

CRÉATION-RÉSOLUTION DE PROBLÈMES MULTIPLICATIFS

Francine ATHIAS

MCF, Université Franche-Comté

Laboratoire ELLIAD

francine.athias@univ-fcomte.fr

Olivier LERBOUR

Doctorant, Université Côte d'Azur

Laboratoire LINE

olivier.lerbour@ac-rennes.fr

Serge QUILIO

MCF HDR, Université Côte d'Azur

Laboratoire LINE

Serge.QUILIO@univ-cotedazur.fr

Résumé

Notre communication porte sur l'analyse de la mise en œuvre d'une séquence en classe de création-résolution de problèmes dans une classe de CE1, en appui sur la théorie de l'action conjointe en didactique. Le professeur, membre d'une ingénierie coopérative montre, notamment par une pratique d'exemple travaillé, comment créer puis résoudre un problème mathématique de type multiplicatif à partir d'une situation non problématisée. Les élèves travaillent ensuite individuellement à la création-résolution de problèmes du même type, choisissant cette fois-ci leurs propres nombres.

Notre hypothèse de recherche est que les élèves sont mis en situation de mieux comprendre la structure d'un problème mathématique dans un travail d'enquête mettant en relation les différents systèmes de représentation d'une situation.

Dans le contexte du projet DEEC¹ (Détermination d'Efficacité des Expérimentations Contrôlées en enseignement apprentissage), notre communication s'intéresse à la pratique de création / résolution de problèmes mathématiques (Cai & Leikin, 2020 ; Cai, 2022) dans une classe de CE1 dont le professeur est membre d'une ingénierie coopérative (Sensevy, 2015 ; CDpE, 2024), à savoir un collectif de travail constitué de professeurs, formateurs, chercheurs, doctorants, réunis au sein d'un LéA (Lieu d'Éducation Associé) à l'IFÉ (Institut Français de l'Éducation), le LéA Réseau Écoles Armorique Méditerranée². Ce collectif, travaillant à l'élaboration conjointe de séquences didactiques, mises en œuvre et analysées au sein d'un processus itératif, choisit de passer d'une situation non problématisée à trois situations problématisées pour permettre ensuite à tous les élèves de créer des problèmes. Notre recherche porte sur l'analyse de la mise en œuvre de la situation en classe, en appui sur la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011 ; CDpE, 2019).

Dans une première partie, nous présenterons rapidement le projet de recherche DEEC. Dans une seconde partie, nous décrirons le dispositif mis en place par le professeur de la classe que nous étudions. La troisième partie sera consacrée aux premiers résultats et analyses que nous pouvons effectuer à la suite de cette étude empirique. Une dernière partie conclusive nous permettra d'envisager des perspectives à ce travail.

¹Voir le projet plus détaillé ici : <http://blog.espe-bretagne.fr/anr-deec-ace/>

²<http://ife.ens-lyon.fr/lea/le-reseau/les-differents-lea/reseau-ecoles-armorique-mediterranee>

I - LE PROJET DEEC

Le projet de recherche DEEC (soutenu par l'ANR) vise à définir sur trois années les conditions d'efficacité à grande échelle d'une séquence de création-résolution de problèmes mathématiques au CE1 et au CE2. Pour résoudre ce problème de passage à grande échelle en éducation, le projet prévoit une méthode d'analyse conjointe de la performance des élèves (Evidence Based Practice, Bryk, 2015) et de la documentation des pratiques de mises en œuvre à l'aide de systèmes hypermédias (Practice Based Evidence, Bryk, 2015). Cette méthode d'analyse (Sensevy, 2022) devrait permettre l'amélioration de la séquence d'apprentissage et l'élaboration de systèmes hypermédias appelés SHTIS (Systèmes Hypermédias Texte-Image-Son, Blocher, 2018 ; Blocher et Lefeuvre, 2017 ; Sensevy et al., 2022) pour l'accompagnement des professeurs qui mettent en œuvre le dispositif. Il s'agit d'extraits de films de la pratique, augmentés de commentaires écrits ou oraux, de productions d'élèves, pour rendre compte de moments particuliers dans la mise en œuvre de la séquence. L'hypothèse de recherche est que ce dispositif permettra à terme d'améliorer la compréhension des élèves sur les problèmes additifs et multiplicatifs en mathématiques, cette amélioration s'appuyant sur la mise en place d'une habitude de représentation des problèmes qui permettait ainsi une meilleure compréhension du texte de ces problèmes.

