# BLANDINE MASSELIN, FRÉDÉRIC HARTMANN, MICHÈLE ARTIGUE

# ÉTUDE DU RÔLE DES FACILITATEURS DANS UN DISPOSITIF DE LESSON STUDY ADAPTÉ

Abstract. Study of the role of facilitators in an adapted lesson study device. The purpose of this article is to study the role of facilitators in professional development activities adapted from Lesson Studies, known as LSa. This requires a systemic approach, which takes into account the multiple actors of this device who work in various groups and institutions. After briefly describing the LSa device and specifying the theoretical framework and methodology of this research, we highlight the diversity of the roles assumed by the facilitators and the associated border crossings, focusing in particular on the circulation of three identified boundary objects (the avatar, the video library and the roadmap) during the development and successive implementations of the device.

**Keywords.** adapted lesson study, facilitator, boundary object, boundary crossing, institution.

Résumé. Le propos de cet article est d'étudier le rôle des facilitateurs dans des formations adaptées des Lesson Studies, dénommées LSa. Cela nécessite une approche systémique, permettant de prendre en considération de multiples acteurs du dispositif évoluant dans des collectifs et institutions variés. Après avoir brièvement décrit le dispositif LSa et précisé le cadre théorique et la méthodologie de cette recherche, nous mettons en évidence la diversité des rôles endossés par les facilitateurs et les franchissements de frontières associés, en nous centrant plus particulièrement sur la circulation de trois objets frontière identifiés (l'avatar, la vidéothèque et la feuille de route) au cours de l'élaboration et d'implémentations successives du dispositif LSa.

**Mots-clés.** étude de classe, lesson study adaptée, facilitateur, objet frontière, franchissement de frontières, institution.

# 1. Introduction

Le dispositif de développement professionnel des enseignants dénommé *jugyo kenkyu*, littéralement « étude de leçon » s'est mis en place au Japon il y a plus d'un siècle (Fernandez & Yoshida, 2004). Dans ce dispositif, pour répondre à une question d'enseignement, un groupe d'enseignants prépare une leçon en s'appuyant sur l'étude de ressources curriculaires et scientifiques et éventuellement l'aide d'experts et/ou de chercheurs. Cette leçon, réalisée par l'un d'eux avec des élèves dans une classe, en présence des autres enseignants en position d'observateurs, est suivie d'une discussion approfondie. Cette démarche s'inscrit souvent dans un projet de recherche d'un groupe d'enseignants d'un même établissement, suscité par

**ANNALES de DIDACTIQUE et de SCIENCES COGNITIVES**, numéro thématique 1, p. 213 - 260. © 2022, IREM de STRASBOURG.

exemple par une innovation curriculaire. Il existe cependant des types différents de jugyo kenkyu, organisés à différentes échelles, école, ville, préfecture, et même des réalisations publiques menées à l'occasion de colloques qui rassemblent un très grand nombre d'enseignants (Batteau & Miyakawa, 2020 ; Isoda et al., 2007). Des études associées à l'évaluation TIMSS ont attiré l'attention internationale sur ce dispositif (Stiegler & Hiebert, 1999) qui, au cours des deux dernières décennies, s'est répandu dans le monde entier sous l'appellation de Lesson Study<sup>1</sup> (Huang, 2019; Lewis & Hurd, 2011; Miyakawa & Winslow, 2009). A partir du concept initial, de multiples variantes se sont ainsi développées, dans un souci d'adaptation aux contextes locaux. En particulier, les acteurs intervenant dans le dispositif pour soutenir et accompagner le travail des enseignants, leur rôle exact, leurs modalités d'action et de collaboration avec les enseignants varient suivant ces adaptations. Au Japon, par exemple, il est usuel (mais pas obligatoire) d'inviter une personne extérieure à enrichir par un long commentaire final la discussion qui suit la réalisation en classe (Takahashi, 2014; Watanabe & Wang-Iverson, 2005). Cette personne est dénommée knowledgeable other dans des écrits scientifiques en langue anglaise sur les LS (Takahashi, 2014). Par ailleurs, des chercheurs universitaires peuvent quelquefois prendre part au dispositif, avec un degré d'implication ou un rôle variable.

Les travaux de recherche portant sur les LS ont étudié les opportunités que ces dispositifs offrent pour le développement professionnel des enseignants, voire pour leur formation initiale, avec une littérature chaque année plus abondante. En revanche, moins de recherches ont directement porté sur le travail des accompagnants des enseignants et sur les effets de cet accompagnement. Ce manque a été pointé en 2014 par Takahashi dans son étude sur le rôle des *knowledgeable others*. Après avoir souligné que différents chercheurs ont montré l'importance de l'expertise externe fournie par ces *knowledgeable others* dans l'efficacité des LS, et listé un certain nombre de questions posées par ceux qui, à l'extérieur du Japon, veulent développer de telles pratiques, il écrit :

But, because this practice developed organically in Japan and has never been studied, answers to these questions have been hard to find, and this absence of explicit information about the work of knowledgeable others is an impediment to developing effective support to lesson study outside of Japan. (Ibid, p.3)

Il étudie dans cet article, de façon détaillée, le travail de trois *knowledgeable others* qui ont été chargés des commentaires finaux, dans les LS associées au projet de recherche d'une école primaire publique de la région de Tokyo qui s'est déroulé sur une durée de deux années. Ces trois personnes ont une très grande expérience de

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> « Lesson Study » sera abrégé en LS dans la suite de l'article.

l'enseignement primaire et des LS auxquelles elles sont fréquemment associées. L'étude met bien en évidence l'importance de leurs apports, dans trois dimensions :

- apporter de nouvelles connaissances issues de la recherche ou du curriculum, en les reliant à des exemples concrets pris dans la leçon;
- montrer la connexion entre théorie et pratique en reliant les commentaires à la thématique de recherche dans laquelle la LS s'inscrit;
- à un niveau méta, aider les participants à apprendre comment réfléchir sur l'enseignement et l'apprentissage et proposer de nouvelles pistes de réflexion.

