

PENSER L'ACCOMPAGNEMENT DU DEVELOPPEMENT PROFESSIONNEL DES ENSEIGNANTS
DE MATHÉMATIQUES A PARTIR DE LA RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES :
LE CAS DES DISPOSITIFS COLLABORATIFS ENTRE CHERCHEUR·E·S ET ENSEIGNANT·E·S

Aurélié CHESNAIS

Résumé.

La conférence vise à montrer la manière dont certaines recherches menées en didactique des mathématiques peuvent outiller la conception de contenus et dispositifs de formation, et à livrer une réflexion sur le rôle, dans certains de ces dispositifs, des formateurs pour l'accompagnement du développement professionnel des enseignants de mathématiques, en formation initiale et continue. Je m'appuierai en particulier sur des études, dont je donnerai quelques éléments détaillés, sur des dispositifs collaboratifs entre chercheur·e·s et enseignant·e·s conçus et réalisés en appui sur des principes issus de la recherche en didactique des mathématiques.

Cette conférence visait à apporter des éléments sur la manière dont la recherche en didactique des mathématiques peut nourrir une réflexion et fournir des pistes pour un certain nombre de questions de formateurs·trices / de formation. En voici un certain nombre, « en vrac », et sans viser l'exhaustivité :

- Comment faire pour que la formation professionnelle soit « utile » (à la fois aux apprentissages des élèves et au bien-être des enseignants) ? Pour faire se questionner les professionnels, faire « bouger », faire comprendre, faire essayer... ?
- Il y a pour les formateur·trice·s à la fois des questionnements très locaux, sur les déroulements : Que dire ? À quel moment ? À partir de quel support ? Quelles questions poser ? Quels conseils donner ? Sur quoi attirer l'attention ? Et des questionnements globaux, qui conditionnent les précédents, sur les scénarios et dispositifs : compte tenu des contraintes, quels choix faire pour engager au mieux les participants ?
- Comment faire pour que la formation aide à dépasser la reproduction des pratiques existantes, si besoin est ?
- Comment répondre aux besoins immédiats (en particulier en formation initiale), tout en visant plus loin ?
- Comment s'adapter à la diversité des publics ? Comment préparer le travail d'équipe ?
- Comment s'appuyer sur sa propre pratique (d'enseignant·e, de chercheur·e, de formateur·trice), voire sur ses connaissances, pour que cela serve la formation ?
- Comment arriver à faire s'articuler les interventions de différents intervenants, notamment en formation initiale, avec les enseignants-chercheurs (didacticiens ou mathématiciens), les Professeurs Formateurs Associés, et autres ; mais aussi en formation continue ; et les différents types d'interventions (en collectif, en visites...) ?
- Que faire en formation des « ressources » produites par la recherche pour

l'enseignement ?

- Quel fonctionnement des collectifs d'enseignant·e·s (comme les équipes pédagogiques en établissement ou les laboratoires de mathématiques ou autres) pour favoriser/soutenir le développement professionnel de chacun ?

Cette conférence s'inscrit ainsi dans la continuité de la table ronde proposée au colloque de la CORFEM en 2021, dans laquelle plusieurs collègues du bureau de la CORFEM avaient présenté des exemples d'actions de formation, plutôt en formation initiale, en mettant l'accent sur la manière dont la recherche nourrissait les choix de formateurs (Chesnais, Coulange, Gandit et Train, 2021). J'ai choisi pour cette conférence de prendre un autre angle pour aborder cette problématique, en m'intéressant à des dispositifs collaboratifs entre des chercheur·e·s en didactique des mathématiques (DDM par la suite) et des enseignant·e·s, visant plutôt le développement professionnel d'enseignants déjà expérimentés.

La première partie de ce texte propose un bref historique établissant des liens entre l'ingénierie didactique telle qu'elle a émergé en même temps que la didactique des mathématiques s'est développée comme discipline de recherche, et les dispositifs actuels existants organisés autour d'une collaboration entre chercheur·e·s et enseignant·e·s. Je montrerai que l'avènement de tels dispositifs coïncide avec le fait de repenser le rôle de la recherche en didactique des mathématiques pour contribuer à l'amélioration du fonctionnement du système scolaire et la formation des enseignant·e·s. J'évoquerai ensuite quelques exemples de ces dispositifs tels qu'ils sont décrits actuellement et leurs liens avec la recherche en didactique des mathématiques. Je m'appuierai enfin sur la description plus précise de trois dispositifs très proches, pour exemplifier un certain nombre de « principes » issus de la recherche et qui pourraient permettre d'enrichir la réflexion sur l'accompagnement du développement professionnel enseignant·e·s. La conclusion permettra de revenir aux questions posées en introduction.

Petit historique : des ingénieries didactiques aux dispositifs collaboratifs chercheurs-enseignants

L'origine de la DDM des maths comme discipline de recherche est très liée au développement de l'ingénierie didactique (ID par la suite) : des chercheur·e·s construisaient des situations qui étaient mises en œuvre dans des classes par des enseignant·e·s, dans un cadre « contrôlé »¹ pour identifier des phénomènes didactiques, en particulier au COREM², sous la houlette de Guy Brousseau.

¹ On trouve, sur la page de présentation de « rationnels et décimaux dans la scolarité obligatoire », (Brousseau et Brousseau, 1987), sur le site de Guy Brousseau, la mention suivante : « Avertissement : La couverture porte l'annonce : « Document pour les enseignants et pour les formateurs ». En réalité ce document n'était pas utilisable sans l'aide de formateurs avertis et les auteurs ont très vite déconseillé aux enseignants d'entreprendre de réaliser seuls ces leçons. « Nous ne considérons pas ce processus comme un modèle destiné à toutes les classes ». Il s'agissait d'un dispositif destiné à provoquer des apprentissages et des phénomènes didactiques qui étaient des objets de recherches. Les mesures extrêmement sévères prises pour protéger les enfants d'abord, et pour surveiller le dispositif de recherches n'ont jamais été reproduites dans un système d'observation comparable. Elles étaient indispensables. » <https://guy-brousseau.com/1883/rationnels-et-decimaux-dans-la-scolarite-obligatoire-1987-2/>, consulté le 28 Juin 2022

² COREM : Centre pour l'Observation et la Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques mis en place à l'école Jules Michelet à Talence, près de Bordeaux. Dirigé par Guy Brousseau de 1973 à 1998. Les archives vidéos du COREM sont disponibles sur <http://visa.ens-lyon.fr/visa> ; les archives « papier » sont

La plus emblématique de ces ingénieries est certainement celle portant sur les « rationnels et décimaux », menée dans les années 70 et présentée dans Brousseau et Brousseau (1987). La séquence produite contient 65 situations dont la célèbre situation du puzzle. L'ingénierie didactique est alors conçue comme méthodologie de recherche dont les produits (les séquences pour la classe) ne sont pas *a priori* élaborés pour être diffusés : il est notamment précisé « Nous ne considérons pas ce processus comme un modèle destiné à toutes les classes ». Elle vise à étudier les phénomènes didactiques liés à la production d'apprentissages mathématiques. La mise en œuvre dans des classes de ces ingénieries a servi de terreau à l'élaboration de la Théorie des Situations Didactiques, avec l'émergence d'un certain nombre de concepts (contrat didactique, institutionnalisation *etc.*).

Comme le rappellent Artigue et Perrin-Glorian (1991), l'ingénierie didactique porte en elle dès le départ une forme de « dualité » induisant par la suite une « polysémie du terme », référant à la fois à une méthodologie de recherche et aux productions pour l'enseignement élaborées dans le cadre de la mise en œuvre de cette méthodologie. Elle pose ainsi deux « questions cruciales » (Artigue, 1988) : « celle des rapports entre la recherche et l'action sur le système d'enseignement » et « le rôle qu'il convient de faire jouer aux « réalisations didactiques » en classe, au sein des méthodologies de la recherche didactique ». (p. 2).

Ainsi, dans les années 80, suite aux résultats encourageants en termes d'apprentissages des élèves obtenus notamment au COREM, plusieurs chercheur·e·s se sont emparés de la question de la diffusion des produits des ingénieries didactiques vers le système d'enseignement, et de la mise en œuvre d'ingénieries didactiques en milieu ordinaire. Toutefois, ces travaux ont débouché sur une certaine désillusion : « La mise en œuvre des ID a rapidement montré, malgré des résultats positifs, des décalages entre le fonctionnement attendu et le déroulement réel des séquences » (Perrin-Glorian, 1993, p. 7). Ces « décalages » observés, qualifiés aussi de « distorsions » (*ibid.*), sont d'abord vus comme des éléments à éliminer, puis sont pris comme objets d'étude (*ibid.*), considérés comme inhérents au fonctionnement de certains systèmes didactiques (comme par exemple les classes qui concentrent des élèves en difficultés, pour ce qui concerne les travaux de Marie-Jeanne Perrin-Glorian). Ainsi, certains d'entre eux sont interprétés comme étant liés aux difficultés que rencontraient les élèves, mais d'autres comme étant liés à l'enseignant : « [...] certains de ces décalages sont le fait des décisions de l'enseignant comme réponses à la situation réelle de la classe. » (Grenier, 1988, p. 7). Ces constats amènent les chercheur·e·s à revenir sur les conditions nécessaires pour que les situations élaborées « fonctionnent », conditions qui étaient de fait remplies dans certaines classes, mais pas en général dans les classes ordinaires.

Cela constitue en outre l'une des raisons³ qui va amener la recherche en didactique des mathématiques à s'intéresser davantage au rôle de l'enseignant·e. Une autre raison est la création des Instituts Universitaires de Formation des Maîtres (IUFM) : de nombreux didacticiens étant engagés dans ce processus, la question du rôle de la recherche en DDM dans la formation des enseignant·e·s va s'en trouver renouvelée.

disponibles au Centro de Recursos de Didáctica de las Matemáticas Guy Brousseau <http://www.imac.uji.es/CRDM/>.

³ Pour une description plus complète des conditions d'émergence de ce thème dans les recherches en DDM, on pourra consulter Margolinas et Perrin-Glorian (1997), Perrin-Glorian (2011), Butlen et Robert (2013), ou encore plus récemment Artigue et *al.* (2018)

Ces conditions vont constituer le terreau de nouvelles recherches avec notamment des recherches sur les représentations des enseignant·e·s (Robert et Robinet, 1989), mais aussi plus largement des recherches cherchant à mieux comprendre le fonctionnement des pratiques enseignantes ordinaires. Ces travaux ont mené soit à l'enrichissement des cadres théoriques existants (Théorie des Situations Didactiques et Théorie Anthropologique du Didactique) pour y intégrer le rôle de l'enseignant encore peu problématisé, soit à développer de nouvelles approches, comme la double approche didactique et ergonomique des pratiques (Robert et Rogalski, 2002). Par ailleurs, les recherches sur l'ingénierie didactique vont se poursuivre avec des questionnements autour de la reproductibilité des situations et la diffusion de « ressources » (Artigue, 2009). C'est ainsi la question de la « robustesse » des situations qui est posée, par différents chercheur·e·s, c'est-à-dire la question de la résistance des situations aux conditions de mise en œuvre. Cela a également débouché sur une évolution des méthodologies de recherche, pour tenir compte de la question du rôle de l'enseignant·e et de la viabilité des productions de la recherche dans les classes ordinaires, renouvelant ainsi les deux « questions cruciales » identifiées par Artigue à propos de l'ingénierie didactique, à savoir celle des rapports entre la recherche et le système d'enseignement d'une part, celle du rôle des réalisations didactiques en classes au sein des méthodologies de recherche en DDM.

J'essaierai de montrer dans la suite du texte comment l'avènement de certaines de ces méthodologies, le fait qu'elles ont intégré la question de la formation et donné une place plus importante aux interactions entre chercheur·e·s et enseignant·e·s, constitue un renouvellement de la réflexion sur le rôle que peut jouer la recherche en didactique des mathématiques et contribuer à l'amélioration du système d'enseignement via la formation.

Des dispositifs collaboratifs entre chercheur·e·s et enseignant·e·s pour repenser le rôle de la recherche en DDM dans la formation

Une remarque préliminaire : j'entends ici « collaboratif » dans un sens « faible », sans rentrer dans la question d'une définition précise mais uniquement avec l'idée d'enseignant·e·s et de chercheur·e·s qui travaillent ensemble ; par ailleurs, j'ai choisi de présenter des dispositifs ayant une dimension recherche et/ou une dimension formation, mais qui entretiennent tous des liens, que je vais préciser, avec la recherche en didactique des mathématiques. Un autre critère de choix des dispositifs décrits est d'être suffisamment formalisés, au moins pour renvoyer à une dénomination spécifique.

Ces dispositifs incluent tous, même si de façon diverse et sauf exception, j'y reviendrai, une double visée pour le collectif, à l'image de l'ID. Ils visent à la fois la production de « réalisations didactiques » (Artigue, 1988) – qu'il s'agisse d'un objectif en soi ou d'un moyen –, l'étude de questions de recherche sur les apprentissages des élèves et/ou les pratiques enseignantes – voire leur développement –, enfin l'étude de questions de formation. La visée d'action sur le système d'enseignement et/ou de formation peut être interne au dispositif ou au contraire externe. Par exemple, certains collectifs incluent des professionnels considérés comme des experts et le dispositif vise à produire des ressources pour l'enseignement dont la diffusion doit améliorer les pratiques d'autres professionnels : le dispositif est alors un moyen de « tester » quelque chose (une ou des « ressource(s) ») avec une visée transformative qui s'opérationnalise dans la diffusion de ces ressources à une beaucoup plus grande échelle (à la fois spatiale et temporelle). La visée de développement professionnel concerne alors plutôt des

professionnels extérieurs au dispositif, même si le fait de participer au dispositif peut également amener du développement professionnel pour ses participants (chercheur·e·s et/ou praticien·ne·s). Pour d'autres dispositif, c'est essentiellement le développement professionnel des praticien·ne·s participant au dispositif qui est visé, en interne. La question d'un impact sur le développement professionnel de praticiens en dehors du dispositif, par la diffusion des résultats obtenus (sous une forme ou une autre) est seconde.

