle et l'analyse didactique des savoirs à enseigner, nous offre une aide précieuse dans le sens qu'elle nous permet de repérer les éléments de savoirs possibles, d'anticiper les éléments du milieu initial et d'identifier les éléments du savoir qui ont du sens (même minimal) par rapport au savoir en jeu. Suite à ce travail de repérage, nous associons chaque élément de savoir à une facette. Nous avons formulé la facette en tenant compte de la signification donnée par le(s) locuteur(s).

Le traitement de l'échange de l'Extrait 1 (tdp 20-tdp 37) (cf. Figure 7) ci-dessus donne lieu aux facettes suivantes :

Tableau 7 : Les facettes repérées dans l'échange de l'extrait (tdp 20-tdp 37)

Facette	Tours de paroles
Quand on met du sel dans l'eau, on observe uniquement de l'eau.	22-23
Pour s'assurer que l'eau est salée on goûte la préparation.	24. bis-26
Le sel se dissout dans l'eau.	27
Lors de la dissolution le sel se divise dans l'eau jusqu'à devenir invisible.	28-34
Le sel ne disparaît pas dans l'eau mais il devient invisible	34.bis-37

La liste des facettes s'enrichit au fur et à mesure de nos analyses et donne naissance à un catalogue de facettes (cf. Tableau 8 ci-dessous) dans lequel chaque facette est logée dans un groupe notionnel relatif à une notion principale dont dérive un ensemble de notions associées. Par exemple, la notion de dissolution peut regrouper plusieurs notions associées comme (la dissolution d'un solide dans l'eau), la (dissolution d'un solide dans un solvant autre que l'eau), le vocabulaire spécifique à la dissolution (dissoudre, soluté, solvant, solution aqueuse), la (disparition du soluté), le (volume de solution), etc. Ainsi la facette (« le

sel se dissout dans l'eau ») par exemple, appartient au groupe notionnel (dissolution) et au sous-groupe (dissolution d'un solide dans l'eau).

Tableau 8 : Catalogue des facettes construit à partir de l'analyse des trois séances de TP

Groupes notionnels		Facettes
1. Dissolution	0. Disparition du soluté	f (1.0.1) : Quand on met du sel dans l'eau, on observe uniquement de l'eau f (1.0.3) : Le sel ne disparaît pas dans l'eau mais il devient invisible f (1.0.4) : Lorsqu'on met du sel dans l'eau rien ne se passe visuellement f (1.0.5) : Lorsqu'on mélange de l'eau et du sel et on agite on n'observe plus le sel f (1.0.6) : L'iode disparaît dans l'alcool
	1. Dissolution d'un solide (dans l'eau)	f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau f (1.1.6) : Lorsqu'on n'observe plus le sel on dit qu'il s'est dissous dans l'eau f (1.1.7) : Le sucre se dissout dans l'eau f (1.1.8) : L'eau salée est une solution aqueuse de sel
	2. Dissolution d'un solide (dans un solvant autre que l'eau)	f (1.2.1) : L'alcool est incolore mais il se colore en présence du diiode f (1.2.2) : L'iode donne sa couleur à l'alcool (Faux) f (1.2.3) : Le mélange alcool-iode est coloré (P montre le tube) f (1.2.4) : Si l'alcool change de couleur c'est que l'iode s'est dissous f (1.2.5) : L'iode se dissout dans l'alcool f (1.2.6) : Dans une solution d'alcool iodée, l'alcool est le solvant et le diiode est le soluté f (1.2.7) : Le solvant ne peut pas être solide (faux : cas des alliages)
	4. Dissolution d'un liquide dans un autre	f (1.4.1) : Lorsqu'on mélange deux liquides il est important de prendre pour l'un un volume plus petit que l'autre f (1.4.2) : Lorsqu'on mélange l'alcool et l'eau, le volume de cette dernière n'est pas toujours le plus grand f (1.4.3) : Chaque fois qu'on mélange deux liquides, celui qui possède le volume le plus important joue le rôle d'un solvant
	5. Soluté, solvant, solution, aqueuse	f (1.5.1) : L'alcool dissous dans l'eau joue le rôle du soluté, l'eau joue le rôle du solvant et l'ensemble forme une solution aqueuse f (1.5.2) : Dans le mélange eau-sel, le sel joue le rôle de soluté, l'eau est le solvant f (1.5.3) : La solution où le solvant est l'eau s'appelle une solution aqueuse f (1.5.4) : S'il n'y a pas de dissolution on ne peut pas parler de soluté et de solvant f (1.5.5) : L'iode se dissout dans l'alcool ; il est le soluté car il est un solide. L'alcool est le solvant f (1.5.6) : L'alcool iodé n'est pas une solution aqueuse car le solvant est l'alcool f (1.5.7) : Une solution d'alcool iodée est une solution dont le solvant est l'alcool et l'iode le soluté f (1.5.8) : Lorsqu'on a un solide et un liquide on peut connaître lequel est le soluté et lequel est le solvant f (1.5.9) : Lorsqu'on a deux liquides celui qui a le volume le plus petit est le soluté, l'autre sera le solvant f (1.5.10) : Lorsque le volume de l'eau est supérieur à celui de l'alcool la solution est dite aqueuse f (1.5.11) : Le liquide dans lequel se dissout le soluté est le solvant

		<p>f (1.5.12) : La solution est dite aqueuse uniquement lorsque le solvant est l'eau</p> <p>f (1.5.13) : le sucre joue le rôle de soluté dans le mélange (eau + sucre)</p> <p>f (1.5.14) : Lorsqu'on met du sucre dans de l'eau on obtient une solution homogène aqueuse</p> <p>f (1.5.15) : On obtient une solution lorsqu'on a un soluté dissous dans un solvant</p> <p>f (1.5.16) : Dans une solution aqueuse de chlorure de sodium le sel est le soluté et l'eau est le solvant</p> <p>f (1.5.17) : Dans une solution aqueuse de sulfate de cuivre le soluté est le sulfate de cuivre et le solvant est l'eau</p> <p>f (1.5.18) : Dans une solution aqueuse de sucre, le sucre joue le rôle du soluté est l'eau joue le rôle du solvant</p> <p>f (1.5.19) : Si le volume de l'alcool est supérieur à celui de l'eau, le solvant est l'alcool et le soluté est l'eau</p>
	6. Volume de solution	<p>f (1.6.1) : Le volume du solvant est lui-même le volume de la solution</p> <p>f (1.6.2) : Si à un volume d'eau on ajoute un solide normalement le volume augmente (P fait probablement référence à la masse volumique, sinon c'est faux)</p> <p>f (1.6.3) : Le volume de l'eau reste à peu près le même lorsqu'on lui ajoute du sel.</p>
2. Dissolution et structure particulière de la matière		<p>f (2.1) : Lors de la dissolution le sel se divise dans l'eau jusqu'à devenir invisible</p> <p>f (2.2) : Dans l'eau le sel devient invisible à l'œil nu</p> <p>f (2.3) : Si l'alcool change de couleur c'est que l'iode s'est divisé</p> <p>f (2.4) : L'iode se divise dans l'alcool</p> <p>f (1.3.1) : Le mot « se diviser » est synonyme du mot « se dissoudre »</p>
3. Mélange	1. Type du mélange	<p>f (3.1.1) L'eau salée est un mélange homogène</p> <p>f (3.1.2) : Le mélange eau-sable n'est pas homogène</p> <p>f (3.1.3) : Le mélange (alcool + iode) n'est pas hétérogène</p> <p>f (3.1.5) : Le mélange alcool-diiodé est homogène mais coloré</p> <p>f (3.1.6) : Lorsqu'on n'arrive pas à distinguer l'alcool de l'eau, ce mélange est homogène.</p> <p>f (3.1.7) : Le mélange eau/alcool est homogène</p>
	2. Lien entre type de mélange et dissolution	<p>f (3.2.1) : Le sel se dissout dans l'eau et forme avec elle un mélange incolore (P montre le tube)</p> <p>f (3.2.2) : Lorsqu'on met les cristaux du sel dans l'eau on « voit » un mélange</p> <p>f (3.2.3) : Lorsque le sel se dissout dans l'eau on obtient un mélange homogène</p> <p>f (3.2.4) : Lorsque le sable ne se dissout pas dans l'eau le mélange obtenu est hétérogène</p> <p>f (3.2.6) : Un mélange homogène est une solution</p> <p>f (3.2.7) : Lorsque l'iode se dissout dans l'eau on obtient un mélange homogène</p> <p>f (3.2.8) : L'huile et l'eau forment un mélange hétérogène car l'huile ne s'est pas dissoute dans l'eau.</p> <p>f (3.2.12) : Si le mélange eau-alcool est homogène c'est que l'alcool se dissout dans l'eau</p> <p>f (3.2.13) : Lorsque l'alcool se dissout dans l'eau, le mélange obtenu est homogène</p>

		<p>f (3.2.14). L'huile et l'eau ne forment pas un mélange homogène donc on ne peut pas parler de dissolution</p> <p>f (3.2.15) : Quand le mélange obtenu est homogène on dit qu'il y a dissolution</p>
4. Notion de phase et miscibilité		<p>f (4.1) : Si on mélange le sable et l'eau il se forme deux phases.</p> <p>f (4.2) : S'il y a deux phases c'est que le sable ne s'est pas dissous</p> <p>f (4.3) : Lorsqu'il y a deux phases, le mélange est hétérogène</p> <p>f (4.4) : Lorsqu'il y a deux phases, la phase solide sera en bas et la phase liquide est en haut</p> <p>f (4.5) : Le mélange huile et eau est à deux phases, il est hétérogène</p> <p>f (4.6) : On ne peut pas différencier l'alcool de l'eau dans le mélange alcool-eau</p> <p>f (4.7) : À l'œil nu, le mélange huile-eau est différent du mélange alcool-eau</p> <p>f (4.8) : Le mélange eau-huile donne des bulles, et peut être, que si on laisse reposer le mélange réalisé, on obtient deux phases</p> <p>f (4.9) : L'huile et l'eau sont non miscibles c'est-à-dire ils ne peuvent pas se mélanger</p> <p>f (4.10) : L'huile et l'eau forment un mélange hétérogène on dit qu'ils sont non miscibles</p> <p>f (4.11) : La miscibilité concerne les liquides. Chaque fois que deux liquides se mélangent on dit qu'ils sont miscibles</p>
5. Sens et concentration		<p>f (5.1.2) : Pour comparer deux solutions sucrées on peut les goûter</p> <p>f (5.1.3) : Il suffit de goûter pour comparer deux verres de citronnade où dans l'un on a mis plus du sucre que dans l'autre</p> <p>f (5.1.4) : Une solution est plus sucrée c'est qu'elle est plus concentrée en sucre</p> <p>f (5.1.5) : La solution la plus concentrée est celle qui est la plus sucrée</p> <p>f (5.1.6) : Si on goûte deux solutions à égales masses de sucre mais de volumes différents, la solution au plus petit volume est la plus sucrée</p> <p>f (5.2.1) : La solution la plus concentrée est la plus foncée</p> <p>f (5.3.1) : L'utilisation des sens permet de comparer les concentrations des solutions</p> <p>f (5.3.2) : Si on se base sur le goûter, la solution la plus concentrée est la plus sucrée et si on se base sur la vue, la solution la plus foncée est la plus concentrée</p>
6. Facteur (s) dont dépend la concentration	1. Lien entre concentration et masse de soluté	<p>f (6.1.2) : À volume égal, la solution la plus concentrée est celle qui contient plus de soluté</p> <p>f (6.1.3) : Lorsqu'on met beaucoup de soluté la concentration devient plus grande</p>
	2. Lien entre concentration et volume	<p>f (6.2.1) : Plus on ajoute de l'eau plus la solution est moins concentrée</p> <p>f (6.2.2) : La concentration dépend du volume du solvant lorsque le volume du soluté est négligeable</p> <p>f (6.2.3) : La concentration dépend du volume de solution</p> <p>f (6.2.4) : La concentration dépend du volume du solvant, mais en tout c'est le volume de la solution</p>
	3. Lien entre concentration, quantité du soluté et	<p>f (6.3.1) : À masse de soluté égale, la solution au plus petit volume est la plus concentrée</p> <p>f (6.3.2) : Deux solutions de sucre à égal volume mais l'une contient plus du soluté que l'autre sont identiques visuellement</p>

	volume de solution	<p>f (6.3.3) : Pour deux solutions à égal volume, la plus sucrée est celle dont la masse de soluté est la plus grande</p> <p>f (6.3.4) : Le concept de « concentration » dépend des concepts de la masse du soluté dissous et du volume de la solution.</p> <p>f (6.3.5) : Pour deux solutions à volume égal, la plus foncée est celle dont la masse de sulfate de cuivre est la plus grande</p> <p>f (6.3.6) : $m = C \text{ (molaire)} \cdot v \cdot M \text{ (masse molaire du soluté)}$</p> <p>f (6.3.7) : La masse molaire du soluté est la somme de ses masses molaires atomiques</p> <p>f (6.3.8) : $m = n \cdot M$</p> <p>f (6.3.9) : $m = C \cdot v \cdot M$</p>
	4. Dilution	<p>f (6.4.1) : Pour passer d'une solution concentrée à une solution moins concentrée on doit ajouter de l'eau</p> <p>f (6.4.2) : L'ajout de l'eau à une solution ne change pas la quantité du soluté</p>
7. Concentration	1. Définition de la concentration	<p>f (7.1.0) : la concentration possède une définition</p> <p>f (7.1.1) : La concentration a une valeur</p> <p>f (7.1.2) : La concentration se calcule</p> <p>f (7.1.3) : La concentration massique est définie comme étant le rapport de la masse de soluté dissous par le volume de la solution</p> <p>f (7.1.4) : La concentration caractérise la masse d'un corps dissous dans l'eau</p> <p>f (7.1.8) : La concentration molaire est définie comme étant le rapport de la quantité de matière de soluté dissous par le volume de la solution</p> <p>f (7.1.9) : La concentration est une proportion de</p> <p>f (7.1.10) : $C \text{ (massique)} = \text{masse de soluté dissoute} / \text{volume de la solution}$</p> <p>f (7.1.11) : $C \text{ (molaire)} = n/v$</p>
	2. Unités	<p>f (7.2.4) : La concentration massique possède une unité</p> <p>f (7.2.5) : L'unité de la masse du soluté est le gramme</p> <p>f (7.2.6) : L'unité du volume est le litre</p> <p>f (7.2.7) : L'unité de la concentration massique est le gramme litre moins un</p> <p>f (7.2.8) : Le gramme s'écrit avec g minuscule et le litre avec L majuscule</p>
	3. Portion de soluté dans un volume de solution	<p>f (7.3.1) : pour préparer une solution de concentration et de volumes bien déterminés on utilise une fiole jaugée de même volume</p> <p>f (7.3.2) : pour préparer une solution titrée par dissolution on introduit la quantité de soluté nécessaire dans la fiole à moitié remplie. Une fois dissous, on ajoute de l'eau jusqu'au trait de jauge</p>
8. Expérience quotidienne		<p>f (8.1) : Pour s'assurer que l'eau est salée on goûte la préparation</p> <p>f (8.2) : L'alcool iodé se vend en pharmacie, il est prescrit pour les plaies</p> <p>f (8.3) : La citronnade est quelque chose de concentrée</p> <p>f (8.4) : La citronnade est un mélange homogène qui forme une solution</p> <p>f (8.5) : Si on ne connaît pas les masses du soluté introduites dans les deux solutions, comme dans le cas des citronnades, on devrait les goûter pour en déduire laquelle est la plus sucrée</p> <p>f (8.6) : Pour prendre deux masses différentes de soluté on peut utiliser la cuillère (une cuillère pour m_1 et deux cuillères pour m_2)</p> <p>f (8.7) : On ajoute de l'eau à La citronnade concentrée pour qu'elle soit moins concentrée</p>

9. Autre		<p>f (9.1) : Le sel est un cristal f (9.2) : Le diiode est un cristal f (9.3) : L'éthanol est un alcool f (9.4) : L'alcool est transparent f (9.6) : Pour certains produits chimiques on doit connaître la valeur de la concentration f (9.10) : Le chlorure de sodium est un exemple de sel f (9.11) : Pour convertir le milligramme en gramme on multiplie par dix moins trois f (9.12) : Pour convertir le millilitre en litre on multiplie par dix moins trois</p>
10. Savoir-faire en chimie		<p>f (10.1) : On doit utiliser l'éprouvette graduée pour avoir un égal volume d'eau dans les deux tubes f (10.2) : Lorsqu'on utilise l'éprouvette il faut la placer sur une table horizontale f (10.3) : Pour lire un volume sur une éprouvette il faut se placer perpendiculairement par rapport à la graduation f (10.4) : Pour lire un volume dans une éprouvette graduée il faut être au même niveau que celui du bas du ménisque f (10.5) : Faire une expérience est une chose qui s'apprend f (10.6) : Pour agiter un mélange on fait des mouvements de tournements f (10.7) : Pour comparer les couleurs des deux solutions de sulfate de cuivre on utilise un fond blanc f (10.8) : On utilise une fiole jaugée pour préparer une solution titrée f (10.9) : Pour préparer une solution titrée on doit suivre la procédure</p>
11. Sécurité en chimie		<p>f (11.1) : Ne pas toucher l'alcool et le diiode f (11.2) : On ne peut pas goûter les solutions préparées avec des produits chimiques comme le sulfate de cuivre mais on peut les observer</p>
12. Solubilité	1. Solution saturée	<p>f (12.1.1) : La dissolution d'un soluté dans l'eau est limitée à une température donnée f (12.1.2) : Lorsque le sel ne peut plus se dissoudre d'avantage la solution obtenue est saturée f (12.1.3) : Le soluté non dissous à une température donnée forme un dépôt f (12.1.4) : Lorsque le soluté, après agitation, se dépose au fond du bécher la solution est dite saturée f (12.1.5) : La concentration d'une solution saturée est maximale f (12.1.6) : Une solution saturée peut être la phase liquide du mélange solution saturée - soluté non dissous f (12.1.7) : Une solution saturée est un mélange homogène f (12.1.8) : La solution avec un soluté non dissous est une solution saturée f (12.1.9) : Le volume d'eau à ajouter pour faire dissoudre la quantité du soluté déposée est calculé en divisant la masse du dépôt par la concentration de la solution finale f (12.1.10) : Lorsqu'on connaît la masse du soluté dissous pour former une solution saturée on peut trouver le volume correspondant</p>
	2. Définition de la solubilité	<p>f (12.2.7) : La solubilité est la concentration d'une solution saturée à une température donnée f (12.2.8) : La solubilité est une concentration maximale à une température donnée</p>

		<p>f (12.2.9) : La solubilité est la masse maximale de soluté dissous divisée par le volume de la solution</p> <p>f (12.2.10) : $s = \frac{m(\text{maximale})}{v(\text{solution})}$</p> <p>f (12.2.11) : $m_{\text{max}} = s \times v(\text{solution})$</p> <p>f (12.2.12) : La solubilité d'un corps est égale à la concentration maximale de la solution en ce soluté</p> <p>f (12.2.13) : Si on ajoute un volume d'eau bien déterminé à un mélange formé de la solution saturée et du soluté non dissous on peut obtenir une solution juste saturée</p> <p>f (12.2.14) : La masse maximale est la solubilité multipliée par le volume</p>
13. Facteurs dont dépend la solubilité		<p>f (13.1) : La solubilité dépend de la nature du soluté</p> <p>f (13.2) : La solubilité dépend de la température</p> <p>f (13.3) : La solubilité dépend de la nature du solvant</p> <p>f (13.4) : Le chlorure de sodium se dissout mieux dans l'eau que dans l'alcool</p> <p>f (13.5) : La solubilité dépend de la nature du soluté, de la nature du solvant et de la température</p> <p>f (13.6) : La masse du soluté qui se dépose lors d'un refroidissement est la différence des masses maximales relatives aux deux températures</p> <p>f (13.7) : La solubilité est une constante qui ne dépend pas du volume de la solution</p> <p>f (13.8) : La masse maximale dissoute change si le volume de la solution change</p> <p>f (13.9) : Si on augmente la température, la solubilité change et aussi la masse maximale dissoute dans un volume donné</p> <p>f (13.10) : La masse qui se dépose après refroidissement apparaît sous forme d'un cristal</p> <p>f (13.11) : Si la température augmente, le dépôt se dissout</p>

4. Conclusion

Nous admettons que l'action didactique est complexe et que la description des phénomènes y associés mobilise différentes échelles d'analyse.

Dans notre étude, nous mobilisons trois échelles temporelles nécessaire chacune à la description des interactions enseignante-élèves-savoir à la base du processus enseignement/étude dans la classe. Nous procédons à un découpage à trois niveaux (en jeux didactiques (niveau N), jeux élémentaires (niveau N-1) et en facettes de savoir (niveau N-2)) dont la structuration ne se stabilise qu'à la fin des analyses.

Nous explicitons, dans le chapitre suivant, notre méthode pour traiter ces données.

Chapitre 2 : Traitement des données

Nous présentons ici notre méthode pour le traitement des données construites dans le but de décrire l'action conjointe enseignant/élève lors de l'enseignement/étude du phénomène de dissolution et de suivre l'avancée du savoir dans la classe.

Rappelons que nos données sont structurées à différents niveaux de temporalités et que leur traitement tient compte de cette particularité.

Nous commençons tout d'abord par présenter les données que nous allons traiter (§ 1). Nous exposons ensuite les principes généraux de notre méthodologie de traitement (§ 2).

1. Les données traitées

La séquence d'enseignement, consacrée au phénomène de dissolution, est planifiée préalablement par l'enseignante en trois séances (S1, S2 et S3) de travaux pratiques (TP) intitulées respectivement : « la dissolution », « la préparation d'une solution titrée » et « la solubilité ». La 4^{ème} séance (S4) est décidée par l'enseignante à la fin de la séance S3 (communication personnelle). Elle est consacrée à la réalisation de trois exercices choisis par l'enseignante et dont l'énoncé est dicté aux élèves pendant la séance. Les 4 séances sont retranscrites, puis structurées aux niveaux N et N-1 donnant lieu aux tableaux synoptiques (cf. Annexe 2, p. 313). La comparaison des synopsis des 3 séances de TP, dont nous donnons les extraits ci-dessous (cf. Figure 8 ci-dessous), révèle une grande ressemblance dans le déroulement des jeux et montre qu'il s'agit toujours d'une succession de petites activités expérimentales ponctuelles menées sous la direction de l'enseignante.

Jeu (N) Durée (min:s)	Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (secondes)	Jeu (N) Durée (min:s)	Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (secondes)
S1.J02 Constater, en groupe et à partir d'une expérience guidée, que le sable ne se dissout pas dans l'eau et forme avec celui-ci un mélange hétérogène. (02min.52s)	J02.E1 Prendre connaissance de l'expérience (mélanger l'eau et le sable) et la réaliser en suivant les consignes orales de l'enseignante.	tdp 86-tdp 103 (Par groupe)	(74)	S3.J02 Prendre connaissance d'une solution saturée en réalisant par groupe l'expérience de dissolution du sel. (18 min 41 s)	J02.E1 Prendre connaissance de la limite de dissolution du sel dans l'eau en rappelant le devenir d'une expérience quotidienne (l'ajout progressif du sel à un peu d'eau jusqu'à la saturation)	tdp 69.bis-tdp 93 (Classe entière)	(197)
	J02.E2 Constater l'existence de deux phases et interpréter le produit obtenu en termes de non dissolution du sable dans l'eau	tdp 104-tdp 126 (P/groupe)	(42)		J02.E2 Réaliser l'expérience en faisant dissoudre du sel dans un peu d'eau jusqu'à obtenir une solution saturée en sel.	tdp 93.bis-tdp 111 (Par groupe)	(125)
	J02.E3 Schématiser et écrire, sous la dictée de l'enseignante, ce qui a été constaté : « Le sable ne s'est pas dissous dans l'eau, on a un mélange hétérogène ».	tdp 126. bis-tdp 142 (Classe entière)	(55)		J02.E3 Interpréter la saturation en termes de concentration maximale.	tdp 111.bis-tdp 152 (P/groupe)	(234)
J02.E1 Identifier, en rappelant le vocabulaire spécifique à la dissolution, le soluté et le solvant dans une solution aqueuse de chlorure de sodium.	tdp 92. bis-tdp 103 (Classe entière)	(99)	J02.E4 Lire les phrases de la fiche de TP et les compléter par les termes qui manquent pour construire la définition de la solubilité, son expression mathématique et son unité.		tdp 152.bis-tdp 261 (Classe entière)	(563)	
S2.J02 Préparer, par groupe de sept et en suivant les consignes de l'enseignante, une solution aqueuse de chlorure de sodium de concentration molaire et de volume donnés, à partir du soluté et du solvant. (26 min 34 s)	J02.E2 Peser, après l'avoir calculée, la masse de chlorure de sodium nécessaire pour préparer la solution demandée.	tdp 103. bis-tdp 197 (Classe entière)	(519)				
	J02.E3 Prendre connaissance du matériel nécessaire (la fiole jaugée) et du protocole à suivre pour préparer la solution demandée.	tdp 197. bis-tdp 208 (Classe entière)	(92)				
	J02.E4 Préparer, en suivant les consignes orales de l'enseignante, la solution demandée.	tdp 209-tdp 377 (Par groupe)	(884)				

Figure 8 : Extraits des synopsis des trois séances de TP (S1, S2 et S3).

Nous avons choisi de ne retenir qu'une seule de ces trois séances de TP pour mener une analyse approfondie. Notre choix¹⁸ est arrêté sur la 1^{ère} séance S1 car, d'une part, c'est le tout début de la séquence et donc le premier contact des élèves avec les nouvelles notions de cette séquence de chimie, et d'autre part, sur le plan didactique, son contenu est décisif pour la suite de la séquence puisque les activités ultérieures reposeront sur les notions traitées dans cette séance (la notion de dissolution, le vocabulaire spécifique à cette notion et la notion de concentration massique). Nous avons choisi aussi la séance (S4) qui présente une différence au niveau de la nature des activités proposées dans le sens que celles-ci ne mettent pas en jeu des expériences dans le monde matériel.

2. Principes généraux du traitement des données

Notre analyse des données constituées tient compte des différents découpages à différents niveaux (N-2, N-1 et N) et mobilise par conséquent des descripteurs permettant des analyses à différentes échelles temporelles (microscopique, intermédiaire entre micro et mésoscopique et mésoscopique). Soulignons que si l'exposé suivant des étapes de l'analyse suit une représentation linéaire cela ne signifie pas que la démarche adoptée dans nos analyses le soit réellement. En fait, les opérations de traitement, qui vont être décrites ci-dessous, sont menées à travers des va-et-vient entre les différentes échelles temporelles.

2.1. L'analyse des jeux élémentaires (J.E)

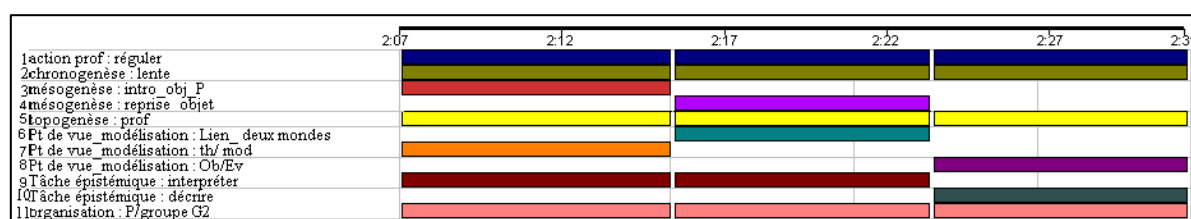
Cette analyse est menée dans le but de décrire l'action didactique en lien avec le savoir local en jeu. Pour chaque J.E nous produisons :

- Un tableau des facettes repérées au cours du J.E. Celles-ci sont caractérisées selon :
 - La manière dont la facette se situe par rapport à la modélisation : elle peut relever du monde des théories et modèles ou de celui des objets et événements ou encore elle peut mettre en relation ces deux mondes ;
 - La tâche épistémique mise en œuvre (s'agit-il d'une description, d'une interprétation, d'une définition, d'une prédiction, etc.) ;
 - Le groupe notionnel auquel elle appartient (dans notre étude, le catalogue des facettes est organisé thématiquement) ;
 - L'auteur principal (est-elle produite principalement par l'enseignante, par l'élève ou est-elle partagée ?).

¹⁸ Notons que les activités proposées dans la séance S2 ne sollicitent pas généralement de nouveaux savoirs. Elles sont essentiellement à caractère procédural : suivre un protocole de préparation explicité déjà sur la fiche de TP. Dans la séance S3, l'enseignante propose pratiquement les mêmes expériences de dissolutions que dans S1, mais cette fois dans le but de mettre en évidence la notion de la saturation.

- Une narration descriptive : celle-ci rend compte de son déroulement d'un point de vue didactique,
- Une description de la dynamique de l'action. Cette dernière est basée sur la mobilisation des concepts méso, topo, et chronogénèses ainsi que celle des techniques professorales, notamment les formes de régulation. Elle mobilise aussi les aspects communicationnels, la description des échanges (interactif ou non) et la forme de communication (autoritative ou dialogique) qui aident à préciser la topogénèse. Elle est aussi nourrie par l'analyse des facettes. En effet, la précision pour chaque facette de l'auteur principal et de la nature de la tâche épistémique aident aussi à préciser la topogénèse. La manière dont la facette se situe par rapport à la modélisation et son inscription thématique aident à préciser la chronogénèse, et aussi la mésogénèse.

Finalement, en transportant nos analyses dans le logiciel « Transana », après avoir attribué des mots clés à nos descripteurs choisis, nous obtenons un graphique¹⁹ qui représente notre analyse et dont la lecture nous permet d'ajouter des informations complémentaires sur des concomitances et/ou des oppositions dans la dynamique de l'action au cours du J.E qui complètent nos interprétations. Le Graphique 1 ci-dessous est un exemple de ce type de graphique créé par ce logiciel :



Graphique 1 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu élémentaire J01.E4.

L'analyse des J.E du 1^{er} jeu de la 1^{ère} séance S1.J01 (cf. § 2.1.2, p. 82) illustre notre méthode.

2.2. Récapitulation des analyses des J.E au niveau du jeu didactique correspondant

L'analyse du jeu didactique (J.D) mobilise les différentes analyses précédentes (l'analyse des J.E, l'analyse en facettes).

Comme pour le J.E, nous produisons pour chaque jeu didactique :

- Une narration didactique mettant en récit, d'un point de vue didactique, le déroulement du jeu. Elle prend en compte les caractéristiques de ses différents jeux élémentaires (J.E) sans être toutefois, la somme exacte des descriptions de chaque

¹⁹ Transana nous permet de créer des graphiques montrant l'évolution temporelle de chaque descripteur, converti en mots clés, sur la durée de l'épisode (jeu didactique, jeu élémentaire ou séance).

jeu élémentaire car « elle peut évoluer a posteriori en fonction des éléments importants dans les jeux suivants » (Tiberghien & Venturini, 2015).

- Une description des dynamiques qui synthétise les analyses aux niveaux N-1 et N-2 en se basant sur les caractéristiques majeures des trois genèses (mésogénèse, topogénèse, et chronogénèse), des techniques professorales, de l'analyse communicationnelle. Elle est nourrie par l'analyse des facettes pour lesquelles nous produisons un tableau de synthèse des analyses des facettes aidant à documenter les genèses (La précision pour chaque facette de l'auteur principal et de la nature de la tâche épistémique aident à préciser la topogénèse. La manière dont la facette se situe par rapport à la modélisation et son inscription thématique aident à préciser la chronogénèse, mais aussi la mésogénèse). Ce tableau nous aide à repérer les continuités et les discontinuités et donne lieu à :

- Un graphe représentant l'évolution notionnelle et chronologique²⁰ des facettes au cours du jeu renseignant sur la centration thématique des facettes au cours des différents moments du jeu :

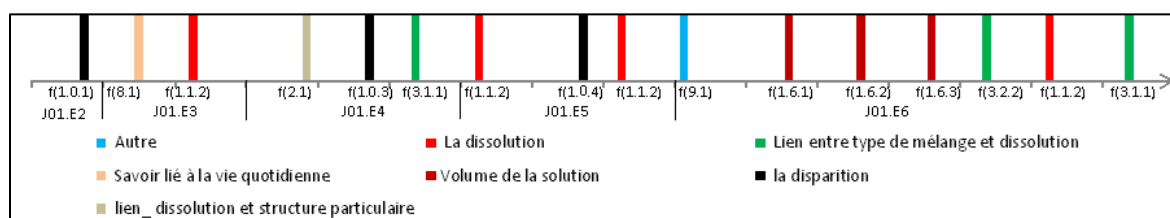


Figure 9 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J01 (chaque couleur présente un groupe notionnel différent)

- Une figure représentant les continuités et les discontinuités qui émergent au cours de l'avancement du savoir et qui sont inférées à partir des différentes analyses. Nous rappelons que pour repérer les continuités et les discontinuités qui accompagnent l'avancement du savoir, nous situons²¹ celles-ci du côté de la modélisation et du langage. Notre choix de les repérer au niveau du jeu est basé sur deux raisons : La première est qu'un jeu donne lieu généralement à une institutionnalisation qui reflète une avancée du savoir en jeu. La seconde est que l'échelle temporelle du jeu est assez longue par rapport à celle du J.E pour pouvoir suivre l'évolution du savoir et étudier ainsi ses continuités et ses discontinuités.

²⁰ Le repérage de la facette est une opération plus au moins ponctuelle dans le temps. Nous avons choisi d'affecter à la facette l'instant du début du micro-clip dans lequel elle est l'objet des échanges.

²¹ En prenant le point de vue de la modélisation et du langage, une continuité se fait entre deux éléments du même monde, de deux mondes différents, de deux langages différents ou du même langage par un lien (ou son absence dans le cas de la discontinuité).

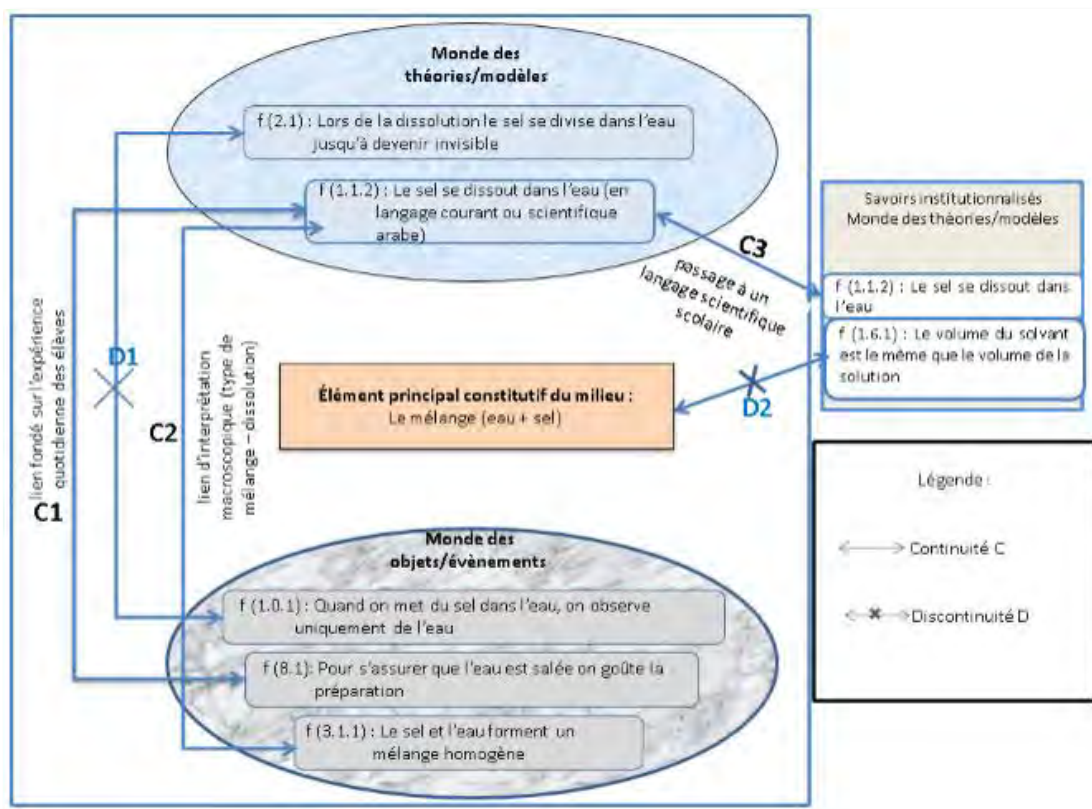


Figure 10 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J01 (le grand cadre bleu représente la phase de discussion lors du jeu, initiée par les éléments constitutifs du milieu initial)

Deux graphes Transana donnent à la fin, une représentation visuelle de nos analyses et résumet les grandes tendances dans le jeu et dont la lecture nous permet d'ajouter des informations complémentaires sur des concomitances et/ou des oppositions dans les dynamiques qui renforcent nos interprétations.

2.3. Caractérisation de l'action didactique à l'échelle de la séance analysée

Nous faisons ici une synthèse des analyses précédentes (des facettes et des jeux didactiques) sur toute la séance. Cette synthèse sur la séance est basée sur trois types d'informations : les analyses textuelles des Jeux didactiques, les graphiques Transana récapitulant l'évolution des mots clés sur la séance et la répartition, en pourcentage du temps de la séance, des modalités relatives :

- Aux gestes mésogénétiques utilisées,
- À la topogenèse, associée à la forme communicationnelle qui documente aussi son évolution,
- À la chronogenèse.

Ces graphiques²² renseignent sur les tendances majoritaires caractérisant ces descripteurs.

Les analyses précédentes sont articulées à celles en termes de facettes. Pour cela nous produisons :

- Un graphique traduisant, en nombre de facettes, la répartition de celles-ci selon l'auteur,
- Un graphique indiquant, en nombre de facettes, la répartition de celles-ci en fonction de la tâche épistémique mise en œuvre rendant compte de la contribution des élèves et de l'enseignante dans la manipulation du savoir dans la classe.

Ces deux graphiques fondent nos interprétations en termes de topogenèse.

- Un graphique illustrant la répartition des facettes selon le groupe notionnel dans lequel elles sont inscrites,
- Un graphique pointant l'ordre de parution chronologique des continuités et discontinuités au cours de la séance :

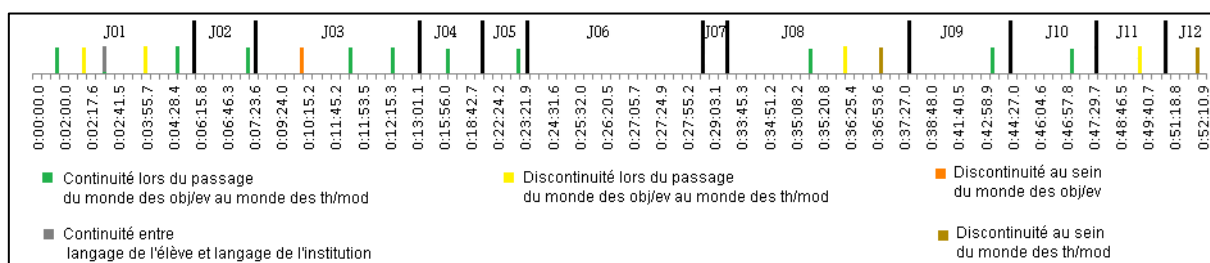


Figure 11 : Les continuités et les discontinuités réparties en ordre chronologique de parution (sur l'axe du temps de la séance S1) laissant visible les jeux auxquels elles appartiennent.

Ces deux graphiques complètent nos interprétations en termes de chronogenèse en montrant les moments d'apparition des continuités et discontinuités et leurs fréquences.

Ces différentes analyses nous permettent de caractériser la mésogenèse, la topogenèse et la chronogenèse au niveau de chacune des séances analysées (cf. p. 164 pour la séance S1 et p. 209 pour S4).

Nous synthétisons finalement les résultats de nos analyses au niveau des séances S1 et S4 de manière à répondre à nos questions de recherche (cf. Chapitre 3 : Une synthèse des analyses, p. 218).

3. Conclusion

Notre démarche conjugue un ensemble d'outils à différentes échelles pour rendre compte de l'action didactique et permettre une description mieux fondée de l'avancée du savoir dans la classe. La figure suivante résume les étapes suivies :

²² Ces graphiques sont obtenus en exportant nos données (sous forme de mots-clés) du logiciel Transana vers le logiciel (Excel) permettant d'afficher les statistiques d'occurrence d'un mot clé issu de nos descripteurs.

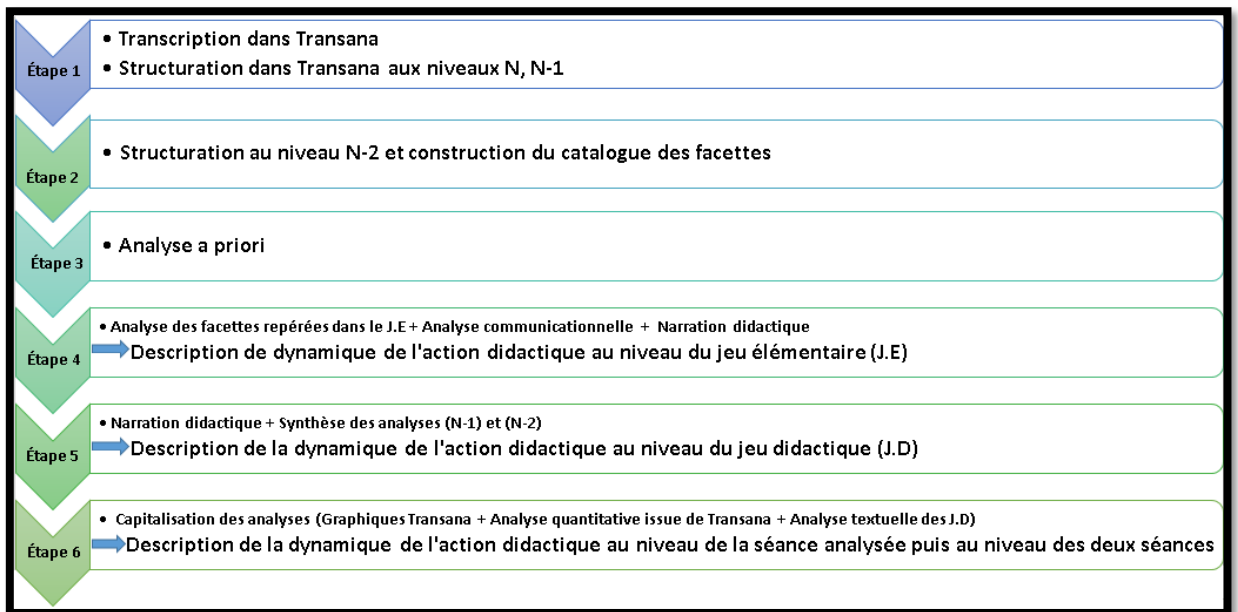


Figure 12 : Schéma illustrant les différentes étapes de la méthodologie.

Partie 3 : Résultats

Nous présentons successivement dans les deux premiers chapitres de cette partie les résultats des analyses des séances S1 et S4 retenues. Nous synthétisons dans un 3^{ème} chapitre les résultats de nos analyses aux niveaux de ces deux séances de manière à répondre à nos questions de recherche.

Chapitre 1 : Analyse de la séance S1

1. Présentation de la séance S1

Cette séance, de durée 52 min, est la 1^{ère} séance des travaux pratiques de chimie de l'année scolaire en cours. Elle démarre par la distribution de la fiche de TP qui annonce pour objectif global l'introduction des notions de « dissolution » et de « concentration massique d'un soluté dans une solution » à partir d'une série d'expériences réalisées par les élèves.

1.1. Analyse a priori

Cette séance, d'après sa fiche de TP, doit d'abord aborder la notion de dissolution, puis la définition de la concentration massique d'une solution (cf. Figure 13) :

Fiche TP chimie n°1					
La dissolution					
I Objectif Réaliser des expériences la dissolution Définir la concentration massique d'une solution .					
II Etude expérimentale					
1/ Expériences de dissolution :					
a/ Observer ce qui se passe après agitation .					
expériences	sel eau	sable eau	iode alcool	huile eau	alcool eau
Observations					
b/ Conclusion Quand le mélange obtenu est homogène on dit qu' il y a dissolution . Dans le cas de la dissolution d'un solide , le solide qui se dissout est le , le liquide dans lequel il se dissout est le et le mélange homogène obtenu est une Dans le cas de la dissolution d'un liquide , le liquide de plus grand volume est le et celui de plus petit volume est le Dans le cas où le solvant est l'eau la solution obtenue est une					
2/ Concentration massique d'une solution					
expériences	eau $V_1 = V_2$ sucre : $m_1 > m_2$		eau $V_1 > V_2$ sucre : $m_1 = m_2$		eau $V_1 = V_2$ sulfate de cuivre : $m_1 > m_2$
observations					
3/ Définition de la concentration massique					
.....					
Remarque :					

Figure 13 :Fiche de TP de S1.

Première partie de la séance S1 : réaliser des expériences de dissolution et de non dissolution.

Les élèves sont invités à réaliser les mélanges suivants : eau-sel, eau-sable, alcool-iode, eau-huile et eau-alcool et à noter, à chaque fois, l'observation correspondante dans la case appropriée du tableau (cf. :Fiche de TP de S1).

La réalisation de ces expériences ne pose pas de difficultés particulières pour l'élève puisqu'il sait utiliser la verrerie de base (tube à essais et pissette d'eau). Cependant, il faut noter que certaines substances (solides) peuvent se dissoudre dans l'eau en quantité appréciable mais pas illimitée. D'où, le manque de précision sur les quantités et les volumes à utiliser dans l'activité peut faire de l'eau et du sel, par exemple, un mélange hétérogène (mélange à deux phases solide et liquide)²³.

Pendant la phase d'observation, plusieurs idées peuvent surgir. Les élèves pourraient s'en tenir à ce qu'ils voient en premier : le sel « disparaît », « le sable est en bas et l'eau est en

²³ Ce mélange est une solution saturée avec dépôt de sel.

haut », l'alcool « se colore », etc. Comme ils peuvent mobiliser des savoirs ²⁴ rencontrés au début de l'année (deux mois déjà) lorsqu'ils ont étudié les mélanges (cf. Chapitre 1, § 1.2, p. 12). Ils avaient déjà travaillé sur la différenciation entre mélanges homogènes (eau-sel, eau-alcool et alcool-iode) et mélanges hétérogènes (eau-sable et eau-huile). Ou encore, ils peuvent avancer des interprétations en termes de « dissolution » en mobilisant un langage courant ou un langage scientifique en arabe retenu d'un enseignement du phénomène de dissolution au collège (cf. Chapitre 1, § 1.1.1, p. 11).

Par ailleurs sur un tout autre plan, l'expérience (alcool + iode), par ses produits « étranges » (dans le sens que pour les élèves ils sont plus étranges que l'eau, le sel et le sable), pourrait amener les élèves à croire que si on met les deux réactifs ensemble et qu'on obtient un mélange coloré, c'est qu'un nouveau produit chimique se forme ou ils peuvent aussi exprimer un point de vue substantialiste en essayant d'interpréter la couleur rousse de l'alcool iodée (du genre l'iode donne sa couleur à l'alcool).

La dernière phase de cette partie invite l'élève à remplir un « texte à trous » jouant le rôle de bilan pour cette 1^{ère} partie. Les élèves doivent compléter le texte en utilisant un vocabulaire spécifique au phénomène de dissolution (dissolution, solvant, soluté, solution aqueuse). Or, certains élèves pourront ne pas distinguer entre les mots qui commencent par le même syllabe « sol » ou aussi ils vont s'exprimer, si le contrat présent dans la classe leur permet, à l'aide d'un vocabulaire scientifique en langue arabe.

À l'issue de l'analyse de cette 1^{ère} partie, nous pouvons dire que « la dissolution » est abordée d'un point de vue macroscopique associé à l'homogénéité du mélange obtenu et en introduisant un vocabulaire spécifique.

Deuxième partie de la séance S1 : concentration massique d'une solution

L'objectif de cette partie est de définir la concentration massique d'une solution. Il est intéressant d'identifier d'abord les facteurs dont elle dépend. Pour cela, l'expérience proposée consiste à préparer trois couples de solutions aqueuses. Le 1^{er} est formé de deux solutions aqueuses de sucre d'égal volume mais de masses du soluté différentes. Le 2^{ème} est préparé en introduisant la même masse du sucre respectivement dans deux volumes d'eau différents. Le 3^{ème} couple de solutions est identique au 1^{er} sauf qu'ici le soluté utilisé est le sulfate de cuivre II.

La préparation de ces solutions ne pose pas de difficultés pour l'élève si on considère qu'il sait déjà utiliser une balance et une éprouvette graduée. Toutefois, il risque que les élèves mettent deux quantités de sulfate de cuivre très proches et de ce fait, la distinction entre les deux teintes serait impossible.

La phase d'observation s'appuie sur une comparaison du goût ou de teinte des deux solutions d'un même couple. L'élève doit en déduire par la suite, l'effet d'une variation de

²⁴ Le thème des « solutions » est traité après celui de « la matière » au cours duquel les élèves rencontrent les notions du mélange homogène et hétérogène (Ministère De l'Éducation, 2010).

masse du soluté ou d'une variation du volume de solution sur la concentration. Comme c'est décrit, cette activité se base sur les sens. Elle est du type « monstration » dans lequel les détails pertinents sont immédiatement perceptibles par les élèves. Par ailleurs, les élèves, en faisant des comparaisons, peuvent se heurter à des difficultés liées à des habitudes spontanées selon lesquelles « plus la masse est grande ou le volume est grand plus la solution est concentrée » (causalité proportionnelle)²⁵ ou « Si les deux solutions ont la même masse de soluté ou le même volume alors elles ont la même concentration (la correspondance équivalente)²⁶. Si le raisonnement de causalité proportionnelle est mobilisé avec profit dans les expériences de variation de masse, il pose un problème avec la variable « volume ». En effet, pour la masse, plus on en met de soluté, plus il est logique de penser que la solution est plus concentrée, en associant l'idée de concentration à celle de quantité de soluté dans un volume déterminé, qui est l'idée quotidienne de ce concept. Donc s'il y avait plusieurs expériences à faire c'était plutôt autour de la grandeur « volume de solution » car l'idée que « plus le volume est grand, donc moins la solution est concentrée » n'est pas innée.

La définition de la concentration suppose, d'après ce qu'on vient de dire, que les élèves l'apprennent comme étant une « proportion » du soluté par rapport au volume de la solution (et non du solvant). Cette notion de « proportion » est une notion « pivot » pour l'acquisition du concept de concentration (Willame, 2017) qui, pour être mieux appréhendée, peut être mobilisée dans différentes représentations (comparaison des rapports de la masse du soluté sur le volume de solution pour des solutions préparées avec différentes masses du soluté et aussi différents volumes de solution et ayant la même intensité de couleur, traçage de la courbe qui traduit la variation de la concentration en fonction du volume de solution pour une masse fixe du soluté, ...).

1.2. Structuration en jeux didactiques

Elle est structurée en 12 jeux didactiques regroupés dans le tableau synoptique suivant (cf. Tableau 9 ci-dessous). Pour chaque jeu, nous donnons son intitulé et sa durée. L'intitulé tient compte essentiellement du savoir en jeu et de la manière dont enseignante et élèves le traitent.

²⁵ L'habitude spontanée de causalité proportionnelle est citée par Stavy (Stavy & Tirosh, 2000) et est utilisée par di Sessa (1983) : « More A then more B » ou « Less A then less B ». Elle est mise en évidence par (Willame, 2017) dans son étude sur le phénomène de dissolution : « Un grand volume de solution entraîne une grande concentration » ou « Plus le volume de solution est petit, plus la concentration est petite ».

²⁶ L'habitude spontanée de la « correspondance équivalente » est mise en évidence par (Potvin, 2011, cité par (Willame & Snauwaert, 2015) : « Si deux objets présentent certains paramètres égaux, ils seront égaux en d'autres paramètres ».

Tableau 9 : Synopsis au niveau N de la séance S1

Jeu (N) Durée (min:s)	Intitulé
S1.J01 (04min:59s)	Constater, à partir d'une activité expérimentale dirigée et de questions fermées, que le sel se dissout dans l'eau en formant un mélange homogène.
S1.J02 (02min:52s)	Constater, en groupe et à partir d'une expérience guidée, que le sable ne se dissout pas dans l'eau et forme avec celle-ci un mélange hétérogène.
S1.J03 (05min:26s)	Constater, à partir d'une expérience dirigée en groupes et de questions ouvertes, que le diiode se dissout dans l'alcool en formant un mélange homogène.
S1.J04 (06min:03s)	Se rappeler de la nature du mélange (eau + huile) et conclure, en classe entière et à l'aide de questions fermées, que l'huile et l'eau ne se mélangent pas.
S1.J05 (04min:24s)	Constater, à partir de la réalisation guidée du mélange (alcool + eau), que l'alcool se dissout dans l'eau en formant un mélange homogène.
S1.J06 (04min:46s)	Introduire, en classe entière, à partir des expériences réalisées et de questions fermées, les notions de solvant, soluté, solution aqueuse, solution d'alcool iodée.
S1.J07 (01min:10s)	Introduire, en classe entière, le terme « concentration » à partir d'une situation quotidienne liée à la citronnade.
S1.J08 (07min:50s)	Constater, à partir d'une expérience guidée et réalisée par groupe, que lorsqu'on prend deux solutions aqueuses de sucre de volumes différents et d'égale masse de soluté, une solution est plus concentrée que l'autre.
S1.J09 (07min:06s)	Constater, à partir d'une expérience guidée par groupe, que lorsqu'on prend deux solutions aqueuses de sucre d'égal volume et de masses de soluté différentes, une solution est plus sucrée que l'autre.
S1.J10 (03min:39s)	Constater à partir d'une expérience guidée par groupe, que lorsqu'on prend deux solutions aqueuses de sulfate de cuivre II d'égal volume et de masses de soluté différentes, la plus concentrée est la plus foncée.
S1.J11 (02min:48s)	Définir puis formaliser, en récapitulant les observations faites au cours des trois expériences précédentes et à l'aide de questions fermées, la concentration massique.
S1.J12 (00min:59s)	Trouver, en sollicitant la mémoire didactique des élèves, l'unité de la concentration massique.

2. Analyse des jeux de S1

Nous proposons dans cette section une analyse didactique de chaque jeu de la séance S1.

Afin de mieux comprendre comment nous avons procédé, nous avons ajouté, pour le premier jeu seulement, l'ensemble des analyses de ses jeux élémentaires. Pour les autres jeux, l'analyse détaillée des jeux élémentaires qui les composent est consultable en Annexe 3 (de la page 323 à la page 398). Des renvois seront faits au fur et à mesure.

2.1. S1.J01 : Constater, à partir d'une activité expérimentale dirigée et de questions majoritairement fermées, que le sel se dissout dans l'eau en formant un mélange homogène

2.1.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J01 a mis en évidence six jeux élémentaires (J.E). Le tableau ci-dessous rend compte du découpage à ce niveau et donne leurs caractéristiques générales.

Pour chaque J.E nous avons donné une dénomination abrégée²⁷, un intitulé qui résume les actions menées par les différents actants, l'organisation sociale de la classe, la durée et les tours de paroles correspondants. Ce tableau permet de montrer la succession des J.E et de les situer les uns par rapport aux autres.

Tableau 10 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J01

Jeu élémentaire J.E Intitulé.	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J01.E1 Prendre connaissance de l'expérience (mélange (eau + sel)) et la réaliser en suivant les consignes orales de l'enseignante.	tdp 1–tdp 17 (Par groupe)	(98)
J01.E2 Observer puis décrire le mélange obtenu.	tdp 18–tdp 24 (P/groupe G2)	(21)
J01.E3 Interpréter l'obtention de l'eau salée en termes de dissolution du sel.	tdp 24.bis–tdp 27 (P/groupe G2)	(08)
J01.E4 Interpréter l'obtention de l'eau salée en termes de divisibilité du sel.	tdp 28–tdp 42 (P/groupe G2)	(24)
J01.E5 Décrire le mélange (eau + sel) obtenu et l'interpréter en termes de dissolution.	tdp 43–tdp 62 (P/groupe G1)	(62)
J01.E6 Schématiser et écrire sous la dictée de l'enseignante ce qui a été observé : « le sel s'est dissous dans l'eau, on obtient un mélange homogène ».	tdp 63–tdp 85 (Classe entière)	(86)

²⁷ Le symbole du jeu élémentaire J.E est construit en indiquant le numéro n de l'épisode E relatif au jeu J correspondant. Ainsi, J01.E1 et J01.E2 sont respectivement le 1er et le second jeu élémentaire du 1er jeu de la séance.

2.1.2. L'analyse des jeux élémentaires du jeu S1.J01

2.1.2.1. Jeu élémentaire J01.E1 : Prendre connaissance de l'expérience (mélange (eau + sel)) et la réaliser en suivant les consignes orales de l'enseignante

Nous donnons pour ce jeu la transcription (Extrait 2) correspondante, sa narration descriptive rendant compte de son déroulement et le graphe Transana (Graphique 2) qui résume notre analyse. Notons que pour ce 1^{er} jeu élémentaire nous n'avons pas codé de facettes de savoir.

Transcription

1. P : (0:00:00.0) (à l'entrée de la salle de classe, les élèves se mettent en deux groupes et l'enseignante distribue les fiches TP) comme vous voyez devant vous (elle s'adresse à toute la classe en regardant sa fiche TP qui est la même que celle des élèves), on va réaliser un certain nombre d'euh d'expériences. Donc on va prendre un tube à essai, donc vous avez devant vous des tubes à essais ?
2. E : oui madame
3. P : hein, d'accord, bon, je vais vous donner du sel et je vais vous ajouter bien sûr deux pissettes, donc vous avez deux pissettes qui contiennent de l'eau, d'accord, vous mettez le sel dans chaque tube et puis vous allez ajouter l'eau / un peu de sel s'il vous plait hein, vous mettez un peu de sel d'accord, allez-y, chaque fois un élève doit travailler comme d'habitude (P distribue le sel et les pissettes) vous mettez un peu de sel s'il vous plait (0:00:42.0).
4. E1/G2²⁸ : (une élève (E1) du groupe G2 met de l'eau dans le tube à essai)
5. P : (P la regarde puis l'interpelle) vous avez commencé par mettre l'eau !
6. E1/G2 : oui
7. P : d'accord, vous aurez dû commencer par mettre le sel
8. E1/G2 : madame ça va comme ça ?
9. P : bon, deux millilitres ça va, vous ajoutez un peu de sel hein, un peu
10. E1/G2 : (l'élève ajoute le sel dans le tube contenant de l'eau)
11. P : d'accord, beaucoup c'est beaucoup là, juste un peu, bah, essayez d'agiter. Bon, s'il vous plait le sel s'il vous plait, le bécher du sel d'accord (elle demande le bécher du sel pour le donner à l'autre groupe G1)
12. P : (P s'adresse aux élèves du premier groupe G1) vous allez faire la même chose, allez quelqu'un d'autre ici, un peu du sel dans le tube à essai
13. E1/G1 : (l'élève prend le sel)
14. P : non c'est beaucoup là, un peu juste un pincé²⁹, vous savez ce que veut dire un pincé ? un pincé de sel, non, c'est beaucoup là, oui, ça va, un pincé, d'accord
15. E1/G1 : (l'élève ajoute l'eau)
16. P : vous agitez maintenant, on agite
17. E1/G1 : (l'élève agite) (0:01:38.4).

²⁸ Nous désignons par (G1) et (G2) les deux groupes d'élèves formés lors de l'activité expérimentale. La notation (E/G2) par exemple, désigne un élève du groupe G2 et la notation (Es) désigne un ensemble d'élèves.

²⁹ Nous retranscrivons les formulations telles qu'utilisées par l'enseignante.

Extrait 2 : L'enseignante fait prendre connaissance aux élèves de la tâche (tdp 3 . Les élèves préparent le mélange (eau + sel) en exécutant les consignes orales de l'enseignante (parties grisées).

Narration

Après que les élèves se sont installés en deux groupes G1 et G2, l'enseignante leur distribue la fiche TP et leur annonce qu'ils vont réaliser quelques expériences. Elle distribue ensuite les tubes à essais, le sel et les pissettes d'eau. Elle demande de mettre du sel dans un tube et de lui ajouter de l'eau. Elle rappelle enfin, qu'ils doivent faire comme d'habitude en travaillant à tour de rôle dans le groupe.

Pendant que les élèves préparent le mélange (eau + sel), l'enseignante opère un passage entre les deux groupes en s'attachant à contrôler la manipulation des substances (eau et sel) par les élèves (« vous aurez dû commencer par mettre le sel », « beaucoup c'est beaucoup là, juste un peu ») et en donnant aussi des consignes (mettre une pincée de sel dans l'eau puis agiter). À la fin de cet épisode, chaque groupe d'élèves dispose du mélange demandé.

Analyse didactique

Seule la composante matérielle du milieu s'enrichit progressivement avec la distribution de la fiche de TP, de quelques tubes à essais, de l'eau et du sel de cuisine (lignes 2, 3, Graphique 2 page suivante). Elle évolue sous le double effet des consignes orales de l'enseignante et de leur mise en œuvre expérimentale par les élèves (lignes 4 et 5, Graphique 2 page suivante).

Ce jeu ne met pas en jeu des éléments de savoir puisqu'aucune facette n'a été repérée.

La communication est autoritative³⁰ et majoritairement non interactive au cours de laquelle l'enseignante rappelle la règle du travail dans le groupe et introduit dans le milieu des éléments sur la procédure à suivre pour réaliser le mélange (tdp 3, Extrait 2). Les élèves ne sont que de simples exécuteurs des consignes de l'enseignante (parties grisées de l'Extrait 2 ci-dessus). Ces consignes contribuent à avoir la situation qui permettra ultérieurement la mise en évidence du savoir visé. C'est dans ce sens que s'inscrit par exemple l'insistance de l'enseignante sur la mise d'une pincée de sel dans les deux millilitres d'eau. En fait, elle voulait éviter une solution de sel saturée et donc un mélange non homogène (cf. Analyse a priori, § 1.1, p. 77).

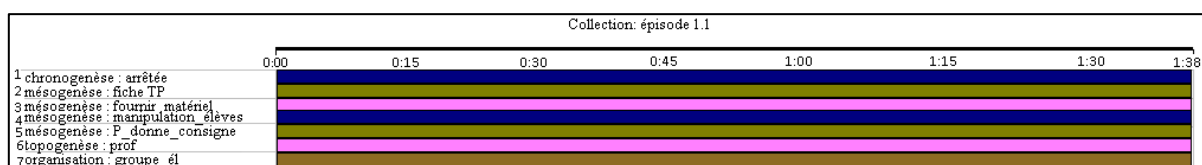
La topogénèse³¹ est sous la totale responsabilité de l'enseignante (ligne 6, Graphique 2) qui fait élaborer de manière ad hoc la composante matérielle du milieu sur laquelle les élèves vont travailler.

Nous voyons, sur le Graphique 2 résumant notre analyse précédente, la simultanéité d'un travail de groupe (ligne 7), d'une topogénèse sous la responsabilité de l'enseignante (ligne

³⁰ La communication ici est autoritative dans la mesure où tout ce que fait l'enseignante est en vue d'avoir une situation qui, ultérieurement, permettra de mettre en évidence et de manière directe le savoir visé.

³¹ La topogénèse concerne la répartition des responsabilités dans l'avancée du savoir, or ici on n'a pas de savoir. Par contre nous pouvons dire que l'enseignante exerce la totale responsabilité de l'évolution du milieu matériel qui est primordiale pour établir les savoirs en jeu et à ce titre nous continuons (par extension) à parler de la topogénèse enseignante.

6) et d'une chronogénèse arrêtée (ligne 1). Tous ces aspects réunis contribuent à caractériser la phase de construction de la composante matérielle du milieu.