L'auteur souligne aussi l'expertise qui sous-tend la qualité de leurs interventions, une expertise qui, au Japon, se construit visiblement par l'expérience et sur une longue durée.

Se situant dans un contexte d'adaptation des LS japonaises, Clerc-Georgy et Clivaz (2016) ont également contribué à une meilleure connaissance des rôles des accompagnants qu'ils dénomment facilitateurs, et de l'influence de ceux-ci sur le partage de savoirs entre facilitateurs et enseignants au sein du dispositif. Pour cela, ils ont utilisé des LS développées en formation continue à la HEP (Haute École Pédagogique) de Lausanne et étudié l'évolution des rôles des facilitateurs entre un premier cycle LS et un quatrième cycle ayant lieu 18 mois plus tard, avec le même collectif d'enseignants et formateurs. Selon les chercheurs, les facilitateurs adoptent dans ce contexte divers rôles suivant les moments.

Le facilitateur, dans notre contexte, est une sorte de caméléon : chercheur, formateur, enseignant, pédagogue, didacticien, mathématicien... qui habite tour à tour ces différents rôles sans en avoir toujours conscience et probablement dans une certaine opacité pour les autres participants. (Clerc-Georgy & Clivaz, 2016, p. 205)

Dans un article plus récent (Clivaz & Clerc-Georgy, 2020), ces auteurs reviennent sur les rôles des facilitateurs, à partir de leur propre expérience de facilitateur dans le dispositif mis en place à la HEP de Lausanne. Ils distinguent quatre rôles : organisateur, formateur, chercheur et membre du groupe<sup>2</sup>. Dans son rôle d'organisateur, le facilitateur présente le dispositif dans les écoles, recrute les enseignants, négocie avec les autorités, pilote les réunions et y crée un climat de confiance, gère les problèmes matériels, etc. Dans son rôle de formateur, il guide les discussions, stimule la réflexion par ses questions et soutient sa progression dialogique, mais il crée également et maintient un climat de confiance, encourage la participation de chacun, l'écoute mutuelle, etc. Dans ce rôle, il peut aussi à certains

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Ces rôles sont nommés convenor, teacher trainer, researcher et group member dans l'article.

moments se mettre en position d'expert apportant des réponses à des questions mathématiques ou didactiques précises, des ressources externes, ou des commentaires critiques dans la discussion post-leçon comme le ferait un *knowledgeable other*. Pour ces auteurs, le facilitateur peut prendre un rôle de chercheur de deux façons, suivant que sa recherche s'intègre à la recherche commune menée par le groupe, ou que sa recherche, à un niveau méta, concerne le dispositif LS lui-même. Dans le premier cas, selon eux, il agit en quelque sorte comme un *role-model*, sachant que les LS visent justement à aider les enseignants à adopter une certaine posture de recherche, de questionnement sur leur pratique. Enfin, à certains moments, le facilitateur peut être simplement un membre du groupe comme les autres essayant de répondre avec eux à des questions ou de faire face à des difficultés. Comme le soulignent les auteurs, ces rôles ne se succèdent pas, souvent ils coexistent, alternent et s'influencent mutuellement tout au long du processus, et cette situation peut être source de tensions.

La recherche présentée dans cet article vise à contribuer à l'avancée des connaissances dans ce domaine en s'interrogeant sur les rôles de facilitateurs dans des Lesson Studies adaptées au contexte français de formation, notées LSa dans la suite. Elles ont été mises en place dans l'académie de Normandie depuis 2016, en liaison étroite avec l'Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques (IREM) de Rouen et grâce à des partenariats multiples (Masselin & Derouet, 2019). Dans cette adaptation, les facilitateurs sont enseignants du secondaire, animateurs IREM³ et formateurs académiques, enseignants-chercheurs rattachés principalement au laboratoire de didactique André Revuz (LDAR)⁴. Notre recherche étudie leur(s) rôle(s) dans le dispositif, leurs interactions, ainsi que les évolutions observées au fil de réalisations successives d'une LSa sur un même thème, entre 2017 et 2020. Pour les dénommer, nous reprenons le terme de facilitateur utilisé par Clivaz et Clerc-Georgy. Comme nous le verrons dans la suite, le terme prend, dans cette recherche, une acception particulièrement large, vu les spécificités du dispositif LSa.

Dans cet article, après avoir présenté les principales caractéristiques du dispositif LSa (section 2), nous précisons le cadre théorique de cette recherche et nous affinons nos questions de recherche à la lumière de ce cadre théorique (section 3). Nous

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Le terme « animateur » est traditionnellement utilisé pour dénommer les enseignants, formateurs d'enseignants, enseignants-chercheurs, qui participent, à temps partiel, aux activités d'un IREM. Organisés en groupes de travail, ils contribuent aux trois missions des IREM: recherche, formation continue des enseignants, production de ressources pour l'enseignement et la formation (https://www.univ-irem.fr/spip.php?article6).

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Deux chercheurs du LISEC (Laboratoire interuniversitaire des sciences de l'éducation et de la communication) et de l'EFTS (Éducation, Formation, Travail, Savoirs) interviennent également.

présentons ensuite les choix méthodologiques effectués (section 4), avant d'en venir aux résultats des analyses menées (section 5). Nous concluons en discutant ces résultats et ouvrant vers des perspectives de recherche (section 6).