Lors de la première année de la recherche (année en cours), une proto-séquence est mise en œuvre dans les classes des professeurs membres de l'équipe de recherche. Cette proto-séquence est ensuite analysée afin d'élaborer une version S1 de la séquence à mettre en œuvre l'année suivante. Cette proto-séquence permet également de concevoir des systèmes hypermédias, pour l'accompagnement des professeurs lors de la deuxième année de la recherche. Durant la deuxième année de la recherche, la séquence S1 est mise en œuvre par trois groupes : le groupe G1, composé des professeurs de l'équipe de recherche ; le groupe G2, composé de professeurs non acculturés à un tel type de travail, avec un accompagnement spécifique de l'équipe de recherche ; le groupe G3, composé lui aussi de professeurs non acculturés à un tel type de travail, sans accompagnement. Des pré-tests et des post-tests, ainsi que l'analyse des pratiques de mises en œuvre de la séquence, devraient permettre à l'équipe de recherche de déterminer les raisons d'efficacité de la séquence et de travailler à l'élaboration d'une séquence S2 (deuxième version de S1) pour la troisième année de la recherche. La troisième année de la recherche permettra d'affiner la séquence et son modèle d'efficacité.

1 La recherche ACE

Ce projet DEEC est étroitement lié à la recherche ACE (Arithmétique et Compréhension à l'École élémentaire (<http://blog.espe-bretagne.fr/ace/>) qui vise à la construction collective et la mise en œuvre de progressions en mathématiques au cycle 2. Cette ingénierie coopérative (Sensevy et al., 2013 ; Joffredo Le Brun, 2016 ; Morellato, 2017 ; CDpE, 2024) s'est ensuite développée dans le cadre du LéA ACE Réseau Écoles Bretagne-Provence et donc aujourd'hui du LéA Réseau Écoles Armorique-Méditerranée.

1.1 Les systèmes de représentation

Afin de favoriser une réelle expérience en mathématiques (Joffredo Le Brun, 2016), les élèves travaillent sur un temps long avec un système de représentations qui sont à la fois des moyens de résolution et des preuves. Par exemple, le résultat d'une soustraction sous forme d'égalité peut se justifier par le principe inverse : $9 - 4 = 5$ puisque $5 + 4 = 9$. Dans le même temps cette écriture mathématique doit pouvoir se référer à d'autres représentations, par exemple le schéma-ligne (fig.1). Nous allons montrer dans la suite l'usage qui peut être fait de ces systèmes de représentations (Brousseau, 2004). Une représentation (au sens de Brousseau, 2004) met en présence deux univers, l'un contient la chose représentée et l'autre contient la chose représentante. Ainsi, si l'on écrit $4 \times 20 = 80$, et qu'on représente ce calcul par un nombre rectangle, on a d'une part le représenté 80 (univers des nombres entiers et des représentants : 4×20 (univers de la multiplication) et le nombre rectangle (univers représentant et l'ensemble des

nombre rectangle) : « une représentation consiste donc en l'utilisation d'un univers représentant, pour y accomplir une action a priori directement impossible dans un univers représenté, afin de pouvoir, par la suite, ramener dans ce dernier le résultat de cette action » (Brousseau, 2004, p. 249)³. Nous allons décrire les différentes représentations des nombres (le schéma-ligne, le nombre rectangle et le schéma-rectangle). Le schéma-ligne (figure 1) permet une conception topologique du nombre. Les nombres sont représentés sur le schéma-ligne par des schéma-ponts, incluant le nombre d'unités correspondant au nombre à représenter. Le schéma-ligne permet de représenter mathématiquement une situation, de comparer des mesures désignées par des nombres, mais peut également permettre aux élèves de calculer, notamment lors de temps de création-résolution de problèmes mathématiques.

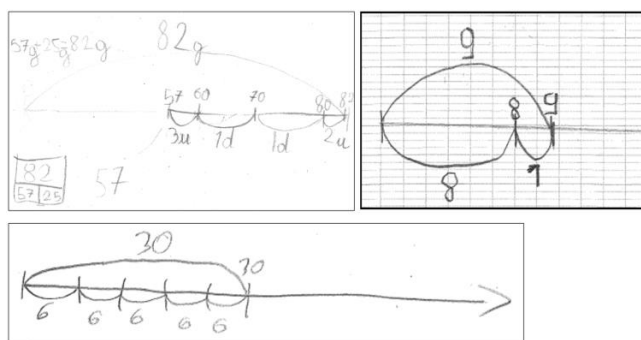


Figure 1. Exemples de schémas-lignes
(avec par exemple $8 > 1$: le schéma-pont de 8 est plus grand que le schéma-pont de 1)

Le nombre rectangle permet de représenter mathématiquement des situations multiplicatives par une conception rectangulaire (par schéma-rectangle) de celles-ci. Sur le nombre-rectangle de la figure 2, on peut voir que 42 peut être vu à la fois comme 6 fois 7 et comme 7 fois 6. Le nombre rectangle permet ainsi de montrer, par exemple, la commutativité de la multiplication.