Graphique 2: Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu élémentaire J01.E1.

2.1.2.2. Jeu élémentaire J01.E2 : Observer puis décrire le mélange obtenu

Nous donnons ci-dessous la transcription relative au jeu élémentaire J01.E2, le Tableau 11 regroupant les facettes codées au cours de ce jeu, une narration didactique qui décrit son déroulement, ainsi que le graphe Transana résultant de son analyse (Graphique 3).

Transcription

18. P : ((0:01:38.4) P revient vers les élèves du groupe G2) alors (P s'adresse à une élève de G2) bon, c'est bon madame, c'est-à-dire qu'est-ce que vous observez ici pour ce groupe ? madmazelle
19. E : euh
20. P : alors oui, que s'est-il passé ?
21. E : le sel euh
22. P : bon alors, qu'est-ce que vous observez là, qu'est-ce qu'on obtient ?
23. Es : l'eau, l'eau
24. P : l'eau ! l'eau c'est tout ! (0:01:59.1)

Extrait 3 : L'enseignante, par une série de questions ouvertes, oriente le déroulement du jeu vers sa conclusion en hésitant entre une demande d'interprétation (« que s'est-il passé ? » (tdp 20)) et une demande relative au produit final (« qu'est-ce qu'on obtient ? » (tdp 22)).

Tableau des facettes

Tableau 11 : Facette repérée au cours du jeu élémentaire J01.E2. (« Élève » : la facette est l'œuvre de l'élève, « Description » est la tâche épistémique correspondant à sa formulation, « monde Obj/Ev » : la facette relève du monde des objets et événements).

Facette	Groupe notionnel	Tours de paroles	Type32
f (1.0.1) : Quand on met du sel dans l'eau, on observe uniquement de l'eau	La disparition du soluté	22-23	Élève Description Monde Obj/Ev

Narration didactique

Après que les élèves des deux groupes aient terminé la préparation du mélange (eau + sel), l'enseignante fait face aux élèves du groupe G2. Elle leur demande ce qu'ils observent. Faute de réponse, elle reformule sa question en leur demandant d'abord une interprétation de ce

³² Le type de la facette est construit en tenant compte de son acteur principal, de la tâche épistémique qu'elle mobilise et du point de vue de la modélisation mis en jeu.

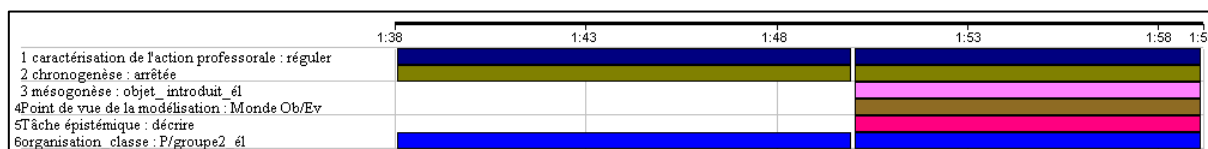
qui s'est passé, ensuite, une description de ce qu'ils ont obtenu. Ceux-ci prétendent voir de « l'eau ».

Analyse didactique

Le milieu évolue suite à l'introduction, par les élèves du groupe G2, d'éléments relatifs à l'interprétation des éléments expérimentaux, mais ces éléments ne sont pas pertinents aux yeux de l'enseignante. (tdp 24, Extrait 3 ; ligne 3, Graphique 3).

La communication est autoritative et interactive. Elle est caractérisée par une succession de questions ouvertes initiées par l'enseignante (tdp 18, 20 et 22, Extrait 3), hésitant entre une demande d'interprétation (tdp 20 : « que s'est-il passé ? ») qui pourrait se comprendre aussi comme une description des faits (Quand on met du sel dans l'eau, on observe uniquement de l'eau), et une demande relative au produit final (tdp 22 : « qu'est-ce qu'on obtient ? »). Ces questions sont non aidantes pour les élèves qui restent finalement dans le monde des observables comme en témoigne la facette f (1.0.1) repérée dans leurs propos (cf. Tableau 11).

La chronogenèse est arrêtée (ligne 2, Graphique 3) car l'apport des élèves dans le milieu est non pertinent (ligne 3) au regard de l'enjeu du savoir qui reste invisible pour les élèves.



Graphique 3 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu élémentaire J01.E2.

2.1.2.3. Jeu élémentaire J01.E3 : Interpréter l'obtention de l'eau salée en termes de dissolution du sel

Nous donnons ci-dessous la transcription (Extrait 4) relative au jeu élémentaire J01.E3, le Tableau 12 ci-dessous regroupant les facettes codées au cours du jeu, une brève narration décrivant son déroulement, ainsi que le graphe Transana résumant son analyse (Graphique 4).

Transcription

24.bis P : (0:01:59.1) si je vous demande de goûter qu'est-ce que vous constatez ?
 25 . Es/G2 : eau salée, eau salée
 26 . P : eau salée (0:02:02.4),
 26.bis P : c'est-à-dire, que s'est-il passé pour le sel ?
 27. E/G2 : le sel euh ydhoubه [يدوب]33 (se dissout), yithèله [يتحل]34 (se dissout) (0:02:07.6).

³³ Le mot « ذاب dhaba » ou « يذوب yadhoub » est du **langage courant**. Il est employé dans la sphère familiale et correspond par exemple, au sel qui disparaît dans l'eau (dictionnaire de la langue arabe moderne). Sa traduction en français donne « se dissoudre ».

³⁴ Le mot « انحل inhala » est du **langage scientifique arabe**. Il est utilisé dans la sphère scientifique scolaire relative à l'enseignement des sciences physiques au collège et correspond à la dissociation du soluté en petits éléments. Sa traduction en français donne « se dissoudre ».

Extrait 4 : L'introduction de l'idée de goûter le mélange (tdp 24. bis) amène les élèves à proposer une interprétation en termes de dissolution du sel (tdp 27).

Tableau des facettes

Tableau 12 : Facettes repérées au cours du jeu élémentaire J01.E3

Facette	Groupe notionnel	Tours de paroles	Type
f (8.1) : Pour s'assurer que l'eau est salée on goûte la préparation	Expérience quotidienne	24. bis-26	Partagée Description Monde Obj/Ev
f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau	La dissolution	27	Élève Interprétation Lien entre les deux mondes

Narration didactique

L'enseignante demande aux élèves de G2 quel goût aurait la préparation s'ils la gouttaient. Ceux-ci répondent immédiatement qu'elle est salée. L'enseignante enchaîne et demande ce que s'est passé pour le sel. Les élèves répondent en arabe que le sel « s'est dissous » en mobilisant respectivement un langage courant et un langage scientifique.

Analyse didactique

La régulation opérée par l'enseignante en orientant les élèves vers l'expérience quotidienne (« si je vous demande de goûter » tdp 24. bis, Extrait 4 ci-dessus) permet aux élèves d'introduire dans le milieu des éléments pertinents pour l'avancée du savoir (« eau salée » tdp 25 et « le sel se dissout » tdp 27, Extrait 4). La mésogenèse évolue car le milieu s'enrichit à la fois d'un élément descriptif (f (8.1), Tableau 12) et d'un élément conceptuel interprétatif (f (1.1.2), Tableau 12).

La topogenèse est partagée (ligne 5, Graphique 4) car les élèves du groupe G2 introduisent des éléments signifiants dans le milieu (tdp 25 et 27, Extrait 4 ; ligne 3, Graphique 4) favorisés par l'enseignante qui fait appel à leur expérience quotidienne (tdp 24. bis, Extrait 4 ; ligne 4, Graphique 4).

Comme le montre l'Extrait 4, l'échange est basé sur une méthode de question/réponse qui lui confère un aspect interactif (tdp 24-tdp 27, Extrait 4) au cours duquel la communication est relativement dialogique dans le sens où l'enseignante accepte que les élèves s'expriment en arabe (tdp 28) et mobilisent un langage courant (tdp 27, Extrait 4) même si celui-ci accorde à la dissolution l'idée naïve de « disparition » du soluté (cf. note de bas de page n°33, p. 85).

La chronogenèse est lente (ligne 2, Graphique 4). Les élèves du groupe G2 ne voient toujours pas l'enjeu de savoir dans l'activité proposée d'autant que l'enseignante fait appel à l'expérience commune hors classe (ligne 4, Graphique 4).



Graphique 4 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu élémentaire J01.E3.

Des analyses précédentes nous pouvons inférer une continuité entre une description dans le monde des observables (f (1.0.1) : « quand on met du sel dans l'eau, on observe uniquement de l'eau », J01.E2) et une description dans le monde des théories et modèles (f (1.1.2)) : « le sel se dissout ») assurée par un lien fondé sur l'expérience quotidienne des élèves (f (8.1) : « on goûte une solution pour s'assurer qu'elle est salée ») permettant d'affirmer que le sel n'a pas disparu. Une continuité aussi pourrait être signalée au niveau langagier entre un « langage courant » et/ou « langage scientifique en arabe » d'une part et un « langage scientifique scolaire » relatif à l'enseignement de la chimie au lycée (en français) par demande de reformulation de la proposition « le sel se dissout dans l'eau ».

2.1.2.4. Jeu élémentaire J01.E4 : Interpréter l'obtention de l'eau salée en termes de divisibilité du sel

Nous donnons ci-dessous la transcription (Extrait 5) relative au J01.E4, le Tableau 13 regroupant les facettes codées au cours du jeu, une narration didactique décrivant son déroulement ainsi que le graphe Transana résumant son analyse (Graphique 5).

Transcription

28. P : (0:02:07.6) donc je peux dire qu'il s'est divi (elle utilise sa main de manière à désigner la divisibilité)
29. E : divisé
30. P : divisé jusqu'à ce que / il devient comment / il est devenu comment ?
31. Es : (silence)
32. P : invi
33. E : invisible
34. P : invisible à l'œil nu (0:02:17.6)
34. bis. P : d'accord mais il est toujours là, est-ce qu'on peut dire que le sel a disparu ?
35. Es : non, non
36. P : non, ça n'a pas disparu il est toujours là
37. Es : oui (0:02:24.6)
38. P : Et là, quel est le type de mélange là que nous avons ?
39. E : homogène
40. P : on a, très bien, on a un mélange
41. Es : homogène
42. P : homogène voilà (0:02:31.5).

Extrait 5 : L'enseignante régule le jeu en introduisant l'idée de divisibilité du sel (tdp 28, 30).

Tableau des facettes

Tableau 13 : facettes repérées au cours du jeu élémentaire J01.E4

Facette	Groupe notionnel	Tours de paroles	Type
f (2.1) : Lors de la dissolution le sel se divise dans l'eau jusqu'à devenir invisible.	Lien entre dissolution et théorie particulière	28-34	Enseignante Interprétation Lien entre deux mondes
f (1.0.3) : Le sel ne disparaît pas dans l'eau mais il devient invisible.	La disparition du soluté	34. bis-37	Enseignante Interprétation Lien entre deux mondes
f (3.1.1) : Le sel et l'eau forment un mélange homogène.	Lien entre dissolution et type de mélange	38-42	Partagée Description Monde Obj/Ev

Narration

Par une série de questions fermées la plupart associées à une forte suggestion de réponse, l'enseignante introduit, auprès des élèves de G2, l'idée de divisibilité du sel jusqu'à devenir invisible pour interpréter sa non disparition dans l'eau. Elle demande ensuite le type du mélange obtenu, un mélange homogène.

Analyse didactique

L'enseignante opère des régulations³⁵ contribuant à gérer l'incertitude qui accompagne la coexistence des deux expériences, l'une scolaire (le sel est invisible mais n'a pas disparu) et l'autre quotidienne (l'eau est salée) en introduisant l'idée de divisibilité du sel (tdp 28, Extrait 5). Cette idée, fondée sur la structure particulière du sel, permet à l'enseignante de réfuter l'idée de la disparition du sel d'une part (tdp 36, Extrait 5) et d'introduire l'idée du mélange homogène d'autre part (tdp 38-tdp 40, Extrait 5).

L'examen des facettes (Tableau 13 ci-dessus) montre que celles-ci sont soit des interprétations en termes de divisibilité (f (2.1)) ou en termes de non disparition (f (1.0.3)) liant le monde des observables (le sel est invisible et l'eau est salée) au monde des théories et modèles (la structure particulière du sel), soit une description dans le monde des observables à travers le concept du mélange homogène (f (3.1.1)).

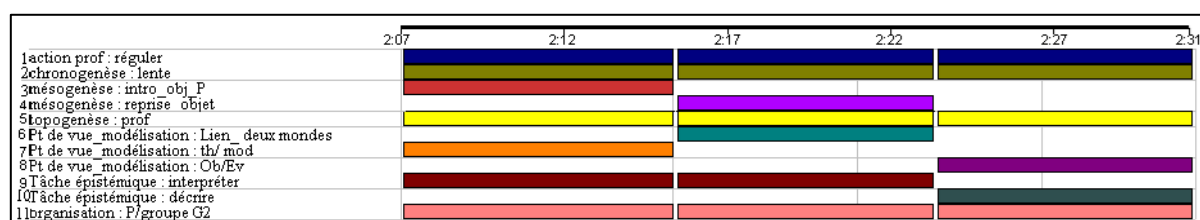
L'enseignante occupe une position topogénétique haute (ligne 6, Graphique 5), elle est d'ailleurs l'auteure de toutes les facettes (cf. Tableau 13).

La communication est conduite par l'enseignante d'une façon autoritative laissant manifester une faible interactivité au cours de laquelle le rôle des élèves se réduit, la plupart du temps, à une reprise à l'identique de ses propos (cf. tdp 28-tdp 34, Extrait 5).

³⁵ Les *régulations* sont ici entendues en tant que des interventions de l'enseignante qui ont pour objectif de permettre aux élèves de produire les « stratégies gagnantes » au jeu. Elles peuvent comporter des questions fermées, des effets topaze, voire des questions très ouvertes.

Sur le plan chronogénétique, seule la notion de mélange homogène sera institutionnalisée. L'interprétation en termes de divisibilité, mobilisée pour faire comprendre la dissolution comme non disparition du soluté, ne sera pas reprise.

Par ailleurs, une discontinuité pourrait avoir lieu entre la description macroscopique (soluté invisible) et l'interprétation microscopique (soluté divisible), suite à l'interprétation imposée dans la mise en relation des deux Mondes. En effet, les élèves manquent d'éléments théoriques (molécules d'eau, ions notamment) pour donner du sens à la divisibilité du soluté et pour se représenter en conséquence la solution d'eau salée au niveau microscopique.



Graphique 5 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu J01.E4.

2.1.2.5. Jeu élémentaire J01.E5 : Décrire le mélange (eau + sel) obtenu et l'interpréter en termes de dissolution

Nous donnons ci-dessous la transcription (Extrait 6) relative au jeu élémentaire J01.E5, le tableau (Tableau 14) regroupant les facettes codées au cours du jeu, une narration descriptive de son déroulement, ainsi que le graphe Transana résultant de son analyse (Graphique 6).

Transcription

42. bis P : (0:02:31.7) (L'enseignante se dirige vers les élèves du groupe G1) et pour vous là je peux voir ce que vous avez obtenu
43. E : (l'élève lève le tube et regarde de plus près la préparation) dhèbe [ذاب]³⁶ (s'est dissous) madame (0:02:41.8)
44. P : d'accord, alors c'est-à-dire que s'est-il passé ? Allez qu'est-ce qui peut m'expliquer que s'est-il passé
45. E : ma femma chey (il n'y a rien) (0:02:49.9)
46. P : c'est-à-dire, essayez d'expliquer c'est-à-dire que s'est-il passé ? Qu'est-ce que vous avez fait ?
47. E : nous euh, (l'élève fait un geste avec sa main pour dire qu'on a mis du sel dans le tube à essais)
48. P : nous avons mis
49. E : mis leuh l'eau
50. P : le sè l'eau oui d'accord
51. E : et après euh
52. P : on a ajouté
53. E : le sel

³⁶ Langage courant.

54. P : le sel et on a agité, vous avez agité, vous avez agité d'accord par la suite que s'est-il passé ?
55. E : masar chey (rien ne s'est passé)
56. P : pardon, que s'est-il passé ? le sel est toujours là ? vous observez le sel ?
57. Es : non
58. P : non, que s'est-il passé ? (0:03:21.6)
59. E : dhèbe [ذاب]³⁷ (il s'est dissous)
60. P : ey (oui) alors qu'est-ce qu'il faut dire il s'est diss, dissous d'accord, il s'est dissous
61. E : dissous
62. P : donc on dit que le sel s'est dissous, d'accord ?
63. E : oui
64. P : Voilà. (0:03:33.0)

Extrait 6 : La réponse de l'élève en arabe (tdp 43) semble non pertinente aux yeux de l'enseignante qui, après avoir mobilisé une série de régulations identiques (parties grisées), reprend la proposition de l'élève mais avec un langage scientifique scolaire (tdp 60).

Tableau des facettes

Tableau 14 : Facettes repérées au cours du jeu élémentaire J01.E5

Facette	Groupe notionnel	Tours de paroles	Type
f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau	La dissolution	43	Élève Interprétation Lien entre deux mondes
f (1.0.4) : Lorsqu'on met du sel dans l'eau rien ne se passe visuellement.	La disparition du soluté	44-55	Élève Description Monde Obj/Ev
f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau	La dissolution	56-62	Enseignante Interprétation Lien entre deux Mondes

Narration

L'enseignante est en face des élèves du groupe G1. Elle demande ce qu'ils ont obtenu en mélangeant de l'eau et du sel. La réponse en langage courant en arabe fournie par une élève du groupe (le sel s'est dissous)³⁸ semble être non pertinente aux yeux de l'enseignante. Celle-ci, après avoir posé plusieurs fois la même question sur ce que s'est passé pour le sel, donne finalement la même réponse (le sel s'est dissous) mais en langage scientifique en français.

Analyse didactique

La mésogenèse n'évolue plus car finalement l'enseignante avait la réponse des élèves dès le début du jeu (tdp 43) et donne la même, à la fin (tdp 60, Extrait 6 ci-dessus). Ses questions ouvertes, identiques et répétées restent sans effet et ses questions sur le déroulement de la manipulation (tdp 46-tdp 54, Extrait 6) ne sont pas non plus aidantes pour les élèves.

³⁷ Langage courant.

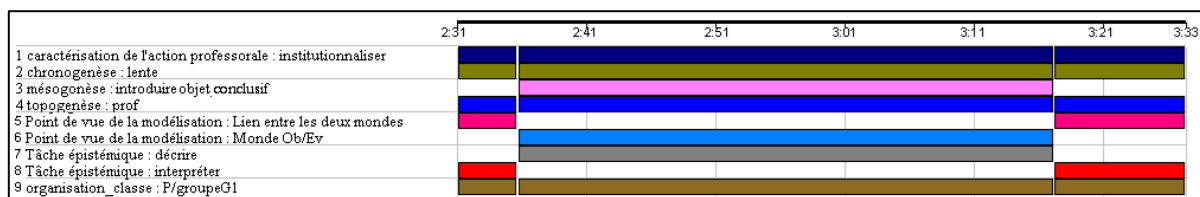
³⁸ Dans le sens du sel qui disparaît dans l'eau.

La communication est autoritative et interactive basée sur un jeu de questions ouvertes (tdp 42. bis, 44, 46, 54, 56, 58, et 60, Extrait 6) dont les réponses apportées par les élèves (tdp 43 et tdp 45, Extrait 6) restent non pertinentes aux yeux de l'enseignante.

L'enseignante, en posture topogénétique surplombante, décide du savoir à retenir (« (oui) alors qu'est-ce qu'il faut dire ? Il s'est diss, dissous », tdp 60, Extrait 6 ; ligne 4, Graphique 4).

La chronogenèse (ligne 2), majoritairement lente durant l'épisode, accélère vers la fin lorsque l'enseignante marque une avancée du savoir en institutionnalisant oralement le savoir (tdp 60, Extrait 6). Il nous semble qu'à l'égard du savoir retenu, l'enseignante veut arriver à faire exprimer les élèves en langage scientifique scolaire (en français). En examinant les facettes, nous remarquons que la même facette f (1.1.2) (Tableau 14) est doublement codée. La première est relative à des énoncés de l'élève en langage courant et la seconde relative à des énoncés de l'enseignante en langage scientifique scolaire. Ainsi, une continuité est établie par l'enseignante, assurée par passage d'un langage courant de l'élève vers un langage scientifique scolaire.

Nous voyons sur le Graphique 6 ci-dessous que la chronogenèse est lente (ligne 2) car l'élément du savoir, enjeu de l'épisode, existe dès le début du jeu (ligne 8) mais les élèves ne saisissent pas que la précision demandée porte sur une question de formulation en français, apportée finalement par l'enseignante (lignes 3 et 4).



Graphique 6 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu élémentaire J01.E5

2.1.2.6. Jeu élémentaire J01.E6 : Schématiser et écrire sous la dictée de l'enseignante ce qui a été observé : « le sel s'est dissous dans l'eau, on obtient un mélange homogène »

Nous donnons ci-dessous la transcription (Extrait 7) relative au jeu élémentaire J01.E6, le tableau (Tableau 15) regroupant les facettes codées au cours de ce jeu, une narration descriptive de son déroulement, ainsi que le graphe Transana résultant de son analyse (Graphique 7).

Transcription

64. bis. P : (0:03:33.0) alors en observations, on va écrire (elle s'adresse aux élèves des deux groupes), c'est premièrement, essayez de schématiser, vous mettez un trait là pour l'eau hein dans le premier tube et ajoutez un autre trait pour montrer qu'euh (elle regarde la fiche TP de l'élève) il faut mettre un trait dans le tube pour montrer qu'on a bien mis de l'eau là, hekka wella (oui ou non ?) (0:03:52.7)
65. Es : oui

66. P : et on a ajouté le sel (P marque un trait dans chaque tube et ajoute des points sur le dessin de l'expérience de la fiche TP de l'élève), d'accord, les cristaux de sel (0:03:55.7)
66. bis P : par la suite / bon, je peux même remarquer si le volume a changé, est-ce que le volume a changé là ?
67. Es : non / un peu madame
68. P : bon, on peut dire que le volume du solide étant négligé, d'accord, c'est le volume d'une solu
69. Es : solution
70. P : solution, voilà, c'est le volume de la solution (0:04:14.3),
70. bis P : parce qu'il faut pas oublier que vous avez un volume de l'eau et on a ajouté un solide d'accord, normalement le volume doit augmen
71. E : augmenter
72. P : augmenter (0:04:23.6)
72. bis P : mais là je vois très bien que le volume il est à peu près le même d'accord
73. Es : oui (0:04:28.4)
74. P : bon, alors en observations on va écrire qu'euh qu'est-ce qu'on a obtenu ?
75. Es : [Silence]
76. P : qu'est-ce qu'on a vu ?
77. E : un mélange (0:04:36.3)
78. P : le sel, bon, avant tout le sel s'est diss
79. Es : s'est dissous
80. P : s'est dissous, bon d'accord le sel s'est dissous (elle dicte) le sel / s'est dissous (0:04:46.1)
81. Es : (les élèves remplissent la fiche de TP)
82. P : on a un mélange comment ?
83. Es : homogène
84. P : homogène d'accord (elle dicte) on a un mélange homogène (0:04:56.0)
85. Es : (les élèves écrivent sur leurs fiches) (0:04:58.6).

Extrait 7 : L'apport des élèves dans l'échange est très réduit (parties grisées).

Tableau des facettes

Tableau 15 : Facettes repérées au cours du jeu élémentaire J01.E6

Facette	Groupe notionnel	Tours de paroles	Type
f (9.1) : Le sel est un cristal	Autre	66	Enseignante Description Monde thé/mod
f (1.6.1) : Le volume du solvant est lui-même le volume de la solution	Volume de solution	66. bis-70	Enseignante Définition Monde Obj/Ev
f (1.6.2) : Si à un volume d'eau on ajoute un solide normalement le volume augmente	Volume de solution	70. bis-72	Enseignante Description Monde Obj/Ev
f (1.6.3) : Le volume de l'eau reste à peu près le même lorsqu'on lui ajoute du sel	Volume de solution	72. bis	Enseignante Description Monde Obj/Ev

f (3.2.2) : Lorsqu'on met du sel dans l'eau on voit un mélange.	Lien entre type de mélange et dissolution	74–77	Élève Description Monde Obj/Ev
f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau	dissolution	78–80	Enseignante Interprétation Lien entre deux mondes
f (3.1.1) : Le sel et l'eau forment un mélange homogène	Lien entre type de mélange et dissolution	82–84	Partagée Description Monde Obj/Ev

Narration

Au moment du remplissage de la fiche TP, l'enseignante soulève l'idée du volume de l'eau avant et après dissolution en demandant aux élèves s'il y avait changement de ce dernier. Ceux-ci répondent d'une façon désordonnée (« non », « un peu madame ») vu qu'aucun repérage du volume n'a fait l'objet d'un travail précédent des élèves.

L'enseignante les conduit finalement à admettre que le niveau de l'eau est identique dans les deux tubes à essais avant et après la dissolution en affirmant que le volume du sel est négligeable, puis elle dicte la conclusion complétée par les élèves à l'aide d'indices relevant d'effet Topaze « le sel s'est dissous et on obtient un mélange homogène ».

Analyse didactique

La mésogenèse évolue et s'enrichit par un nouvel élément relatif à la conservation du volume lors de la dissolution qui est admis sans aucune expérience scolaire des élèves et manque toutefois de précision lorsque l'enseignante déclare que le volume du solvant est le même que le volume de la solution (cf. f (1.6.3), Tableau 15).

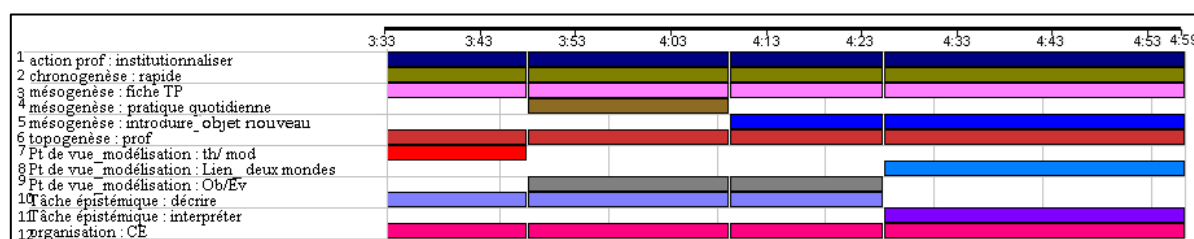
La communication est menée d'une façon autoritative avec un discours omniprésent de l'enseignante lui permettant de réintroduire des éléments retenus lors des discussions précédentes (« le sel se dissout », « on a un mélange homogène »). L'apport des élèves dans le milieu est très réduit d'autant que bon nombre de ces apports sont directement soufflés par l'enseignante, en témoignent les parties grisées dans l'Extrait 7.

L'enseignante occupe, tout au long de l'épisode, une position topogénétique haute (ligne 6, Graphique 7). En effet, c'est elle l'auteure des propos dans lesquels nous avons codé la majorité des facettes (cinq contre une pour les élèves et une partagée). C'est elle aussi, qui, contraint les élèves à admettre des savoirs sans que le travail lors de l'activité expérimentale ou la discussion dans la classe ne les favorisent. C'est le cas des savoirs relatifs à la notion du « volume de solution » (f (1.6.1), f (1.6.2), f (1.6.3), Tableau 15 ci-dessus) où aucun repérage du volume n'a été effectué avant et après la dissolution du sel lors de l'activité expérimentale. Toujours, avec une posture surplombante, elle décide des éléments du savoir qui doivent être institutionnalisés (la dissolution liée à l'homogénéité du mélange et sur le schéma la conservation du volume de la solution), en en négligeant d'autres qui ont fait l'objet d'une précédente discussion (le savoir lié à la divisibilité du sel).

La chronogénèse est rapide (ligne 2, Graphique 7 ci-dessous) et orientée par l'enseignante vers l'institutionnalisation. Celle-ci révèle implicitement que l'enjeu porte à la fois sur la conservation du niveau du liquide lors de la dissolution d'un soluté solide et sur l'interprétation en termes de dissolution de l'homogénéité d'un mélange (tdp 68, tdp 78, tdp 82, Extrait 7).

Des analyses précédentes, nous inférons une discontinuité entre l'expérience quotidienne des élèves et le point de vue imposé en surplomb par l'enseignante à propos de la conservation du volume de la solution lors de la dissolution, sans expérience scolaire du phénomène pour les élèves.

Par ailleurs, l'imprécision qui a accompagné l'introduction de la notion du « volume de solution » pourrait constituer une discontinuité latente qui pourrait, plus tard, affecter l'avancée du savoir lorsqu'il s'agira de calculer la concentration en soluté (grandeur qui se rapporte au volume de solution et qui sera l'enjeu des prochains jeux de la séance en cours).



Graphique 7 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu élémentaire J01.E6.

Les analyses des jeux élémentaires étant effectuées nous les prenons maintenant en compte pour présenter l'analyse de l'ensemble du jeu didactique S1.J01.

2.1.3. Analyse du jeu S1.J01

2.1.3.1. Narration didactique du jeu S1.J01

Les élèves divisés en deux groupes G1 et G2 réalisent le mélange (eau + sel) en suivant les consignes orales de l'enseignante. Celle-ci demande alors aux élèves de G2, ce qu'ils observent, et faute de réponse, ce qu'il s'est passé puis ce qu'ils ont obtenu. La réponse des élèves de « ne voir que de l'eau » amène l'enseignante à suggérer alors l'idée de goûter la solution. L'appel à cette expérience quotidienne permet aux élèves de répondre en arabe courant puis scientifique que le sel s'est dissous³⁹. Par une série de questions fermées la plupart associées à une forte suggestion de réponse, l'enseignante conduit les élèves à déclarer ensuite que le sel n'a pas disparu puisque la solution doit être salée, amenant l'idée qu'il s'est divisé jusqu'à devenir invisible, formant avec l'eau un mélange qui selon les élèves est homogène. L'enseignante demande ensuite aux élèves de G1 ce qu'ils ont obtenu, un

³⁹, « Se dissoudre » en arabe courant correspond, par exemple, au sel qui disparaît dans l'eau. Il correspond, en langage scientifique arabe, à la dissociation du soluté en petits éléments (Dictionnaire de la langue arabe moderne). Notons que l'arabe est la langue d'enseignement des sciences au collège. Au lycée, l'enseignement scientifique est dispensé en français.

élève répondant en arabe courant que le sel s'est dissous. Pour obtenir une formulation en français, elle demande à plusieurs reprises ce qu'il s'est passé. Les réponses sont diverses jusqu'à ce qu'elle formule elle-même en français ce qu'elle attend, « le sel s'est dissous ». Elle demande alors à tous les élèves de la classe de remplir la fiche de TP. Elle les conduit d'abord à admettre que le niveau de l'eau est identique dans le tube à essais avant et après la dissolution en affirmant que le volume du sel est négligeable, puis elle dicte les éléments de conclusion complétés par les élèves à l'aide d'indices relevant d'effet Topaze « le sel s'est dissous et on obtient un mélange homogène ».

2.1.3.2. Caractérisation du jeu S1.J01

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse des différents jeux élémentaires- cf. Paragraphe 2.1.2, p. 82) pour caractériser le jeu S1.J01 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 16: Les facettes repérées au cours du jeu S1.J01 (E = élève, P = Professeur, E/P = élève et professeur, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents)

	Facette	Groupe notionnel	Type ⁴⁰ de facette	
1	f (1.0.1) : Quand on met du sel dans l'eau, on observe uniquement de l'eau.	Disparition du soluté	E	Description Monde Obj/Ev
2	f (8.1) : Pour s'assurer que l'eau est salée on goûte la préparation.	Savoir lié à la vie quotidienne	E/P	Description Monde Obj/Ev
3	f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau.	Dissolution	E	Interpréter Lien entre les deux Mondes
4	f (2.1) : Lors de la dissolution, le sel se divise dans l'eau jusqu'à devenir invisible.	Lien entre dissolution et structure particulière de la matière	P	Interprétation Lien entre les deux Mondes
5	f (1.0.3) : Le sel ne disparaît pas dans l'eau mais il devient invisible.	Disparition du soluté	P	Interprétation Lien entre les deux Mondes
6	f (3.1.1) : Le sel et l'eau forment un mélange homogène.	Lien entre mélange et dissolution	P	Description Monde Obj/Ev
7	f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau.	Dissolution	E	Interprétation Lien entre les deux mondes
8	f (1.0.4) : Lorsqu'on met du sel dans l'eau rien ne se passe « visuellement ».	Disparition du soluté	E	Description Monde Obj/Ev
9	f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau.	Dissolution	P	Interprétation

⁴⁰ Le type de la facette est construit en tenant compte de son acteur principal, de la tâche épistémique qu'elle mobilise et du point de vue de la modélisation mis en jeu.

				Lien entre les deux Mondes
10	f (9.1) : Le sel est un cristal.	Autre	P	Description Monde thé/mod
11	f (1.6.1) : Le volume du solvant est le même que le volume de la solution.	Volume de solution	P	Définition Monde thé/mod
12	f (1.6.2) : Si à un volume d'eau on ajoute un solide normalement le volume augmente.	Volume de solution	P	Description Monde Obj/Ev
13	f (1.6.3) : Le volume de l'eau reste à peu près le même lorsqu'on lui ajoute du sel.	Volume de solution	P	Description Monde Obj/Ev
14	f (3.2.2) : Lorsqu'on met du sel dans l'eau on voit un mélange.	Lien entre mélange et dissolution	E	Description Monde Obj/Ev
15	f (1.1.2) : Le sel se dissout dans l'eau.	Dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux Mondes
16	f (3.1.1) : Le sel et l'eau forment un mélange homogène.	Lien entre mélange et dissolution	E/P	Description Monde Obj/Ev

Analyse didactique du jeu

Ce jeu n'est pas réellement défini par l'enseignante et les élèves n'ont de vision sur ses enjeux que lors de l'institutionnalisation. La dimension durable du contrat supporte leur activité : il s'agit de réaliser une expérience et d'en tirer quelque chose.

L'enseignante occupe tout au long de son déroulement une position topogénétique haute (cf. ligne 1, Graphique 9 ci-dessous). En effet, c'est elle qui impose les consignes à suivre pour constituer la dimension matérielle du milieu⁴¹ (dissolution du sel dans l'eau), elle qui contraint les élèves à admettre une conclusion dont ils n'ont aucune preuve expérimentale (conservation du volume lors de la dissolution du sel) et qui finalement impose ce qui est rédigé sur la fiche de TP sans prendre en compte des éléments abordés (« divisibilité », non disparition du soluté) qui auraient pu y figurer. Dans ces deux cas, elle adopte une posture surplombante. Sur d'autres plans, c'est encore elle qui suggère fréquemment la réponse aux questions qu'elle pose (« divisibilité » du sel) ou qui la donne lorsque les questions sont très ouvertes et que les élèves ne décodent pas ses attentes (formulation en français de « le sel se dissout »).

C'est encore elle qui est très majoritairement l'auteure de propos dans lesquels nous avons reconnu des facettes (neuf contre cinq pour les élèves, Tableau 16 ci-dessus), qu'il s'agisse

⁴¹ La topogénèse concerne la répartition des responsabilités dans l'avancée du savoir, or ici on n'a pas de savoir. Par contre nous pouvons dire que l'enseignante exerce la totale responsabilité de l'évolution du milieu matériel qui est primordiale pour établir les savoirs en jeu et à ce titre nous continuons (par extension) à parler de la topogénèse enseignante lorsqu'il s'agit de construire la composante matérielle du milieu.

de décrire les objets et évènements ou de les interpréter, la plupart pertinentes et en langage scientifique.

Si la communication est interactive lorsqu'il s'agit d'interpréter l'expérience (ligne 2, Graphique 9), elle est non interactive dans les autres phases et les élèves sont la plupart du temps en position d'exécuter, de manière très dirigée, les consignes de l'expérience et le remplissage de la fiche ou de prolonger le début de réponse fournies par l'enseignante. Rarement, ils sont en position d'acteur (description en général en langage courant de l'expérience réalisée, interprétation minimale sous la forme « le sel s'est dissous »). Par ailleurs la communication reste autoritative tout au long du jeu (ligne 4, Graphique 9).

Quant à la mésogénèse, celle-ci comprend deux parties. Dans la première et la plus courte, les élèves introduisent dans le milieu les éléments matériels sous la conduite attentive de l'enseignante. Dans la seconde partie, des échanges ont lieu à propos de l'expérience réalisée. L'analyse correspondante des facettes montre que le milieu évolue avec régularité dans le temps comme le montre la Figure 14 ci-dessous.

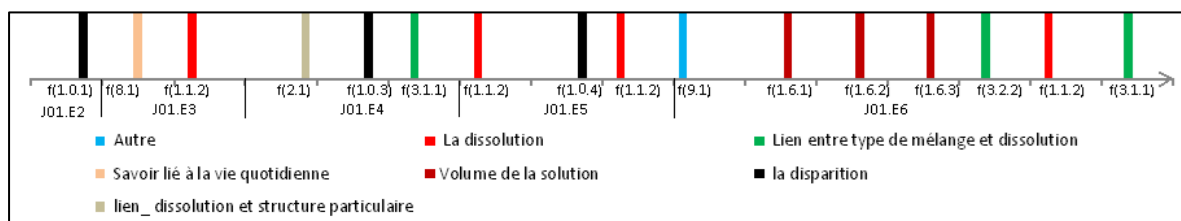


Figure 14 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J01

L'examen du Tableau 16 ci-dessus, montre que la majorité des facettes (huit facettes sur seize) sont des descriptions du monde des objets et des évènements relatifs au mélange (eau + sel) obtenu (cf. lignes 1, 2, 6, 8, 12, 13, 14 et 16 du Tableau 16 ci-dessus). D'autres facettes concernent l'interprétation des éléments expérimentaux soit en termes de « disparition du sel » (cf. lignes 1, 5 et 8 du Tableau 16) en lien souvent avec des connaissances naïves des élèves sur la dissolution, soit en termes de « divisibilité du sel dans l'eau » (ligne 4, Tableau 16) en lien avec une théorie particulière de la matière, soit aussi en termes de « dissolution du sel dans l'eau » (cf. lignes 3, 6 et 14, Tableau 16) à travers la notion de « mélange ».

Si le milieu évolue avec régularité dans le temps, ce n'est pas le cas sur le plan thématique (cf. Figure 14). En effet, les facettes liées à la dissolution sont dispersées dans le temps, témoignant de retours réguliers⁴² sur cette notion, tout comme celles relatives aux liens entre mélange et dissolution. Les facettes liées à la disparition du sel apparaissent dans la première moitié du jeu, cette question semblant réglée ensuite. Seules les facettes liées à la conservation du volume lors de la dissolution sont regroupées. Elles sont situées au moment du dernier jeu élémentaire dédié à l'institutionnalisation mais paradoxalement n'apparaissent pas dans les échanges qui précèdent.

⁴² En fait, ces retours sont aussi liés au fait que l'enseignante travaille successivement avec les deux groupes.

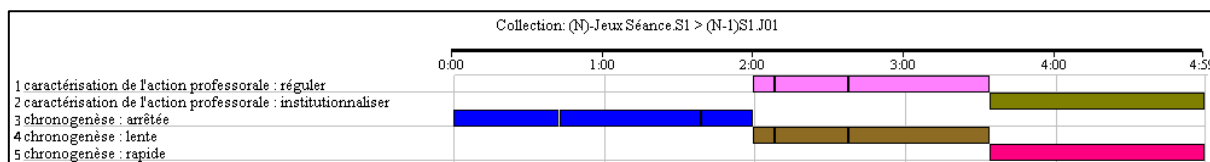
De manière générale, l'enseignante opère de différentes façons pour gérer l'évolution du milieu en mobilisant :

- Des injonctions du début qui servent à constituer la composante matérielle du milieu (le mélange à observer).
- Un jeu de questions (des questions ouvertes non aidantes (« que s'est-il passé ? », « qu'a-t-on obtenu ? »), et des questions plus fermées dont les réponses sont immédiates ou soufflées partiellement par l'enseignante (« nous avons mis / mis l'eau / et on a ajouté / le sel » ou encore « le sel est devenu comment ? / [silence] / invi / invisible »)). Ce jeu de question / réponse relève du cours dialogué, dans lequel les gestes de désignation d'objets matériels ou conceptuels relèvent souvent de l'ostension verbale.
- La désignation d'un trait pertinent du milieu (comme exemple : « la solution est salée » qui clôt le débat sur la disparition du sel).

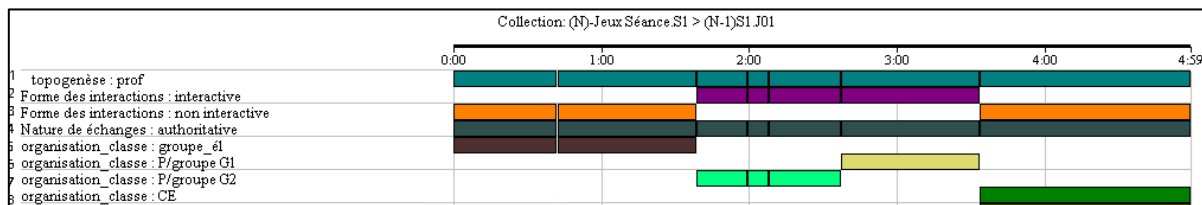
La chronogenèse est rapide au moment de l'institutionnalisation (lignes 5 et 2, Graphique 8) qui révèle implicitement que l'enjeu du jeu porte à la fois sur la conservation du niveau du liquide lors de la dissolution d'un soluté solide et sur l'interprétation en termes de dissolution de l'homogénéité d'un mélange. Comme nous l'avons vu, le premier enjeu est intégralement traité lors de l'institutionnalisation dans une posture surplombante par l'enseignante. Pour ce qui est du mélange homogène, la Figure 14 ci-dessus montre que la facette correspondante apparaît deux fois dans l'institutionnalisation. Par ailleurs, la « divisibilité du sel » et sa conservation (cf. lignes 4 et 5, Tableau 16) lors de la dissolution ne sont pas retenues dans la phase d'institutionnalisation.

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes et montrent aussi que la chronogenèse est arrêtée au début du jeu tant que l'organisation de la classe est en groupes (ligne 5). Pendant ce temps (qui est assez long par rapport aux durées des autres phases du jeu), les élèves réalisent la tâche sous la totale responsabilité de l'enseignante⁴³. Une chronogenèse lente, associée à un format d'échange interactif, accompagne une phase comportant des régulations menées par l'enseignante auprès des groupes (lignes 6 et 7) lorsqu'il s'agit d'interpréter l'expérience. La chronogenèse devient rapide vers la fin du jeu lorsque l'enseignante institutionnalise en classe entière le savoir retenu (lignes 2 et 5).

⁴³ La topogenèse concerne la répartition des responsabilités dans l'avancée du savoir, or ici pas de savoir. Par contre nous pouvons dire que l'enseignante exerce la totale responsabilité de l'évolution du milieu (matériel) qui est primordiale pour établir les savoirs en jeu et à ce titre nous continuons (par extension) à parler de la topogenèse enseignante.



Graphique 8 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1.J01 associée au type d'action professorale



Graphique 9 : Évolution de la topogénèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1.J01.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes nous pouvons inférer des continuités et des discontinuités qui accompagnent l'avancement du savoir. Ces continuités et discontinuités sont représentés dans la Figure 15 ci-dessous :

- Continuité, C1, lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles, entre une description dans le monde des observables (l'eau est salée : f (8.1)) et une interprétation dans le monde des théories et modèles (le sel se dissout dans l'eau : f (1.1.2)) assurée par un lien fondé sur l'expérience quotidienne des élèves (on goûte une solution pour s'assurer qu'elle est salée) permettant d'affirmer que le sel n'a pas disparu.
- Continuité C2, lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles, entre une description dans le monde des observables (Mélange homogène : f (3.1.1)) et une interprétation dans le monde des théories et modèles (Le sel se dissout : f (1.1.2)) assurée par un lien d'interprétation macroscopique (type de mélange – dissolution)
- Continuité C3 dans les langages utilisés entre langage de l'élève (langage courant ou scientifique en arabe) et langage de l'institution (relatif à l'enseignement de la chimie au lycée dispensé en français) par formulation en langage scientifique scolaire.
- Discontinuité D1, lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles, entre une description macroscopique (soluté invisible : f (1.0.1)) et une interprétation microscopique (soluté divisible : f (2.1)). En effet, les élèves manquent d'éléments théoriques (molécules d'eau, ions, liaisons chimiques, ...) pour donner du sens à la divisibilité du soluté et pour se représenter en conséquence la solution d'eau salée au niveau microscopique.
- Discontinuité D2 lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles entre l'expérience quotidienne des élèves (le niveau du liquide augmente si on lui ajoute un solide) et le point de vue imposé en surplomb par

l'enseignante (la conservation du volume de la solution lors de la dissolution f (1.6.1)), due à une description imposée (sans expérience scolaire du phénomène pour les élèves lors de l'activité expérimentale) de la relation entre les concepts (volume du solvant = volume de la solution) dans le monde des théories et modèles. De cette façon, les élèves pourraient ne pas comprendre l'enjeu derrière la proposition de cette activité expérimentale (la préparation de l'eau salée) et se demander sur son objectif surtout que l'enseignante fait appel à des expériences quotidiennes extra scolaires.

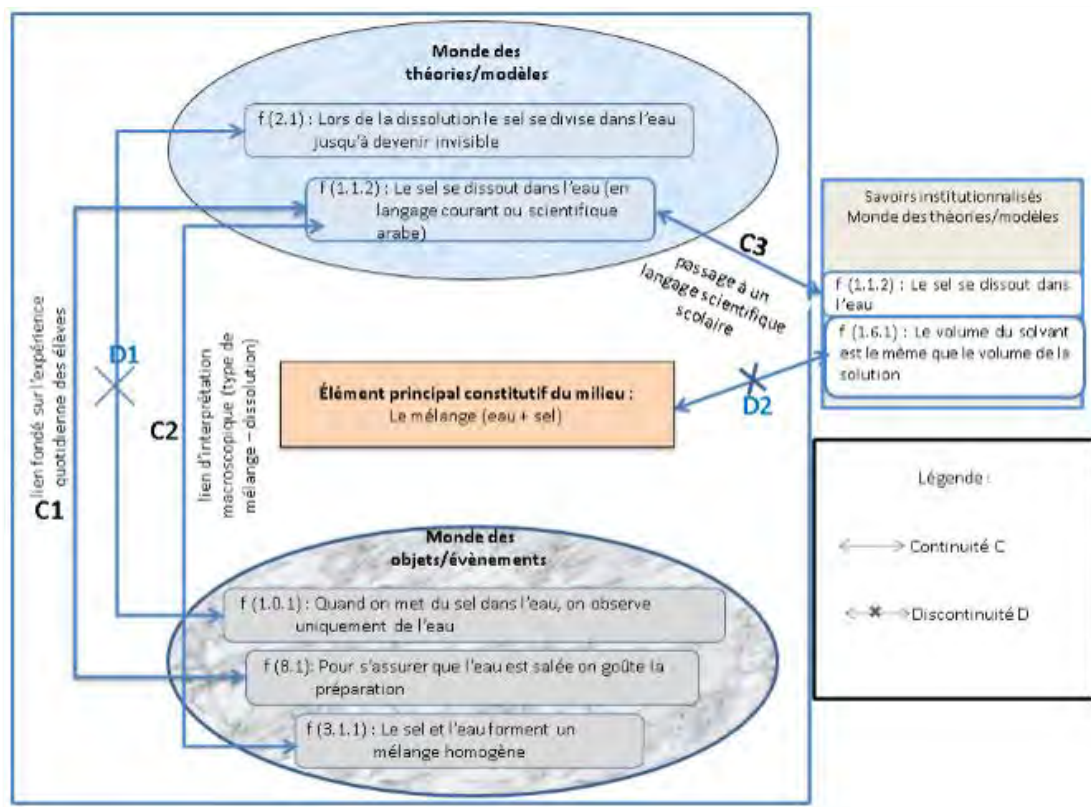


Figure 15 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J01 (le grand carré bleu représente la phase de discussion lors du jeu qui est généralement menée autour du milieu initial).

Comme nous l'avons annoncé, nous rapportons maintenant directement les analyses des jeux didactiques. Les analyses des différents jeux élémentaires qui ont servi à les construire sont présentées dans l'Annexe 3, et plus spécifiquement pour les jeux élémentaires du jeu S1.J02 de la page 324 à la page 328.

2.2. S1.J02 : Constater, en groupe, et à partir d'une expérience guidée, que le sable ne se dissout pas dans l'eau et forme avec celle-ci un mélange hétérogène

2.2.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J02 a mis en évidence trois jeux élémentaires (J.E). Le Tableau 17 rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes :

Tableau 17 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J02

Jeu élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J02.E1 Prendre connaissance de l'expérience (mélanger l'eau et le sable) et la réaliser en suivant les consignes orales de l'enseignante.	tdp 86–tdp 103 (Par groupe)	(74)
J02.E2 Constater l'existence de deux phases et interpréter le produit obtenu en termes de non dissolution du sable dans l'eau.	tdp 104–tdp 126 (P/groupe)	(39)
J02.E3 Schématiser et écrire, sous la dictée de l'enseignante, ce qui a été constaté : « Le sable ne s'est pas dissous dans l'eau, on a un mélange hétérogène ».	tdp 126. bis–tdp 142 (Classe entière)	(55)

2.2.2. Analyse du jeu S1.J02

2.2.2.1. Narration didactique du jeu S1.J02

L'enseignante annonce qu'il s'agit de réaliser la deuxième expérience et rappelle la règle du travail dans le groupe (un élève différent de celui qui a réalisé la première expérience doit s'occuper de préparer le mélange). Les élèves, divisés en deux groupes G1 et G2, réalisent le mélange (eau + sable) en exécutant les consignes orales de l'enseignante (celles-ci sont relatives, surtout, à la manière d'utiliser les substances : « vous auriez dû commencer par mettre un peu de sable ça serait mieux, vous mettez un peu de sable avant / par la suite vous agitez »). Celle-ci demande aux élèves ce qu'ils constatent une fois le mélange est reposé. Un élève répond qu'il y a « deux phases ». L'enseignante s'appuie sur cette réponse et, à l'aide des questions fermées, amène les élèves à faire le lien entre la non dissolution du sable et l'hétérogénéité du mélange obtenu. L'enseignante demande alors aux élèves de remplir la fiche de TP en dessinant la phase solide en bas et liquide en haut, puis elle dicte la conclusion : « le sable ne s'est pas dissous dans l'eau, on a un mélange hétérogène ».

2.2.2.2. Caractérisation du jeu S1.J02

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse des différents jeux élémentaires - cf. Annexe 3, pp. 324-328) pour caractériser le jeu S1.J02 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 18 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J02 (E = élève, P = Professeur, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents)

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (4.1) : Si on mélange le sable et l'eau il se forme deux parties, deux phases.	Notion de phase	E	Description Monde Obj/Ev
2	f (4.2) : S'il y a deux phases c'est que le sable ne s'est pas dissous	Notion de phase	P	Interprétation Lien entre les deux Mondes

3	f (3.1.2) : Le mélange eau-sable n'est pas homogène		Type du mélange	P	Description Monde Obj/Ev
4	f (4.3) : Lorsqu'il y a deux phases, le mélange est hétérogène		Notion de phase	E	Description Monde Obj/Ev
5	f (4.4) : le mélange (eau + sable) présente deux phases, la phase solide est en bas et la phase liquide est en haut		Notion de phase	p	Description Monde Obj/Ev
6	f (4.2) : S'il y a deux phases c'est que le sable ne s'est pas dissous		Notion de phase	p	Interpréter Lien entre les deux Mondes
7	f (3.2.4) : Lorsque le sable ne se dissout pas dans l'eau le mélange obtenu est hétérogène		Lien entre type de mélange et dissolution	P	Interpréter Lien entre les deux Mondes

Analyse didactique

Ce jeu est court (2 min 52 s). Il démarre sans qu'il ne soit réellement défini par l'enseignante⁴⁴ mais sa nature est connue par les élèves. La dimension implicite et durable du contrat supporte leur activité : il s'agit de réaliser l'expérience (mélange d'eau et du sable) puis en induire une conclusion sous la conduite de l'enseignante.

La mésogenèse évolue car le milieu s'enrichit par des éléments matériels (le mélange d'eau et du sable), descriptifs (la description du mélange obtenu en termes de « deux phases » et en termes d'hétérogénéité) et d'un élément interprétatif (l'interprétation en termes de non dissolution du sable dans l'eau), tous pertinents dans l'avancée du savoir. La désignation, par les élèves, d'un trait pertinent du milieu (il y a deux phases) est reprise par l'enseignante pour donner d'abord, une interprétation en termes de non dissolution du sable dans l'eau et donner ensuite une caractérisation du mélange (mélange hétérogène).

La communication est interactive, basée sur un jeu de questions fermées (parties grisées de l'Extrait 8 ci-dessous) lorsqu'il s'agit d'interpréter l'expérience (ligne 4, Graphique 11), et elle est non interactive lorsqu'il s'agit de la réaliser (ligne 5, Graphique 11). Par ailleurs la communication reste autoritative tout au long du jeu (ligne 3, Graphique 11).

111.E : (élève de G1) il y-a deux phases
112.P : d'↑ accord, c'est-à-dire, est-ce que le sable s'est dissous ?
113.Es : non
114.P : non, et on constate que le sable ne s'est pas dissous et on constate qu'on a deux
115.Es : phases
116.P : phases / est-ce que le mélange est un mélange homogène ?
117.E : non
118.P : non, c'est pas un mélange
119.Es : homogène
120.P : homogène, d'accord (0:06:46.3)

⁴⁴ La nature du jeu est connue des élèves (dimension implicite et durable du contrat) : faire une expérience et en induire une conclusion sous la conduite de l'enseignante. Cette nature du jeu (inférer le savoir de l'expérience réalisée) empêche finalement de le définir plus précisément.

Extrait 8 (J02.E2) : Jeu de questions fermées / réponses rapides guidant les élèves vers les éléments de savoir visés.

L'analyse en facettes montre que la notion de phase est centrale dans l'évolution de la mésogenèse. Elle est l'objet de cinq facettes sur sept réparties entre l'étape de discussion (J02.E2) et l'étape d'institutionnalisation du jeu (J02.E3) (Figure 16 ci-dessous). Elle a permis aux élèves de décrire, dans le monde des observables, l'aspect macroscopique du mélange ((f (4.1), f (4.3), lignes 1 et 4, Tableau 18 ci-dessus) et à l'enseignante d'interpréter l'hétérogénéité en termes de non dissolution (f (2.4), f (3.2.4), lignes 2, 6 et 7 Tableau 18 ci-dessus).

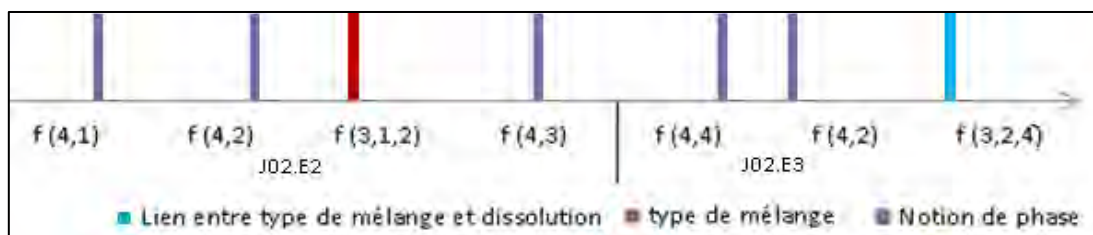


Figure 16 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J02

La topogenèse est partagée pendant la phase d'interprétation de l'expérience. En effet, l'enseignante s'appuie sur l'observation pertinente avancée par l'élève (présence de deux phases dans le mélange obtenu (tdp 111, Extrait 8) pour introduire d'abord, l'idée de la non dissolution du sable (tdp 112) et ensuite l'idée d'un mélange non homogène (tdp 116).

Hormis cette étape de discussion autour de l'expérience, le reste du jeu est caractérisé par une position topogénétique haute de l'enseignante lorsqu'elle conduit les élèves à établir la partie matérielle du milieu qu'ils vont ensuite observer (parties grisées de l'Extrait 9 ci-dessous) et aussi lorsqu'elle institutionnalise le savoir à retenir (ligne 1, Graphique 11, lignes 2 et 3, Graphique 10). En témoignent aussi les facettes ainsi repérées qui sont toutes des productions de l'enseignante (cf. lignes 5, 6 et 7, Tableau 18 ci-dessus).

92.P : (0:05:30.1) vous avez mis (elle s'adresse à un élève de G1) vous aurez dû commencer par mettre un peu de sable ça serait mieux, vous mettez un peu de sable avant / par la suite vous agitez

93.E : (élève de G2) [donnez-nous] le sable madame

94.P : un instant monsieur

95.E : un peu ?

96.P : oui

97.E : (l'élève recommence en mettant du sable en premier lieu)

98.P : vous ajoutez de l'eau, d'accord ?

99.P : (P se dirige vers le deuxième groupe G2, leur donne le sable) Quelqu'un d'autre comme d'habitude, quelqu'un qui n'a pas travaillé toute à l'heure

100.E1 : (l'élève continue à ajouter de l'eau à l'aide de la pissette puis commence à agiter)

101.P : essayez d'agiter (P s'adresse à toute la classe), par la suite vous allez laisser se reposer, d'accord.

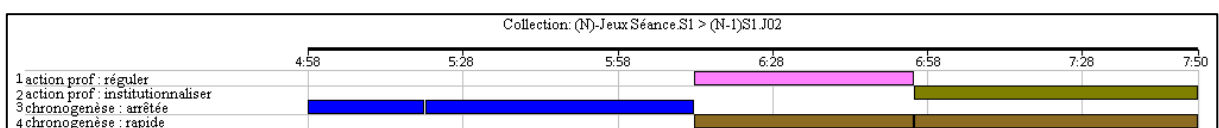
102.Es : (les deux élèves agitent fortement)

103.P : ça va, ça va, laissez se reposer, regardons ce que nous avons, bon, alors, qu'est-ce que vous constatez ici (P s'adresse à G1) ? (0:06:13.3).

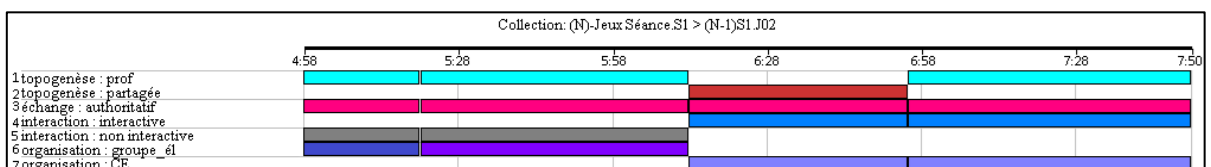
Extrait 9 (J02.E1) : L'enseignante impose les consignes à suivre pour constituer la dimension matérielle du milieu

Sur le plan chronogénétique, après une phase arrêtée associée à la construction de la composante matérielle du milieu (ligne 3, Graphique 10), la chronogénèse avance, orientée par l'enseignante, vers l'institutionnalisation (ligne 4, Graphique 10). En effet, la reprise de la description du mélange en termes de phases, avancée par les élèves, a permis à l'enseignante d'institutionnaliser le jeu en liant la non dissolution du sable à l'hétérogénéité du mélange obtenu. De cette façon, la chronogénèse gagne plus en interprétation qu'en description en témoigne l'analyse correspondante en facettes. Le Tableau 18 ci-dessus montre que les facettes repérées débutent par un aspect descriptif dans le monde des objets/événements (f (4.1), ligne 1) pour finir sur un aspect interprétatif mettant en relation les deux mondes (f (3.2.4), ligne 7). Par ailleurs, ce moment d'institutionnalisation a permis aux élèves de se rendre compte de l'enjeu réel du jeu surtout qu'ils ont réalisé la même expérience (le mélange (eau + sable)) il y a déjà deux mois à l'occasion de l'étude des mélanges⁴⁵ (cf. étude institutionnelle, p. 11) d'où ils tirent probablement la notion de « phase ».

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Ils montrent aussi qu'hormis un début du jeu arrêté sur un temps assez long par rapport aux autres phases du jeu (ligne 3, Graphique 10), consacré à un travail par groupe (ligne 6, Graphique 11) dédié à la construction de la composante matérielle de la mésogénèse (ligne 6, Graphique 11) sous une totale responsabilité de l'enseignante, le reste du jeu est rapidement joué en classe entière (ligne 4, Graphique 10 et ligne 7, Graphique 11) et d'une façon interactive (ligne 4, Graphique 11) dans laquelle l'intervention des élèves (ligne 2, Graphique 11) favorise le projet d'institutionnalisation (ligne 2, Graphique 10) de l'enseignante.



Graphique 10 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1.J02.



Graphique 11 : Évolution de la topogénèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1.J02.

⁴⁵ Mélange homogène, mélange hétérogène et notion de phase

2.3. S1.J03 : Constater à partir d'une expérience dirigée en groupe et de questions ouvertes que l'iode se dissout dans l'alcool en formant un mélange homogène

2.3.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J03 a mis en évidence trois jeux élémentaires (J.E). Le Tableau 19 ci-dessous rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes :

Tableau 19 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J03.

Jeu élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J03.E1 Prendre connaissance, en classe entière, de l'expérience (mélanger l'alcool et le diiode) et la réaliser en suivant les consignes orales de l'enseignante.	tdp 143-tdp 163 (Par groupe)	(136)
J03.E2 Décrire et interpréter le changement de couleur de l'alcool en termes de dissolution du diiode.	tdp 164-tdp 201 (Classe entière)	(116)
J03.E3 Écrire, sous la dictée de l'enseignante, ce qui a été retenu : « l'iode se dissout dans l'alcool et on a obtenu un mélange homogène ».	tdp 201.bis-tdp 218 (Classe entière)	(72)

2.3.2. Analyse du jeu S1.J03

2.3.2.1. Narration didactique du jeu S1.J03

L'enseignante circule entre les deux groupes et distribue les substances (l'alcool et le diiode) que les élèves vont avoir besoin pour réaliser l'expérience (mélange d'alcool et de diiode). Elle s'occupe elle-même de mettre le diiode dans le tube à essai de chaque groupe quand un élève tente d'y rajouter de l'eau. Elle l'interpelle et rappelle qu'il s'agit cette fois-ci d'ajouter l'alcool.

Après avoir préparé le mélange (alcool + diiode) en suivant les consignes orales de l'enseignante (« l'alcool, on a dit l'alcool pas l'eau », « un peu [d'alcool], juste un peu » « s'il vous plait, un seul doit travailler », « essayez d'agiter sans toucher, sans mettre le pouce »), les élèves doivent dire « ce qui s'est passé » en comparant la couleur de l'alcool avant et après l'introduction du diiode. Les élèves répondent (« [l'iode] donne la couleur », « change », « il [l'iode] détenait sa couleur », « [l'alcool] change de couleur »). L'enseignante continue à poser itérativement la même question (« que s'est-il passé ? ») et les élèves restent toujours dans l'univers des observables. Finalement, l'enseignante reformule sa question à la recherche d'une interprétation de ce changement de couleur : « s'il a changé de couleur, que s'est-il passé ? » à laquelle les élèves répondent : « il [le diiode] se dissout (en arabe) », « diviser », « disparaît ». L'enseignante retient l'idée de « divisibilité » et en

demande la signification (« c'est-à-dire s'est divisé ? »). Après qu'elle ait fait admettre à un élève que le diiode ne disparaît pas mais se divise, l'enseignante donne le terme « se dissoudre » comme « l'autre mot qu'on peut utiliser au lieu de dire se diviser ».

Tout en dictant le savoir retenu (« l'iode se dissout dans l'alcool »), l'enseignante demande aux élèves le nom et le type du mélange obtenu. Après avoir exclu d'une façon autoritaire la proposition de l'élève (le mélange est hétérogène), elle rajoute à la phrase qu'elle a commencé de dicter le type homogène du mélange obtenu (« on a obtenu un mélange homogène »).

