

DE L'EXEMPLE TRAVAILLÉ À LA CRÉATION DE PROBLÈMES : COMMENT SE DÉVELOPPE L'INTELLIGENCE COLLECTIVE D'UNE SITUATION ?

Angélique MARTINOTTI

Professeure maître-formateur, Education Nationale
CREAD
angelique.ceva@ac-aix-marseille.fr

Mireille MORELLATO

Conseillère pédagogique, Education Nationale
CREAD
mireille.morellato@ac-aix-marseille.fr

Serge QUILIO

Maître de conférences HDR, Université Côte d'Azur
LINE
Serge.QUILIO@univ-cotedazur.fr

Résumé

Nous présentons dans ce texte une forme de vie du développement de l'intelligence collective d'une situation au sein d'une action didactique conjointe professeur-élèves. Un tel développement s'inscrit dans un travail collectif, mené au sein d'une ingénierie coopérative regroupant professeurs des écoles, formateurs et chercheurs. Un tel travail implique la compréhension et la pratique de « formes de la représentation ». Nous décrivons dans ce texte comment un collectif classe peut construire l'intelligence d'une situation au cours d'un exemple travaillé s'inscrivant dans une pratique de création de problèmes dans une classe de CE2. Pour cela, nous illustrons le développement de la solidarité épistémique au sein d'une classe, ce qui se passe quand tous les élèves d'une classe travaillent et discutent le même type de problème.

Nous présentons dans ce texte une forme de vie du développement de l'intelligence collective d'une situation (Quilio, 2022 ; Sensevy, 2021) au sein d'une action didactique conjointe professeur-élèves (Sensevy et Mercier, 2007 ; Sensevy, 2011). Un tel développement s'inscrit dans un travail collectif, mené au sein d'une ingénierie coopérative (Collectif Didactique pour Enseigner CDpE, sous presse) regroupant professeurs des écoles, formateurs et chercheurs. Un tel travail implique la compréhension et la pratique de « formes de la représentation » (Quilio, 2022).

Cette conception des représentations ne renvoie pas à une représentation mentaliste mais à une conception publique de la représentation. Les représentations forment un système de signes qui permettent d'enseigner, d'apprendre, d'enquêter et d'imiter [...]. Elles peuvent être matérielles ou symboliques (verbales, graphiques, gestuelles) » (CDpE, glossaire, sous presse).

Par exemple, nous pouvons rencontrer dans des séances en classe l'usage d'écritures mathématiques ou de schémas, de gestes ou d'expressions décrivant ces schémas. Ecritures, schémas, expressions, gestes sont organisés en systèmes de représentations ; chaque système se référant à une situation mathématique.

En Théorie de l'action conjointe en didactique, on considère qu'une action conjointe réussie, implique l'ajustement à et de ce processus de production et de reconnaissance de formes-représentations propres à une culture. » (ibid.).

Nous décrivons dans ce texte comment un collectif classe peut construire l'intelligence d'une situation au cours d'un exemple travaillé ou travail sur un problème résolu (Tricot et Sweller, 2016) s'inscrivant

dans une pratique de création de problèmes dans une classe de CE2. Pour cela, nous illustrons le développement de la solidarité épistémique au sein d'une classe, ce qui se passe quand tous les élèves d'une classe travaillent et discutent le même type de problème (CDpE, 2019, sous presse).

I - CONTEXTES

1 L'ingénierie coopérative DEEC

L'action que nous présenterons se déroule dans le cadre de l'ingénierie didactique coopérative DEEC (Détermination d'Efficacité des Expérimentations Contrôlées en enseignement-apprentissage des mathématiques)¹ retenue par l'Agence Nationale de la Recherche et dont le déroulement est en cours (2022 - 2025). La figure 1 en propose une vue générale.

 Recherche ANR/DEEC (Détermination de l'efficacité des expérimentations contrôlées en enseignement-apprentissage)		
Conception et expérimentation d'une séquence de 18 séances en création/résolution de problèmes mathématiques en CE1 et CE2. Détermination de l'efficacité de la séquence d'enseignement et documentation par des analyses statistiques et des analyses documentées de la pratique. Validation à grande échelle de l'efficacité de la séquence et de son accompagnement. Affinage de la séquence et de son modèle d'efficacité.		
Année 1	Année 2	Année 3
• Mise en œuvre de la séquence DEEC sous sa première forme (S1) dans les classes des professeurs du LéA ArMed (8 classes) • Analyse de la séquence • Elaboration d'une séquence S2 améliorée • Conceptions de SHTIS pour l'analyse documentée des pratiques et pour l'accompagnement des professeurs en année 2	• Mise en œuvre de la séquence S2 avec un essai randomisé contrôlé sur 3 groupes (150 classes) • Détermination des raisons de l'efficacité de la séquence • Elaboration d'une séquence S3 améliorée	Affinement de la séquence et de son modèle d'efficacité

Figure 1. Synopsis de la recherche ANR / DEEC

La recherche DEEC se déroule dans le cadre d'une ingénierie coopérative, c'est-à-dire une institution dans laquelle les membres cherchent ensemble à décrire et comprendre une pratique pour l'améliorer, voire la transformer (CdPE, sous presse). Cette amélioration permettant en retour de contribuer à une meilleure compréhension de l'ingénierie. Les auteurs de ce texte sont membres du Lieu d'éducation associé à la recherche, le « LéA-Ifé ACE écoles réseau Armorique-Méditerranée »².

2 En classe : un fait didactique mettant à l'épreuve la séquence

2.1 Quelques éléments pour appréhender la séquence DEEC : le répertoire-instrument et le dispositif du « Qui suis-je ? »

Le Répertoire-Instrument

Dans la séquence d'enseignement-apprentissage DEEC mise à l'épreuve, la progression est orientée par des exemples travaillés. Un exemple travaillé se construit au travers d'une situation non-problématisée qui est d'abord représentée puis problématisée suivant les données à rechercher possibles. Ci-après,

¹ <http://blog.espe-bretagne.fr/anr-deec-ace/>

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

nous pouvons voir la trace établie collectivement d'un exemple travaillé relatif à un problème de parties-tout ou de composition de deux états selon la nomenclature établie par Vergnaud (1981). Cette trace est conservée sous la forme d'une fiche du « Répertoire-Instrument » (figure 2). Les fiches qui composent ce répertoire organisent des exemples travaillés devenus *emblématiques* pour la classe.