## 2. Le dispositif LSa dans l'académie de Normandie

Le dispositif LSa a émergé au sein du groupe « Activités »<sup>5</sup> de l'IREM de Rouen créé en 2015 sur le thème « Mathématiques et quotidien ». Ce groupe a participé à la rédaction d'une ressource curriculaire nationale sur ce thème pour accompagner la réforme de l'école primaire et du collège de 2016, dans le cadre d'un partenariat entre le réseau des IREM et le ministère de l'Éducation nationale (DGESCO, IGEN, IREM de Caen & IREM de Rouen, 2016). Cette ressource inclut des situations expérimentées au sein du groupe, appelant à une réflexion sur la part de modélisation mathématique laissée aux élèves. Le groupe a ensuite été chargé d'organiser, au niveau académique, des formations pour promouvoir cette ressource. Suite à un contact avec Stéphane Clivaz, le groupe a décidé de s'inspirer du dispositif qu'il décrivait pour les formations à mettre en œuvre. Deux premières formations ont été organisées en parallèle et c'est ainsi que le dispositif s'est mis en place dans l'académie de Normandie.

## 2.1 Un processus adapté des LS

Le dispositif de formation LSa, tel que développé dans l'académie de Normandie, est fondé sur une adaptation du processus itératif des LS décrit en un cycle (Fig.1) par Clivaz (2015, p.25 d'après Lewis & Hurd, 2011).

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Le groupe « Activités » de l'IREM de Rouen comporte à l'origine, en 2015, trois enseignants de mathématiques de l'enseignement secondaire (notés B, F, L dans la suite) dont deux, B et F, sont co-auteurs de l'article. Un enseignant le rejoint en 2016 (noté S) et quatre autres en 2017 (notés Ma, J, Ar et Am).

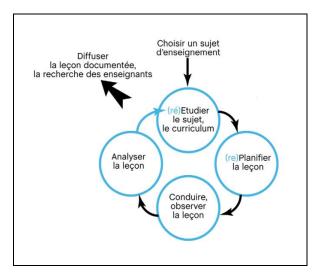


Figure 1. Processus des LS (Clivaz, 2015)

Comme le contexte d'émergence décrit ci-dessus le laisse présager, les adaptations ne sont pas mineures. Les plus importantes proviennent en partie de contraintes institutionnelles (Masselin, 2020). Celles-ci ont conduit le groupe IREM à apporter une situation<sup>6</sup> initiale en formation (voir annexe 1), alors que dans les LS ce choix émane du collectif enseignant. Cette situation est élaborée par le groupe IREM dans un premier temps qualifié par ce groupe de « LS interne » (voir 2.2). Les contraintes ont aussi conduit à l'hybridation de la formation avec l'utilisation d'une plateforme à distance entre les séances en présentiel, limitées à trois journées. La classe d'élèves, lieu d'expérimentation et d'observation collective, est mise à disposition ; elle n'est sous la responsabilité d'aucun enseignant participant. Ceci est dû à la nature du collectif, formé d'enseignants géographiquement éloignés qui volontairement inscrits à la formation. Pour enrichir l'analyse a priori de la situation et aider la planification de la leçon, le groupe IREM introduit par ailleurs des extraits de vidéos de classe réalisées pendant la LS interne. Enfin, pour enrichir l'écrit documenté sur la leçon de recherche, il est demandé aux enseignants du dispositif LSa d'expérimenter (individuellement ou à plusieurs) la situation dans leur propre classe avant la dernière journée en présentiel. Ils peuvent, s'ils le souhaitent, adapter l'énoncé ou le scénario ou même choisir un autre niveau de classe.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Ce qui est appelé situation en LSa est un germe de situation, constitué d'un problème offrant une large possibilité d'adaptations de la part des enseignants. Sa résolution inclut souvent une part de modélisation, et plusieurs procédures de résolution sont envisageables.

#### 2.2 La structure en trois boucles de la formation

Comme développeurs du dispositif LSa, nous avons repéré trois boucles (Fig.2) afin de décrire sa structure dans une vision dynamique d'entrainement. Les trois boucles (notées respectivement B1, B2 et B3) témoignent de la reproduction d'une certaine structure avec cependant des variations. En particulier elles diffèrent par les collectifs et les classes d'élèves impliqués.

Une boucle peut être constituée de plusieurs cycles. Pour une même LSa, la première boucle B1 peut se réaliser plusieurs fois au sein du collectif des animateurs IREM. Des itérations de la boucle B2 se réalisent mais elles concernent chaque fois de nouveaux collectifs constitués d'enseignants, de deux animateurs et d'un chercheur. Concernant la boucle B3, différents enseignants ayant participé à la boucle B2 font des expérimentations, mais ce ne sont pas toujours des cycles à proprement parler car les expérimentations ne sont pas partagées en direct entre tous les enseignants du collectif de B2.

A la fin de chaque boucle, des artefacts sont produits et réinjectés dans la boucle suivante. L'avatar (Masselin, 2019) est l'incarnation d'un problème à un moment donné, autrement dit l'énoncé ainsi que les questions et instructions l'entourant donnés par un enseignant (ou un collectif) à une classe. La vidéothèque est un ensemble de courts extraits vidéo (moins de 2 mn) issus d'expérimentations menées en B1, retenus pour B2 et codés. La feuille de route (annexe 4) est un triplet composé d'un énoncé fixé à partir de l'avatar, d'un scénario et d'une grille d'intervention de l'enseignant. Ainsi, à la fin de B1, ces outils de formation sont injectés dans B2. À la fin de B2, suite à la séance de classe et à son analyse a posteriori, la feuille de route est actualisée. Son contenu est disponible pour les enseignants en B3. Le détail de chacune des boucles et leur articulation avec les trois journées de formation en présentiel, notées J1, J2 et J3 sont précisés par la suite.