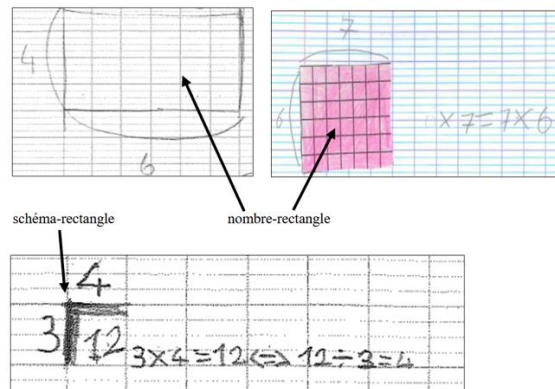


Figure 2. Exemples de nombres rectangles ou schémas-rectangles

Le schéma-boîte donne à voir la réunion de deux ou plusieurs nombres comme nous le montrent les exemples de la figure 3. Les termes de l'addition sont inscrits dans les deux cases inférieures. La somme est inscrite dans la case supérieure. Le schéma-boîte peut permettre aux élèves de dire par exemple que « $5 + 4 = 9$ » mais aussi que « $9 - 4 = 5$ ».

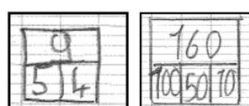


Figure 3. Exemples de schémas-boîtes

³Notons que nous travaillons sur diverses représentations, mais nous ne nous intéressons pas au problème cognitif que pose le passage de la représentation d'un objet à une autre représentation de ce même objet, au sens de Duval (2006).

En référence à ce que nous venons de dire, c'est-à-dire que le schéma-boîte permet de dire que $5 + 4 = 9$ mais également que $9 - 4 = 5$, les élèves prennent l'habitude d'utiliser le signe « $\Leftrightarrow$ » qui signifie « logiquement équivalent à » (le signe « logiquement équivalent »). Ils s'entraînent ainsi à voir l'addition en même temps que la soustraction, la multiplication en même temps que la division (figure 4).

Figure 4. Exemples d'utilisation du signe $\Leftrightarrow$

1.2 La traduction des systèmes de représentation

L'importance de ce travail sur les systèmes de représentations consiste surtout en ce que nous appelons la *traduction de ces représentations* (Joffredo et al., 2019). Ces systèmes de représentations font tous parler la situation d'une manière différente, chacune montrant de la situation ce que les autres montrent moins. Par exemple, dans le schéma-ligne de la figure 1, il est possible de voir que $8 > 1$, dans la mesure où le « pont » est plus grand (ce que l'élève sait lorsqu'il produit ce schéma-ligne). Dans le schéma-boîte de la figure 3, il n'est pas possible de comparer 5 et 4 (contenu dans 9). Enfin, la représentation par le calcul (fig. 4) est une autre manière de rendre compte de la relation entre les nombres. Ce sont précisément ces différentes représentations qui mettent en évidence des relations entre les nombres. Les élèves ont donc l'habitude de travailler sur ces systèmes de représentations simultanément. De même, les professeurs ont l'habitude de faire travailler ces différentes représentations. On voit sur la figure 5 qu'une écriture mathématique doit systématiquement être liée à un ou plusieurs systèmes de représentation.

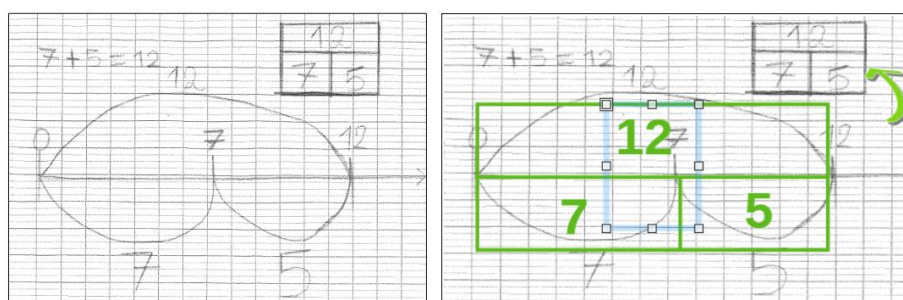


Figure 5. Traduction de systèmes de représentation

2 Description de la séquence DEEC

La séquence DEEC en création-résolution de problèmes mathématiques est composée de 18 séances réparties en 6 unités de 3 séances, sur une durée de 6 semaines. Ces 18 séances couvrent le champ des problèmes additifs et multiplicatifs (Vicente et al., 2022).