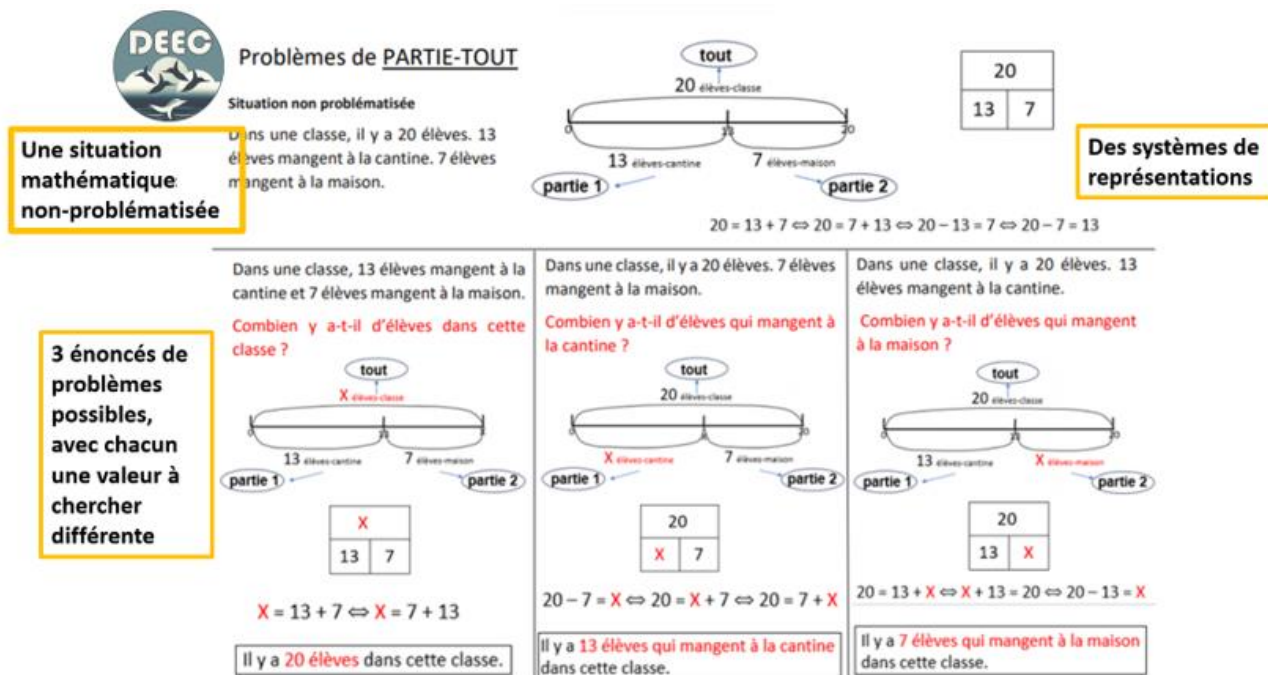


Figure 2. Une fiche du Répertoire-Instrument

Les créations de problèmes des élèves s'appuient sur le Répertoire-Instrument. Les élèves y puisent des idées.

Le dispositif du « Qui suis-je ? »

Au sein de la séquence ANR-DEEC, certaines séances sont consacrées au jeu du « Qui suis-je ? ». Ce dispositif permet de travailler spécifiquement sur les représentations (Brousseau, 2004) en résolution de problème, en mettant volontairement de côté le calcul. Il s'agit de devenir familier de systèmes de représentations. Dans l'exemple ci-dessous (figure 3), un énoncé est présenté. Il s'agit de reconnaître parmi deux systèmes de représentations quel est celui en adéquation avec l'énoncé.

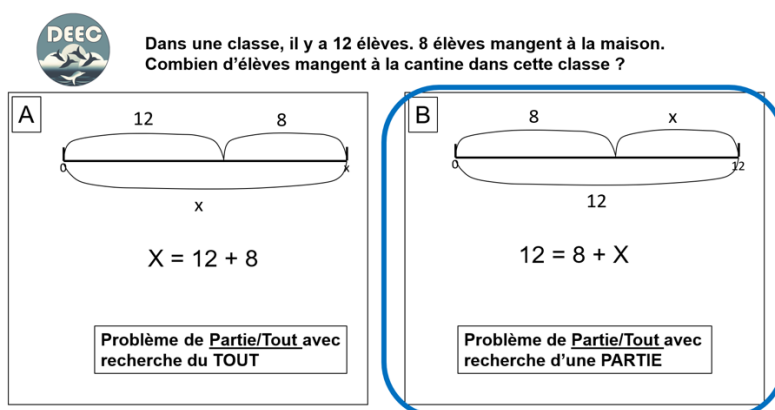


Figure 3. Un exemple de partie du « Qui suis-je ? »

2.2 Un fait didactique et sa prise en compte

Parfois les élèves créent eux-mêmes les parties du jeu : ils sont donc amenés à créer des problèmes et leurs systèmes de représentations attachés. À ce moment de la séquence, la classe de CE2 avait travaillé

sur des problèmes de transformation (Vergnaud, 1981), notamment sur des situations impliquant des températures. Nous retrouvons ci-dessous une création de fiche de jeu par un binôme (figure 4).