2.3.2.2. Caractérisation du jeu S1.J03

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse des différents jeux élémentaires - cf. Annexe 3, pp. 330-337) pour caractériser le jeu S1.J03 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 20 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J03 (E = élève, P = Professeur, E/P = élève et professeur, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents)

	Facette		Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (9.2) : Le diiode est un cristal		Autre	p	Description Monde th/mod
2	f (9.3) : L'éthanol est un alcool		Autre	P	Description Monde th/mod
3	f (11.1) : Ne pas toucher l'alcool et le diiode		Sécurité	P	Description (consigne) Monde obj/ev
4	f (10.6) : Pour agiter une solution on fait des mouvements de rotation		Savoir-faire	P	Description (procédure) Monde des obj/ev
5	f (9.4) : L'alcool est transparent		Autre	E/P	Description Monde des obj/ev
6	f (1.2.1) : L'alcool est incolore mais il devient coloré en présence du diiode		Dissolution	E/P	Description Monde des obj/ev
7	f (1.2.2) : L'iode donne sa couleur à l'alcool		Dissolution	E	Interprétation Lien entre les deux Mondes
8	f (1.2.3) : Le mélange (alcool + diiode) est coloré		Dissolution	E/P	Description Monde des obj/ev
9	f (1.2.1) : L'alcool est incolore mais il devient coloré en présence de l'iode		Dissolution	E/P	Description Monde des obj/ev
10	f (1.2.4) : Si l'alcool change de couleur c'est que l'iode s'est dissous.		Dissolution	E	Interprétation Lien entre les deux Mondes

11	f (2.3) : Si l'alcool change de couleur c'est que l'iode s'est divisé		Lien entre dissolution et structure particulaire	E	Interprétation Lien entre les deux Mondes
12	f (1.0.6): L'iode disparaît dans l'alcool		La disparition du soluté	E	Interprétation Lien entre les deux Mondes
13	f (2.4) : L'iode ne disparaît pas dans l'alcool mais il se divise		Lien entre dissolution et structure particulaire	P	Interprétation Lien entre les deux Mondes
14	f (1.3.1) : Le mot « se diviser » est équivalent au mot « se dissoudre »		Lien entre dissolution et structure particulaire	P	Interprétation Monde des th/mod
15	f (1.2.5) : L'iode se dissout dans l'alcool		La dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux Mondes
16	f (3.1.3) : Le mélange (alcool + iode) n'est pas hétérogène.		Type de mélange	E	Description Monde des obj/ev
17	f (3.2.6) : Un mélange homogène est une solution		Lien entre type de mélange et dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
18	f (3.2.7) : L'iode se dissout dans l'alcool, le mélange formé est homogène		Lien entre type de mélange et dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux Mondes

Analyse didactique du jeu

Ce jeu n'est pas défini par l'enseignante. La dimension durable du contrat supporte l'activité des élèves qui doivent réaliser d'abord l'expérience (mélange d'alcool et de diiode) puis en tirer une conclusion sous la direction de l'enseignante. Les élèves n'ont de vision sur l'enjeu du savoir relatif à l'expérience proposée que lors de l'institutionnalisation. En effet, ils ne semblent pas réaliser immédiatement qu'il s'agit toujours des mélanges et des dissolutions dans la mesure où les produits utilisés (alcool et diiode) sont très différents de ceux utilisés précédemment (l'eau, le sel et le sable). Leur engagement dans le repérage des aspects visuels de la situation confirme notre hypothèse (tdp 166, 168, 172 et 176, Extrait 10 ci-dessous).

La mésogénèse s'enrichit d'abord, par la composante matérielle du milieu (le mélange alcool + diiode) construite par les élèves sous la conduite attentive de l'enseignante qui introduit dans le milieu des objets matériels nouveaux (alcool, diiode), un vocabulaire inconnu (éthanol, cristal – cf. les deux premières facettes du Tableau 20 ci-dessus) et des éléments techniques sur la procédure à suivre (cf. les facettes des lignes 3 et 4, du Tableau 20), dont certains ont une portée plus large (ne pas mettre son pouce par exemple pour agiter). Ensuite, des échanges ont lieu à propos de l'expérience réalisée au cours desquels sont introduits d'abord des objets descriptifs puis des objets interprétatifs. Les objets descriptifs concernent essentiellement le changement de couleur de l'alcool (Extrait 10 ci-dessous) :

165.P : (0:10:06.8)(P montre le tube du groupe G2 à toute la classe) qu'est-ce qu'on a obtenu là ? Qu'est-ce que vous remarquez ? de point de vue couleur au début, regardez, qu'elle était la couleur de l'alcool au début ?

166.E/G2 : transparent

167.P : inco

168.E/G2 : incolore

169.P : on peut dire c'est incolore, d'accord, il est incolore

170.Es : oui

171.P : et une fois on le met en présence de l'iode il est devenu comment ?

172.E/G2 : rouge-noire

173.P : voilà donc il est devenu coloré, d'accord

174.Es : oui

175.P : il possède une coloration rousse, je peux dire rousse là, c'est foncée, d'accord

176.E/G2 : (l'élève remue sa tête en signe de d'accord) katima (foncée) (0:10:30.8).

Extrait 10 (J03.E2) : Les élèves et l'enseignante s'engagent dans la description de l'aspect observable du mélange obtenu

Les objets interprétatifs concernent surtout la compréhension de ce changement de couleur (tdp 177, Extrait 11 ci-dessous). Au début des échanges, les propositions des élèves, quoi que pertinentes, restent dans l'univers descriptif et ne satisfont pas les attentes de l'enseignante (tdp 178, 180 et 184, Extrait 11) :

177.P : (0:10:30.8) bon, alors qu'est-ce que vous avez ? Qu'est-ce que vous remarquez ? qu'est-ce qui peut me dire ce que vous vous avez ? qu'est-ce que vous remarquez là en regardant cette cette préparation ? Alors, que s'est-il passé pour l'iode ? (

178.E/G1 : donne (le) couleur

179.P : donne la couleur (elle sourit)

180.E/G2 : change

181.P : c'est-à-dire que s'est-il passé pour l'iode ?

182.Es : (silence)

183.P : hein, (elle leur montre le tube), que s'est-il passé pour l'iode ?

184.E/G1 : seyib élcouleur mteaou (il détenait sa couleur)

185.P : et comment, et comment ? et comment ? qu'est-ce qu'il est en train d'euh /// (0:11:26.8)

Extrait 11 (J03.E2) : Les réponses des élèves quoi que pertinentes ne satisfont pas les attentes de l'enseignante. La situation n'évolue plus alors que l'enseignante continue à poser la même question (parties grisées).

La régulation opérée par l'enseignante consiste à préciser la règle d'action. Il s'agit de donner une interprétation au changement de couleur plutôt qu'une description. Sa question « s'il a changé de couleur que s'est-il passé pour l'iode ? » tdp 187.bis, Extrait 12 ci-dessous) porte plus sur la manière de comprendre le changement de couleur de l'alcool. De cette façon, la situation évolue et entraîne les élèves dans l'univers interprétatif. Ceux-ci interprètent les éléments expérimentaux de différentes façons (parties grisées de l'Extrait 12 ci-dessous). Seule l'idée de « divisibilité » du diiode dans l'alcool a été reprise par l'enseignante qui, tout de suite après, la reformule en donnant son équivalent sémantique (« se dissoudre », tdp 199, Extrait 12).

185.bis P : (0:11:26.8) bon, alors que s'est-il passé pour l'iode là ? (elle montre le tube aux élèves de toute la classe) qu'est-ce qui se passe pour l'iode ? Au début, l'alcool était incolore et par la suite on a ajouté l'iode, que s'est-il passé ? (0:11:46.8)

186.E/G1 : il a changé de couleur.

187.P : il a changé de couleur.

187.bis P : s'il a changé de couleur que s'est-il passé pour l'iode ? (0:11:51.3)

188.E/G2 : thèl [حلل⁴⁶ (il se dissout).

189.P : (P remue sa tête pour dire ok) très bien

190.E/G2 : diviser

191.P : c'est-à-dire il s'est divisé ? Il s'est diss

192.E/G1 : disparaît

193.P : disparu ! Est-ce qu'il a disparu ?

194.E/G2 : non, dissoudre

195.P : (en adressant la parole à E/G1) est-ce qu'il a disparu ?

196.E/G1 : non

197.P : non, il est toujours là, mais il s'est divi

198.Es : divisé.

199.P : divisé quel est l'autre mot qu'on peut utiliser au lieu de dire se diviser ? Il s'est diss

200.E/G1 : dissous

201.P : dissous, voilà donc, l'iode s'est, s'est s'est dissous, d'accord, (0:12:12.3).

Extrait 12 (J03.E2) : La question de l'enseignante sur la manière de comprendre le changement de couleur de l'alcool (tdp 187.bis) entraîne les élèves dans l'univers interprétatif (parties grisées).

L'examen du Tableau 20 ci-dessus montre que les facettes repérées au cours du jeu se répartissent essentiellement entre des facettes descriptives (huit facettes sur dix-huit) et des facettes interprétatives (huit facettes sur dix-huit). La majorité des facettes descriptives émergent au début de la phase de discussion des éléments empiriques (J03.E2) lorsque l'enseignante et les élèves décrivent le changement de couleur perçu (cf. lignes 5, 6, 8 et 9 du Tableau 12). La majorité des facettes interprétatives apparaissent vers la fin du jeu et articulent les deux mondes pour comprendre ce changement de couleur (cf. lignes 10, 11, 12, 13, 14, 15 et 18 du Tableau 12), dont les trois premières (lignes 10, 11 et 12) sont des facettes élèves dans lesquelles on détecte les éléments d'un contrat récemment installé dans la classe (l'idée de divisibilité (f (2.3)) et l'idée de dissolution (f (1.2.4))).

L'examen de la Figure 18 ci-dessous montre que la majorité des facettes repérées (dix facettes sur dix-huit) apparaissent au cours du 2^{ème} jeu élémentaire (J03.E2) dédié aux échanges autour des éléments expérimentaux (cf. Figure 18 ci-dessous). Il montre aussi, sur le plan thématique, une centration de ces facettes sur l'effet observable de « la dissolution » (f (1.2.1), f (1.2.2), f (1.2.3)) au début des échanges qui n'évolue qu'avec l'apparition, vers la fin de cette phase (J03.E2), des facettes interprétatives liées aux notions de « la dissolution » (f (1.2.4)) et du « lien entre dissolution et structure particulière » (f (2.3), f (2.4) et f (1.3.1)).

⁴⁶ Ce mot est utilisé dans la sphère scientifique relative à l'enseignement en arabe des sciences physiques au collège.

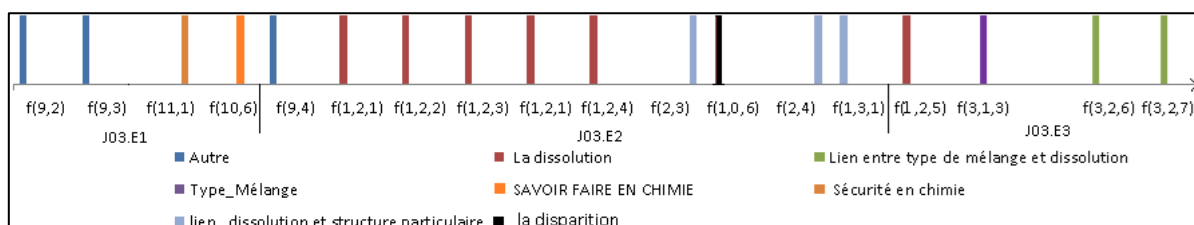


Figure 18 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J03

La figure 4 montre aussi que pendant le dernier jeu élémentaire (J03.E3), dédié à l'institutionnalisation, le milieu continue à évoluer, accompagné d'une évolution sur le plan thématique (cf. Figure 18) caractérisée par l'apparition des facettes f (3.1.3), f (3.2.6) et f (3.2.7) mettant en jeu des notions nouvelles (« type de mélange » et « lien entre le type du mélange et la dissolution »).

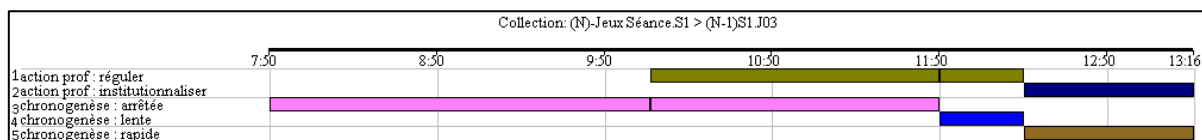
La communication passe par deux phases : elle est d'abord autoritative et non interactive lorsque les élèves sont dans le rôle d'exécuteurs des consignes orales de l'enseignante pour construire la composante matérielle du milieu. Elle prend ensuite, la forme interactive généralement autoritative pendant le reste du jeu (lignes 3, 4, 6, Graphique 13). Toutefois, un degré de dialogisme peut apparaître par moments (ligne 5, Graphique 13) au cours de l'échange lorsque les élèves expriment des points de vue naïfs concernant ce qui s'est passé pour le diode par exemple (tdp179, 184, Extrait 11). La communication est autoritative et la source de l'autorativité ici est le point de vue institutionnel qui exige une formulation en français du savoir. Ceci se manifeste lorsque l'enseignante ne retient pas la proposition en arabe de l'élève (tdp 188, Extrait 12) alors qu'elle a avancé la même idée mais reformulée en français (tdp 199, Extrait 12). L'enseignante occupe un volume important dans les interactions. Son discours est marqué par l'omniprésence de questions (cf. les parties grisées de l'Extrait 11 ci-dessus) qui sont généralement ouvertes, identiques et répétées. Elle reprend d'une façon neutre les réponses des élèves lorsque elles sont erronées (cf. tdp 179, 181 et 187, Extrait 12 ci-dessus) et les valide lorsqu'elle peut les exploiter dans son projet d'enseignement (cf. tdp 188-tdp 199, Extrait 12).

La topogénèse est sous la responsabilité de l'enseignante dans les phases de construction de la composante matérielle du milieu et dans la phase d'institutionnalisation du jeu (ligne 2, Graphique 13). Elle est partagée pendant la phase de discussion (ligne 1, Graphique 13) autour des éléments de l'expérience où les élèves apportent dans le milieu des objets descriptifs et interprétatifs (tdp 188 et tdp 190, Extrait 12), mais toujours sous la direction de l'enseignante qui oriente la discussion du monde des observables vers la mise en relation des deux mondes (tdp 187. bis, Extrait 12). La posture topogénétique surplombante de l'enseignante lui permet d'imposer les consignes organisant la dimension matérielle du milieu et d'imposer aussi les éléments rédigés sur la fiche de TP sans prendre en compte des éléments abordés lors de la discussion (« divisibilité », non disparition du soluté). Cette même posture lui permet aussi de prendre à sa charge les réponses à ses questions ouvertes, lorsque les élèves ne décodent pas ses attentes (formulation en français de « le diode se dissout » en donnant l'équivalent sémantique de « se diviser »). Les acteurs des facettes

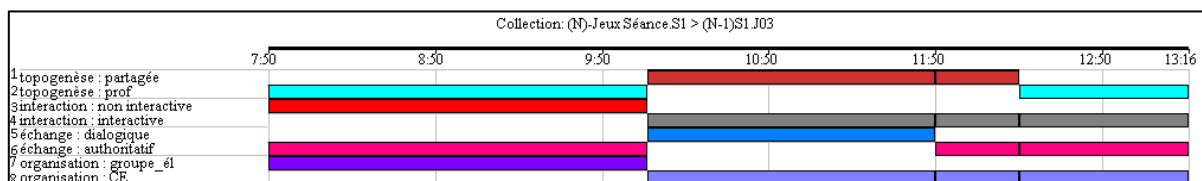
supportent aussi ces affirmations. En effet, si des facettes partagées ont été repérées au début de J03.E2 (cf. les auteurs des facettes de la ligne 5 à 9 du tableau), la majorité des facettes (neuf facettes sur dix-huit) sont des productions enseignantes (cf. lignes 1, 2, 3, 4, 13, 14, 15, 17 et 18 du tableau).

La chronogenèse est relative à la réalisation d'une solution non aqueuse : « l'iode se dissout dans l'alcool pour former un mélange homogène ». Elle est quasiment arrêtée durant la phase de construction de la composante matérielle du milieu et aussi dans la partie descriptive du jeu (ligne 3, Graphique 12). Ensuite, elle avance, d'abord sous une responsabilité partagée, dans l'univers interprétatif. En effet, la proposition de l'élève au tdp 190 (« diviser », Extrait 11), reposant sur un élément récemment abordé (lors de l'interprétation de la dissolution du sel), révèle un trait pertinent pour l'enseignante qui lui permet d'entamer sa procédure d'institutionnalisation (l'enseignante reprend l'idée de divisibilité avancée par l'élève et la reformule en remplaçant le terme « se diviser » par « se dissoudre », tdp 199, Extrait 12). Puis, elle avance uniquement sous la responsabilité de l'enseignante, quand elle institutionnalise le jeu en dictant le savoir à retenir. C'est à ce moment que les élèves se rendent compte que l'enjeu du jeu porte sur l'interprétation en termes de dissolution de l'homogénéité du mélange. Comme nous l'avons vu, cet enjeu est intégralement traité lors de l'institutionnalisation dans une posture surplombante par l'enseignante. La Figure 18 montre que les facettes liant le type du mélange à la dissolution- (cf. lignes 17 et 18 du Tableau 20 ci-dessus) sont regroupées et situées au moment du dernier jeu élémentaire dédié à l'institutionnalisation (J03.E3) sans qu'elles n'apparaissent dans les échanges qui précèdent. La facette correspondant à la notion du mélange homogène n'apparaît aussi que dans la phase d'institutionnalisation. Par ailleurs, la « divisibilité du diiode » et sa « non disparition » qui correspondent respectivement aux facettes (f (2.3) et f (1.0.6), (cf. lignes 11 et 12 du Tableau 20 ci-dessus) ne sont pas retenues. De cette façon, l'enseignante règle la question de dissolution plus d'un point de vue macroscopique (à travers la notion du mélange) que microscopique (en mobilisant la théorie particulière par exemple).

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes et montrent que le jeu est la plupart du temps arrêté. De plus, la simultanéité entre le partage de la topogenèse, l'existence d'une phase de communication interactive et dialogique et d'une chronogenèse arrêtée témoigne d'un moment difficile dans le jeu (une discussion n'aboutissant pas faisant stagner la chronogenèse).



Graphique 12 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1.J03.



Graphique 13 : Évolution de la topogénèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1.J03.

Continuité et discontinuité dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes, nous pouvons inférer des continuités et des discontinuités qui accompagnent l'avancée du savoir :

- Continuité, lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles, entre une description dans le monde des observables (changement de couleur de l'alcool) et une interprétation dans le monde des théories et modèles (la divisibilité du diode) assurée par un lien d'interprétation microscopique.
- Continuité, lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles, entre une description dans le monde des observables (Mélange homogène) et une interprétation dans le monde des théories et modèles (Le diode se dissout dans l'alcool) assurée par un lien d'interprétation macroscopique (type de mélange – dissolution).
- Une discontinuité dans le monde des objets/événements liée à la nature des produits utilisés (l'alcool et le diode). En effet, ces produits sont étrangers aux élèves au regard des produits courants et connus utilisés précédemment (sel, eau, sable). Les élèves ne réalisent pas immédiatement qu'il s'agit toujours d'une dissolution. L'expérience (alcool + diode) pourrait amener les élèves à croire que si on met les deux réactifs ensemble et qu'on obtient un mélange coloré, c'est qu'un nouveau produit chimique se forme (cf. analyse a priori, § 1.1, p. 77).

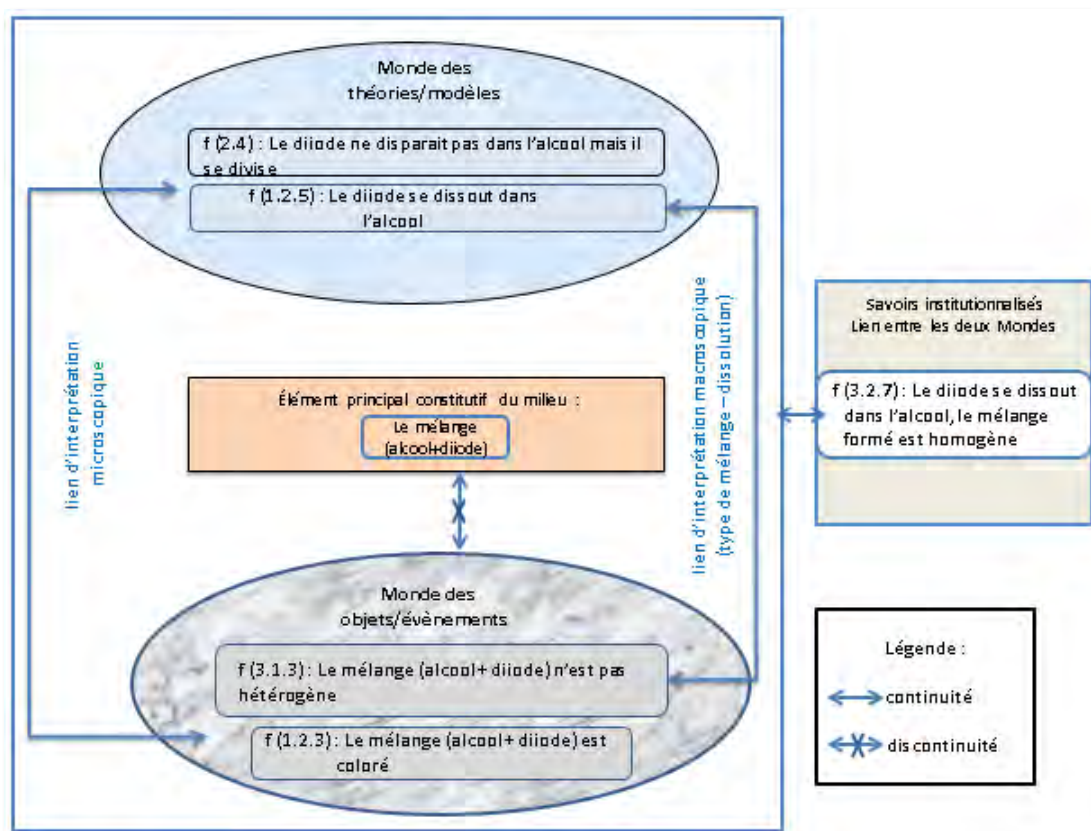


Figure 19 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J03.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S1.J04. L'analyse des différents jeux élémentaires qui ont servi à le construire est présentée dans l'Annexe 3, de la page 340 à la page 345.

2.4. S1.J04 : Se rappeler de la nature du mélange eau/huile et constater, en classe entière et à l'aide de questions fermées, que l'huile et l'eau ne se mélangent pas.

2.4.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J04 a mis en évidence quatre jeux élémentaires (J.E). Le Tableau 21 ci-dessous rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes :

Tableau 21 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J04.

Jeu élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J04.E1 Prendre connaissance de l'expérience (mélanger l'eau et l'huile) et la réaliser en suivant les consignes orales de l'enseignante.	tdp 218.bis-tdp 240 (par groupe)	(97)
J04.E2 Abandonner l'observation suite à un résultat inattendu de l'expérience et décrire le mélange eau/huile en faisant appel à la mémoire didactique.	tdp 240 bis-tdp 254 (Classe entière)	(47)
J04.E3 Compléter les schémas des expériences réalisées précédemment.	tdp 254 bis-tdp 258 (Classe entière)	(121)
J04.E4 Écrire, sous la dictée de l'enseignante, ce qui a été observé : « l'huile ne s'est pas dissoute dans l'eau, on obtient un mélange hétérogène ».	tdp 259-tdp 281 (classe entière)	(97)

2.4.2. Analyse du jeu S1.J04

2.4.2.1. Narration didactique du jeu S1.J04

Les élèves préparent le mélange (eau + huile) en suivant les consignes orales de l'enseignante (mettre un peu d'huile, un peu d'eau, agiter et laisser se reposer). Celle-ci circulant entre les deux groupes rappelle aussi les règles du travail (à chaque fois un nouvel élève se charge de l'expérience). Visiblement, la consigne d'enlever le pouce lorsqu'on agite pour mélanger, donnée précédemment, n'est pas appliquée.

L'enseignante demande alors aux élèves ce qu'ils ont obtenu. Leurs réponses (« une seule phase » et « des bulles ») amènent l'enseignante à suggérer de laisser le mélange se reposer encore car il a été bien agité. Immédiatement après, elle fait rappeler aux élèves qu'ils connaissent déjà l'expérience et leur demande ce qui va se passer. Ceux-ci avancent immédiatement l'idée des « deux phases ».

En se basant sur cette proposition, l'enseignante, par des questions fermées, dirige les élèves vers la conclusion « l'huile ne s'est pas dissoute dans l'eau. Elles [l'eau et l'huile] forment un mélange hétérogène » ce qu'ils notent sur leurs fiches sous la dictée de l'enseignante.

Au cours de la dictée, l'enseignante introduit l'idée de non miscibilité des deux liquides qu'elle laisse en suspens. En regardant les fiches de TP, l'enseignante demande aux élèves de colorier les schémas des tubes à essai relatifs à l'expérience de l'alcool et du diiode, action oubliée lors de l'institutionnalisation précédente.

2.4.2.2. Caractérisation du jeu S1.J04

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse des différents jeux élémentaires - cf. Annexe 3, pp. 340-345) pour caractériser le jeu S1.J04 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 22 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J04 (E = élève, P = Professeur, E/P = élève et professeur, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents).

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (4.8) : Le mélange (eau + huile) donne des bulles, et peut être, si on laisse reposer le mélange réalisé, on obtient deux phases	Notion de phase	E / P	Description Monde des obj/ev
2	f (4.5) : Le mélange huile et eau est à deux phases, il est hétérogène		E	Description Monde des obj/ev
3	f (3.1.5) : Le mélange (alcool + diiode) est homogène mais coloré	Type de mélange	P	Description Monde des obj/ev
4	f (3.2.8) : L'huile et l'eau forment un mélange hétérogène donc l'huile ne s'est pas dissoute dans l'eau	Lien entre type de mélange et dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux mondes
5	f (4.9) : L'huile et l'eau sont non miscibles c'est-à-dire elles ne peuvent pas se mélanger	Miscibilité	P	Définition Monde des obj/ev
6	f (4.10) : L'huile et l'eau forment un mélange hétérogène on dit qu'elles sont non miscibles	Miscibilité	P	Description Monde des obj/ev
7	f (4.11) : la miscibilité concerne les liquides	Miscibilité	P	Définition Monde des obj/ev

Analyse didactique

Ce jeu n'est pas défini par l'enseignante⁴⁷. Son enjeu n'est visible aux élèves qu'au moment de son institutionnalisation. En effet, dans cette classe, le contrat établi est que chaque groupe réalise d'abord l'expérience (mélange de l'eau et de l'huile), puis en tire une conclusion, sous la direction de l'enseignante.

⁴⁷ La nature du jeu empêche de préciser l'enjeu autrement que de manière très générale : il faut faire une expérience, observer et induire une conclusion.

Or, ici, les résultats de l'expérience ne correspondent pas aux attentes de l'enseignante et les descriptions des élèves (« une seule phase », « des bulles »), quoi que pertinentes comme objets descriptifs du milieu, ne sont pas retenues par l'enseignante. Celle-ci, pour pallier la non-conformité de l'observation (une émulsion) avec l'attendu (deux phases), fait immédiatement appel à la mémoire didactique des élèves : « vous la connaissez [cette expérience], que va-t-il se passer après un certain temps ? » (tdp 245, Extrait 13). À partir de là, la mésogenèse repose sur cette expérience hors classe.

Cette régulation permet à la mésogenèse de s'enrichir par des éléments descriptifs (tdp 246 et 249, Extrait 13 et tdp 269, Extrait 14 ci-dessous) et un autre interprétatif (tdp 267, Extrait 14 ci-dessous).

240.bis.P : (0:14:53.2) (P s'adresse aux élèves du groupe G1) vous allez me dire ce que vous avez obtenu. Qu'est-ce que vous avez obtenu là ?
241.E : (l'élève regarde le tube qui présente des fines bulles dispersées dans une phase liquide continue) phase wahda (une seule phase) madame
242.E : il y-a tkechkich (des bulles)
243.P : je peux voir là ? (elle demande à l'élève de lui donner le tube, le regarde et l'agite), vous avez bien agité là, d'accord, on va laisser se reposer un peu (P remet le tube dans son support).
243.bis.P : vous connaissez cette expérience j'espère
244.Es : oui, oui
245.P : vous la connaissez, que va-t-il se passer après un certain temps ?
246.Es : deux phases
247.P : c'est-à-dire
248.E : l'eau euh (l'élève soulève sa main vers le haut).
249.Es : mélange hétérogène (0:15:41.0).

Extrait 13 (J04.E2) : Pour pallier la non-conformité de l'observation (une phase, des bulles) avec l'attendu (deux phases), l'enseignante rappelle les élèves qu'ils connaissent déjà l'expérience (parties grisées).

Ces éléments successivement descriptifs puis interprétatifs se retrouvent logiquement dans les caractéristiques des facettes de savoir. Ainsi, le tableau (Tableau 22) ci-dessus, montre que la majorité des facettes repérées (quatre sur sept facettes) sont des descriptions du monde des objets et des événements relatif au mélange (eau + huile). C'est le cas, par exemple, des facettes f (4.8) et f (4.5) (cf. lignes 1 et 2, Tableau 22 ci-dessus) qui mobilisent une description en termes de phases ou le cas de la facette f (3.1.5) (cf. ligne 3, Tableau 22 ci-dessus) qui met en jeu le type hétérogène du mélange ou aussi la facette f (4.10) (cf. ligne 6, Tableau 22 ci-dessus) qui apporte une nouvelle caractérisation au mélange en parlant de miscibilité des deux liquides. Les facettes f (4.9) et f (4.11) contribuent elles à définir cette nouvelle caractérisation (cf. lignes 5 et 7, Tableau 22 ci-dessus). Une seule facette, (f (3.2.8), ligne 4, Tableau 22 ci-dessus), concerne l'interprétation des éléments expérimentaux en mettant en relation les deux mondes.

La Figure 20 ci-dessous montre une centration, sur le plan thématique, sur la notion de miscibilité. Le regroupement des facettes relatives à cette notion apparaît vers la fin du jeu,

dans la phase dédiée à l'institutionnalisation (J04.E4). De cette façon, l'échange est clôturé sur un aspect descriptif après avoir débuté aussi dans l'univers descriptif (J04.E2).

Notons aussi que la facette f (3.1.5) (cf. ligne 3, Tableau 22 ci-dessus) n'est pas relative au jeu en cours mais l'enseignante l'a introduite lorsqu'elle a remarqué que les élèves n'ont pas complété le schéma de l'expérience du mélange (diode + alcool) du jeu précédent.

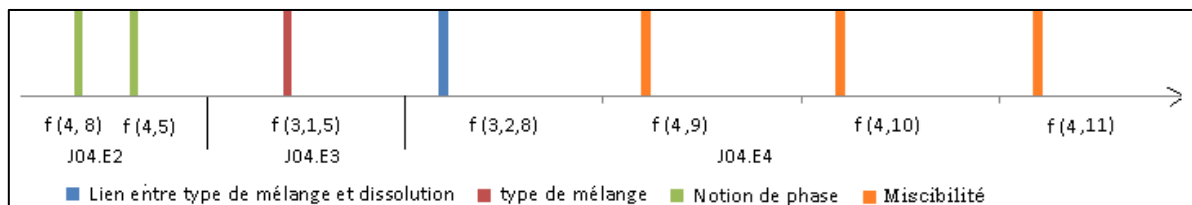


Figure 20 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J04.

Si la communication est non interactive lorsque les élèves sont en position d'exécuter, de manière très dirigée, les consignes de l'expérience et le remplissage de la fiche TP, elle est interactive dans le reste du jeu. Les élèves participent généralement pour répondre aux questions souvent fermées de l'enseignante (tdp 261, 263, Extrait 14) ou aussi, pour demander plus d'éclaircissement sur l'élément descriptif complémentaire du milieu (l'eau et l'huile sont non miscibles) introduit par l'enseignante et dont ils ne saisissent pas le sens (Extrait 15, ci-dessous). Toutefois, l'enseignante ne revient pas sur l'action des élèves lors de la préparation du mélange ni sur ce qu'ils ont dit en décrivant ce qu'ils ont obtenu, ce qui enlève l'occasion aux élèves de comprendre le changement du contrat qui a eu lieu. Par ailleurs la communication reste autoritative tout au long du jeu (ligne 4, Graphique 15).

261.P : (0:17:58.2) on a obtenu, vous avez obtenu , mais qu'est-ce qu'il faut dire ? On a obtenu deux /
 262.E : deux phases
 263.P : on a obtenu deux phases, est-ce que l'eau et l'huile euh / disons forment un mélange homogène ?
 264.E : non
 265.P : non, (elles) forment
 266.E : hétérogène
 267.P : un mélange hétérogène, donc l'huile ne peut pas se dissoudre dans l'eau
 268.E : dans l'eau
 269.P : donc il faut écrire que l'huile ne s'est pas (dissoute) dans l'eau.(elle dicte) l'huile ne s'est pas / ne s'est pas / ne s'est pas (dissoute) dans l'eau (0:18:27.3).

Extrait 14 (J04.E4) : L'enseignante oriente les élèves vers une mise en relation entre le monde des objets et événements (deux phases et mélange hétérogène) et le monde des théories et modèles (parties grisées).

L'enseignante occupe tout au long du déroulement du jeu une position topogénétique haute (cf. ligne 1, Graphique 15 ci-dessous). En effet, c'est elle qui impose les consignes à suivre pour constituer la dimension matérielle du milieu⁴⁸ (mélange de l'huile et de l'eau), elle qui

⁴⁸ La topogénèse concerne la répartition des responsabilités dans l'avancée du savoir, or ici on a pas de savoir. Par contre nous pouvons dire que l'enseignante exerce la totale responsabilité de l'évolution du milieu

décide du savoir à institutionnaliser sans prendre en compte des éléments abordés (la notion de phase et de non miscibilité des deux liquides) qui auraient pu y figurer. Si les élèves apportent un élément pertinent au milieu (la notion de phase, tdp 246, Extrait 13) c'est l'enseignante qui dirige le jeu vers le savoir visé en introduisant les notions de « non dissolution » (tdp 267, Extrait 14) et de « l'hétérogénéité du mélange » (tdp 263, Extrait 14). C'est encore elle majoritairement l'auteure de propos dans lesquels nous avons reconnu des facettes (cinq contre une pour les élèves, Tableau 22 ci-dessus), qu'il s'agisse de décrire des objets et des événements (cf. lignes 2, 3 et 6, Tableau 22 ci-dessus), de les interpréter (cf. lignes 4, Tableau 22 ci-dessus) ou de les définir (cf. lignes 5, 7, Tableau 22 ci-dessus), la plupart pertinentes et en langage scientifique.

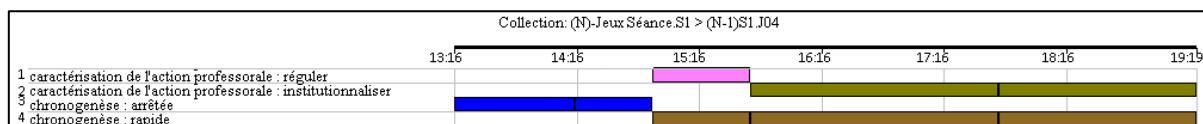
271.P : (0:16:01.0) l'eau et l'huile on dit aussi (toutes) deux qu'(elles) sont non miscibles
 272.E/G2 : qu'est-ce que ça veut dire non miscibles ?
 273.P : non miscibles, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas se mélanger, d'accord
 274.E : oui
 275.P : (elles) forment, vous pouvez écrire, (elles) forment un mélange
 276.E : hétérogène
 277.P : hétérogène, (elles) forment un mélange hétérogène, qu'est-ce que j'ai dit ?
 Comment on les appelle là ? on dit qu'(elles) sont ↑, qu'est-ce que j'ai dit ? (elles) sont non
 278.E/G2 : miscibles
 279.P : misci ↑ bles, (elles) sont non miscibles, d'accord
 280.Es : (rires)
 281.P : (elles) sont non miscibles, chaque fois qu'il s'agit de deux liquides hein d'accord, parce que l'huile et l'eau sont (toutes) les deux, deux liquides bon (0:19:19.5)

Extrait 15 (J04.E4) : L'échange est interactif autour d'un élément complémentaire du milieu (la notion de miscibilité) introduite par l'enseignante.

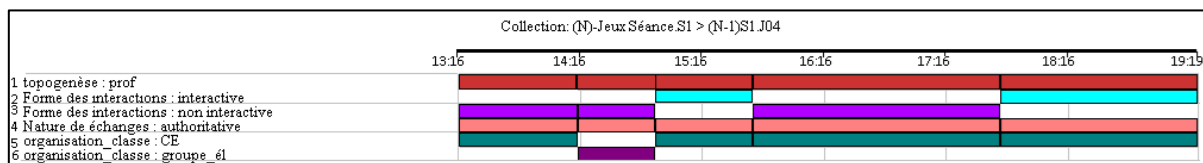
Sur le plan chronogénétique (lignes 3 et 4, Graphique 14 ci-dessous), après une phase arrêtée relative à l'élaboration de la partie matérielle du milieu, le jeu avance, sous l'action de l'enseignante, vers son institutionnalisation qui révèle implicitement que l'enjeu du jeu porte sur l'interprétation en termes de non dissolution de l'hétérogénéité d'un mélange. Ainsi le jeu, après avoir débuté par un aspect descriptif, finit sur un aspect interprétatif où l'enseignante établit une mise en relation des deux mondes.

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes et montrent aussi qu'hormis un début du jeu (consacré à l'élaboration de la composante matérielle de la mésogenèse) où la chronogenèse est arrêtée (ligne 3, Graphique 14), le reste est rapidement joué (ligne 4, Graphique 14) suite à une phase de discussion en classe entière très courte (ligne 1, Graphique 14) au cours de laquelle l'enseignante garde une posture topogénétique haute (ligne 1, Graphique 15).

(matériel) qui est primordiale pour établir les savoirs en jeu et à ce titre nous continuons (par extension) à parler de la topogenèse enseignante lorsqu'il s'agit de construire la composante matérielle du milieu.



Graphique 14 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1J04.



Graphique 15 : Évolution de la topogénèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1J04.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir :

Des analyses précédentes nous pouvons inférer une continuité, lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles, entre une description dans le monde des observables initiée par un appel à la mémoire didactique qui permet de dire que si on laisse reposer le mélange on aura bien deux phases (anticiper le devenir de l'expérience) et une interprétation dans le monde des théories/modèles (l'huile ne se dissout pas dans l'eau). De cette façon, il y a effacement de l'élément initial du milieu et la mise en relation entre l'empirie et le monde théorique est assurée par un lien d'interprétation macroscopique (type de mélange – non dissolution).

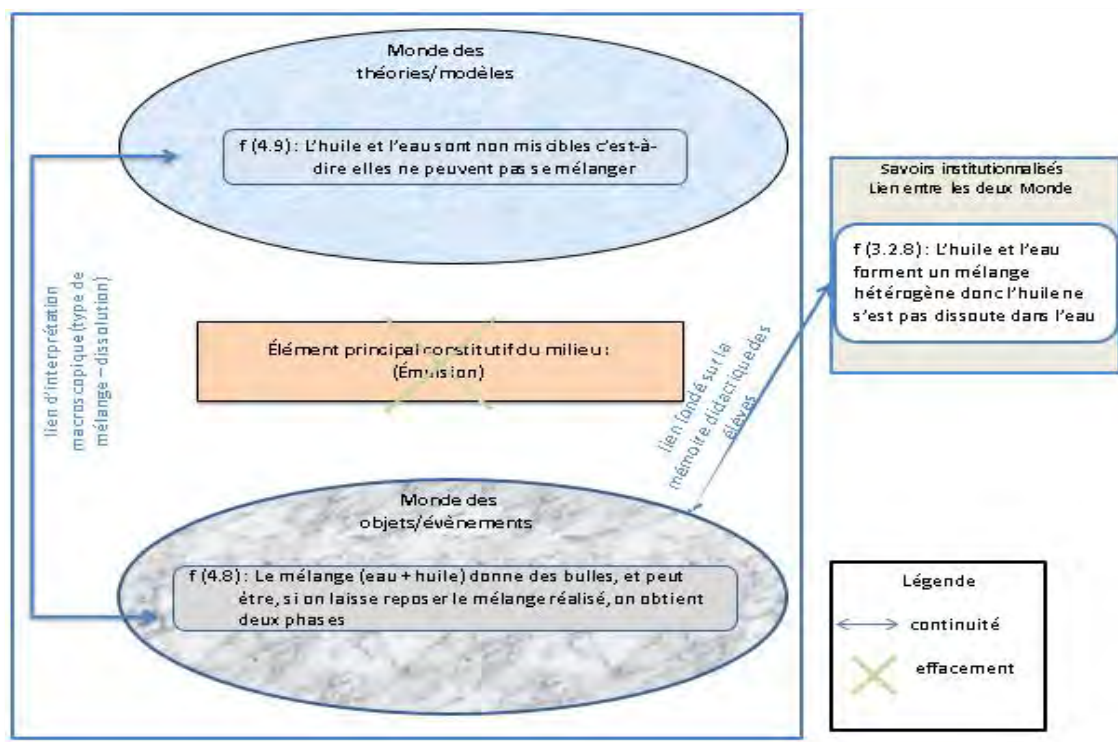


Figure 21 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J04

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S1.J05. L'analyse des différents jeux élémentaires qui ont servi à le construire est présentée dans l'Annexe 3, de la page 348 à la page 354.

2.5. S1.J05 : Constater, à partir de la réalisation guidée du mélange (alcool + eau), que l'alcool se dissout dans l'eau en formant un mélange homogène.

2.5.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J05 a mis en évidence quatre jeux élémentaires (J.E). Le Tableau 23 ci-dessous rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes.

Tableau 23 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J05

Jeu élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J05.E1 Prendre connaissance de l'expérience (mélanger l'eau et l'alcool) et la réaliser avec la consigne de prendre le volume de l'alcool inférieur à celui de l'eau par peur qu'il n'en reste pas assez pour l'autre demi-classe (faute d'alcool).	tdp 281. bis-tdp 297 (Par groupe)	(102)
J05.E2 Comparer le mélange (eau + alcool) obtenu avec le mélange (eau + huile) précédemment préparé et en déduire une interprétation en termes de dissolution de l'alcool dans l'eau.	tdp 297-tdp 319 (Classe entière)	(108)
J05.E3 Prendre connaissance du vocabulaire spécifique à la dissolution de l'alcool dans l'eau, évoqué par l'enseignante.	tdp 320-tdp 328 (Classe entière)	(32)
J05.E4 Écrire, sous la dictée de l'enseignante, ce qui a été observé : « l'alcool s'est dissous dans l'eau, on obtient un mélange homogène ».	tdp 328. bis-tdp 334 (Classe entière)	(22)

2.5.2. Analyse du jeu S1.J05

2.5.2.1. Narration didactique du jeu S1.J05

L'enseignante annonce le passage à l'expérience du mélange de l'alcool et l'eau. Elle distribue l'alcool avec la consigne de mettre un volume d'alcool plus petit que celui de l'eau. Une élève demande si le volume de l'eau doit être toujours supérieur à celui de l'alcool. L'enseignante répond que ce n'est pas toujours le cas et invoque successivement deux raisons : le mélange de deux liquides et le rationnement nécessaire de l'alcool pour que l'autre demi-classe en dispose.

Les élèves, divisés en deux groupes G1 et G2, réalisent le mélange (eau + alcool) en suivant les consignes orales de l'enseignante. Celle-ci demande alors à un élève (retardataire) de G1 ce qu'il observe en regardant le mélange obtenu. Faute de réponse après une succession de

questions, l'enseignante lui montre alors le tube du mélange (eau + huile) précédemment préparé et demande à l'élève s'il arrive à distinguer l'eau de l'alcool. L'élève questionné semble être hors-jeu et se sont les autres élèves qui introduisent en chœur l'idée que le mélange (alcool + eau) est homogène. L'enseignante reprend cette idée et l'interprète en termes de dissolution de l'alcool dans l'eau.

Avant de dicter le savoir retenu de la discussion (l'alcool se dissout dans l'eau, le mélange est homogène), l'enseignante demande l'appellation du mélange homogène (solution), donne le nom du rôle joué par l'alcool (soluté) et demande celui joué par l'eau. Sans attendre de réponse, elle avance elle-même le mot souhaité (solvant). Ce dernier mot semble être connu par au moins une élève qui rappelle l'appellation en arabe du rôle joué par l'eau.

2.5.2.2. Caractérisation du jeu S1.J05

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse des différents jeux élémentaires - cf. l'Annexe 3, pp. 348-354) pour caractériser le jeu S1.J05 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 24 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J05 (P = Professeur, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents).

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (3.1.6) : Lorsqu'on n'arrive pas à distinguer entre les deux liquides, le mélange est homogène	Mélange homogène	P	Description Monde obj/ev
2	f (3.2.12) : L'alcool se dissout dans l'eau, le mélange est homogène	Lien entre type de mélange et dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux mondes
3	f (3.2.6) : Le mélange homogène s'appelle solution	Dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
4	f (1.5.1) : L'alcool dissous dans l'eau joue le rôle du soluté, l'eau joue le rôle du solvant et l'ensemble forme une solution	Dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
5	f (3.2.12) : L'alcool se dissout dans l'eau, le mélange est homogène	Lien entre type de mélange et dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux mondes

Analyse didactique

Ce jeu n'est pas défini par l'enseignante, la dimension implicite et durable du contrat supporte l'activité des élèves qui doivent réaliser l'expérience (mélange d'eau et d'alcool) puis en induire une conclusion sous la conduite de l'enseignante. Les élèves ne découvrent l'enjeu réel du savoir que vers la fin du jeu, au moment de son institutionnalisation écrite.

La mésogénèse comprend deux parties. Dans la première, seule la composante matérielle évolue sous l'action des élèves guidée par les consignes orales de l'enseignante (parties grisées de l'Extrait 16 ci-dessous) :

281.P bis : (0:19:19.5) je passe maintenant, l'alcool et
282.E : l'eau
283.P : l'eau, alors (elle va chercher l'alcool), vous mettez un peu s'il vous plait parce qu'on a pas assez pour l'autre groupe hein (elle tend la bouteille d'alcool à l'élève), mettez un peu d'alcool, on n'a pas assez pour l'autre groupe (0:19:30.7)
284.E: (L'élève verse de l'alcool dans le tube)
285.P : bon, ça va, d'accord, bien sûr, regardez bien l'alcool possède quel volume, regardez bien s'il vous plait, vous allez prendre pour l'alcool le volume le plus petit, c'est très important, parce que là on va mélanger deux liquides cette fois-ci, donc (elle se dirige vers l'autre groupe G2) (0:19:52.3)
286.E/G2 : madame dima (toujours) l'eau lorsqu'il est mélangé avec l'alcool est le plus grand volume ?
287.P : c'est pas toujours le cas, on peut prendre pour l'alcool un volume plus grand que l'eau, mais cette fois-ci, vu qu'on n'a pas assez d'alcool on va prendre un peu d'alcool hein, le volume d'alcool on va le prendre inférieur au volume de l'eau (0:20:08.4).

Extrait 16 (J05.E1) : L'enseignante annonce le passage à l'expérience de l'alcool et l'eau. Elle distribue l'alcool avec la consigne de mettre un volume d'alcool plus petit que celui de l'eau (parties grisées de l'extrait).

Dans la seconde partie, la mésogénèse est nourrie par un élément descriptif (c'est un mélange homogène), un élément interprétatif (l'alcool se dissout dans l'eau) et d'autres éléments visant à désigner les rôles des substances utilisées dans le mélange formé (alcool : soluté et eau : solvant).

En effet, comme on peut le voir sur tableau des facettes (Tableau 24, ci-dessus), celles-ci se répartissent entre une description du monde des objets et des événements relatif au mélange obtenu (cf. ligne 1), une interprétation liant l'observable (mélange homogène) au monde théorique (l'alcool se dissout dans l'eau) (cf. ligne 2) et des définitions dans le monde des objets et des événements désignant le mélange et ses constituants (cf. lignes 3 et 4).

L'examen de la Figure 22 ci-dessous montre que sur le plan thématique ces éléments de savoir tournent autour de trois notions : « le type du mélange obtenu » (mélange homogène, f (3.1.6), Figure 22), « le lien entre le type de mélange obtenu et la dissolution de l'alcool dans l'eau » (f (3.2.12), Figure 22) et « la dissolution » en tant que vocabulaires spécifiques désignant le mélange (solution) et les rôles joués par ses différents constituants (soluté et solvant) (f (3.2.6) et f (1.5.1), Figure 22). La facette f (3.2.12), introduite lors de la discussion (située au moment du jeu élémentaire J5.E2, Figure 22), a été reprise au moment de l'institutionnalisation (situé au niveau du jeu élémentaire J5.E4). Par contre, les facettes f (3.2.6) et f (1.5.1), relatives au vocabulaire spécifique à la dissolution, entrent incidemment sur scène et n'ont fait l'objet ni d'une discussion ni d'une institutionnalisation écrite (Figure 22).

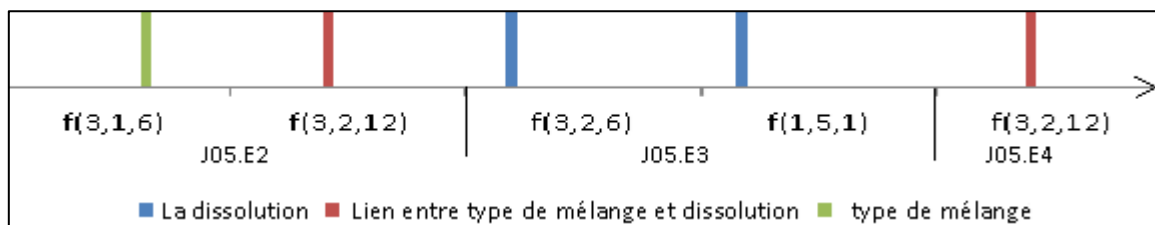


Figure 22 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J05

La progression de la mésogénèse se fait au gré des interventions de l'enseignante opérées d'abord sous forme de questions ouvertes (parties grisées de l'Extrait 17) non aidantes surtout pour l'élève retardataire questionné, puis des questions fermées dont les réponses sont immédiates ou soufflées partiellement par l'enseignante (tdp 305, 308 et 314, Extrait 17). Ce jeu de question / réponse relève du cours dialogué dans lequel la désignation d'un élément matériel du milieu (le mélange huile-eau préparé précédemment) relève de l'ostension (partie en gras de Extrait 17, ci-dessous).

298.P : (0:21:12.9) (elle retourne vers les élèves du groupe G2) pour ce groupe, alors Weslati (W) (c'est l'élève qui est arrivé en retard) c'est à vous de parler, **qu'est-ce qu'il faut dire ? Qu'est-ce que vous observez ?**

299.W : [inaud]

300.P : hein, **qu'est-ce que vous avez //** alors

301.P : oui, il y a quoi, oui, non, rien, **que s'est-il passé pour l'alcool ?** Est-ce que vous pouvez toujours faire la différence entre l'alcool et l'eau ?

302.W : oui

303.P : oui ! vous avez bien compris ce que je dis oui ou non ? hein, j'arrive à voir la phase correspondante à l'alcool et la pha / **regardez pour l'huile, déjà les expériences nous les avons devant nous (elle lui montre les tubes des deux mélanges (huile + eau) et (alcool + eau),** là vous avez l'huile et

304.E : l'eau

305.P : l'eau, là vous avez l'alcool et l'eau, quelle est la différence entre les deux ? **Regardez bien ces deux solutions hein,** est-ce que vous arrivez à distinguer l'alcool de l'eau ?

306.Es : non

307.W : non

308.P : non, d'accord, voilà, on n'arrive pas à distinguer, c'est-à-dire quel type de mélange nous avons ?

309.Es : homogène

310.P : laissez-le parler

311.W : (silence)

312.P : c'est un mélange homo

313.W : homogène

314.P : homogène, d'accord, donc c'est un mélange homogène et par la suite je peux dire que l'alcool se diss

315.Es : se dissout ↓

316.P : se dissout ↑ dans l'eau, l'alcool se dissout dans l'eau, d'accord (0:22:36.9).

Extrait 17 (J05.E2) : l'enseignante procède à différentes régulations en passant de questions ouvertes (parties grisées) à des questions fermées basées sur des gestes d'ostension (partie en gras).

La communication est autoritative et majoritairement interactive (ligne 3, Graphique 17). L'échange autour des éléments de l'expérience, dont une partie est censée se dérouler entre l'enseignante et l'élève retardataire, finit par être mené en classe entière. Durant le jeu, les élèves peuvent intervenir et demander des précisions concernant le déroulement de l'expérience (tdp 286, Extrait 16, ci-dessus), ou répondre aux questions de l'enseignante soit par une reprise à l'identique de ses propos (cf. tdp 312-tdp 319, Extrait 17), soit par une introduction en chœur de la réponse attendue (tdp 306 et tdp 309, Extrait 17), soit aussi en se rappelant de ce qu'ils ont retenu lors de la discussion (tdp 332, Extrait 18 ci-dessous). Les élèves peuvent aussi interagir en exprimant une connaissance d'un élément de savoir évoqué par l'enseignante en donnant son équivalent en arabe (tdp 325, Extrait 18). Cependant, si la communication est interactive, les apports des élèves au milieu restent marginaux.

L'enseignante présente une position topogénique haute tout le long du jeu (ligne 1, Graphique 17). En effet, c'est elle qui impose les consignes à suivre pour constituer la dimension matérielle du milieu (le mélange de l'alcool dans l'eau), elle qui introduit tous les éléments signifiants du milieu (tdp 305, 308 et 314, Extrait 17). C'est elle aussi qui décide des éléments à institutionnaliser en choisissant de retenir des éléments (l'interprétation en termes de dissolution de l'homogénéité du mélange obtenu) et de laisser d'autres en suspens (le vocabulaire spécifique à la dissolution (solution, soluté, solvant)). Cette position est reflétée par les facettes produites au cours de ce jeu qui sont toutes énoncées par l'enseignante (cf. Tableau 68).

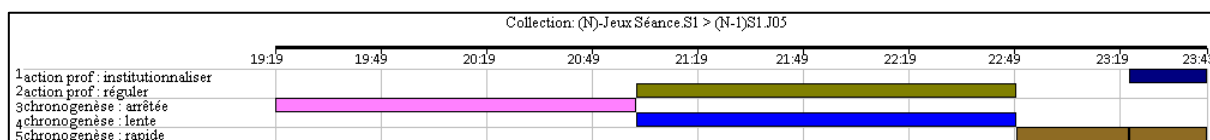
La chronogénèse, arrêtée au moment de la construction par groupe de la composante matérielle du milieu (ligne 3, Graphique 16 et ligne 5, Graphique 17), demeure lente au moment de la discussion des éléments empiriques (la comparaison du mélange (eau + alcool) au mélange (eau + l'huile)) puis avance (ligne 1, Graphique 17), lorsque l'enseignante procède à une institutionnalisation du jeu. À ce moment, la chronogénèse gagne en aspect interprétatif (l'alcool se dissout dans l'eau) après avoir débuté sur un aspect descriptif (le mélange (eau + alcool) est homogène). Ce moment d'institutionnalisation (lignes 2, Graphique 16) révèle implicitement que l'enjeu essentiel du jeu porte sur l'interprétation en termes de dissolution de l'homogénéité du mélange (alcool + eau). Toutefois, la mise en suspens d'autres éléments complémentaires évoqués pendant cette phase (J05.E3) (solution, soluté, solvant) révèle implicitement d'un enjeu éventuel pour le futur (328.bis, Extrait 18 ci-dessous) :

320.P : (0:22:53.1) c'est-à-dire ? ce mélange homogène comment on va l'appeler ? Une solution
321.Es : une solution
322.P : une solution, très bien, alors quel type de solution ? Regardez ici on a mis l'alcool, l'alcool il s'est dissous dans l'eau, d'accord, l'alcool a joué le rôle de soluté, l'eau a joué le rôle de

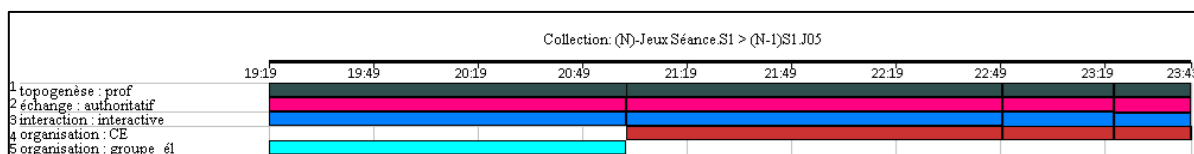
323.E : soluté
 324.Es : solvant, solvant,
 325.E : Ah oui, houwa elmouhil⁴⁹ (il est le solvant)
 326.P : et bien sûr, ensemble ont formé ce qu'on appelle une so↑lu
 327.E : solution
 328.P : une solution, bon (0:23:21.9)
 328.bis.P : je reprends, alors essayez d'écrire, par la suite on va voir, alors
 329.E : l'alcool
 330.P : l'alcool s'est dissous dans l'eau, d'accord
 331.E : (les élèves écrivent sur leurs fiches)
 332.P : et qu'est-ce qu'on a obtenu ?
 333.E : un mélange homogène
 334.P : d'accord, un mélange homogène d'accord (0:23:43.8)

Extrait 18 (J05.E) : C'est la fin du jeu : l'enseignante laisse en suspens des éléments de savoir qu'elle vient d'évoquer (ceux relatifs au vocabulaire spécifique de la dissolution (tdp 320-tdp 328)) et retient d'autres abordés au cours de la discussion précédente (tdp 330-tdp 334).

Les graphes Transana, ci-dessous, récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes et montrent aussi qu'une bonne partie de la durée du jeu est consacrée à la discussion, en classe entière, des éléments empiriques de l'expérience accompagnée d'une phase de régulation (ligne 2, Graphique 16).



Graphique 16 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1.J05.



Graphique 17 : Évolution de la topogénèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1.J05.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes nous pouvons inférer l'existence d'une continuité, lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles, entre une description dans le monde des observables (le mélange est homogène : f (3.1.6)) et une interprétation dans le monde des théories/modèles (la dissolution de l'alcool dans l'eau : f (3.2.6)) qui s'établit par un lien d'interprétation macroscopique : type de mélange – dissolution. l'élément de savoir institutionnalisé (L'alcool se dissout dans l'eau, le mélange est homogène : f (3.2.12)) est en continuité aussi avec les éléments de savoir traités lors de la phase de discussion.

⁴⁹ Un vocabulaire du langage scientifique arabe issu de l'enseignement des sciences au collège.

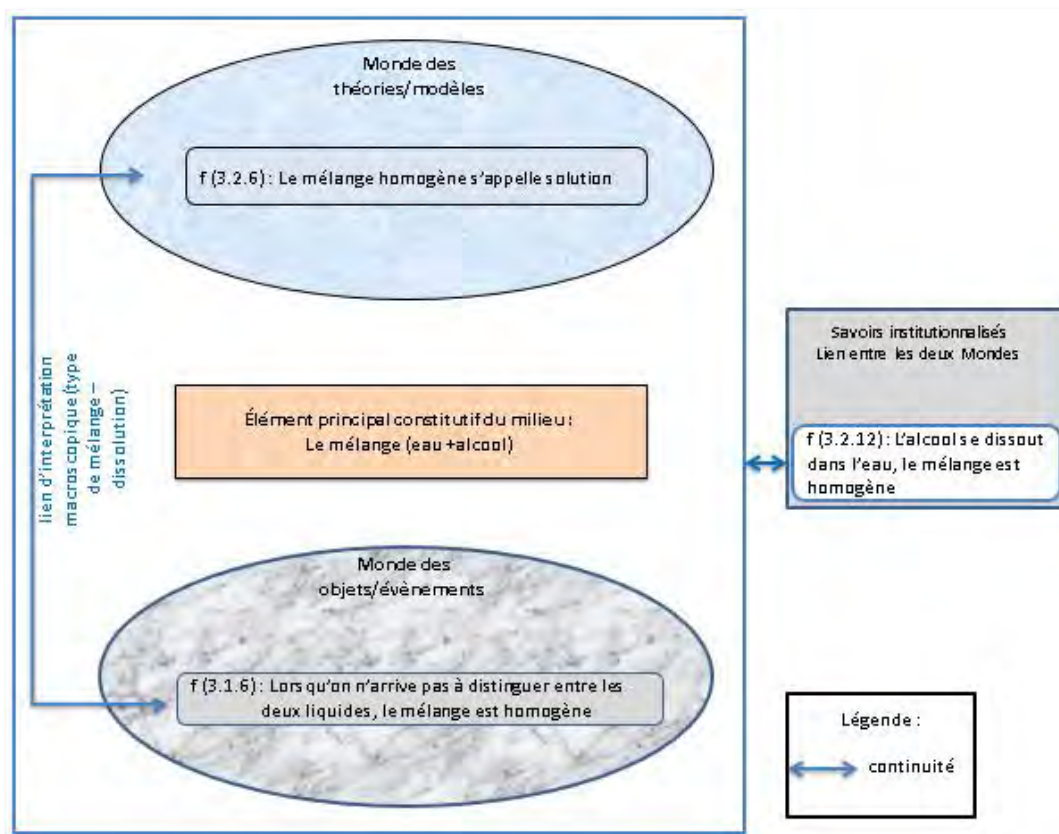


Figure 23 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J05.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S1.J06. L'analyse des différents jeux élémentaires qui ont servi à le construire est présentée dans l'Annexe 3, de la page 356 à la page 354.

2.6. S1.J06 : Institutionnaliser, en classe entière, à partir des expériences réalisées et de questions fermées, les notions de solvant, soluté, solution aqueuse, solution d'alcool iodée

2.6.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J06 a mis en évidence deux jeux élémentaires (J.E). Le Tableau 25 ci-dessous rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes :

Tableau 25 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J06.

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale	Durée (s)
J06.E1 Récapituler, oralement et à l'aide des questions fermées, les résultats des expériences réalisées.	tdp 334. bis-tdp 397 (Classe entière)	(208)
J06.E2 Remplir le texte à trous de la trace écrite en complétant par un mot la phrase lue par l'enseignante.	tdp 397. bis-tdp 419 (Classe entière)	(80)

2.6.2. Analyse du jeu S1.J06

2.6.2.1. Narration didactique du jeu S1.J06

L'enseignante propose aux élèves de récapituler, ensemble et oralement, les résultats des activités expérimentales précédentes. Pour cela, elle passe en revue toutes les expériences en donnant un bref rappel du déroulement de certaines (le mélange (eau + sel) et le mélange (alcool + diiode)) et en demandant, dans le cas d'une dissolution, le rôle joué par chaque substance (soluté ou solvant) et la nature de la solution obtenue (aqueuse ou non). Si, pour la dissolution du sel dans l'eau, les élèves réussissent à identifier le rôle de chaque substance (le sel : soluté, l'eau : solvant) la tâche n'est pas évidente pour la dissolution du diiode dans l'alcool. En effet, le diiode est considéré comme solvant par certains élèves et la solution est aqueuse pour d'autres. L'enseignante intervient et précise que dans le cas d'une dissolution d'un solide dans un liquide, le solide sera toujours le soluté et la solution n'est aqueuse que si le solvant est l'eau. Faute de réponse correcte, l'enseignante donne elle-même l'appellation de la solution obtenue (l'alcool iodée) en demandant aux élèves s'ils connaissent l'alcool iodé de la pharmacie. En rappelant l'expérience de la dissolution de l'alcool dans l'eau, l'enseignante attire l'attention des élèves sur la différence des volumes des liquides en présence. À la demande de l'enseignante, un élève répond que dans ce cas l'alcool est le soluté, l'eau est le solvant et la solution est aqueuse. L'enseignante invite les élèves à remplir le « texte à trous » de leurs fiches. Pour cela, elle lit la phrase et un élève propose le mot attendu. Les phrases construites constituent finalement des définitions généralisées (non associées à des exemples précis) des mots proposés : soluté, solvant, solution et solution aqueuse.