Cette séquence, sans la décrire dans son intégralité, est construite sur la base des éléments structuraux fondamentaux suivants :

- des séances d'anticipation régulières avec quelques élèves dont des élèves *moins avancés*, en amont des séances en grand groupe classe ;
- un travail de création et résolution de problèmes en appui sur des *situations non problématisées* provenant de recueils de données réalisés en classe par les élèves et le professeur ; ces situations non problématisées seront représentées de différentes manières (le schéma-ligne, le schéma-boîte, le nombre rectangle éventuellement) ;
- des temps d'exemple travaillé, suivis d'un travail d'imitation et d'analogie, en appui sur les différentes représentations ;

⁴ Ce symbole d'équivalence est présenté aux élèves sous la forme suivante : on peut écrire de différentes manières la même chose.

- des recueils de mesures ;
- la mise en œuvre et l'utilisation d'un répertoire-instrument de problèmes mathématiques ;
- un travail systématique de création individuelle de problèmes dans le *journal du nombre* (le journal du nombre fait l'objet d'un module Magistère disponible via le lien suivant : <https://magistere.education.fr/dgesco/enrol/index.php?id=1650>).

Nous détaillerons certains de ces éléments lors de l'analyse des temps de classe et des travaux des élèves dans les parties qui suivent.

II - DESCRIPTION DU DISPOSITIF DANS LA CLASSE ÉTUDIÉE

Comme nous l'avons précisé en introduction, le projet DEEC est organisé sur trois années. Nous présentons ici la proto-séquence de l'année 1.

1 La proto-séquence

Cette proto-séquence est dénommée ainsi, car elle n'est pas vouée à être conservée sous sa première forme. Il s'agira pour l'équipe de recherche, à la suite de l'analyse de celle-ci, de relever des éléments pertinents pour concevoir une véritable séquence S1, qui sera la première version de la séquence à mener dans les classes lors de l'année 2 de la recherche. La mise en place de la proto-séquence est accompagnée d'un dispositif de recueil de données important permettant d'une part de documenter le dialogue d'ingénierie lors de la conception future de la séquence S1, et d'autre part de fournir les données nécessaires à l'élaboration de systèmes hypermédias pour l'accompagnement de la pratique. Notre communication porte uniquement sur l'analyse de la mise en œuvre de la proto-séquence DEEC dans une des classes. Il s'agit d'une classe de CE1 à Rennes, composée de 22 élèves, elle est encadrée par un des professeurs de l'équipe de recherche.

2 Description d'une séance type

2.1 Des séances d'anticipation

Dans la classe étudiée, le professeur a fait le choix quasi-systématique de mener une séance d'anticipation (Vigot, 2020) avant la séance en classe entière. Une séance d'anticipation consiste à travailler avec un petit groupe de 5-6 élèves sur les éléments qui constitueront le cœur de la séance avec la classe entière. Ce groupe est composé d'élèves dits *moins avancés* et d'élèves dits *avancés*. Le professeur présente à ce groupe la situation telle qu'elle sera travaillée en grand groupe. Il s'agit de la situation non problématisée (telle que nous la présentons ci-dessous). Ce temps d'anticipation est conçu pour permettre aux élèves dits « moins avancés » d'être en avance dans le temps didactique et de devenir lors du travail en classe entière des élèves « émetteurs du savoir » et non plus seulement « récepteurs du savoir ». On voit sur la figure ci-dessous (fig. 6) un élève lors du temps d'anticipation devenir émetteur du savoir lors du temps en classe entière.