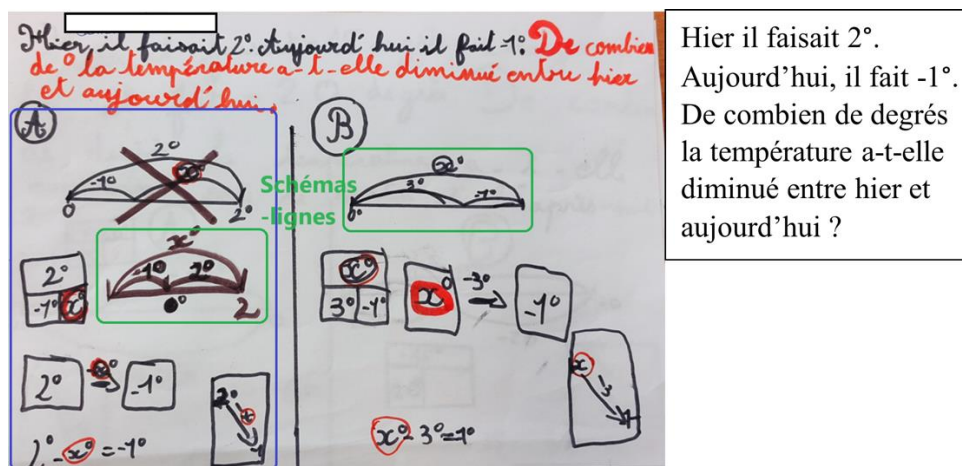


Figure 4. Une création de problème impliquant des températures négatives

Certains élèves avaient choisi de mettre en scène des températures négatives. La lecture de l'écart de température entre 2°C et -1°C serait facilement lisible sur un thermomètre (lecture directe ou en référence à la connaissance du thermomètre) ou facilement représentable sur un dessin de thermomètre mais elle l'est moins à modéliser en partie-tout comme nous le voyons sur les schémas-lignes, repérés en vert dans la production. En effet, sur cette production d'élèves, les schémas-lignes « font voir » ce problème comme un problème de Partie-Tout. Cette représentation fonctionne lorsque l'on parle de collections, comme des billes par exemple, car les nombres dans ce cas sont relatifs à des quantités. Mais ce *voir-comme* (Sensevy, 2011 ; CdPE, 2019) ne fonctionne plus lorsqu'il s'agit de grandeurs repérables comme les températures. En effet ce que le thermomètre indique, ce sont des repères dans la suite ordonnée des nombres. Dans cet exemple, pour ces élèves, la représentation sous forme de schéma-ligne ne sert plus de référence au langage décrivant la situation. Après échanges avec le chercheur observant la séance, la professeure propose aux élèves une fiche du répertoire-instrument (figure 6) tenant compte d'une représentation modifiée du schéma-ligne (figure 5) suivant le problème de la pratique observée suite aux productions d'élèves.

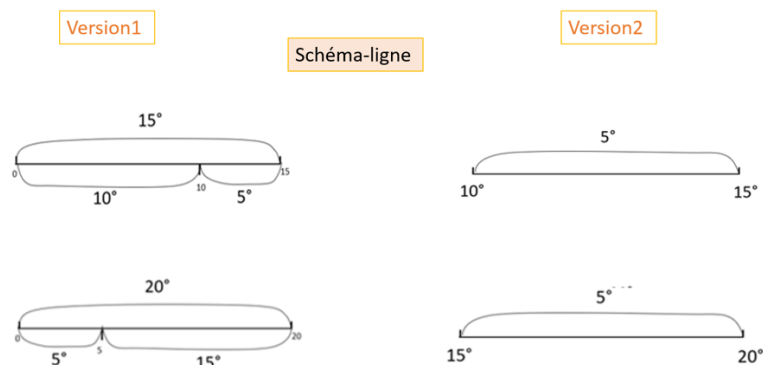


Figure 5. Modification de la représentation schéma-ligne pour des problèmes de transformation impliquant des températures

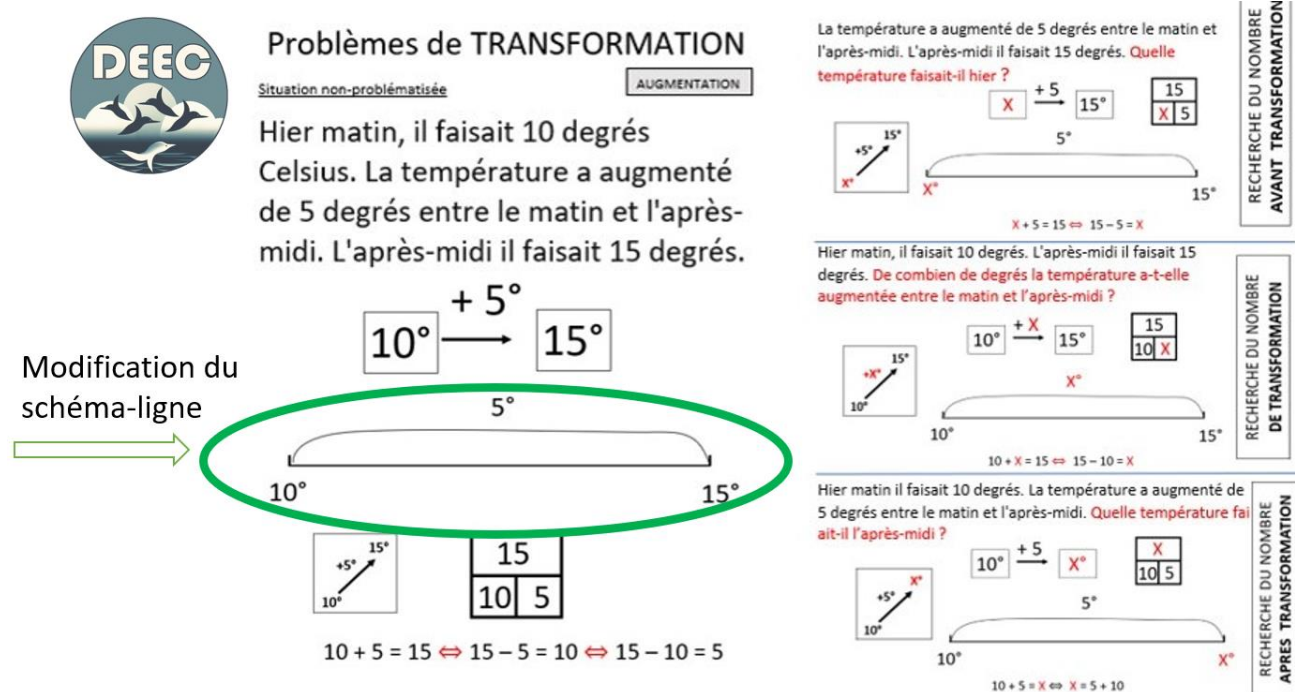


Figure 6. Modification du schéma-ligne dans la fiche du répertoire-instrument

Dans la section suivante nous observerons l'action conjointe professeure-élèves lors de l'introduction de cette nouvelle fiche. Nous tenterons de montrer comment se construit une intelligence collective autour de cette nouvelle forme-représentation.