La boucle 1 (B1): Différents cycles sont menés sur une situation à partir d'un énoncé initial proposé par un enseignant du groupe IREM. D'autres animateurs du groupe testent ensuite diverses versions de la situation (comme en figures 4 et 5) individuellement dans leurs classes, souvent sur plusieurs niveaux, pour en dévoiler les potentialités pour la formation. S'ensuit une séance collectivement préparée, observée par tous et filmée dans une classe en direct, puis analysée collectivement. Des extraits vidéo sont retenus pour être montrés aux enseignants en B2. Cette LS interne est partagée uniquement entre chercheurs et animateurs IREM. Il arrive qu'elle soit renouvelée afin de stabiliser un germe de situation et de mieux outiller les facilitateurs en position de formateur dans B2.

La boucle 2 (B2): Elle se déroule en trois étapes. L'étape 1, en J1, consiste en la préparation collective d'une séance par les enseignants à partir de la situation

proposée. Les enseignants résolvent d'abord individuellement le problème et une solution est partagée collectivement. Le collectif effectue ensuite une analyse *a priori* de la situation à partir d'une grille d'amorce d'analyse *a priori* fournie (annexe 2) en recherchant en particulier des procédures et des difficultés potentielles d'élèves. Lors de la mise en commun des éléments de cette grille, des extraits vidéos de B1 sont présentés pour enrichir les échanges. Le collectif prépare ensuite une séance de classe à partir de l'analyse *a priori* et réalise une feuille de route, triplet composé d'un énoncé, d'un scénario et d'une grille d'intervention de l'enseignant. Celle-ci pourra également s'enrichir d'extraits vidéo issus de B1. Cet enrichissement est matérialisé sur la figure 2 par la flèche en pointillés. À la fin du premier jour, l'énoncé est fixé mais la préparation n'est pas terminée. Le collectif est alors invité à poursuivre le travail initié sur une plateforme à distance.

Les étapes 2 et 3 ont lieu en J2. Le matin, un des enseignants, dit enseignantexpérimentateur, met en œuvre le projet collectif de séance dans une classe prêtée pour la formation et le reste du collectif observe en direct la leçon de recherche (étape 2).

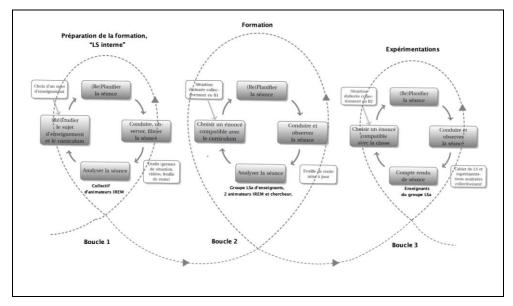
L'après-midi, étape 3, le collectif réalise une analyse *a posteriori* de la séance à partir des observations effectuées, tout en recherchant des alternatives et le chercheur présent fait une synthèse en fin de journée. La feuille de route est aussi actualisée collectivement et les enseignants sont invités à tester la situation dans leurs classes, tout en pouvant modifier l'énoncé ou le scénario.

La boucle 3 (B3): À partir de la feuille de route actualisée, les enseignants expérimentent la situation avec plus ou moins d'adaptations dans leurs classes, individuellement ou à plusieurs. Ils réalisent des comptes rendus afin de pouvoir témoigner en J3 de ces expérimentations. J3 a lieu environ cinq mois après J2. Elle débute par un temps de partage des expérimentations. Les facilitateurs réalisent alors des apports de connaissances didactiques et mathématiques selon les besoins détectés tout au long de la formation. L'après-midi de J3, le collectif initie l'écriture collective d'un cahier de Lesson Study<sup>7</sup>. Il est finalisé par les facilitateurs, puis diffusé (Masselin, 2020a).

Les liens entre les trois boucles (Fig.2) sont maintenus par des animateurs du groupe IREM qui occupent la position de formateur dans B2.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Quatre de ces cahiers de Lesson Study se trouvent dans l'ouvrage collectif (Masselin, 2020), d'autres sont accessibles à l'adresse https://irem.univ-rouen.fr/cahiers-de-ls



**Figure 2**. Trajectoire en trois boucles du dispositif de formation LSa (adapté de Masselin, 2019)

# 3. Cadre théorique et questions de recherche

## 3.1 Cadre théorique

Le dispositif LSa décrit ci-dessus est donc un dispositif de formation à visée de développement professionnel basé sur une vision collaborative de ce développement. Il fait intervenir une diversité d'acteurs qui appartiennent à différents collectifs institutionnels (corps académiques d'inspection pour l'enseignement primaire et secondaire, groupe IREM, collectif des formateurs académiques en mathématiques, laboratoires de recherche, collectifs d'enseignants d'établissements donnés, écoles élémentaires ou collèges...). Certains ont appartenu ou appartiennent simultanément à plusieurs de ces collectifs. En accord avec les résultats des recherches déjà citées de Clerc-Georgy et Clivaz (2016, 2020), nous faisons l'hypothèse que les facilitateurs vont, de façon consciente et prévue mais peut-être aussi parfois de façon non consciente ou imprévue, jouer divers rôles. Nous faisons aussi l'hypothèse que l'étude et la compréhension de ces rôles, de leur évolution au cours du temps, comme des interactions avec les enseignants engagés dans la formation, nécessite de prendre en compte les appartenances institutionnelles et les mouvements entre collectifs institutionnels. C'est pourquoi nous nous appuyons sur les notions d'institution et de position institutionnelle telles que définies dans la théorie anthropologique du didactique (TAD) (Chevallard, 2019). La notion d'institution est en effet centrale dans la TAD. Elle y a une acception large, incluant toute organisation sociale présentant une certaine stabilité, école, classe, famille, etc. Dans chaque institution existent généralement plusieurs positions, par exemple dans une classe, la position d'enseignant et celle d'élève, et pour comprendre les relations entre les personnes et les institutions, il est important de faire intervenir ces positions et leur évolution éventuelle. Dans le dispositif LSa, le groupe IREM « Activités » de l'IREM de Rouen est une institution essentielle. Dans cette institution, en accord avec la vision idéologique qui est celle des IREM depuis leur création, il existe une position principale, celle d'animateur. Une seconde institution essentielle est le collectif LSa qui se constitue lors de B2. Dans ce collectif, la terminologie utilisée par les créateurs du dispositif distingue clairement au moins trois positions : celle d'enseignant, celle de formateur et celle de chercheur. Les personnes en position de formateur et de chercheur font partie des facilitateurs du dispositif. Dans certains cas, il existe aussi une position d'observateur du dispositif. Au fil des itérations, différents collectifs se constituent, partageant certains membres, et des changements de position peuvent aussi intervenir. D'autres institutions interviennent aussi, par exemple les deux laboratoires de recherche déjà cités. Nous les préciserons ainsi que les positions associées au fur et à mesure des nécessités de l'analyse.