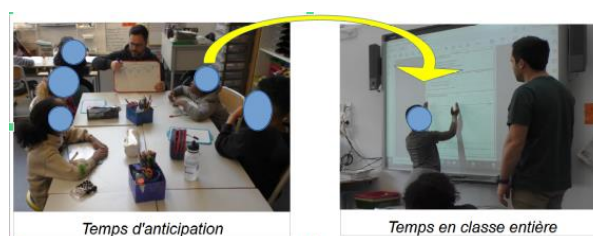


Figure 6. Participation d'un élève au temps d'anticipation puis au temps en classe entière

2.2 Le travail à partir d'une situation non problématisée

Une situation dite « non-problématisée » implique des mesures de grandeurs liées entre elles, où toutes les informations sont connues. Elle fait souvent suite à des mesures réalisées en classe. Dans une situation

non problématisée, il n'y a pas de problème mathématique posé au sens traditionnellement défini par l'école. Il n'y a pas de question. Un exemple de situation non problématisée pourrait donc être le suivant : « Mon grand frère a 20 ans. Ma grand-mère a 80 ans. Ma grand-mère est 4 fois plus âgée que mon grand frère. ». Cette situation est alors considérée comme un exemple particulier. Il représente la catégorie des problèmes multiplicatifs de comparaison.

2.3 Des exemples travaillés

Lors des temps d'exemples travaillés (Sweller, 2006), le professeur « fait » devant les élèves. À partir de la situation non problématisée, il écrit un problème mathématique en conservant deux données. Il écrit une question, dont la troisième donnée sera la réponse. Il résout un problème mathématique en montrant son travail : il explicite les étapes en établissant un lien entre la troisième donnée et la question. Il s'agit donc d'amener les élèves à comprendre la structure profonde d'un problème à énoncé verbal par la création de problèmes que la situation non problématisée suggère. Plus précisément, l'élève est amené à transformer une situation non problématisée en trois problèmes mathématiques qu'il est possible de résoudre. Ce temps de travail d'exemple travaillé est un temps particulier. Il doit être ni trop court (le risque est de manquer des éléments essentiels), ni trop long (le risque est d'avoir une certaine perte d'attention des élèves). Par exemple, le professeur propose la situation non problématisée suivante : Mon grand frère a 20 ans. Ma grand-mère a 80 ans. Ma grand-mère est 4 fois plus âgée que mon grand frère (voir paragraphe 2.2). Le professeur propose différentes représentations de la situation non problématisée, en faisant intervenir les élèves (le schéma-ligne, le nombre rectangle, une écriture mathématique). Puis il raye une ligne et demande aux élèves d'écrire la question, dont la réponse sera donnée par cette ligne manquante. Ainsi, les élèves ont devant eux la situation non problématisée et l'énoncé d'un premier problème. Ils imitent ce qui a été fait avec les représentations, ils marquent par la lettre « x » la quantité manquante sur les représentations. Ils « résolvent » le problème collectivement.

2.4 Création – résolution individuelle de problèmes par les élèves

Des apports de la recherche (Singer *et al.*, 2013 ; Felmer *et al.*, 2016) nous montrent l'intérêt pour les élèves de travailler la création et la résolution de problèmes mathématiques et non seulement la résolution de ceux-ci. En occupant une place d'émetteur-producteur (et non seulement de récepteur-résolveur) de problèmes mathématiques, les élèves sont mis en position d'appréhender la structure mathématique du problème qu'ils ont à créer, en lien étroit avec sa catégorisation. Dans la classe qui nous intéresse ici, le professeur demande donc aux élèves de créer et résoudre trois problèmes en appui sur la situation non problématisée. Dans notre exemple, les élèves devaient donc créer et résoudre :

- un problème dans lequel ils recherchaient l'âge de la grand-mère (« le tout ») ;
- un problème dans lequel ils recherchaient l'âge du grand frère (« le nombre d'entités dans un groupe ») ;
- un problème dans lequel ils recherchaient le nombre de fois qu'était contenu l'âge du grand-frère dans l'âge de la grand-mère (« le nombre de groupes »).

Par exemple, un élève s'appuie sur l'exemple travaillé pour produire un problème (fig. 7).

Situation non problématisée :

Mon grand-frère a 7 ans .

Ma grand-mère a 70 ans.

Ma grand-mère est 10 fois plus âgée que mon grand-frère.

Question :

Quel âge a ma grand-mère ?

Figure 7 . Production d'un élève

2.5 Analyse des productions des élèves par le professeur en vue de la séance suivante

À la suite de la séance, ou en fin de journée, le professeur prend un temps pour étudier les travaux des élèves. Il anticipe notamment la construction de la séance suivante en cherchant à s'appuyer sur les travaux des élèves. Par exemple, un élève propose les représentations suivantes, un schéma-ligne correct et un nombre rectangle peu lisible (figure 8). Le professeur choisit de présenter cette production à la classe comme support des échanges.