Un « premier groupe » de dispositifs

Je propose de distinguer un premier groupe de dispositifs, qui se sont développés dans le contexte français, et affichent d'emblée une double dimension recherche et formation. Ils s'inscrivent chacun dans des arrière-plans théoriques de la recherche en DDM bien identifiés : les Ingénieries Coopératives développées par Gérard Sensevy et ses collègues (Sensevy et al., 2013), les Ingénieries Didactiques de Développement développées par Marie-Jeanne Perrin et ses collaborateurs·trices (Perrin-Glorian, 2009), les Lesson Studies Adaptées proposées par Masselin et Artigue (Masselin, Hartmann et Artigue, 2023), enfin les recherches sur les Parcours d'Etude et de Recherche développées par Chevallard, Matheron et leurs collaborateurs·trices qui ont impliqué des dispositifs collaboratifs entre chercheur·e·s et enseignant·e·s (par exemple dans le cadre du projet AMPERES, Equipe AMPERES, 2007)⁴. J'ai regroupé ces dispositifs dans un premier groupe car ils s'inscrivent dans la lignée des travaux précédemment cités concernant la diffusion des produits de l'ingénierie didactique en ce qu'ils visent tous de façon première la production et la diffusion de « ressources » pour l'enseignement étayées par la recherche, avec l'hypothèse que la diffusion dans l'enseignement ordinaire peut contribuer à l'améliorer.

Ainsi Marie-Jeanne Perrin-Glorian décrit-elle les visées communes de l'IDD et de l'IC, mais celles-ci me semblent également bien s'appliquer aux autres dispositifs de ce groupe, quel que soit leur ancrage théorique dans la recherche en DDM (TSD, TAD, TACD) :

« [Le dispositif vise à] produire des ressources pour les professeurs, acceptables dans l'enseignement ordinaire et susceptibles d'améliorer l'apprentissage des élèves. [...] La production de situations d'enseignement n'est donc pas seulement une méthodologie mais fait partie des objectifs de la recherche au même titre que leur adaptation aux conditions ordinaires d'enseignement et aux besoins des enseignants, ainsi que l'étude de la diffusion de ces situations dans l'enseignement ordinaire via la production de ressources et des besoins de formation et d'accompagnement des enseignants qu'elles nécessitent pour que ceux-ci puissent les utiliser efficacement et améliorer l'apprentissage de leurs élèves. » (2019, p.4)

La collaboration avec des enseignant·e·s (plus ou moins identifié·e·s a priori comme ayant une certaine expertise) sert donc à rendre les situations produites plus « robustes » que si elles avaient été produites par les chercheur·e·s seul·e·s. Il s'agit de viser que leurs effets sur les apprentissages des élèves soient moins dépendants des conditions de mise en œuvre (côté élèves et enseignants), ou encore, qu'elles soient mieux adaptées aux contraintes de l'enseignement ordinaire. L'un des principes sous-jacents, qui pilote la visée transformative, est qu'un bon moyen d'action de la recherche sur le système est la production et la diffusion de « bonnes situations » (au regard de critères issus de la recherche en DDM).

⁴ Je dirai « les PER » dans la suite de ce texte par commodité, mais en ne me référant qu'aux recherches sur les PER qui ont impliqué des dispositifs collaboratifs entre chercheur·e·s et enseignant·e·s.

Les recherches collaboratives

Les « Recherches Collaboratives » ont été développées dans le contexte québécois par Desgagné, Bednarz et leurs collègues (Desgagné et al., 2001, Bednarz, 2009). Les dispositifs présentés par Desgagné et ses collègues ambitionnent de faire de la « recherche « avec » plutôt que « sur » les enseignant·e·s, ces derniers étant considérés comme « « partenaire[s] averti[s] » qui contribue[nt], avec le chercheur, dans une réflexivité conjointe, au développement de la pratique ».

L'objectif de recherche, auquel contribuent les deux types d'acteurs à partir de leurs positions différenciées, est la co-construction d'un certain savoir à propos de la pratique : « co-construction dans une perspective de médiation entre deux cultures de savoirs à rapprocher, soit la culture des « savoirs d'action » et la culture des « savoirs savants ».

« La recherche collaborative s'inscrit, en ce sens, dans le mouvement de substitution de l'image mécaniste de « l'enseignant efficace », conçu comme le « docile exécutant » des prescriptions du chercheur, vers celle, plus constructiviste, du « praticien réflexif » conçu comme le « partenaire averti » qui contribue, avec le chercheur, dans une réflexivité conjointe, au développement de la pratique. Dit autrement, on assiste, depuis le début des années quatre-vingt, à l'appui, entre autres, des travaux de Schön (1983, 1987) sur l'épistémologie du savoir professionnel, à une reconnaissance du « savoir d'expérience » de l'enseignant. » (Desgagné et al., 2001, p. 35).

Cet objectif s'articule avec une visée de développement professionnel pour les enseignants, mais qui apparaît comme une conséquence quelque peu secondaire :

« L'activité réflexive ainsi conçue [...] peut constituer une occasion de formation continue pour des enseignants à qui on propose d'effectuer un retour systématique sur leur pratique en vue de l'éclairer et de l'améliorer. » (Desgagné et al., 2001, p. 38).

Par ailleurs, contrairement à certains dispositifs cités précédemment, il n'y a pas dans ce dispositif de visée a priori de production d'une « ressource » pour l'enseignement qui aurait vocation à être diffusée à d'autres professionnels. Le développement professionnel auquel ce dispositif entend contribuer est celui des enseignant·e·s qui y participent – soit une visée que j'ai nommée plus haut « interne » (cf. supra).

Les « Lesson Studies »

J'évoque ici la version popularisée en France, inspirée de la pratique japonaise des « Jugyo Kenkyu », nommée « préparation collective de leçon » par Miyakawa et Winslow (2009) et diffusée dans la communauté francophone via les recherches anglo-saxonnes puis celles notamment de Clivaz, Miyakawa et Winslow, ou encore Batteau qui présentent des exemples et une réflexion sur l'importation de ce dispositif dans le contexte francophone (cf. Miyakawa et Winslow, 2009 ; Clivaz, 2015 ; Batteau et Clivaz, 2016).

A l'inverse du précédent, ce dispositif est initialement essentiellement pensé comme un dispositif de formation, pour un groupe d'enseignant·e·s, éventuellement accompagné par un « knowledgeable other » ou encore « expert externe » qui peut être un chercheur ou un enseignant à l'expertise reconnu, qui fera un retour sur le travail. Le groupe peut aussi être accompagné par un « facilitateur » qui pilote le travail du groupe. Le fonctionnement de ce type de dispositif est formalisé par des cycles (cf. figures 1 et 2) : le groupe choisit un thème sur lequel une leçon va être préparée collectivement sur la base des ressources des enseignant·e·s et d'une étude de documents existants, éventuellement issus de la recherche. La leçon est ensuite mise en œuvre par l'un (voire plusieurs) des membres du groupe, puis analysée.

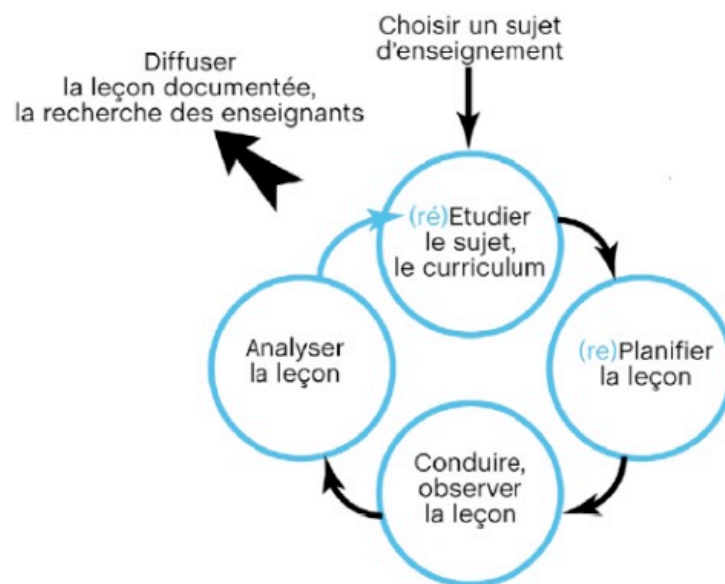


Figure 1. Le processus de LS, tirée de Batteau et Clivaz (2016) citant Lewis et Hurd (2011)

La visée de développement professionnel des enseignants du groupe – visée interne – en est l'essence. Le dispositif inclut également la production d'une « ressource » rendant compte de la leçon telle qu'elle a été élaborée, qui sera diffusée auprès d'autres enseignants, par exemple dans des revues professionnelles. Cette visée externe apparaît toutefois comme secondaire.

La figure 2, élaborée pour rendre compte plus en détail de mises en œuvre dans le contexte français, précise chacune des étapes. Elle fait également apparaître le rôle de l'« expert externe », qui soutient et enrichit le processus en apportant un support dans le processus, et un commentaire final.



Figure 2. Le processus de LS, tirée de Clivaz et Takahashi (2020)

Ce dispositif de formation est devenu un objet et une méthodologie de recherche, d'abord dans le monde anglo-saxon, puis dans le monde francophone de la recherche en didactique des mathématiques.

Autour de ce dispositif de formation s'articulent plusieurs projets de recherche en cours visant à étudier le développement professionnel des enseignants, du point de vue de leurs connaissances mathématiques pour l'enseignement (Clivaz, 2012, 2014), de l'évolution de leurs pratiques (Batteau, 2013), de leurs connaissances pédagogiques ainsi que de leurs postures (Clerc, 2013) au cours du dispositif. (Batteau et Clivaz, 2016, p. 30).

J'identifie trois différences principales avec le premier groupe de dispositifs (qui contenait les IDD, les Ingénieries coopératives, les LSA⁵ et les PER) : le dispositif n'est pas sous-tendu a priori par des principes issus de la recherche (ni recherche en DDM⁶, ni autre) ; la leçon est produite essentiellement par les enseignants, à partir de leurs ressources et éventuellement de ressources introduites par l'expert, mais pas nécessairement en appui sur une proposition de situation issue de la recherche (par exemple, dans Batteau et Clivaz (2016), le groupe part d'une proposition d'un manuel scolaire) ; une autre différence est que, de ce fait, la production qui vise à être diffusée ne prétend pas avoir des propriétés didactiques importantes au regard de la recherche en DDM.

Des dispositifs institutionnels à la charnière entre recherche et formation

L'institution scolaire et les universités, en France, ont par ailleurs développé des dispositifs associant des chercheur·e·s et des enseignant·e·s pour réfléchir à des problématiques liées à l'apprentissage et l'enseignement.

Ainsi, les Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques (IREM) ont été créés dans les universités dans les années 70 en France (Roditi et Trgalova, 2016). Ils fonctionnent avec des groupes de travail qui associent des enseignant·e·s (le plus souvent des enseignant·e·s de mathématiques du secondaire). Ces groupes fonctionnent de façons diverses et entretiennent des liens avec la recherche en didactique des mathématiques, divers également, notamment selon que des chercheur·e·s en mathématiques et/ou en didactique des mathématiques y participent. Certains peuvent fonctionner en appui sur des dispositifs de recherche de types cités précédemment. Le travail sur les PER, par exemple, a pris appui sur des groupes de l'IREM de Marseille ; le travail sur les LSA a pris appui sur l'IREM de Rouen.

L'Institut Français de l'Éducation – ENS de Lyon a par ailleurs créé depuis plusieurs années le dispositif de Lieux d'Éducation Associés (LéA) qui

visent à articuler une production de savoirs, de ressources et de développement professionnel au bénéfice de la communauté éducative et de la communauté scientifique. [Ils] reposent sur l'hypothèse que la réflexivité et la collaboration entre les acteurs peuvent contribuer à la fois au développement de la recherche et du lieu d'éducation. (<https://ife.ens-lyon.fr/lea>).

Là encore, certains LéA peuvent fonctionner en appui sur des dispositifs de recherche de types cités précédemment. Par exemple, les travaux sur les ingénieries coopératives ont pris appui sur des LéA, notamment le LéA réseau ACE écoles Bretagne Provence (<http://ife.ens-lyon.fr/lea/le-reseau/anciens-lea/reseau-ace-ecoles-bretagne-provence>).

⁵ Les LSA sont ainsi dans un autre groupe que les LS car elles s'en sont fortement distinguées si l'on considère les critères que j'ai retenus (visées, formes de travail, rôle des chercheur·e·s).

⁶ Notons toutefois que Clivaz (2015) propose de penser un dispositif de LS en appui sur la TSD.

Les différents « dispositifs collaboratifs » cités dans les deux premiers paragraphes articulent tous (à condition de considérer des LS insérées dans des dispositifs de recherche), de différentes manières et en différentes proportions, des visées de recherche et de formation. Ils sont toutefois différents à divers égards : dans la forme des visées compréhensives et transformatives et leur articulation, dans le rôle qu'y joue la recherche ou le(s) chercheur·e(s) en DDM et, réciproquement, les enseignant·e·s, enfin dans la place et le rôle des « ressources », qu'il s'agisse de ressources en lien avec la recherche ou non. Par ailleurs, certains d'entre eux prennent appui sur des dispositifs institutionnels comme les IREM et les LéA.

Je propose dans la suite du texte de présenter un autre type de dispositif collaboratif, qui n'est pas encore aussi formalisé que les précédents, mais qui pourrait présenter une nouvelle forme de collaboration entre enseignant·e·s et chercheur·e·s, en articulant d'une certaine façon certaines idées issues des recherches collaboratives et des LS, comme je vais le montrer, notamment par la place faite aux pratiques ordinaires des enseignants.

Un autre type de dispositifs collaboratifs de recherche et formation

Cette partie s'articule autour de la présentation d'exemples de dispositifs dont on peut considérer qu'ils partagent un certain nombre de principes de fonctionnement. Je détaille tout d'abord un dispositif auquel j'ai participé personnellement, puis j'en évoquerai ensuite deux autres.