2.6.2.2. Caractérisation du jeu S1.J06

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse des différents jeux élémentaires - cf. l'Annexe 3, pp. 356-362) pour caractériser le jeu S1.J06 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 26 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J06 (E = élève, P = Professeur, E/P = élève et professeur, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents).

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (3.2.6) : Le mélange homogène s'appelle solution.	Lien entre type de mélange et dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
2	f (1.5.2) : Dans le mélange (eau + sel), le sel joue le rôle de soluté, l'eau est le solvant.	La dissolution	E	Définition Monde des obj/ev
3	f (1.5.12) : Lorsque le solvant est l'eau la solution est dite aqueuse.	La dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
4	f (1.5.4) : S'il n'y a pas dissolution on ne peut pas parler de soluté et de solvant.	La dissolution	P	Définition Lien entre les deux Mondes

5	f (1.5.5) : Dans le mélange (alcool + iode), l'iode est le soluté, l'alcool est le solvant.		La dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
6	f (1.5.6) : L'iode et l'alcool ne forment pas une solution aqueuse.		La dissolution	E	Définition Monde des obj/ev
7	f (1.5.7) : Si l'alcool est le solvant, la solution est appelée solution d'alcool iodée.		La dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
8	f (8.2) : L'alcool iodé se vend en pharmacie, il est prescrit pour les plaies.		Savoir lié à la vie quotidienne	P	Description Monde des obj/ev
9	f (3.2.14) : Lorsque le mélange est non homogène on ne parle pas de dissolution.		Lien entre type de mélange et dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux Mondes
10	f (1.5.8) : Dans le cas de dissolution d'un solide dans un liquide, le solide est le soluté.		La dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
11	f (1.4.3) : lorsque le volume de l'alcool est inférieur à celui de l'eau dans le mélange (eau + alcool), l'eau est le solvant et l'alcool le soluté.		La dissolution	P	Définition Monde des obj/ev
12	f (1.5.10) : Lorsque le volume de l'eau est supérieur à celui de l'alcool la solution est dite aqueuse.		La dissolution	E	Définition Monde des obj/ev
13	f (3.2.15) : Quand le mélange obtenu est homogène on dit qu'il y a dissolution.		Lien entre type de mélange et dissolution	E / P	Interprétation Lien entre les deux mondes
14	f (1.5.8) : Dans le cas de dissolution d'un solide dans un liquide, le solide est le soluté.		La dissolution	E / P	Définition Monde des obj/ev
15	f (1.5.11) : Le liquide dans lequel se dissout le soluté est le solvant.		La dissolution	E / P	Définition Monde des obj/ev
16	f (3.2.6) : Un mélange homogène est une solution.		Lien entre type de mélange et dissolution	E / P	Définition Monde des obj/ev
17	f (1.5.12) : Lorsque le solvant est l'eau la solution est dite aqueuse.		La dissolution	E / P	Définition Monde des obj/ev
18	f (1.5.9) : Dans le cas de dissolution d'un liquide dans l'eau, le liquide de plus grand volume est le solvant et celui de plus petit volume est le soluté.		La dissolution	E / P	Définition Monde des obj/ev
19	f (1.5.12) : Lorsque le solvant est l'eau la solution est dite aqueuse.		La dissolution	E / P	Définition Monde des obj/ev

Analyse didactique

Ce jeu est en continuité avec les jeux précédents dans le sens où l'enseignante utilise le milieu matériel déjà co-construit comme milieu initial (les expériences de dissolution du sel dans l'eau, du diode dans l'alcool et de l'alcool dans l'eau, et aussi les expériences de non dissolution du sable dans l'eau et de l'huile dans l'eau, déjà réalisées). La mésogenèse repose sur une tâche de désignation des rôles joués par les substances utilisées (soluté ou solvant)

et de la nature de la solution obtenue (solution aqueuse ou non aqueuse) dans chaque expérience. Le sens de ces termes (soluté, solvant, solution aqueuse) s’approfondit d’abord, par des applications à des exemples particuliers (les expériences de dissolutions réalisées précédemment), puis par formalisations qui les rendent plus générales.

En regardant le tableau ci-dessus, nous remarquons que la majorité des facettes (seize sur dix-neuf facettes) sont des définitions relatives aux notions : solution, soluté et solvant. Elles sont soit liées à des cas particuliers relatifs aux substances utilisées (cf. lignes 2, 5, 6, 7, 12, et 11 du Tableau 26), soit énoncées dans le cas le plus général (cf. lignes 4, 10, 15, 17, 18, Tableau 26). Les facettes f (1.5.2) (ligne 2, Tableau 26) et f (1.5.5) (ligne 5, Tableau 26) par exemple, désignant le soluté et le solvant respectivement dans les mélanges (eau + sel) et (alcool + diiode), reflètent l’idée que le soluté est toujours le solide lorsqu’il s’agit de dissoudre un solide dans un liquide. Cette idée est traduite par la facette f (1.5.8), énoncée par l’enseignante, à un niveau scientifique plus conceptuel : « Dans le cas de dissolution d’un solide dans un liquide, le solide est le soluté » (lignes 10 et 14, Tableau 26).

L’examen de la Figure 24 ci-dessous montre, sur le plan thématique, une centration sur la notion de la dissolution. Elle montre aussi que le début du jeu (J06.E1) est caractérisé par l’apparition de toutes les facettes liées à des exemples précis, tandis que la fin du jeu (J06.E2) est totalement consacrée à des facettes de généralisation des notions abordées. Cette phase (J06.E2) est une phase de synthèse où le savoir est généralisé en passant d’une situation matérielle spécifique à la définition d’une notion (qui permet d’interpréter ou de caractériser d’autres situations).

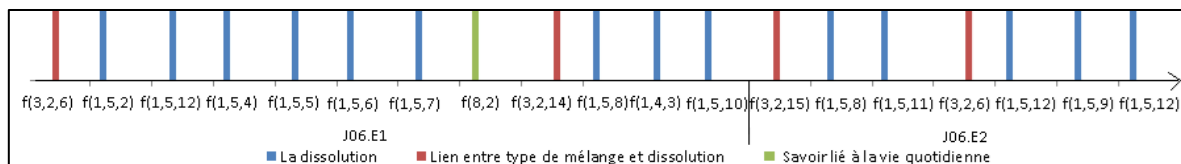


Figure 24 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J06

La topogénèse est partagée. L’enseignante, dans une posture d’accompagnement, rappelle le déroulement et les résultats de quelques expériences précédemment réalisées, donne des précisions aux réponses des élèves (tdp 387, Extrait 19, ci-dessous), prend à sa charge la réponse que les élèves ne pourraient pas produire (« comment on va dire cette solution, comment on va l'appeler ? Une solution / d'alcool / iyo/ iodée », tdp 379, Extrait 19).

La communication se réfère toujours au point de vue de l’enseignante et est menée à la manière d’un jeu de question / réponse. Au cours de l’échange, l’enseignante pose des questions et réagit aux réponses des élèves. Elle les valide lorsqu’elles sont correctes (tdp 344, 397, Extrait 19). Elle « souffle » la réponse si l’élève n’arrive pas à décoder son attente (tdp 340, 352). Elle donne ou demande une justification si la réponse de l’élève ne fait pas consensus (tdp 346, 391, Extrait 19).

334.P.bis : (0:23:43.8) behi (ok), essayons de récapituler, **dans la première expérience** on a mis le sel

335.E : avec l'eau

336.P : avec l'eau, qu'est-ce qu'on a obtenu ?

337.E : euh, le sel a été dissous

338.P : oui, dissous c'est-à-dire

339.E : un mélange homogène

340.P : on a dit ce mélange homogène on va l'appeler so / lu

341.Es : solution

342.P : solution, le sel il a joué un rôle, l'eau a joué un rôle, quel est le rôle joué par le sel ? on peut dire que le sel est

343.E : le soluté

344.P : le solu↑té, très bien, l'eau c'est le

345.E : solvant

346.P : solvant parce que le sel s'est di↑ssous

347.E : dans l'eau

348.P : dans l'eau, donc le sel est le soluté, l'eau est le ↑

349.E : solvant

350.P : solvant, le mélange obtenu est un mélange homogène, c'est une solution

351.E : une solution

352.P : ce n'est pas n'importe quelle solution, c'est une solution où le solvant est l'eau, comment on va appeler cette solution ? Une solution aq

353.E : aqueuse

(...)

356.P : (0:24:52.0) **si je passe à la deuxième expérience**, dans la deuxième expérience il n'y-a-pas de dissolution, là je peux pas dire on ne peut pas parler de soluté et de solvant

(...)

385.P : [...] **je passe à la dernière expérience**, on a utilisé deux liquides ici, l'alcool et

386.E : l'eau

387.P : et l'eau, alors là il faut faire très attention dans notre expérience on a bien choisi le volume de l'alcool inférieur au volume de l'eau parce que là vous avez deux liquides, lorsque vous avez un solide et un liquide je peux connaître le soluté et le solvant c'est claire mais dans ce cas-là qui est-ce qui a joué le rôle de soluté et qui est-ce qui a joué le rôle du solvant ?

388.E : (elle lève son doigt)

389.P : oui mademoiselle

390.E : l'alcool soluté, l'eau solvant

391.P : pourquoi ?

392.E : le volume d'eau est euh (l'élève lève le bras)

393.P : supérieur

394.E : supérieur que l'alcool

395.P : au volume de l'alcool,

395.bis P : et la solution obtenue est une solution

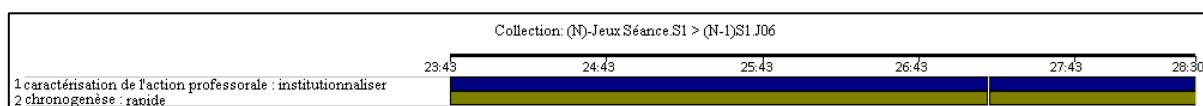
396.E : aqueuse

397.P : aqueuse, très bien (0:27:10.8).

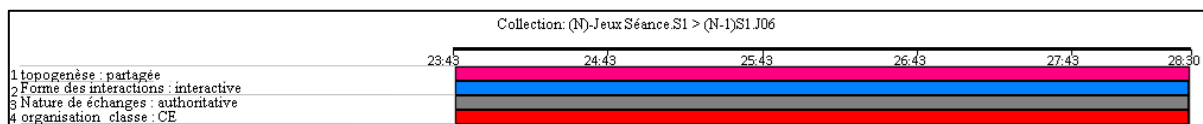
Extrait 19 (J06.E1) : L’enseignante fait défiler toutes les expériences précédemment réalisées, rappelle les savoirs déjà retenus et introduit d’autres éléments complémentaires (solution aqueuse et solution d’alcool iodée) relatifs au vocabulaire spécifique à la dissolution.

Sur le plan chronogénétique, la demande de récapitulation (tdp 334.bis, Extrait 19 ci-dessus) de l’enseignante déclenche le processus d’institutionnalisation des éléments de savoir retenus (soluté, solvant, solution aqueuse). La chronogenèse avance (ligne 2, Graphique 68), d’abord dans le sens de la maîtrise de ces termes dont le sens s’approfondit par des applications à des exemples particuliers (les expériences de dissolutions réalisées précédemment). Ensuite, dans le sens de la généralisation de ces mêmes termes dont les élèves vont devoir, par la suite, en assumer la responsabilité.

Les graphes Transana, ci-dessous, récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Ils montrent aussi qu’à la fin de ce jeu, la séance a atteint un peu plus de sa moitié (28 min 30 s d’une durée totale de 52 min 40 s) consacrée jusqu’ici aux savoirs relatifs à la notion de dissolution et son vocabulaire spécifique.



Graphique 18 : Évolution de la chronogenèse au cours du jeu S1.J06.



Graphique 19 : Évolution de la topogenèse, associée à l’évolution d’autres descripteurs complétant l’interprétation topogénétique du jeu S1.J06.

2.7. S1.J07: Introduire, en classe entière, le terme « concentration » à partir d'une situation quotidienne liée à la citronnade

2.7.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J07 a mis en évidence un seul jeu élémentaire (J.E) dont l’analyse est présentée dans l’Annexe 3, p. 364 et dont le Tableau 27 ci-dessous donne les caractéristiques générales de cet épisode :

Tableau 27 : Caractéristiques générales de l’unique jeu élémentaire du jeu S1.J07.

Jeu élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale	Durée (s)
J07.E1 Introduire le terme "concentration" à partir d'une situation quotidienne liée à la citronnade.	tdp 419.bis-tdp 441 (Classe entière)	(70)

2.7.2. Analyse du jeu S1.J07

2.7.2.1. Narration didactique du jeu S1.J07

L'enseignante, en regardant la fiche TP, annonce aux élèves qu'elle va passer à la deuxième partie qui concerne la concentration massique d'une solution mais qu'elle va d'abord expliquer le mot « concentration », puis faire l'expérience. Pour ce faire, elle fait appel au contexte quotidien des élèves où le mot « concentré » est très employé pour qualifier « quelque chose de concentré » comme la citronnade. Elle conduit ensuite les élèves, avec ses questions fermées, à admettre que la citronnade est une solution puisqu'elle forme un mélange homogène.

2.7.2.2. Caractérisation du jeu S1.J07

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse du jeu élémentaire - cf. l'Annexe 3, p. 364) pour caractériser le jeu S1.J07 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 28 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J07 (E = élève, P = Professeur, E/P = partagée).

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (8.0) : La concentration concerne ce qui est concentré	Savoir lié à la vie quotidienne	P	Définition Monde des obj/ev
2	f (8.3) : Parfois, la citronnade peut être concentrée	Savoir lié à la vie quotidienne	P	Description Monde des obj/ev
3	f (8.4) : La citronnade est un mélange homogène qui forme une solution	Lien entre type de mélange et dissolution	E / P	Description Monde des obj/ev

Analyse didactique

Ce jeu, très court (01 min 10 s), est initié par l'enseignante en indiquant l'objet sur lequel portera le reste de la séance (la concentration massique, tdp 419. bis, Extrait 20 ci-dessous).

L'enjeu, pour l'enseignante, est d'expliquer le terme « concentration » (tdp 423). Pour cela, elle introduit un contexte particulier : celui de la vie quotidienne des élèves (tdp 423 bis). De cette façon, la mésogenèse s'enrichit par des éléments de savoir relatifs à l'usage courant du terme « concentration ». En examinant le tableau des facettes (Tableau 28), nous voyons aux lignes 2 et 3 que les facettes f (8.3) et f (8.4) sont toutes les deux des descriptions, dans le monde des objets et des événements, de la citronnade. La première (f (8.3)) la décrit en langage courant comme quelque chose qui peut être concentré, la deuxième (f (8.4)), la décrit en langage scientifique comme étant un mélange homogène donnant lieu à une solution. La facette f (8.0) (ligne 1 du Tableau 28) caractérise, dans le monde des objets/événements, l'usage courant du terme « concentration ». L'introduction de « la

citronnade » a permis ainsi à l'enseignante d'exemplifier ses propos et aussi d'opérationnaliser des savoirs institutionnalisés et récemment installés dans la classe.

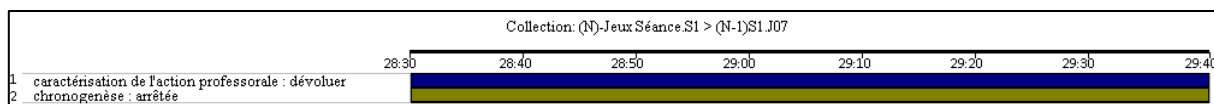
La communication est faiblement interactive et autoritative. Les élèves répondent brièvement aux questions de l'enseignante en apportant dans le milieu des éléments quotidiens (la recette de la citronnade) mais c'est l'enseignante qui souffle l'interprétation de la situation (solution aqueuse et mélange homogène). De cette façon, elle exerce la part la plus significative de la responsabilité dans le traitement du savoir et garde une position topogénétique plus forte que celle des élèves. Il semble qu'en agissant de cette façon (proposer aux élèves une situation qu'ils peuvent rencontrer dans leur vie quotidienne), l'enseignante veuille mettre les élèves dans une situation de « vouloir apprendre » et faire en sorte que les jeux à venir soient dévolus. Pour cela, elle indique aux élèves qu'elle ne va pas faire transmettre le savoir d'emblée et directement mais qu'elle va faire des « expériences » et ensuite, en leur laissant croire qu'ils savent déjà ce qu'est la notion à aborder puisqu'ils « ont entendu parler à l'extérieur » (tdp, 423, Extrait 20).

419.P bis : (0:28:30.2) bon, je passe, maintenant, concentration massique d'une solution (elle lit la fiche TP) bon je vais passer, s'il vous plait, alors, le mot concentration
420.E : (une élève explique le mot « aqueuse » à son collègue)
421.P : Vous étiez en train de me suivre là ?
422.E : oui
423.P : alors, en petit deux, on a mis concentration massique toute seule ici, je vais commencer par expliquer le terme et ensuite on va faire l'expérience.
423.bis P : concentration, on trouve toujours le mot concentré déjà, vous avez sûrement entendu parler à l'extérieur / quelque chose de concentré par exemple lorsque vous préparez une citronnade, par exemple, parfois on dit qu'elle est
424.E : concentrée.
425.P : concentrée, d'accord ?
426.E : oui
427.P : bon, lorsque vous préparez une citronnade qu'est-ce que vous avez mis ?
428.E : eau, sucre
429.P : eau
430.E : sucre
431.P : sucre
432.E : citron
433.P : et ensemble forment
434.E : une citronnade
435.P : une solution ↑
436.E : aqueuse
437.P : aqueuse et bien c'est un mélange homo
438.E : homogène
439.P : homogène, d'accord, donc là nous avons une solus
440.E : solution
441.P : nous avons une solution d'accord (0:29:40.8).

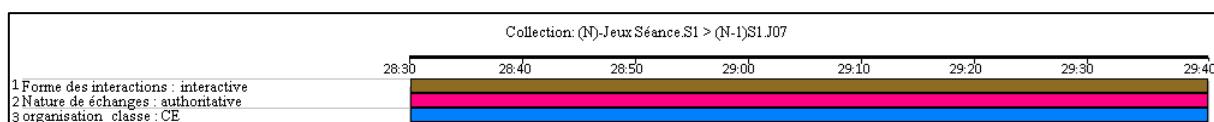
Extrait 20 (J07.E1) : L'enseignante explicite l'usage courant du terme « concentration » et « opérationnalise » des savoirs déjà abordés.

La chronogenèse est arrêtée (ligne 2, Graphique 19). L'enseignante n'a procédé à aucun travail conceptuel relatif à la notion introduite mais se contente de rappeler l'usage « courant » du mot, toute en restant elliptique à son sujet : on ne sait pas, par exemple, si la citronnade concentrée est très sucrée, très citronnée, ou les deux (tdp 423. bis, Extrait 20).

Les sorties du Transana (Graphique 20 et Graphique 21 ci-dessous) résument nos analyses précédentes et nous permettent de voir que ce jeu est très court (70s) et qu'il a pour fonction de dévoluer les jeux à venir :



Graphique 20 : Évolution de la chronogenèse au cours du jeu S1.J07.



Graphique 21 : Évolution de la forme de communication au cours du jeu S1.J07.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S1.J08. L'analyse des différents jeux élémentaires qui ont servi à le construire est présentée dans l'Annexe 3, de la page 367 à la page 374.

2.8. S1.J08: Constater, à partir d'une expérience guidée et réalisée par groupe, que lorsqu'on prend deux solutions aqueuses de sucre de volume différent et d'égale masse de soluté, une solution est plus concentrée que l'autre

2.8.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J08 a mis en évidence trois jeux élémentaires (J.E).

Le Tableau 29 rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes :

Tableau 29 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J08.

Jeu élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J08.E1 Prendre connaissance de l'expérience (préparer deux solutions (S1 et S2) d'égale masse de sucre mais de différents volumes d'eau (v1 est supérieur à v2)) et la réaliser en suivant les consignes de l'enseignante.	Tdp 441.bis-tdp 472 (Par groupe)	(273)
J08.E2	tdp 472.bis-tdp 513 (P/groupe)	(147)

Comparer les deux solutions de point de vue goût et expliquer la différence en termes de concentration: « plus sucré c'est plus concentré ».		
J08.E3 Reformuler oralement ce qui a été constaté : « la concentration dépend du volume du solvant mais en tout du volume de la solution »	tdp 514-tdp 531 (Classe entière)	(50)

2.8.2. Analyse du jeu S1.J08

2.8.2.1. Narration didactique du jeu S1.J08

Les élèves, divisés en deux groupes G1 et G2, réalisent la préparation de deux solutions d'équivalentes quantités de sucre mais de volumes d'eau différents. L'enseignante circule entre les groupes et leur donne les quantités de sucre qu'elle a préalablement pesées. Elle fait rappeler le rôle du sucre (soluté) et donne les consignes pour une réalisation conforme à ses vœux.

Une fois la préparation des solutions terminée, l'enseignante fait le bilan de l'expérience en demandant d'abord aux élèves de G2 puis aux élèves de G1 ce qu'ils constatent. Les réponses non pertinentes de G2 (« rien », « il y a la concentration ») et l'absence de réponse pour G1 incitent d'abord l'enseignante à faire rappeler les rôles joués par le sucre et l'eau dans les solutions obtenues et à imposer ensuite l'idée de comparer les deux solutions en termes de différence de goût. La réponse des élèves en termes de différence de concentration, bien que pertinente, n'est pas validée par l'enseignante (« avant de dire plus concentrée elle est comment ? plus / ») qui les oriente vers une comparaison basée sur le goût (« le tube 2 il serait plus suc / », « regardez, on a mis du sucre, on a mis du sucre »). Finalement, l'échange est clos sur la reformulation, par l'enseignante, de la conclusion : « plus sucré, c'est plus concentré en sucre ».

L'enseignante questionne ensuite les élèves, en classe entière, sur le facteur influençant la concentration (« la concentration, dans ce cas-là, elle dépend de quoi ? »). Faute de réponse, elle demande le rôle joué par le sucre avant de reposer une seconde fois la même question (« donc la concentration elle dépend de quoi ? »). Les élèves répondent « le soluté » et « la quantité d'eau ». L'enseignante reprend l'idée de « la quantité d'eau » et demande le rôle joué par l'eau avant de reformuler la proposition retenue en « volume du solvant ». À la fin, l'enseignante avance la conclusion que la concentration « dépend du volume du solvant, mais en tout c'est le volume de la solution ».

2.8.2.2. Caractérisation du jeu S1.J08

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse des différents jeux élémentaires - cf. Annexe 3, pp. 367-374) pour caractériser le jeu S1.J08 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 30 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J08 (E = élève, P = Professeur, E/P = partagée, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents).

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (1.5.13) : Le sucre joue le rôle de soluté dans le mélange (eau + sucre).	Dissolution	E / P	Définition Monde obj/ev
2	f (1.1.7) : Le sucre se dissout dans l'eau.	Dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux mondes
3	f (1.5.14) : Lorsqu'on met du sucre dans de l'eau on obtient une solution homogène aqueuse.	Dissolution	E / P	Description Monde obj/ev
4	f (1.5.18) : Dans une solution aqueuse de sucre, le sucre joue le rôle du soluté est l'eau joue le rôle du solvant.	Dissolution	E / P	Définition Monde obj/ev
5	f (5.1.2) : Pour comparer deux solutions sucrées on peut les goûter.	Lien entre goût et concentration	P	Description (pratique) Monde obj/ev
6	f (6.3.1) : À égale masse de soluté, la solution au plus petit volume est la plus concentrée.	Facteurs dont dépend la concentration	E	Interprétation Lien entre les deux mondes
7	f (5.1.6) : Si on goûte deux solutions à égales masses de sucre mais de volumes différents, la solution au plus petit volume est la plus sucrée.	Lien entre goût et volume	P	Description Monde obj/ev
8	f (5.1.4) : Une solution plus sucrée est plus concentrée en sucre.	Lien entre goût et concentration	P	Interprétation Lien entre les deux mondes
9	f (1.1.7) : Le sucre se dissout dans l'eau.	Dissolution	P	Interprétation Lien entre les deux mondes
10	f (5.1.2) : Pour comparer deux solutions sucrées on peut les goûter.	Lien entre goût et concentration	P	Description (pratique) Monde obj/ev
11	f (5.1.6) : Si on goûte deux solutions à égales masses de sucre mais de volumes différents, la solution au plus petit volume est la plus sucrée.	Lien entre goût et volume	P	Description Monde obj/ev
12	f (5.1.4) : Une solution plus sucrée est plus concentrée en sucre	Lien entre goût et concentration	P	Interprétation Lien entre les deux mondes
12	f (1.5.13) : Le sucre joue le rôle de soluté dans le mélange (eau + sucre).	Dissolution	E / P	Définition Monde des obj/ev

13	f (6.1.1) : La concentration dépend du soluté.		Facteurs dont dépend la concentration	P	Définition Monde th/mod
14	f (6.1.4) : La concentration ne dépend pas du soluté si les deux solutions contiennent la même quantité de soluté.		Facteurs dont dépend la concentration	P	Définition Monde th/mod
15	f (6.2.2) : La concentration dépend du volume de l'eau		Facteurs dont dépend la concentration	P	Définition Monde th/mod
16	f (1.6.1) : Le volume du solvant est le volume de la solution		Volume de solution	P	Définition Monde des th/mod
17	f (6.2.4) : La concentration dépend du volume du solvant, mais en tout c'est le volume de la solution		Facteurs dont dépend la concentration	P	Définition Monde th/mod

Analyse didactique

L'objet de ce jeu est défini préalablement car il repose sur le jeu précédent (S1.J07) dans la mesure où l'enseignante a défini globalement l'objet de la 2^{ème} partie de la séance à laquelle appartient le jeu (la concentration massique). Cependant, les règles du jeu restent non définies, mais la dimension durable du contrat supporte l'activité des élèves : il s'agit de manipuler pour induire une conclusion.

La mésogénèse comprend deux parties. Dans la première, les élèves introduisent dans le milieu les éléments matériels sous la conduite attentive de l'enseignante (préparation de deux solutions d'eau sucrée d'égales masses de sucre mais de volumes d'eau différents). Dans la seconde partie, des échanges ont lieu à propos de l'expérience réalisée. Toutefois, un appel à la mémoire didactique, relatif à la notion de dissolution et de son vocabulaire spécifique (soluté, solvant, volume de solution), accompagne toutes les phases du jeu. L'examen de la Figure 25 ci-dessous montre que ces éléments de savoir préalablement abordés sont introduits à différents moments du jeu. On les trouve au moment de la construction de la composante matérielle du milieu (f (1.5.13), J08.E1, ligne 1 du Tableau 30), au moment de la discussion autour des éléments de l'expérience (f (1.1.7), f (1.5.14), f (1.5.18), J08.E2, lignes 2, 3 et 4 du Tableau 30) et aussi au moment de la synthèse collective orale du jeu (f (1.5.13), J08.E3, lignes 13 du Tableau 30). Par contre, les facettes qui traduisent « le lien entre goût et concentration » (f (5.1.2) et f (5.1.4), lignes 5 et 8, Tableau 30) n'émergent qu'au moment de l'interprétation des éléments de l'expérience (J08.E2). Les facettes qui font apparaître « les facteurs dont dépend la concentration » (f (6.1.1), f (6.1.4), f (6.2.2) et f (6.2.4), lignes 14, 15, 16 et 18, Tableau 30) sont regroupées essentiellement au niveau du dernier jeu élémentaire (J08.E3) dédié à la synthèse du jeu.

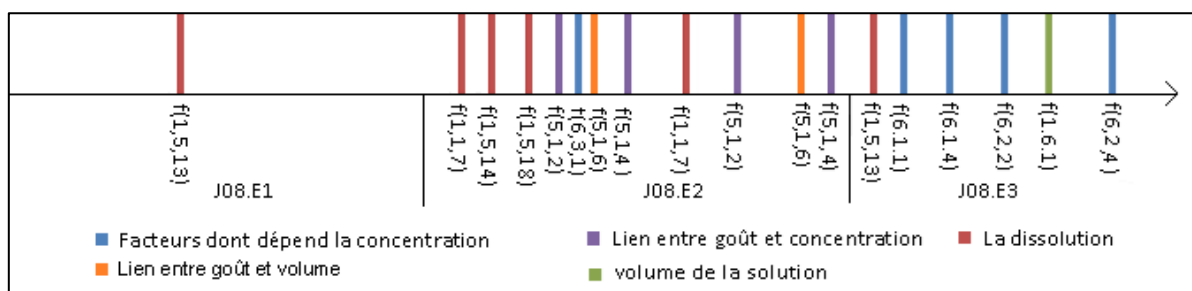


Figure 25 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J08.

Nous signalons ici que la double reprise des facettes f (1.1.7), f (5.1.2) et f (5.1.4), à deux moments différents du jeu J08.E2, est liée au fait que l'enseignante travaille successivement avec les deux groupes (ce qui veut dire qu'il ne s'agit pas d'un retour à cette notion dans l'avancée du savoir dans la classe).

L'examen du Tableau 30 ci-dessus montre que si on considère les facettes autres que celles relatives à la « dissolution », celles-ci se répartissent majoritairement entre des facettes mettant en relation les deux mondes lorsqu'elles interprètent la différence du goût en termes de différence de concentration (cf. lignes 8 et 12) et les facettes qui définissent la concentration en l'associant aux facteurs qui l'influencent (quantité du soluté, volume de solution) et c'est le cas des facettes des lignes 14, 15, 16 et 18 (cf. Tableau 30). Ces dernières sont toutes des productions de l'enseignante.

De manière générale le milieu évolue et l'enseignante opère différentes façons pour réguler son évolution. Elle mobilise :

- Des injonctions au début du jeu qui servent à constituer la composante matérielle du milieu (les deux solutions d'eau sucrée d'égale volume mais de différentes masses de sucre qu'il s'agit de comparer) (parties grisées de l'Extrait 21 ci-dessous) :

465.P : (0:33:08.5) vous prenez v1 supérieur à v2, oui oui on a fait la deuxième expérience en attendant la première en attendant les éprouvettes, d'accord, encore encore, ajoutez ça serait mieux, voi↑là, d'accord

466.P: alors ça-y-est ? (elle s'adresse au G1 au moment où la préparatrice apporte les éprouvettes). allez-y vous mettez le sucre / allez-y vous mettez / allez, vous mettez/ allez-y lawled (les gars), allez, allez-y, travaillez, travaillez, allez-y mademoiselle, intouma (vous) vous deux, vous travaillez vous aussi, allez-là mademoiselle travaillez avec votre camarade de ce côté-là ça sera mieux non !

467.Es : (les élève manipulent)

468.P : agitez vite, dépêchez-vous

469.Es : (les élèves continuent à manipuler)

470.P : (l'élève du G1 montre la préparation à l'enseignante) d'accord, ok

471.E : (un autre élève du groupe G1 met le sucre dans le deuxième tube) whél madame (le sucre s'est coincé madame)

472.P : essayez d'utiliser un stylo ou quelque chose d'autre, d'accord, agitez, (0:34:13.7)

Extrait 21 (J08.E1) : Les élèves préparent les mélanges demandés en exécutant les consignes de l'enseignante.

- Un jeu de questions : celles-ci sont de deux types. Des questions ouvertes non aidantes, ne fournissant aucun indice par rapport à la réponse attendue (parties grisées de l'Extrait 22 ci-dessous) et auxquelles les élèves répondent soit en mobilisant une observation immédiate (tdp 475, Extrait 22), soit en identifiant des éléments du contrat (tdp 477, Extrait 22) et des questions fermées dont les réponses sont généralement soufflées par l'enseignante (tdp 478.bis, 480, 484, 486, Extrait 23 ci-dessous) :

472.bis.P : (0:34:13.7) bon qu'est-ce que vous constatez ? Ça y est (elle s'adresse aux élèves de G2) pour les euh
473.E : oui madame
474.P : bon qu'est-ce que vous avez obtenu dans les deux cas ?
475.E1 : chey (rien ↓)
476.P : chey ! (rien!) rien ! pour quoi rien ? Je comprends pas là !
477.E2 : Non madame, il y a la concentration
478.P : si vous comparez les deux tubes, vous comparez, bon, vous mettez un et deux chaque fois, vous mettez un et deux d'accord, hot hna (mettez ici) un (1) et là deux (2), on va comparer / le mélange dans le tube 1 par rapport au mélange dans le tube 2 d'accord / bon (0:34:43.5).

Extrait 22 (J08.E2) : Échange basé sur des questions ouvertes qui n'apportent pas d'indices par rapport à la réponse attendue.

- Un appel à la mémoire didactique en opérationnalisant des savoirs précédemment institutionnalisés relatifs à la dissolution et son vocabulaire spécifique (Extrait 23 ci-dessous) :

478.bis P : (0:34:43.5) alors est-ce qu'on obtient deux solutions ?
479.E : oui
480.P : d'accord, c'est-à-dire que le sucre s'est dissous
481.E : oui
482.P : d'accord, bon, on a deux solutions comment ?
483.E : homogènes
484.P : aq
485.E : ah aqueuses,
486.P : voilà, deux solutions aqueuses le sucre qui joue le rôle de soluté et l'eau joue le rôle de ↑
487.Es : solvant solvant (0:35:02.0).

Extrait 23 (J08.E2) : Échange convoquant des savoirs, enjeux des institutionnalisations précédentes.

- Des désignations de traits pertinents du milieu (parties grisées de l'Extrait 24 ci-dessous) :

488.P : (0:35:02.0) et là, je vois très bien que m_1 égale à m_2 mais v_1 supérieur à v_2 , alors, d'après vous, si vous goûtez par exemple qu'est-ce que vous allez constater ?
489.E : le tube 2 est plus concentré que le tube 1
490.P : oui le tube 2 il serait plus suc

491.E : plus sucré
 492.P : plus sucré c'est-à-dire ? plus concen
 493.E : plus concentré
 494.P : plus concentré, d'accord,
 (...)
 504.P : oui, qui est-ce qui peut parler, haya lawled (allez-y les gars), la solution dans le tube
 deux est plus comment
 505.E : concentrée
 506.P : concentrée, c'est-à-dire pour vous, c'est quoi concentré, avant de dire plus
 concentrée elle est comment ? plus
 507.Es : [silence]
 508.P : regardez, on a mis du sucre, on a mis du sucre
 509.E : hlouwa↓ ? (sucrée ?)
 510.P : sucrée, [...], d'accord (0:36:25.2)

Extrait 24 (J08 E2) : L'enseignante recourt aux gestes ostensifs pour avoir la réponse souhaitée.

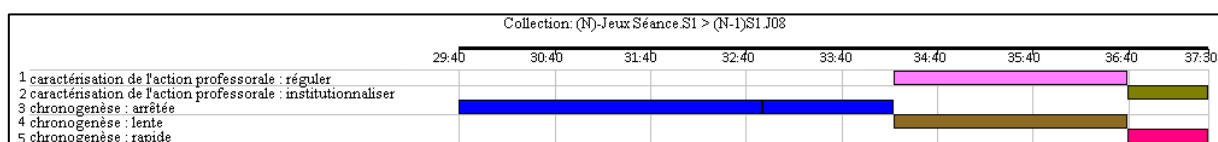
La communication est majoritairement non interactive dans la phase de construction de la dimension matérielle du milieu où les élèves sont la plupart du temps en position d'exécuter, de manière très dirigée, les consignes de l'expérience. Elle est interactive lorsqu'il s'agit d'interpréter l'expérience (lignes 2 et 3, Graphique 23). Les élèves répondent aux questions en identifiant des éléments du contrat (tdp 477, Extrait 22 ci-dessus) ou aussi en prolongeant les réponses débutées par l'enseignante (tdp 485, 487, Extrait 23 ; tdp 491, 493, Extrait 24). La seule fois où les élèves étaient acteurs, c'est en interprétant la différence entre les deux solutions sous la forme (« une solution est plus concentrée qu'une autre », tdp 489, Extrait 24 ; ligne 6 du Tableau 28). Or, leur proposition n'a pas obtenu l'approbation de l'enseignante qui s'attend à ce que les élèves s'en tiennent d'abord aux éléments empiriques (ou pseudo empiriques vu qu'on ne vérifie rien sur la solution) (tdp 508, Extrait 24). De cette façon, la communication est autoritative tout le long du jeu (ligne 4, Graphique 23) car l'enseignante n'explore pas les points de vue des élèves (tube 1 plus concentré pour G1 et tube 2 plus concentré pour G2), et impose son point de vue qui consiste à établir d'abord une conclusion empirique pour pouvoir bâtir dessus une conclusion théorique.

La topogénèse est sous la responsabilité de l'enseignante qui occupe tout au long du jeu une position topogénétique haute (ligne 1, Graphique 23). En effet, c'est elle qui impose les consignes à suivre pour constituer la dimension matérielle du milieu (la préparation des deux solutions), c'est elle aussi qui contraint les élèves à admettre une comparaison des solutions sur la base du goût (tdp 504-tdp 509, Extrait 24) et c'est elle finalement qui avance l'élément conclusif du jeu (la concentration dépend du volume de la solution).

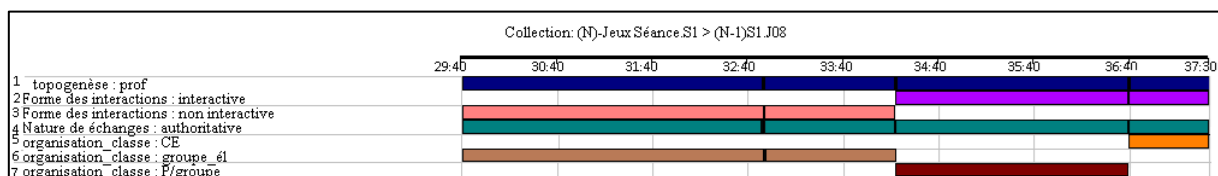
Sur le plan chronogénétique, après une phase arrêtée associée à la construction de la composante matérielle du milieu (ligne 3, Graphique 22), la chronogénèse avance, orientée par l'enseignante, vers une institutionnalisation partielle qui révèle implicitement que l'enjeu du jeu porte sur l'identification du facteur qui influence la concentration massique d'une solution (« elle [la concentration] dépend du volume du solvant, mais en tout c'est le volume de la solu / tion »). Or, cette institutionnalisation reste en suspens dans la classe et

la relation entre les concepts (« volume de solution » et « concentration ») reste implicite. Toutefois, cette avancée est freinée par le désaccord qui règne entre les élèves et l'enseignante lors de la discussion sur les éléments empiriques de milieu. En effet, au moment où les élèves tirent le jeu vers de l'interprétatif (tdp 489 et tdp 505, Extrait 24 ; cf. facette ligne 6 du Tableau 28), l'enseignante veut qu'ils restent sur du descriptif (tdp 506, Extrait 24 ; cf. facette ligne 7 du Tableau 28). Comme nous l'avons vu sur la Figure 25 ci-dessus, le jeu est accompagné par la mobilisation régulière des concepts récemment institutionnalisés (soluté, solvant et solution).

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Ils montrent aussi que la phase consacrée à un travail par groupe (ligne 6, Graphique 11) dédiée à la construction de la composante matérielle de la mésogénèse occupe plus de la moitié de la durée du jeu (4 min 43 s), alors que la phase se déroulant en classe entière (ligne 5, Graphique 23) et dédiée à la synthèse du jeu est la phase la plus courte (50s).



Graphique 22 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1.J08.



Graphique 23 : Évolution de la topogénèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1.J08.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes, nous pouvons inférer des continuités et des discontinuités qui accompagnent l'avancement du savoir :

- Discontinuité entre le monde empirique (le travail des élèves lors de l'expérience) et le monde théorique (les propos de l'enseignante relatifs à la conservation du volume de la solution lors de la dissolution). En effet, aucun repérage des volumes n'a été fait par les élèves avant et après dissolution du sucre. Admettre que le volume du solvant est égal au volume de la solution laisse penser que cette approximation vaut pour toutes les solutions et non seulement pour celles dont le volume de soluté pourrait être négligé devant celui du solvant. Cela pourrait engendrer chez les élèves une confusion entre les deux volumes qui peut gêner, plus tard, la compréhension de l'intensivité de la grandeur « concentration d'une solution » (Tsoumpélis & Gréa, 1995).
- Discontinuité, dans le monde des théories/modèles, entre le point de vue imposé en surplomb par l'enseignante (la concentration dépend du volume de la solution) et un

travail conceptuel minimal sur l'effet du volume de solution sur la concentration massique d'une solution.

- Continuité, lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles, entre une description dans le monde empirique initiée par un appel à l'expérience quotidienne des élèves (Si on goûte deux solutions à égales masses de sucre mais de volumes différents, la solution au plus petit volume est la plus sucrée : f (5.1.6)) et une interprétation dans le monde des théories et modèles (À égale masse de soluté, la solution au plus petit volume est la plus concentrée : f (6.3.1)) assurée par un lien interprétatif qui est toutefois affaibli par l'absence d'un travail conceptuel laissant dans l'implicite la nature de la relation qui existe entre les concepts « volume de solution » et « concentration massique d'une solution ».

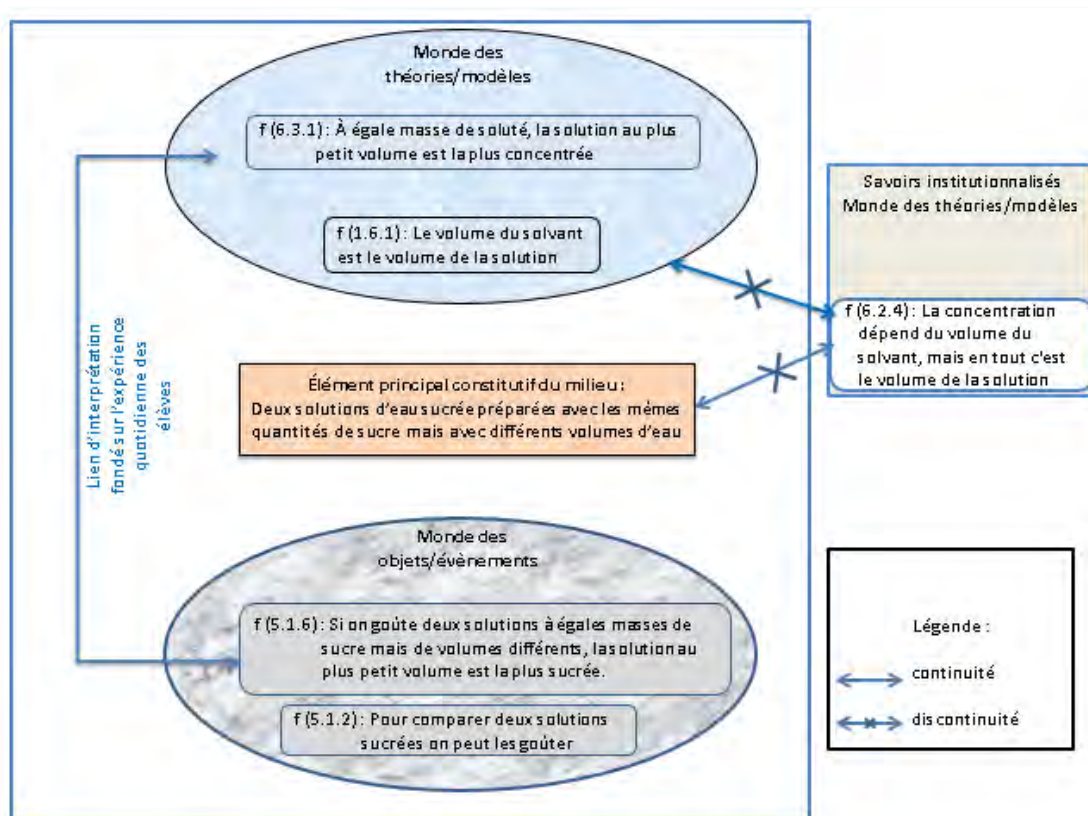


Figure 26 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J08.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S1.J09. L'analyse des différents jeux élémentaires qui ont servi à le construire est présentée dans l'Annexe 3, de la page 377 à la page 384.

2.9. S1.J09 : Constater, à partir d'une expérience guidée par groupe, que lorsqu'on a deux solutions aqueuses de sucre d'égal volume et de masses de soluté différentes, une solution est plus sucrée que l'autre

2.9.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J09 a mis en évidence trois jeux élémentaires (J.E). Le Tableau 31 rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes :

Tableau 31 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J09

Jeu élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J09.E1 Réaliser, en suivant les consignes de l'enseignante, l'expérience des deux solutions (S1 et S2) à égal volume d'eau et de différentes masses de sucre (m1 est supérieure à m2).	tdp 531.bis-tdp 558 (Par groupe)	(206)
J09.E2 Comparer les deux solutions de point de vue goût et interpréter la différence en termes de concentration: « plus concentré c'est plus sucré ».	tdp 559-tdp 585 (Classe entière)	(143)
J09.E3 Écrire, sous la dictée de l'enseignante, ce qui a été constaté lors des deux expériences : S1 est plus concentrée que S2 pour la 1 ^{ère} et S2 est plus concentrée que S1 pour la 2 ^{ème} .	tdp 585. bis-tdp 608 (Classe entière)	(77)

2.9.2. Analyse du jeu S1.J09

2.9.2.1. Narration didactique du jeu S1.J09

Les élèves, divisés en deux groupes G1 et G2, réalisent les deux solutions demandées (deux solutions d'eau sucrée de volumes égaux et de différentes masses de sucre) en suivant les consignes orales de l'enseignante. Celle-ci fait le tour des groupes en distribuant les quantités du sucre qu'elle a préalablement pesées et en rappelant la manière correcte d'utiliser une éprouvette graduée. Toutefois, elle ne revient pas sur la confusion qu'ont faite certains élèves entre l'éprouvette graduée et le bécher et ne donne aucune justification sur l'intérêt d'utiliser un tel élément de la verrerie. Les élèves du groupe G1 finissent par abandonner l'éprouvette et prendre des volumes égaux à l'aide des tubes à essais maintenus collés l'un à l'autre et au même niveau. L'enseignante demande alors aux élèves de G1 (qui sont les premiers à terminer la manipulation), ce qu'ils constatent, et faute de réponse, ce qu'ils ont obtenu. Sans attendre la réponse, elle rajoute qu'il s'agit d'une solution aqueuse. L'enseignante s'adresse ensuite aux élèves du groupe G2 (qui continuent toujours à manipuler) et demande laquelle des deux solutions est la plus sucrée. La réponse d'un élève

(E2) de G2 que c'est « m1 » est retenue par l'enseignante qui précise que c'est « S1 ». Cette réponse ne convainc pas un élève (E1) du groupe qui a répondu que les deux sont « les mêmes » puisqu'elles contiennent « le même volume ». L'enseignante revient sur sa réponse en rappelant les éléments empiriques de l'expérience (« regardez, vous avez m1 supérieur à m2, d'accord »). L'échange avec les élèves de G2 est suspendu lorsque l'enseignante remarque que l'élève de G2, chargé de faire l'expérience, laisse couler de l'eau à l'extérieur du tube en transvasant l'éprouvette. Elle demande qu'il refasse la préparation et d' « apprendre à faire une expérience ». L'enseignante retourne vers les élèves de G1 en demandant ce qu'ils peuvent dire de cette solution. L'absence de réponse incite l'enseignante à répéter sa question et à enchaîner ensuite avec d'autres sans avoir toujours la réponse attendue (« Quelle conclusion je peux tirer dans le premier cas ? », « on a même concentration ? », « la solution s1 est-elle / est comment ? »). L'enseignante clôt finalement l'échange en avançant elle-même la conclusion : « la solution s1 est plus concentrée puisque c'est plus sucré » et demande alors à tous les élèves de la classe d'écrire les observations. Elle dicte d'abord l'observation relative à l'expérience en cours (« s1 est plus concentrée que s2 ») et demande aux élèves ce qu'ils constatent à propos du deuxième cas (cas de deux solutions d'égale masse de soluté et dont le volume v1 est supérieur à v2).

Ceux-ci répondent en chœur : « Même concentration » ; « non » ; « v1 est plus concentré ». L'enseignante intervient et rappelle à chaque fois un élément empirique de l'expérience (« v1 est supérieur à v2 » ; « on a même masse ») avant de demander « laquelle des deux solutions est la plus concentrée ? ». Les élèves répondent que c'est « m2 » réponse rectifiée par l'enseignante en « s2 ». À la demande de l'enseignante (« qu'est-ce qu'il faut écrire ? »), un élève répond que « s2 est plus concentrée que s1 ». La phrase est dictée par l'enseignante qui rappelle, à la fin, qu'elle peut se baser, pour ces expériences, sur le goût pour savoir laquelle des solutions est la plus concentrée.

2.9.2.2. Caractérisation du jeu S1.J09

Nous rassemblons ici les différentes analyses (l'analyse des facettes et l'analyse des différents jeux élémentaires - cf. Annexe 3, pp. 377-384) pour caractériser le jeu S1.J09 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 32 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J09 (P = Professeur, E = élève, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents).

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (10.2) : Lorsqu'on utilise l'éprouvette il faut la placer sur une table horizontale	Savoir-faire	P	Description (procédure) Monde des obj/ev
2	f (10.3) : Pour lire un volume il faut se placer perpendiculairement par rapport à l'éprouvette graduée	Savoir-faire	P	Description (procédure) Monde des obj/ev

3	f (10.4) : Pour lire un volume dans une éprouvette graduée il faut être au même niveau que celui du bas du ménisque		Savoir-faire	P	Description (procédure) Monde des obj/ev
4	f (1.5.14) : Lorsqu'on met du sucre dans de l'eau on obtient une solution aqueuse		La dissolution	P	Description Monde obj/ev
5	f (6.3.2) : Deux solutions de sucre à égal volume mais l'une contenant plus de soluté que l'autre sont identiques visuellement		Lien entre goût et masse	E	Description Monde obj/ev
6	f (6.3.3) : Pour deux solutions d'égal volume, la plus sucrée est celle dont la masse de soluté est la plus grande		Lien entre goût et masse	P	Description Monde obj/ev
7	f (10.5) : Faire une expérience est une chose qui s'apprend		Savoir-faire	P	Description (pratique) Monde obj/ev
8	f (5.1.4) : Une solution plus sucrée est plus concentrée en sucre		Lien entre goût et concentration	P	Interprétation Lien entre les deux mondes
9	f (5.1.3) : Il suffit de goûter pour comparer deux verres de citronnade où dans l'un il y a plus de sucre que dans l'autre		Lien entre goût et masse	P	Description Monde obj/ev
10	f (6.1.2) : À volume égal, la solution la plus concentrée est celle qui contient plus de soluté		Concentration et masse de soluté	P	Interprétation Lien entre les deux mondes
11	f (6.3.1) : À masses de soluté égales, la solution la plus concentrée est celle dont le volume est le plus petit		Concentration et volume de la solution	P	Interprétation Lien entre les deux mondes

Analyse didactique

Ce jeu n'est pas défini par l'enseignante. La dimension durable du contrat fait que les élèves doivent d'abord réaliser les expériences sur lesquelles vont se bâtir ensuite les éléments conclusifs.

La mésogénèse évolue et s'enrichit d'abord par des éléments relatifs à sa dimension matérielle, introduits par les élèves sous la conduite attentive de l'enseignante (la préparation des deux solutions de volumes d'eau égaux et de masses différentes de sucre). Ensuite, des échanges ont lieu à propos de l'expérience réalisée. L'analyse correspondante des facettes montre qu'au moment de la discussion autour des éléments de l'expérience (cf. J09.E2, Figure 27 ci-dessous), la majorité des facettes se rapportent à l'univers du quotidien en mobilisant soit un lien entre le goût et la masse du sucre, soit un lien entre le goût et la concentration. Elles montrent aussi qu'au moment de la synthèse (cf. J09.E3, Figure 27) les éléments conclusifs se rapportent plutôt au monde conceptuel et mettent en œuvre soit un lien entre la masse du soluté et la concentration (pour la 1^{ère} expérience), soit un lien entre le volume de solution et la concentration (pour la 2^{ème} expérience).

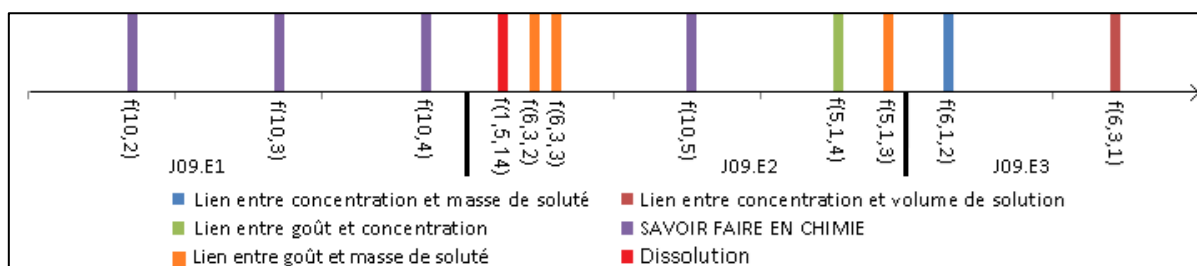


Figure 27 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J09

L'examen du Tableau 32 ci-dessus montre que la majorité des facettes s'inscrivent dans le monde des objets et événements et que seulement trois facettes sur les onze repérées (cf. lignes 8, 10 et 11 du Tableau 32) mettent en œuvre une mise en relation des deux mondes. Ces facettes sont des interprétations en termes de concentration soit d'une différence de goût (ligne 8) soit d'une différence de masse de soluté (ligne 10) ou aussi d'une différence de volume de solution (ligne 11).

Le Tableau 32 montre aussi que toutes les facettes sont produites par l'enseignante témoignant de sa posture topogénétique haute. En effet, c'est elle qui impose les consignes à suivre pour constituer la dimension matérielle du milieu (elle insiste par exemple, sur l'utilisation d'un élément de la verrerie mal maîtrisé par les élèves (tdp 568, Extrait 25 ci-dessus) et sans qu'il soit trop important dans la progression du savoir en cours). C'est elle aussi qui contraint les élèves à admettre une comparaison des solutions sur la base du goût (tdp 563.bis, Extrait 25) et c'est elle finalement qui avance l'élément conclusif relatif à l'expérience (tdp 583, Extrait 25). Or, on peut s'interroger ici sur l'utilité de cette expérience dont la conclusion pour les élèves semble évidente (la variation de la concentration avec la variation de la masse de soluté) puisqu'elle fait appel à l'expérience quotidienne à propos de la solution sucrée :

563.bis P : (41:27.0) alors, quelle est la solution la plus sucrée ? (elle pose cette question en regardant l'élève de G2 qui manipule encore).

564.E1 : (un élève de G2) euh les mêmes madame

565.P : comment ça !

566.E2 : (une autre élève de G2) laaa (non) m1

567.E1 : (l'élève de G2 à basse voix) les mêmes volumes fihom (les deux solutions contiennent les mêmes volumes)

568.P : voilà, la solution S1 si vous voulez bien, la solution S1, **regardez, vous avez m1 supérieur à m2, d'accord**, c'est la solution / pardon / monsieur (l'élève de G2 verse de l'eau à l'extérieur du tube en essayant de transvaser le contenu de l'éprouvette) / (0:41:42.1)

[L'échange ici se déroule entre l'enseignante et les élèves de G2 autour de la manipulation. P s'adresse à l'élève de G2] il faut apprendre à faire une expérience là. [L'élève de G2 refait l'expérience sous le regard de P].

575.P : (0:42:33.4) alors là (elle laisse les élèves de G2 terminer la préparation et retourne vers G1) regardez bien, qu'est-ce que vous pouvez dire de cette solution ?

576.Es/G1 : (silence)

577.P : qu'est-ce que vous pouvez dire là ? / Quelle conclusion je peux tirer dans le premier cas ? (elle regarde la fiche de TP de l'élève)
 578.E : (élève du G2) madame [inaud]
 579.P : on a même concentration ?
 580.E : non
 581.P : (l'enseignante corrige ce que l'élève a écrit sur sa fiche) lorsque vous prenez une solution / m1 / c'est pas m1 c'est la solution / s /
 582.E : s1
 583.P : s1, la solution s1 est-elle / est comment ? // plus con / plus concentrée puisque c'est plus suc /
 584.E : plus sucrée (43:01.7).

Extrait 25 (J09.E2) : Les élèves occupent une place mineure dans la discussion des éléments de l'expérience.

La communication est autoritative et faiblement interactive. L'enseignante, si elle permet aux élèves d'avoir un faible espace d'échange (parties grisées de l'Extrait 25 ci-dessus ; parties grisée de l'Extrait 26 ci-dessous), elle ne prend pas en considération leurs réponses et les contraint à admettre la conclusion visée en les renvoyant vers les éléments empiriques de l'expérience (parties en gras du tdp 568 de l'Extrait 25 et parties en gras des tdp 596, 598 de l'Extrait 26). Or, ces réponses spontanées des élèves peuvent cacher une habitude intuitive⁵⁰ qui pourrait les empêcher d'appréhender par la suite la nature des relations entre les différents concepts surtout en l'absence d'un travail conceptuel mettant en évidence la nature de la relation entre « volume de solution » et « concentration massique » d'une part, et « masse du soluté » et « concentration massique » d'autre part.

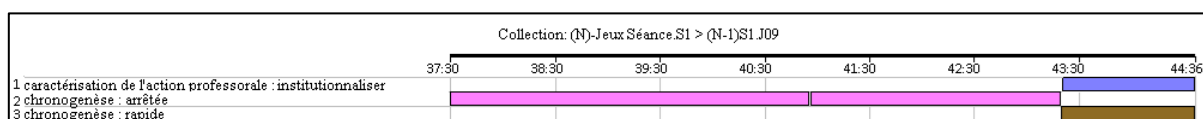
591.P bis : (0:43:54.5) dans le deuxième cas (deux solutions d'égale masse de soluté et de différents volumes), qu'est-ce que vous avez constaté dans le deuxième cas ?
 592.E : même
 593.E : même concentration
 594.E : non
 595.E : v1 est plus concentré
 596.P : v1 est supérieur à v2
 597.E : mais même concentration
 598.P : on a même masse, laquelle est la plus concentrée ?
 599.Es : m2, m2
 600.P : s /
 601.Es : s2
 602.P : s2, voilà, et qu'est-ce qu'il faut écrire ? (la sonnerie annonce la fin et P se dirige vers la porte de la salle de classe pour la fermer)
 603.E : madame s2 est plus concentrée que s1
 604.P : s2 est / plus concentrée que /
 605.E2 : s1 (0:44:35.7).

⁵⁰ Un exemple d'habitude intuitive est la « correspondance équivalente : « Si deux objets présentent certains paramètres égaux, ils seront égaux en d'autres paramètres » (« Same A then same B ») » (Potvin, cité dans (Willame & Snauwaert, 2015).

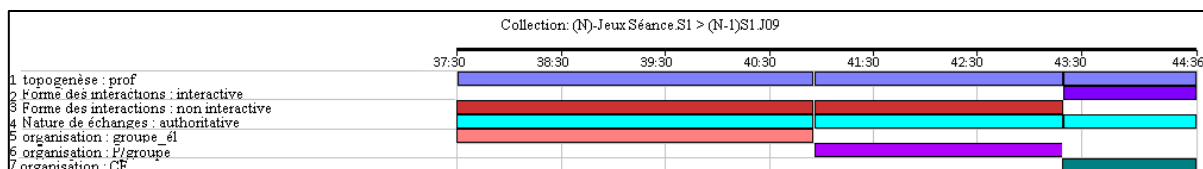
Extrait 26 (J09.E3) : L’enseignante fait participer les élèves à construire l’élément conclusif de l’expérience en les renvoyant vers les éléments empiriques de la situation.

Sur le plan chronogénétique, hormis une phase rapide orientée par l’enseignante vers une institutionnalisation (lignes 1 et 3, Graphique 24) qui révèle implicitement que l’enjeu des expériences réalisées porte sur l’effet d’une variation de masse de soluté ou d’une variation de volume de solution sur la variation de concentration massique, la chronogénèse est majoritairement arrêtée (ligne 2, Graphique 24). En effet, les élèves savent à partir de l’expérience de tous les jours que plus on met du sucre, plus c’est sucré. Comme nous l’avons mentionné plus haut, l’analyse en facettes a montré que le jeu qui a débuté dans le monde des objets et événements (lignes 1 à 7 du Tableau 32) finit dans le champ conceptuel (lignes de 8 à 11 du Tableau 32) en laissant dans l’implicite la nature des relations qui existent entre les concepts (concentration massique et masse du soluté d’une part et concentration massique et volume de solution d’autre part).

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Ils montrent aussi que la phase consacrée à un travail par groupe (ligne 5, Graphique 25) dédiée à la construction de la composante matérielle de la mésogénèse est la phase la plus longue du jeu (03 min 26 s), alors que la phase se déroulant en classe entière (ligne 7, Graphique 25) et dédiée à la synthèse du jeu est la phase la plus courte (01 min 17 s).



Graphique 24 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1.J09.



Graphique 25 : Évolution de la topogénèse, associée à l’évolution d’autres descripteurs complétant l’interprétation topogénétique du jeu S1.J09.

Continuités et discontinuités dans l’avancée du savoir

Des analyses précédentes, nous inférons une continuité, lors du passage du monde empirique au monde des théories et modèles, entre une description dans le monde empirique (une solution est plus sucrée qu’une autre) initié par un appel à l’expérience quotidienne des élèves (comparer deux solutions par le goût) et une interprétation dans le monde des théories et modèles (une solution est plus concentrée qu’une autre) assurée par un lien interprétatif. L’élément de savoir retenu (À volume égal, la solution la plus concentrée est celle qui contient plus de soluté : f (6.1.2)) est en continuité avec les éléments traités lors de la phase de discussion.

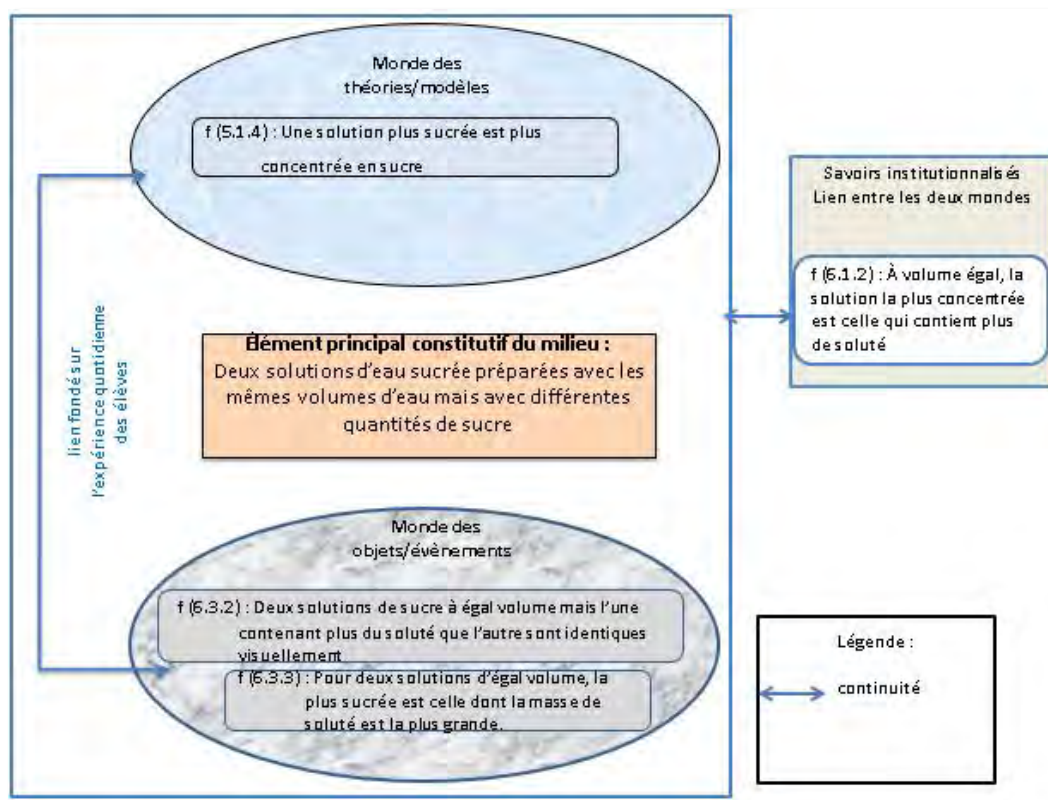


Figure 28 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J09.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S1.J10. L'analyse des différents jeux élémentaires qui ont servi à le construire est présentée dans l'Annexe 3, de la page 387 à la page 392.