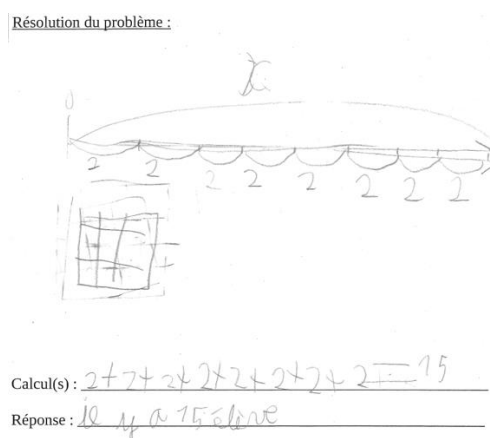


Figure 8 . Une production d'élève support des échanges dans la classe

2.6 Résumé d'une séance dans la classe

La figure suivante 9 montre une vision d'ensemble d'une séance telle qu'elle a été conçue dans cette classe. Les flèches ont ici une fonction chronologique et permettent de montrer l'enchaînement des temps de travail dans une même séance.

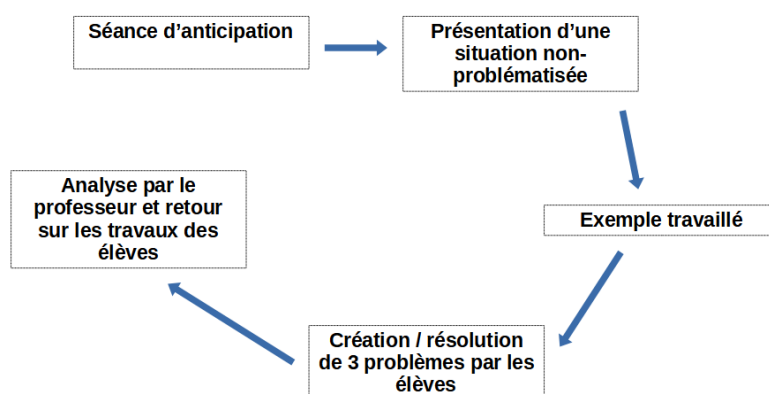


Figure 9. Vue d'ensemble d'une séance de la séquence DEEC

III. PREMIÈRES ANALYSES ET RÉSULTATS

À la suite de la mise en œuvre de la proto-séquence DEEC dans les classes des professeurs de l'équipe de recherche, un travail de recueil de données et d'analyses des séances a été mené par l'ensemble des membres du LÉA. Le collectif a produit ces analyses dans le but de construire une nouvelle version S1 de la séquence DEEC. Comme les autres professeurs de l'ingénierie coopérative, le professeur de cette classe de CE1 a mené les 18 séances de la proto-séquence DEEC dans sa classe dans le milieu de l'année scolaire, durant les mois de février et mars 2023. Comme les autres membres de l'ingénierie coopérative, le professeur a participé aux temps de travail et d'échanges de l'équipe de recherche afin de mettre en commun les impressions, observations directes et visionnage des films de classe.

Le premier temps d'analyse a porté sur la *densité épistémique* de chaque séance. En effet, les professeurs ont expliqué l'apport de nouvelles connaissances, à chaque séance. Par exemple, dans la première séance S1, les élèves découvrent les problèmes de « partie-tout » (composition, Vergnaud, 1986). Puis dans la deuxième séance S2, les élèves découvrent les problèmes de comparaison (Vergnaud, 1986). Ce choix permet certes de balayer l'ensemble des catégories de problèmes. Mais dans le même temps, les élèves ont peu de temps pour s'entraîner.

Ce premier temps d'analyse portait également sur *l'organisation effective des séances*. La situation non problématisée avait été choisie par le collectif. Il revenait au professeur d'organiser le moment de présentation des trois problèmes qui en découlaient. Si la création des trois problèmes est triviale (pour le professeur), la mise en œuvre effective en classe a été plus difficile. Par exemple, un professeur a tout écrit au tableau pour que les élèves aient le temps de « mieux voir ». Une lassitude collective a conduit le professeur à faire autrement. Un autre professeur avait préparé sur le tableau numérique interactif de la manière suivante : il y avait la situation non problématisée, qui se transformait en problème en rayant la donnée qu'il fallait chercher ainsi que la question (dont la réponse était dans la phrase rayée).