Un premier dispositif de recherche et formation concernant la mesure et la géométrie

Le point de départ de l'élaboration du dispositif est un constat de chercheuses : le rôle de la *mesure* dans les difficultés liées à l'entrée dans la géométrie théorique au collège n'est que peu identifié et peu travaillé dans les recherches et les propositions de formation sur le sujet (Chesnais et Munier, 2016). Les difficultés rencontrées sont souvent renvoyées à une problématique liée au numérique. Toutefois, une approche interdidactique mathématiques-physique nous a amenées à faire l'hypothèse qu'un travail sur la mesure pourrait constituer un complément ou un nouveau levier potentiel pour l'enseignement et /ou pour la formation des enseignant·e·s sur cette problématique d'enseignement de la géométrie (*ibid.*).

Le mot « mesure » et sa polysémie

Le constat de départ est que le mot « mesure » renvoie à deux aspects différents, deux « facettes » d'un même concept, l'une renvoyant à un aspect empirique et l'autre à un aspect plus « abstrait ». Par exemple, si l'on considère les deux exercices suivants, représentatifs d'énoncés que l'on peut trouver classiquement dans des classes de sixième, on peut constater que le mot mesure renvoie dans le premier cas (figure 3) à un nombre que l'on doit lire sur un instrument, tandis que, dans le deuxième cas (figure 4), il renvoie à un nombre que l'on doit calculer et que l'on va interdire précisément aux élèves de lire sur le rapporteur.

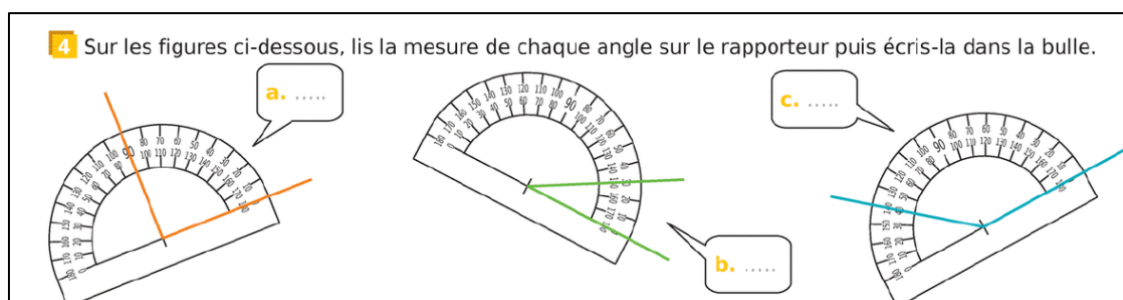


Figure 3. La mesure est un nombre que l'on doit lire sur le rapporteur

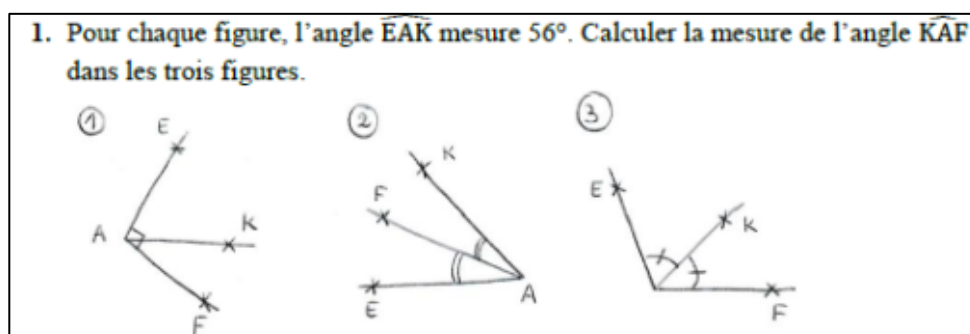


Figure 4. La mesure est un nombre que l'on doit calculer et non pas lire sur un rapporteur

Lorsque des exercices comme ceux de la figure 4 sont traités dans les classes, on peut observer un certain type de discours, dont Houdement (2007) cite par exemple une occurrence dans un manuel : « [...] des mesures sur un dessin ne suffisent pas pour prouver qu'un énoncé de géométrie est vrai ». On pourrait le reformuler, à propos du deuxième exercice ci-dessus en disant que « des mesures sur le dessin ne suffisent pas pour trouver la mesure de l'angle », car le mot « mesure » renvoie dans ses deux occurrences en réalité à des objets différents : dans le premier cas, ce que l'on obtient à l'aide d'un instrument, qui est par nature décimal et associé à un certain degré de précision ; dans le deuxième cas, il s'agit d'une valeur donnée ou établie à partir de données et de calculs qui ont valeur de démonstration ; elle est par nature réelle et considérée comme valeur exacte. Les valeurs que l'on obtient avec des instruments sont associées au dessin, alors que celles qui sont calculées à partir de données correspondent à la figure, pour reprendre la distinction faite par Laborde et Capponi (1994).

Nous avons alors proposé de qualifier différemment ces deux types de mesures lorsqu'on travaille sur ces phénomènes en didactique, en appelant « mesure empirique » la première et « mesure théorique » la deuxième. Par exemple, on dira que 1,4 est une mesure empirique de la longueur de la diagonale du carré de côté 1, que l'on peut obtenir avec la règle graduée, et $\sqrt{2}$ en est la mesure théorique. Notons que, dans la géométrie experte, seule la mesure théorique est un objet, et le rapport entre les deux est pris en charge par l'idée que 1,4 est une valeur approchée au dixième de $\sqrt{2}$; par ailleurs, même lorsque l'on veut raisonner sur des figures, en géométrie théorique, la réalisation de dessins et le mesurage peuvent fournir des conjectures, tandis que le raisonnement théorique modélise et permet de contrôler l'empirique.

Cette distinction est apparue comme un outil pertinent pour les chercheurs en DDM pour renouveler le regard sur la problématique d'enseignement de la géométrie et notamment des difficultés rencontrées par de nombreux élèves (Chesnais et Munier, 2016). Par exemple lorsqu'on demande, à des élèves de sixième, la longueur d'un quart d'une bande de 9,3 cm, $\frac{1}{3}$ d'entre eux proposent 2,325 cm (Chesnais, 2021a). En moyenne, 44% des élèves ne considèrent pas autre chose que le mesurage à la règle. Pour certains, le calcul est même la procédure qui permet de trouver, en l'arrondissant, la valeur 2,3. D'une certaine manière, pour ces élèves, c'est 2,325 qui est une valeur « approximative » de la « vraie valeur » qui ne peut être que celle que l'on trouve en utilisant la règle, le calcul ne fournissant qu'une manière plus économique (d'un certain point de vue du moins) de trouver cette valeur. Ainsi cet élève qui écrit : « J'ai fait $9,3 : 4 = 2,325$. Je l'ai arrondi au dixième car sur une règle graduée il n'y a que les centimètres et les millimètres. » Nous dirions alors que pour cet élève, la mesure renvoie à la mesure empirique. L'idée d'une mesure de longueur théorique, non accessible par le mesurage, ne semble pas être encore disponible.

De la même manière, on peut réinterpréter la réponse d'élèves de 4^{ème} ayant obtenu $\sqrt{50}$ pour une longueur en utilisant le théorème de Pythagore dans Jacquier (1995) et qui en concluent qu'« Il faut écrire $BD = 7,07$ car $\sqrt{50}$, pour une longueur, ça ne veut rien dire ». Si cette réponse a pu être interprétée comme résultant du fait que les élèves ne considèrent pas $\sqrt{50}$ comme un nombre et ne peuvent donc l'accepter comme une mesure, nous avons proposé, dans Chesnais et Munier (2016), d'inverser le raisonnement : si la mesure correspond pour les élèves à la mesure empirique, alors $\sqrt{50}$ ne peut être accepté comme mesure et doit être ramené à une valeur décimale (avec peu de décimales) ; on peut même suggérer que c'est alors parce que $\sqrt{50}$ n'est pas considéré comme une mesure qu'il ne peut être accepté comme étant un nombre, en suivant Lebesgue et l'idée que la mesure « fournit le nombre » (1975, p. 2).

Ces difficultés d'élèves se retrouvent y compris au lycée, par exemple lorsqu'il s'agit de travailler dans le cadre repéré : dans une des situations proposées dans Cerclé et al. (2021), des élèves qui doivent considérer la valeur $10/3$ dans le repère disent ne pas pouvoir le placer sur la droite graduée « précisément », ou encore que « racine de 10 c'est trop flou, enfin trop précis du coup on peut pas, [...] on peut pas le placer. ». Cela traduit selon nous à nouveau la difficulté de la gestion du rapport entre une valeur théorique et une valeur empirique d'une mesure, en lien avec la distinction entre le dessin et la figure.

Une exploration de manuels de mathématiques et de physique, des programmes scolaires de différents pays et de nombreuses séances de classes, ainsi que des travaux de recherche en didactique des mathématiques nous ont par ailleurs amenées à qualifier la distinction et l'articulation entre les deux aspects de la mesure de savoir « transparent » (au sens de Margolinas et Laparra (2011), repris dans Chesnais (2018), en mettant au jour le fait que cette distinction entre les deux aspects et leur articulation sont non explicites dans les programmes scolaires, dans de nombreuses classes, dans les pratiques et même largement dans les recherches en didactique des mathématiques. La distinction et l'articulation ne sont en effet souvent pas réellement prises en charge. Notamment, on observe souvent, dans les manuels comme dans les classes, soit un amalgame entre les deux (notamment en faisant conjecturer ou appliquer des théorèmes uniquement dans des cas où « cela tombe juste », c'est-à-dire où valeurs théoriques et empiriques sont égales⁷) ; soit qu'on les oppose, en disant que la valeur empirique n'est pas précise. Dans ce dernier cas, on propose par exemple des situations où on pourrait valider certaines

⁷ Par exemple en travaillant le théorème de Pythagore à partir du triangle 3, 4, 5

propriétés sur le dessin, via des instruments, mais ces propriétés sont considérées comme « fausses » car non vérifiées par les valeurs théoriques ; on observe parfois même des choix encore plus discutables (Chesnais et Munier, 2016).

Ces résultats ont fait émerger de nouvelles questions : est-ce que la distinction explicite entre les différents aspects de la mesure peut être un outil pour les enseignant·e·s et/ou pour les élèves pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie ? À quelles conditions et sous quelle forme ?

Notre hypothèse est que cette distinction, si elle était prise en charge plus explicitement, pourrait contribuer au développement professionnel des enseignant·e·s sur le plan didactique et à l'amélioration du système. Toutefois, cela suppose de penser une forme de « transposition »⁸ de ces résultats de recherche pour en faire un outil pour les enseignants. Il s'agit ici encore de reposer la question des « rapports entre la recherche et l'action sur le système d'enseignement » posée initialement par la recherche en DDM à propos des travaux sur les ingénieries didactiques (Artigue, 1982).

L'émergence du dispositif

Nous avons ainsi élaboré un dispositif de recherche et formation associant une enseignante chercheure (moi-même) et un groupe de 4 enseignantes (Delphine, Cécile, Justine et Carole). Les quatre enseignantes qui se sont portées volontaires constituaient déjà un groupe habitué à travailler ensemble, pour deux d'entre elles (Delphine et Cécile) depuis plus d'une dizaine d'années ; les deux autres ont moins de 3 années d'expérience. Elles exercent dans 4 établissements différents (mais ont exercé pour trois d'entre elles au départ dans un même établissement) mais se réunissent hebdomadairement pour préparer leurs enseignements en commun. Elles élaborent ensemble tous leurs supports (feuilles d'exercices et supports de cours).

Le projet leur a été présenté lors d'une première réunion et introduit ainsi :

Il y a un thème sur lequel on travaille beaucoup depuis quelques années qui est la mesure, notamment avec Valérie Munier, qui est didacticienne de la physique. [...] On est arrivé à un point où on se dit : « Maintenant, il faudrait aller voir ce qu'on peut faire dans les classes sur ces questions-là ». Donc, on cherche des profs [...] pour élaborer des choses ensemble, pour arriver à prendre en charge un certain nombre de difficultés sur lesquelles on a mis le doigt. On est comme vous, on n'a pas les réponses non plus, on cherche. On se dit que ce qu'on peut apporter par rapport aux enseignants, c'est qu'on n'est pas le nez dedans donc, on peut prendre du recul, analyser les choses, pointer des trucs. Après, il faut qu'on retravaille avec les enseignants pour élaborer ensemble des solutions.

Puis j'ai présenté, lors de cette première réunion, l'idée de distinction entre mesure empirique et mesure théorique.

Le fonctionnement du dispositif a ensuite donné lieu à une première discussion, visant à instaurer un début de « contrat ». Il a été clarifié qu'il ne s'agissait pas que la chercheure propose des situations d'enseignement ou encore des progressions que les enseignantes n'auraient qu'à « appliquer ». Le contrat était celui d'une co-construction de tentatives pour mieux prendre en charge la distinction et mettre à l'épreuve son potentiel à améliorer les apprentissages des élèves :

Delphine Il faut que tu regardes nos progressions, pour dire ce qui est possible, ce qui serait cohérent.

⁸ Je choisis ce terme, en suivant Robert (2008), plutôt que « diffusion » car se pose la question de l'opérationnalisation de ces résultats de recherche dans les classes et dans les pratiques.

Chercheure Il faut vraiment que vous compreniez qu'on ne sait pas où on va et que c'est à voir avec vous justement. Voir ce qui est possible dans les progressions, etc. [...] ce qu'on se dit avec Valérie, c'est qu'effectivement pour prendre en charge ce qu'on a pointé là, il faudrait repenser tous les programmes du CP au lycée. Pour l'instant, la question c'est déjà d'essayer de voir ponctuellement ce que, en introduisant des petits bouts de choses : qu'est-ce que ça provoque chez les élèves ? C'est aussi le truc. On n'est pas sûr...

Julie, confrontée à cet extrait trois ans plus tard lors d'un entretien⁹, confirme le fait que ce contrat a contribué à l'engagement des enseignantes dans le projet :

Julie En fait je pense que justement, ça me rassurait certainement de dire : « en fait on va tester, on n'a aucune certitude. », voilà. On va expérimenter, donc on ne sait pas trop vers où on va. Enfin en fait elle(s) non plus, voilà c'est ça, c'est ce qui était rassurant, je crois, pour moi (Rire). Voilà, on est tous dans le même bateau, donc on va se casser la gueule ensemble en fait.