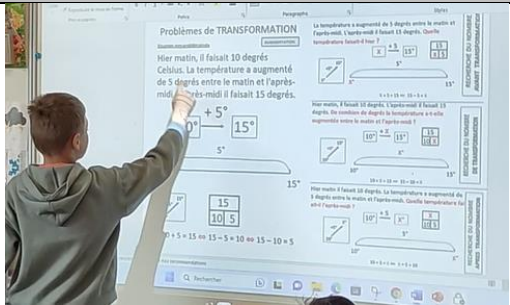
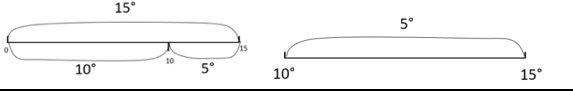
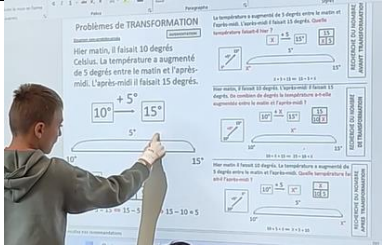
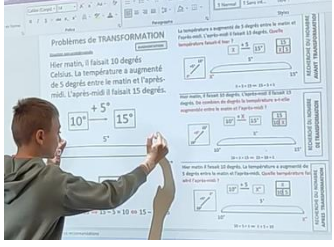
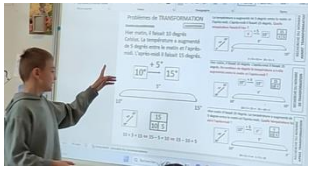
II - ANALYSES DES ECHANGES DIDACTIQUES

En Théorie de l'Action Conjointe en Didactique (TACD) (Sensevy, 2011 ; CDpE, 2019), nous considérons la relation didactique comme une relation d'enquête (Dewey, 1993) sur les savoirs et les pratiques de savoirs par la professeure et ses élèves. Nous avons observé les formes de vie et de langage associé (Wittgenstein, 2004) de cette action conjointe. Dans un premier temps, la professeure a enquêté sur la création de problèmes par ses élèves. Un résultat de cette enquête, menée avec le chercheur suite à une visite en classe, se réalise par la production d'une nouvelle version de la fiche du répertoire-instrument. Mais la réciproque est aussi nécessaire : les élèves ont à enquêter sur cette proposition de la professeure. En effet, celle-ci a introduit de la nouveauté dans le familier de la classe, dans le *déjà-là* considéré comme un contrat didactique en TACD. La professeure doit alors enquêter sur les actions de ses élèves sur cette nouvelle fiche, c'est-à-dire comment ils s'emparent du nouveau milieu proposé. Nous nous demanderons à quelles conditions cette enquête réciproque se réalise-t-elle ?

La séance a été filmée et transcrite. Quatre moments correspondant à quatre épisodes dans l'évolution de l'action conjointe ont été identifiés, avant que les élèves ne s'emparent de cette nouvelle fiche pour créer à nouveau des problèmes. Nous les décrirons selon une pluralité et une complexité organisée selon trois niveaux de description (Descombes, 1998 ; Sensevy, 2011).

1 Appréhension par un élève de la nouvelle fiche, le corps en jeu

Les deux premiers niveaux de description (photographies et transcriptions des échanges professeure-élèves) se lisent dans le tableau. Le troisième niveau y fait suite.

1 ^{er} niveau de description : photographies et transcription	2 ^e niveau de description
	La nouvelle fiche du Répertoire-Instrument (R-I) pour les problèmes de Transformation avec augmentation qui est projetée au tableau. L'élève L. répond à la question suivante que je [la professeure] pose à la classe : <i>En quoi cette nouvelle fiche du Répertoire-Instrument est-elle différente de la précédente ? Le schéma-ligne sous cette forme permet-il de mieux dire le problème ?</i>
Elève L. : La différence de ce schéma-ligne, c'est qu'on part plus de zéro et on part de 10° du matin. Et la température elle a augmenté donc on va faire un gros pont et du coup... Professeure : Est-ce que tu peux associer à tes mots, des gestes ? Pour que nous avec nos yeux on puisse suivre de quoi tu parles. L : On part plus de zéro on part à 10 et la température a augmenté de 5° entre le matin et l'après-midi donc ça a augmenté donc on va faire un gros pont vers là (L pointe avec son doigt le côté droit du schéma-ligne).	Ici L. fait référence à un <i>déjà-là</i>, lié à l'usage du schéma-ligne. En effet la plupart du temps, cette représentation est constituée d'une ligne dont le point origine est 0. Ceci était par ailleurs le cas dans la fiche du R-I précédente : Alors qu'ici il est question de repères et de variation : 
	A plusieurs reprises lors de ces échanges les élèves ont associé les mots <i>augmentation</i> et <i>diminution</i> à des gestes, des mouvements de bras, vers la droite ou la gauche du schéma-ligne. C'est un moyen de traduire avec le corps, le mouvement, la translation d'un point vers un autre point de la ligne.
P : Tu peux montrer avec tes deux mains toute l'augmentation du coup. (L montre avec ses 2 mains la distance, la longueur 5 sur le schéma-ligne). P : D'accord. L : L'augmentation c'est tout ça donc c'est 5° qui a augmenté (L fait encore un mouvement de bras allant vers la droite). 	Je souhaite que les élèves associent certains gestes aux représentations pour permettre une sorte de traduction de l'énoncé ou du langage engageant physiquement l'élève. Ici j'insiste pour que les 5 degrés d'augmentation soient vus comme un nombre, une quantité de degrés dont on peut montrer en bornant avec ses deux mains la longueur 5 sur la ligne. On s'attache à l'aspect cardinal de 5. A l'inverse, je souhaite que les températures soient vues comme des repères sur une droite, que l'on montre avec l'index, on s'attache à l'aspect cardinal de 10 et de 15.
L : Et l'après-midi il faisait 15° donc la facilité de ce schéma-ligne et bien on a juste un pont à faire, on a juste à faire l'augmentation ou la diminution, à faire... P : C'est rigolo, tu as fait un geste, l'augmentation (P mime le mouvement de bras allant vers la droite) ou... L : La diminution (L fait un mouvement de bras vers la gauche). 	Il semble que L essaie de montrer l'économie de la représentation de la transformation par un seul pont entre deux repères. Je prends conscience du mouvement de bras de L qui accompagne ses mots et je tente de le lui faire expliciter.
P : Pourquoi tu fais dans un sens et dans l'autre ? L : Parce que l'augmentation et bien elle va augmenter donc elle va aller vers là-bas (L pointe vers la droite).	Ici L indique que le schéma-ligne suit l'ordre des nombres, c'est ce qu'il exprime en disant « 1, 2, 3, 4, 5... » et qu'il y a donc un sens pour