2.10. S1.J10: Constaté à partir d'une expérience guidée par groupe, que lorsqu'on prend deux solutions aqueuses de sulfate de cuivre II d'égal volume et de masses de soluté différentes, la plus concentrée est la plus foncée

2.10.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J10 a mis en évidence trois jeux élémentaires (J.E). Le Tableau 33 rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes :

Tableau 33 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J10

Jeux élémentaire J.E Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J10.E1 Prendre connaissance de la tâche (préparer deux solutions aqueuses de sulfate de cuivre d'égal volume mais de différentes masses de soluté : $m_1 > m_2$) et la réaliser en suivant les consignes orales de l'enseignante	tdp 608.bis-tdp 622 (Par groupe)	(132)

<p style="text-align: center;">Jeu J10.E2</p> <p>Comparer les deux solutions de point de vue couleur et interpréter la différence en termes de concentration : « plus concentré c'est plus foncé »</p>	<p style="text-align: center;">tdp 623-tdp629 (P/groupe)</p>	<p style="text-align: center;">(41)</p>
<p style="text-align: center;">J10.E3</p> <p>Écrire, sous la dictée de l'enseignante, ce qui a été constaté lors des deux expériences : « la solution S1 est plus concentrée que S2 car elle est plus foncée »</p>	<p style="text-align: center;">tdp 629.bis-tdp636 (Classe entière)</p>	<p style="text-align: center;">(46)</p>

2.10.2. Analyse du jeu S1.J10

2.10.2.1. Narration didactique du jeu S1.J10

L'enseignante annonce qu'il s'agit de refaire la même expérience que la précédente en utilisant cette fois le sulfate de cuivre au lieu du sucre. Elle attire l'attention des élèves sur le fait que le sulfate de cuivre est un produit chimique qu'il ne faut pas goûter mais qu'il est possible de « l'observer ». Les élèves, divisés en deux groupes G1 et G2, réalisent la préparation demandée (deux solutions de sulfate de cuivre II de volumes égaux et de différentes masses de soluté) en suivant les consignes orales de l'enseignante. Celle-ci fait le tour des groupes en distribuant les masses de sulfate de cuivre prélevées à l'aide d'une cuillère et rappelle la nécessité d'utiliser une éprouvette graduée pour la prise des volumes d'eau égaux. Au moment où les élèves manipulent, un élève du groupe G2 intervient spontanément et propose en arabe l'idée qu'une concentration sera plus grande que l'autre vu que la masse introduite est la plus grande. L'enseignante réprime sa réaction en lui demandant « d'essayer de formuler une phrase, parlez en français, j'ai besoin d'écrire quelque chose en français-là ». L'enseignante demande alors aux élèves de G2 ce qu'ils constatent s'ils mettaient les deux solutions l'une à côté de l'autre sur un fond blanc. Elle valide la réponse de l'élève (une solution est plus foncée qu'une autre) et enchaîne par avancer l'idée que la solution la plus foncée est la plus concentrée car c'est « celle où j'ai mis la masse la plus importante ». L'enseignante demande ensuite aux élèves de G1 quelle solution est la plus concentrée. Sans attendre de réponse, elle ajoute (« celle qui est la plus foncée »). Après avoir amené l'idée que l'utilisation des sens (comme le goûter et la vue) a permis de comparer les concentrations des solutions, l'enseignante dicte la phrase retenue comme interprétation pour l'expérience en cours en reliant la concentration à l'intensité de la couleur bleue de la solution (« la solution S2 est la plus concentrée car elle est la plus foncée »).

2.10.2.2. Caractérisation du jeu S1.J10

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 34 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J10 (P = Professeur, E = élève, E/P = partagée, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents).

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette	
1	f (11.2) : On ne peut pas goûter les solutions préparées avec des produits chimiques comme le sulfate de cuivre mais on peut les observer.	Sécurité	P	Description (pratique) Monde obj/ev
2	f (10.1) : Sans éprouvette on n'est pas sûr d'avoir le même volume d'eau dans les deux tubes.	Savoir-faire	P	Description (procédure) Monde obj/ev
3	f (8.6) : Pour prendre deux masses différentes de soluté on peut utiliser la cuillère.	Savoir quotidien	P	Description (pratique) Monde obj/ev
4	f (6.1.2) : À volume égal, la solution la plus concentrée est celle qui contient plus de soluté.	Lien entre concentration et masse de soluté	E	Interprétation Lien entre les deux mondes
5	f (10.7) : Pour comparer les couleurs des deux solutions on utilise un fond blanc.	Savoir-faire	P	Description (procédure) Monde obj/ev
6	f (6.3.5) : Pour deux solutions de sulfate de cuivre à volume égal, la plus foncée est celle dont la masse soluté est la plus grande.	Lien entre intensité de couleur et masse de soluté	E / P	Description Monde obj/ev
7	f (6.1.2) : À volume égal, la solution la plus concentrée est celle qui contient plus de soluté.	Lien entre concentration et masse de soluté	P	Interprétation Lien entre les deux mondes.
8	f (5.3.1) : L'utilisation des sens permet de comparer les concentrations des solutions.	Lien entre concentration et sens	P	Description (pratique) Monde obj/ev
9	f (5.2.1) : La solution la plus concentrée est la plus foncée.	Lien entre couleur et concentration	P	Interprétation Lien entre les deux mondes

Analyse didactique

L'objet de ce jeu est défini préalablement car il repose sur une continuité avec le jeu précédent (S1.J09) dans la mesure où les règles du jeu restent les mêmes (utiliser les sens, ici la vue, pour construire une observation relatives aux deux solutions d'égal volume et de différentes masse de soluté (ici le sulfate de cuivre II)).

La mésogenèse comprend deux parties. Dans la première, les élèves introduisent dans le milieu les éléments matériels sous la conduite attentive de l'enseignante. Dans la seconde partie, des échanges ont lieu à propos de l'interprétation de l'expérience réalisée.

L'analyse correspondante en facettes montre qu'au moment de la discussion autour des éléments empiriques (cf. J10.E2, Figure 29 ci-dessous), les facettes introduites mobilisent

d'abord un lien entre une variation de masses de soluté et une variation d'intensité de la couleur bleue des solutions (cf. f (6.3.5), ligne 6 du Tableau 34 ci-dessus), puis un lien entre la variation de la concentration et la variation de la masse du soluté (cf. 6.1.2), ligne 7 du Tableau 34). Si la 1^{ère} facette est inscrite dans le monde empirique, la seconde traduit une mise en relation des deux mondes. Cette mise en relation des deux mondes se poursuit aussi pendant la phase de synthèse (cf. J10.E3, Figure 29) avec des liens interprétatifs entre des comparaisons des solutions fondées sur l'utilisation des sens et la notion de concentration massique (cf. f (5.3.1) et f (5.2.1), lignes 8 et 9 du Tableau 34).

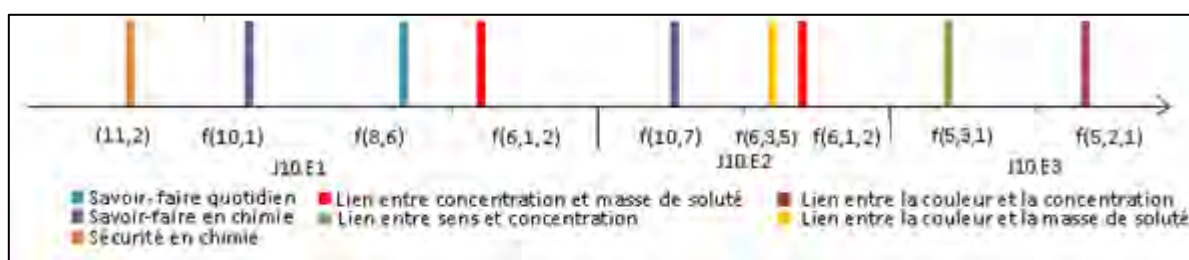


Figure 29 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J10.

Signalons que la facette f (6.1.2) (lignes 4 et 7 du Tableau 34), apparaissant à deux moments différents du jeu (Figure 29), est doublement codée. La première dans les propos de l'élève (J10.E1) et la seconde dans ceux de l'enseignante (J10.E2). Si l'enseignante empêche sa 1^{ère} entrée dans le milieu sous prétexte d'une formulation dans une langue non adéquate, elle ne permet non plus son institutionnalisation (J10.E3) laissant ainsi le lien entre la concentration massique et la masse du soluté dans l'implicite.

La communication est interactive. Lors des rares moments où les élèves sont acteurs, ils sont soit réprimés (cf. Extrait 27 ci-dessous), soit leurs interventions se prêtent aux attentes de l'enseignante (tdp 624, Extrait 28 ci-dessous) :

615.P : (0:46:04.6) bon alors regardez, m_1 supérieur à m_2 , je peux prendre un peu (P prend une demi cuillère de sulfate de cuivre), voilà m_1 / d'accord et m_2 voilà une quantité plus grande (elle prend une cuillère) essayez d'agiter
 616.E : (un élève de G2) madame la concentration de s_2 hiya lekbira (madame la concentration de s_2 est la plus grande)
 617.P : mais pourquoi ?
 618.E : mana 7attina barcha cuivre (car on a mis beaucoup de cuivre)
 619.P : s'il vous plait essayez de formuler une phrase, parlez en français, j'ai besoin d'écrire quelque chose en français-là, qu'est-ce que je dois dire ? Regardez en utilisant / (elle s'adresse à G1 qui essaye de transvaser le contenu de l'éprouvette dans le tube), attention / (elle s'adresse aux élèves de G1) ça y est pour les volumes ?
 620.E : oui
 621.P : d'accord, bon, (0:46:36.2).

Extrait 27 (J10.E1) : L'enseignante ne valide pas la proposition de l'élève quoique pertinente et ne lui laisse pas le temps pour s'exprimer en français. Par ailleurs, elle impose l'observation empirique avant la conclusion (parties en gras) en prétextant qu'elle n'est pas en français (tdp 619).

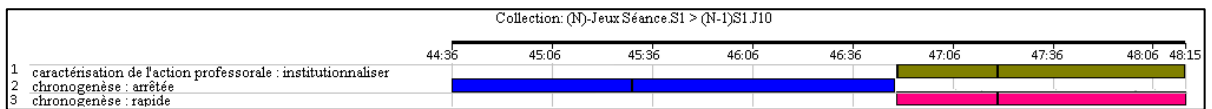
La topogénèse est sous la responsabilité de l'enseignante qui occupe tout au long du jeu une position topogénétique haute (ligne 1, Graphique 27). En effet, c'est elle qui impose les consignes à suivre pour constituer la dimension matérielle du milieu (la préparation des deux solutions), c'est elle aussi qui contraint les élèves à admettre une comparaison des solutions sur la base de la vue (tdp 623, Extrait 28) et c'est elle finalement qui avance l'élément conclusif du jeu (tdp 629.bis, Extrait 28) :

623.P : (0:46:48.8) alors (elle s'adresse à G2) si vous mettez les deux solutions l'une à côté de l'autre qu'est-ce que vous constatez ? (elle prend les deux tubes et les rapproche de sa blouse blanche) là c'est bleu et là c'est bleu je ne vois rien, utilisez un fond blanc, alors regardez.
624.E : (élève de G2) madame hadhika aghmik (celle-là est la plus foncée)
625.P : très bien, plus concentrée, celle où j'ai mis la masse la plus impo
626.E : importante
627.P : importante, regardez bien, d'accord ? Ça y est c'est fait là (elle s'adresse à G1) ? d'accord tenez (elle rend les tubes à G2 et se dirige vers G1).
627.P bis : et là aussi / alors la solution la plus concentrée laquelle ? Celle qui est la plus fon /
628.E : foncée
629.P : la plus foncée parce que j'ai utilisé la vue, donc, tout à l'heure en utilisant le sucre j'ai pu utiliser le goûter avec celui-là j'ai pu utiliser la vue c'est-à-dire les sens
629 bis.P : (0:47:29.7) d'accord, on va écrire la phrase avant tout (elle dicte) la solution, la solution s1 est plus concentrée que s2 car, car quoi ? Celle-ci est plus, elle est comment ? elle est plus fon
630.E : plus foncée
631.P : est plus foncée, celle-ci est plus foncée, là, dans les trois cas je me suis basée / (elle se dirige vers G2 et remarque qu'un élève n'est pas en train d'écrire) pourquoi vous n'écrivez pas monsieur ? (0:47:48.9).

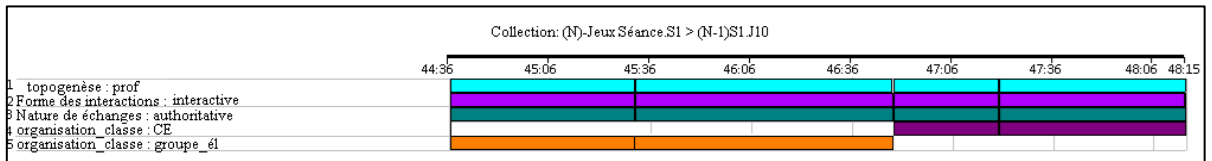
Extrait 28 (J10.E2 et J10.E3) : L'enseignante contraint les élèves à admettre une comparaison des solutions sur la base de la vue sur laquelle elle bâtit l'élément conclusif du jeu.

Sur le plan chronogénétique, hormis une phase arrêtée dédiée à la construction de la composante matérielle du milieu, le reste du jeu est rapidement joué (lignes 2 et 3, Graphique 54) aboutissant à une institutionnalisation mettant l'accent sur le rôle des sens dans la comparaison des concentrations massiques. L'élément conclusif introduit est une interprétation de la différence entre l'intensité de couleur des deux solutions en termes de différence de concentration (cf. f (5.2.1), ligne 9 du Tableau 34 ci-dessus).

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Ils montrent aussi que la phase consacrée à un travail par groupe (ligne 5, Graphique 26) dédiée à la construction de la composante matérielle de la mésogénèse occupe plus de la moitié du temps consacré au jeu (02 min 12 s), alors que la phase se déroulant en classe entière (ligne 4, Graphique 27) et dédiée à la synthèse du jeu occupe le reste (01 min 27 s).



Graphique 26 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1.J10.



Graphique 27 : Évolution de la topogénèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1.J10.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes nous inférons une continuité, lors du passage du monde des observables au monde des théories et modèles, entre une description, initiée par l'appel à l'expérience quotidienne, de la différence entre les deux solutions en termes de différence d'intensités de couleur et une interprétation dans le monde des théories et modèles en termes de différence de concentration massique, assurée par un lien interprétatif. L'élément de savoir retenu (À volume égal, la solution la plus concentrée est celle qui contient plus de soluté : f (6.1.2)) est en continuité aussi avec les éléments de savoir discutés.

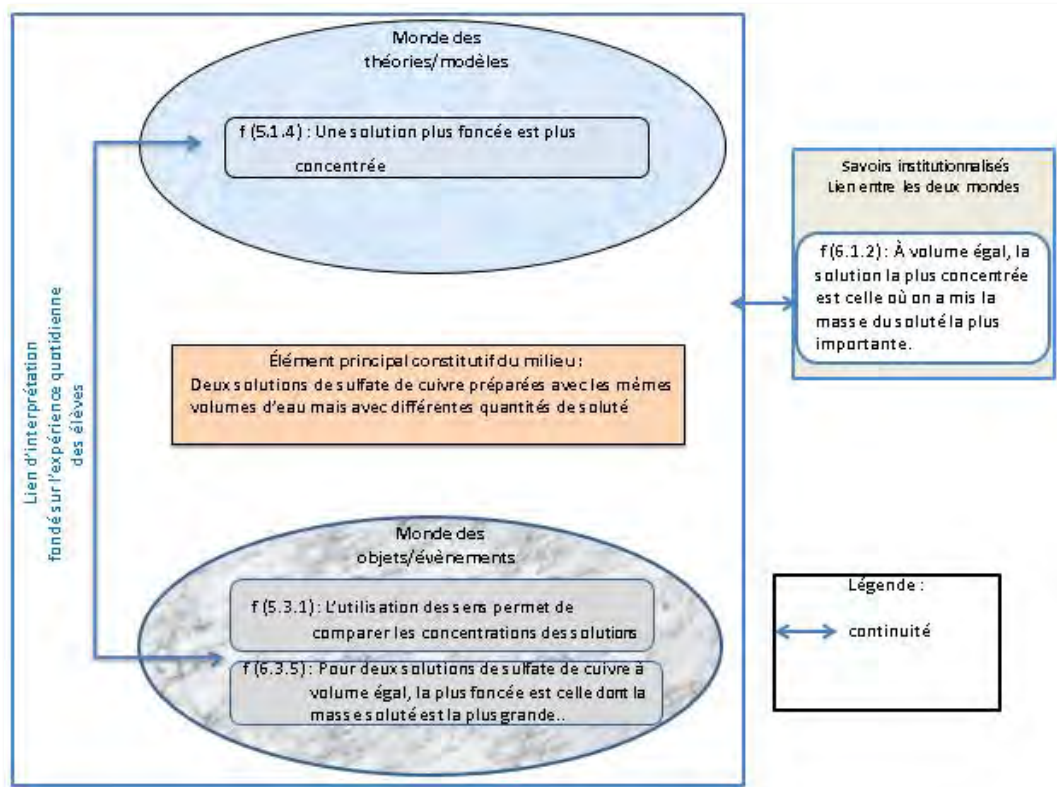


Figure 30 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J10.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S1.J11. L'analyse des différents jeux élémentaires qui ont servi à le construire est présentée dans l'Annexe 3, de la page 394 à la page 397.

2.11. S1.J11 : Définir la concentration massique puis la formaliser en récapitulatif, à l'aide de questions fermées, les observations faites au cours des trois expériences précédentes

2.11.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J11 a mis en évidence deux jeux élémentaires (J.E). Le Tableau 35 rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales des différents épisodes :

Tableau 35 : Caractéristiques générales des jeux élémentaires du jeu S1.J11

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles et organisation sociale de la classe	Durée (s)
J11.E1 Récapituler les constatations relatives aux trois expériences précédemment réalisées en rappelant les facteurs dont dépend la concentration massique d'un soluté dans une solution	tdp 637-tdp 661 (Classe entière)	(107)
J11.E2 Formaliser la concentration massique en termes de rapport de la masse de soluté dissous par le volume de la solution	tdp 661.bis-tdp 665 (Classe entière)	(61)

2.11.2. Analyse du jeu S1.J11

2.11.2.1. Narration didactique du jeu S1.J11

L'enseignante propose aux élèves de récapituler, ensemble, les constatations relatives aux trois expériences qu'ils viennent de réaliser. Elle commence par rappeler qu'ils ont obtenu une solution et enchaîne en donnant ses constituants en soufflant les mots qu'elle laisse les élèves finir (« on a un soluté diss / », « et on a utilisé un sol / »). En finissant toujours les réponses soufflées par l'enseignante, les élèves rappellent les éléments empiriques relatifs au rôle des sens dans la comparaison des concentrations (plus concentré c'est plus sucré et plus concentré c'est plus foncé). L'enseignante déclare que « parfois on a besoin d'une solution concentrée, d'accord, donc je dois connaître la valeur de sa concentration » avant de demander « de quoi dépend [la concentration] d'après ces expériences ? ». Sans attendre de réponse, elle rajoute qu'elle dépend « de / la masse / de soluté / diss » et demande l'autre facteur. Faute de réponse, elle laisse les élèves finir les propositions qu'elle débute (« du vo / », « volume de la solu / ». Finalement, l'enseignante définit oralement la concentration massique comme étant le rapport entre la masse de soluté dissous et le volume de la solution et invite les élèves à l'écrire (en langage naturel) sous sa dictée.

2.11.2.2. Caractérisation du jeu S1.J11

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 36 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J11 (P = Professeur, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents).

	Facette	Groupe notionnel	Type de facette
1	f (1.5.15) : On obtient une solution lorsqu'on a un soluté dissous-dans un solvant.	Dissolution	P Description. Monde obj/ev
2	f (7.1.0) : La concentration possède une définition.	concentration	P Description Monde th/Mod
3	f (5.3.2) : Si on se base sur le goût, la solution la plus concentrée est la plus sucrée et si on se base sur la vue, la solution la plus foncée est la plus concentrée.	Lien entre sens et concentration	P Description Monde obj/ev
4	f (9.6) : Pour certains produits chimiques on doit connaître la valeur de la concentration.	Autre	P Description Monde des Obj/Ev
5	f (7.1.1) : La concentration a une valeur.	Concentration	P Description Monde des th/Mod
6	f (6.3.4) : Le concept de « concentration » dépend des concepts de la masse du soluté dissous et du volume de la solution.	Facteurs dont dépend la concentration	P Définition Monde th/Mod
7	f (7.1.3) : La concentration massique est définie comme étant le rapport de la masse de soluté dissous par le volume de la solution.	Concentration	P Définition Monde th/Mod

Analyse didactique

Ce jeu a pour enjeu d'institutionnaliser une définition de la « concentration massique » en se basant sur un rappel des éléments empiriques des expériences précédemment réalisées (tdp 637 et tdp 641. bis, Extrait 29, ci-dessous) :

637.P : (0:48:15.9) d'accord, (elle s'adresse à toute la classe) alors dans les euh essayons de récapituler maintenant s'il vous plait, essayons de récapituler, dans les trois expériences ici, alors nous avons une solution, une solution, nous avons obtenu une solution, **on a un soluté diss** (0:48:33.0)

638.E : dissous

639.P : dissous et on a utilisé un sol

640.E : un solvant

641.P : solvant

641 bis.P : Alors, comment on va définir la concentration ? / si je me base sur le goûter, qu'est-ce que je peux dire ? **la solution la plus concentrée est celle qui est la plus suc** (0:48:49.3)

642.E : sucrée

643.P : sucrée, si je me base sur la vue

644.E : la plus foncée

645.P : la solution la plus foncée c'est elle qui est la plus concentrée (0:48:55.9).

Extrait 29 (J11.E1) : L'enseignante définit le jeu. L'enjeu est de définir la « concentration » à partir des éléments empiriques rencontrés au cours de la phase expérimentale.

Pour cela, l'enseignante définit le jeu (ligne 2, Graphique 28) en employant dans son discours (tdp 641. bis, Extrait 29 ci-dessus) deux registres différents : le 1^{er} est relatif au monde des objets et des évènements (« si je me base sur le goûter », « si je me base sur la vue ») et le second est relatif au monde des théories et modèles (« comment on va définir la concentration ? »). Ainsi, pour un même mot (la concentration), l'enseignante applique l'évidence des sens et la capacité d'avoir « une définition ». L'enseignante semble donc faire confiance aux éléments empiriques du milieu pour faire émerger la relation entre les différents concepts (masse du soluté, volume de solution et concentration) sans avoir recours à un travail intellectuel. Nous voyons ainsi dans la Figure 31 ci-dessous une facette (f (5.3.2), ligne 3, Tableau 36) qui rappelle le rôle des sens dans la comparaison des concentrations. L'introduction de l'idée qu'on a besoin parfois de connaître [la valeur] d'une concentration (f (9.6), ligne 4, Tableau 36) permet d'attribuer à la « concentration » les propriétés d'une grandeur qui se définit (f (7.1.0), ligne 2, Tableau 36) et qui se calcule (f (7.1.1), ligne 5, Tableau 36). Cette transition du « monde des sens » au monde « des concepts » a permis à l'enseignante de formuler la définition de la concentration (f (7.1.3), ligne 7, Tableau 36) en mettant en jeu les facteurs dont elle dépend (f (6.3.4), ligne 6, Tableau 36).

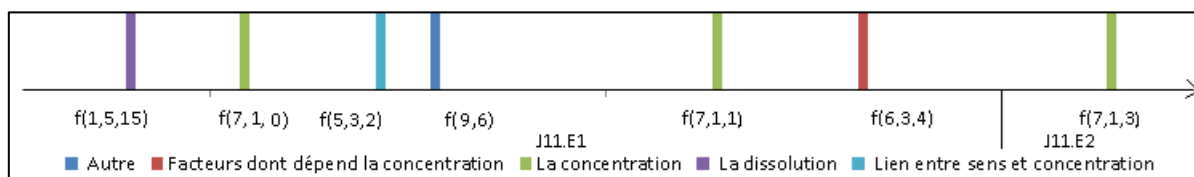


Figure 31 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J11.

L'analyse en facettes laisse voir aussi que toutes les facettes repérées sont des productions enseignantes (cf. Tableau 36) ce qui montre une posture topogénétique haute de l'enseignante (ligne1, Graphique 29). Celle-ci fait d'abord rappeler le vocabulaire spécifique de la dissolution (tdp 637-tdp 641, Extrait 29), le rôle joué par les sens dans la comparaison des concentrations (tdp 641. bis - tdp 645, Extrait 29) et les facteurs qui influent la concentration (tdp 651 et tdp 655, Extrait 30 ci-dessous). Elle introduit ensuite la « définition de la concentration » après avoir mis l'accent sur la limite des sens et l'intérêt de connaître une valeur pour la concentration (Extrait 31 ci-dessous) :

651.P : (0:49:40.4) la concentration elle dépend de quoi d'après ce qu'on vient de voir ?
Elle dépend de quoi d'après ces expériences ? **Elle dépend de / la masse / de soluté / diss**

652.E : dissous

653.P : dissous et elle dépend de quoi aussi ?

654.Es :[silence]

655.P : **du / vo**

656.E : volume

657.P :du / vo / lume

658.E : volume
 659.P : volume de la solu
 660.E : solution
 661.P : de la solution, d'accord (0:50:02.6).

Extrait 30 (J11.E1) : Par un jeu de questions dont elle souffle les réponses, l'enseignante introduit les facteurs qui influencent la concentration.

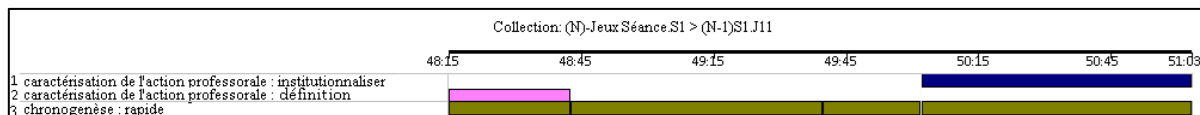
La communication au cours des échanges est autoritative et pratiquement non interactive vu que l'enseignante n'attend pas des réponses à ses questions et souffle la plupart de celles-ci (parties en gras dans les Extrait 29 et Extrait 30).

La chronogénèse (ligne 3, Graphique 28) est rapide car le jeu consiste essentiellement en l'institutionnalisation, sous la totale responsabilité de l'enseignante, de la définition de la concentration massique (tdp 663 et 665, Extrait 31 ci-dessous). Toutefois, l'exploitation minimale qu'a faite l'enseignante du monde empirique ne permet pas à l'élève de d'appréhender la notion du rapport entre la masse du soluté et le volume de la solution qui reste dans l'implicite et pourrait par la suite, empêcher de penser la concentration massique comme étant une proportion d'une masse de soluté dans un volume de solution.

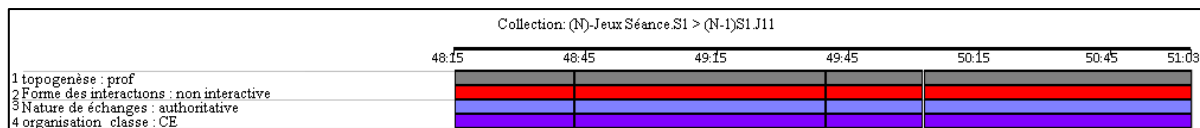
661.P bis : (0:50:02.6) donc je dois calculer une concentration sans ↑ me baser sur les sens, donc on va écrire donc la définition d'une concentration, donc
 662.E : la concentration massique (l'élève lit de la fiche)
 663.P: oui, donc, la concentration massique, donc il faut écrire (elle dicte) elle est définie / elle est définie / elle est définie comme étant, elle est définie // comme étant / comme étant
 664.E : oui
 665.P : le rapport ↑ le rapport / de la masse / de la masse de soluté dissous / de la masse de soluté dissous / par par le volume de la solution, par / le volume / par le volume de de la solution (0:51:03.8).

Extrait 31 (J11.E2) : À posture topogénétique haute, l'enseignante introduit, en langage naturel oral, la définition de la concentration massique.

Nous voyons dans les deux graphiques (Graphique 28 et Graphique 29) ci-dessus, qu'une institutionnalisation sous la responsabilité exclusive de l'enseignante avec une forme de communication autoritative et non interactive, fait accélérer la chronogénèse.



Graphique 28 : Évolution de la chronogénèse au cours du jeu S1.J11



Graphique 29 : Évolution de la topogénèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1.J11.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes, nous inférons une discontinuité dans la mise en relation des deux mondes lors du passage d'une description dans le monde empirique (une solution plus sucrée ou plus foncée qu'une autre) à une définition dans le monde des théories et modèles (la concentration massique modélisée comme étant un rapport de la masse du soluté dissous sur le volume de solution) faute d'une exploitation suffisante des éléments empiriques et d'un travail de conceptualisation permettant d'explicitier la nature des relations qui existent entre les différents concepts (masse de soluté, volume de la solution et concentration) et d'appréhender la notion du rapport et par la suite le caractère intensif de cette grandeur. Tout se passe comme si les constations empiriques suffisaient à donner du sens à la relation proposée.

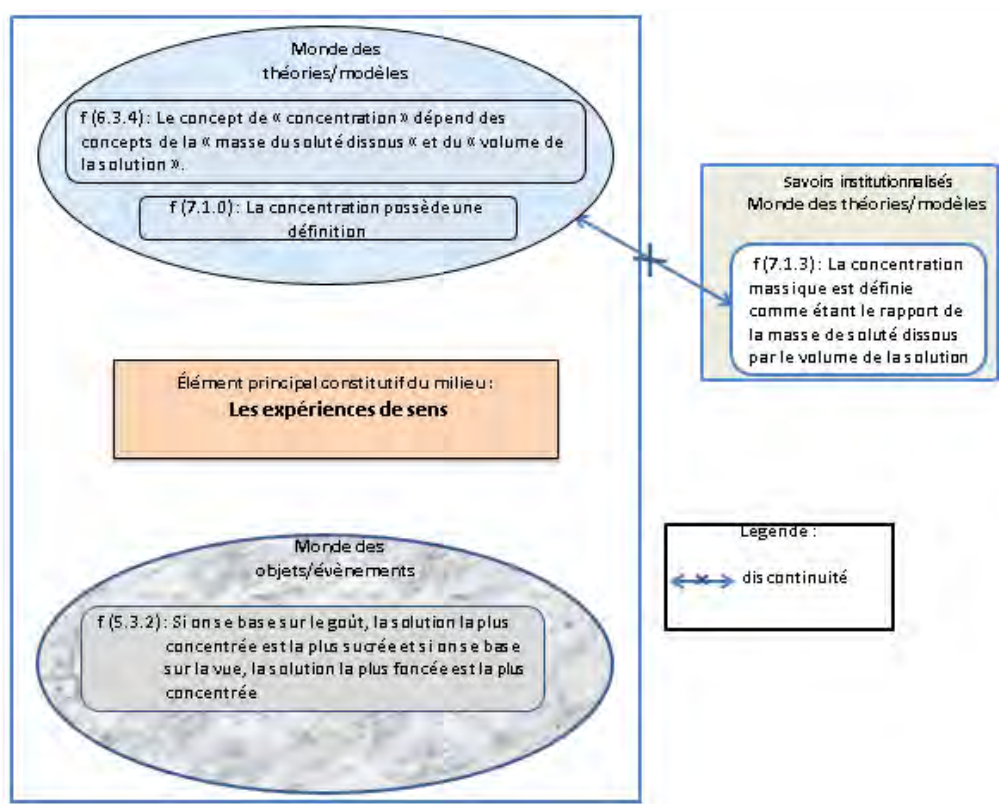


Figure 32 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J11.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S1.J12.

2.12. S1.J12 : Trouver, en sollicitant la mémoire didactique des élèves concernant les grandeurs masse et volume, l'unité de la concentration massique

2.12.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S1.J12 a mis en évidence un seul jeu élémentaire (J.E) dont l'analyse est présentée dans l'Annexe 3, p. 399 et dont le Tableau 37 donne les caractéristiques générales de cet épisode :

Tableau 37 : Structuration au niveau N-1 du jeu S1.J12

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles	Durée (s)
J12.E1 Trouver, en sollicitant la mémoire didactique des élèves, l'unité de la concentration massique à partir de sa formulation.	tdp 664.bis-tdp 686 (Classe entière)	(59)

2.12.2. Analyse du jeu S1.J12

2.12.2.1. Narration didactique du jeu S1.J12

L'enseignante demande aux élèves de donner l'unité de la concentration massique en s'appuyant sur sa définition. Faute de réponse, elle déclenche une série de questions, la plupart avec un ton étonné, sollicitant d'abord un rappel relatif à l'unité de la masse du soluté. Elle retient, parmi des propositions des élèves, le « gramme ». L'enseignante demande ensuite l'unité du volume de la solution et un élève répond c'est le litre. À la demande de l'enseignante, les élèves proposent différentes unités pour la concentration massique (le « litre », le « gramme litre »). L'invalidation implicite de ces unités a permis à un élève de proposer le « gramme par litre ». L'enseignante retient cette réponse et la reformule en « gramme litre moins un » en précisant que le gramme s'écrit avec la lettre « g » en minuscule et le litre avec la lettre « L » en majuscule.

2.12.2.2. Caractérisation du jeu S1.J12

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 38 : Les facettes repérées au cours du jeu S1.J12 (P = Professeur, E = élève, E/P = partagée).

	Facettes	Groupe notionnel	Type
1	f (7.2.4) : La concentration massique possède une unité.	Unité_concentration	P Définition Monde des th/mod
2	f (7.2.5) : L'unité de la masse du soluté est le gramme.	Unité_masse	E Définition Monde des th/mod
3	f (7.2.6) : L'unité du volume est le litre.	Unité_volume	E Définition Monde des th/mod
4	f (7.2.7) : L'unité de la concentration massique est le gramme par litre.	Unité_concentration	E / P Définition Monde des th/mod
5	f (7.2.8) : Le gramme s'écrit avec g minuscule et le litre avec un « L » majuscule.	Unité_concentration	P Définition Monde des th/mod

Analyse didactique

L'enseignante procède à l'institutionnalisation de l'unité de la concentration massique (ligne 1, Graphique 30).

La mésogenèse s'appuie sur des éléments préalablement introduits (la définition de la concentration massique, ligne 7 du Tableau 36) et aussi sur des éléments résultant de l'appel

à la mémoire didactique des élèves relative aux unités de la masse du soluté et du volume de solution (tdp 665.bis et tdp 671, Extrait 32). Rappelons que l'enseignante a verbalisé la définition de la concentration massique comme étant « le rapport de la masse de soluté dissous par le volume de la solution, tdp 665, Extrait 31, p. 159 ». Rappelons aussi que les élèves ont rencontré les concepts « masse » et « volume » dans des cours précédents⁵¹.

665.P bis : (0:51:03.8) /// elle est exprimée / quelles sont euh, qui est-ce qui peut me donner la / l'unité de la concentration massique d'après ce qu'on vient de voir maintenant ? ///// (0:51:18.8) la masse du soluté est exprimée en quoi ? // Quelle est l'unité de la masse du soluté dissous ? // la masse qu'elle est son unité ? // exprimée en quoi ? / la masse est exprimée en quoi ? /// mais en quoi ↑ elle est exprimée la masse ? / mais c'est pas possible ! (0:51:38.9)

666.Es : [silence]

667.P : la masse ↑ bèhichi taw ! (c'est marrant ça)

668.E1 : (une élève de G2) masse molaire

669.P : en quoi (0:51:47.1)

670.E2 : (une élève de G2) en gramme

671.P : en gramme ↑ et le volume ? Il est exprimé en quoi ?

672.E3 : (un élève de G2) en litre

673.P : en litre, donc la concentration serait exprimée en quoi ?

674.E1 : litre

675.P : concentration massiqu ↑ e

676.Es : gramme litre

677.P : gramme ↑

678.E3 : par litre

679.P : par litre, gramme litre moins un, alors, elle est exprimée

680.E : elle est exprimée

681.P : en gramme litre

682.E : moins un

683.P : litre moins un, gramme litre moins un, gramme c'est un g, litre, litre ça doit être un l majuscule hein, d'accord, voilà, bon, vous pouvez sortir (0:52:02.7).

Extrait 32 (J12.E1) : Par une série de question, à forte pression, sollicitant un rappel des unités relatives à la masse du soluté et au volume de la solution, l'enseignante conduit les élèves à construire l'unité de la concentration massique

L'analyse en facettes montre que les éléments de savoir introduits sont tous des définitions inscrites dans le monde des théories et modèles (cf. Tableau 38) et contribuent à la construction de l'unité de la concentration massique. En effet, la répartition thématique des facettes (cf. Figure 33) montre que la connaissance des unités relatives à la masse du soluté

⁵¹ Les élèves ont rencontré les concepts de la « masse » et du « volume » en physique comme en chimie. En physique, ils ont vu les deux concepts, d'abord d'une façon séparée puis, reliée à la grandeur masse volumique. Dans ce cas, les unités sont celles du système international (SI) à savoir la masse est en kilogramme (kg) et le volume est en mètre cube (m³). En chimie, la masse et le volume sont associés à la quantité de matière et leurs unités étaient respectivement le gramme (g) et le litre (L) (cf. § 1.2.1, p. 12).

(f (7.2.5)) et au volume de la solution (f (7.2.6)) était indispensable dans la construction de l'unité de la concentration massique (f (7.2.7)).

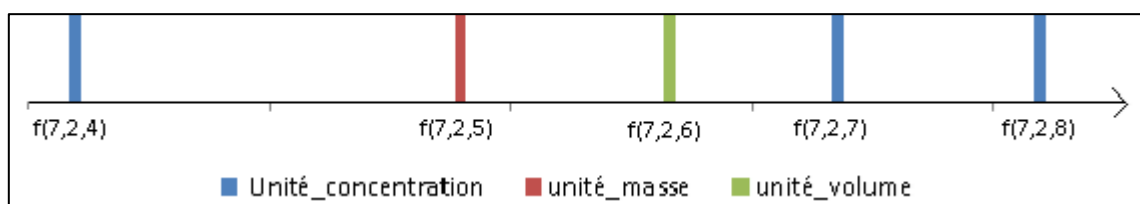
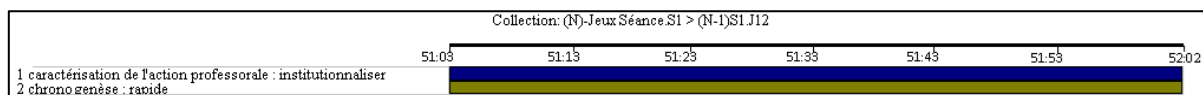


Figure 33 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S1.J12

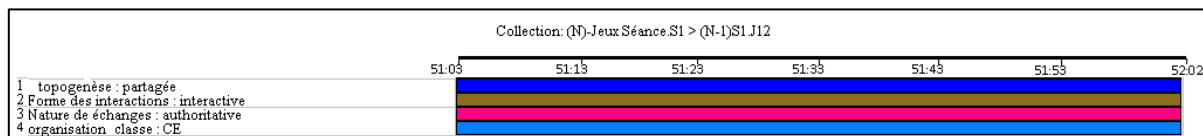
La communication est autoritative et interactive. L'enseignante, par ses questions à forte pression, insiste que les élèves rappellent correctement les unités de la « masse » et du « volume » (tdp 670 et tdp 672, Extrait 32). Cependant, la construction de l'unité de la « concentration massique » à partir des unités de la « masse » et du « volume » paraît une tâche non évidente (tdp. 673-tdp. 679, Extrait 32). Si plusieurs élèves la conçoivent comme une composition des deux unités, ils hésitent toutefois entre le « gramme litre » et le « gramme par litre ». L'enseignante n'explore pas les propositions des élèves qui émergent, la plupart du temps, par effet de contrat et ne procède à aucune régulation.

La topogénèse est partagée (ligne 1, Graphique 31) mais d'une façon déséquilibrée. En fait ce déséquilibre est lié à la direction d'étude des élèves. Ceux-ci apportent des éléments de savoir, mais à la demande stricte de l'enseignante à partir de questions très ciblées. Ils doivent s'inscrire dans la démarche qu'elle propose. De cette façon, les élèves sont embarqués dans le décodage des attentes de l'enseignante (tdp 676-tdp 679, Extrait 32). L'analyse en facettes montre que l'apport des élèves reste au niveau du rappel des unités relatives à la masse du soluté (f (7.2.5), Tableau 38) et au volume de la solution (f (7.2.6), Tableau 38) et que l'enseignante partage avec eux la formulation de l'unité de la concentration massique (f (7.2.7), Tableau 38). De cette manière, le lien entre les trois concepts (masse de soluté, volume de solution et concentration massique) reste difficile à voir pour les élèves surtout qu'une verbalisation de la définition sans la formulation mathématique n'aide pas les élèves à appréhender la notion du rapport et en conséquence à préciser les unités.

La chronogénèse est rapide (ligne 2, Graphique 30) et avance, à partir de l'activation de la mémoire didactique des élèves (ligne 1, Graphique 31), vers une institutionnalisation (ligne 1, Graphique 30) de l'unité de la concentration massique, indispensable dans son calcul.



Graphique 30 : Évolution de la chronogenèse au cours du jeu S1.J12.



Graphique 31 : Évolution de la topogenèse, associée à l'évolution d'autres descripteurs complétant l'interprétation topogénétique du jeu S1.J12.

Les graphes Transana ci-dessus récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes, nous inférons une discontinuité dans le monde des théories et modèles entre la définition retenue de la concentration massique, verbalisée en langue naturelle, et la composition de son unité faite d'une formulation de la définition en langage mathématique symbolique écrit.

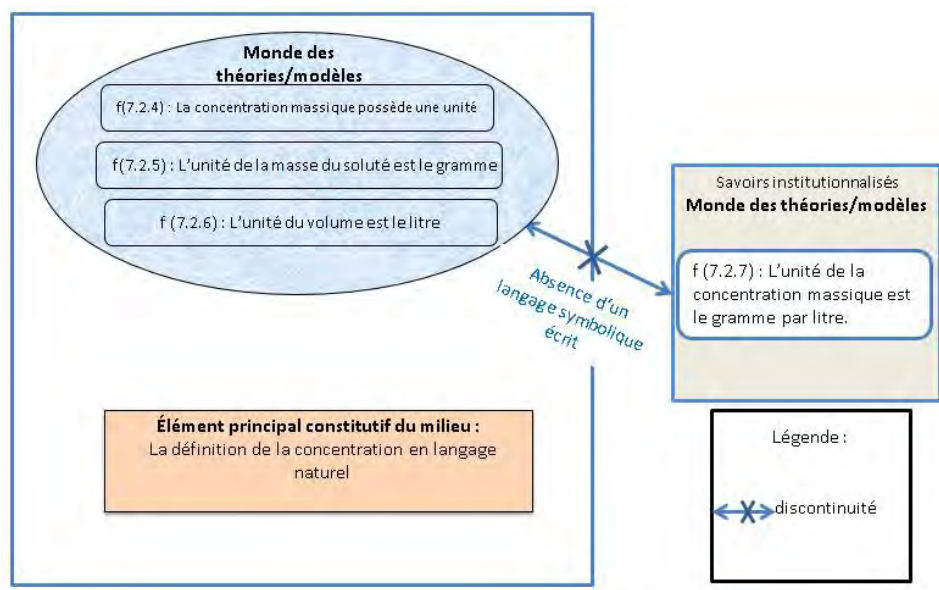


Figure 34 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S1.J12.

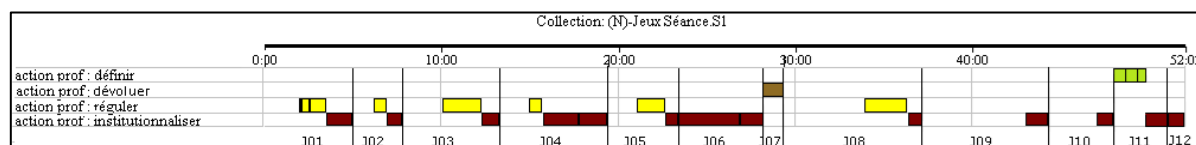
3. Analyse didactique de la séance S1

Nous faisons ici une synthèse des analyses précédentes (analyses des J.E, des facettes et des jeux didactiques) sur toute la séance. Comme nous l'avons précisé dans la méthodologie (§ 2.3, p. 73), cette synthèse s'appuie sur une analyse quantitative des modalités de nos différents descripteurs et puise aussi des informations de la description produite au niveau des jeux didactiques. Nous avons retenu les aspects majoritaires de ces modalités pour caractériser la mésogenèse, la topogenèse et la chronogenèse. Nous utilisons notre analyse en facettes pour conforter nos conclusions.

3.1. La mésogénèse

Nous nous intéressons ici à la manière adoptée par l'enseignante pour faire évoluer le milieu vers les savoirs attendus. Nous caractérisons cette évolution à travers les techniques didactiques qu'elle développe et les gestes mésogénétiques qu'elle utilise.

Le Graphique 32 ci-dessous montre la répartition dans le temps des différentes techniques didactiques utilisées par l'enseignante.



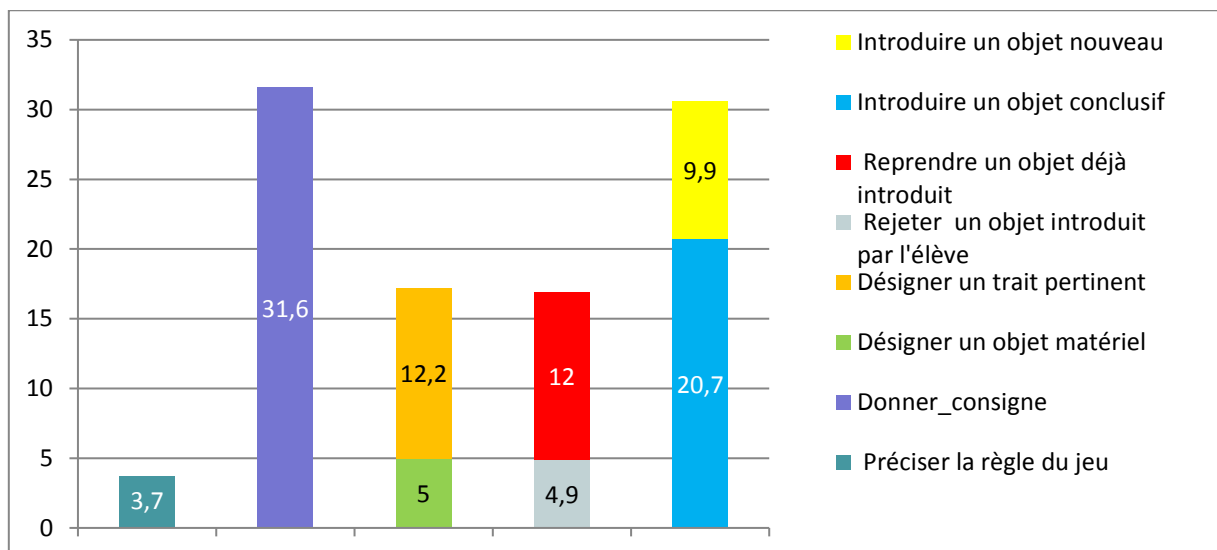
Graphique 32 : Répartition des techniques didactiques professorales au cours de la séance S1.

Plusieurs éléments nous semblent importants dans le graphique :

- Les techniques didactiques « définir » et « dévoluer » sont presque inexistantes. En effet, l'enseignante ne donne de la visibilité sur les savoirs en jeu qu'au moment de leurs institutionnalisations vu qu'elle ne définit pas les jeux⁵² (à l'exception d'une définition a minima du jeu 11, Graphique 32). Par ailleurs, les jeux ne sont pas dévolus si on néglige une tentative de mettre les élèves dans une situation de « vouloir apprendre » lorsqu'elle les laisse croire qu'ils savent déjà la notion à aborder dans les jeux à venir en proposant une situation de leur vie quotidienne (jeu 07, Graphique 32).
- La technique didactique « institutionnaliser » prédomine dans la mésogénèse et la plupart des jeux donne lieu à une institutionnalisation. Plusieurs savoirs sont dictés par l'enseignante et concernent essentiellement la définition de la dissolution associée au type du mélange formé, le vocabulaire spécifique à la dissolution, la définition de la concentration massique d'une solution et son unité.
- La technique « réguler » précède souvent la phase d'institutionnalisation des jeux (c'est le cas des jeux J01, J02, J03, J04, J05 et J08). Nous analysons plus précisément cette technique à travers la répartition des gestes mésogénétiques récurrentes utilisées par l'enseignante lors de la séance S1 résumées par le Graphique 33⁵³:

⁵² L'enseignante ne définit pas le jeu mais la dimension implicite et durable du contrat supporte l'activité des élèves qui doivent réaliser l'expérience, observer puis en induire une conclusion sous la conduite de l'enseignante. Les élèves ne découvrent l'enjeu réel du savoir que vers la fin du jeu, au moment de son institutionnalisation écrite.

⁵³ Pour construire ce graphique des gestes mésogénétiques, nous nous sommes basés sur les mots-clés qui ont servi à coder la mésogénèse dans les J.E sur Transana. Nous avons compté la durée des épisodes dans lesquels apparaît le geste désigné.



Graphique 33 : Répartition (en % du temps de la séance) des gestes mésogénétiques utilisés par l'enseignante lors de la séance S1.

On remarque que les gestes récurrents de l'enseignante sont « donner des consignes » et « introduire un objet conclusif » :

- Le geste « donner des consignes » concerne essentiellement les injonctions du début des jeux qui contribuent à constituer la composante matérielle du milieu. Ce dernier évolue sous le double effet des consignes orales de l'enseignante et de leur mise en œuvre expérimentale par les élèves⁵⁴.
- Le geste « introduire un objet conclusif » accompagne les phases d'institutionnalisation sans qu'il ne soit associé, la plus part du temps, à un travail expérimental ou intellectuel quelconque de la part de l'élève (le volume de la solution (J01) ; l'interprétation de la non miscibilité de l'eau et de l'huile basée sur le devenir d'une expérience dont le résultat n'était pas celui attendu par l'enseignante (la formation d'une émulsion au lieu d'un mélange à deux phases différentes (J04) ; l'effet du volume sur la concentration massique de la solution (J08 et J11) ; la définition de la concentration massique (J11)).

D'autres gestes sont employés rarement mais qui contribuent à contrôler le milieu :

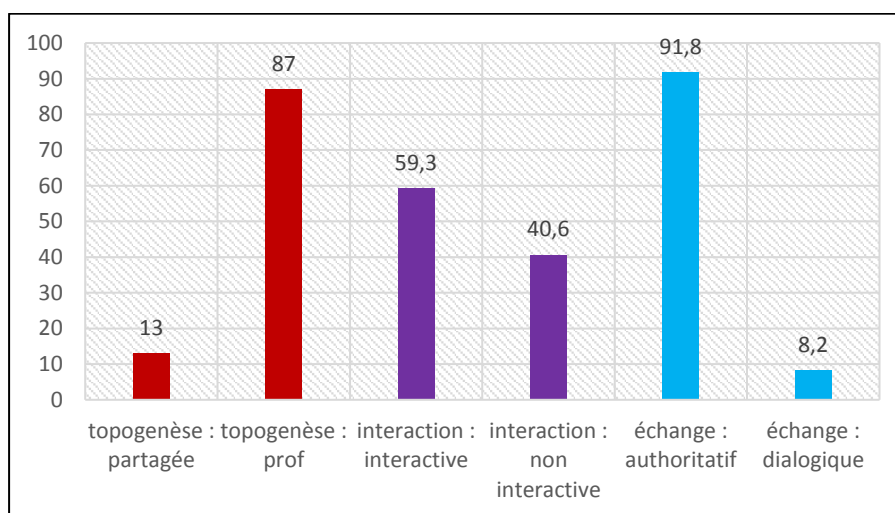
- La désignation de traits pertinents (J01, J08, J09, J10) et d'objets matériels (J04, J05).
- L'introduction des objets nouveaux qui ne seront pas retenus immédiatement (le vocabulaire spécifique à la dissolution) ou qui vont carrément disparaître au moment de l'institutionnalisation (la divisibilité du soluté (J01) et la miscibilité (J04)).
- La reprise d'objets déjà abordés pour les intégrer à différents moments de la séance et particulièrement dans deux moments récapitulatifs (J06 et J11).

⁵⁴ On retrouve ici le poids topogénétique de l'enseignante (cf. Graphique 35) qui fait élaborer de manière ad hoc la composante matérielle du milieu sur laquelle les élèves vont travailler.

- Le rejet des rares objets introduits par les élèves lorsqu'ils avancent une interprétation des éléments empiriques sur une description des faits (interprétation en termes d'une différence de concentration au lieu d'une description en termes d'une différence du goût (J08) ou d'une différence d'intensité de couleur (J10)). Toutefois, si le passage du descriptif à l'interprétatif n'est pas évident, l'enseignante précise la règle du jeu en rappelant les élèves qu'elle cherche à comprendre ce qui s'est passé pour le diode (le cas du jeu J03).

3.2. La topogenèse

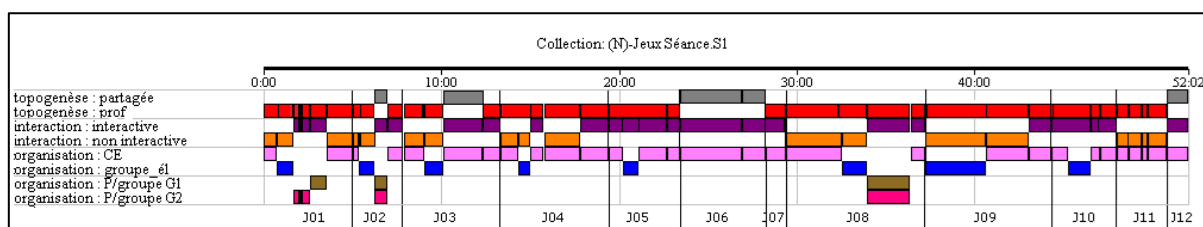
Nous examinons maintenant la topogenèse en regardant aussi la forme de la communication conduite dans la classe. Le Graphique 34 ci-dessous montre la répartition en temps⁵⁵ des modalités associées à la topogenèse et à la communication. On remarque que l'enseignante occupe une position prédominante dans l'évolution au cours du temps de la responsabilité exercée à l'égard du savoir (87% du temps de la séance). On observe aussi que la communication est autoritative (92%) et majoritairement interactive (pendant presque 60% du temps de la séance) :



Graphique 34 : Répartition des modalités de la topogenèse et de de la communication (en % du temps de la séance S1).

Nous caractérisons davantage la topogenèse en la croisant avec l'analyse communicationnelle et l'organisation sociale de la classe. C'est ce que montre le Graphique 35 ci-dessous :

⁵⁵ Les pourcentages sont fournis par Transana à partir du temps des épisodes contenant les mots clés relatifs aux modalités concernées.



Graphique 35 : Évolution des descripteurs liés à la topogenèse lors de la séance S1.

Nous remarquons sur le Graphique 35 que :

- La responsabilité à faire avancer le savoir est majoritairement sous la responsabilité de l'enseignante quelle que soit l'organisation sociale de la classe.
- Elle est rarement partagée, et cela pendant des moments de travail en classe entière lorsqu'il s'agit surtout de rappeler des éléments récemment abordés (J06) ou aussi des éléments plus anciens (J02, J12) ou aussi de décrire le changement de couleur de l'alcool après l'ajout du diiode (J03).
- L'enseignante exerce, au début des jeux mettant en jeu une activité expérimentale, la totale responsabilité sur l'évolution du milieu (matériel) qui semble primordiale pour établir les savoirs en jeu.

Nous voyons sur le Graphique 35 aussi que la plupart des jeux (9 jeux sur 12) renferment un épisode caractérisé par un échange interactif et une position topogénétique prédominante de l'enseignante. Ce sont :

- Des moments de discussion des éléments de l'expérience, animés par l'enseignante, qui oriente, par ses questions, les élèves vers des réponses conformes à ses convenances (cf. les jeux J01, J04, J05, J08, J10). Ces moments commencent généralement au sein de chaque groupe pour finir en classe entière. Les questions sont formulées en trois catégories principales :
 - Des questions ouvertes non aidantes, ne fournissant aucun indice par rapport à la réponse attendue⁵⁶. Elles sont fréquentes et répétitives ;
 - Des questions liées à la mémoire didactique de la classe mobilisant des savoirs récemment installés ou rappelant le déroulement d'une expérience déjà réalisée ;
 - Des questions fermées dont les réponses sont généralement soufflées par l'enseignante.

Au cours de ce jeu de questions, les interventions des élèves sont généralement réprimées dans la mesure où elles manifestent des connaissances naïves sur la dissolution (« la dissolution est une disparition ») ou si elles sont exprimées dans les termes d'un langage courant ou scientifique en arabe ou aussi si elles ne sont pas conformes à l'attente de l'enseignante (c'est le cas par exemple lorsque les élèves

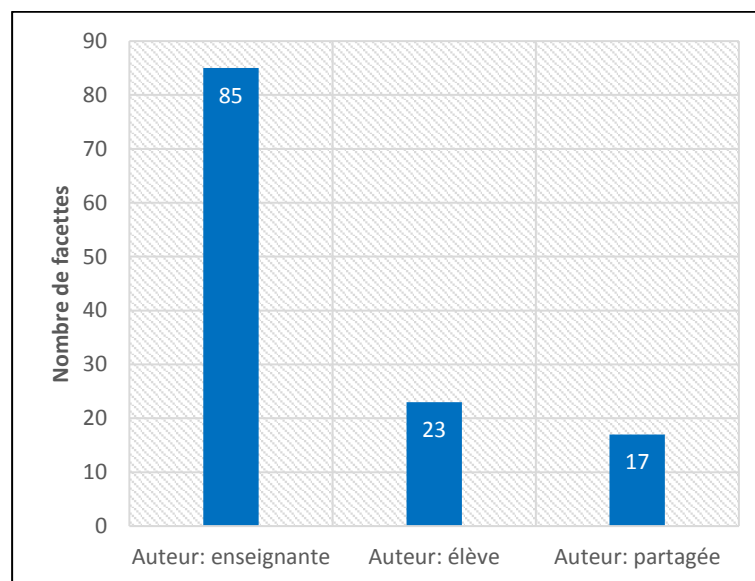
⁵⁶ Des questions du genre : « que s'est-il passé ? ».

mettent en avant une interprétation des éléments empiriques au lieu d'une description).

- Des moments d'institutionnalisation, en classe entière, à la fin des jeux. En effet, au cours de ces épisodes l'enseignante sollicite les élèves, toujours par des questions, pour qu'ils rappellent des éléments abordés dans la discussion (J02, J03, J04, J05) ou rappeler des éléments récemment installés dans la classe (J07, J08, J09, J10).

La communication est essentiellement authoritative ; au début du jeu, dans la mesure où tout est fait en vue de se mettre dans une situation qui ultérieurement permettra de mettre en évidence de manière directe un élément de savoir, ensuite, au cours de la discussion des éléments de l'expérience, où le référent est le point de vue de l'enseignante.

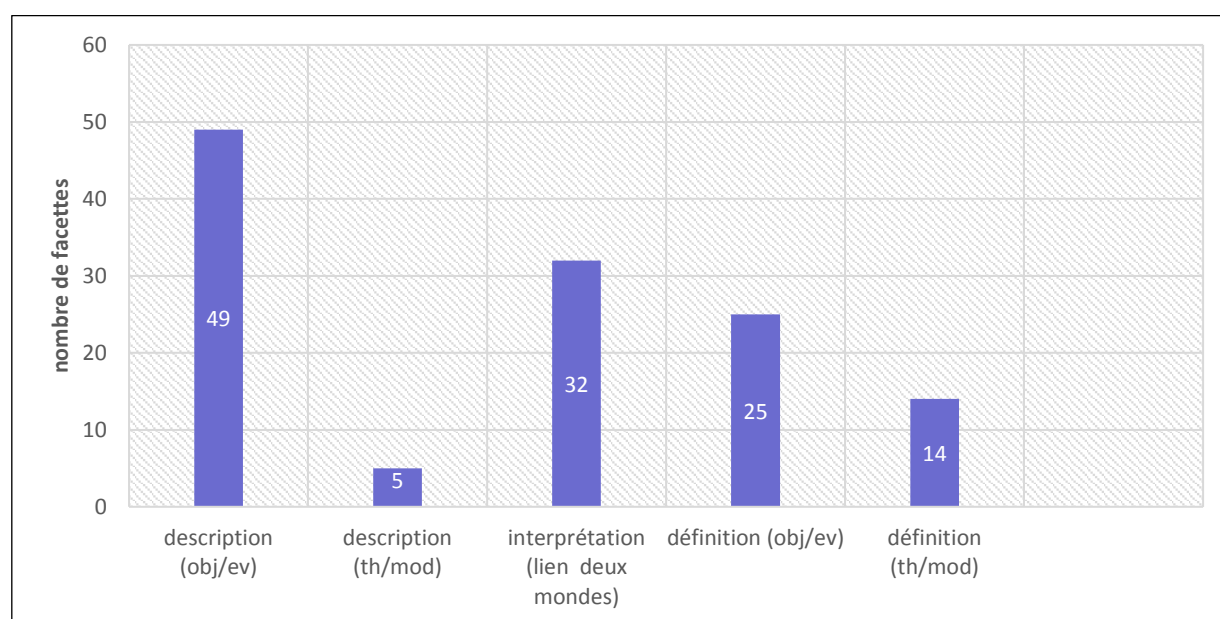
Par ailleurs, si nous n'avons pas codé une « topogenèse élève », cela n'exclut pas l'apport d'éléments de savoir par les élèves. En effet, au niveau de notre analyse microscopique (cf. Graphique 36 ci-dessous), nous constatons que sur les cent vingt-cinq facettes codées au cours de la séance, les élèves produisent ou participent à la production de presque un tiers d'entre elles (40 facettes, dont 23 facettes élève et 17 facettes partagées). Mais cet apport reste généralement insignifiant vis-à-vis de l'avancée du savoir et ne montre pas un travail réflexif de la part des élèves. Les tableaux d'identification des facettes relatives aux jeux analysés montrent que les facettes « élèves » s'inscrivent majoritairement dans le monde des objets et des événements et sollicitent principalement des descriptions et des définitions (30 facettes sur 40).



Graphique 36 : Répartition des facettes selon l'auteur dans S1.