Les premières discussions ont fait apparaître également certaines préoccupations, notamment celles liées au coût de ce projet pour les enseignantes (en termes de temps, notamment), pour elles, mais surtout pour la classe :

Chercheure Je ne sais pas si vous voulez en savoir plus. Il faut que vous me disiez aussi comment vous voyez les choses.

Cécile Je pense que ça peut nous intéresser parce qu'on est toujours en train de réfléchir à des tas de trucs et à essayer de trouver des solutions à des choses qui ne marchent pas. Moi, c'est sûr, de ce côté-là ça m'intéresse. [...]

Delphine Ça dépend. Ce que je vois surtout c'est la contrainte temporelle parce qu'on est beaucoup à la bourre et qu'on est lents dans l'avancée des progressions. Si c'est très chronophage...

Chercheure Justement, nous, l'idée, c'est de réfléchir avec les enseignants à comment on insère cette prise en compte-là dans...

Delphine Ah bien sûr ! Ça doit remplacer, ça ne doit pas se rajouter.

Chercheure Voilà, c'est ça.

Delphine On est d'accord là-dessus.

L'adhésion des enseignantes au projet a probablement résulté, au moins en partie, du fait que la problématique de recherche exposée par la chercheure a semblé faire rapidement écho à des préoccupations des enseignantes.

Chercheure [On dit souvent aux élèves que] l'intérêt de démontrer c'est parce que la mesure n'est pas précise. Mais si depuis le début on les a persuadés que la mesure empirique c'est aussi précis que le théorique, quel est le sens de ce truc-là ?

Julie On ne les a pas convaincus. Au contraire, on voit bien qu'ils ont le doute. C'est vrai.

Cécile Je me suis dit, effectivement, comment les faire réfléchir alors qu'on leur fait construire et après, on leur dit « Ton autre mesure, elle n'est pas tout à fait bonne » ? Il y a une incohérence complète.

Toutefois, la construction d'une problématique commune s'est ensuite faite progressivement, tout d'abord avec le choix d'un thème précis pour travailler la question de la mesure : en l'occurrence, le choix du collectif s'est porté sur le chapitre des angles en sixième, d'une part parce que cette notion semblait, pour toutes les participantes, propice à un questionnement sur la mesure et même, selon la chercheure, particulièrement

⁹ Nous avons procédé à des entretiens de « remise en situation dynamique à partir de traces matérielles de l'activité » sur un empan temporel long (quatre années), en collaboration avec Serge Leblanc, pour réaliser des auto-confrontations, c'est-à-dire des moments où l'on confronte un acteur à des traces de son activité passée en lui demandant de partager le plus possible la manière dont il avait ressenti les choses à ce moment-là (Chesnais, Constantin et Leblanc, à paraître).

adapté au questionnement sur le rapport entre les deux aspects de la mesure ; d'autre part parce que la sixième était un niveau partagé par les différentes enseignantes qui souhaitaient s'engager dans le projet et la progression commune prévue permettait d'envisager de le préparer ensemble, suffisamment en amont.

Sont également apparues des divergences entre les manières de voir les problématiques d'enseignement et d'apprentissage des élèves. Par exemple, la difficulté des élèves à comprendre qu'il ne fallait pas utiliser d'instrument pour trouver une mesure théorique était attribuée par la chercheuse à une difficulté conceptuelle à comprendre la distinction et le rapport entre les deux aspects de la mesure en géométrie théorique ; l'une des enseignantes, au cours de la première réunion, indiquait pour sa part que cette difficulté était réglée par le fait de clarifier la consigne auprès des élèves par l'utilisation des verbes d'action « mesurer » vs « calculer ». Une autre enseignante reconnaissait toutefois les limites de cette réponse aux difficultés des élèves en termes de contrat, en indiquant qu'alors, « c'est juste pour faire plaisir au prof ».

Un fonctionnement sur le long terme

Une fois le dispositif engagé avec l'adhésion des enseignantes et sur la base d'un accord « suffisant » sur la problématique, le travail collectif s'est focalisé sur la préparation commune de la séquence sur les angles en sixième. Le fonctionnement reposait sur des boucles itératives qui incluaient : une préparation conjointe, puis la mise en œuvre en classe par les enseignantes, ensuite une discussion à propos de ces mises en œuvre, et la poursuite du travail de préparation (avec, en tout, 7 séances, de 1H30 à 3H, de travail collaboratif la première année pour une séquence de 12 à 15 séances selon les classes). La préparation de la séquence s'est faite sur la base des supports que les enseignantes avaient utilisés les années précédentes et qu'elles ont l'habitude de réviser chaque année (en y faisant plus ou moins de modifications selon les années). La préoccupation d'y intégrer le questionnement sur la distinction entre aspects empirique et théorique de la mesure a été initialement assumée par la chercheuse, puis, rapidement, de plus en plus partagée.

La révision des documents de préparation de l'année précédente lors de la deuxième séance de travail collaboratif a permis de faire émerger plusieurs choses et de faire évoluer le contrat de fonctionnement du groupe, tout en engageant le travail sur les contenus. D'une part, il est apparu que les enseignantes organisaient leur enseignement en proposant aux élèves régulièrement des « questions du jour » sous forme de petits exercices traités en début d'heure sur un thème différent de celui auquel est consacré la séance, mais qui correspond au « chapitre » suivant : ces questions visent à réactiver une partie des savoirs prérequis pour la séquence à venir. Les questions du jour en amont de la séquence sur les angles visaient à (ré)établir une « définition » de l'angle comme partie du plan délimitée par deux demi-droites de même origine, puis les notions d'angle aigu, obtus, droit et plat, enfin la comparaison d'angles. Une des questions incluait des références à des mesures d'angles en degrés. Les échanges ont fait apparaître que les enseignantes considéraient que les élèves savaient déjà de quoi il retournait (il s'est avéré par la suite qu'en effet, certains enseignants de CM2 du secteur apprenaient à leurs élèves à utiliser le rapporteur, malgré le fait que les programmes mentionnaient explicitement depuis 2008 que cela relevait de la sixième). Les enseignantes ont donc supprimé ces tâches des questions du jour. La séquence était ensuite construite comme alternance entre des fiches nommées « approches », jouant le rôle d'« activités d'introduction », et de fiches d'exercices d'entraînements, entrecoupées de moments de cours. Certains temps

d'entraînements étaient pensés sous forme de « plans de travail » avec une différenciation selon les élèves.

Sans m'étendre sur la première fiche élaborée conjointement, j'en précise juste rapidement les enjeux : les enseignantes ont été rapidement convaincues de la nécessité d'un travail préalable sur le sens de la notion même de mesure comme nombre d'unités et sur la construction d'une graduation avant l'introduction du rapporteur. Une situation a été élaborée conjointement, menant à la comparaison d'angles avec des gabarits (d'un huitième de l'angle plat) et visant à introduire tout d'abord la graduation (un « rapporteur » gradué en gabarits) pour dénombrer plus rapidement les unités. Il s'agissait aussi de faire réfléchir les élèves à l'imprécision et aux incertitudes inhérentes au processus de mesurage, en faisant comparer des angles dont les mesures étaient proches mais pour lesquelles le gabarit ne permettait pas de trancher lequel était plus grand. Enfin, la situation débouchait sur l'introduction du degré comme unité plus petite permettant une plus grande précision des mesures. Il a été convenu de revenir, une fois le rapporteur introduit, sur la mesure du gabarit, que les élèves avaient alors à calculer à partir du fait qu'il avait été construit comme un huitième de l'angle plat. Ce travail a également été l'occasion d'une clarification de la part de la chercheuse de la distinction entre l'angle comme objet géométrique et l'angle comme grandeur, ainsi que de la distinction entre grandeur et mesure.

La troisième fiche (« approche 3 »¹⁰) portait sur l'utilisation du rapporteur. Elle a été là aussi largement amendée par rapport au support existant (voir figure 5).

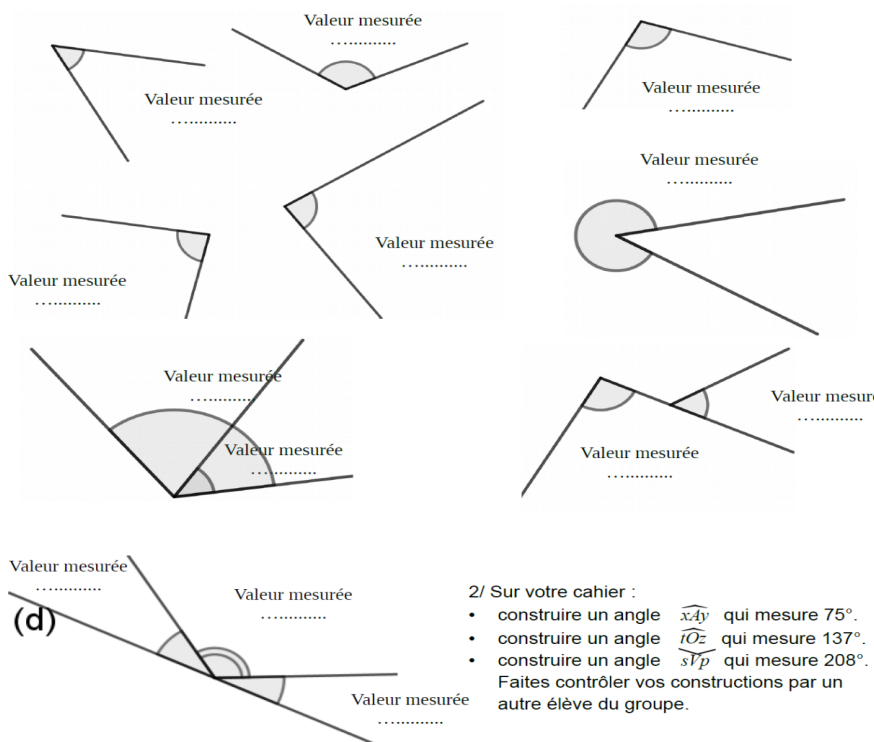
¹⁰ Les enseignantes de ce groupe appellent « approche » ce que d'autres appellent « activité d'introduction ». Il s'agit d'exercices visant à (ré-)introduire de nouvelles connaissances, qui sont ensuite institutionnalisées dans la leçon.

6ème **Approche 3 : Les angles – Mesurer en degrés – Utiliser un rapporteur**
Travail en groupes

Le gabarit précédent n'est pas suffisant. Il existe une unité plus fine, qui correspond au partage d'un tour complet en 360 parties.
L'angle "unité" s'appelle le DEGRE. Voici un angle de 1 degré.

Vous disposez sur votre table de plusieurs instruments appelés RAPORTEURS, qui permettent de mesurer des angles avec une précision de 1 degré.

1/ Mesurer les angles suivants en degrés en utilisant au moins trois des instruments proposés. Comparez vos résultats avec les autres membres du groupe. Si vous avez plus d'un degré d'écart, refaites les mesures et comparez vos méthodes.
En cas de désaccord persistant, appelez votre professeur ou un élève expert.



(d)

2/ Sur votre cahier :

- construire un angle $\widehat{xAy}$ qui mesure 75° .
- construire un angle $\widehat{iOz}$ qui mesure 137° .
- construire un angle $\widehat{sIp}$ qui mesure 208° .

Faites contrôler vos constructions par un autre élève du groupe.

Figure 5. Fiche « approche 3 » sur la mesure en degrés et l'utilisation du rapporteur

D'une part, les enseignantes ont décidé de travailler davantage l'appréhension de la graduation et de l'objet lui-même en imposant aux élèves d'utiliser différents types de rapporteurs (demi-disques, disques complets, carrés, gradués dans les deux sens ou non...). Cette décision a tenu en partie au travail collaboratif, notamment le constat de la nécessité d'un travail plus important sur le sens de la mesure, mais aussi à la volonté de pallier les difficultés rencontrées les années précédentes dans la manipulation du rapporteur par les élèves. D'autre part, sur la suggestion de la chercheuse, une tâche a été introduite pour permettre de travailler la distinction entre mesure empirique et théorique et l'idée que la mesure théorique permettait de contrôler le résultat d'un mesurage : une des tâches préexistantes, comportant 2 angles adjacents à mesurer, a été modifiée pour obtenir 3 angles adjacents formant un angle plat (cf. le bas de la fiche « approche 3 », figure 5).

Enfin, il y a eu de nombreuses discussions à propos de la manière de rendre compte du résultat du mesurage, qui constitue un élément critique au regard de la problématique de nature de la mesure ainsi que la question des incertitudes de mesure. Ont été évoquées les solutions suivantes : indiquer un intervalle avec amplitude 1, 2 ou 3 degrés, indiquer « environ » ou utiliser le symbole associé, enfin indiquer « valeur mesurée ». C'est la dernière option qui a été choisie, ainsi que le fait d'afficher ensuite les valeurs avec

lesquelles les angles avaient été dessinés dans geogebra, ces valeurs étant pour la plupart non entières, avec jusqu'à 2 décimales (cf. document du professeur, figure 6).