Le dispositif LSa met en relation différents collectifs institutionnels entre lesquels naviguent les facilitateurs et nous faisons l'hypothèse que, pour comprendre leurs rôles, il peut être intéressant de les voir comme des passeurs de frontières. C'est pourquoi un second appui théorique pour cette recherche est constitué par les notions de *boundary crossing* et *boundary object* que nous traduisons par franchissement de frontière et objet frontière. Plus précisément, nous comprenons la notion d'objet frontière telle que définie dans Star et Griesemer (1989):

both inhabit several intersecting worlds and satisfy the informational requirements of each of them... [They are] both plastic enough to adapt to local needs and the constraints of the several parties employing them, yet robust enough to maintain a common identity across sites. They are weakly structured in common use, and become strongly structured in individual site use. (Ibid, p. 393)

Et suivant Akkerman et Bakker (2011), nous concevons le franchissement de frontière comme lié à des différences conduisant à une discontinuité dans l'action ou l'interaction. Dans le contexte particulier des LS, cet appui théorique a déjà été productivement utilisé par Wake et al. (2016). S'appuyant sur la *Cultural historical activity theory* (Engeström, 2001), ils considèrent l'enseignant engagé dans un groupe LS comme participant à deux systèmes d'activité, l'un comme enseignant dans sa classe, l'autre comme membre du groupe LS, et le plan de leçon comme un objet frontière entre ces deux systèmes d'activités.

Dans une recherche plus récente impliquant des collaborations entre enseignants et chercheurs au Japon et au Royaume Uni (Wake et al., 2020), cette perspective est étendue à des contenus mathématiques (droite numérique, vecteurs) et outils

didactiques et les auteurs montrent comment ces objets frontières contribuent au développement professionnel visé par le dispositif LS mis en place, à savoir une meilleure cohérence curriculaire. Dans le dispositif LSa, trois outils didactiques jouent un rôle clef, comme esquissé en section 2 : l'avatar, la banque d'extraits vidéo et la feuille de route qui n'est pas sans rapport avec le plan de leçon japonais. Leur développement débute dès la boucle 1 dans le groupe IREM et, même s'ils gardent leur identité, ils évoluent au fil des boucles du fait du travail conjoint au sein des différents collectifs constitués et des fonctions qu'ils prennent dans ces collectifs. Ils sont pensés pour devenir des outils didactiques réutilisables par les différents acteurs dans d'autres contextes. Du fait de ces caractéristiques qui se retrouvent dans la définition de Star et Griesemer citée ci-dessus, nous faisons l'hypothèse que l'on peut considérer les avatar, feuille de route et vidéothèque comme des objets frontières et qu'en tant que tels, ils peuvent nous aider à structurer l'analyse des rôles des facilitateurs.

Par ailleurs, s'appuyant aussi sur la TAD, Miyakawa et Winsløw (2019) ont introduit la notion d'infrastructure para-didactique pour désigner l'ensemble des conditions et contraintes systémiques qui conditionnent les pratiques professionnelles de l'enseignant, au-delà de sa seule activité en classe. Ils organisent cette infrastructure para-didactique suivant trois composantes : les structures institutionnelles, les cadres existants pour l'étude et la recherche des enseignants (colloques, ateliers, leçons ouvertes...), les media utilisés ou produits par les enseignants, en distinguant différents niveaux, du niveau national à celui de l'école. S'appuyant sur une étude de cas, ils montrent l'importance de prendre en compte cette infrastructure paradidactique pour comprendre le potentiel qu'offrent les LS telles que pratiquées au Japon pour le développement professionnel des enseignants. Après les notions d'institution et de position institutionnelle, puis de franchissement de frontière et d'objet frontière, la notion d'infrastructure para-didactique est donc le troisième outil théorique que nous mobilisons dans cette recherche pour soutenir la perspective systémique qui est la nôtre. Cette perspective nous aide à ne pas sous-estimer cette dimension para-didactique dans l'étude du dispositif LSa, et à appréhender comment elle conditionne l'action et les rôles des facilitateurs. Dans le contexte français, par exemple, le réseau des IREM constitue, depuis les années 70, un élément important de l'infrastructure para-didactique soutenant le développement professionnel des enseignants de mathématiques. C'est aussi au sein des IREM qu'a émergé et s'est développée la recherche didactique française. Ce n'est donc pas un hasard si c'est au sein de ce réseau qu'a émergé le dispositif LSa, et ce d'autant plus que, comme montré par Clivaz (2015), il existe des similarités entre le fonctionnement des groupes IREM et des groupes LS. Le dispositif LSa, les pratiques des facilitateurs, sont donc, sans aucun doute, influencés par les visions de la recherche, de la production de ressources et du développement professionnel des enseignants portées par le réseau des IREM depuis sa création.