D'un autre côté, l'analyse en type de facette relatif à la tâche épistémique mobilisée (cf. Graphique 37 ci-dessous) montre que l'ensemble des tâches épistémiques se réduit au triplet « description », « définition » et « interprétation ». La tâche « description » accompagne les éléments de savoirs nouveaux qui sont généralement introduits en passant d'une « description » dans le monde des objets et événements à une « interprétation » dans

le monde des théories et modèles. Il paraît que la mise en place d'un milieu initial fondé sur les expériences de sens a favorisé le travail inductif dont la stratégie consiste à réaliser une expérience qui doit initier une observation (qui mobilise les sens) sur laquelle se bâtit une conclusion. Les facettes codées « définition » se trouvent généralement associées à des phases d'institutionnalisation (ce que les tableaux d'identification des facettes et de leurs caractéristiques permettent de vérifier). Elles mettent en jeu, dans ce cas, des éléments de savoir répétés mais qui gagnent par être plus généraux (c'est le cas par exemple de la notion de dissolution et son vocabulaire spécifique qui ne sont plus liées à un exemple particulier, cf. S1.J06, Tableau 26, p. 128) et/ou plus structurés (c'est le cas par exemple de la définition de la concentration massique qui met en jeu une relation entre les trois concepts (concentration, masse et volume).

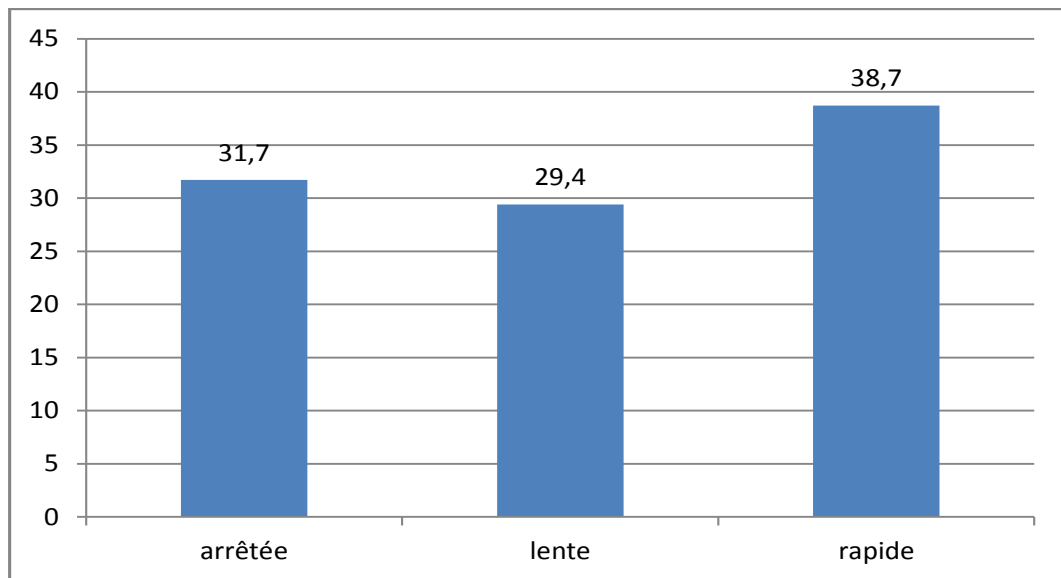


Graphique 37 : Répartition des facettes selon la tâche épistémique mobilisée dans la séance S1.

Par ailleurs, le Graphique 37 ci-dessus nous montre aussi que la majorité des facettes repérées sont inscrites dans le monde des objets et des événements (74 facettes sur les 125) ce qui nous permet de dire que le savoir dans cette séance semble être initié principalement par le monde des observables.

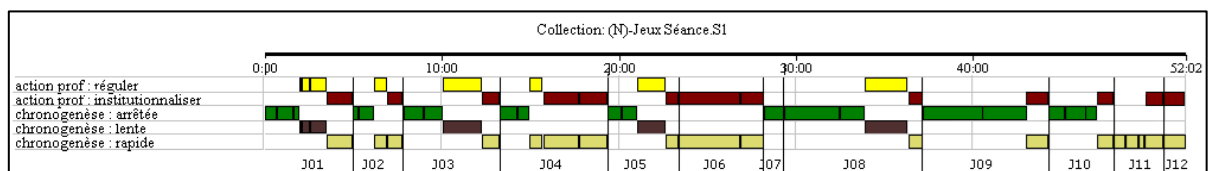
3.3. La chronogenèse

Le Graphique 38 ci-dessous montre la répartition, en temps, des différentes modalités de la chronogenèse. On remarque qu'elle se partage entre une phase arrêtée (31,7% du temps de la séance), une phase lente (29,4%) et une autre rapide (38,7%).



Graphique 38 : Répartition de la chronogenèse (en % du temps de la séance) lors de la séance S1.

Nous pouvons documenter cette répartition en nous intéressant à l'évolution des descripteurs liés à la chronogenèse lors de cette séance : c'est ce que montre le Graphique 39 ci-dessous :



Graphique 39 : Évolution de la chronogenèse et des techniques professorales lors de la séance S1.

Nous observons que :

- La majorité des jeux (huit jeux sur douze) débutent par une chronogenèse arrêtée qui correspond essentiellement à la réalisation par les élèves du milieu matériel fondé sur des expériences de sens réalisées sous la conduite étroite de l'enseignante qui s'assure souvent que le résultat obtenu est bien celui sur lequel elle a prévu de faire travailler les élèves et bâtir ses conclusions. Au cours de cette phase aucun élément de savoir relatif au savoir visé n'est traité. Cependant, on peut trouver des savoirs récemment institutionnalisés dans des jeux précédents (c'est le cas par exemple du vocabulaire spécifique à la dissolution qui est rappelé chaque fois qu'il s'agit de préparer une solution : J08, J09 et J10).
- La chronogenèse lente accompagne une phase comportant des régulations menées par l'enseignante qui oriente généralement les discussions du monde des observables vers la mise en relation des deux mondes (cf. J01, J03, J05, J08).
- La chronogenèse rapide caractérise les phases d'institutionnalisation de tous les jeux. Pendant ces phases, l'enseignante réintroduit des éléments abordés lors de la discussion, comme elle peut aussi imposer des éléments nouveaux sans qu'ils soient associés à un travail expérimental ou conceptuel quelconque (c'est le cas du volume

de la solution considéré comme étant égal au volume du solvant (J01), ou le cas de l'effet du volume sur la concentration massique (J08) ou aussi le cas de la définition de la concentration (J11)).

Les savoirs institutionnalisés concernent la définition de la « dissolution » et son vocabulaire spécifique d'une part et la notion de la concentration massique d'un soluté et les facteurs qui l'influencent d'autre part. Cette caractérisation thématique est visible au niveau des facettes de la Figure 35 ci-dessous codées par des couleurs relatives à leur groupe notionnel. Celles-ci sont centrées sur deux grands thèmes. Le 1^{er} concerne la notion de « dissolution » et son vocabulaire spécifique (la couleur rouge dans la Figure 35 ci-dessous). Le second met en jeu la notion de la « concentration massique d'une solution » et les facteurs qui l'influencent (les couleurs vertes dans la Figure 35).

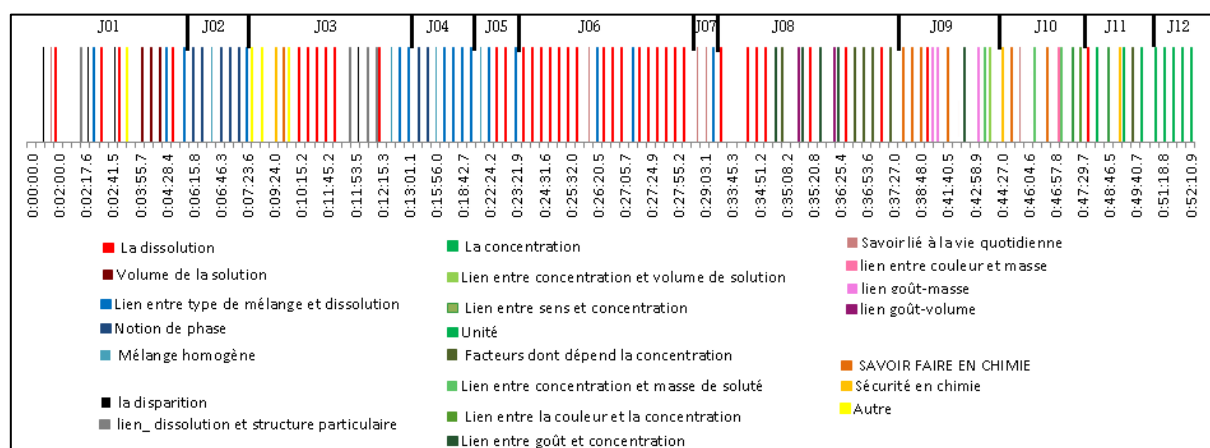


Figure 35 : Les facettes réparties en ordre chronologique de parution (sur l'axe du temps de la séance) laissant visible leur groupe notionnel et les jeux auxquels elles appartiennent.

La Figure 35 ci-dessus montre aussi que les éléments de savoir relatifs à la dissolution et son vocabulaire spécifique (qui constituent l'objet global des six premiers jeux de la séance) continuent à apparaître dans les jeux de la deuxième partie de la séance consacrés aux savoirs relatifs à la concentration massique. En effet, l'enseignante profite des moments de la réalisation des solutions sucrées (J08 et J09) et aussi du moment de récapitulation des résultats des expériences réalisées (J11) pour rappeler à chaque fois la nature de la solution obtenue et les rôles joués par l'eau et le sucre.

Nous restons proche du savoir et nous suivons son avancée. Pour ce faire, nous nous sommes basée principalement sur nos analyses en facettes, et nous avons eu recours aussi à nos analyses en jeux didactiques. Notre analyse consiste à repérer les continuités⁵⁷ et les discontinuités en prenant en compte le point de vue de la modélisation et du langage. Nous les avons ensuite classés en différents types : continuité au sein du monde des objets et évènements, continuité au sein du monde des théories et modèles, continuité lors du passage d'un monde à l'autre, continuité dans les langages utilisés et pareil pour les

⁵⁷ Rappelons qu'une continuité se fait entre deux éléments du même monde, de deux mondes différents, de deux langages différents ou du même langage par un lien (ou son absence dans le cas de la discontinuité).

discontinuités. La Figure 36 ci-dessous résume les continuités et les discontinuités que nous avons pu repérer dans les jeux et au cours du temps.

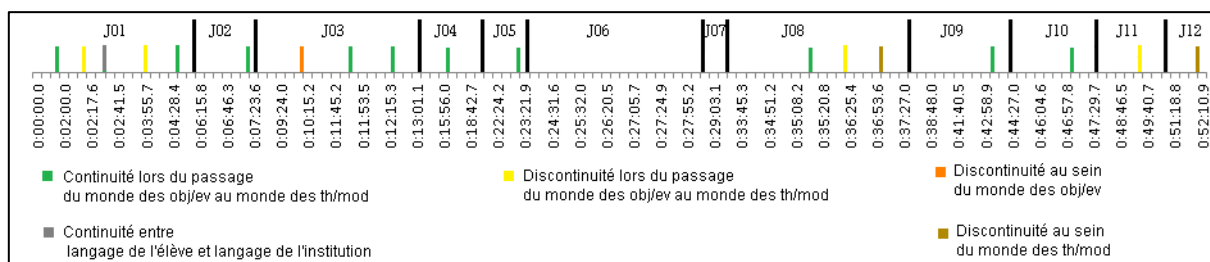


Figure 36 : Les continuités et les discontinuités réparties en ordre chronologique de parution (sur l'axe du temps de la séance S1) laissant visible les jeux auxquels elles appartiennent.

La Figure 36 montre :

- Une mise en relation fréquente entre le monde des observables et le monde des théories/modèles (couleur verte). C'est le cas par exemple de l'introduction de la notion de « dissolution » à partir du type du mélange préparé (homogène ou hétérogène). Cette mise en relation est assurée ainsi par une interprétation macroscopique : Type de mélange – dissolution (J01, J02, J03, J04 et J05). C'est aussi le cas de l'introduction de la notion de « concentration massique » où il s'agit d'abord de comparer les solutions préparées en termes de différence de goût ou d'intensité de couleur pour interpréter ensuite cette différence en termes de différence de concentration (J08, J09 et J10).
- Des discontinuités accompagnent le passage du monde des objets et événements au monde des théories et modèles lors de l'introduction de la notion du volume de la solution (J01, J08), son effet sur la concentration massique d'une solution (J11) et aussi l'introduction de la notion de divisibilité pour interpréter la disparition du soluté (J01).
- Des discontinuités au sein du monde théorique :
 - Entre les concepts « concentration massique », « volume de solution » et « masse du soluté » faute d'un travail conceptuel qui met en évidence le caractère intensif de la concentration (J11).
 - Lors de la construction de l'unité de la concentration massique de la solution faite d'une formulation mathématique symbolique écrite du modèle retenu. En effet, l'enseignante s'est contentée de donner une définition en langue naturelle orale de la concentration massique comme étant le rapport de la masse du soluté sur le volume de solution (J12).
- Une discontinuité est aussi repérée au sein du monde des objets et événements, liée à la nature des produits utilisés. En effet, l'utilisation des produits étrangers (l'alcool et le diiode) aux élèves au regard des produits courants (sel, sable eau) et connus ne

leurs permet pas de réaliser immédiatement qu'ils sont toujours dans le thème des mélanges (J03).

Les interventions de l'enseignante pour établir une continuité entre le langage de l'élève (courant ou scientifique en arabe) et le langage de l'institution (classe de chimie au lycée) sont rares et concernent généralement la désignation du vocabulaire spécifique à la dissolution.

Nous avons récapitulé les continuités et les discontinuités identifiées au cours de S1 dans un tableau consultable en Annexe 5, p. 440.

Chapitre 2 : Analyse de la séance S4

1. Présentation de la séance

Cette séance, de durée (41 min), clôture la séquence consacrée à l'enseignement/étude du « phénomène de dissolution ». Elle est précédée par trois séances de travaux pratiques (TP) intitulées respectivement : la dissolution, la préparation d'une solution titrée et la solubilité.

Notons que cette séance n'était pas programmée préalablement. En effet, à la fin de la 3^{ème} séance de TP (S3) consacrée à l'étude de la solubilité et les facteurs dont elle dépend, l'enseignante nous révèle qu'elle n'est pas satisfaite du déroulement de la séance et qu'elle envisage programmer une autre séance (communication personnelle).

1.1. Analyse a priori

Cette séance (S4) a été consacrée à la réalisation de trois exercices choisis par l'enseignante dont les questions sont dictées au fur et à mesure de l'avancement de la séance elle-même. Elle se déroule à la manière d'un jeu de question/réponse.

Le 1^{er} exercice rappelle la dissolution en proposant aux élèves trois solutions (solution aqueuse de chlorure de sodium, solution aqueuse de sulfate de cuivre et une solution d'alcool iodée) dont il s'agit de citer pour chacune le solvant, le soluté et la nature de la solution (aqueuse ou non). Les solutions proposées rappellent celles réalisées par les élèves lors de la séance S1.

Le 2^{ème} exercice demande aux élèves d'exprimer la concentration d'une solution de chlorure de potassium, donnée en milligramme par millilitre, en gramme par litre.

Une solution aqueuse de chlorure de potassium contient 0,273 milligramme de ce soluté par millilitre de solution. Quelle est la concentration de cette solution en gramme par litre ?

Figure 37 : Énoncé de l'exercice n°2

Pour répondre, les élèves doivent se rappeler de la définition de la concentration massique, de son expression mathématique et de la conversion d'unités (du millilitre en litre et du milligramme en gramme).

Le 3^{ème} exercice porte globalement sur l'effet de la température sur la solubilité massique d'un soluté. La 1^{ère} et la 2^{ème} question demandent de prédire la masse maximale du soluté à dissoudre dans 200 mL d'eau à deux températures différentes, connaissant les valeurs des solubilités du soluté concerné à ces températures.

La solubilité de nitrate de potassium dans l'eau à $T = 20^{\circ}\text{C}$ est $s_1 = 310 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ et à $T = 40^{\circ}\text{C}$, elle est de $s_2 = 630 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

1. Quelle masse de nitrate de potassium peut-on dissoudre au maximum dans 200 ml de solution à une température $T_1 = 20^\circ\text{C}$?
2. Quelle masse de nitrate de potassium peut-on dissoudre au maximum dans 200 ml de solution à une température $T_2 = 40^\circ\text{C}$?

Figure 38 : Énoncé des deux premières questions de l'exercice n°3

Pour répondre, les élèves doivent se rappeler de la définition de la solubilité massique (comme étant la concentration d'une solution saturée à une température donnée), puis en déduire la relation mathématique reliant la masse maximale, le volume de la solution et la solubilité relative à la température indiquée (masse maximale = solubilité * volume de solution).

La 3^{ème} question de l'exercice demande aux élèves de prédire l'effet d'un refroidissement sur une solution saturée :

3. Calculer la masse du nitrate de potassium qui se dépose quand on refroidit la solution de 40°C à 20°C .

Figure 39 : Énoncé de la 3^{ème} question de l'exercice n°3

Pour répondre à cette question, les élèves doivent calculer l'écart entre les valeurs des masses maximales trouvées dans la question précédente.

La dernière question propose de prédire le volume d'eau juste nécessaire à ajouter pour dissoudre le soluté déposé :

4. Déterminer le volume d'eau qu'il faut ajouter à la solution pour obtenir une solution saturée à 20°C sans dépôt.

Figure 40 : Énoncé de la 4^{ème} question de l'exercice n°3

La réponse à cette question exige que les élèves exploitent l'écriture mathématique de la définition de la solubilité ($s = m_{\text{max}}/v$) pour en déduire l'expression du volume ($v = m_{\text{max}}/s$). Deux manières peuvent aboutir au calcul du volume demandé selon que la masse maximale prise en compte soit celle du dépôt ou celle de la masse totale du soluté introduit avant refroidissement. Dans le 1^{er} cas, le volume trouvé sera celui de l'eau ajoutée alors que dans le 2^{ème} cas, il sera celui du volume final de la solution, auquel on doit retrancher le volume initial de la solution (avant refroidissement) pour trouver le volume d'eau ajouté.

En guise de conclusion nous disons que les activités proposées dans les fiches de TP reprennent largement celles du manuel et sollicitent une démarche majoritairement inductive.

1.2. Structuration en jeux didactiques

La séance S4 est structurée en sept jeux didactiques regroupés dans le tableau synoptique suivant (cf. Tableau 39). Pour chaque jeu, nous donnons son intitulé et sa durée. L'intitulé tient compte essentiellement du savoir en jeu et de la manière dont professeur et élèves le traitent.

Tableau 39 : Synopsis au niveau N de la séance S4

Jeu (N) Durée (min:s)	Intitulé
S4.J01 (02min:03s)	Trouver la différence entre concentration massique et solubilité, d'abord en faisant appel à la mémoire didactique, ensuite en cherchant dans le cahier de cours.
S4.J02 (08min:00s)	Se rappeler, à l'aide d'un jeu de question/réponse, des notions de solvant, soluté et solution aqueuse en répondant aux questions de l'exercice n°1 dicté par l'enseignante.
S4.J03 (03min:24s)	Se rendre compte de l'énoncé de l'exercice n°2 et le résoudre en se rappelant de la définition de la concentration massique, de sa formulation mathématique et de son unité.
S4.J04 (12min:49s)	Trouver, en rappelant la définition de la solubilité, les masses du soluté dissous dans un volume d'eau donné à deux températures différentes.
S4.J05 (04min:59s)	Trouver, à l'aide de deux expériences de pensée, la masse du soluté déposée après refroidissement d'une solution saturée.
S4.J06 (07min:54s)	Trouver, en rappelant la définition de la solubilité, le volume d'eau à ajouter pour dissoudre le soluté déposé et avoir une solution juste saturée à une température donnée.
S4.J07 (01min:53s)	Se rappeler, à l'aide d'un jeu de questions/réponses, des définitions de la « concentration » et de la « solubilité » ainsi que leurs désignations en arabe, pour se rendre compte de la différence entre ces deux grandeurs.

2. Analyse des jeux de S4

Nous proposons dans cette section une analyse didactique des jeux⁵⁸ de la séance S4.

Notons que la structuration au niveau N-1 ne donne lieu, pour la plupart des jeux, qu'à un seul jeu élémentaire. L'analyse détaillée des jeux élémentaires est consultable en Annexe 4 (de la page 402 à la page 430).

2.1. S4.J01 : Trouver la différence entre concentration massique et solubilité, d'abord en faisant appel à la mémoire didactique, ensuite en cherchant dans le cahier de cours

Nous donnons ici l'analyse du 1^{er} jeu de la séance S4.J01.

⁵⁸ Nous n'analysons pas en détail le 7^{ème} jeu (S4.J07) « Se rappeler, à l'aide d'un jeu de questions/réponses, des définitions de la « concentration » et de la « solubilité » ainsi que leurs désignations en arabe, pour se rendre compte de la différence entre ces deux grandeurs ». En effet, il présente des caractéristiques équivalentes à celle du 1^{er} jeu de la séance (S4.J01) tant sur l'enjeu du savoir que sur la manière de le traiter.

2.1.1. Structuration en jeux élémentaires

La structuration au niveau N-1 du jeu S4.J01 a mis en évidence un seul jeu élémentaire. Le tableau (Tableau 40) ci-dessous rend compte des caractéristiques générales de cet épisode :

Tableau 40 : Caractéristiques générales du jeu élémentaire du jeu S4.J01

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles	Durée
J01.E1 Trouver la différence entre « concentration massique » et « solubilité massique » d'abord, en faisant appel à la mémoire didactique, ensuite en cherchant dans le cahier de cours.	Tdp 1-tdp 31	(02 min 03 s)

2.1.2. Analyse du jeu S4.J01

2.1.2.1. Narration didactique du jeu S4.J01

L'enseignante, debout près du tableau, s'adresse aux élèves en demandant la différence entre « la solubilité » et « la concentration massique ». Toutes les réponses proposées par les élèves (« la concentration est la masse d'un corps dissous dans l'eau », « solubilité est le maximum de concentration », « concentration maximale ») sont rejetées car jugées par l'enseignante comme étant incomplètes et incompréhensibles. Les élèves cherchent ainsi d'autres pistes pour satisfaire l'enseignante en rappelant les propriétés de la solubilité et les facteurs qui l'influencent. La réponse de l'élève est aussi rejetée car l'enseignante considère que ces facteurs ne font pas la différence entre les deux notions puisqu'ils influencent aussi la concentration. Devant le silence des élèves, l'enseignante rappelle qu'ils peuvent toujours ouvrir leurs cahiers et retrouver la définition de la « solubilité » dans leur cours. La phrase lue par l'élève à partir de son cahier (« la solubilité s d'un corps est égale à la concentration maximale de la solution en ce soluté ») est résumée par l'enseignante en insistant sur la nature commune des deux notions (« la solubilité c'est une concentration ») et que finalement la solubilité n'est autre qu'une « concentration maximale ».

2.1.2.2. Caractérisation du jeu S4.J01

Nous rassemblons ici les différentes analyses pour caractériser le jeu S4.J01 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 41 : Les facettes repérées au cours du jeu S4.J01 (E = élève, P = Professeur).

	Facette	Groupe notionnel	Type ⁵⁹ de facette
1	f (7.1.4) : La concentration caractérise la masse d'un corps dissous dans l'eau.	Concentration	E Définition Monde des th/mod

⁵⁹ Le type de la facette est construit en tenant compte de son acteur principal, de la tâche épistémique qu'elle mobilise et du point de vue de la modélisation mis en jeu.

2	f (12.2.8) : La solubilité est une concentration maximale (à une température donnée).	Solubilité	P	Définition Monde des th/mod
3	f (13.5) : La solubilité dépend de la nature du soluté, de la nature du solvant et de la température.	Facteurs dont dépend la solubilité	E	Définition Monde des th/mod
4	f (12.2.12) : La solubilité d'un corps est égale à la concentration maximale de la solution en ce soluté (à une température donnée).	Solubilité	P	Définition Monde des th/mod

Analyse didactique du jeu

Ce jeu est court (cf. Graphique 40). L'enseignante définit son enjeu en demandant de trouver la différence entre « solubilité » et « concentration massique » d'un soluté (tdp 1, Extrait 33, ci-dessous ; ligne 1, Graphique 40). La mésogenèse repose sur des éléments déjà abordés (tdp 7, Extrait 33) que les élèves doivent se rappeler ou rapporter à partir de leurs cahiers de cours puisque l'enseignante introduit dans le milieu la possibilité de l'ouvrir (tdp 20, Extrait 34).

1.P : (0:00:00.0) Quelle est la différence entre concentration et solubilité ? Je parle de la concentration massique / je m'intéresse à la concentration massique
2.E : (une élève lève le doigt) madame
3.P : oui
4.E : euh la concentration est la masse d'un corps dissous dans l'eau et solubilité est le maximum de concentration
5.P : donnez-moi une phrase complète pour que vos camarades puissent comprendre parce que là j'arrive pas à comprendre ce que vous dites / (elle s'adresse à une autre élève) oui mademoiselle / qu'est ce qui veut répondre ? Quelle est la différence entre concentration et solubilité ?
6.E : (un autre élève parle sans lever le doigt) concentration maximale
7.P : donnez-moi une phrase complète c'est-à-dire un sujet, verbe, complément, j'ai demandé quelle est la différence entre concentration massique et solubilité ? // On a vu les deux, alors / (0:00:48.1).

Extrait 33 (J01.E1) : L'enseignante sollicite la mémoire didactique des élèves relative aux définitions de la concentration massique et de la solubilité.

Sur le plan thématique, la Figure 41 ci-dessous montre que toutes les facettes rappelées sont dans le spectre des notions, enjeux des rappels. Ainsi, la facette f (7.1.4) (cf. ligne 1, Tableau 41) est une définition partielle de la concentration comme étant une grandeur caractérisant la masse du corps dissous. La facette f (12.2.8) définit la solubilité relativement à la concentration (la solubilité est une concentration maximale, (cf. ligne 2 du Tableau 41)). La facette f (13.5) résume les facteurs qui influencent la solubilité (cf. ligne 3 du Tableau 41).

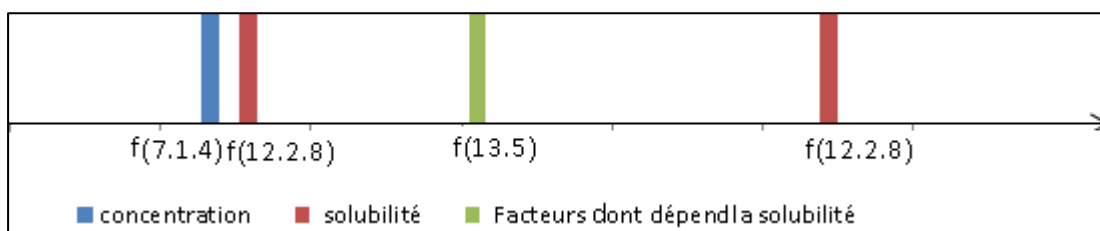


Figure 41 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S4.J01.

La forme de communication est autoritative et interactive. L'enseignante questionne les élèves à partir de ce qu'ils ont « vu » mais sans les aider à aller vers ce qu'elle cherche à obtenir (tdp 5, 7, Extrait 33 ci-dessus et tdp 13, Extrait 34 ci-dessous) :

8.E : (0:00:48.9)
 9.P : oui
 10.E : la solubilité dépend euh de la température
 11.P : oui
 12.E : de la nature de soluté et du solvant
 13.P : et la concentration non ! Elle ne dépend pas de la température de la nature du solvant et la nature du soluté ! la concentration non !
 14.E : si madame
 15.E : oui
 16.P : (0:01:12.9) c'est quoi la solubilité ? behi (ok) narjea (je reprends) / qu'elle est la définition de la solubilité ? **Comment nous avons défini la solubilité ?**
 17.Es : (plusieurs) [inaudible]
 18.P : vous levez le doigt s'il vous plait, oui
 19.Es : [silence]
 20.P : (0:01:21.7) **vous avez vos cahiers devant vous, vous pouvez ouvrir vos cahiers** rahou (ok), vous pouvez toujours voir vos cahiers, comment nous avons défini la solubilité ?
 21.E : (il lit du cahier) la solubilité
 22.E : est égale à
 23.P : la solubilité de quoi avant tout / vous rajoutez
 24.Es : (plusieurs) [inaudible]
 25.P : vous levez le doigt s'il vous plait, la /
 26.E : la solubilité s d'un corps est égale à la concentration maximale de la solution en ce soluté (elle lit de son cahier)
 27.P : c'est une concentration /
 28.E : maximale
 29.P : maximale, donc après tout, la solubilité c'est une concentra / c'est une concentration, mais c'est une concentration maxi /
 30.E : maximale
 31.P : maximale, voilà 0:02:03.8)

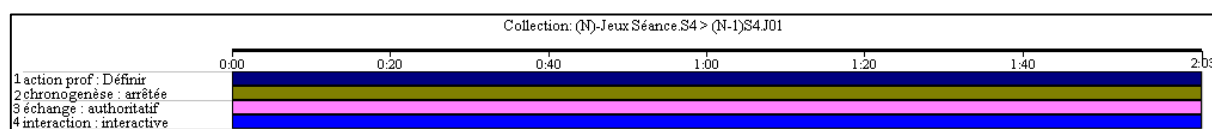
Extrait 34 (J01.E1) : L'enseignante oriente les élèves vers la restitution de la définition écrite sur leurs cahiers du cours.

L'enseignante adopte un positionnement en surplomb en invalidant les propositions des élèves (tdp 4, Extrait 33) considérées comme pertinentes à leurs yeux mais jugées incomplètes par l'enseignante (tdp 7, Extrait 33). Il semble que pour satisfaire l'enseignante,

ceux-ci cherchent d'autres pistes en rappelant les propriétés de « la solubilité » (tdp 10 et 12, Extrait 33). L'enseignante cède finalement la responsabilité du savoir au cahier du cours et donc finalement à elle-même dans la mesure où c'est elle qui a dicté la définition (tdp 20, Extrait 34). L'élève apporte de son cahier la définition demandée que l'enseignante résume en insistant sur la nature identique des deux notions (tdp 29, Extrait 34). L'examen du tableau des facettes (cf. Tableau 41 ci-dessus) montre qu'en fait, les élèves réintroduisent dans le milieu à peu près tous les éléments de savoir, sauf la définition empruntée à leur cahier, qui est celle de l'enseignante (cf. lignes 1, 2 et 3 du Tableau 41), même si ce sont eux qui la lisent.

La chronogénèse stagne (ligne 2, Graphique 40) car l'enseignante s'appuie sur la répétition d'éléments déjà « vus » (tdp 7, Extrait 33) et dont les élèves devraient se souvenir.

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes.



Graphique 40 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu S4.J01.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S4.J02.

2.2. S4.J02 : Se rappeler, à l'aide d'un jeu de questions/réponses, des notions de solvant, soluté et solution aqueuse en répondant aux questions de l'exercice n°1 dicté par l'enseignante

La structuration au niveau N-1 du jeu S4.J02 a mis en évidence un seul jeu élémentaire. Le tableau (Tableau 42) ci-dessous rend compte des caractéristiques générales de cet épisode :

2.2.1. Structuration en jeux élémentaires

Tableau 42 : Caractéristiques générales du jeu élémentaire du jeu S4.J02.

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles	Durée
J02.E1 Opérationnaliser, à l'aide d'un jeu de question/réponse, les notions de solvant, soluté et solution aqueuse dans les situations de l'exercice n°1 dont l'énoncé est dicté par l'enseignante	tdp 32-tdp 142	(8 min)

2.2.2. Analyse du jeu S4.J02

2.2.2.1. Narration didactique du jeu S4.J02

L'enseignante annonce aux élèves qu'elle « va faire questions/réponses ».

Pour ce faire, elle dicte l'énoncé du 1^{er} exercice tout en portant au tableau quelques indications (les noms des solutions proposées : solution aqueuse de chlorure de sodium, solution aqueuse de sulfate de cuivre et l'alcool iodée), répond aux demandes de précisions des élèves (« [la solution est] saturée madame ? », « chlorure de quoi madame ? », « solution aqueuse de quoi madame ? ») et insiste pour que chaque élève ait les énoncés sur son cahier (« celui qui n'a pas écrit va quitter la salle »). Finalement, les élèves ont un tableau à remplir en indiquant, pour chaque solution proposée, quelle substance joue le rôle de soluté, laquelle joue le rôle du solvant et si la solution proposée est aqueuse ou non. Les élèves (au moins ceux qui ont eu la permission de répondre) jouent en grande partie au jeu. Cependant, à la fin de la correction de l'exercice une élève intervient et demande quelles substances joueraient le rôle d'un soluté et d'un solvant dans une solution formée par « un peu de l'eau pure et beaucoup du sel ». L'enseignante l'interpelle et avance l'idée qu'un « solvant ne pourrait pas être solide ». L'élève change alors de question et demande si on peut considérer comme aqueuse une solution où l'alcool était le solvant et l'eau le soluté. L'enseignante reste réticente et renvoie immédiatement la question d'abord à l'élève elle-même « mais c'est à vous de répondre » puis à toute la classe après l'avoir reformulée : « votre camarade vous dit que si on mélange alcool et eau / on a un mélange homogène ? ». L'enseignante conduit ainsi un échange autour de la dissolution eau-alcool et le rôle que peut jouer chaque liquide. Les élèves y participent et répondent aux questions de l'enseignante. Finalement, l'échange est clos lorsque l'enseignante et les élèves apportent la réponse à la question de l'élève : « on ne peut appeler solution aqueuse que lorsque le solvant est l'eau ».

2.2.2.2. Caractérisation du jeu S4.J02

Nous rassemblons ici les différentes analyses pour caractériser le jeu S4.J02 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 43 : Les facettes repérées au cours du jeu S4.J02 (E = élève, P = Professeur, E/P = partagée).

	Facette	Groupe notionnel	Type
1	f (1.5.16) : Dans une solution aqueuse de chlorure de sodium, l'eau est le solvant et le chlorure de sodium est le soluté.	Dissolution	E Définition Monde obj/ev
2	f (1.5.17) : Dans une solution aqueuse de sulfate de cuivre l'eau est le solvant et le sulfate de cuivre est le soluté.	Dissolution	E Définition Monde obj/ev
3	f (1.5.7) : Dans l'alcool iodé, l'alcool est le solvant et l'iode est le soluté.	Dissolution	E Définition Monde obj/ev
4	f (1.5.6) : L'alcool iodé n'est pas une solution aqueuse car le solvant est l'alcool.	Dissolution	E Définition Monde obj/ev

5	f (9.10) : Le chlorure de sodium est un exemple de sel.		Autre	P	Définition Monde th/mod
6	f (1.2.7) : Le solvant ne peut pas être solide.		Dissolution	P	Définition Monde obj/ev
7	f (3.1.7) : Le mélange alcool/eau est homogène.		Type de mélange	P	Description Monde obj/ev
8	f (1.5.19) : Si le volume de l'alcool est supérieur à celui de l'eau, le solvant est l'alcool et le soluté est l'eau.		Dissolution	E	Définition Monde obj/ev
9	f (1.4.3) : Chaque fois qu'on mélange deux liquides, celui qui possède le volume le plus important joue le rôle d'un solvant.		Dissolution	E / P	Définition Monde obj/ev
10	f (1.5.3) : La solution où le solvant est l'eau s'appelle une solution aqueuse		Dissolution	E / P	Définition monde obj/ev

Analyse didactique du jeu

Le jeu et la manière de le jouer sont définis (ligne 1, Graphique 41). Il s'agit en effet, d'identifier, à partir d'un jeu de questions/réponses, le solvant, le soluté et la nature de solution pour chaque exemple de solution proposée par l'exercice. Les élèves doivent répondre en mobilisant des savoirs déjà abordés (lors des expériences de dissolution vues particulièrement au cours de la séance S1) relatifs aux différentes dissolutions et au vocabulaire correspondant.

La mésogenèse s'appuie ainsi sur le passé didactique de la classe à partir duquel sont réintroduits tous les éléments de réponses attendus⁶⁰. On peut distinguer en effet deux phases organisées par l'enseignante : l'une consacrée à l'introduction des situations qui seront analysées, l'autre dans laquelle les élèves analysent les solutions en réponses aux questions.

Sur le plan thématique, nous voyons sur la Figure 42 ci-dessus une centration des facettes sur la notion de « dissolution » (huit sur dix facettes) témoignant que cette notion et son vocabulaire spécifique constituent l'enjeu principal des éléments introduits dans le milieu.

⁶⁰ En effet, les élèves analysent le nom de la solution proposée (par exemple : solution aqueuse de chlorure de sodium) et identifient le solvant (ici l'eau car solution aqueuse), le soluté (c'est la substance autre que l'eau, ici le chlorure de sodium) et la nature de la solution (aqueuse) en faisant référence aux définitions relatives au vocabulaire spécifique de la dissolution supposée retenu.

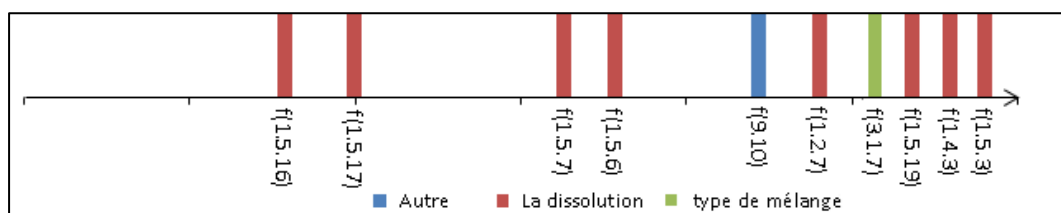


Figure 42 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S4.J02.

L'examen du tableau (Tableau 43) ci-dessus montre que la majorité des facettes mettent en jeu des définitions dans le monde des objets/événements relatives au vocabulaire spécifique à la dissolution (cf. lignes 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10). Ces facettes sont codées dans le discours des élèves initié par les situations introduites par l'enseignante. D'autres facettes, par contre, sont codées dans le discours de l'enseignante, initié par des situations introduites par l'élève (tdp 121, 123, 125 et 127, Extrait 35 ci-dessous). C'est le cas par exemple de la facette f(9.10) (cf. ligne 5 du Tableau 43) qui définit, dans le monde des théories/modèles, le chlorure de sodium relativement à sa nature (un sel), c'est aussi la facette f(1.2.7) (cf. ligne 6 du Tableau 43) qui caractérise le solvant et le définit, dans le monde des objets/événements, relativement à son état physique⁶¹, ou aussi la facette f(3.1.7) (cf. ligne 7 du Tableau 43) qui est une description, dans le monde des objets/événements, du mélange alcool et eau en termes de mélange homogène.

La communication (ligne 5, Graphique 41), non interactive pendant la phase d'introduction des situations sous la dictée de l'enseignante, devient interactive lorsque les élèves analysent ces situations et apportent toutes les réponses attendues ou aussi lorsqu'ils alimentent le jeu par de nouvelles questions relatives à d'autres exemples de situations que ceux donnés par l'enseignante (« quand on a par exemple, sel et eau, un peu de l'eau pure et beaucoup du sel », tdp 121 et 123, Extrait 35 ci-dessous) ou aussi (« l'alcool et l'eau », tdp 125, Extrait 35). L'enseignante reprend les réponses correctes aux questions de l'exercice et les écrit au tableau. Cependant, elle reste réticente vis-à-vis de la question posée par l'élève sur la nature de la solution dans le cas où le solvant est l'eau et le soluté est l'alcool en la renvoyant d'abord à l'élève lui-même avant de la transmettre à toute la classe (tdp 130, Extrait 35). De cette façon, l'interaction qui commence en privé finit devenir publique.

Par ailleurs, la communication reste autoritative tout au long du jeu (ligne 4, Graphique 41) car la référence est celle des savoirs scientifiques précédemment institutionnalisés.

119.E : (0:08:46.0) (une élève veut parler)
 120.P : oui, vous levez votre / essayez de lever votre voix
 121.E : euh quand on a par exemple sel et eau
 122.P : oui, le sel et l'eau, donnez-moi un exemple de sel, le chlorure de sodium par exemple
 123.E : euh un peu de l'eau pure et beaucoup du sel
 124.P : mais je ne peux pas avoir euh un solvant qui est solide là !

⁶¹ Nous supposons ici que l'enseignante se réfère à une demande institutionnelle qui recommande l'utilisation de solvants liquides uniquement.

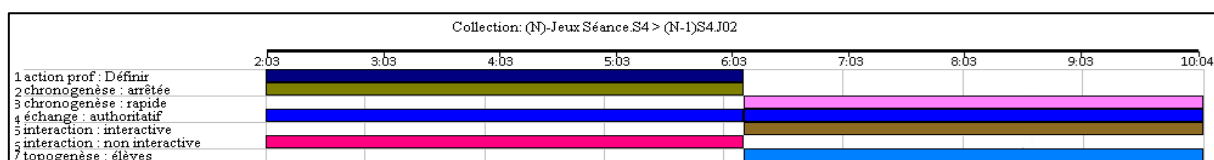
125.E : euh l'alcool et l'eau
126.P : l'alcool et l'eau oui
127.E : si le solvant est l'alcool et (la) soluté le soluté est l'eau
128.P : oui
129.E : est-ce qu'on peut dire que c'est une solution aqueuse ?
130.P : mais c'est à vous de répondre, votre camarade vous dit que si on mélange alcool et eau / on a un mélange homogène ?
131.Es : oui
132.P : et le volume de l'alcool est supérieur à l'eau
133.E : [silence]
134.P : qu'est ce qui joue le rôle de solvant et le rôle de soluté ?
135.Es : l'alcool solvant / le soluté l'eau
136.P : voilà, chaque fois que vous avez un mélange de deux liquides, celui qui possède le volume le plus important il joue le rôle d'un
137.E : solvant
138.P : solvant,
138.bis P : mais est ce qu'on peut dire que la solution obtenue est une solution aqueuse ?
139.Es : non, non
140.P : non, on ne peut appeler solution aqueuse que lorsque le solvant est
141.E : l'eau
142.P : l'eau, d'accord, bon (0:10:01.2).

Extrait 35 (J02.E1) : L'enseignante renvoie la question de l'élève d'abord à l'élève lui-même avant de la transmettre à toute la classe.

La topogénèse est sous la responsabilité des élèves (ligne 7, Graphique 41). Ceux-ci apportent, à partir de ce qu'ils ont « vu », tous les éléments attendus. C'est encore eux qui sont très majoritairement les auteurs de propos dans lesquels nous avons reconnu des facettes (sept contre trois pour l'enseignante, Tableau 43, ci-dessus) relatives à l'attribution des définitions, dans le monde des objets et événements, aux éléments cités dans l'exemple de solution proposé par l'enseignante, toutes en langage scientifique.

Sur le plan chronogénétique (lignes 2 et 3, Graphique 41), après une phase arrêtée associée à la définition du jeu, à la façon de le jouer et aussi aux éléments sur lesquels il fallait jouer, la chronogénèse avance. Celle-ci ne gagne pas sur le plan des nouveaux savoirs vu la répétition des définitions évoquées, mais sur le plan de la maîtrise d'un savoir déjà institutionnalisé.

Les graphes Transana ci-dessous récapitulent de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Ils montrent aussi que la phase consacrée à la dictée de l'énoncé de l'exercice occupe la moitié de la durée du jeu (4 min). L'autre moitié est consacrée à un jeu interactif (ligne 5) joué sous la responsabilité des élèves (ligne 7).



Graphique 41 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu S4.J02

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S4.J03.

2.3. S4.J03 : Se rendre compte des énoncés de l'exercice et le résoudre en se rappelant de la définition de la concentration massique, de sa formulation mathématique et de son unité

La structuration au niveau N-1 du jeu S4.J03 a mis en évidence un seul jeu élémentaire. Le tableau (Tableau 44) ci-dessous rend compte des caractéristiques générales de cet épisode.

2.3.1. Structuration en jeux élémentaires

Tableau 44 : Caractéristiques générales du jeu S4.J03.

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles	Durée
J03.E1 Se rendre compte de l'énoncé de l'exercice et le résoudre en se rappelant de la définition de la concentration massique, de sa formulation mathématique et de son unité.	tdp 142.bis-tdp 181	(03 min 28 s)

2.3.2. Analyse du jeu S4.J03

2.3.2.1. Narration didactique du jeu S4.J03

L'enseignante dicte l'énoncé d'un 2^{ème} exercice en portant au tableau ses données numériques essentielles. L'objet de l'exercice est d'exprimer l'unité de la concentration d'une solution, donnée en milligrammes par millilitre, en grammes par litre. L'enseignante demande ensuite aux élèves de rappeler la définition de la « concentration massique ». Un élève répond que c'est « la masse sur le volume ». L'enseignante valide cette réponse en l'écrivant au tableau sous la forme d'une expression littérale : $(C = \frac{m}{v})$ en demandant plus de précisions sur la « masse m » et sur le « volume v ». À l'aide d'un jeu de questions/réponses les élèves apportent les précisions demandées sur le volume (c'est le volume de la solution) et sur la masse (masse dissoute). L'enseignante rajoute ces précisions retenues à l'expression de la concentration qui prend finalement la formulation littérale suivante : $(C = \frac{m \text{ (dissoute)}}{v \text{ (solution)}})$. L'enseignante, seule au tableau, revient vers les données numériques de l'exercice (masse du soluté : 0,273 mg et volume de la solution : 1 mL) et remplace la masse dissoute dans l'expression de la concentration par sa valeur numérique en demandant ce qu'il faut faire. Avant que les élèves n'aient eu le temps de répondre, elle demande l'unité avec laquelle s'exprime la masse. Une élève avance que c'est le « gramme ». L'enseignante fait les conversions d'unités nécessaires en effectuant le calcul demandé (elle multiplie la valeur de

la masse donnée par 10^{-3} g et le volume donné par 10^{-3} L pour finir par simplifier les puissances de dix et donner le résultat en gramme par litre). Les élèves recopient, au fur et à mesure, ce que l'enseignante note au tableau.

2.3.2.2. Caractérisation du jeu S4.J03

Nous rassemblons ici les différentes analyses pour caractériser le jeu S4.J03 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 45 : Les facettes repérées au cours du jeu S4.J03 (E = élève, P = Professeur, E/P = partagée).

	Facette	Groupe notionnel	Type
1	f (7.1.3) : La concentration massique est définie comme étant le rapport de la masse de soluté dissous par le volume de la solution.	Concentration massique	E / P Définition Monde th/mod
2	f (7.1.10) : $C = \frac{m(\text{dissoute})}{v(\text{solution})}$	Concentration massique	P Définition Monde th/mod
3	f (7.2.5) : L'unité de la masse du soluté est le gramme.	Unité_masse	E Définition Monde th/mod
4	f (9.11) : Pour convertir le milligramme en gramme on multiplie par dix moins trois	Autre	E / P Définition Monde th/mod
5	f (7.2.6) : L'unité du volume est le litre.	Unité_volume	E Définition Monde th/mod
6	f (7.2.7) : L'unité de la concentration massique est le gramme litre moins un.	Unité_concentration massique	P Définition Monde th/mod

Analyse didactique

L'enjeu du savoir de ce jeu est cristallisé implicitement dans l'énoncé de l'exercice dicté par l'enseignante (ligne 1, Graphique 42) (il s'agit d'exprimer l'unité d'une concentration donnée en milligrammes par millilitre en grammes par litre, cf. Extrait 36 ci-dessous). Pour jouer le jeu, les élèves doivent mobiliser des savoirs institutionnalisés lors des séances précédentes (et plus particulièrement la 1^{ère} séance S1).

144.P : (0:10:20.4) (l'enseignante dicte l'exercice) une solution aqueuse / une solution aqueuse de chlorure de potassium / une solution aqueuse de chlorure de potassium contient / de chlorure de potassium contient // contient / contient (elle efface le tableau) zéro virgule deux cent soixante-treize / contient zéro virgule (elle écrit au tableau) deux cent soixante-treize milligrammes / zéro virgule deux cent soixante-treize milligrammes de ce soluté / de ce soluté / de ce soluté par millilitre de solution.

145.E : par

146.P : par millilitre (elle écrit le mot millilitre au tableau) le volume v égale un millilitre, par millilitre de ce / de solution / quelle est la concentration / quelle est la concentration de cette solution en gramme par litre ?
 147.E : quelle est
 148.P : la concentration de cette solution en grammes par litre ?
 149.E : la concentration
 150.P : de cette solution / en grammes par litre (0:11:57.5)

Extrait 36 : L'enseignante introduit des éléments constitutifs du milieu initial, sur lesquels les élèves allaient jouer.

La mésogenèse comporte trois phases. La 1^{ère} est réservée à l'introduction, par l'enseignante, des éléments du milieu initial sur lesquels les élèves allaient jouer (Extrait 36 ci-dessus).

La seconde est caractérisée par un retour guidé par l'enseignante vers le passé didactique de la classe (tdp 150.bis, Extrait 37 ci-dessous) pour reconstruire la formule nécessaire à la réponse demandée (tdp 168, Extrait 37). La dernière est pilotée par l'enseignante lorsqu'elle introduit les valeurs numériques dans la formule pour effectuer le calcul nécessaire (Extrait 38 ci-dessous).

150.bis.P : (0:11:57.5) alors, comment nous avons défini la concentration massique ?
 151.E2 : (un élève lève le doigt)
 152.P : oui
 153.E2 : masse sur volume
 154.P : c'est quelle masse ?
 155.E : (une élève intervient sans lever le doigt) masse de soluté
 156.P : masse de soluté, la masse de soluté
 157.E : sur volume
 158.E : sur le volume de la solution
 159.P : encore il faut ajouter un autre mot, quelle masse ? Est-ce que
 160.E : masse molaire
 161.E : masse de potassium
 162.P : masse de soluté votre camarade il a dit, masse de soluté, que s'est-il passé pour le soluté pour avoir une solution ? / un mélange homogène ?
 163.Es : dissout dans l'eau
 164.P : dissout, donc il faut ajouter masse
 165.E : de soluté
 166.P : dissoute oui (elle écrit (dissoute) à côté de m) / divisée par le volume de la /
 167.E : de la solution
 168.P : solution (elle écrit (solution) à côté de v et l'expression devient finalement : $C = \frac{m \text{ (dissoute)}}{v \text{ (solution)}}$) (0:12:48.8).

Extrait 37 (J03.E1) : L'enseignante et les élèves apportent des éléments du passé didactique de la classe pour reconstruire la définition de la concentration massique.

L'examen de la Figure 43 ci-dessous montre que la plupart des facettes (5 sur 6 facettes) sont centrées sur la notion de concentration massique d'une solution et mettent en jeu sa définition (cf. lignes 1 et 2 du Tableau 45 ci-dessus) et la construction de l'unité correspondante (cf. lignes 3, 5 et 6 du Tableau 45).

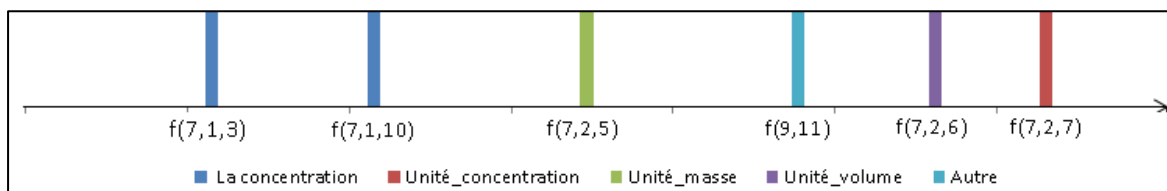


Figure 43 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S4.J03.

La communication est non interactive au début, lorsque les élèves prennent connaissance des éléments sur lesquelles il fallait jouer, puis devient interactive lorsque l'enseignante questionne les élèves, à partir de ce qu'ils ont « vu » (tdp 150. bis, Extrait 37 ci-dessus ; lignes 5 et 6, Graphique 42), sur des éléments qui contribuent à la précision de la définition de la concentration massique (tdp 154, Extrait 37 et tdp 172, tdp 178, Extrait 38 ci-dessous). Toutefois, ses demandes sont imprécises et embarquent les élèves dans un jeu de devinette pour déchiffrer son attente (tdp 159-tdp 162, Extrait 37). Finalement, le rôle des élèves se réduit à un jeu de mémoire puisque c'est l'enseignante qui s'occupe de la tâche de calcul (cf. tdp 174-tdp 180 Extrait 38 ci-dessous) :

168.P bis: (0:12:48.8) d'accord, alors qu'est-ce que je vais écrire ici ?
 169.E : (un élève n'arrive pas à lire du tableau) madame chniya el masse chniya ? (madame c'est quoi / la masse là c'est quoi ?)
 170.P : masse dissoute
 171.E : zéro virgule deux cent soixante-treize
 172.P : il faut qu'est-ce qu'il faut faire ? / la masse doit être exprimée en quoi ? (P pointe la masse dans l'expression de la concentration)
 173.E : en grammes
 174.P : en grammes, donc zéro virgule (P écrit au tableau)
 175.E : zéro virgule deux cent soixante-treize
 176.P : deux cent soixante-treize fois dix puissance
 177.E : moins trois
 178.P : moins trois grammes, et le volume ↑ (elle écrit au tableau) dix moins trois
 179.E : litre
 180.P : litre, alors je vais avoir zéro virgule deux cent soixante-treize dix moins trois divisé par dix moins trois, je vais avoir zéro virgule deux cent soixante-treize gramme litre moins un (P fait le calcul au tableau et les élèves suivent) (0:13:32.4).

Extrait 38 (J03.E1) : L'enseignante travaille seule au tableau pendant la phase de calcul.

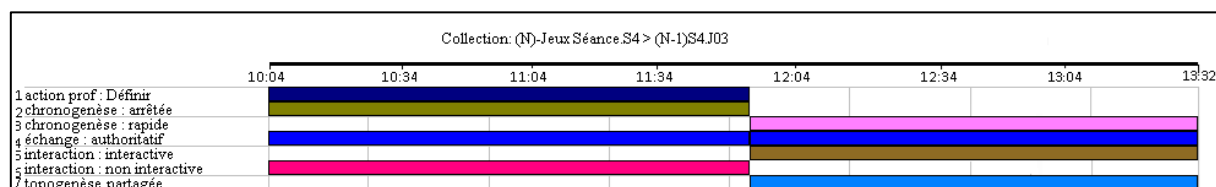
De manière générale, l'enseignante gère l'évolution du milieu en mobilisant un jeu de questions basé sur l'activation de la mémoire didactique par recourt à des gestes de désignation d'objets qui relèvent souvent de l'ostension verbale (tdp 162, Extrait 37, tdp 172-178, Extrait 38).

La topogénèse est partagée (ligne 7, Graphique 42) dans le sens où les élèves apportent une définition partielle de la « concentration massique » (tdp 153, Extrait 37, p. 188) qui gagnera progressivement en précision et en formulation par les apports de l'enseignante et des élèves. Le tableau (Tableau 45) ci-dessus montre que la facette f(7.1.3) (cf. ligne 1 du Tableau 45) est partagée entre les élèves et l'enseignante. Celle-ci est relative à la définition en

langage naturel de la « concentration massique ». L’enseignante est aussi l’auteure des facettes relatives particulièrement à la formulation mathématique de la concentration massique (f (7.1.10)) et de son unité (f (7.2.7)) (cf. lignes 2 et 6 du Tableau 45). Par contre les facettes codées élèves concernent le rappel des unités dans lesquelles s’expriment la masse du soluté (f (7.2.5)) et le volume de la solution (f (7.2.6)) (cf. lignes 3 et 5 du Tableau 45).

Sur le plan chronogénétique (lignes 2 et 3, Graphique 42), après une phase arrêtée (où les élèves se rendent compte de l’enjeu de la question), la chronogénèse avance, sous l’action partagée des élèves et de l’enseignante, dans le sens du renforcement de la notion de concentration massique (tdp 153, Extrait 37 ci-dessus) qui gagne en formulation symbolique (tdp 164-tdp 168, Extrait 37) favorisant son opérationnalisation dans des prochaines situations.

Le graphe Transana ci-dessous récapitule de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Il montre aussi que la phase consacrée à la dictée de l’énoncé de l’exercice occupe près de la moitié de la durée du jeu. Le reste est consacré à un jeu interactif (ligne 5) à responsabilité partagée (ligne 7).



Graphique 42 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l’évolution de certains mots clés au cours du jeu S4.J03.

Nous donnons maintenant l’analyse du jeu didactique S4.J04. Les analyses des jeux élémentaires correspondants sont présentées dans l’Annexe 4, de la page 415 à la page 419.

2.4. S4.J04 : Trouver, en rappelant la définition de la solubilité, les masses du soluté dissous dans un volume d’eau donné à deux températures différentes

La structuration au niveau N-1 du jeu S4.J04 a mis en évidence deux jeux élémentaires. Le tableau (Tableau 46) ci-dessous rend compte du découpage à ce niveau et donne les caractéristiques générales de ces épisodes :

2.4.1. Structuration en jeux élémentaires

Tableau 46 : Structuration au niveau N-1 du jeu S4.J04

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles	Durée
J04.E1 Prendre connaissance de l’énoncé de l’exercice dicté par l’enseignante puis se rappeler de la définition de la solubilité.	tdp 182-tdp 216	05 min 45 s
J04.E2 Trouver la masse maximale du soluté dissoute dans un volume de solution donné, à deux températures différentes.	tdp 217-tdp 324	07 min 04 s

2.4.2. Analyse du jeu S4.J04

2.4.2.1. Narration didactique du jeu S4.J04

Après avoir dicté l'énoncé d'un 3^{ème} exercice en portant au tableau ses données numériques essentielles (les valeurs, en grammes par litre, des solubilités du nitrate de potassium à 20 et à 40 degrés Celsius et la valeur, en mL, du volume du solvant), l'enseignante demande aux élèves de rappeler la définition de la « solubilité ». Un élève répond que c'est « la masse max sur le volume ». L'enseignante valide cette réponse en l'écrivant au tableau sous la forme d'une expression littérale : $(s = \frac{m(\text{max})}{v})$ et guide ensuite les élèves dans l'apport de plus de précisions sur la « masse m » et sur le « volume v » pour que l'expression prenne finalement la formulation : $(s = \frac{m(\text{max dissoute})}{v(\text{solution})})$.

L'enseignante revient ensuite sur la question de l'exercice et rappelle que celle-ci ne porte pas précisément sur la « solubilité » et demande aux élèves d'identifier son enjeu. Les élèves répondent qu'il s'agit du calcul de « la masse maximale » et donnent oralement l'expression littérale convenable (« s fois volume de la solution »). L'enseignante valide la réponse et la note au tableau sous sa forme mathématique ($m_{\text{max}} = s \times v$) en précisant que la masse maximale recherchée est relative à la température de 20 degrés Celsius et c'est pour ça qu'elle va l'appeler m max un. L'enseignante, seule au tableau, procède au calcul demandé et les élèves recopient la correction. L'enseignante répond ensuite aux interventions de quelques élèves qui manifestent des incompréhensions concernant la formule établie ($m_{\text{max}1} = s1 \times v$) et aussi la relation entre la solubilité et le volume de solution (« s » est aussi dans 100 mL ?). L'enseignante dicte ensuite l'énoncé d'une nouvelle question, identique à la précédente, demandant cette fois de déterminer la masse maximale du même soluté dissoute dans le même volume du solvant mais à une température plus élevée (40 degrés Celsius).

Après avoir résumé oralement la question en faisant remarquer aux élèves que la solubilité a augmentée avec la température et qu'elle va désigner par m max 2 la nouvelle masse associée à la nouvelle solubilité « s2 », l'enseignante procède au calcul et un élève, se servant de sa calculatrice, lui communique le résultat. L'enseignante termine le jeu par un récapitulatif des résultats obtenus en concluant, à la fin, que l'augmentation de la température a fait augmenter aussi la masse maximale du soluté capable de se dissoudre dans un volume donné.

2.4.2.2. Caractérisation du jeu S4.J04

Nous rassemblons ici les différentes analyses pour caractériser le jeu S4.J04 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 47 : Les facettes repérées au cours du jeu S4.J04 (E = élève, P = Professeur, E/P = partagée, le trait plein sépare les facettes appartenant à des jeux élémentaires différents).

	Facette	Groupe notionnel	Type
1	f (12.2.9) : La solubilité est la masse maximale de soluté dissous divisée par le volume de la solution.	Solubilité	E / P Définition Monde th/mod
2	f (12.2.10) : $s = \frac{m(\text{maximale})}{v(\text{solution})}$	Solubilité	P Définition Monde th/mod
3	f (12.2.14) : La masse maximale est la solubilité multipliée par le volume.	Solubilité	E Définition Monde th/mod
4	f (12.2.11) : $m_{\text{max}} = s \times v$.	Solubilité	P Définition Monde th/mod
5	f (13.8) : La masse maximale dissoute change si le volume de la solution change.	Facteurs_Solubilité	P Prédiction Monde th/mod
6	f (13.7) : La solubilité est une constante qui ne dépend pas du volume de la solution.	Facteurs_Solubilité	P Définition Monde th/mod
7	f (13.2) : Si la température change la solubilité change.	Facteurs_Solubilité	P Prédiction Monde th/mod
8	f (13.9) : Si on augmente la température la solubilité change et aussi la masse maximale dissoute dans un volume donné.	Facteurs_Solubilité	P Prédiction Monde th/mod
9	f (9.12) : Le volume de la solution s'exprime en litre.	Autre	P Définition Monde th/mod

Analyse didactique

L'enjeu du savoir de ce jeu est cristallisé dans l'énoncé de l'exercice proposé par l'enseignante (tdp 185 et tdp 187, Extrait 39 ci-dessous, ligne 1, Graphique 43) :

185.P : (0:15:13.0) alors exercice suivant // (elle dicte à partir de son livre) la solubilité, la / solubilité, la solubilité de nitrate de potassium dans l'eau, la solubilité (elle retourne vers le tableau et efface ce qui était écrit) la solubilité de nitrate de potassium, la solubilité du nitrate de potassium dans l'eau (elle écrit au tableau) à T égale, à une température égale / à T égale vingt degrés est (elle écrit s1) s un égale / est s un égale trois cent dix / trois cent dix grammes litre moins un / je répète, la solubilité du nitrate de potassium dans l'eau à T égale vingt degrés c (Celsius) est s un (s1) égale trois cent dix grammes litre moins un / et / et / et à T égale quarante degrés c, et à T égale quarante degrés c elle est de (elle écrit s2 au tableau), elle est de s deux égale (elle écrit) six cent trente gramme litre moins un, et à T égale quarante degrés c elle est de six cent trente grammes litre

186.E : moins un

187.P : moins un, la première question / à la ligne, quelle / quelle masse, quelle masse de nitrate de potassium, quelle masse de nitrate de potassium, quelle masse de

nitrate de potassium peut-on dissoudre, peut-on dissoudre au maximum / peut-on / peut-on dissoudre au maximum dans deux cent millilitres d'eau (0:17:34.0)

Extrait 39 : L'enseignante introduit les éléments sur lesquels les élèves vont jouer.

Pour jouer le jeu, les élèves doivent mobiliser les éléments d'un milieu initial basé sur des savoirs institutionnalisés lors des séances passées (particulièrement la séance précédente S3), relatifs à la définition de la solubilité et à son expression mathématique (tdp 196, 198, Extrait 40 ci-dessous) :

196.P : (0:18:16.9) donc ce qu'on demande une masse maximale, on aura besoin d'utiliser la / solu / bilité
197.E : la solubilité
198.P : alors je reviens, comment nous avons défini la solubilité s ?
199.E : (un élève qui intervient sans permission) masse max sur volume
200.P : la masse ↑ (l'enseignante écrit au tableau $S = \frac{m_{max}}{v}$)
201.E : max sur volume
202.P : max c'est tout ! Il faut ajouter un autre adjectif ↑
203.E : dissoute
204.P : masse maxi /
205.P : masse maximale di /
206.E : dissoute
207.P : dissoute, voilà c'est la masse maximale dissoute (0:18:54.5).

Extrait 40 : L'enseignante questionne les élèves à partir de ce qu'ils ont « vu » pour reconstruire la formule attendue.