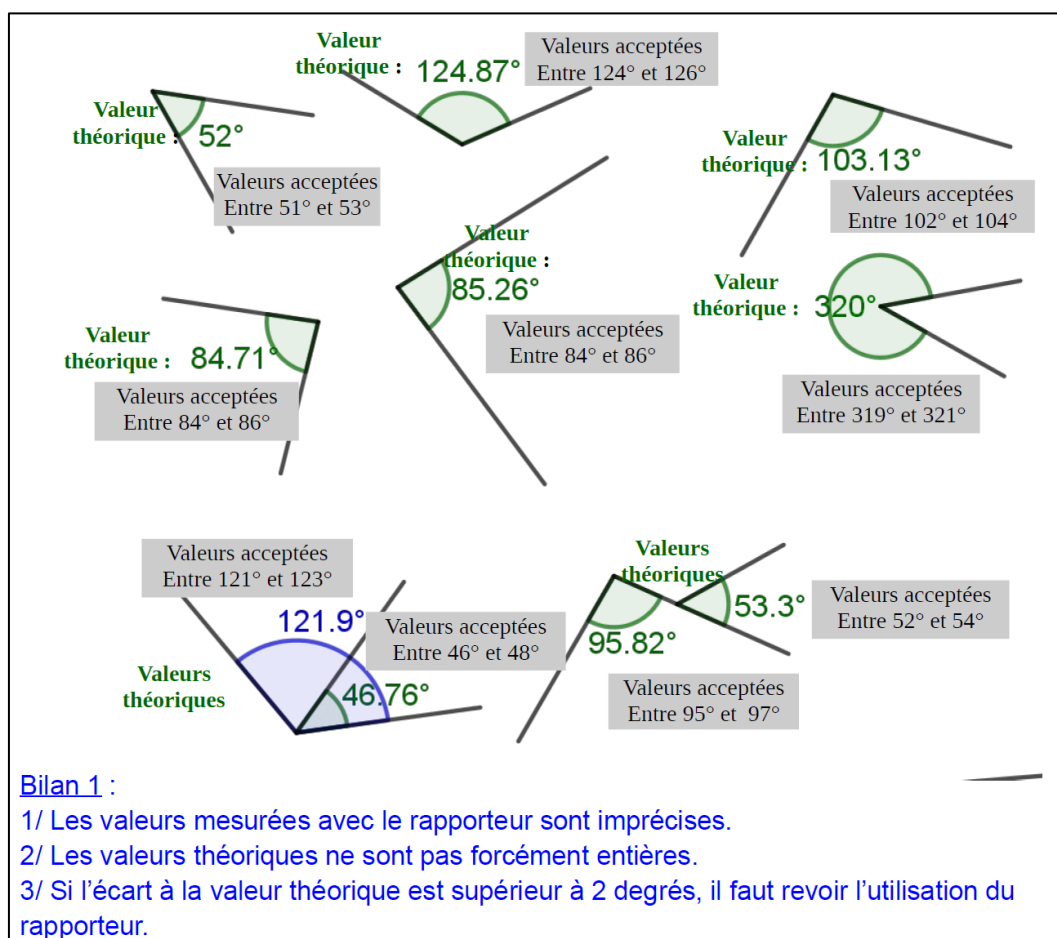


Figure 6. Document enseignant associé à l'approche 3

Le bilan prévu pour l'approche 3, enfin (cf. bas de la figure 6 et figure 7), dont le contenu a été élaboré largement à l'initiative des enseignantes, visait à introduire explicitement les notions de « valeur mesurée » et de « valeur théorique », avec des considérations sur le contrôle de la valeur mesurée par la valeur théorique. Il introduit en effet l'idée que la valeur mesurée n'est pas forcément exactement égale à la valeur théorique, mais qu'elle doit en être proche.

Côté PROF - Points de vigilance :

1) Sur le dernier cas de mesure demander : **D'après vous lorsque l'on fait la somme des trois mesures que devrait-on obtenir ?**

BILAN : Quand on juxtapose les trois angles on obtient un angle plat, quand on additionne les trois mesures on devrait obtenir une valeur proche de la valeur théorique 180° .

On ne trouve pas forcément exactement 180° car les mesures faites au rapporteur sont précises à plus ou moins 1 degré.

Figure 7. Bilan prévu pour la tâche de l'angle plat

Chacune des enseignantes a mis en œuvre dans sa classe la séquence élaborée collectivement, dans des temporalités légèrement différentes qui ont permis d'ajuster au fur et à mesure certains supports. Toutefois, si les supports avaient été élaborés collectivement, le temps de préparation collective n'avait pas permis de discuter en détail les mises en œuvre en classe. Chaque enseignante a ainsi investi les marges de manœuvre restantes et intégré de manière variée, notamment dans ses discours en classe ou dans les aides apportées aux élèves, la distinction entre les deux aspects de la mesure (Chesnais, 2021b). Ainsi, par exemple, les choix des termes par les trois enseignantes ont été légèrement différents : notamment, les expressions « valeur théorique » et « valeur mesurée » prenant le pas dans le discours de Julie, quand l'expression « mesure mesurée » a émergé à un moment dans la classe de Cécile. Dans la classe de cette dernière, j'ai pu observer par ailleurs que ce travail sur les deux aspects de la mesure l'amenait à considérer autrement la problématique de la distinction entre dessin et figure avec ses élèves. Ainsi a-t-elle proposé, sur la fin de la séquence, à ses élèves une réflexion sur cette distinction, les amenant à identifier que, lorsque l'on demande de dire si les points sont alignés dans l'ex 2 de la fiche d'exercices présentée en fig. 7, il s'agit en fait de répondre à propos des points de la « figure imaginaire, idéale et parfaite », ce qu'elle reformulera ensuite en « figure théorique ».

Dès la deuxième année, le travail mené a eu des répercussions sur l'enseignement d'autres notions que les angles en 6^{ème}. Ainsi, par exemple, les enseignantes ont décidé, lors du bilan de la première année, de repenser l'ensemble de leur enseignement de la géométrie en sixième, notamment sous l'impulsion de Cécile, et en particulier les premiers chapitres de l'année, pour introduire dès le début des éléments favorisant la distinction entre le dessin et la figure, en lien avec les mesures. Lors de la troisième séance de travail collectif de la deuxième année, elles racontent ainsi qu'elles sont « trop fières » d'avoir pensé à proposer aux élèves de tracer un segment de 9,67 cm puis de construire sa médiatrice au compas, ce qui a permis des discussions sur le statut du dessin.

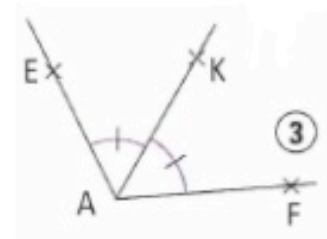
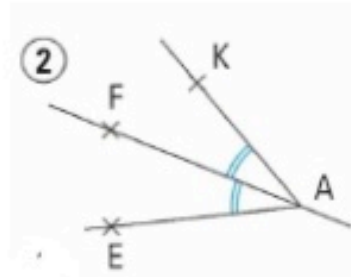
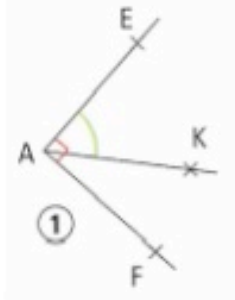
Par ailleurs, le travail a également permis de mettre en évidence, au cours de la deuxième année, la nécessité de faire produire davantage d'énoncés mathématiques écrits aux élèves, en particulier pour formuler les connaissances et raisonnements élaborés.

L'évolution de la fiche d'exercices suivante témoigne ainsi de différents enrichissements des pratiques sur le plan didactique.

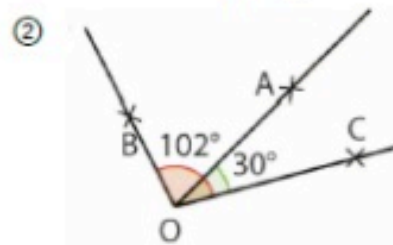
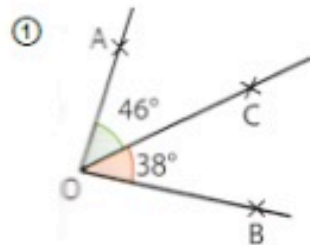
Fiche d'exercices : Calculer un angle

Exercice 1 :

1. Pour chaque figure, l'angle $\widehat{EAK}$ mesure 56° . Calculer la mesure de l'angle $\widehat{KAF}$ dans les trois figures.



2. Calculer la mesure de l'angle $\widehat{AOB}$ dans chaque figure.



Exercice 2 : Les points A, B et C sont-ils alignés ? Justifier.

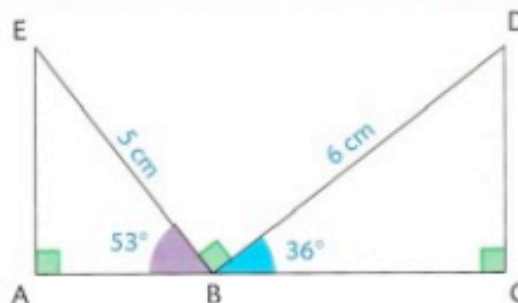
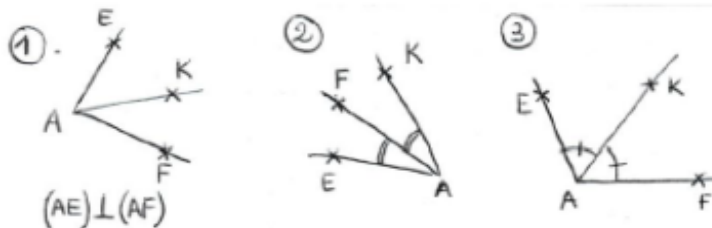


Figure 8. Fiche d'exercices avant le début du dispositif (2017-2018)

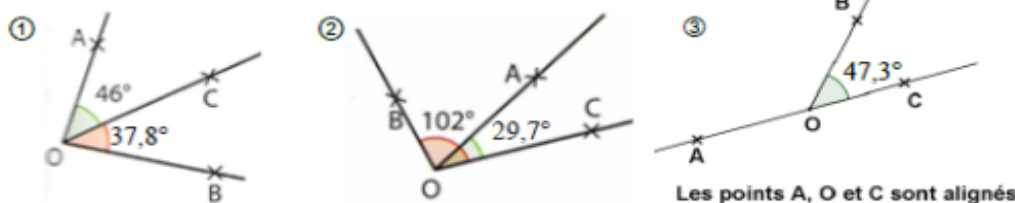
Fiche d'exercices : Raisonner sur les mesures d'angle

Exercice 1 :

1. Pour les trois figures représentées sous forme de croquis, la valeur théorique de l'angle $\widehat{EAK}$ est 55° . Déterminer la mesure de l'angle $\widehat{KAF}$ dans chaque cas.

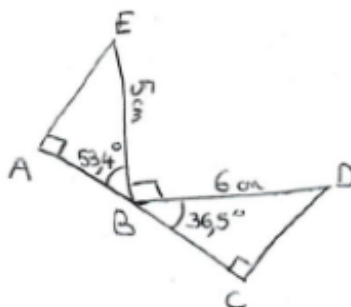


2. Déterminer la mesure de l'angle $\widehat{AOB}$ dans chaque figure.



Exercice 2 :

Les points A, B et C sont-ils alignés ? Justifier en détaillant votre raisonnement.



BILAN individuel : Ce que j'ai fait, ce que je retiens :

.....

.....

.....

BILAN de la classe :

.....

.....

.....

Figure 9. Fiche d'exercices au bout de 3 années

On peut noter quatre différences qui sont susceptibles d'enrichir l'activité des élèves et ainsi les apprentissages potentiels, même si ce potentiel reste largement tributaire de la manière dont ces supports sont exploités en classe. D'une part, le titre de la fiche qui était « calculer un angle », est devenu « raisonner sur les mesures d'angles », témoignant d'une part de la distinction plus explicite entre l'angle et sa mesure, d'autre part d'une prise de conscience des enjeux didactiques de ce type de tâche comme étant liés au raisonnement : les enseignantes ne considèrent plus que les difficultés des élèves à réaliser ce type de tâche se règlent uniquement par un effet de contrat en indiquant aux élèves que « s'il est

écrit calculer, il faut faire un calcul, alors que s'il est écrit mesurer, il faut utiliser le rapporteur ». Une autre modification est celle d'introduire des mesures d'angles non entières, donc non atteignables par le mesurage. Cela est apparu comme un levier pour questionner et clarifier le statut des mesures et, dans ce cas, clarifier qu'il s'agit de mesures théoriques et non pas de valeurs obtenues par mesurage¹¹. Le fait de réaliser certains des dessins à main levée et non pas via un logiciel permet également pour elles encore une fois de questionner le statut du dessin. Dans tous les cas, mais en particulier dans l'exercice 2, il s'agit de travailler sur le fait que le raisonnement sur des mesures théoriques permet un contrôle sur le dessin, et réciproquement, pour créer un point de vue qui permette de dépasser d'une part le point de vue qui amalgame les deux, d'autre part le point de vue qui les met en contradiction (Chesnais, 2021b). Enfin, on peut noter l'introduction d'un espace en bas de la fiche réservée à une production écrite par les élèves, d'abord individuellement puis pour noter la production de la classe, supposée résulter de la mise en commun et de la discussion des productions individuelles.

Ces évolutions des supports sont également liées à des évolutions des objets du travail collectif : la première année, les discussions ont essentiellement porté sur les contenus mathématiques des tâches proposées aux élèves dans les supports prévus pour une notion donnée ; à partir de la deuxième année, le travail a davantage porté sur la question des déroulements en classe, et notamment des productions langagières des élèves et des enseignantes, à l'écrit et à l'oral, mais il a également évolué car il ne portait plus uniquement sur la notion d'angle en sixième, en élargissant à d'autres notions (y compris parfois concernant d'autres niveaux scolaires) et à la question des progressions.

Le fonctionnement du dispositif tient aussi au fait que chacun des membres joue un rôle spécifique, pour une part, dans le collectif. La chercheuse pose des questions, soit pour mieux comprendre les pratiques des enseignantes, soit pour alimenter le questionnement du groupe sur certains enjeux d'enseignement et d'apprentissage, voire sur le contenu mathématique lui-même ; elle pointe des éléments qui lui semblent significatifs (par exemple des productions d'élèves) en proposant des interprétations, et fait parfois des suggestions pour des choix à faire concernant l'enseignement. Parmi les trois enseignantes, chacune investit le travail collectif à sa propre manière. Cécile soulève de nombreuses questions et propose des changements ou des nouveautés. Delphine intervient souvent pour revenir sur les choix proposés, demander de justifier, peser le pour et le contre de certains choix et focaliser le groupe sur la concrétisation des supports (c'est presque toujours elle qui prend les notes des décisions prises, puis les enseignantes se répartissent le travail de mise en forme des supports). Quant à Julie, elle attire souvent l'attention sur la question des mises en œuvre, y compris sur le plan plus « pédagogique », l'organisation du travail, les aspects matériels, les durées. Les décisions sont prises collectivement, mais ce sont les enseignantes qui « tranchent » et parfois, qui prennent les décisions seules, même si elles demandent presque toujours l'avis de la chercheuse.

Au fur et à mesure des années, les interventions de la chercheuse sont devenues à la fois plus ponctuelles et plus globales, s'ajustant encore davantage aux sollicitations des enseignantes, dans une logique de « suiveuse » (Paul, 2009).