P : Pourquoi est-ce que ça va vers là-bas quand ça augmente ? L : Et bien parce qu'on va faire 1, 2, 3, 4, 5... P : A partir de 10 du coup. Si tu vas vers là-bas, ça va vers des nombres plus grands ou plus petits ? L : Plus grands. P : Alors montre vers où ça va vers des nombres plus grands. L : Vers 15. P : D'accord. Mais alors si ça avait diminué à partir de 10, qu'est-ce qu'on aurait fait ? L : Si ça avait diminué, on aurait fait un pont à l'..., comme ça (L simule le tracé d'un pont partant de 10 vers la gauche du schéma-ligne) et que ça arrivait à 5. P : Pour aller vers des nombres plus... L : petits.	aller vers les nombres plus grands et un sens pour aller vers les nombres plus petits. D'une certaine façon L distingue les nombres qui sont à des repères fixes sur la ligne, les températures et les nombres qui sont des nombres de degrés de variation, augmentation ou diminution.
---	--

Tableau 1. Transcription et annotations extrait 1 (durée : 2 minutes)

3^e niveau de description

La professeure a produit une nouvelle fiche du répertoire-instrument et demande aux élèves ce qui la différencie de la précédente. Au-delà des pratiques de classe « déjà-là » (usage du schéma-ligne, nombres désignant des repères, placés au-dessous de la ligne et notés en caractères plus petits) et nombres désignant une quantité (placés sur un signe déictique, *le pont tracé*, qui rend compte d'un geste temporaire), le travail de L. se met en place par rapport aux signes qu'il distingue sur la nouvelle fiche : le schéma-ligne ne commence plus par l'origine « 0 », la variation va dans un sens ou l'autre sur une ligne orientée. L'élève est ici attentif à ce qui fait signe pour lui dans ce milieu réaménagé par la professeure. Il le montre, en mots et en gestes, à la classe. La professeure continue elle aussi son enquête sur l'appropriation de cette fiche par cet élève (« Je prends conscience du mouvement de bras de L qui accompagne ses mots et je tente de le lui faire expliciter ») tout en veillant à ce que cette interprétation de la représentation modifiée soit adéquate aux sens des nombres (comme repères et comme variation).

Une première condition se dégage alors de l'enquête réciproque : le fait de porter attention aux signes symboliques. Pour l'élève L., c'est recenser les changements et les interpréter. Pour la professeure, c'est l'attention portée à ce qui fait signe pour L. dans le milieu et dont elle peut s'emparer pour mener à bien l'action didactique conjointe.

2 Réinvestissement des observations

1 ^{er} niveau de description : photographies et transcription	2 ^e niveau de description
Problèmes de TRANSFORMATION <i>Situation non-problématisée</i> DIMINUTION Hier, il faisait 20 degrés. La température a diminué de 5 degrés entre hier et aujourd'hui. Aujourd'hui il fait 15°. 20° $\xrightarrow{-5^\circ}$ 15° 5° 15° 20° 5 + 15 = 20 $\Leftrightarrow$ 20 - 5 = 15 $\Leftrightarrow$ 20 - 15 = 5 La température a diminué de 5 degrés entre hier et aujourd'hui. Aujourd'hui il fait 15 degrés. Quelle température faisait-il hier ? 15° $\xrightarrow{-5^\circ}$ X° 5° 5 + 15 = X $\Leftrightarrow$ X = 15 + 5 Hier matin, il faisait 20 degrés. Aujourd'hui il fait 15 degrés. De combien de degrés la température a-t-elle diminué entre hier et aujourd'hui ? 20° $\xrightarrow{X^\circ}$ 15° X° 20° 15° 15 + X = 20 $\Leftrightarrow$ 20 - 15 = X Hier matin il faisait 20 degrés. La température a diminué de 5 degrés entre hier et aujourd'hui. Quelle température fait-il aujourd'hui ? 20° $\xrightarrow{-5^\circ}$ X° 5° 20° X° 5 + X = 20 $\Leftrightarrow$ X = 20 - 5	Une nouvelle fiche du Répertoire-Instrument (R-I) pour les problèmes de transformation avec diminution est projetée au tableau.