La mésogénèse comprend trois parties. Une 1^{ère} partie consacrée à l'introduction, par l'enseignante, des éléments sur lesquels les élèves vont pouvoir jouer (tdp 185 et tdp 187, Extrait 39 ci-dessus). Une seconde partie où des échanges ont lieu, sous la conduite de l'enseignante, pour apporter des éléments qui contribuent à la construction de la formule, essentielle au déroulement du jeu (tdp 217-tdp 229, Extrait 41 ci-dessous). Une dernière partie dans laquelle l'enseignante introduit les données numériques dans la formule construite pour effectuer le calcul demandé (cf. Extrait 42 ci-dessous) :

217.P : (0:19:18.0) la question ici ne nous demande pas la solubilité qu'est-ce qu'on demande ?
218.E : la masse maximale
219.P : la masse
220.E : maximale
221.P : la masse maximale, alors qui est-ce qui peut me déterminer à quoi est égale la masse maximale
222.E1 : madame s fois
223.P : chut chut, j'ai dit vous levez le doigt, qu'est-ce qui peut répondre ?
224.E1 : (l'élève lève le doigt)
225.P : allez, quelqu'un d'autre, on va choisir quelqu'un d'autre, allez messieurs, à quoi est égale
226.E1 : (l'élève insiste) madame madame
227.P : oui mademoiselle

228.E1 : s fois volume de la solution

229.P : très bien (0:19:43.3).

Extrait 41 : L'enseignante guide les élèves vers la construction de la formule attendue.

Au cours du jeu, la communication (lignes 5 et 6, Graphique 43) connaît, hormis les phases non interactives consacrées à l'introduction des éléments sur lesquels les élèves vont pouvoir jouer, des phases interactives, dominées par le discours de l'enseignante, pendant lesquelles l'élève est confiné dans un rôle réduit à suivre la démarche de l'enseignante pour lui communiquer un résultat de calcul (cf. parties en gras de l'Extrait 42 ci-dessous) :

271.bis P : (0:23:31.2) alors regardez bien (elle montre sur le tableau les deux valeurs de solubilités du soluté en deux températures différentes) je vois très bien déjà lorsque j'augmente la température la solubilité a changé hekka wella (oui ou non ?)

272.E : oui

273.P : donc on va parler avec une autre on va utiliser une autre solubilité, donc qu'est-ce que je vais écrire ?

274.E : s deux

275.P : la formule va rester elle-même s c'est toujours m max sur vs c'est-à-dire m m max c'est s fois v s

276.Es : vs

277.P : mais là je vais écrire (elle écrit au tableau) pour T égale à quarante degrés Celsius alors vous avez s égale à s deux

...

289.P : quarante degrés, alors qu'est-ce que je vais écrire (elle retourne au tableau et écrit) je vais appeler m

290.Es : deux, m max

291.P : deux max

292.E : six cent trente

293.P : alors à quoi est égale ?

294.E : s deux fois

295.P : très bien, s deux fois

296.E : volume de la solution

297.P : v s on a choisi le même

298.E : volume

299.P : volume pour les deux solutions et qu'est-ce que je peux écrire ? (P écrit au tableau) six cent

300.E : euh six cent trente fois

301.P : zéro deux

302.E : oui

303.P : alors je vais avoir /

304.E : euh

305.P : Chetla s'il y a un problème dites le [...]

306.E : (un élève a fait le calcul) tletha w settine (soixante-trois) fois deux, cent vingt six

307.Chétla : non, j'ai compris

308.P : soixante-trois fois deux ça fait /

309.E : cent vingt six

310.P : cent vingt-six (elle écrit au tableau) cent vingt-six grammes (0:25:19.2).

Extrait 42 : L'enseignante introduit tous les objets qui favorisent la procédure de calcul. Certains élèves sont enrôlés dans le jeu de calcul de l'enseignante, d'autres semblent être hors-jeu.

Finalement, l'enseignante n'accorde pas un temps de réflexion aux élèves pour qu'ils puissent relire l'énoncé et saisir ce qu'il demande. Ils sont vite « embarqués » dans le jeu des questions de l'enseignante qui agit de manière autoritative (ligne 4, Graphique 43) en recentrant les interactions autour de l'application correcte d'une procédure de calcul et en gérant a minima les contradictions repérées chez certains élèves n'arrivant pas à saisir la règle du jeu (tdp 238, Extrait 43 ci-dessous). L'enseignante clôture rapidement les échanges en renvoyant les élèves vers le tableau pour montrer le passage de l'expression ($S = \frac{m_{max}}{v}$) à l'expression ($m_{max} = S \times v$), ou vers leurs cahiers de cours pour une relecture de la question posée (tdp 239, 256, Extrait 43) :

235.E2 : (0:20:03.2) ma fhimt chey (je n'ai rien compris)

236.P : qu'est-ce que vous n'avez pas compris !

237.E3 : (un autre élève) kol chey (tout)

238.E2 : euh m max égale à s fois v

239.P : (**elle retourne au tableau et pointe la relation $m_{max1} = S1 \times v$**) vous avez s égale à m max divisée par vs, ahiya (la voilà) (elle montre la relation $S = \frac{m_{max}}{vs}$ écrite au tableau), alors à quoi est égale m la masse maximale ici ?

240.E : s fois v, fois vs

241.P : voilà vous avez répondu, vous avez dit que vous n'avez pas compris ! C'est tout pour cette question (elle s'adresse à la classe) ? C'est tout ? Vous avez écrit ?

242.Es : non, oui

243.P : on passe.

244.E : (une élève à son collègue) osbor (patiente) lahdha bark (un petit moment c'est tout)

245.E1 : (quelques élèves continuent de recopier du tableau au moment où une élève, à voix basse et sans demander de permission, parle à l'enseignante)

246.P : (l'enseignante se penche vers l'élève) vous levez votre voix miselich (ça ne fait rien) levez votre voix

247.E1 : s égale euh à masse maximale dissoute sur volume de la solution, s se trouve dans cent millilitres ?

248.P : mais bien sûr c'est dans le cas général, ça dépend / dans cent millilitres il y a une masse maximale, dans deux cent millilitres il y a une autre masse maximale, dans trois cent millilitres il y a une autre masse maximale et c'est pour ça ahna (nous), **s est égale à une ↑ constante, s ne change pas, la solubilité c'est une constante** mais si vous changez /

249.E1 : le volume

250.P : le volume de la solution la masse maximale va /

251.E1 : changer

252.P : changer c'est tout à fait normal

253.E2 : (une élève qui n'est pas convaincue)

254.P : qu'est-ce que vous n'avez pas compris mademoiselle, allez-y je peux vous répondre.

255.E2 : v s madame

256.P : le volume v s, **vous lisez ce qu'on a écrit là**, on vous a dit que le volume de la solution est égal à deux cent millilitres, c'est-à-dire là (elle écrit sur le tableau) vous avez zéro virgule deux litre de solution (0:21:53.2).

Extrait 43 : L'enseignante gère a minima les contradictions des élèves (parties en gras dans l'extrait)

Par ailleurs, l'examen du Tableau 47 ci-dessus montre que les éléments apportés au cours du jeu sont tous inscrits dans le monde des théories et modèles. Cette inscription dans l'espace théorique mobilise une opérationnalisation du modèle évoqué qui tend à exploiter les relations qui existent entre ses différents concepts (solubilité du soluté, température, masse du soluté et volume de solution) dans le but de prédire l'effet d'une augmentation de température sur une solution saturée. La facette $f(13,8)$, par exemple, (cf. ligne 5 du Tableau 47) explicite une relation de proportionnalité entre la masse maximale dissoute et le volume de la solution, étant donné que la solubilité est une constante à une température donnée. Les facettes $f(13,7)$ et $f(13,2)$ (cf. lignes 6 et 7 du Tableau 47) précisent implicitement la nature de la solubilité comme étant une constante à caractère intensif qui dépend uniquement de la température et non du volume de la solution. La facette $f(13,9)$ (cf. ligne 8 Tableau 47) exprime la relation de proportionnalité qui existe entre la masse maximale du soluté dissous et sa solubilité pour un volume donné de solution.

Sur le plan thématique, l'examen de la Figure 44 ci-dessous montre la centration des éléments de savoir discutés sur la notion de « solubilité massique » et sa relation avec le facteur température. En effet, cette relation est l'enjeu du calcul mené au cours de la 2^{ème} phase du jeu dont le but est de montrer l'effet d'une augmentation de température sur la valeur de la masse maximale d'un soluté dissous dans un volume donné.

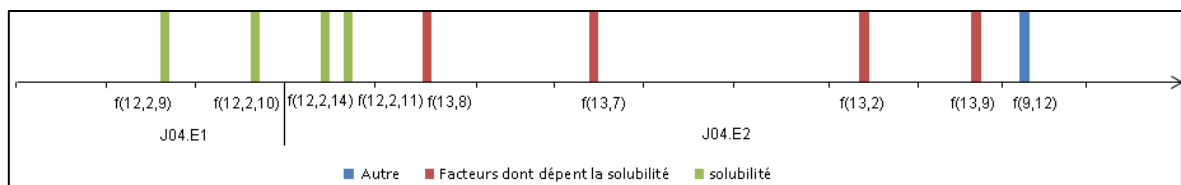


Figure 44 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S4.J04.

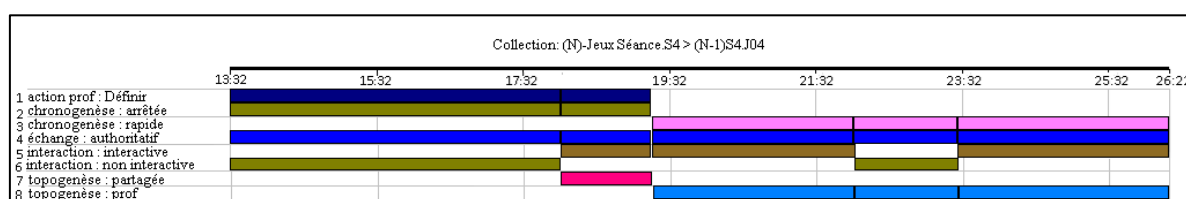
D'une manière générale, l'enseignante pilote l'évolution du milieu, et ce de différentes manières :

- L'introduction, par appel à la mémoire didactique, d'un objet pertinent (la notion de la solubilité) qui délimite le milieu et conduit les élèves à émettre des réponses sur la piste choisie (tdp 196, Extrait 40 ci-dessus).
- L'orientation des élèves vers la détermination de la règle stratégique du jeu (tdp 217, tdp 221, Extrait 41 ci-dessus) qui garantit le succès de son déroulement.
- La désignation d'un objet conceptuel pertinent présent dans le milieu relatif aux données numériques de la question posée (des valeurs de solubilités différentes d'un soluté relatives à des températures différentes) (tdp 271. bis, Extrait 42 ci-dessus).

La topogenèse est partagée (ligne 7, Graphique 43) au début, lorsqu'il s'agit de se rappeler de la définition de « la solubilité » et construire la formule attendue (cf. Extrait 40 ci-dessus). Elle devient ensuite surplombante (ligne 8, Graphique 43) lorsque l'enseignante introduit tous les objets qui favorisent la procédure de calcul. C'est elle, par exemple, qui introduit les valeurs numériques dans la formule pour effectuer le calcul demandé (Extrait 42 ci-dessus). C'est elle aussi qui rappelle la règle lorsqu'il s'agit de refaire le calcul pour une nouvelle donnée numérique (« la formule va rester elle-même », tdp 275, Extrait 42 ci-dessus).

Sur le plan chronogénétique (lignes 2 et 3, Graphique 43), la chronogenèse avance, sous l'action de l'enseignante, dans le sens d'une opérationnalisation du modèle et une exploration de ses conséquences. En effet, sur le plan notionnel, le savoir n'a pas évolué, mais il a gagné sur le plan d'une mise à jour d'une procédure de calcul (le calcul de la masse maximale du soluté dissous dans un volume donné à une température donnée).

Le graphe Transana ci-dessous récapitule de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Il montre aussi la conjonction d'une phase interactive (ligne 5) et d'une topogenèse sous la responsabilité de l'enseignante (ligne 8) traduisant la réduction du rôle de l'élève en faveur d'une avancée de la chronogenèse (ligne 3).



Graphique 43 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu S4.J04.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes, nous inférons une continuité au sein du monde des théories et modèles lorsque l'enseignante introduit implicitement le caractère intensif de la solubilité étant donné qu'elle ne dépend pas du volume de la solution mais uniquement de la température (f (13.7) et f (13.2)). En effet, rappeler que le volume n'influence pas la solubilité permet aux élèves d'appréhender la relation masse (maximale) = *solubilité* x volume (de la solution) (f (12.2.11)) et de voir que la masse maximale dans un volume donné est étroitement liée à la température à travers la valeur de la solubilité relative à cette température. Cela a permis par la suite de répondre à une question similaire dans laquelle la solubilité se rapporte à une autre température. Il semble que préciser que la solubilité est une constante de température pourrait soulever la contradiction qui a eu lieu autour de l'effet du volume (tdp 247, Extrait 43, p. 196).

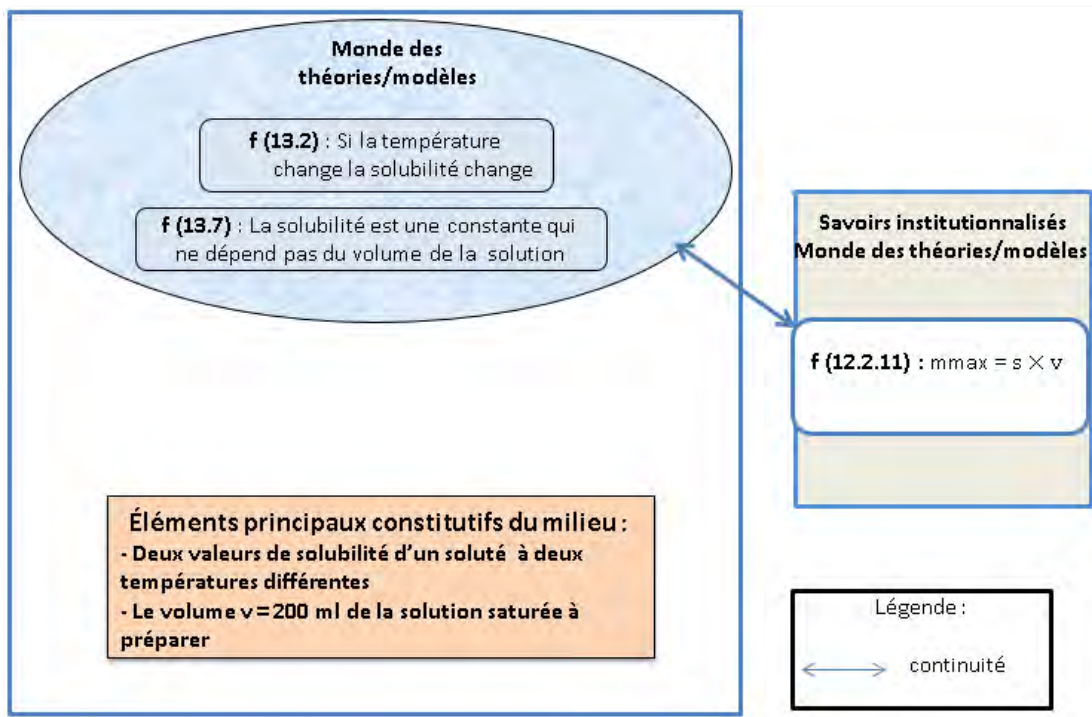


Figure 45 : Continuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S4.J04 .

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S4.J05.

2.5. S4.J05 : Trouver, à partir de deux expériences de pensée, la masse du soluté déposée après refroidissement d'une solution saturée

La structuration au niveau N-1 du jeu S4.J05 a mis en évidence un seul jeu élémentaire. Le tableau (Tableau 48) ci-dessous rend compte des caractéristiques générales de cet épisode.

2.5.1. Structuration en jeu élémentaire

Tableau 48 : Structuration au niveau N-1 du jeu S4.J05

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles	Durée
J05.E1 Trouver, à partir de deux expériences de pensée, la masse du soluté déposée après refroidissement d'une solution saturée.	Tdp 325-tdp 369	04 min 54 s

2.5.2. Analyse du jeu S4.J05

2.5.2.1. Narration didactique du jeu S4.J05

L'enseignante demande aux élèves d'imaginer une expérience et d'en déduire son résultat. Elle précise qu'il s'agit de faire passer la solution saturée, contenant 126 g de soluté dans 200 mL de solution, d'une température de 40°C à 20°C et rappelle ses données numériques. Celles-ci sont issues des réponses aux questions précédentes figurant encore sur le tableau (les masses maximales du soluté, dissoutes dans le même volume, calculées à deux températures différentes 40°C et 20°C).

Avant que les élèves n'aient le temps de répondre, l'enseignante reformule sa question (« on est à la température de quarante degrés et on va passer à une température de (elle pointe 20°C dans le tableau) vingt degrés alors que va-t-il se passer ? »). N'ayant pas la réponse attendue, l'enseignante propose une nouvelle expérience de pensée qui consiste cette fois à verser les cent vingt-six grammes du soluté progressivement dans les deux cent millilitres d'eau à la température de vingt degrés et demande ce qu'il va se passer. Faute de réponse, elle ajoute qu'« à une température de vingt degrés vous prenez les cent vingt-six grammes de nitrate de potassium, vous commencez à mettre le nitrate de potassium il se dissout (oui ou non ?) / par la suite, il se dissout il se dissout à un certain moment / ». Un élève répond qu'il va y avoir « des dépôts ». Cette réponse, quoique pertinente, n'est pas retenue par l'enseignante qui continue son discours en demandant la valeur de la masse maximale du soluté à dissoudre dans les deux cent millilitres d'eau à 20°C. L'enseignante valide la réponse des élèves (62g) et demande ce qui va se passer pour le reste des cent vingt-six grammes. La réponse d'un élève que la masse restante va former un dépôt est confirmée par l'enseignante. À la demande de calculer la masse du dépôt un élève répond « cent vingt-six moins soixante-deux ». Cette réponse est validée par l'enseignante. Avant de reprendre le calcul et procéder à la résolution de la question, l'enseignante dicte son énoncé. Finalement, les élèves recopient la correction et l'enseignante résume brièvement la situation relative à la question posée.

2.5.2.2. Caractérisation du jeu S4.J05

Nous rassemblons ici les différentes analyses pour caractériser le jeu S4.J05 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 49 : Les facettes repérées au cours du jeu S4.J05 (E = élève, P = Professeur, E/P = partagée).

	Facette	Groupe notionnel	Type
1	f (12.1.1) : La dissolution d'un soluté dans l'eau est limitée à une température donnée.	Solubilité	P Description Monde th/mod
2	f (12.1.3) : Le soluté non dissous à une température donnée forme un dépôt.	Solubilité	E Description Monde th/mod
3	f (12.1.8) : La solution avec un soluté non dissous est une solution saturée.	Solubilité	P Description Monde th/mod
4	f (13.6) : La masse du soluté qui se dépose lors d'un refroidissement sera la différence des masses maximales relatives aux deux températures.	Solubilité	E / P Prédiction Monde th/mod

5	f (13.2) ⁶² : La solubilité dépend de la température.	Facteurs_Solubilité	P	Prédiction Monde th/mod
6	f (13.10) : La masse qui se dépose après refroidissement apparait sous forme d'un cristal.	Facteurs_Solubilité	P	Description Monde th/mod
7	f (13.11) : Si la température augmente, le dépôt se dissout.	Facteurs_Solubilité	P	Prédiction Monde th/mod

Analyse didactique

Ce jeu est défini implicitement (tdp 325-tdp 329, Extrait 44 ci-dessous ; ligne 1, Graphique 44). Son enjeu est de mettre en relief l'effet de la température sur la valeur de la masse maximale d'un soluté, dissous dans un volume donné.

325.P : (0:26:22.4) bon, alors, maintenant je vais vous poser une question / supposons que vous êtes à une température de quarante degrés et vous allez essayer de refroidir tawa (maintenant), on va / refroidir, donc votre bécher (elle retourne au tableau et dessine un bécher sous lequel elle écrit T = 40°C) contient un volume de solution qui est égale à zéro virgule deux litre et une masse de cent vingt-six grammes, on va passer d'une température de quarante degrés à une température de // vingt degrés hekka wella ? (Oui ou non ?) (Elle dessine un deuxième bécher sous lequel elle met T = 20°C)

326.Es : oui

327.P : nous savons très bien qu'euh à une température de vingt degrés la masse maximale que je peux faire dissoudre est (elle pointe la valeur 62 g dans le tableau) /

328.E : soixante-deux

329.P : soixante-deux grammes hekka wella ? (Oui ou non ?) alors est-ce qu'il y a quelqu'un qui peut m'expliquer ce qui va se passer

330.E : euh

331.P : oui mademoiselle

332.E : euh euh

333.P : on est à la température de quarante degrés

334.E : oui

335.P : et on va passer à une température de (elle pointe 20°C dans la tableau) /

336.Es : vingt

337.P : vingt degrés alors que va-t-il se passer ?

338.E : refroidir les euh / les petites particules deuh / deuh nitrate potassium alors ils vont / ils vont (0:27:23.4).

Extrait 44 : L'enseignante et les élèves discutent des expériences de pensée (parties en gras dans l'extrait) pour prévoir la valeur de la masse du dépôt.

La mésogénèse repose sur deux expériences de pensée proposées par l'enseignante utilisant les données numériques de la question précédente. La 1^{ère} propose de faire passer la solution saturée, contenant 126 g de soluté dans 200 mL de solution, d'une température de 40°C à 20°C (tdp 325, Extrait 44 ci-dessus). La seconde est proposée par l'enseignante

⁶² Cette facette est abordée aussi dans le jeu précédent (cf. ligne 7, Tableau 47, p. 261) en mettant en œuvre une prédiction de l'effet d'une élévation de température sur une solution saturée. Ici, il s'agit de prédire l'effet d'un refroidissement sur une solution saturée.

lorsqu'elle voit que la première ne donne pas les résultats attendus. Elle consiste à faire « l'inverse » et partir à 20 °C en introduisant les cent vingt-six grammes de soluté dans les deux cent millilitres d'eau (tdp 339-tdp 341, Extrait 45 ci-dessous).

La communication est autoritative et interactive (lignes 3 et 4, Graphique 44). Les élèves sont appelés à faire de la prévision à partir de l'univers théorique sur ce qu'il va arriver dans l'espace empirique. Or, ceux-ci proposent des réponses brèves et incomplètes (tdp 338, Extrait 44) qui restent inexploitable par l'enseignante qui repart de sa question ou de l'expérience, indépendamment de ces réponses. Il semble que l'introduction de la 2^e expérience de pensée accompagnée de questions complémentaires aide les élèves à apporter des réponses correctes et plus complètes (tdp 346, tdp 348, Extrait 45).

339.P : (0:27:36.1) regardez, si vous avez cette masse-là elle est toujours là cette masse cent vingt-six grammes de nitrate de potassium hekkawella ? (Oui ou non ?)
340.Es : oui oui.
341.P : supposons que vous avez cette masse là et vous avez ceuh / ces cent vingt-six grammes et que vous les placez dans deux cent millilitres et à une température de vingt degrés que va-t-il se passer ?
342.Es : solide, euh solide...
343.P : à une température de vingt degrés vous prenez cent vingt-six grammes de nitrate de potassium, vous commencez à mettre le nitrate de potassium il se dissout hekka wella (oui ou non ?)
344.Es : oui, oui
345.P : par la suite, il se dissout il se dissout à un certain moment /
346.E : on va voir des dépôts
347.P : on va atteindre quelle valeur ? // quelle est la valeur maximale, quelle est la masse maximale qu'on peut faire dissoudre dans deux cent millilitres ?
348.E : soixante-deux
349.P : soixante-deux grammes hekka wella ? (Oui ou non ?) donc soixante-deux grammes peuvent se dissoudre à cette température mais nous, nous avons cent vingt-six grammes, que peut-il se passer pour les autres ?
350.E : euh
351.P : est-ce qu'ils vont se dissoudre ?
352.Es : non, non, non
353.P : ils vont
354.E : rester comme des dépôts comme dépôt
355.P : voilà, on va obtenir
356.E : des dépôts
357.P : bien sûr notre solution est une solution saturée et on aura un
358.Es : dépôt, dépôt
359.P : un dépôt (0:28:48.5).

Extrait 45 : l'enseignante régule le jeu en proposant une 2^e expérience de pensée et des questions régulatrices complémentaires.

L'enseignante et les élèves travaillent dans l'espace théorique et procèdent à l'exploration des conséquences du modèle en faisant fonctionner ses concepts pour prévoir la valeur numérique relative à la situation proposée. Les facettes, repérées au cours de l'échange,

sont toutes inscrites dans le monde des théories et modèles (cf. Tableau 49 ci-dessus) pour décrire des relations entre les concepts (masse maximale dissoute, température, solubilité, ...) (cf. lignes 1, 2, 3 et 6 du Tableau 49) ou prédire le résultat empirique d'une expérience de pensée qui reste non vérifié (lignes 4, 5 et 7 du Tableau 49).

Sur le plan thématique, l'examen de la Figure 46 ci-dessous montre la centration des éléments de savoir discutés sur la notion de « solubilité massique » et les facteurs qui l'influencent (ici l'effet de température).

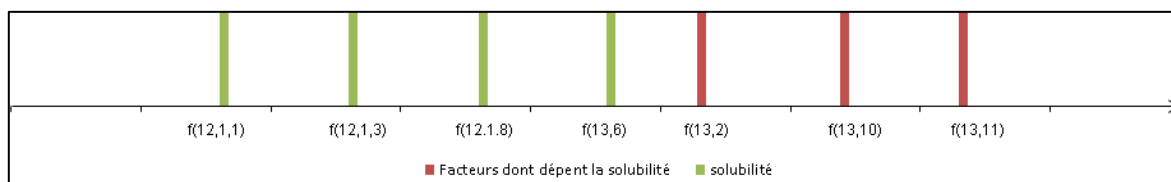


Figure 46 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S4.J05.

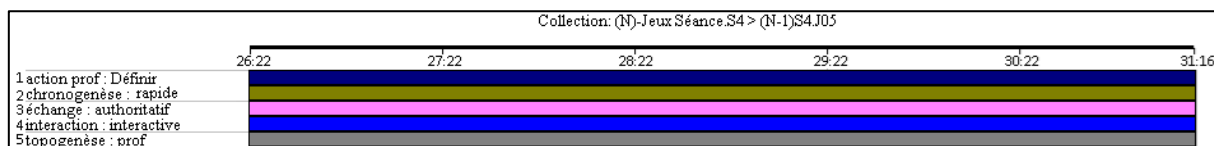
L'enseignante conduit le déroulement des expériences de pensée qu'elle a proposées. Elle procède à différentes régulations pour orienter les élèves vers la réponse attendue :

- Elle expose la situation proposée au tableau sous forme d'un schéma de deux béchers présentant respectivement le mélange à 40°C et à 20°C (tdp 325, Extrait 44 ci-dessus).
- Elle propose une 2^e expérience de pensée quand elle voit que la première (tdp 333, Extrait 44) ne donne pas les résultats attendus, pensant qu'il est plus facile de réfléchir à ce qu'il se passe au-delà de la limite de saturation que de penser en termes de baisse de température entraînant une saturation qui augmente peu à peu jusqu'à 20 degrés (tdp 343, Extrait 45 ci-dessus).

La topogénèse (lignes 5, Graphique 44) est sous la responsabilité de l'enseignante. C'est elle qui introduit les expériences de pensée à partir desquelles elle apporte tous les éléments nécessaires pour faire fonctionner les relations entre les différents concepts du modèle évoqué. En effet, le tableau des facettes (cf. Tableau 49 ci-dessus) montre qu'elle est l'auteure de la majorité des facettes codées (cinq sur sept facettes).

La chronogénèse (lignes 2, Graphique 44) est rapide et orientée par l'enseignante vers la maîtrise didactique d'un élément de savoir récemment installé (l'effet de la température sur la solubilité) et sur le fonctionnement des relations entre les concepts de solubilité de température et de masses maximale en solution à travers une situation empirique imaginaire.

Le graphe Transana ci-dessous récapitule de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Il montre aussi la conjonction d'une phase interactive (ligne 4) et d'une topogénèse sous la responsabilité de l'enseignante (ligne 5) traduisant la réduction du rôle de l'élève en faveur d'une avancée de la chronogénèse (ligne 2).



Graphique 44 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu S4.J05.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes, nous inférons une discontinuité lors du passage du monde des objets et événements au monde des théories et modèles. En effet, le remplacement de la situation de départ, formulée initialement dans le monde des théories et modèles, par une situation formulée dans le monde des objets et événements ne permet pas de prévoir l'effet du refroidissement sur la solution saturée.

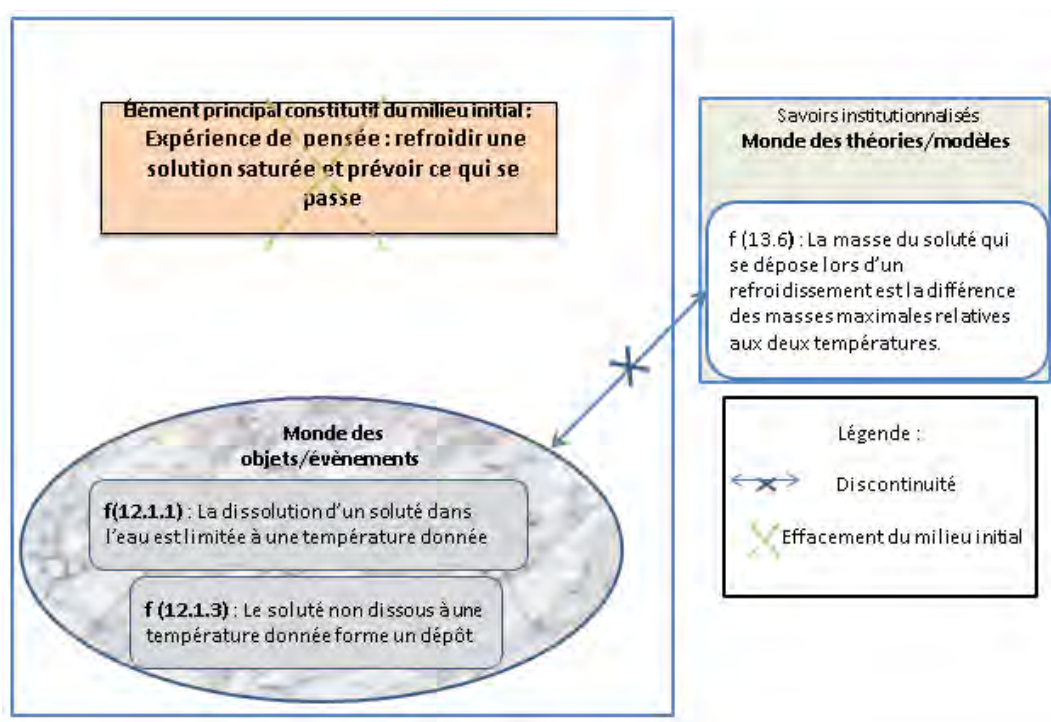


Figure 47 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S4.J05.

Nous donnons maintenant l'analyse du jeu didactique S4.J06.

2.6. S4.J06 : Trouver, en rappelant la définition de la solubilité, le volume d'eau à ajouter pour faire dissoudre le soluté déposé et avoir une solution juste saturée à une température donnée

La structuration au niveau N-1 du jeu S4.J06 a mis en évidence un seul jeu élémentaire. Le tableau (Tableau 50) ci-dessous rend compte des caractéristiques générales de cet épisode.

2.6.1. Structuration en jeu élémentaire

Tableau 50 : Structuration au niveau N-1 du jeu S4.J06

Jeu élémentaire (N-1) Intitulé	Tours de paroles	Durée
J06.E1 Trouver le volume d'eau à ajouter pour faire dissoudre le soluté déposé et avoir une solution juste saturée à une température donnée.	Tdp 369.bis-tdp 465	07 min 54 s

2.6.2. Analyse du jeu S4.J06

2.6.2.1. Narration didactique du jeu S4.J06

La question posée par l'enseignante se place dans la continuité des questions précédentes dans le sens où pour y répondre il faut utiliser les données numériques retenues dans les réponses précédentes. L'enseignante demande (sans cacher son doute sur le fait que la question puisse être résolue par les élèves) de calculer le volume d'eau juste nécessaire pour faire dissoudre le soluté non dissous (déposé), apparu lors du refroidissement d'une solution saturée de 40°C à 20°C. Elle ajoute que pour ce faire « il y a deux méthodes ». Une élève propose « m sur m max » que l'enseignante rejette sous prétexte qu'elle ne connaît pas cette formule et demande à l'élève de « donner un raisonnement correct ». Elle reformule ensuite sa question en demandant quel volume d'eau il faut ajouter à la solution pour avoir un mélange homogène et tel que la solution soit saturée. La réponse d'un élève (« deux cent millilitres ») est jugée « parachutée » par l'enseignante qui lui demande de l'argumenter. Celui-ci se justifie par le fait que 62 g sont dissous dans 200 mL. L'enseignante attire son attention sur le fait que la masse du soluté à dissoudre est de 64 g et que l'ajout de 200 mL d'eau ne va pas permettre d'éliminer totalement le dépôt. L'enseignante reformule une autre fois sa question en précisant que la solution à obtenir doit être saturée et le mélange homogène. Ainsi, un élève répond « soixante-quatre sur la concentration » que l'enseignante accepte avec méfiance en demandant plus de précision sur la « méthode » utilisée : « votre camarade vous dit, vous dites soixante-quatre c'est-à-dire vous allez prendre la masse (elle pointe la formule $s = m/v$ encore écrite sur le tableau) divisée par quoi ? ». Parmi les propositions en chœur des élèves (« m sur s », « s sur v », « m sur s »), l'enseignante retient la dernière sans explication. Elle la note au tableau et y introduit ensuite les valeurs numériques nécessaires au calcul. Elle prend pour cela la valeur de la masse totale du soluté introduit (126 g) et non la masse du soluté déposé (64g) proposé par l'élève. Après avoir rappelé que le volume total, qu'elle est en train de calculer, est égal à la somme du volume initial et du volume d'eau ajouté, l'enseignante demande aux élèves de se servir d'une calculatrice et de faire le calcul. Les valeurs numériques proposées par les élèves (0,40 L et 0,4 L) ne sont pas conformes aux attentes de l'enseignante qui les trouve « bizarres ». Un élève refait le calcul et donne une valeur à trois chiffres après la virgule (0,406 L). L'enseignante l'approuve en la notant au tableau et en rappelant que c'est la

somme du volume initial (0,2 L) et du volume d'eau ajouté. Lorsque les élèves recopient la correction sur leurs cahiers, l'enseignante rappelle oralement tous les étapes du calcul en réponse à une élève qui déclare qu'elle n'a pas compris pourquoi l'enseignante a utilisé la masse totale dans le calcul. Finalement, l'enseignante laisse en suspens la proposition de l'élève d'utiliser la masse du soluté déposé (64 g). Cette tentative de réponse aurait pu être l'une des deux méthodes, que l'enseignante a annoncé l'existence dès le début, pour déterminer le volume d'eau à ajouter pour faire juste dissoudre le dépôt du soluté à la température donnée.

2.6.2.2. Caractérisation du jeu S4.J06

Nous rassemblons ici les différentes analyses pour caractériser le jeu S4.J06 dans son ensemble.

Identification des facettes et leurs caractéristiques

Tableau 51 : Les facettes repérées au cours du jeu S4.J06 (E = élève, P = Professeur).

	Facette	Groupe notionnel	Type
1	f (12.2.13) : Si l'on ajoute un volume d'eau bien déterminé à un mélange formé de la solution saturée et du soluté non dissous on peut obtenir une solution juste saturée.	Solution saturée	P Description Monde obj/év
2	f (12.1.7) : Une solution saturée est un mélange homogène.	Solution saturée	P Description Monde obj/év
3	f (12.1.9) : Le volume d'eau à ajouter pour faire dissoudre la quantité du soluté déposée est calculé en divisant la masse du dépôt par la concentration de la solution.	La solubilité	E Prédiction Monde th/mod
4	f (12.2.7) : La solubilité est la concentration d'une solution saturée à une température donnée.	La solubilité	P Définition Monde th/mod
5	f (12.2.9) : La solubilité est une masse maximale dissoute divisée par le volume de la solution	La solubilité	P Définition Monde th/mod
6	f (12.2.10) : $v = \frac{m(\text{maximale})}{s(\text{solution})}$.	La solubilité	P Définition Monde th/mod
7	f (12.1.10) : Lorsqu'on connaît la masse du soluté dissous pour former une solution saturée on peut trouver le volume correspondant.	La solubilité	P Prédiction Monde th/mod

Analyse didactique

Ce jeu est en continuité avec le jeu précédent dans le sens où l'enseignante utilise le milieu déjà co-construit comme milieu initial (les expériences de pensée et les résultats numériques associés). Son enjeu est défini, a minima, au moment de la dictée de la question par

l'enseignante (tdp 373, Extrait 46 ; ligne 1, Graphique 45) qui ajoute qu'il existe deux méthodes pour la résoudre (tdp 373.bis, Extrait 46) :

369.bis.P : (0:31:16.3) alors une autre question que je vais poser
370.E : oralement
371.P : hein, à la suite, à la suite toujours
372.E : à la suite ?
373.P : oui, déterminez, (elle dicte) j'espère que vous pouvez répondre ↓, déterminez le volume d'eau / déterminez le volume d'eau qu'il faut ajouter / déterminez le volume d'eau qu'il faut ajouter à la solution pour obtenir / déterminer le volume d'eau qu'il faut ajouter à la solution pour obtenir une solution saturée / une solution saturée à vingt degrés Celsius, une solution saturée à vingt degrés Celsius
373.bis P : donc il y a deux méthodes hein, je sais pas, alors qu'est-ce qu'il faut faire ?
374.E : madame m sur m max ?
375.P : pardon
376.E : euh m sur m max
377.P : c'est quelle formule je ne connais pas cette formule là
378.E : [silence].
379.P : hein, donnez-moi, il faut me donner un raisonnement correct, il faut me dire pourquoi
379.bis P : alors qu'est-ce qu'on vous a dit ici (elle retourne au tableau) regardez bien là / **on a dit qu'il y a bien une masse qui va se déposer hekkawelle ?** (Oui ou non ?)
Bon, alors là (elle pointe le bécher dessiné au tableau) vous avez, vous n'avez pas un mélange homogène et ben quel volume d'eau je veux je dois ajouter à cette solution pour avoir un mélange homogène et tel que la solution soit
380.E : saturée
381.P : saturée
381.bis P : oui (elle donne la permission à une élève qui lève le doigt)
382.E : deux cent millilitreeuh ?
383.P : hekkaka maanitha (comme ça donc !) parachuté, il faut me dire pourquoi
384.E : parce que on a euh m max égale à deux cent euh soixante-deux grammes dissous en volume de deux cent millilitres
385.P : d'accord, mais là vous voyez bien (elle montre le dessin du bécher où elle a présenté le dépôt) **il y a ces soixante-quatre grammes** (0:33:51.4).

Extrait 46 : L'enseignante, en désignant le même trait pertinent (parties en gras dans l'extrait), oriente les élèves vers des propositions conformes à ses vœux.

La mésogénèse repose sur des éléments déjà installés (le modèle retenu et des données numériques issus de la réponse à la question précédente) pour activer une nouvelle opérationnalisation. Il s'agit cette fois de prédire le volume d'eau juste nécessaire pour faire dissoudre le soluté non dissous (déposé) à la température de 20 degrés Celsius. Les échanges se rapportent généralement au monde théorique, en témoigne l'analyse correspondante des facettes (cf. Tableau 51 ci-dessus). En effet, cinq facettes sur sept sont inscrites dans le monde des théories et modèles et mettent en jeu un rappel des définitions relatives au modèle retenu (cf. lignes 4, 5 et 6 du Tableau 51) et des prédictions faisant fonctionner les relations entre ses différents concepts : solubilité, volume de la solution et masse du soluté (cf. lignes 3 et 7 du Tableau 51).

Sur le plan thématique, l'examen de la Figure 48 ci-dessous montre la centration des éléments de savoir discutés sur la notion de « solubilité massique » (cinq facettes) avec un retour sur la notion de « solution saturée » en tant que mélange homogène mais qui peut former parfois un mélange hétérogène avec le soluté non dissous.

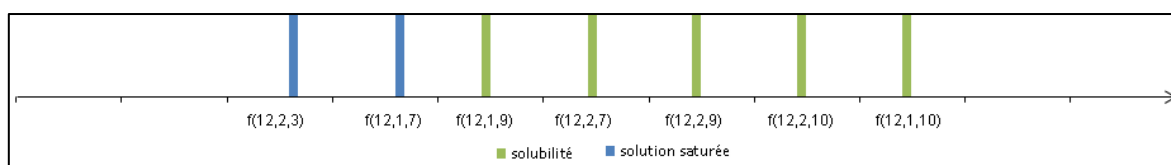


Figure 48 : L'évolution notionnelle et chronologique des facettes au cours du jeu S4.J06.

La progression de la mésogénèse se fait au gré des interventions de l'enseignante opérées d'abord sous forme de désignation d'un trait pertinent (la valeur de la masse non dissoute mise en relation avec le volume de l'eau à ajouter, tdp 379. bis et tdp 385, Extrait 46 ci-dessus), puis à travers des gestes fréquents d'ostension (tdp 396, 407, 421, Extrait 47 ci-dessus) centrés sur l'expression « $s = m/v$ » pour en tirer une relation explicite entre le volume recherché et la masse du soluté.

392.P : (0:34:29.0) oui monsieur
 393.E : soixante-quatre sur euh la concentration
 394.P : bon pour chercher quoi ?
 395.E : le volume
 396.P : le volume, mais donnez-moi une méthode là, est-ce que / votre camarade vous dit, vous dites soixante-quatre c'est-à-dire vous allez prendre la masse (elle pointe la formule $s = m / v$ encore écrite sur le tableau) divisée par quoi ?
 397.Es : la concentration, la solubilité
 398.P : la
 399.Es : la concentration, la solubilité
 400.P : solubilité, c'est une concentration (elle efface le tableau) puisqu'on a dit que la solution est saturée hekkawella ? (oui ou non ?)
 401.E : (une élève demande la parole) madame
 402.P : dire que la solution est saturée
 403.E : (la même élève) madame
 404.P : c'est-à-dire que la concentration est égale à (elle écrit au tableau) la / solubilité
 405.Es : oui
 406.E : (l'élève demande toujours la permission) madame
 407.P : c'est une masse divisée par le volume, je peux connaître la masse hna (ici) (elle montre la formule $s = m / v$ au tableau) c'est s fois
 408.E : v
 409.P : v, mais là nous avons la masse qu'est-ce que nous cherchons ?
 410.E : v
 411.P : un volume, v à quoi est égale ?
 412.Es : m sur s, s sur v, m sur s
 413.P : m très bien m sur s c'est la masse divisée par la solubilité,
 413.bis P : vous avez une masse totale ey wella ? (Oui ou non ?)
 414.E : [silence]
 415.P : à quoi est égale la masse totale ?

416.Es : c'est cent, cent vingt-six madame
 417.P : cent vingt-six grammes
 418.Es : grammes, grammes
 419.P : la masse de tout le soluté que vous avez c'est cent vingt-six
 420.Es : grammes
 421.P : grammes, donc je peux connaître le volume total, et **le volume total c'est quoi ? c'est le volume v un plus le volume d'eau que je dois ajouter**, donc à partir de là (elle pointe la formule $v = m/s$) je peux écrire la masse c'est cent vingt-six la solubilité à vingt degrés kaddech ? (C'est combien ?) (0:35:53.2).

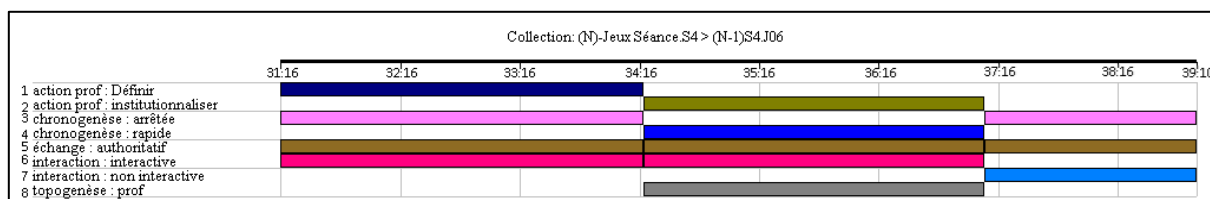
Extrait 47 : L'enseignante, par l'utilisation fréquente de l'ostension (parties en gras dans l'extrait), oriente les élèves vers des propositions conformes à ses vœux.

La communication est interactive (ligne 6, Graphique 45). Toutefois, les propositions des élèves restent inexploitable par l'enseignante faute d'un raisonnement correct (tdp 374-tdp 379, Extrait 46 ci-dessus), ou sous réserve d'explicitier comment elles ont été obtenues (tdp 393-396, Extrait 47 ci-dessus). Par ailleurs, le rôle des élèves est réduit à l'exécution des tâches de calcul dont les résultats sont commentés par l'enseignante. La communication est tout le temps authoritative puisque le référent est un savoir déjà institutionnalisé et censé être mémorisé.

La topogénèse (ligne 8, Graphique 45) est sous la responsabilité de l'enseignante. Celle-ci établit d'abord la formule littérale permettant de calculer le volume avant d'y introduire les valeurs numériques pour effectuer le calcul demandé. L'enseignante impose son point de vue lorsqu'elle choisit de calculer le volume total capable de dissoudre la totalité de la masse du soluté introduite sans commenter une solution alternative qui permet de déterminer directement le volume d'eau à ajouter en ne prenant en compte que la masse déposée. De cette façon, l'enseignante ne retient qu'une des deux méthodes de résolution qu'elle a mentionnées l'existence au moment de la définition du jeu (tdp 373.bis, Extrait 46, p. 206).

La chronogénèse (lignes 4, Graphique 45) évolue sur le plan procédural par la mise à jour d'une procédure de calcul fondée sur l'opérationnalisation d'un élément de savoir récemment installé (la solubilité).

Le graphe Transana ci-dessous récapitule de manière visuelle une bonne partie des conclusions précédentes. Il montre aussi la conjonction d'une phase non interactive (ligne 7) et d'une chronogénèse arrêtée (ligne 3) traduisant la reprise par l'enseignante des éléments déjà introduits pour gérer l'incompréhension réclamée par un élève.



Graphique 45 : Extrait du graphe construit par Transana montrant l'évolution de certains mots clés au cours du jeu S4.J06.

Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir

Des analyses précédentes, nous inférons une discontinuité dans le monde des théories et modèles lors de l'établissement de la procédure de calcul du volume d'eau à ajouter pour faire dissoudre le soluté déposé et obtenir une solution juste saturée. En effet, l'enseignante ne prend pas en considération la proposition de l'élève qui prend en compte la masse déposée et institutionnalise une procédure tenant en compte la totalité de la masse du soluté introduit. L'exploitation de la proposition de l'élève aurait pu mener à une autre procédure de calcul qui répond directement à la situation initiale.

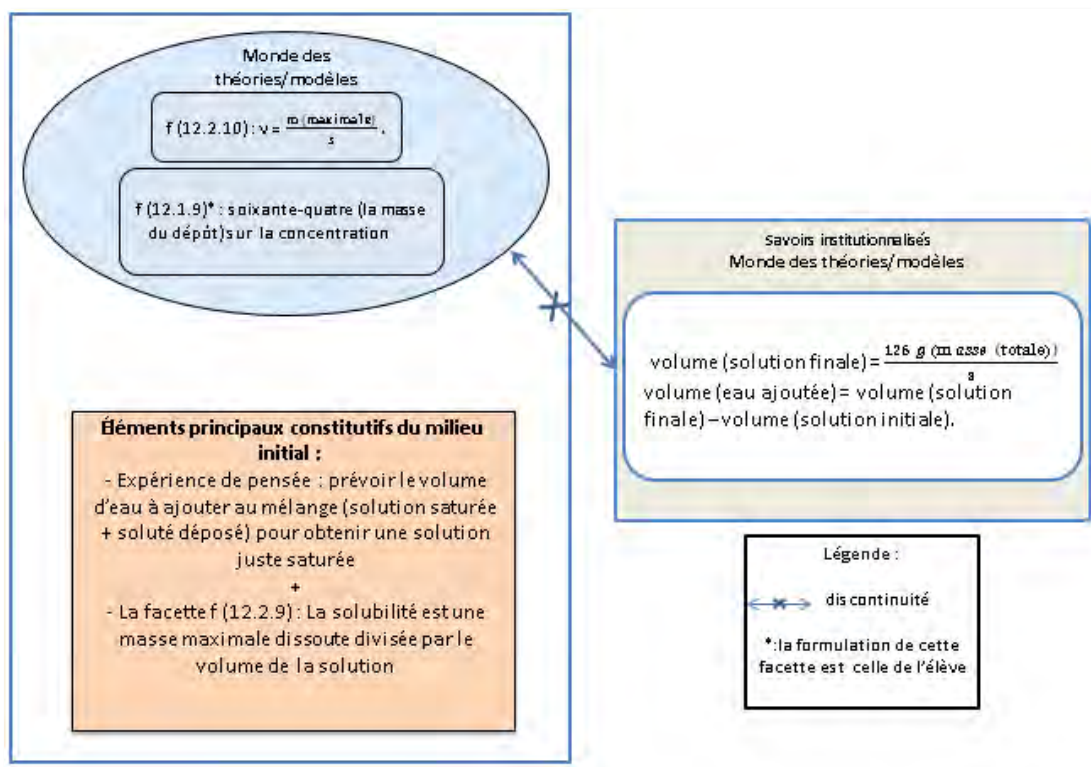


Figure 49 : Continuités et discontinuités dans l'avancée du savoir au cours du jeu S4.J06.

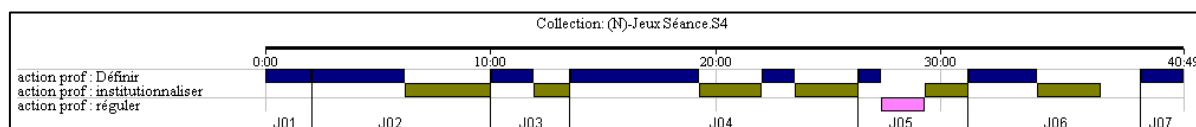
3. Analyse didactique de la séance S4

Nous faisons ici une synthèse des analyses précédentes (analyses des J.E, des facettes et des jeux didactiques) sur toute la séance. Comme nous l'avons précisé dans la méthodologie (§ 2.3, p. 73), cette synthèse s'appuie sur une analyse quantitative des modalités de nos différents descripteurs et puise aussi des informations de la description produite au niveau des jeux didactiques. Nous avons retenu les aspects majoritaires de ces modalités pour caractériser la mésogénèse, la topogénèse et la chronogénèse. Nous utilisons notre analyse en facettes pour conforter nos conclusions.

3.1. La mésogenèse

Nous nous intéressons ici à la manière adoptée par l'enseignante pour faire évoluer le milieu vers les savoirs attendus. Nous caractérisons cette évolution à travers les techniques didactiques qu'elle développe et les gestes mésogénétiques qu'elle utilise.

Le Graphique 46 ci-dessous montre la répartition dans le temps des différentes techniques didactiques utilisées par l'enseignante.

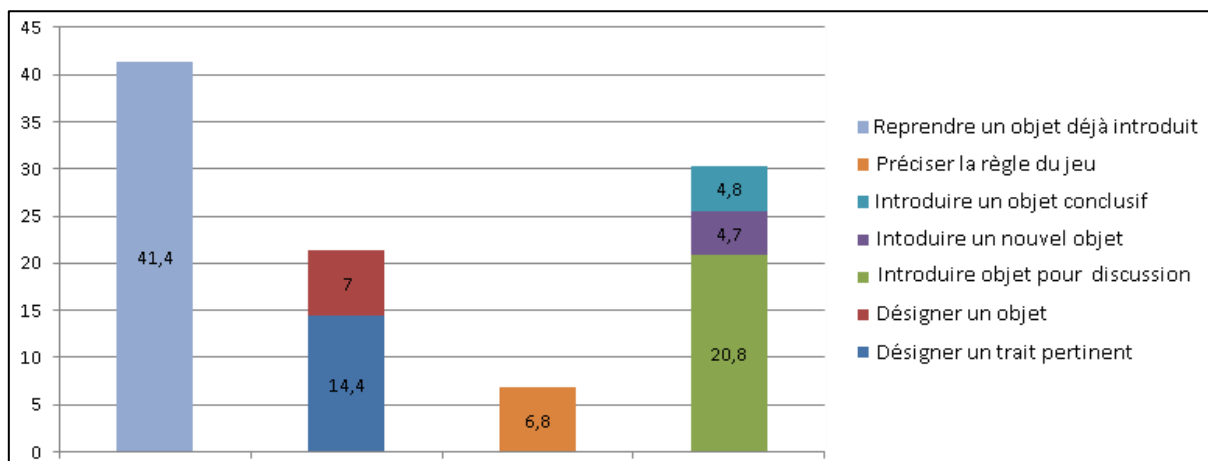


Graphique 46 : Répartition des techniques didactiques professorales au cours de la séance S4.

Plusieurs éléments nous semblent importants dans le graphique :

- L'absence de la technique didactique « dévoluer ». L'enseignante n'accorde pas un espace de réflexion pour les élèves. Ceux-ci ne sont pas amenés à raisonner et c'est l'enseignante qui conduit tout du début à la fin.
- La technique « réguler » est presque inexistante. L'unique régulation concerne une aide de l'enseignante par rapport à l'expérience de pensée qu'elle a proposée. En effet, elle propose une 2^e expérience de pensée quand elle voit que la première ne donne pas les résultats attendus (c'est le cas du jeu J05). Cette 2^e expérience consiste à faire « l'inverse » et partir de 20 °C en introduisant les cent vingt-six grammes de soluté dans les deux cent millilitres d'eau. De cette façon, les élèves n'ont qu'à restituer le résultat d'une expérience réalisée dans une séance passée (la séance S3 où il s'agit de mettre en évidence les propriétés d'une solution saturée).
- La technique didactique « institutionnaliser » prédomine dans la mésogenèse. Les savoirs retenus sont dictés par l'enseignante et concernent essentiellement la mise à jour d'une procédure de calcul (calcul de la masse maximale à une température donnée, calcul de la masse du soluté déposé suite à un refroidissement de la solution, calcul du volume d'eau à ajouter pour faire dissoudre le soluté déposé et avoir une solution juste saturée). Tous les savoirs institutionnalisés sont étroitement liés aux objets introduits par l'enseignante lors des phases de définitions des jeux.

Nous développons davantage ce dernier point en analysant la répartition des gestes mésogénétiques récurrents utilisés par l'enseignante lors de la séance S4 résumées par le Graphique 47 ci-dessous :



Graphique 47 : Répartition (en % du temps de la séance) des gestes mésogénétiques utilisés par l'enseignante lors de la séance S4.

On remarque que les gestes récurrents de l'enseignante sont « reprendre un objet déjà introduit » (41%) et « introduire des objets pour discussion » (21%) :

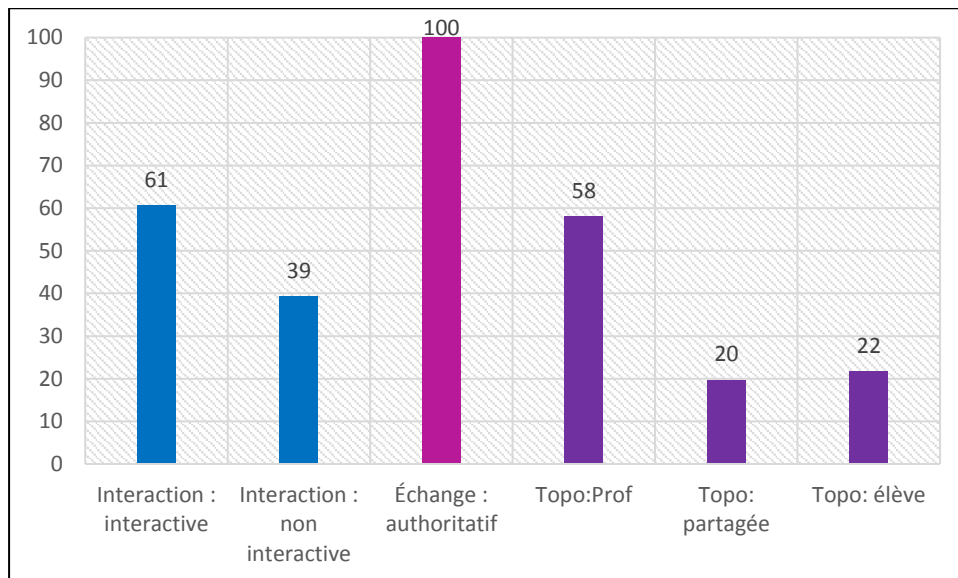
- Le geste « introduire des objets pour discussion » contribue à constituer le milieu initial. Les objets introduits sont ceux sur lesquels les élèves allaient jouer.
- Le geste « reprendre un objet déjà introduit » concerne l'appel à la mémoire didactique. Ce retour fréquent au passé didactique de la classe est nécessaire pour permettre la construction de la formule qui favorise la procédure de calcul.
- Par ailleurs, l'enseignante « introduit un nouvel objet » lorsqu'elle propose des expériences de pensée dont le but est de prévoir un résultat empirique pour une situation virtuelle (jeu 05 et jeu 06). Nous avons remarqué que l'enseignante ne laisse pas les élèves se débrouiller tous seuls dans le milieu. Elle essaie, à travers les gestes de désignation, de les guider vers des réponses conformes à ses vœux.

3.2. La topogénèse

Nous examinons maintenant la topogénèse en regardant aussi la forme de la communication conduite dans la classe. Le Graphique 48 ci-dessous montre la répartition en temps⁶³ des modalités associées à la topogénèse et à la communication. On remarque que l'enseignante occupe une position prédominante dans l'évolution au cours du temps de la responsabilité exercée à l'égard du savoir (58% de la durée des épisodes codés). On observe aussi que les élèves participent à apporter des éléments significatifs qui font avancer le savoir (42%).

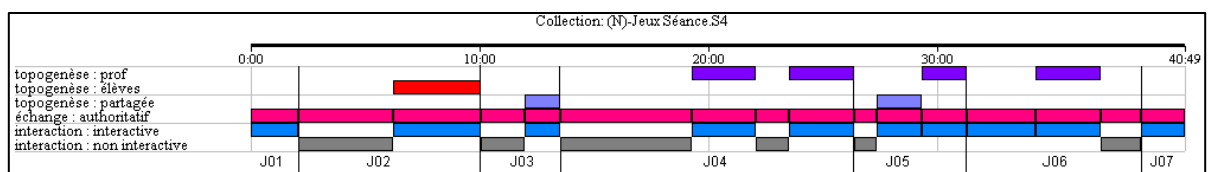
Nous examinons maintenant la forme de la communication conduite dans la classe. Nous remarquons qu'elle est majoritairement interactive (pendant 61% du temps) et que l'enseignante agit tout le temps de manière autoritative.

⁶³ Les pourcentages sont fournis par Transana à partir du temps des épisodes contenant les mots clés relatifs aux modalités concernées.



Graphique 48 : Répartition des modalités de la topogénèse et de la communication (en % du temps de la séance S4).

Nous caractérisons davantage la topogénèse en étudiant son évolution dans la séance et en croisant l'analyse avec la forme de communication. Le Graphique 49 indique l'évolution dans la séance de ces descripteurs :



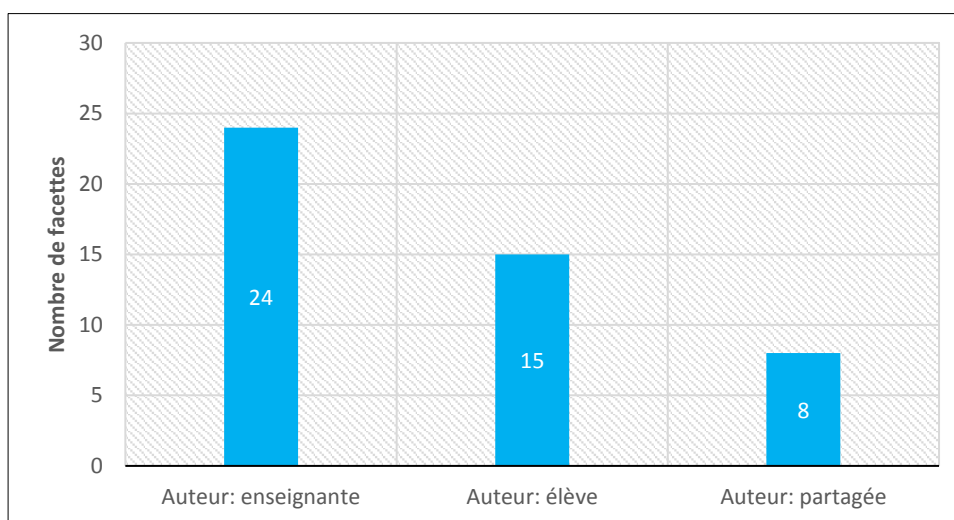
Graphique 49 : Évolution des descripteurs liés à la topogénèse lors de la séance S4.

Nous voyons sur le Graphique 49 :

- La présence des élèves dans la topogénèse. Il s'agit alors des jeux (J02, J03 et J05) dont l'enjeu principal est de se rappeler d'éléments « déjà vus » (le vocabulaire spécifique à la dissolution à travers des exemples de solutions identiques à ceux déjà abordés, la définition de la concentration massique et l'unité correspondante, la définition de la solubilité). Si la présence de l'enseignante est minimale dans ces jeux de rappel, elle est toutefois la conductrice des échanges et l'exécutrice de la tâche de calcul qui a eu lieu et qui concerne une conversion d'unités. La forme de communication est autoritative pendant ces jeux, car la référence est l'évaluation par l'enseignant du degré de compréhension fournie par les élèves.
- Des épisodes dont la topogénèse est majoritairement sous la responsabilité de l'enseignante. Ce sont des épisodes issus de jeux dont l'enjeu est la construction d'une procédure de calcul mettant en jeu l'opérationnalisation du modèle en faisant fonctionner les relations entre ses concepts pour prédire la valeur numérique relative à la situation proposée. La forme de communication est interactive car l'enseignante fait participer les élèves sans exploiter leurs propositions et les enferme dans les

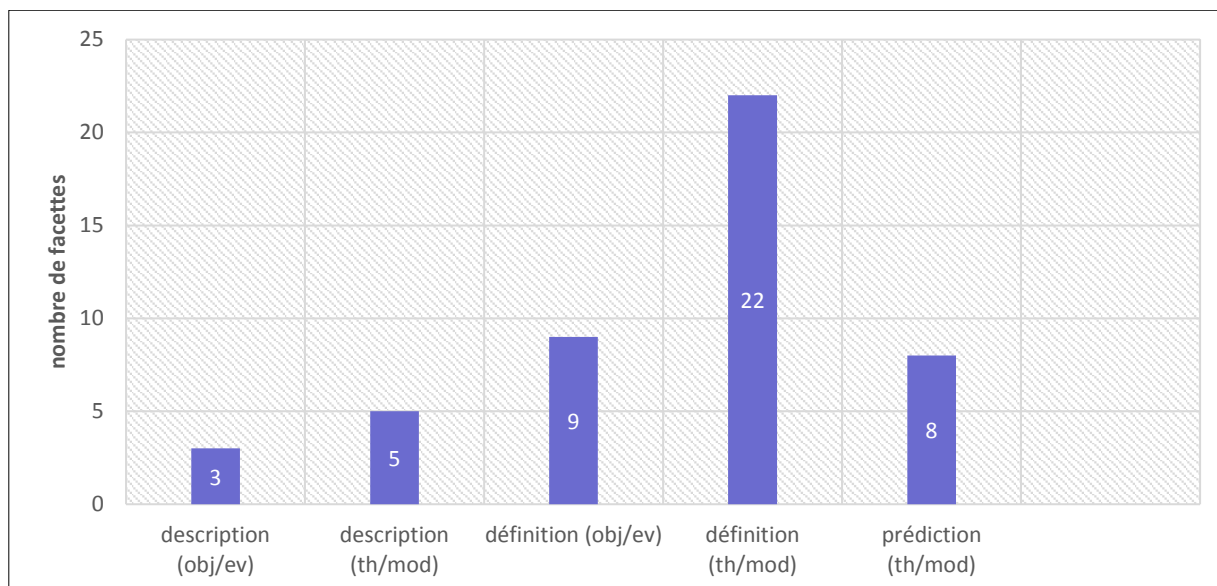
tâches de rappel ou de calcul. La communication est également autoritative car la référence est celle de la procédure de calcul à institutionnaliser.