Ce premier temps d'analyse a porté sur la *difficulté pour un certain nombre d'élèves à créer-résoudre des problèmes mathématiques à l'écrit*. Certains élèves n'arrivaient pas à aller au bout du travail de création-résolution de trois problèmes mathématiques. Le professeur a donc modifié les modalités de travail pour ce temps précis des séances. Après avoir demandé aux élèves, hors de la première séance, d'écrire les énoncés des problèmes, il a choisi pour les séances suivantes d'utiliser des étiquettes pré-remplies et déjà découpées par lui-même pour alléger ce travail d'écriture : par exemple « Quel âge a ma grand-mère ? » (figure7) ou « Quel âge a mon frère ? » ou « Ma grand-mère est combien de fois plus âgée que mon frère ? ». Cet allègement d'écriture va ainsi permettre aux élèves de consacrer davantage leurs réflexions sur le travail d'étude des structures mathématiques des problèmes. Dans une troisième partie de la proto-séquence DEEC, le professeur a de nouveau fait évoluer ces modalités de travail en proposant aux élèves des énoncés « à trous » permettant une création-résolution de problèmes plus « créative » et moins « imitative ». La figure 10 tente de montrer l'évolution des modalités de travail, notamment de la production d'énoncés de problèmes par les élèves (le choix est fait ici de proposer les travaux d'un même élève de CE1).

Séance du 28 février 2023	Dans une classe, il y a 20 élèves. 8 élèves mangent à la cantine. 12 élèves ne mangent pas à la cantine. <u>Énoncé du problème :</u> 12 élèves ne mangent pas à la cantine. 8 élèves mangent à la cantine. Combien y a-t-il d'élèves dans la classe ?
Séance du 2 mars 2023	Dans une classe, il y a 17 élèves. 13 élèves mangent à la cantine. 40 élèves ne mangent pas à la cantine. 13 élèves mangent à la cantine. 40 élèves ne mangent pas à la cantine. Combien y a-t-il d'élèves dans la classe ?
Séance du 3 mars 2023	Le matin, il fait 10 degrés. La température augmente de 5 degrés. L'après-midi, il fait 15 degrés. <u>Question :</u> Quelle est la température de l'après-midi ?

Figure 10 . Évolution des modalités de création des énoncés de problèmes par les élèves

Ce premier temps d'analyse a montré *une attention de tous les élèves, y compris les moins avancés*. Lorsqu'un élève était dans une « phase de perplexité », le professeur avait toujours la possibilité de l'orienter sur les différentes représentations. Ils n'avaient pas à trouver directement l'opération et à le justifier. Houdement (2017) explique que certains élèves peuvent « voir l'opération » en lisant l'énoncé et posent la question de ceux qui ne « voient » pas. Les différentes représentations semblent être une piste intéressante pour les élèves, en particulier les moins avancés en mathématiques, ainsi que pour les professeurs qui peuvent engager les élèves dans un processus d'enquête. Les premiers résultats semblent montrer que dans le cas de problèmes discordants (Rivier, C., Scheibling-Seve et Sander, 2022), les élèves parviennent à s'engager dans la résolution, y compris les élèves moins avancés (par exemple : « Joe avait des billes. Tom lui en a donné 5. Maintenant, Joe a 8 billes. Combien Joe avait-il de billes au début ? »)

IV. SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

Nous avons montré comment le travail d'enquête sur un temps long permet aux élèves de créer une certaine continuité dans leur expérience mathématique (Joffredo Le Brun, 2016) : ils comprennent la structure des problèmes mathématiques de manière de plus en plus fine, en appui sur les différents exemples travaillés, les problèmes créés et leurs représentations. Ce choix semble permettre à tous les élèves (en particulier les élèves moins avancés) de s'engager dans la création-résolution de problèmes. Dans le même temps, nous rendons compte de la place du professeur dans ce temps d'enquête ainsi que son attention aux élèves moins avancés. La densité du travail lors des séances dont parlent les professeurs sera donc à prendre en compte pour la suite. Notons également que chaque membre de l'ingénierie coopérative s'enrichit du travail des autres (et de leurs analyses).

Pour l'élaboration de la séquence DEEC S1, nous nous appuyons sur les analyses du collectif. Nous cherchons également à mettre en évidence des pratiques et à les partager dans la perspective de la mise en œuvre de la séquence S1 avec un essai randomisé, pour rendre compte de l'amélioration des résultats des élèves en création-résolution de problèmes. L'analyse des résultats des élèves portera sur leur capacité à mieux résoudre des problèmes additifs et multiplicatifs.

Nous poursuivons notre travail, au sein du collectif d'ingénierie coopérative pour mieux voir et mieux comprendre les enjeux théoriques, méthodologiques et pratiques d'une telle séquence, tant du point de vue des résultats des élèves que de la mise en œuvre des professeurs.