#### 3.2 Questions de recherche

Dans le dispositif LSa étudié ici, de multiples acteurs sont intervenus et ont agi, à des degrés divers, comme des facilitateurs, comme souligné ci-dessus. En cohérence avec notre cadre théorique, nous précisons nos questions de recherche et nous nous centrerons sur les questions suivantes :

QR1: quels rôles peut-on identifier pour ces facilitateurs, selon les boucles du dispositif et comment ces rôles évoluent-ils au fil des itérations du processus? Comment ces rôles sont-ils liés à leurs appartenances et positions institutionnelles? Comment ces rôles sont-ils liés aux interactions entre collectifs institutionnels?

QR2 : comment les trois objets frontières que nous avons identifiés contribuent-ils à ces rôles et interactions, comment circulent-ils, et comment objets et circulation évoluent-ils au cours du temps ?

QR3 : comment les éléments d'infrastructure para-didactique influencent-ils ces rôles, les interactions et circulations observées ?

## 4. Méthodologie de recherche

Dans cette section, nous précisons d'abord la série de LSa considérée et les facilitateurs sur lesquels cet article va plus particulièrement se centrer. Nous présentons ensuite les trois objets frontières déjà mentionnés autour desquels l'analyse des rôles des facilitateurs est organisée. Nous indiquons enfin les données sélectionnées et leur traitement.

#### 4.1 La série de LSa étudiée

Seize LSa ont été réalisées entre 2016 et 2021 à partir de diverses situations. Dans cette étude, nous nous appuyons sur une série de six LSa sur la situation dite de la « Caisse » présentée en annexe 1, qui semble pouvoir offrir un riche travail mathématique et didactique (Hartmann & Masselin, 2020). Elles ont été réalisées sur trois années consécutives avec deux collectifs d'enseignants distincts chaque année. Outre le nombre important d'itérations et le potentiel de la situation, le choix de cette série a été motivé par le fait que les LSa « Caisse » nous semblent bien représentatives du travail entrepris par le groupe IREM sur les rapports entre mathématiques et vie quotidienne, ainsi que de la façon dont ce travail se réflète dans les LSa. A ceci s'ajoute le fait que les LSa « Caisse » s'inscrivent aussi dans une problématique de liaison entre cycles, ici au niveau du cycle 3 en France, à cheval sur l'école primaire et le collège depuis la réforme curriculaire de 2016. Elles répondent donc également au besoin de développement de formations de liaison école-collège.

## 4.2 Les facilitateurs retenus pour l'étude

De nombreux facilitateurs interviennent dans les LSa, comme cela a déjà été souligné. Dans cet article, nous nous centrons plus particulièrement sur deux d'entre eux, Hartmann (noté F) et Masselin (B), co-auteurs de l'article, en raison de leur forte implication dans le développement des LSa. B et F sont enseignants de collège. Ils sont également animateurs à l'IREM de Rouen et membres du groupe « Activités » de l'IREM depuis sa création en 2015. Depuis 2020, ils font de plus partie d'un groupe académique incluant cinq formateurs (Référents Mathématiques Académiques), des Inspecteurs (du 1er et 2nd degré). Par ailleurs, après avoir obtenu en 2016 un master didactique de formation de formateurs, B a préparé au sein du LDAR un doctorat<sup>8</sup> en didactique des mathématiques, soutenu en 2019, et est depuis chercheuse associée à ce laboratoire.

Le tableau 1 précise, pour les LSa « Caisse », les facilitateurs qui sont intervenus dans la boucle B1 et les première et dernière itérations de B2 qui seront plus particulièrement étudiées, avec leur position institutionnelle dans les boucles correspondantes. Nous noterons que B et F sont chaque fois présents.

Boucle	B1	B2 première itération	B2 dernière itération
Année	2017-2018	2017-2018	2019-2020
(lieu)	(St Martin du V.)	(Lillebonne)	(Maromme)
Facilitateurs	Les animateurs du	Formateurs: F, B	Formateurs : F, Ma
et position	groupe IREM: F, B,	Observateurs : Ma et J	Chercheures in: Ch, B
institutionnelle	J, S, L	Chercheure in : C	Contact-
	Chercheure off: M	Contact-	établissement
	Contact-	établissement	d'expérimentation :
	établissement	d'expérimentation : F	Ma
	d'expérimentation : B		

Tableau 1. Positions institutionnelles des facilitateurs dans les boucles étudiées

Dans chaque boucle du dispositif, notons la présence de chercheurs in et off. Un chercheur off est un chercheur qui interagit avec des animateurs IREM en répondant à leurs questions éventuelles émanant de B1. Il n'est pas physiquement présent lors de la formation en B2 mais ses éléments de réponse au groupe IREM sont insérés dans le dispositif. Un chercheur in participe à la formation sans nécessairement avoir été le chercheur off. Il apporte son point de vue de chercheur durant B2.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Sa thèse porte sur l'étude du travail des enseignants autour de la simulation en probabilité et comporte une étude menée sur deux collectifs ayant vécu une LSa.

#### 4.3 Les objets frontières analysés

Des outils didactiques spécifiques ont été élaborés pour les LSa et sont décrits précisement dans un ouvrage (Masselin, 2020a, pp. 21-60). Ils soutiennent la préparation de la formation et ses implémentations, ainsi que la communication entre les différents acteurs (Hartmann & Masselin, 2020). Comme indiqué dans la section 3, nous nous focalisons dans cette étude sur trois de ces outils didactiques, l'*avatar*, la *vidéothèque* et la *feuille de route*.

Nous jugeons ces trois objets essentiels dans l'élaboration et le fonctionnement du dispositif LSa et les considérons comme des objets frontières pour les raisons données en 3.1. L'étude de leur émergence, de leur élaboration, de leurs usages, des évolutions constatées au fil des boucles et des itérations du dispositif, nous semble pouvoir mettre en lumière divers rôles joués par les facilitateurs, identifier les franchissements de frontières et leurs effets.