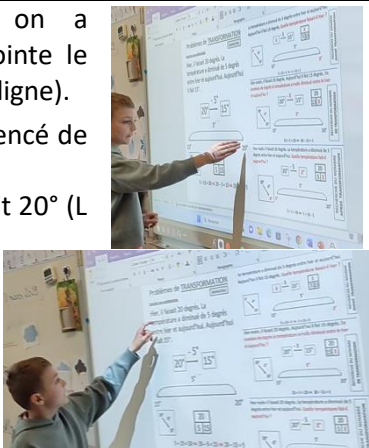
L : Celle-là, et bien on a commencé de 20 (L. pointe le repère 20 sur le schéma-ligne). P : Pourquoi on a commencé de 20 ? L : Parce que hier il faisait 20° (L. pointe sa lecture du texte de l'énoncé). 	L poursuit ses explications sur cette deuxième fiche. Il rappelle que pour construire ce schéma ligne, on place le repère 20, car c'est la première donnée numérique de l'énoncé. Avec son doigt, L. pointe successivement le texte de l'énoncé et le schéma-ligne afin d'associer ce qui est dit avec ce que l'on voit.
P : Oui, donc on a placé quoi en premier ? L : Donc on a placé le 20. P : Qui est une quantité ou un repère les autres ? (P s'adresse à la classe). Les élèves : un repère. P : Un repère, donc on met juste la barre, on est à 20, ok, et après qu'est-ce qu'il dit le texte ? L : Il dit que la température a diminué de 5°. Donc la diminution elle va aller vers là (L. fait un mouvement du bras vers la gauche) parce que ça a diminué, et du coup ça a diminué de 5° et du coup ça va arriver, cet après-midi il fait 15°.	Je souhaite m'assurer que tous les élèves de la classe sont bien en train de suivre ce que dit L. On distingue les repères sur le schéma-ligne par un trait ou une croix sur la ligne, et le nombre de degré de variation, par « un pont » qui délimite la longueur du segment. Cette variation se fera vers la gauche en cas de diminution puisque que l'on va vers les nombres plus petits ou vers la droite pour une augmentation. Il n'y a pas de nécessité comme dans le schéma de transformation à indiquer la variation par le symbole « + » ou le symbole « - ». $\boxed{20^\circ} \xrightarrow{-5^\circ} \boxed{15^\circ}$

Tableau 2. Transcription et annotations extrait 2 (durée : 2 minutes et 30 secondes)

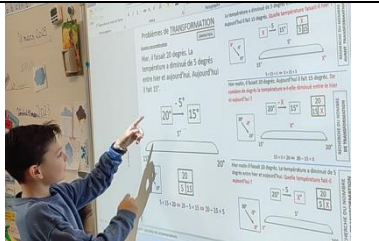
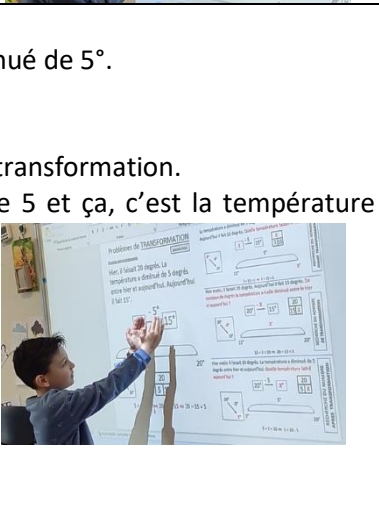
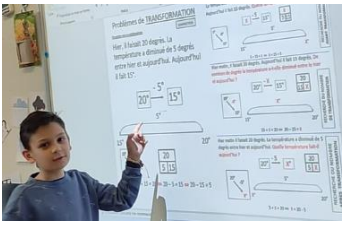
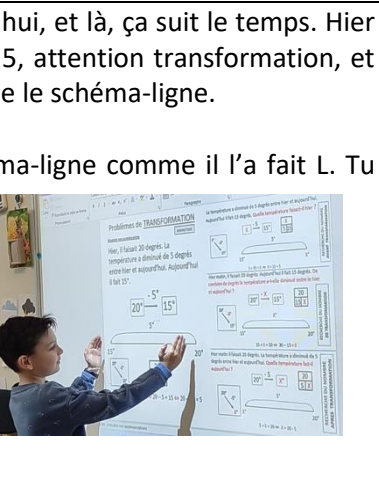
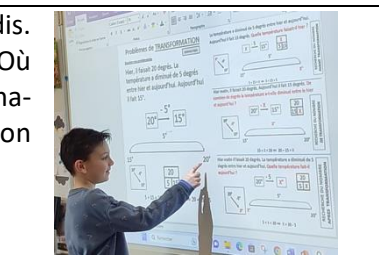
3^e niveau de description

Le milieu de l'action conjointe change quelque peu : il s'agit ici d'une diminution. L'élève L. explore sur la nouvelle fiche ce changement, en appui sur ce qu'il a découvert précédemment (le sens de l'augmentation - diminution sur une ligne orientée) et qu'il vérifie à nouveau, en gestes et en mots, avec le second énoncé proposé et représenté.

Une deuxième condition dans un deuxième mouvement de la dialectique contrat-milieu s'observe : poursuivre l'enquête sur la représentation lignée en faisant évoluer la situation dans le contrat-milieu, c'est-à-dire dans une dialectique entre ce que les élèves et le professeur connaissent avant de travailler le problème, et la structure symbolique du problème.

3 Renforcer les certitudes

1 ^{er} niveau de description : photographies et transcription	2 ^e niveau de description
P : On est d'accord qu'ici c'est aujourd'hui (P pointe le repère 15° au début du schéma-ligne) et ici c'est hier (P pointe le repère 20° à la fin du schéma-ligne), donc c'est pas dans l'ordre du temps, laquelle de ces représentations parle dans l'ordre de temps ? M ? M : Le schéma de transformation. P : Alors montre sur le schéma de transformation comment on peut dire les choses du coup. En suivant le temps...	Mon intervention fait suite à des hésitations de la part de certains élèves, je perçois que ce qui a été dit n'est pas compris de tous. Je synthétise donc ce que les élèves précédents ont montré. Je montre comment les choses sont dites différemment quand on parle de la situation avec le schéma-ligne, qui est organisé en fonction de l'ordre des nombres et le schéma de transformation, qui suit l'ordre chronologique de l'histoire.