Un dispositif « bis »

Une autre chercheuse (Céline Constantin) s'est jointe en septembre 2020 au collectif, en accord avec les enseignantes, pour porter un deuxième dispositif du même type, mais

¹¹ Cette ambiguïté est identifiée comme récurrente et posant des difficultés aux élèves et aux enseignantes par Houdement et Kuzniak (2002) (même s'ils ne la formulent pas dans ces termes).

cette fois-ci sur l'enseignement du calcul littéral en 4^{ème} et en 3^{ème}. Seules les 2 enseignantes du dispositif sur la mesure en 6^{ème} ayant en charge des classes de 4^{ème} ou 3^{ème} s'y sont engagées, avec une autre enseignante qui ne participait pas au dispositif sur la mesure car elle n'avait pas en charge de classe de 6^{ème}.

Le mode de fonctionnement du dispositif était tout à fait similaire au précédent. Je n'évoquerai donc ici que le fait que le démarrage du dispositif a révélé certaines conditions à la mise en place d'une collaboration entre chercheure et enseignantes partant des pratiques des enseignantes.

Le point de départ du projet, pour la chercheure, était le fait que ses travaux précédents l'avaient amenée à identifier que certaines difficultés d'apprentissage et d'enseignement en algèbre étaient liées à la transparence du concept de « substitution » (Constantin, 2021). La chercheure s'est appuyée sur l'analyse d'erreurs d'élèves et de supports d'enseignement pour introduire cette problématique auprès des enseignantes du collectif. Mais, si le « contrat » de fonctionnement de la collaboration entre chercheure et enseignants était déjà établi (du fait de leur participation de presque toutes les enseignantes au dispositif précédent), il s'est avéré plus difficile que dans le dispositif précédent de partager des interprétations des erreurs des élèves et d'introduire la notion de substitution comme un concept susceptible d'outiller un développement professionnel favorable aux apprentissages des élèves. Ainsi, comme il est décrit en détail dans Chesnais, Constantin et Leblanc (à paraître), l'objet « égalité » est apparu comme une préoccupation plus facilement partagée, à partir de l'intervention d'une des enseignantes du groupe (Cécile), du fait que le concept de « substitution » apparaissait « trop complexe » et « compliqué à s'approprier » pour les enseignantes. La notion d'égalité est ainsi apparue comme un intermédiaire sur lequel faire porter le travail du collectif, par une réflexion sur le fait qu'une égalité comprenant des variables peut être « toujours, jamais, ou parfois vraie ». Cet intermédiaire a permis, dans un deuxième temps (l'année suivante), de réinterroger la notion de substitution. Le fait de partir des pratiques a ainsi conditionné le fonctionnement du dispositif au fait que la chercheure accepte transitoirement des liens qui ne sont pas tout à fait pertinents du point de vue du savoir pour le didacticien, mais qui constituent une première problématisation d'une question, « suffisante » pour permettre ainsi d'engager un travail commun d'élaboration de séances.

Des dispositifs qui « partent des pratiques »

Je propose pour terminer cette partie de montrer que ces deux dispositifs (sur la mesure en géométrie et sur le calcul littéral) partagent avec le dispositif du LÉA Romain Martin du Gard (Allard, Horoks et Pilet, 2022) certaines similitudes, liées à la logique de collaboration qui « part des pratiques », qui en font une catégorie qui se distingue des dispositifs présentés dans le paragraphe précédent.

On constate en effet plusieurs points communs, comme le fait que l'équipe des enseignant·e·s qui s'est engagée dans le travail collaboratif était déjà constituée, un fonctionnement itératif construit collectivement, qui s'est appuyé sur ce que les enseignant·e·s faisaient dans leurs classes (« principe d'appui sur les contextes d'enseignement et les pratiques des enseignant·e·s », Allard et *al.*, *ibid.*). On constate aussi des similitudes sur l'évolution des thèmes abordés par le collectif au fur et à mesure et un élargissement, à partir d'un thème donné (l'algèbre en l'occurrence), vers une problématique plus « transversale », liée à l'évaluation. De même, l'apport de ressources pour l'enseignement (y compris des situations) issues de la recherche s'est fait dans un deuxième temps. Enfin, de la même manière que dans les deux dispositifs décrits ci-

dessus, le travail collaboratif a d'abord concerné la dimension cognitive des pratiques, avec un travail sur les tâches à proposer aux élèves puis, dans un deuxième temps, la dimension médiative avec un travail sur les mises en œuvre et notamment les discours.

On observe également quelques différences : l'élaboration du projet était à l'initiative des enseignant·e·s ; le projet s'appuyait sur des résultats de recherche en didactique plus « solides » car nettement plus avancés ; le collectif a acté dès le début du travail une visée de production d'une ressource destinée à être diffusée en dehors du collectif.

Ainsi, ces dispositifs articulent d'emblée, dans leurs objectifs, une visée d'étude des formes et modalités de transposition de résultats de recherche dans l'enseignement avec une visée de développement professionnel des enseignant·e·s qui y participent. Par ailleurs, contrairement aux dispositifs qui s'inscrivent dans la lignée des travaux de recherche sur les ingénieries didactiques évoqués précédemment, la visée de production de ressources afin de contribuer au développement professionnel d'autres enseignant·e·s (en dehors du dispositif), n'est pas première. Enfin, le travail ne se base pas sur l'apport de propositions d'enseignement par les chercheuses et l'élaboration de propositions d'enseignement résulte d'une co-construction, elle-même résultant d'une « co-construction d'une problématique conjointe » (Allard, Horoks et Pilet, *ibid.*) ou « processus de problématisation conjointe » (Chesnais, Constantin et Leblanc, *ibid.*).

Je propose ainsi de qualifier les dispositifs de travail collaboratif de ce type de « dispositifs collaboratifs qui partent des pratiques » (DiCo2P), en référence à Robert (2008) et de montrer dans la dernière partie comment ces principes de fonctionnement peuvent être pensés en appui sur les recherches menées en didactique des mathématiques sur les pratiques des enseignant·e·s dans le cadre de la double approche didactique et ergonomique (Robert et Rogalski, 2002 ; Robert, 2008) depuis une vingtaine d'années, et ce dans une démarche proche de celle de théorisation de dispositifs de formation de formateurs (mais non collaboratifs), proposée par Abboud, Robert et Rogalski (2022).

Retour sur les dispositifs collaboratifs qui « partent des pratiques » : des « principes » en appui sur la recherche en didactique des mathématiques

De tels dispositifs reposent sur une certaine conception du développement professionnel que je vais dégager et discuter maintenant. Ils partagent l'idée d'un développement professionnel « sur le plan didactique » (Chesnais, Constantin et Leblanc, à paraître), c'est-à-dire d'évolutions des pratiques susceptibles d'avoir des effets relativement directs sur les apprentissages des élèves en mathématiques, voire sur un contenu donné. En particulier, ils se distinguent en cela de dispositifs qui visent une amélioration des conditions de travail des enseignant·e·s, ou dont les visées portent plus sur la dimension pédagogique du rôle de l'enseignant·e (notamment concernant l'amélioration du climat scolaire ou encore la motivation des élèves, voire visant des apprentissages liés davantage à des comportements comme l'autonomie ou l'entraide). Ils partagent ce principe avec tous les autres dispositifs élaborés par des didacticien·ne·s des mathématiques. On retrouve ainsi dans tous l'appui sur certaines hypothèses concernant « ce qui fait apprendre (les mathématiques) », à savoir l'appui sur les activités des élèves, l'importance du fait d'introduire les savoirs à partir de problèmes qui leurs donnent du sens, ou encore l'importance des discours qui accompagnent l'activité mathématique.

En revanche, il me semble que ces dispositifs se distinguent d'autres dispositifs élaborés par des didacticien·ne·s des mathématiques par le fait de penser ce développement professionnel comme un enrichissement des pratiques existantes plutôt

qu'une modification (Abboud, Robert et Rogalski, 2022), en partant de ce que les enseignant·e·s proposent déjà dans leurs classes. D'où l'idée de dispositifs qui « partent des pratiques ».

Les formes ou traces de développement professionnel sur le plan didactique sont alors caractérisées par une évolution des scénarios, des déroulements, mais aussi des discours sur la pratique. L'évolution des scénarios est considérée comme relevant d'un développement professionnel sur le plan didactique si les tâches proposées et leur organisation semblent didactiquement plus porteuses en termes d'apprentissages pour les élèves. Cela peut se concrétiser par des évolutions qui peuvent sembler à première vue minimales, comme un jeu sur des valeurs de variables didactiques, tout en conservant des énoncés et supports très proches, comme je l'ai illustré plus haut à propos du dispositif sur la mesure. Il peut s'agir également de conserver certaines tâches, mais en modifiant la formulation des consignes de façon à ce qu'elles engendrent une activité mathématique plus riche des élèves¹². L'évolution des déroulements se caractérise par un « épaississement » des discours sur les tâches, dans l'idée de contribuer davantage au processus de secondarisation des genres de discours (Jaubert, Rebière et Bernié, 2012 ; Rebière, 2013) qui accompagne le processus d'apprentissage. On considèrera aussi comme trace de développement professionnel une évolution de la place laissée aux élèves, qui fait écho à l'enrichissement du « topos de l'élève » visé dans les dispositifs d'ingénierie coopérative et les dispositifs de diffusion de PER cités dans la première partie. De plus, un aspect critique de l'enrichissement des déroulements est également lié à un accroissement de la prise en compte de l'activité réelle des élèves dans la construction collective du savoir à travers les « proximités-en-actes » (Robert et Vandebrouck, 2014) proposées par l'enseignant·e, c'est-à-dire un enrichissement et une augmentation des tentatives faites par les enseignant·e·s pour mettre en relation le savoir visé et ce que produisent les élèves, dans les phases de recherche ou dans les phases collectives. Enfin, l'évolution des discours des enseignant·e·s sur leurs pratiques (et, éventuellement, celles de leurs collègues) est aussi un indicateur potentiel du développement professionnel que l'on peut relier à des formes de « prise de conscience » d'une part et d'autre part de création ou appropriation de nouveaux moyens langagiers. Ces derniers témoignent d'une part de la construction de nouvelles connaissances ou représentations, d'autre part de co-constructions dans un collectif (discours partagés entre enseignant·e·s ou entre enseignant·e·s et chercheur·e·s) qui accompagnent, voire parfois précèdent (Bertone, Chaliès et Clot, 2009) des évolutions des composantes cognitive et médiative des pratiques.

Ces dispositifs « partant des pratiques » se caractérisent aussi, lorsqu'ils associent des chercheur·e·s et des enseignant·e·s, par le rôle que prennent les chercheur·e·s, pensé davantage comme un « accompagnement » du développement professionnel des chercheur·e·s au sens de Paul (2009) : les chercheur·e·s accompagnent les enseignant·e·s au sens d'« être avec et aller vers », en restant le « suiveur (et non pas le suivant) » : les chercheur·e·s ne sont pas là pour « montrer le chemin » « S'il n'a pas la primauté, il n'est pour autant pas accessoire puisqu'il n'y aurait accompagnement sans ce binôme initial. Sa fonction est de soutenir au sens de valoriser celui qui est accompagné » (Paul, 2009, p. 96). Cette idée d'accompagnement s'articule avec celle de Zone Proximale de Développement Professionnel (ZPDP) proposée par Abboud, Robert et Rogalski (2022),

¹² Robert et Rogalski (2002) avaient montré comment des variations qui semblent limitées dans des consignes peuvent avoir des conséquences très différentes sur les activités des élèves : par exemple, formuler un énoncé avec « montrer que » ne provoque pas du tout la même activité mathématique que de formuler la consigne sous forme d'une question.

en appui sur la notion de Zone Proximale de Développement issue des travaux de Vygotski, repris par Bruner. La ZPDP désigne ainsi ce que quelqu'un n'est pas encore capable de faire seul, mais qui n'est pas « trop loin » de ses pratiques.

Le principe de « partir des pratiques » pourrait ainsi être pensé comme le fait de travailler dans la ZPDP des enseignants. Cela suppose, pour le·a chercheur·e, d'une part de s'appuyer sur les résultats de recherches sur les pratiques ordinaires, d'autre part de s'appuyer sur les pratiques existantes des enseignant·e·s du collectif considéré – ou, du moins, de ce que les enseignant·e·s en question en donnent à voir, qui peut d'ailleurs évoluer au fur et à mesure du fonctionnement du dispositif. Cela suppose également un processus de problématisation partagé entre les différents membres du collectif, qu'il s'agisse d'un collectif uniquement composé d'enseignant·e·s, ou d'un collectif réunissant des enseignant·e·s et des chercheur·e·s. Cette problématisation doit porter sur des objets de travail « suffisamment proches », même s'ils restent différents, avec une forme de négociation, qui peut nécessiter des détours et des renoncements (au moins provisoires), comme dans le cas du « dispositif bis » décrit plus haut.

Le rôle du collectif est également essentiel dans ce type de dispositif. En effet, la composante sociale des pratiques est très liée à la stabilité de celles-ci (Robert, 2007), ce qui implique qu'il est très difficile pour un enseignant de faire évoluer ses pratiques alors même qu'elles sont partie prenante d'un système qui inclut les collègues, les chef·fe·s d'établissements, les inspecteur·rice·s, les parents, les élèves etc. Le collectif (le fait qu'il y ait plusieurs enseignant·e·s, mais aussi la présence de chercheur·e·s et/ou de formateur·trice·s) permet d'affirmer une forme de légitimité des choix faits et la reconnaissance du travail fait et de sa pertinence. Cette légitimité permet en retour de soutenir la « prise de risque » inhérente au fait de soumettre ses pratiques au regard critique d'un collectif et d'envisager de mettre en œuvre des choix différents de choix précédents éventuellement très stabilisés auparavant. Le collectif joue par ailleurs un rôle dans l'élaboration de ces nouveaux choix, qui émergent d'une part de la nécessité de justifier ses propres choix, du fait de les mettre en discussion, et de la prise de conscience d'autres choix possibles – éventuellement souhaitables. Le collectif (par la diversité des pratiques des différents enseignant·e·s et par la présence de chercheur·e·s et/ou de formateur·trice·s) contribue ainsi à l'« élargissement de la palette des possibles » par la prise de conscience de l'existence d'alternatives (Abboud, Robert et Rogalski, 2022), même si un enjeu de développement professionnel peut être non pas de changer ce que l'on fait, mais de mieux savoir pourquoi on le fait et ainsi l'exploiter de façon plus efficace (par exemple en identifiant mieux le rôle de certaines variables didactiques dans des tâches données que l'on propose déjà aux élèves, ou de mieux identifier le rôle de certaines formulations ou les difficultés associées à certains usages de notations *etc.*).