#### 4.4 Les types de données et leur traitement

Pour identifier les différents rôles des facilitateurs dont le travail débute dès l'élaboration de la formation, nous disposons d'une très grande diversité de données. Il s'agit de descriptifs de formation, échanges de courriels, extraits filmiques de séances de classe, productions d'élèves et d'enseignants, comptes rendus d'expérimentations et de réunions, notes d'observations, comptes rendus écrits de séances de formation, journal de bord de groupe à distance, etc. Pour mener l'étude, nous avons cherché à constituer un corpus prenant en compte à la fois les boucles B1 et B2, et les trois outils didactiques sélectionnés, mais restant d'une ampleur exploitable. Ceci a abouti à la sélection de 33 données, jugées suffisamment représentatives des LSa étudiées par deux des co-auteurs, aussi développeurs des LSa. Ces données proviennent de la boucle B1 effectuée début 2017 et de deux réalisations de B2 : la première itération avec des enseignants en 2017 et la dernière itération en 2020. Elles ont fait l'objet d'un codage systématique : nature de la donnée et date, information synthétique sur le contenu de la donnée, acteurs et institutions associés, rôles. Le tableau joint en annexe 3 en donne une version synthétisée pour que la taille du document reste raisonnable. Ces données et codages ont soutenu les analyses qui ont été menées en suivant chronologiquement, au fil des itérations de LSa, l'élaboration, la circulation et l'évolution des trois objets frontières, et identifiant les rôles joués par les facilitateurs, notamment B et F, dans ces processus.

#### 5. Analyse des données

Comme précisé dans la section précédente, l'analyse des données a été organisée autour de trois outils didactiques considérés comme des objets frontières. Nous reprenons cette structuration dans cette section avec trois sous-sections

respectivement consacrées à l'avatar, la vidéothèque et la feuille de route. Nous complétons par une sous-section consacrée à l'évolution des rôles de B et F au fil du développement du dispositif.

#### 5.1 L'avatar

Dans le dispositif LSa, l'avatar joue un rôle important dès B1 mais il évolue grâce aux analyses vidéo réalisées pour la vidéothèque qui sera utilisée en formation dans les boucles B2 et il se stabilise donc relativement vite, contrairement aux deux autres objets frontières qui seront étudiés ensuite. Pour les LSa « Caisse », l'avatar a son origine dans l'initiative de F qui, comme enseignant, décide d'adapter une situation trouvée sur le site web de l'académie d'Aix-Marseille<sup>9</sup> pour une de ses classes de collège, en juin 2017. Il produit donc un premier avatar (Fig.3) qui est partagé avec les autres membres du groupe IREM lors d'une réunion en septembre 2017.

Lors de cette réunion, il rend compte de son choix d'énoncé, du scénario retenu et de la mise en œuvre dans sa classe, ce qui convainc ses collègues du potentiel de cette situation pour une éventuelle LSa. Dans cette phase, F joue donc au sein du groupe IREM un rôle particulier. Il centre le travail du collectif d'animateurs sur la situation de la caisse. C'est pourquoi nous le dénommons *catalyseur*. Nous observons là une première différenciation des rôles au sein du groupe IREM. Par la suite, F participera en tant que formateur à trois itérations de la LSa « Caisse », avec divers rôles. Dans les LSa, il y a toujours un catalyseur qui est un animateur du groupe IREM. Il participe toujours au moins à quelques itérations. Un catalyseur n'est pas donc pas réduit à ce rôle.

Le travail du groupe se focalise alors sur la situation apportée par F, avec l'objectif de l'exploiter en LSa. Deux autres membres du groupe (B et S) proposent d'endosser le rôle d'enseignant-expérimentateur en mettant en œuvre une séance dans une de leurs classes, avec des modifications de l'avatar, non partagées nécessairement avec le groupe IREM avant l'expérimentation. Ces modifications (Fig.4) visent à permettre d'étudier l'impact possible de variations de l'avatar. L'idée est, pour le groupe IREM, une fois ces avatars testés et les retours d'expérimentation partagés, de disposer d'une famille de situations pour ouvrir les perspectives en formation, montrer aux enseignants qu'ils peuvent faire œuvre de créativité par rapport à l'avatar qui leur est proposé, et aussi disposer d'un recueil de données plus riche pour soutenir le travail à mener.

https://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/jcms/c\_10548609/fr/une-caisse-solide?hlText=caisse

#### Fabriquer une caisse solide - 6ème

Je possède 4 cornières de 1m de long chacune avec lesquelles je veux fabriquer l'armature d'une caisse *parallélépipédique*.

- → Quelles seront les dimensions de la caisse ?
- → Ouel sera son volume ?



Des caisses para**ll**élépipédiques

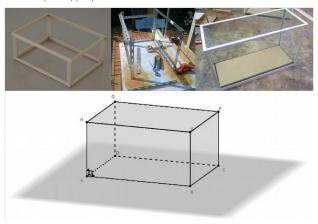


Figure 3. Avatar de F (06/2017) partagé en réunion IREM (09/2017)

L'objet caisse de l'énoncé de l'avatar initial de F (« une caisse ») est ainsi remplacé par un aquarium (autre objet du quotidien) diversement représenté, ce qui permet d'observer et d'analyser des effets de choix de représentations d'un pavé droit 10 non opaque (dessiné à main levée ou non) sur le travail mathématique. La donnée de la forme géométrique, le parallélépipède rectangle, est par ailleurs supprimée et une question est rajoutée (recherche du volume maximal).

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> Un pavé droit, dans l'enseignement français, désigne un parallélépipède rectangle.