M : Hier il faisait 20°. P : Montre avec ton doigt.		
P : Hier, avant, il faisait... J ? J : 20°, la température a diminué de 5°. P : Oui et ça c'est la... La classe : la diminution. P : La diminution qui est une transformation. M : Du coup ça a diminué de 5 et ça, c'est la température qu'il fait aujourd'hui (M montre d'abord la case de l'état final avec ses 2 mains comme pour le schéma-ligne, puis finalement pointe avec son doigt).		Le schéma de transformation permet de raconter la situation dans l'ordre du temps, il y a un nombre avant, ce nombre subit une transformation (positive ou négative) et il y a un nombre après, à la suite de la transformation. Peut-être peut-on penser que l'évolution du geste de M montre qu'il comprend qu'il ne montre pas une longueur. 
P : La température d'aujourd'hui, et là, ça suit le temps. Hier il faisait 20, ça a diminué de 5, attention transformation, et aujourd'hui il fait 15. Alors que le schéma-ligne. M : Ça fait pas ça. P : Tu peux le redire le schéma-ligne comme il l'a fait L. Tu arriverais à le redire ? A montrer sur le schéma-ligne, je lis et toi tu montres. Tu es prêt ? Hier il faisait 20°. (M montre la longueur 5 sur la schéma-ligne)		Je perçois que M comprend mais n'est pas encore tout à fait à l'aise dans la traduction de ces représentations. Je lui demande donc de traduire en montrant sur le schéma-ligne en simultané avec ma lecture de l'énoncé.
P : Est-ce que tout ça c'est 20 ? Ce que tu montrais ? Remets tes mains ? Qu'est-ce que tu montres ? Regarde-le le schéma-ligne. M : 5. P : Tu montres combien ? M : 5. P : 5 quoi ? M : 5 degrés. P : De ? M : Diminution.		Ce que fait M, plusieurs élèves l'auraient fait, c'est pourquoi il me semblait important de le provoquer. M prend conscience qu'il montre 5°.
P : De diminution. Ok, je redis. Attention, hier il faisait 20°. Où est-ce que c'est sur le schéma-ligne ? Montre-le avec ton doigt.		Implicitement, en disant « avec ton doigt », j'incite M à trouver un repère.

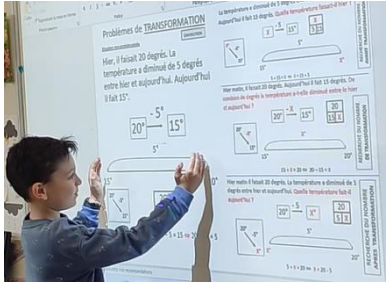
P : Ok on est là. Laisse-le (M avait baissé sa main). Hier il faisait 20°, la température a diminué de 5° entre hier aujourd'hui. Elle a diminué de combien ? Montre-le avec tes deux mains. 	De la même façon ici, en disant « avec tes deux mains », j'incite M à montrer la longueur d'un segment du schéma-ligne.
P : Elle a diminué de tout ça. Et aujourd'hui il fait 15°. (M montre spontanément et sans hésitation le repère 15 au début du schéma-ligne). Et c'est là, bravo. On a fait une grosse différence entre les repères et les quantités.	On perçoit que M prend de l'assurance et comprend plus densément la situation.

Tableau 3. Transcription et annotations extrait 3 (durée : 2 minutes)

3^e niveau de description

Un autre élève entre dans l'enquête proposée sur la nouvelle fiche du répertoire instrument. La professeure l'oriente vers la représentation schéma de transformation c'est-à-dire vers une enquête dans le milieu visant à mettre en relation les différentes représentations en usage dans la classe. A cette phase, schéma-ligne et schéma de transformation se réfèrent chacun plus explicitement à des propriétés de la grandeur en jeu : l'augmentation ou diminution sur le schéma-ligne ; la temporalité sur le schéma de transformation.

Jusque là le schéma-ligne portait la représentation de quantités que l'on compose, que l'on transforme en les augmentant ou diminuant, que l'on compare. Il avait aussi pour rôle d'exprimer un modèle en parties-tout de ces mesures de grandeur (masse, nombre d'entités d'une collection, longueur, contenance). Du fait du changement de grandeur, le contrat change : le schéma-ligne ainsi modifié ne joue plus le rôle de modèle en parties-tout. Les élèves ont à construire les gestes et le langage associé à la pratique de la représentation lignée pour cette grandeur spécifique. La professeure s'appuie sur chacune des expressions prononcées pour les renforcer en induisant des gestes sur la représentation. Le modèle additif en partie-tout ne se traduit plus que dans l'écriture mathématique et dans la boîte, représentation de la relation ternaire.

Les représentations de la situation sont denses en mathématiques. Cependant elles continuent à s'articuler entre elles dans un langage commun issu de l'expérience de mesurage de températures à l'aide d'un thermomètre. La professeure doit porter attention à tout ce qui fait signe de compréhension ou d'incompréhension de ses élèves lors de leur exploration des deux représentations schéma-ligne et schéma de transformation. Ces derniers ont à communiquer leur raisonnement sur l'usage des représentations au groupe classe, en s'appuyant sur des expressions empruntées au langage mathématiques pour décrire la situation concrète, et vice et versa.

Une troisième condition dans un mouvement de la dialectique contrat-milieu se met en place : articuler les formes de vie de la situation au travers des représentations et de leurs langages et gestes associés.