V. BIBLIOGRAPHIE

Blocher, J.-N. (2018). *Comprendre et montrer la transmission du savoir. Les systèmes hybrides comme lieu de production et d'écriture de phénomènes. Illustration en théorie de l'action conjointe en didactique*. Thèse de doctorat. Université de Bretagne Occidentale.

Blocher, J.-N. et Lefeuvre, L. (2017). Le système hybride textes-images-sons : une exploration. *Recherches en didactiques*, 23, 99-132.

Brousseau, G. (2004). Les représentations : Étude en théorie des situations didactiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(2), 241-277.

Bryk, A. S. (2015). 2014 AERA Distinguished Lecture : Accelerating How We Learn to Improve. *Educational Researcher*, 44(9), 467-477

Cai, J. (2022). What Research Says About Teaching Mathematics Through Problem Posing. *Éducation & didactique*, 16, 31-50.

Cai, J. et Leikin, R. (2020). Affect in mathematical problem posing : conceptualization, advances, and future directions for research. *Educational Studies in Mathematics*, 105(3), 287-301.

Collectif Didactique pour Enseigner (CDpE). (2019). *Didactique pour enseigner*. Presses universitaires de Rennes.

Collectif Didactique pour Enseigner (CDpE). (2024). *Un art de faire ensemble. Les ingénieries coopératives*. Presses Universitaires de Rennes.

Duval, R. (2006). Transformations de représentations sémiotiques et démarches de pensée en mathématiques. *Actes du XXXIIe colloque COPIRELEM*, 67-89.

Felmer, P. (2016). *Posing and solving mathematical problems*. Springer Science+Business Media.

Houdement, C. (2017). Résolution de problèmes arithmétiques à l'école. *Grand N*, 100, 59-78.

Joffredo-Le Brun, S. (2016). Enseignement et apprentissage des mathématiques au CP : continuité de l'expérience des élèves et systèmes de représentation, un exemple. *Recherches en éducation*, 25.

Joffredo Le Brun, S., Journal, C. et Le Moal, C. (2019). La production d'un dispositif didactique au sein d'une ingénierie coopérative : Traduction de représentations. Dans C. Goujon (dir.), *La TACD en questions, questions à la didactique* (Vol. 3, p. 82-95).

Morellato, M. (2017). *Travail coopératif entre professeurs et chercheurs dans le cadre d'une ingénierie didactique sur la construction des nombres : Conditions de la constitution de l'expérience collective*. Thèse de doctorat. Université de Bretagne Occidentale.

Rivier, C., Scheibling-Seve, C., & Sander, E. (2022). Études des types de problèmes arithmétiques à énoncés verbaux proposés dans 12 manuels scolaires français de cycle 2 : Concordance et discordance par rapport à trois formes d'analogies. *Revue française de pédagogie*, 216(3), 101-116.

Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir. Éléments pour une Théorie de l'Action Conjointe en Didactique*. De Boeck.

Sensevy, G. (2016). Le collectif en didactique. Quelques remarques. Dans Y. Matheron et al. (dir.), *Enjeux et débats en didactique des mathématiques* (Vol. 1, p. 223-253). La pensée Sauvage éditions.

Sensevy, G. (2022). Vers une épistémologie des preuves culturelles. *Éducation et didactique*, 16(2), 145-164.

Sensevy, G., Blocher, J.-N., Goujon, C. et Forest, D. (2022). Films d'étude et systèmes hypermédias : le cas des systèmes hybrides texte-image-son (SHTIS). Dans B. Albero et J. Thievenaz (dir.), *Traité de méthodologie en sciences de l'éducation et de la formation* (Vol. 2, p. 637-651).

Singer, F. M., Ellerton, N. et Cai, J. (2013). Problem-posing research in mathematics education: new questions and directions. *Educational Studies in Mathematics*, 83(1), 1-7.

Sweller, J. (2006). The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, 16(2), 165-169.

Vergnaud, G. (1986). Psychologie du développement cognitif et didactique des mathématiques. Un exemple : Les structures additives. *Grand N*, 38, 21-40.

Vicente, S., Verschaffel, L., Sánchez, R. et Múñez, D. (2022). Arithmetic word problem solving. Analysis of Singaporean and Spanish textbooks. *Educational Studies in Mathematics*, 111(3), 375-397.

Vigot, N. (2020). Les résultats d'un prétest et d'un posttest dans une classe élémentaire : différencier avec le dispositif d'anticipation. *Revue Des Sciences de l'éducation*, 46(1), 172-208.