Le rôle des chercheur·e·s, dans un dispositif qui part des pratiques, est ainsi d'apporter des questionnements, des réactions, suggestions, orientations, voire des ressources, mais qui apparaissent comme une réponse à un questionnement partagé, et qui sont retravaillées et opérationnalisées par le collectif. Notons que cela peut nécessiter de convaincre les enseignant·e·s que les chercheur·e·s ne disposent pas de « réponses toutes faites » ou de « solutions » aux problématiques d'enseignement et d'apprentissages (du type « bonnes pratiques ») qu'il suffirait d'appliquer. Mais ils peuvent enrichir les questionnements et, en réfléchissant avec les enseignant·e·s, contribuer à élaborer des alternatives.

Leur action, pour contribuer au développement professionnel des enseignant·e·s, s'appuie ainsi sur une logique « opportuniste », « holistique » et « remontante » (Rogalski et Robert, 2015). « Opportuniste » du point de vue des pratiques, même si elle

visé à travailler un élément de savoir particulier, c'est-à-dire qu'il s'agit pour l'accompagnant de pouvoir faire des liens entre ce qui émerge dans le collectif et ce qui paraît « souhaitable » du point de vue didactique. « Holistique » car ce type de dispositif permet – tout autant qu'il le nécessite – un travail sur la complexité des pratiques, au sens de l'imbrication des différentes composantes (Robert, 2008). De ce point de vue, le temps long et les allers-retours entre constructions, mises en œuvre en conditions « réelles » et analyses conjointes apparaissent comme des conditions nécessaires au fonctionnement du dispositif et au fait qu'il permette un développement professionnel sur le plan didactique. Cela nécessite ainsi une grande variété et disponibilité des connaissances des accompagnants ainsi qu'une grande adaptabilité. L'accompagnant doit donc disposer de beaucoup de ressources (au sens large du terme) et accepter de faire des deuils, au moins provisoires. « Remontante » au sens où il s'agit d'induire ce qui est « ajouté » par les chercheur·e·s en s'appuyant sur ce qui s'est passé dans le collectif, y compris avec les renoncements évoqués ci-dessus...

Conclusion – Penser aujourd'hui la formation comme accompagnement d'un développement professionnel, en appui sur la recherche, notamment dans un dispositif collaboratif : où en est-on ?

Je propose en conclusion de revenir aux principales questions posées en introduction, en dégagant au passage comment le travail sur différents types de dispositifs collaboratifs peut permettre d'enrichir la réflexion sur la formation des enseignant·e·s de mathématiques, initiale et continue, sur le plan individuel et collectif, mais en les situant dans le paysage général de la formation. J'élargirai à d'autres aspects des formations en jeu, en faisant le point sur la situation actuelle.

Les contributions de la recherche en didactique peuvent être de trois types (déjà évoqués dans Chesnais et *al.*, 2021) : tout d'abord par la diffusion de résultats de recherche en tant que contenus de formation (concernant des difficultés d'élèves, des analyses de contenus mathématiques et de leurs enjeux didactiques, des situations, des concepts, des outils d'analyse etc.) ; ensuite, en fournissant des hypothèses étayées sur l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques, dont la diffusion peut être visée par la formation, mais de façon moins explicite que les éléments précédents ; enfin, en fournissant des hypothèses étayées sur le fonctionnement des pratiques enseignantes et le développement professionnel des enseignant·e·s et nourrir ainsi les pratiques mêmes des formateur·trice·s et/ou l'élaboration de dispositifs de formation.

Comment faire pour que la formation soit utile ? Pour faire se questionner, faire « bouger », faire comprendre, faire essayer... ? Comment s'adapter à la diversité des publics ? Comment répondre aux besoins immédiats tout en visant plus loin ?

Je reprends rapidement les différentes hypothèses et résultats qui sont en jeu dans nos formations, du côté du formateur ou de la formatrice, et qui ont été illustrées sur les dispositifs « qui partent des pratiques ».

Processus de développement professionnel

Il me semble que les concepts de ZPDP, la réflexion sur le rôle du questionnement et des prises de conscience, du rapport entre discours et pratiques ou encore l'idée de « développement professionnel sur le plan didactique » et les composantes des pratiques peuvent alimenter la réflexion d'un·e formateur·rice ou accompagnateur·rice

d'enseignant·e·s. Plus précisément, le principe de « partir des pratiques » pour permettre un développement professionnel implique plusieurs éléments. D'une part, s'il s'agit de s'appuyer sur les pratiques existantes, cela pose la question d'une adaptation dans le cas où il s'agit d'enjeux pour lesquels précisément les pratiques n'« existent » pas encore. Par exemple en formation initiale, ou lors de changements de programmes qui introduisent de nouveaux éléments. Il y a donc alors à trouver des passerelles entre le nouveau et ce qui existe déjà dans les pratiques, soit en germe, soit par l'intermédiaire de documents (vidéos notamment). Mais on peut penser que, lors de l'apparition de nouveaux thèmes, les pratiques s'appuient sur l'existant, et penser cet appui peut être nécessaire au développement de pratiques porteuses du point de vue didactique. Par ailleurs, cela implique également, conformément à l'hypothèse de ZPDP, de proposer des pistes, voire des ressources, supports d'enseignement ou situations, qui ne soient pas trop éloignées des pratiques des enseignant·e·s. On peut être amené alors à générer un questionnement sur un point précis et non pas avec l'idée que l'appropriation d'une nouvelle ressource se fait sans difficultés (*cf.* les travaux sur l'ingénierie didactique déjà cités). Plus généralement, il apparaît essentiel que tout apport apparaisse en réponse à des questions que les formé·e·s ont suffisamment faites leurs, c'est-à-dire qu'elles correspondent à des questions qu'ils ou elles se posent, des besoins qu'ils ou elles ressentent, des problématiques qu'ils ou elles identifient (même si elles ne sont pas toujours, voire jamais exactement les mêmes que pour les chercheur·e·s). Sous-tendant ce qui précède, le caractère collectif des formations est largement mobilisé, permettant d'élargir les points d'appui et de développer la discussion.

Eléments connus sur les pratiques ordinaires des enseignant·e·s de mathématiques

Il s'agit également, même si l'on n'a pas l'occasion d'observer directement les pratiques des formé·e·s dont on a la charge, de s'appuyer sur ce que l'on sait des pratiques ordinaires des enseignant·e·s et des pratiques ordinaires des débutant·e·s, notamment grâce à la recherche. Les didacticien·ne·s ont par exemple identifié, notamment grâce aux travaux sur les ingénieries didactiques, que les représentations de ce qu'est l'apprentissage, de l'enseignement et des mathématiques elles-mêmes des enseignant·e·s – et d'autant plus des débutant·e·s – sont très liées à leur vécu d'élèves et souvent éloignées de celles qui sous-tendent la didactique des mathématiques. On sait également que certaines connaissances mathématiques, en particulier parmi les connaissances « élémentaires », sont « naturalisées », ou que d'autres sont « transparentes », non reconnues en tant que connaissances. Un travail est ainsi nécessaire pour que les enseignant·e·s soient capables d'opérationnaliser dans leur enseignement les conséquences de ces constats (même si divers points de vue cohabitent dans la communauté de recherche des didacticien·ne·s sur la manière de formaliser ces phénomènes et sur le type de formation qui pourrait favoriser la dénaturalisation). Certains travaux ont par ailleurs mis en évidence, pour les débutant·e·s le surinvestissement du niveau local d'organisation des pratiques (Robert et Masselot, 2007 ; Robert et *al.* 2012) par rapport aux niveaux micro et macro ; par exemple, les débutant·e·s ont des difficultés à identifier comment certains enjeux de savoirs sont articulés avec d'autres dans une progression annuelle. Lors de l'introduction de nouveautés (comme par exemple les TICE, *cf.* Abboud-Blanchard et Rogalski, 2017), des chercheuses ont montré les tensions inhérentes à leur enseignement, liées à la non-transparence de l'instrument pour les élèves. D'autres travaux encore ont montré la plus grande facilité à faire évoluer la composante cognitive (par exemple le choix de certaines tâches) que la composante médiative (notamment les modalités de travail des élèves et

les discours tenus en classe sur les tâches) des pratiques. Tenir compte de la complexité et de la cohérence des pratiques individuelles des enseignant·e·s, qui en assurent la stabilité, suppose par ailleurs de penser des formations qui prennent en considération l'articulation de différentes composantes au lieu de se focaliser sur un seul aspect du travail enseignant et espérer en avoir des effets. Les travaux sur les ingénieries didactiques (entre autres) ont également montré que certaines « propositions d'enseignement », notamment celles issues de la recherche, peuvent être trop loin des pratiques de certain·e·s enseignant·e·s et ne pas donner les résultats escomptés lorsqu'ils ou elles les utilisent, voire être contre-productives, autant pour les élèves que pour les enseignant·e·s eux·elles-mêmes. On peut citer le cas où un·e enseignant·e, trop peu au fait des tenants et aboutissants d'une situation, notamment s'il ou elle est débutant·e, se retrouve démuni·e face aux productions des élèves, ne reconnaissant pas le fil de la situation : cela peut aller jusqu'à mettre en péril la gestion de la classe, et même aboutir à des formes de rejet d'un enseignement mobilisant des situations didactiquement riches. Penser ainsi les formations en acceptant que tout n'est pas possible ou adapté pour un·e enseignant·e donné·e à un moment donné ou avec une classe donnée (voire dans l'absolu) me semble nécessaire.

Tout ce qui précède semble bien pris en compte dans les dispositifs que j'ai décrits, que ce soit en termes d'appui sur les pratiques et de travail dans les ZPDP ou en termes de limites et d'adaptation aux publics. Une question reste toutefois, dans les dispositifs de formation collectifs, autour du fait que les pratiques des participants et, de fait, leurs ZPDP, sont différentes, ce qui pose la question de l'identification d'objets ou de questions pouvant correspondre à une « ZPDP moyenne » du collectif. Des chercheur·e·s évoquent aussi une ZPDP collective précédant les appropriations individuelles.

Dans ce qui suit, je propose de réfléchir à la spécificité des dispositifs collaboratifs dans le paysage général des formations professionnelles et d'élargir à d'autres questions.

Comment faire pour que la formation aide à dépasser la reproduction des pratiques existantes ? Quel fonctionnement des collectifs d'enseignant·e·s pour permettre le développement professionnel ?

Les travaux de recherche menés au sein des dispositifs mentionnés ci-dessus dans ce texte illustrent bien, à mon sens, l'enjeu (et les difficultés) de la construction de collectifs pour espérer faire évoluer les pratiques enseignantes. Cela concerne aussi bien le niveau local, dans un établissement par exemple, qu'un niveau plus global à l'échelle du système, grâce à une organisation généralisée, et favorisée par l'institution, de tels dispositifs par exemple. Il s'agit également de réfléchir aux modalités, au type de « contrat » les plus favorables au sein de ces collectifs. Le bénéfice, voire la nécessité d'apports extérieurs aux collectifs enseignants mérite par ailleurs une attention aux formes possibles de « transposition ». Je pense en particulier que l'opérationnalisation de certains résultats de recherche dans les pratiques enseignantes, supposés au bénéfice des apprentissages des élèves, ne peut être construite complètement qu'à l'interface entre enseignement et recherche, notamment dans des dispositifs de recherche collaboratifs. Ces derniers sont ainsi pensés comme pouvant favoriser cette nécessaire élaboration collective.

Comment articuler les interventions des différent·e·s intervenant·e·s ?

Cette question dépasse les dispositifs évoqués dans le texte. Pointons simplement que, dans le système de formation initiale des enseignant·e·s de mathématiques du second degré en vigueur actuellement en France, ce dernier aspect semble crucial : le rôle essentiel de la mise en cohérence et de l'articulation des différentes interventions. Il apparaît en effet dans de nombreuses recherches (cf. notamment Crahay et al., 2010, pour une revue de travaux) que les pratiques des débutant·e·s notamment sont bien davantage

façonnées par les pratiques auxquelles ils sont confrontés sur le terrain (celles de leur tuteur·rice ou de leurs collègues dans l'établissement où ils réalisent leurs stages) que par les contenus travaillés en centres de formation (en l'occurrence, à l'université, dans les INSPE). Cette mise en cohérence ne peut alors que reposer sur des concertations, entre des universitaires qui connaissent suffisamment le terrain et qui intègrent la question de l'opérationnalisation dans les pratiques de leurs contenus de formation ; des formateur·rice·s issus du terrain qui connaissent suffisamment la didactique des mathématiques (voire d'autres domaines de recherche portant sur l'éducation et la formation) et qui soient formé·e·s à la formation ; des tuteur·rice·s sur les terrains de stage qui connaissent l'organisation et les contenus de formation, qui soient suffisamment armés en didactique et formés à l'accompagnement professionnel des enseignant·e·s (débutant·e·s).

Tout ceci pointe des besoins de formation, de travail collectif, de communication et de coordination dont on sait bien que les conditions actuelles (de l'école, de la formation et même de la recherche) ne les favorisent pas.

Que faire des ressources ? Que dire ? À quel moment ? À partir de quel support ? Quelles questions poser ? Sur quoi attirer l'attention ?

Là encore, le concept de ZPDP peut outiller utilement, à mon sens, la réflexion des formateur·rice·s, que ce soit dans un dispositif collaboratif ou non. Il s'agit tout d'abord de différencier les besoins supposés par le·a formateur·rice des besoins exprimés par les formés et de prendre en considération la nécessité d'un travail sur la problématisation des besoins supposés en appui sur les pratiques existantes (ou des représentations des pratiques qu'ont les débutant·e·s).