4 Représenter le temps sur un schéma-ligne

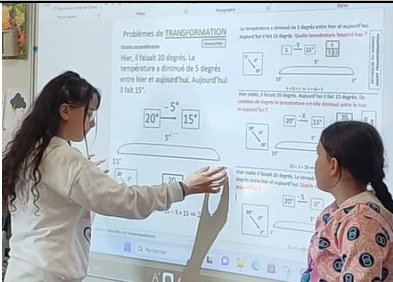
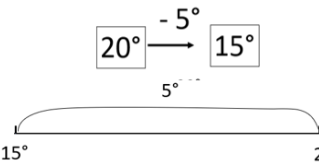
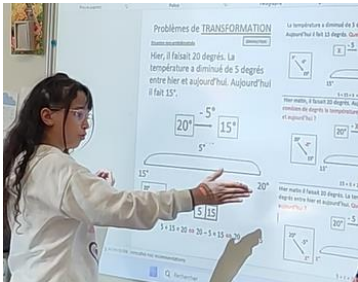
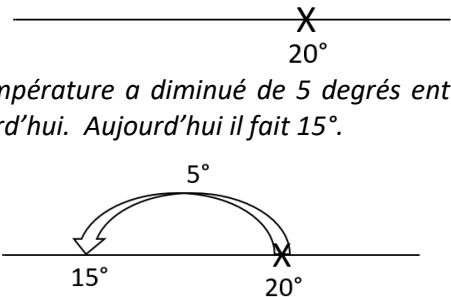
1 ^{er} niveau de description : photographies et transcription	2 ^e niveau de description
P : N ? N : Parce que là ça diminue. Je peux ? (elle demande l'autorisation d'aller au tableau). P : Vas-y. 	Au fil de cette discussion, pour m'assurer de la compréhension de tous, je leur demande pourquoi les nombres n'apparaissent pas dans le même ordre dans le schéma de transformation et le schéma-ligne. L'analogie entre le thermomètre et le schéma-ligne est tout à fait pertinente, ils peuvent être vus tous les deux, comme des lignes avec des repères dans l'ordre des nombres. De plus le repère 0 du thermomètre est au centre ce qui permet d'insister sur le fait qu'il n'est pas toujours le point origine. 
N : Dans le problème, pour dire pourquoi c'est la diminution, c'est le petit chiffre qui va là-bas (elle montre la gauche du schéma-ligne), nous on part du grand chiffre. Et bien je me rappelle du thermomètre. Le thermomètre, plus ça descend, plus c'est froid (N fait un mouvement de bras vers la gauche, plus ça monte et plus c'est chaud (N fait un mouvement de bras vers la droite)). Donc je me repère ainsi, en me disant qu'il faut que je mette le nombre le plus froid en premier et le nombre le plus chaud en haut (N montre le côté gauche puis le côté droit du schéma-ligne) pour dire que c'est bien la différence entre le 20 qui est plus chaud que le 15 qui est plus froid. 	N imagine un thermomètre qui serait en position horizontale.
P : Oui mais quand on n'est pas, quand on ne le sait pas encore et qu'on est obligé de suivre l'ordre de l'histoire, est-ce que ça marche ? Quand on ne sait pas encore si on va aller à droite ou à gauche ? On fait un trait et comme avait fait S., on décide d'un endroit pour la donnée. Là la première donnée c'est... N: 20 P : C'est 20° d'hier et bien je place 20. Et après, j'écoute ce qu'on me dit. La température, elle diminue donc on va aller vers la gauche du schéma-ligne. Et de quelle quantité ? Et bien l'écart, il est de 5. Mais il pourrait être 5 d'augmentation aussi comme on l'a vu tout à l'heure. Tout dépend où on va mettre cette quantité donc en fait, là on s'en fiche du plus et du moins, c'est une quantité 5°, mais vers la gauche du nombre parce qu'on descend, on diminue, pas pour une question de hier comme dans l'autre, pas pour une question de temps.	Ceci fait référence à la partie du jeu du <i>Qui suis-je ?</i> à laquelle le chercheur S. avait participé, moment crucial où il nous a permis de prendre conscience des difficultés que nous rencontrions dans l'usage du schéma-ligne. On pourrait décrire les étapes comme ceci : <i>Hier, il faisait 20 degrés.</i>  <i>La température a diminué de 5 degrés entre hier et aujourd'hui. Aujourd'hui il fait 15°.</i>

Tableau 4. Transcription et annotations extrait 4 (durée : 1 minute et 25 secondes)

3^e niveau de description

Une autre élève participe à l'enquête collective en concrétisant par une analogie de fonctionnement entre le schéma-ligne nouveau et l'instrument de mesure. Une procédure d'action qui s'appuie sur le fait relevé par N est mise en place par la professeure. Celle-ci peut agir car elle en a eu les moyens épistémiques.

Une quatrième condition dans un mouvement de la dialectique contrat-milieu est mise au jour : dégager des règles d'action communes, à partir des propositions d'élèves.

Mais l'enquête n'est pas terminée. Quelles actions mettre en place pour modéliser la situation représentée ? Autrement dit modéliser cette situation du champ additif en parties-tout (par la boîte et les écritures mathématiques qui en découlent). Quelles modalités mettre en place pour que ces représentations diverses puissent s'organiser en système dans cette situation-là ?

III - SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Il n'est pas toujours facile de dire ce que l'on veut dire (Cavell, 2009) : apprendre à parler les représentations, entre elles et dans la situation, est un *travail du problème* qui se joue dans une dialectique contrat-milieu. L'intelligence d'une situation au sein d'un collectif (Quilio, 2022 ; Sensevy, 2021) se manifeste dans l'enquête réciproque que mènent professeure et élèves, et élèves entre eux. Chacun prend en compte ce qui fait signe pour l'autre afin de s'entendre sur la signification de chaque signe et produire des règles d'action pour l'usage d'une forme-représentation relative à une situation spécifique. Dans un Lieu d'éducation associé à la recherche tel que le « LéA-Ifé ACE Réseau écoles Armorique-Méditerranée », un professeur-chercheur se rend capable, grâce au travail d'identifier les difficultés de mise en œuvre de l'ingénierie. Les analyses qui en sont menées collectivement permettent la modification de l'ingénierie pour l'année d'expérimentation suivante.

IV - BIBLIOGRAPHIE

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

Cavell, S. (éd.) (2009). *Dire et vouloir dire : livre d'essais*. Paris : Cerf.

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

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

Descombes, V. (1998). La confusion des langues. *Enquête*, 6, 35-54.

Dewey, J. (1993). *Logique : la théorie de l'enquête* (2^e éd). Presses Universitaires de France.

Quilio, S. (2022). *La coopération professeurs-chercheurs pour l'accroissement des puissances d'agir. Représenter la pratique pour la comprendre et pour l'améliorer*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger les recherches. Brest : Université de Bretagne Occidentale.

Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir : éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. De Boeck.

Sensevy, G. (juin, 2021). Quelques idées pour le devenir épistémologique et politique de la TACD. Institutions, textualisation, coopération, analogie paradigmatique, preuves. *Pour une reconstruction de la forme scolaire d'éducation*, communication au 2^e congrès de la TACD, Nancy.

Sensevy, G et Mercier, A. (2007). *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Presses Universitaires de Rennes.

Tricot, A. et Sweller, J. (2016). La cécité aux connaissances spécifiques. *Éducation et didactique*, 10 (1), 9-26.

Vergnaud, G. (1981). *L'enfant, la mathématique et la réalité*. Berne : Peter Lang.

Wittgenstein, L. (2004). *Recherches philosophiques*. Paris : Gallimard.