En effet, au niveau de notre analyse microscopique (cf. Graphique 50 ci-dessous), nous constatons que sur les quarante-sept facettes codées au cours de la séance, les élèves produisent ou participent à la production de la moitié (23 facettes, dont 8 facettes partagées). Mais cet apport reste généralement au niveau de la répétition des savoirs déjà institutionnalisés et ne montre pas un travail réflexif de la part des élèves. En effet, les tableaux d'identification des facettes, relatifs aux jeux analysés, montrent que les tâches épistémiques les plus sollicitées de la part des élèves concernent principalement les définitions des notions évoquées et les descriptions des relations entre les différents concepts.



Graphique 50 : Répartition des facettes de la séance S4 selon l'auteur.

D'un autre côté, notre analyse en type de facette relatif à la tâche épistémique mobilisée montre l'inscription de la séance dans le monde théorique puisque 33 facettes sur 47 y appartiennent. Le Graphique 51 ci-dessous confirme ce constat :



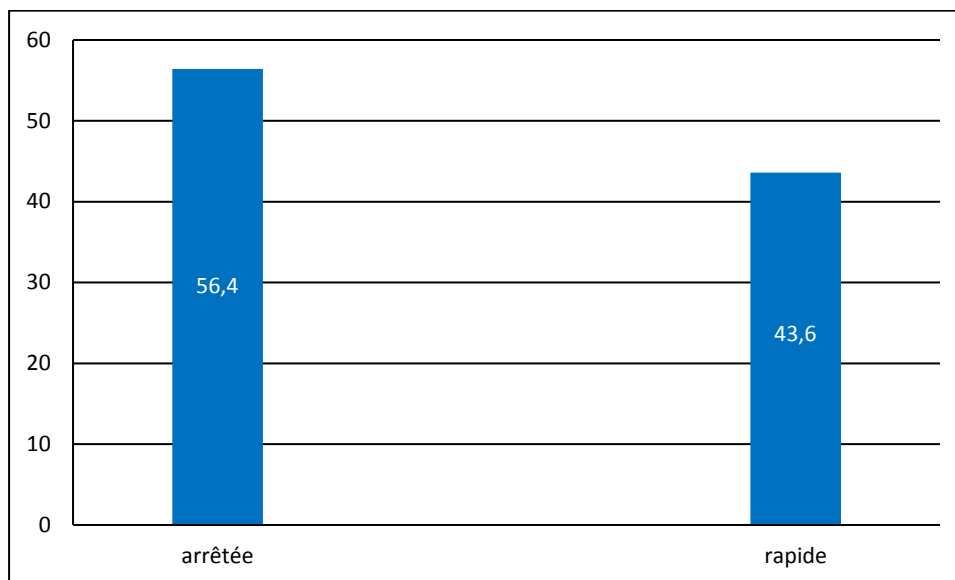
Graphique 51 : Répartition des facettes selon la tâche épistémique mobilisée dans la séance S4.

Le Graphique 51 montre aussi l'importance de la tâche épistémique « définition » (31 facettes sur 47). Or, l'examen de ces dernières montre qu'elles sont étroitement liées à des savoirs répétés et supposés être retenus par les élèves puisqu'ils étaient abordés dans des séances passées. Ces définitions concernent essentiellement « la solubilité », sa relation avec « la concentration » et avec la « masse maximale » du soluté dissous à une température donnée. L'importance des rappels dans cette séance est liée à la nature des activités proposées, consacrées finalement à corriger des exercices. Notre analyse en jeu a montré aussi que l'action de l'enseignante dans la mésogenèse favorise un travail conjoint de « rappel » (41% de la durée de la séance est consacrée à la reprise d'un objet déjà introduit), nécessaire pour mener à bien la résolution des exercices. Le Graphique 51 ci-dessus montre que rare est la présence, dans le monde théorique, des facettes mobilisant une tâche de prédiction⁶⁴ (8 facettes sur 47). En effet, l'enseignante et les élèves travaillent dans le monde théorique pour faire fonctionner les relations entre les concepts rappelés (« solubilité », « masse maximale de soluté dissous », « volume de solution » et « température ») dans le but de mettre à jour une procédure de calcul permettant de prédire l'effet d'un échauffement ou d'un refroidissement sur une solution saturée ou aussi la valeur du volume d'eau à ajouter pour faire juste dissoudre le soluté déposé. Or, notre analyse en jeu montre comment l'enseignante réduit l'espace de réflexion chez les élèves en remplaçant le milieu initial (fondé sur une expérience de pensée) par un autre basé sur une activité expérimentale déjà rencontrée par les élèves. De cette manière, il semble que la stratégie de l'enseignante dans cette séance consiste à retrouver d'abord la formule adéquate à partir des définitions rappelées, dans laquelle elle introduit elle-même les données numériques pour aboutir aux résultats demandés. Ainsi, le couple définir/prédire semble être le moteur de cette séance.

⁶⁴ Rappelons que la tâche épistémique « prédire » revient à explorer dans l'espace théorique les conséquences du modèle retenu et à favoriser par la suite une procédure de calcul.

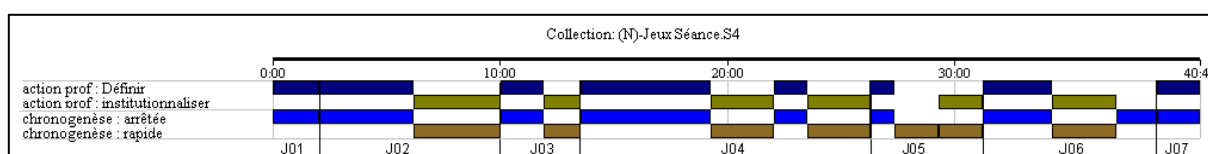
3.3. La chronogènèse

Le Graphique 50 ci-dessus montre la répartition, en temps de la séance, des différentes modalités de la chronogènèse. On remarque qu'elle se partage entre une phase arrêtée (56,4% du temps de la séance), une phase rapide (43,6%).



Graphique 52 : Répartition de la chronogènèse (en % du temps de la séance) lors de la séance S4.

Nous documentons cette répartition en nous intéressant à l'évolution des techniques professorales majoritaires dans cette séance à savoir « la définition » des jeux et « l'institutionnalisation », c'est ce que montre le Graphique 53 ci-dessous :



Graphique 53 : Évolution de la chronogènèse et des techniques professorales lors de la séance S4.

Nous observons que :

- Tous les jeux débutent par une phase où la chronogènèse est arrêtée. Cette phase correspond essentiellement à un moment de définition du jeu où l'enseignante introduit les éléments sur lesquels les élèves devront jouer. Ces éléments font tous appel à la mémoire didactique de la classe soit dans le but d'approfondir la compréhension des savoirs déjà abordés (les trois premiers jeux), soit dans le but de les faire fonctionner pour construire la procédure de calcul relative à la situation proposée (les jeux J04, J05 et J06).
- La chronogènèse rapide caractérise les phases d'institutionnalisation où il s'agit essentiellement de mettre à jour la procédure de calcul issue de l'opérationnalisation du modèle retenu.

Par ailleurs, les facettes de la Figure 50 ci-dessous montrent que les savoirs évoqués mettent en jeu un spectre de notions variées : le vocabulaire spécifique à la dissolution (couleur rouge dans la Figure 50), la définition de « la concentration massique d'une solution » et l'unité correspondante (respectivement le vert et le vert foncé dans la Figure 50), la définition de la « solubilité massique d'un soluté », sa relation avec la solution saturée et sa dépendance de la température (respectivement les couleurs rose, mauve et mauve foncée dans la Figure 50). Cependant, nous voyons une centration assez marquée sur la notion de solubilité (19 facettes sur 47) qui revient à plusieurs moments de la séance.

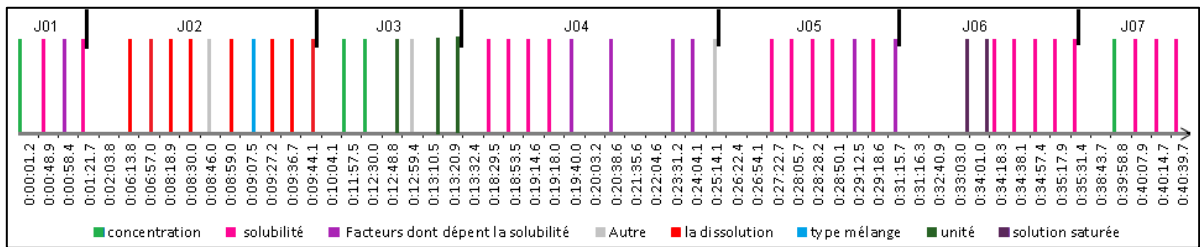


Figure 50 : Les facettes réparties en ordre chronologique de parution (sur l'axe du temps de la séance S4) laissant visible leur groupe notionnel et les jeux auxquels elles appartiennent.

Nous restons proches du savoir et nous suivons son avancée. Pour ce faire, nous nous sommes basées principalement sur nos analyses en facettes, et nous avons eu recours aussi à nos analyses en jeux didactiques. Notre analyse consiste à repérer les continuités⁶⁵ et les discontinuités en prenant en compte le point de vue de la modélisation et du langage. La Figure 51 ci-dessous résume les continuités et les discontinuités que nous avons pu repérer dans les jeux et au cours du temps :

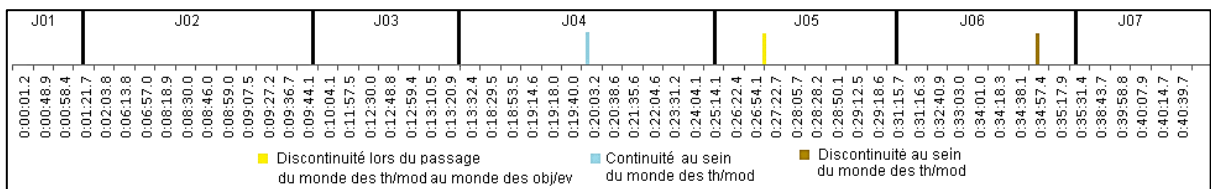


Figure 51 : Les continuités et les discontinuités réparties en ordre chronologique de parution (sur l'axe du temps de la séance S4) laissant visible les jeux auxquels elles appartiennent.

La Figure 51 ci-dessus montre que les continuités et les discontinuités sont rares dans cette séance consacrée entièrement à la correction des exercices. Comme nous l'avons mentionné plus haut, tous les savoirs introduits sont basés sur le passé didactique de la classe. Les moments où on a pu repérer des continuités et des discontinuités appartiennent à des jeux mettant en jeu la construction d'une procédure de calcul faisant fonctionner les relations entre les concepts du modèle retenu (cf. Les analyses des jeux J04, J05 et J06, p. 191, 199 et 205). Il s'agit de rappeler la formule visée dans laquelle il faut ensuite introduire les données numériques adéquates. Or, pour les élèves cela n'est pas toujours évident et nous avons pu repérer les continuités et les discontinuités suivantes:

⁶⁵ Rappelons qu'une continuité se fait entre deux éléments du même monde, de deux mondes différents, de deux langages différents ou du même langage par un lien (ou son absence dans le cas de la discontinuité).

- Une continuité au sein du monde des théories/modèles produite par l'enseignante lorsqu'elle précise que la solubilité est une constante qui ne dépend que de la température et que même si sa définition est relative à un litre de solution cela ne signifie pas qu'elle change de valeur si on ne considère que 200mL de cette solution. Il paraît que de cette façon l'enseignante gère implicitement une incompréhension soulevée par une élève liée au caractère intensif de la solubilité (J04).
- Une discontinuité lors du passage du monde des objets/événements au monde des théories/modèles lorsque l'enseignante remplace l'expérience de pensée de départ par une situation abordée par les élèves dans une séance passée (la préparation d'une solution saturée à une température donnée), formulée dans le monde des objets et événements, qui si elle permet de trouver le résultat attendu (la masse du soluté déposé) ne permet pas de prévoir l'effet du refroidissement sur la solution saturée qui constitue l'enjeu principal de l'expérience de pensée proposée au début (J05).
- Une discontinuité procédurale, au sein du monde théorique, lorsqu'elle ne revient pas sur la proposition de l'élève de prendre en considération la masse du dépôt dans le calcul du volume d'eau juste nécessaire pour faire dissoudre le dépôt (qui constitue d'ailleurs une tentative de réponse correcte), et choisit de prendre en compte la masse totale du soluté pour calculer le volume total de la solution saturée et d'en déduire ensuite le volume d'eau recherché (J06).

Chapitre 3 : Une synthèse des analyses

Nous synthétisons dans ce chapitre les résultats de nos analyses relatives aux séances S1 et S4 de manière à répondre à nos questions de recherche que nous rappelons ci-dessous :

1. Quelles sont les caractéristiques de l'action didactique considérée comme conjointe en termes d'évolution du milieu, des responsabilités et du savoir au cours du temps ?

Nous suivrons de plus près l'évolution du milieu et nous essayons de répondre à la question suivante :

2. Quels sont les types de régulations opérées par l'enseignante concourant à l'évolution du milieu ?

Dans le but de caractériser la contribution de l'enseignant et de l'élève dans l'évolution du savoir coproduit dans la classe, nous cherchons à répondre à la question suivante :

3. Quelle contribution des élèves au regard de celle de l'enseignant dans les tâches épistémiques liées à la manipulation du savoir ?

Pour caractériser l'évolution du savoir coproduit dans la classe, nous cherchons à caractériser les liens qui s'établissent (ou non) entre les différents éléments de savoir en termes de modélisation : sont-ils relatifs au niveau des théories et à des modèles, à celui des objets et événements ou à leurs relations ?

Nous donnons ainsi une caractérisation de l'évolution du savoir à travers notre réponse à la question suivante :

4. Quelles sont les continuités et les discontinuités en termes de modélisation qui accompagnent l'avancée du savoir ?

Nous donnons ainsi la liste des caractéristiques (qui reste toutefois non exhaustive) de l'action didactique (relative aux séances analysées) en termes des trois genèses, supportées et complétées par :

- La caractérisation de l'évolution du milieu à travers l'examen des régulations concourantes à cette évolution.
- La caractérisation de la topogenèse à travers la caractérisation des tâches épistémiques mobilisées par l'enseignante et les élèves dans la manipulation du savoir.
- La caractérisation de l'avancée du savoir à travers les continuités et les discontinuités en termes de modélisation qui s'établissent (ou non) entre les différents éléments de savoir.

1. La caractérisation des pratiques observées

1.1. Une mésogenèse interactive dont l'évolution est initiée à partir du champ expérimental

Les séances analysées sont majoritairement interactives (60% du temps de chacune des séances analysées). Des discussions sont menées autour des expériences proposées par l'enseignante. Ces expériences sont soit des expériences réelles mobilisant l'observation par les sens (c'est le cas par exemple des expériences sollicitant une comparaison du goût ou de teinte pour mettre en évidence l'effet de la masse du soluté et le volume de la solution sur la concentration massique de la solution), soit des expériences de pensée dont l'enseignante fait ensuite réduire le coût cognitif pour qu'elles correspondent à des situations expérimentales similaires à celles réalisées par les élèves dans des séances passées (l'expérience qui consiste à prévoir l'effet d'un refroidissement sur une solution saturée par exemple qui se transforme en une expérience de dissolution progressive du soluté, dans un volume et une température donnés, jusqu'à l'apparition du dépôt).

L'échange entre l'enseignante et les élèves est généralement conduit au moyen d'un jeu de questions/réponses initié souvent par l'enseignante, ne permettant aucun travail intellectuel de la part de ceux-ci et ne laissant vivre que des éléments conformes au point de vue institutionnel du savoir à enseigner (c'est le cas par exemple lorsqu'elle retient le point de vue macroscopique de la dissolution et abandonne le point de vue microscopique qu'elle a adopté lors de la discussion pour interpréter la disparition du sel).

Le rôle de l'élève dans l'interaction est réduit à l'exécution d'une tâche expérimentale ou de calcul, la formalisation d'une observation ou aussi à un rappel d'éléments déjà vus ou réalisés en classe.

Le milieu évolue essentiellement au gré des interventions de l'enseignante qui opère de rares régulations que nous avons déjà discutées, parmi lesquelles :

- Des injonctions qui contribuent à construire la composante matérielle du milieu. Cette dernière évolue sous le double effet des consignes orales de l'enseignante et de leur mise en œuvre expérimentale par les élèves ;
- Un jeu de questions/réponses (des questions ouvertes généralement non aidantes et des questions plus fermées dont les réponses sont immédiates ou soufflées partiellement par l'enseignante) qui relève du cours dialogué et des gestes de désignation d'objets matériels ou conceptuels qui relèvent souvent de l'ostension verbale ;
- L'appel à une pratique quotidienne ou à la mémoire didactique si le milieu initial est dépourvu des rétroactions attendues.

1.2. Une topogénèse majoritairement sous la responsabilité de l'enseignante

L'enseignante détient le savoir. Elle présente majoritairement une position topogénétique haute (87% du temps de S1 et plus que la moitié (58%) de la durée des épisodes codés dans S4) même si elle fait participer les élèves puisqu'elle n'autorise que des propositions qui sont conformes à ses vœux (nous avons vu par exemple comment elle rejette avec un ton un peu vif la proposition d'un élève qui tente d'interpréter, en termes de concentration, l'effet de la masse du soluté au lieu de le décrire d'abord en termes de variation d'intensité de couleur entre les deux solutions de sulfate de cuivre préparées).

Un aspect surplombant apparaît aussi lorsqu'elle impose des conclusions sans que celles-ci ne soient discutées ou précédées d'un travail conceptuel ou expérimental quelconque de la part de l'élève (faire admettre aux élèves que le volume du solvant est celui de la solution ou faire admettre aussi la définition de la concentration massique).

Les élèves, privés d'une prise en charge effective de l'avancée des savoirs, prennent la main sous la forme d'énoncé de faits observés ou de propositions émises à la suite d'un appel à la mémoire didactique.

La prise en compte de l'auteur dans la caractérisation des facettes permet de confirmer la responsabilité de l'enseignante dans la topogénèse. En effet, c'est l'enseignante qui introduit la majorité des éléments de savoirs sur les deux séances analysées (85 facettes dans S1 sur 125 et 24 dans S4 sur 47). Toutefois, ces résultats restent tributaires de la nature de la séance et des tâches épistémiques mobilisées dans les activités proposées.

L'analyse des facettes, en termes de tâches épistémiques visant à caractériser le processus de pensée en jeu dans les activités proposées, montre que le savoir est généré à partir du champ des observables et que son développement semble être supporté par le monde empirique. En effet, l'analyse met en jeu l'importance de la tâche description d'objets et des événements (elle est sollicitée dans 36 facettes de S1 sur 125), suivie d'interprétation en termes de relation entre le monde des objets/événements et le monde des théories/modèles (elle est mise en œuvre dans 33 facettes sur 125 de S1) puis de définition de concepts dans les deux mondes (elle est mobilisée dans 38 facettes sur 125 dans S1 et 28 sur 47 dans S4). Nous expliquons la différence dans la répartition des tâches, indiquées ci-dessus, entre les deux séances (les tâches de description et d'interprétation sont marginales dans S4) par la nature des activités menées dans chacune. En effet, dans S1, chaque situation empirique proposée par l'enseignante conduit à de nouvelles descriptions, suivies souvent par des interprétations. Les définitions accompagnent les phases de récapitulation dans un but d'institutionnalisation. Dans S4, se sont plutôt des phases de rappel qui sollicitent la tâche de définition, généralement dans le but de construire une procédure de calcul. Les résultats de l'analyse montrent aussi la faible variété des tâches épistémiques intégrées aux activités proposées aux élèves (celles-ci se résument dans les tâches citées ci-dessus à savoir description, interprétation, définition et rarement la tâche de prédiction basée sur une

procédure de calcul où il s'agit d'introduire des données numériques dans une formule rappelée conjointement). L'absence des tâches qui mobilisent une activité importante chez les élèves (comme l'argumentation et la critique, par exemple) peut être associée au caractère autoritativ qui règne sur la communication. Par ailleurs, si l'enseignante « monopolise » pratiquement les tâches qui demandent un certain travail intellectuel, comme l'interprétation (24 sur 33) et la prédiction (7 sur 8), elle contribue aussi largement dans les tâches de description (19 sur 36). Nous pouvons donc faire l'hypothèse que l'enseignante sollicite les élèves à avancer des descriptions dans le monde empirique et que ceux-ci répondent à ses attentes. (Ceci n'est pas nécessairement dans tous les cas car nous pouvons voir que les élèves peuvent se dispenser de l'observation et passent directement à l'interprétation quand ils pensent connaître suffisamment l'objet à décrire mais l'enseignante rejette leurs tentatives dans ce sens).

1.3. Une chronogenèse rapide marquée par l'entrée impromptue de certains éléments

Les séances observées sont constituées de jeux à chronogenèse rapide orientée par l'enseignante vers l'institutionnalisation. C'est au cours de ces moments d'institutionnalisation que les élèves se rendent compte généralement des savoirs en jeu puisqu'aucune problématisation du savoir n'a eu lieu. L'entrée impromptue de certains éléments pendant cette phase témoigne du poids topogénétique de l'enseignante qui lui permet d'institutionnaliser parfois des éléments de savoir sans aucun travail (expérimental ou conceptuel) préalable de la part des élèves.

Notre analyse en termes de modélisation a montré que les nouveaux savoirs (particulièrement dans S1) sont introduits le plus souvent en passant d'une description dans le monde empirique à une interprétation dans le monde des théories et modèles. La continuité des savoirs lors de cette mise en relation des deux mondes est assurée par l'aspect inductif de production de savoirs. C'est le cas par exemple de la notion de « dissolution » qui est abordée d'un point de vue macroscopique à travers le type de mélange obtenu. C'est le cas aussi de la notion de « concentration massique » traitée à partir d'une différence du goût ou d'intensité de couleur entre les deux solutions préparées. Toutefois, nous avons pu souligner des discontinuités induites particulièrement :

- Lors de la mise en relation des deux mondes : lorsque l'enseignante introduit l'idée de conservation du volume de la solution lors de la dissolution sans expérience scolaire du phénomène pour les élèves, ou lorsque l'enseignante n'exploite pas suffisamment les éléments empiriques et laisse à la charge des élèves de s'approprier, à partir de la comparaison de deux solutions d'eau sucrée à différents volumes et d'égal masses, la relation entre les concepts « volume de solution » et « concentration massique d'une solution »).
- Au sein du monde théorique :

- Entre les concepts « concentration massique », « volume de solution » et « masse du soluté dissous » faute d'un travail conceptuel permettant d'envisager la concentration comme une « proportion d'un soluté dans une solution » permettant d'appréhender son caractère intensif.
- Lors de la construction de la procédure de calcul lorsque l'enseignante ne tient pas en compte la tentative d'une démarche de résolution proposée par l'élève.

2. Conclusion

La caractérisation de l'action didactique que nous venons de présenter donne l'image d'une logique d'action de l'enseignante centrée généralement sur un schéma récurrent et figé de production du savoir, issu d'une stratégie construite selon l'enchaînement : Réaliser l'expérience – faire l'observation – bâtir la conclusion. Cet aspect inductif assure un lien de continuité dans l'avancée du savoir et produit la majorité des éléments de savoirs dans la classe. Une place importante est faite aux échanges enseignante/élève où ce dernier est embarqué dans un jeu de mémoire et c'est la parole de l'enseignante qui reste majeure et organisatrice.

Partie 4 : Discussion et Conclusion

Nous retournons tout d'abord, dans un premier chapitre de cette partie, sur les résultats obtenus et les cadres théorique et méthodologique de la recherche pour discuter notre travail. Dans un deuxième chapitre nous présentons une conclusion générale dans laquelle nous exposons les principaux résultats et nous donnons quelques perspectives pour de futures études.

Chapitre 1 : Discussion

Nous proposons dans ce chapitre une approche réflexive sur notre travail. Nous organisons la discussion d'abord sur l'aspect théorique et la pertinence des échelles mobilisées, ensuite, sur le plan méthodologique et finalement, sur le plan des résultats obtenus.

1. Aspects théoriques : Échelles mobilisées et compatibilité des outils convoqués

Nous discutons ici succinctement l'intérêt qu'il y a à combiner des cadres théoriques différents pour décrire l'action didactique.

Nous admettons que l'action didactique est complexe et que la description des phénomènes y associés mobilise différentes échelles d'analyse dont le choix va de pair avec l'établissement d'outils théoriques associés (Venturini & Tiberghien, 2018).

Dans notre étude, nous avons mobilisé trois échelles temporelles :

- L'échelle mésoscopique associée au rythme du changement des activités dans la séance, au niveau de laquelle nous avons mené une analyse en jeux didactiques suscitant les concepts de la TACD et ceux de l'approche communicationnelle.
- L'échelle microscopique correspondant à un ou quelques tours de paroles, au niveau de laquelle nous focalisons l'analyse sur les éléments de savoir décrits en termes de facettes, de modélisation et de tâches épistémiques.
- Une échelle « intermédiaire » entre les deux précédentes, qui permet de voir certains jeux comme incluant des « jeux élémentaires » dont les enjeux sont plus locaux.

Le « jeu élémentaire », interprété à la fois en tant qu'unité élémentaire de transaction et en tant qu'ensemble de facettes de savoir, nous a permis d'établir des liens entre le niveau microscopique et le niveau mésoscopique et nous a servi ainsi de base à l'analyse du jeu didactique. Ces liens renforcent la caractérisation des genèses. En effet, un lien est établi entre le type des facettes en termes d'auteur et de tâches épistémiques et la topogenèse précisant l'apport de chaque acteur lors de la manipulation du savoir (une description du monde empirique, une interprétation de cette description, ...). Un lien est établi aussi entre les facettes en termes de modélisation et la chronogenèse à travers la notion de la continuité caractérisant l'avancée du savoir.

Ces deux dimensions (microscopique et mésoscopique) combinées ont contribué à décrire d'une manière beaucoup mieux fondée le triplet des genèses de la TACD (Venturini & Tiberghien, 2018).

Nous avons eu recours aussi à l'approche communicationnelle. Celle-ci nous offre, grâce à ses descripteurs, des outils qui nous permettent de décrire la relation ternaire enseignant – élève – objet de savoir à travers la description du discours didactique mené au cours de

l'interaction enseignante - élève. Elle contribue ainsi à la caractérisation des différentes genèses, notamment la topogenèse mais aussi la mésogenèse et la chronogenèse. En effet, un format interactif et dialogique par exemple, renvoie à une topogenèse dans laquelle la place de l'élève est importante et cela donne aussi des idées au niveau de la mésogenèse qui peut être constituée d'objets de savoir de nature différente à celle attendue. D'autre part, si la communication est dialogique, la chronogenèse ralentit et si elle est fortement autoritative on peut penser à une chronogenèse plutôt rapide. Donc, examiner les formats de communication peut documenter les genèses et donner plus d'épaisseur à leur description.

Porté au niveau du jeu, ce couplage (jeu élémentaire et facettes) a nourri l'analyse de l'action didactique au cours du jeu et a permis de suivre l'avancée du savoir en cours.

Notons que les différents découpages et aussi les différentes analyses ne sont totalement stabilisés qu'en fin des analyses, une fois que l'action didactique est totalement interprétée au niveau de la séance.

2. Aspects méthodologiques

Notre travail se situe dans le courant des recherches didactiques sur les pratiques d'enseignement et d'étude avec une approche par étude de cas. Cette approche est intéressante dans le sens qu'elle prend en compte l'examen d'un grand nombre de dimensions et de facteurs en jeu dans le phénomène étudié (Van der Maren, 1996) ce qui permet de l'analyser plus en profondeur.

Notre travail d'analyse est basé sur différents découpages à différentes temporalités ce qui a produit un très grand nombre d'épisodes à gérer sur différentes échelles, en utilisant différents descripteurs. La « triangulation » des différentes données au niveau N-1 nous aide dans l'interprétation et confère une cohérence aux résultats obtenus. Pour l'analyse de la topogenèse par exemple, nous avons une première idée lors d'une analyse holistique de l'épisode et notamment après formulation de la narration. Les informations relatives à la forme de communication ainsi que celles des facettes en termes de tâches épistémiques viennent corroborer cette analyse.

Par ailleurs, nous soulignons aussi l'importance des facettes comme outil méthodologique se rapprochant des observables concourant, avec les données quantitatives construites avec l'aide du Transana, à objectiver nos interprétations. Notons que si l'exploitation de ces données quantitatives fonde nos analyses au niveau de la séance, elles n'ont pas été mobilisées au niveau du jeu didactique vu sa courte durée et la similarité qui existe entre plusieurs jeux didactiques.

Toutefois, ces données sont basées sur un codage des modalités de nos descripteurs qui n'était pas toujours simple. Nous soulignons par exemple la caractérisation de la facette en termes d'acteur principal. En effet, l'omniprésence du discours de l'enseignante et les formulations brèves et très courtes des réponses par les élèves rendent difficile de décider

de l'acteur principal. Pour surmonter cette difficulté, nous avons pris en compte la part (même minimale) des élèves dans la construction du sens visé.

3. Discussion des résultats

Notre travail de recherche au cours de cette thèse a porté sur l'étude de l'action didactique en lien avec l'avancée du savoir dans le cas d'une séquence d'enseignement et d'étude sur le phénomène de dissolution en 1^{ère} année du lycée.

Nous avons montré qu'une mésogenèse pilotée par l'enseignante se conjugue avec des positions topogénétiques hautes et une progression des savoirs animée par l'enchaînement expérience - observation - interprétation. Ces résultats sont aussi au cœur des pratiques d'enseignement et d'étude d'enseignants de chimie tunisiens recensées par Ben Kilani (2019). La chercheuse, après avoir fait le même constat chez des enseignants dans plusieurs travaux tunisiens (Mahjoub & Ben Kilani, 2016 ; Mzoughi-khadhraoui et al., 2013 ; Nouri, 2016) rattache ce point de vue inductif sur l'enseignement des sciences chimiques à des déterminants différents, parmi lesquels la demande institutionnelle de « rendre l'élève actif » telle qu'elle est comprise par les enseignants. Nous supposons aussi que le manuel, largement utilisé par ces enseignants, a une responsabilité non négligeable lorsqu'il propose des activités dans lesquelles l'élève est largement un exécutant (cf. § 1.2.1, p. 12).

Nous avons regardé aussi les continuités et les discontinuités dans l'avancée du savoir du point de vue de la modélisation. Nos résultats s'accordent avec ceux trouvés par Nouri (2016) dans le sens où l'enchaînement expérience - observation - interprétation assure la majorité des continuités repérées. Par ailleurs, si les discontinuités dans la relation entre les deux mondes dans notre travail sont essentiellement liées à une exploitation minimale des données empiriques voire une absence d'expérimentation de la part des élèves, nous supposons que la part de l'implicite, responsable des discontinuités observées dans les pratiques des enseignants de Nouri, pourrait se trouver dans la pratique de notre enseignante lorsqu'elle laisse dans l'implicite le caractère intensif de la concentration en affirmant, après avoir comparé les concentrations de deux solutions de différents volumes et d'égales quantités de soluté, que la concentration dépend du volume de la solution⁶⁶.

Les discontinuités, que nous avons repérées dans les pratiques observées, reflètent parfois un savoir imposé et/ou faiblement conceptualisé qui pourrait empêcher par exemple l'appréhension de l'intensivité de la concentration massique en relation avec le volume de solution ou aussi la compréhension de la dissolution du sel en lien avec sa solvatation puisque l'enseignante l'a contournée en se limitant à la notion de divisibilité du sel dans l'eau. Plusieurs recherches, adoptant d'autres cadres théoriques et méthodologiques, ont souligné ces difficultés dans l'appréhension de ces concepts liées particulièrement à la non prise en compte du volume de solution et la non considération de la place occupée par le

⁶⁶ L'élève pourrait ainsi croire que pour une même solution, deux volumes différents pourraient ne pas avoir la même concentration.

soluté après sa dissolution au sein de la solution (Gandillet & Le Maréchal, 2003 ; Tsoumpélis & Gréa, 1995 ; Willame & Snauwaert, 2015). Si ces études mettaient en relief la place de l'élève (à travers les questionnaires et les entretiens), notre étude prend en considération le rôle de l'élève et de l'enseignant comme des sujets-acteurs dans une situation ordinaire et dynamique.

Sur un autre plan, notre travail a abouti à la construction d'un catalogue de facettes, que bien que fourni (pour des raisons de présentation) dans la partie relative à la méthodologie, nous considérons que ce catalogue est aussi un des résultats de nos analyses. Même s'il nécessite encore d'être affiné et complété, ce catalogue pourrait nous servir plus tard (ou servir à d'autres chercheurs) dans des prochains travaux.

Chapitre 2 : Conclusion et perspectives envisagées

Nous concluons ici notre travail en reprenant tout d'abord les résultats principaux de notre étude, puis nous présentons les perspectives de recherche pour de futures études.

1. Conclusion

Notre travail de recherche au cours de cette thèse a porté sur l'étude des pratiques d'enseignement et d'étude en lien avec l'évolution du savoir dans le cas d'une séquence d'enseignement sur le phénomène de dissolution en 1^{ère} année du secondaire tunisien.

Notre travail se situe dans la lignée des recherches qui s'intéressent à l'action didactique en tant qu'action conjointe et organiquement communicationnelle mettant en jeu une série de transactions entre le professeur et l'élève dont l'objet est un savoir ou est en lien avec un savoir (Venturini & Tiberghien, 2018).

Nous considérons aussi que cette action didactique est complexe et pour la décrire il est nécessaire de prendre en compte plusieurs échelles temporelles combinant différents descripteurs théoriques.

Les analyses menées au niveau N-1 en termes de genèses recombinaient une description des techniques professorales, une analyse communicationnelle et une analyse des facettes au niveau N-2 ont permis de caractériser les jeux élémentaires. En capitalisant ces informations au niveau N, puis au niveau de la séance et enfin des deux séances, nous avons caractérisé les pratiques de l'enseignante observée. Celle-ci met les élèves dans la position selon laquelle à partir d'une expérience il faut faire l'observation attendue puis bâtir une conclusion. Cet aspect inductif assure un lien de continuité dans l'avancée du savoir et produit la majorité des éléments de savoirs dans la classe. Toutefois, des discontinuités émergent lorsque ce lien est rompu laissant la place à l'entrée impromptue de certains savoirs témoignant du poids topogénétique de l'enseignante. Ces discontinuités laissent à la charge des élèves l'appréhension de certains aspects du modèle retenu.

Ainsi configurées, ces caractéristiques correspondent à un « modèle » transmissif de l'enseignement, centré sur l'enseignant détenteur du savoir, un enseignant qui donne en même temps une place importante aux échanges enseignante/élèves en sollicitant de ces derniers des contributions peu exigeantes sur le plan épistémique.

2. Perspectives envisagées

Perspectives en termes de recherches

Ce travail de recherche est une étude de cas qui se limite à une seule classe. Nos résultats ne peuvent pas être généralisés d'emblée. Nous aimerions poursuivre cette étude, en élargissant le nombre d'échantillon d'enseignants, avec pour objectif de chercher si d'autres

types de continuités et de discontinuités peuvent émerger dans les pratiques ordinaires d'autres classes et si un lien peut exister entre le nombre et les types de ces continuités et discontinuités d'une part et les caractéristiques de la chronogenèse dans la classe d'autre part. Nous considérons aussi qu'il sera intéressant de voir si d'autres types de tâches (l'argumentation, le questionnement, ...) existent dans d'autres classes, et que si elles l'étaient pourrait-on avoir d'autres pratiques. Nous pourrions aussi, en comparant les tâches de même type avec d'autres résultats, développer des ingénieries, collaboratives ou non, mettant en jeu des tâches différentes.

Il nous sera aussi intéressant de comparer des classes différentes relativement à cet objet du savoir et voir quelles généralités et quelles spécificités sont susceptibles de se manifester dans les actions des différents enseignants.

Perspectives en termes de formation

Les résultats obtenus, s'ils n'autorisent pas une généralisation, apportent cependant un éclairage intéressant sur les pratiques d'enseignement et d'étude relatives à un savoir particulier, celui du phénomène de dissolution pour des élèves au début du secondaire. Nous estimons que notre étude apporte des connaissances pour la formation des enseignants de physique et chimie qui doivent, à notre avis, repenser le rôle de l'expérience pour qu'elle engage un travail intellectuel des élèves et faire de sorte que le niveau conceptuel ne sera pas imposé. Nous supposons dans ce sens que les liens possibles entre les éléments de savoir en jeu dans le travail empirique des élèves et ceux introduits lors de l'institutionnalisation, doivent être parmi les enjeux des concepteurs de formations. Il nous semble aussi que la transposition des tâches épistémiques, associées au repérage des deux mondes dans la modélisation, mobilisées a priori pour la conception ou a posteriori pour l'analyse réflexive, pourrait aider les enseignants à juger de la pertinence de leurs actions et les guider par exemple à s'interroger sur la pertinence du milieu initial mis à disposition des élèves et les savoirs susceptibles d'émerger à travers les gestes employés.

Aussi, fournir des outils permettant une analyse a priori avec une certaine épaisseur épistémique est une autre piste intéressante de formation et peut assurer, à notre avis, la maîtrise didactique des objets à enseigner indispensables à l'enseignement surtout que quelques recherches récentes mentionnent que le savoir à enseigner est absent du discours du formateur de terrain et que les formations sont pauvres en contenus théoriques et se focalisent sur la mise en œuvre des moyens prescrits (Barioni, 2012 ; Barioni et al, 2014). En effet, l'analyse a priori permettra à l'enseignant d'identifier les difficultés possibles des élèves et de l'enseignant et à prévoir une partie des stratégies nécessaires à l'élaboration du savoir visé et aux expérimentations envisagées.

Nous ajoutons à la fin que la question de l'articulation entre les aspects expérimentaux et théoriques est indissociable de la question des finalités de l'enseignement des sciences physiques qui constitue aujourd'hui l'objet de débats importants au sein de la noosphère à la lumière du projet de la réforme de l'enseignement scientifique en Tunisie.

Bibliographie

- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310206>
- Adadan, E., & Savasci, F. (2012). An analysis of 16–17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 34(4), 513-544. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.636084>
- Altet, M. (2003). Caractériser, expliquer et comprendre les pratiques enseignantes pour aussi contribuer à leur évaluation. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 10(1), 31-43. <https://doi.org/10.3406/dsedu.2003.1027>
- Altet, M. (2009). De la psychopédagogie à l'analyse plurielle des pratique. In A. Vergnion (Éd.), *40 ans des sciences de l'éducation : L'âge de la maturité ? Questions vives* (p. 31-48). Presses universitaires de Caen. <http://books.openedition.org/puc/8138>
- Amade-Escot, C. (2007). *Le didactique*. (Revue EPS).
- Amade-Escot, C. (2013). Potentialité de la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique (TACD) pour l'analyse des situations d'intervention en APS. *eJRIEPS. Ejournal de la recherche sur l'intervention en éducation physique et sport*, 30, Article 30. <http://journals.openedition.org/ejrieps/2466>
- Amade-Escot, C., & Venturini, P. (2009). Le milieu didactique : D'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Education & didactique*, 3(1), 7-43. Cairn.info. <https://www.cairn.info/revue-education-et-didactique-2009-1-page-7.htm>
- Bachelard, G. (1973). *La Pluralisme cohérent de la chimie moderne*. J. Vrin.
- Barlet, R., & Plouin, D. (1994). L'équation-bilan en chimie un concept intégrateur source de difficultés persistantes. *ASTER*, 18.
- Ben Kilani, C. (2019). Analyse de pratiques ordinaires d'enseignement des caractères qualitatifs d'une réaction chimique en Tunisie. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 20, 117-148. <https://doi.org/10.4000/rdst.2766>
- Bensaude-Vincent, B. (2012). L'énigme du mixte. In *Matière à penser : Essais d'histoire et de philosophie de la chimie* (p. 51-64). Presses universitaires de Paris Nanterre. <http://books.openedition.org/pupo/1300>
- Berzelius (Friherre), J. J., & Öngren, O. G. (1838). *Traité de chimie*. A. Wahlen et Cie.
- Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique : Le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(9.3), 309-336. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00686012>
- Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*.
- Brousseau, G. (2009). *Le cas de GAËEL revisité (1999-2009)*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00582620>
- Bru, M. (2002). Pratiques enseignantes : Des recherches à conforter et à développer. *Revue française de pédagogie*, 138(1), 63-73. <https://doi.org/10.3406/rfp.2002.2864>
- Bru, M., Altet, M., & Blanchard-Laville, C. (2004). A la recherche des processus caractéristiques des pratiques enseignantes dans leurs rapports aux apprentissages. *Revue française de pédagogie*, 148, 75-87. <https://doi.org/10.3406/rfp.2004.3251>
- Bunge, M. (1973). *Method, Model and Matter*. <http://www.springer.com/la/book/9789027702524>

- Butts, B., & Smith, R. (1987). HSC chemistry students' understanding of the structure and properties of molecular and ionic compounds. *Research in Science Education*, 17(1), 192-201. <https://doi.org/10.1007/BF02357187>
- Buty, C. (2000). *Etude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique à l'aide d'une modélisation informatique*. http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2000/buty_c#p=457&a=TH.back.18
- Çalik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2010). Investigating the Effectiveness of Teaching Methods Based on a Four-Step Constructivist Strategy. *Journal of Science Education and Technology*, 19(1), 32-48. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9176-0>
- Canguilhem, G. (1983). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Vrin.
- Caretto, J., & Viovy, R. (1994). Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique. *ASTER*, 18.
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 12(1), 73-112. <https://revue-rdm.com/1992/concepts-fondamentaux-de-la-didactique/>
- Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : L'approche anthropologique. *Actes de l'UE de la Rochelle*, 91-118.
- Colin A. Russell M. Sc Ph D. F.R.I.C. (1963). The electrochemical theory of Berzelius. *Annals of Science*, 19(2), 127-145. <https://doi.org/10.1080/00033796300202893>
- Coquidé, M. (2008). Un schéma dynamique de modélisation pour l'éducation scientifique : Fécondité théorique, problématisation formatrice. *Les didactiques et leurs rapports à l'enseignement et à la formation*. Actes du colloque AFIRSE, Bordeaux.
- Corey, P. L. (2016). *Guide to the SI*. The National Institute of Standards and Technology (NIST). <https://www.nist.gov/pml/nist-guide-si-chapter-8-comments-some-quantities-and-their-units>
- Cross, D. (2010). Action conjointe et connaissances professionnelles de l'enseignant. *Education & didactique*, 4(3), 39-62.
- Dhaha, F., Ajili, M. T., Kerrou, M., & Kilani, K. (2014). *CHIMIE 1ère Année de l'enseignement secondaire (CNP)*.
- Dumas, J.-B. (1800-1884). (1878). *Leçons sur la philosophie chimique : Professées au Collège de France (2nde éd.) / par M. Dumas ; recueillies*. Gauthier-Villars. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2149499>
- Ebenezer, J. V., & Gaskell, P. J. (1995). Relational conceptual change in solution chemistry. *Science Education*, 79(1), 1-17. <https://doi.org/10.1002/sce.3730790102>
- El Hage, S., Buty, C., & Badreddine, Z. (2012). *Cohérence discursive du savoir enseigné : Cas où l'enseignant utilise un dispositif TICE*. 149-159. <https://doi.org/10/document>
- El Sowayssi, N. (2016). *Étude des pratiques de classe dans l'évolution du savoir et sa continuité* [Thèse, LUMIÈRE LYON 2]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01446864>
- Gandillet, E., & Le Maréchal, J.-F. (2003). Conceptions et chimie des solutions ioniques. In V. Albe, C. Orange, & L. Simonneaux (Éds.), *3èmes Rencontres Scientifiques de l'ARDIST* (p. 157-164).
- Gardiès, C., & Venturini, P. (2015). Analyse didactique d'une séance d'enseignement sur le concept « document ». *Spiral-E. Revue de recherches en éducation, supplément électronique*, 55(1), 17-37. <https://doi.org/10.3406/spira.2015.1735>
- Groisard, J. (2016). *Mixis Le problème du mélange dans la philosophie grecque d'Aristote à Simplicius*. <https://www.lesbelleslettres.com/livre/1866-mixis>

- Haidar, A. H., & Abraham, M. R. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 919-938. <https://doi.org/10.1002/tea.3660281004>
- Hammami, M., & Dutrey, J.-F. (2010). L'enseignement du français en Tunisie : Un programme ambitieux de rénovation et de soutien. *Le français aujourd'hui*, 154, 67-74. <https://www.cairn.info/revue-le-francais-aujourd-hui-2006-3-page-67.htm>
- Hervé, N., Venturini, P., & Albé, V. (2014). La construction du concept d'énergie en cours de physique : Analyse d'une pratique ordinaire d'enseignement. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 10, 123-152.
- Hofer, F. (1842). *Histoire de la chimie depuis les temps les plus reculés jusqu'à notre époque*. Au Bureau de la Revue scientifique; chez L. Hachette.
- Jameau, A. (2012). *Les connaissances mobilisées par les enseignants dans l'enseignement des sciences : Analyse de l'organisation de l'activité et de ses évolutions* [Phdthesis, Université de Bretagne occidentale - Brest]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00821372/document>
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching : A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701. <https://doi.org/10.1021/ed070p701>
- Johnstone, A. H. (2006). *Chemical education research in Glasgow in perspective*. 7(2), 49-63. <https://doi.org/10.1039/B5RP90021B>
- Joshua, S., & Dupin, J. J. (1989). *Représentations et modélisations : Le « débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique*. (Berne : Peter Lang).
- Kermen, I. (2018a). Comment le caractère dual, macroscopique-microscopique, de la chimie s'incarne-t-il dans son enseignement ? Réflexions autour des modèles et du langage. *Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, 112(1000), 95-108. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01742672>
- Kermen, I. (2018b). Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée : Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes. Rennes, France : Presses universitaires de Rennes. *Revue des sciences de l'éducation*.
- Kermen, I., & Barroso, M. T. (2013). Activité ordinaire d'une enseignante de chimie en classe de terminale. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 8, 91-114. <https://doi.org/10.4000/rdst.785>
- Kermen, I., & Meheut, M. (2008). *Implementation of a new curriculum on the evolution of chemical systems in grade 12 : Impact on teachers' professional knowledge*. <http://hdl.handle.net/2042/23981>
- Kermen, I., & Méheut, M. (2009). *Different models used to interpret chemical changes : Analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning*. 10(1), 24-34. <https://doi.org/10.1039/B901457H>
- Laugier, A., & Dumon, A. (2004). *L'équation de réaction : Un noeud d'obstacles difficilement franchissable*. ResearchGate. <https://doi.org/10.1039/B3RP90030D>
- Le Maréchal, J.-F., & Coquidé, M. (2006). Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique : Usages et impacts. *Aster (Paris. En Ligne)*, 43, 47-56. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00372868>
- Lemke, J. L. (2000). Across the Scales of Time : Artifacts, Activities, and Meanings in Ecosocial Systems. *Mind, Culture, and Activity*, 7(4), 273-290. https://doi.org/10.1207/S15327884MCA0704_03
- Leutenegger, F. (2000). Construction d'une clinique pour le didactique. Une étude des phénomènes temporels de l'enseignement. *Recherches en didactique des mathématiques*, 20(2), 209-250. <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:44559>

- Leutenegger, F. (2008). L'entrée dans un code écrit à l'école enfantine et l'articulation entre le collectif et l'individuel : Comparaison de deux études de cas. *Éducation et didactique*, 2(2), 7-42. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.286>
- Ligozat, F. (2015). L'analyse didactique des pratiques de classe : Outils et démarche d'identification des logiques d'action enseignantes en mathématiques. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 18, 17-37.
- Mahjoub, A., & Ben Kilani, C. (2016). Déséquilibre entre contrat et milieu didactiques. Cas de l'enseignement des signaux mécaniques en classe terminale. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(2), 14-28.
- Malkoun, L. (2007). *De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves : Étude de cas en France et au Liban* [Thèse, Université Lumière Lyon 2]. http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2007/malkoun_1#p=12&a=TH.3.1
- Marcel, J.-F., Olry, P., Rothier-Bautzer, É., & Sonntag, M. (2002). Les pratiques comme objet d'analyse. Note de synthèse. *Revue Française de Pédagogie*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01820201>
- Marlot, C. (2009). *Glissement de jeux d'apprentissage et épistémologie pratique du professeur : Analyse de l'action conjointe dans une classe de cycle 2, en Découverte du Monde Vivant*. 15.
- Martinand, J.-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. ENS Editions.
- Meddouri, H., Fethallah, M. H., & Hraoui, B. (s.d). *Manuel de sciences physiques* (CNP).
- Ministère De l'Education. (2006). *Programmes des sciences physiques pour l'enseignement de base*. CNP.
- Ministère De l'Education. (2010). *Programmes de sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire*. C.N.P.
- Ministère de l'éducation. (2016). *Livre blanc : Projet de réforme du système éducatif tunisien*. <http://www.education.gov.tn>
- Ministère De l'Education. (2018). *L'éducation en chiffres*. <http://www.education.gov.tn>
- Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In *Physics Learning : Theoretical Issues and Empirical Studies* (Proc. of an Internatnl Workshop.).
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making In Secondary Science Classrooms*. Open University Press.
- Mulford, D. R., & Robinson, W. R. (2002). An Inventory for Alternate Conceptions among First-Semester General Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 739. <https://doi.org/10.1021/ed079p739>
- Mzoughi-khadhraoui, I., & Dumon, A. (2012). *L'appropriation par des élèves tunisiens débutants du langage permettant de représenter la réaction chimique*. N°6, 89-118.
- Mzoughi-khadhraoui, I., Dumon, A., & AyadiTrabelsi, M. (2013). Analyse comparative de pratiques enseignantes en situation de classe ordinaire lors du premier contact d'élèves tunisiens avec la modélisation de la transformation chimique. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 392-419.
- Nouri, A. (2016). *Analyse de l'action didactique, de sa continuité et de ses déterminants. Cas de l'enseignement de titrage acide-base en classes de terminales tunisiennes* [Thèse]. Université Toulouse 2.
- OIT, aacid, & OneQ. (2013). *Analyse du système éducatif Tunisien*.
- Pinarbaşı, T., Canpolat, N., BayrakÇeken, S., & Geban, Ö. (2006). An Investigation of Effectiveness of Conceptual Change Text-oriented Instruction on Students' Understanding of Solution

Concepts. *Research in Science Education*, 36(4), 313-335. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-9003-4>

- Prieto, T., Blanco, A., & Rodriguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11(4), 451-463. <https://doi.org/10.1080/0950069890110409>
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505-528. <https://doi.org/10.1080/14926150209556538>
- Roy, P., & Hasni, A. (2014). Les modèles et la modélisation vus par des enseignants de sciences et technologies du secondaire au Québec. *McGill journal of education*, 49(2), 349-371. <http://doc.rero.ch/record/234300>
- Schubauer-Leoni, M. L., & Leutenegger, F. (2010). *Expliquer et comprendre dans une approche clinique/ expérimentale du didactique ordinaire*. De Boeck Supérieur. <https://www.cairn.info/expliquer-et-comprendre-en-sciences-de-l-education--9782804141677-p-227.htm>
- Schubauer-Leoni, M.-L., Leutenegger, F., Ligozat, F., & Fluckiger, A. (2007). Un modèle de l'action conjointe professeur-élèves : Les phénomènes didactiques qu'il peut/doit traiter. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds.), *Agir ensemble* (p. 51-92). Presse Universitaire de Renne.
- Seck, M. (2008). *Analysis of "the life of knowledge" in physics class. The case of energy in grade 11*. <http://hdl.handle.net/2042/28854>
- Sensevy, G. (2006). *L'action didactique. Eléments de théorisation*. 22.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds.), *Agir ensemble* (p. 13-50). Presse Universitaire de Renne.
- Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir Elements pour une Theorie de l'Action Conjointe en Didactique*. De Boeck.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). Agir ensemble : L'action didactique conjointe. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds.), *Agir ensemble* (p. 187-211). Presse Universitaire de Renne.
- Sensevy, G., Mercier, A., & Schubauer-Léoni, M.-L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. A propos de la Course à 20. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 20(3), 263-304. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00856554>
- Stavridou, H., & Solomonidou, C. (1989). Physical phenomena--chemical phenomena : Do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11(1), 83-92. <https://doi.org/10.1080/0950069890110108>
- Stavy, R. (1990). Children's conception of changes in the state of matter : From liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270308>
- Taber, K. S. (2013). *Revisiting the chemistry triplet : Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education*. 14(2), 156-168. <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic : The many faces of the chemistry "triplet". *ResearchGate*. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71-87. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90019-1)
- Tiberghien, A. (2000). *Designing teaching situations in the secondary school*. [http://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=679866](http://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=679866)

- Tiberghien, A. (2012). Analyse d'une séance de physique en seconde : Quelle continuité dans les pratiques ? *Éducation et didactique*, 6(3), 97-123.
<https://doi.org/10.4000/educationdidactique.1510>
- Tiberghien, A., Buty, C., & Le-Maréchal, J.-F. (2005). Physics teaching sequences and students' learning. *Science and technology Education at cross roads: meeting the challenges of the 21st century.*, 25-55.
- Tiberghien, A., Buty, C., & Maréchal, J.-F. L. (2005). *Physics teaching sequences and students' learning*. 25-55. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00380965>
- Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., El-Sowayssi, N., & Mortimer, E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds.), *Agir ensemble* (p. 93-122). Presses Universitaires de Renne.
- Tiberghien, A., & Venturini, P. (2015). *Articulation des niveaux microscopiques et mésoscopiques dans les analyses de pratiques de classe à partir de vidéos*. N°11, 53-78.
- Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Etude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du Français Contemporain*, 10, 153-176.
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00376702>
- Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based Research : Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275-2314.
<https://doi.org/10.1080/09500690902874894>
- Tiberghien, & Malkoun, L. (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Éducation et didactique*, 1(1), 29-54.
<https://doi.org/10.4000/educationdidactique.69>
- Titus Lucretius, C. (1821). *De la nature des choses: Vol. I*. A. Delalain.
- Tsoumpélis, L., & Gréa, J. (1995). Essai d'application de la théorie des situations en sciences physiques : Apprentissage de la concentration molaire en classe de première S (Grade 11 US). *Recherches en didactique des mathématiques*, 15(2), 63-108.
<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=3271136>
- Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Presses de l'Université de Montréal et de Boeck. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/4688>
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : Étude de cas au collège. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 180, 95-120. <https://doi.org/10.4000/rfp.3810>
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2018). Analyse et formalisation de la dimension durable du contrat didactique. Cas de l'enseignement de la physique par activités en classe de seconde. *Éducation et didactique*, 12-3, 65-106. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.3539>
- Walliser, B. (1977). *Mémoire du XXe—Systèmes et modèles : Introduction critique à l'analyse de systèmes*. <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/28543?show=full>
- Willame, B. (2017). *Construction d'outils didactiques pour remédier aux difficultés d'apprentissage du concept de concentration en chimie dans le secondaire supérieur Appui sur les neurosciences cognitives* [Thèse]. UNIVERSITÉ DE NAMUR.
- Willame, B., & Snauwaert, P. (2015). Les difficultés rencontrées dans l'apprentissage du concept de concentration en chimie. *Recherches en Éducation*, 55, 177-205.
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:beB3MlwiM5YJ>
- Willame, B., & Snauwaert, P. (2017). *Les difficultés rencontrées dans l'apprentissage du concept de concentration en chimie*. <http://spirale-edu-revue.fr/IMG/pdf/-7.pdf>

Wortham, S. (2006). *Learning Identity : The Joint Emergence of Social Identification and Academic Learning*. Cambridge University Press.

Table des matières

INTRODUCTION	8
PARTIE 1 : CADRE THÉORIQUE ET CONSTRUCTION DE LA PROBLÉMATIQUE	10
CHAPITRE 1 : LE PHÉNOMÈNE DE DISSOLUTION : ÉTUDE INSTITUTIONNELLE, SCIENTIFIQUE, ÉPISTÉMOLOGIQUE ET DIDACTIQUE	11
1. Étude institutionnelle	11
1.1. Organisation du système scolaire tunisien	11
1.2. Préconisations des programmes officiels	12
2. Le phénomène de dissolution : aperçu historique et aperçu scientifique	17
2.1. Aperçu historique	17
2.2. Aperçu scientifique	19
3. Étude épistémologique : Le processus de modélisation en sciences 21	
3.1. Les modèles en science	21
3.2. La Modélisation en science	22
3.3. Points de vue épistémologiques sur les savoirs enseignés	22
4. Étude didactique	26
4.1. Les niveaux de représentations en chimie	26
4.2. Difficultés d'étude	28
4.3. Difficultés d'enseignement	29
5. Conclusion	29
CHAPITRE 2 : DÉCRIRE LES PRATIQUES ENSEIGNANTES	31
1. Les pratiques enseignantes : Une diversité d'approches	31
2. L'analyse des pratiques d'enseignement en sciences physiques et chimiques : Revue de quelques travaux récents	32
3. Échelles d'analyse	36
3.1. Échelle mésoscopique	37
3.2. Échelle microscopique	44
3.3. Échelle intermédiaire	49

4. Conclusion	50
CHAPITRE 3 : PROBLÉMATIQUE	51
PARTIE 2 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE	54
CHAPITRE 1 : RECUEIL ET CONSTRUCTION DES DONNÉES.....	55
1. Principes généraux.....	55
2. Collecte des données	56
3. La construction des données	57
3.1. La transcription.....	57
3.2. Structuration des données	59
4. Conclusion	68
CHAPITRE 2 : TRAITEMENT DES DONNÉES	69
1. Les données traitées	69
2. Principes généraux du traitement des données	70
2.1. L'analyse des jeux élémentaires (J.E).....	70
2.2. Récapitulation des analyses des J.E au niveau du jeu didactique correspondant	71
2.3. Caractérisation de l'action didactique à l'échelle de la séance analysée	73
3. Conclusion	74
PARTIE 3 : RÉSULTATS	76
CHAPITRE 1 : ANALYSE DE LA SÉANCE S1.....	77
1. Présentation de la séance S1.....	77
1.1. Analyse a priori.....	77
1.2. Structuration en jeux didactiques	79
2. Analyse des jeux de S1	80
2.1. S1.J01 : Constater, à partir d'une activité expérimentale dirigée et de questions majoritairement fermées, que le sel se dissout dans l'eau en formant un mélange homogène	81
2.2. S1.J02 : Constater, en groupe, et à partir d'une expérience guidée, que le sable ne se dissout pas dans l'eau et forme avec celle-ci un mélange hétérogène	100

2.3.	S1.J03 : Constater à partir d'une expérience dirigée en groupe et de questions ouvertes que l'iode se dissout dans l'alcool en formant un mélange homogène.....	106
2.4.	S1.J04 : Se rappeler de la nature du mélange eau/huile et constater, en classe entière et à l'aide de questions fermées, que l'huile et l'eau ne se mélangent pas.....	114
2.5.	S1.J05 : Constater, à partir de la réalisation guidée du mélange (alcool + eau), que l'alcool se dissout dans l'eau en formant un mélange homogène.	121
2.6.	S1.J06 : Institutionnaliser, en classe entière, à partir des expériences réalisées et de questions fermées, les notions de solvant, soluté, solution aqueuse, solution d'alcool iodée	127
2.7.	S1.J07: Introduire, en classe entière, le terme « concentration » à partir d'une situation quotidienne liée à la citronnade.....	132
2.8.	S1.J08 : Constater, à partir d'une expérience guidée et réalisée par groupe, que lorsqu'on prend deux solutions aqueuses de sucre de volume différent et d'égale masse de soluté, une solution est plus concentrée que l'autre	135
2.9.	S1.J09 : Constater, à partir d'une expérience guidée par groupe, que lorsqu'on a deux solutions aqueuses de sucre d'égale volume et de masses de soluté différentes, une solution est plus sucrée que l'autre	144
2.10.	S1.J10: Constater à partir d'une expérience guidée par groupe, que lorsqu'on prend deux solutions aqueuses de sulfate de cuivre II d'égale volume et de masses de soluté différentes, la plus concentrée est la plus foncée	150
2.11.	S1.J11 : Définir la concentration massique puis la formaliser en récapitulatif, à l'aide de questions fermées, les observations faites au cours des trois expériences précédentes	156
2.12.	S1.J12 : Trouver, en sollicitant la mémoire didactique des élèves concernant les grandeurs masse et volume, l'unité de la concentration massique	160
3.	Analyse didactique de la séance S1.....	164
3.1.	La mésogenèse.....	165

3.2.	La topogenèse	167
3.3.	La chronogenèse	170
CHAPITRE 2 :	ANALYSE DE LA SÉANCE S4.....	175
1.	Présentation de la séance	175
1.1.	Analyse a priori.....	175
1.2.	Structuration en jeux didactiques	177
2.	Analyse des jeux de S4	177
2.1.	S4.J01 : Trouver la différence entre concentration massique et solubilité, d'abord en faisant appel à la mémoire didactique, ensuite en cherchant dans le cahier de cours.....	177
2.2.	S4.J02 : Se rappeler, à l'aide d'un jeu de questions/réponses, des notions de solvant, soluté et solution aqueuse en répondant aux questions de l'exercice n°1 dicté par l'enseignante	181
2.3.	S4.J03 : Se rendre compte des énoncés de l'exercice et le résoudre en se rappelant de la définition de la concentration massique, de sa formulation mathématique et de son unité	186
2.4.	S4.J04 : Trouver, en rappelant la définition de la solubilité, les masses du soluté dissous dans un volume d'eau donné à deux températures différentes	190
2.5.	S4.J05 : Trouver, à partir de deux expériences de pensée, la masse du soluté déposée après refroidissement d'une solution saturée	198
2.6.	S4.J06 : Trouver, en rappelant la définition de la solubilité, le volume d'eau à ajouter pour faire dissoudre le soluté déposé et avoir une solution juste saturée à une température donnée	203
3.	Analyse didactique de la séance S4.....	209
3.1.	La mésogenèse	210
3.2.	La topogenèse	211
3.3.	La chronogenèse	215
CHAPITRE 3 :	UNE SYNTHÈSE DES ANALYSES	218
1.	La caractérisation des pratiques observées	219
1.1.	Une mésogenèse interactive dont l'évolution est initiée à partir du champ expérimental	219

1.2. Une topogenèse majoritairement sous la responsabilité de l'enseignante.....	220
1.3. Une chronogenèse rapide marquée par l'entrée impromptue de certains éléments	221
2. Conclusion	222
PARTIE 4 : DISCUSSION ET CONCLUSION	223
CHAPITRE 1 : DISCUSSION	224
1. Aspects théoriques : Échelles mobilisées et compatibilité des outils convoqués	224
2. Aspects méthodologiques	225
3. Discussion des résultats.....	226
CHAPITRE 2 : CONCLUSION ET PERSPECTIVES ENVISAGÉES	228
1. Conclusion	228
2. Perspectives envisagées.....	228
BIBLIOGRAPHIE	231
TABLE DES MATIÈRES	239