L'apport de ressources ne peut avoir un effet enrichissant des pratiques, là encore, que s'il apparaît en réponse à des questions « suffisamment » problématisées et correspondant ainsi « suffisamment » à des préoccupations des formés.

Tout cela suppose aussi de travailler les « proximités » entre les problématiques des formés et les interventions du formateur ou de la formatrice (Abboud-Blanchard et *al.*, 2022). Là encore, cela nécessite une palette large de connaissances de la part du formateur ou de la formatrice et une grande disponibilité de ces connaissances.

Pour finir, il me semble essentiel de réfléchir collectivement aux formes possibles de transposition des résultats de recherche, ce qui met en jeu à la fois ces résultats et les modalités de formation associées, notamment les dispositifs qui se développent aujourd'hui : ceci dépasse à mon sens la question de la diffusion de produits de la recherche. La recherche peut apporter surtout des questions, des hypothèses, éventuellement des outils pour élaborer des réponses, mais ces réponses ne peuvent résulter, au moins pour une part, que d'une forme de co-construction, sorte de garantie d'adaptation aux pratiques réelles et de diffusion. Cela nécessite entre autres de s'interroger sur les dispositifs étudiés ici, qui permettent naturellement des échanges collaboratifs, sur leur articulation entre eux et avec les pratiques du formé, participant ou non. Il faut à mon sens être conscient que cela suppose, encore une fois, peut-être des deuils à faire, au moins provisoirement et au moins pour certains éléments, notamment en formation initiale, ou sur des formations dont les formats sont trop contraints (notamment par leur courte durée, mais aussi par le fait que les participants ne sont pas nécessairement volontaires, ou encore du fait du turn-over lorsqu'elles se déroulent sur un temps plus long *etc.*).

Ainsi, la recherche ne peut certainement pas tout, mais divers types de lieux ou dispositifs existants semblent porteurs de nouvelles possibilités, en favorisant notamment la collaboration entre chercheur·e·s et enseignant·e·s, qui paraît essentiel comme levier potentiel d'évolution. De ce point de vue, la CORFEM joue un rôle important, à l'interface entre la recherche et la formation.

Bibliographie

- Abboud, M., Robert, A. et Rogalski, J. (2022). Interroger les pratiques de formation des professeurs de mathématiques : orientations de recherche et perspectives (un agenda). *Les Annales thématiques*, 1, 261-285.
- Allard, C., Horoks, J. et Pilet, J. (2022). Principes de travail collaboratif entre chercheur·e·s et enseignant·e·s : le cas du LéA RMG, *Éducation et didactique*, 16-1, 49-66.
- Artigue, M. (2009). L'ingénierie didactique comme thème d'étude. Cours à la XV^e école d'été de didactique des mathématiques. (Clermont-Ferrand du 16 au 23 août 2009). https://www.researchgate.net/publication/280853182_En_amont_et_en_aval_des_ingenieries_didactiques
- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 9(3), 281–308. <https://revue-rdm.com/1988/ingenierie-didactique-2/>
- Artigue, M. et Perrin-Glorian, M. J. (1991). Didactic Engineering , recherche and Development tool : some Theoretical Problems linked to this Duality. For the learning of Mathematics, 11.1. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiCq5S-1pbuAhWhVBUIHdy5BQIQFjABegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Ffilm-journal.org%2FArticles%2FDCDCA6E791D990791426D7502008.pdf&usg=AOvVaw2ShidgCwjQ80AUNaulXyww>
- Batteau, V. (2013). *Une étude de l'évolution des pratiques d'enseignants primaires vaudois dans le cadre du dispositif de formation de lesson study en mathématiques*. Canevas de thèse. FAPSE. Université de Genève.
- Batteau, V. et Clivaz, S. le dispositif de formation continue lesson study : travail autour d'une leçon de numération. *Grand N* - 98, 2016 - pp. 27 à 48
- Bednarz, N. (2009). Analysis of a collaborative research project. A researcher and a teacher confronted to teaching mathematics to students presenting difficulties, *Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 8, 1, 1-24.
- Bertone, S., Chaliès, S. et Clot, Y. (2009). Contribution d'une théorie de l'action à la conceptualisation et à l'évaluation des pratiques réflexives dans les dispositifs de formation initiale des enseignants, *Le travail humain*, 72, 105-125.
- Brousseau, G. et Brousseau, N. (1987). *Rationnels et décimaux dans la scolarité obligatoire*. IREM de Bordeaux, pp.535, 1987, Jean Colmez. {hal-00610769}. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00610769/fr/>
- Cerclé, V., Chesnais, A. et Nyssen, L. (2020). Le repérage au collège et au lycée : des enjeux d'apprentissage au croisement des cadres numérique, géométrique, algébrique et fonctionnel (première partie), *Petit x*, 113, pp. 59 à 88. https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/medias/fichier/113x4_1633083537539-pdf
- Chesnais, A. (2018). *Un point de vue de didactique des mathématiques sur les inégalités scolaires et le rôle du langage dans l'apprentissage et l'enseignement*, Note de synthèse en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université de Montpellier.
- Chesnais, A. (2021a). Comment un ancrage didactique en théorie de l'activité amène à repenser le point de vue de l'élève. Dans H. Chaachoua, A. Bessot, B. Barquero, L. Coulange, G. Cirade,

- P. Job, ... F. Vandebrouck (Eds.), *Nouvelles perspectives en didactique : le point de vue de l'élève, questions curriculaires, grandeur et mesure*.
- Chesnais, A. (2021b). Enhancing classroom discourse about measure to foster a conceptual understanding of geometrical practices. *ZDM Mathematics Education*, 53, 337–357 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01255-0>.
- Chesnais, A. et Constantin, C. (2020). Developing new discourses to deepen students' conceptual understanding in mathematics. *Proceedings of the 7th European Topic Conference ERME – Language in the Mathematics classroom* (Montpellier, 18-21 février 2020).
- Chesnais, A., Constantin, C. et Leblanc, S. (à paraître). Etudier le développement professionnel d'enseignant.e.s accompagné.e.s par des didacticiennes au sein de dispositifs collaboratifs : regards croisés en didactique en analyse de l'activité. A paraître dans la revue *Questions vives* dans le cadre d'un numéro thématique sur l'accompagnement.
- Chesnais, A., Coulange, L., Gandit, M. et Train, G. (2021). Outiller la formation des enseignants de mathématiques par les recherches en didactique sur les pratiques enseignantes. Table ronde au colloque CORFEM 2021 (Strasbourg, 10 et 11 juin 2021).
- Chesnais, A. & Munier, V. (2016). Mesure, mesurage et incertitudes : une problématique inter-didactique mathématiques / physique. In Mathé A.-C. et Mounié E. *Actes du Séminaire national de didactique des mathématiques 2014-2015*.
- Clivaz, S. (2014). Des mathématiques pour enseigner ? Quelle influence les connaissances mathématiques des enseignants ont-elles sur leur enseignement à l'école primaire ? Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Clivaz, S. (2015). French didactique des mathématiques and Lesson Study: A profitable dialogue? *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 4(3), 245-260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/IJLLS-12-2014-0046>. DOI : 10.1108/IJLLS-12-2014-0046
- Clivaz, S., et Takahashi, A. (2020). Lesson Study, enseignement par la résolution de problèmes et neriage : réflexions autour de l'observation d'une leçon de mathématiques. *Revue de Mathématiques pour l'école (RMé) - Ex. Math-Ecole*, 233, 6-15. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/4019>
- Constantin, C. (2021). La substitution : points de vue écologique et sémiolinguistique. *Annales de didactique et de sciences cognitives de Strasbourg*, 26, 183-194.
- Crahay, M., Wanlin, P., Issaieva E. & Laduron I. (2010). Fonctions, structuration et évolution des croyances (et connaissances) des enseignants, *Revue française de pédagogie*, 172 | juillet-septembre 2010, 85-129.
- Desgagné, S. (1998). La position du chercheur en recherche collaborative: illustration d'une démarche de médiation entre culture universitaire et culture scolaire. *Recherches qualitatives*, 18, 77-105.
- Desgagné, S., Bednarz, N., Lebuis, P., Poirier, L. & Couture, C. (2001). L'approche collaborative de recherche en éducation: un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation*, 27(1), 33–64. <https://doi.org/10.7202/000305ar>.
- Equipe AMPERES (2007). Le projet AMPERES (Apprentissages Mathématiques et Parcours d'Etudes et de Recherche dans l'Enseignement Secondaire), vers un autre type de processus d'étude. In Gueudet, G. et Matheron, Y. *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*. IREM de Paris 7.
- Grenier D. (1988). *Construction et étude du fonctionnement d'un processus d'enseignement sur la symétrie orthogonale en sixième*. Thèse de l'université Joseph-Fourier, Grenoble 1.
- Houdement C. (2007) A la recherche d'une cohérence entre géométrie de l'école et géométrie du collège, *Repères IREM*, 67, 69-84.

- Houdement, C. et Kuzniak, A. (2002). Entre géométrie et mesure : le jeu de l'approximation. In Dorier, J.-L. , Artaud, M., Artigue, M., Berthelot, R., Floris, R. (eds) *Actes de la 11^{ème} Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*. La Pensée Sauvage – Editions. Version électronique du cédérom d'accompagnement.
- Jacquier I. (1995) Quelles conceptions des nombres chez des élèves de troisième ? *Petit x*, 41, 27-50.
- Jaubert M., Rebière M. & Bernié J.-P. (2012). *Communauté discursives disciplinaires scolaires et constructions de savoirs : l'hypothèse énonciative*. In : forumlecture.ch, Plate-forme internet sur la littéracie. http://www.leseforum.ch/myUploadData/files/2012_3_Jaubert_Rebiere_Bernier.pdf.
- Joffredo-Lebrun, S. et Morellato, M. « Vers une ingénierie coopérative enseignants / chercheurs ? », Journées IFé 2012. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01091896>
- Laborde, C., Capponi, B. (1994) Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14/1-2, 165-209.
- Lebesgue, H. (1975). *La mesure des grandeurs*. Albert Blanchard. 184 p.
- Margolinas, C. & Laparra, M. (2011). Des savoirs transparents dans le travail des professeurs à l'école primaire. In J. Y. Rochex et J. Crinon (Eds.), *La construction des inégalités scolaires*. Rennes : PUR.
- Masselin, B., Hartmann, F. et Artigue, M. (2023). Étude du rôle des facilitateurs dans un dispositif de lesson study adapté, *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, Thématique 1, 213-260.
- Miyakawa, T., & Winslow, C. (2009). Un dispositif japonais pour le travail en équipe d'enseignants : étude collective d'une leçon. *Education & Didactique*, 3(1), 77-90. <https://journals.openedition.org/educationdidactique/420>
- Paul, M. (2009). Autour du mot « Accompagnement ». *Recherche et formation*, 62, 91-108.
- Perrin-Glorian, M.-J. (1993). Questions didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans des classes «faibles». *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 13(1.2), 5-118.
- Perrin-Glorian, M. J. (2009). L'ingénierie didactique à l'interface de la recherche avec l'enseignement. Développement des ressources et formation des enseignants. Cours à la XV^e école d'été de didactique des mathématiques. (Clermont-Ferrand du 16 au 23 août 2009). https://www.researchgate.net/publication/280853182_En_amont_et_en_aval_des_ingenieries_didactiques
- Perrin-Glorian, M. J. (2019). A l'interface entre recherche et enseignement, les ingénieries didactiques. Actes du congrès : La TACD en questions, questions à la didactique. Rennes : CREAD. https://tacd-2019.sciencesconf.org/data/ACTES_SessionX_Congres_TACD_Rennes_2019.pdf. hal-02314052
- Rebière, M. (2013). S'intéresser au langage dans l'enseignement des mathématiques, pour quoi faire ? In A. Bronner, et al. (éds.) *Questions vives en didactique des mathématiques : problèmes de la profession d'enseignant, rôle du langage*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Robert, A. (2007) Stabilité des pratiques des enseignants de mathématiques (second degré) : une hypothèse, des inférences en formation. *Recherches en didactique des mathématiques*, 27(3), 271-311.
- Robert, A. (2008). La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques et une méthodologie pour analyser les activités (possibles)

- des élèves en classe. Dans F. Vandebrouck (Éd.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 45-68). Toulouse : Octarès.
- Robert, A., Robinet, J. (1989). Représentations des enseignants de mathématiques sur les mathématiques et leur enseignement. IREM de Paris, Cahier de DIDIREM, 1. <hal-02134765>.
- Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double-approche. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, Vol. 2, 4, 505-528.
- Robert, A. et Rogalski, M. (2002). Comment peuvent varier les activités mathématiques des élèves sur des exercices ? Le double travail de l'enseignant sur les énoncés et sur la gestion en classe, *Petit x*, 60, 6-25.
- Robert, A. & Vandebrouck, F. (2014). Proximités-en-acte mises en jeu en classe par les enseignants du secondaire et ZPD des élèves : analyses de séances sur des tâches complexes. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 34 (2/3), 239-285.
- Roditi, E. et Trgalova, J. (2016). Collectifs de professeurs et de chercheurs. Y. Matheron et. al. *Enjeux et débats en didactique des mathématiques*, La Pensée Sauvage, pp.183-202, 978 2 85919 315 7. halshs-01403284
- Rogalski, J. & Robert, A. (2015). De l'analyse de l'activité de l'enseignant à la formation des formateurs Le cas de l'enseignement des mathématiques dans le secondaire. Dans : Valérie Lussi Borer éd., *Analyse du travail et formation dans les métiers de l'éducation* (pp. 93-113). Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.lussi.2015.01.0093>.
- Sensevy, G., Forest, D., Quilio, S. et Morales, G. (2013). Cooperative engineering as a specific design-based research. *ZDM, The International Journal on Mathematics Education*, 45(7), 1031-1043.
https://www.researchgate.net/publication/265092495_Cooperative_engineering_as_a_specific_design-based_research
- Theureau, J. (2010). Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, 4(2), 287-322.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2-3), 133-170.
- Vergnaud, G. (2011). Au fond de l'action, la conceptualisation. Dans : Jean-Marie Barbier éd., *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 275-292). Paris cedex 14: PUF.
<https://doi.org/10.3917/puf.barbi.2011.01.0275>"