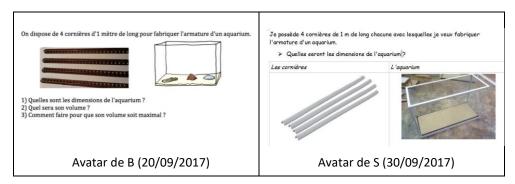


Figure 4. Avatars de B et de S mis en œuvre avant LS interne

B réalise la première expérimentation dans sa classe de 6°, le 20/09/2017, dans un double rôle d'enseignante-expérimentatrice et d'analyste didactique-mathématique. Elle décide ainsi de constituer pour le groupe IREM un inventaire des questions ayant émergé dans sa classe). L'échange qui suit entre B et un élève E de sa classe est un extrait de discussion en classe partagé au sein du groupe (le doc.3 décrit en annexe 3 décrit son intégralité) :

E a dessiné un carré de 1m de côté.

B (*s'adressant alors à toute la classe*) : On a le droit de découper les cornières sinon on obtient un carré et on ne peut pas mettre de poissons dedans car on n'obtient pas un aquarium.

E : Est-ce qu'on peut utiliser moins de 4 mètres ?

B: Tu peux mais tu peux aussi prendre tout.

E : Il y a 8 points (E parle des 8 sommets) donc il y a plusieurs possibilités, ah on doit les couper, j'ai compris.

Le groupe utilise ensuite effectivement cet inventaire pour initier collectivement une grille d'intervention de l'enseignant (incluse dans la feuille de route) pour la future leçon de recherche de B1 que les animateurs du groupe IREM appellent entre eux la LS interne. Les questions de l'extrait ci-dessus, par exemple, permettent au groupe IREM d'anticiper l'arrivée de questions d'élèves sur des chutes éventuelles de cornières et fait prendre conscience d'un double positionnement possible de l'enseignant suivant qu'il autorise ou non les chutes, et de ses incidences possibles. B identifie également des difficultés de certains élèves avec la notion de volume (voir l'échange ci-après extrait du doc. 3) qui, partagées avec S, vont amener celuici à supprimer les questions sur le volume de la variante de l'avatar qu'il avait initialement envisagée.

E1: Ça veut dire quoi son volume? Mais c'est quoi son volume?

B: Quelqu'un peut?

E2: C'est l'aire.

B: Vous êtes tous d'accord?

E3: Non c'est le « litrage » qu'on peut mettre dedans.

Les deux expérimentations ont été menées dans des classes de profils distincts<sup>11</sup>. Le croisement des retours d'expérimentation, au sein du groupe IREM, va permettre l'identification de procédures élèves erronées identiques. B et S, ainsi que les animateurs du groupe IREM, ont alors un rôle de *chercheur*.

Ils analysent le travail des élèves avec des cadres théoriques pour cerner des potentialités de l'avatar en anticipant des rebonds<sup>12</sup> du travail mathématique des élèves. Ils cherchent à repérer dans les procédures erronées des élèves, des invariants, utiles pour le projet de formation, en particulier pour enrichir l'analyse *a priori* de la situation par les enseignants durant B2. Le collectif IREM repère ainsi, par recoupement des données, que dans les deux classes, certains élèves ont considéré la caisse comme un carré de côté 1 m, en se situant dans le plan, ou encore des blocages liés à une difficulté de représentation (doc 4). S soulève par ailleurs la question de l'accès ou non des élèves à une (des) maquette(s) de solides, et à la place à y accorder en formation (le formateur doit-il l'évoquer ou pas ?). Il avait en effet préparé une maquette pour sa séance qui s'est révélée utile :

S: Au bout d'un quart d'heure, peu de productions intéressantes, seul un groupe a partagé les 4 m en 12 parts et a trouvé la solution du cube sans aucun schéma, elles sont restées sur le calcul de partage. Je leur demande donc s'il existe une autre solution. Pour les autres groupes, je circule avec mon modèle de construction et leur laisse manipuler. Ils comprennent alors en général qu'il faut 12 morceaux. (doc 5)

La présentation par S de sa maquette (Fig. 5) génère un débat sur la modélisation (recouvrement des sommets par plusieurs épaisseurs de matière). F propose alors de fabriquer d'autres maquettes sans recouvrement aux sommets avec une imprimante 3D et le groupe discute de la place à donner à de tels modèles dans les futures formations. L'accessibilité de maquettes est finalement intégrée dans la feuille de route pour la LS interne et fera l'objet d'un questionnement explicite en J3 sous forme d'apports didactiques (Fig. 5).

\_

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> S est enseignant dans un établissement avec des enfants issus de familles socialement défavorisées (appelé en France Réseau d'Education Prioritaire Plus) tandis que B exerce dans un établissement de centre-ville avec des enfants de milieux plus favorisés.

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> Un rebond est le développement nouveau du travail d'un individu ou d'un collectif après un arrêt momentané. En cela, il permet d'éviter que l'arrêt ne se transforme en blocage. (Masselin, 2020b, p.54)

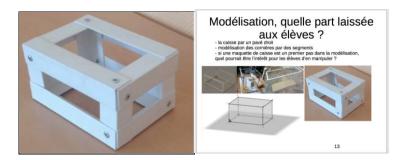


Figure 5. Maquette fabriquée par S (B1), et extrait de diaporama (B2), LSa, 2017

Par ailleurs, B, qui a suivi l'enseignement de modélisation du master didactique au LDAR, partage avec les animateurs IREM ses connaissances sur ce thème, notamment le cycle de modélisation de Blum et Leiss (2007). B joue alors un rôle de passeur de connaissances didactiques issues de la recherche dans la discipline. Ce partage va lui aussi avoir un effet direct, le collectif jugeant important que F et B, en charge de la première boucle B2, en tant que formateurs, y pointent la modélisation dans les apports didactiques. La porosité des frontières entre la recherche didactique et le groupe IREM se traduit aussi dans des choix d'extraits vidéo issus de B1, le groupe IREM ayant décidé de réinvestir le cycle de modélisation de Blum et Leiss en formation. Ce rôle de passeur de connaissances, s'il n'est pas systématique, est fréquent et dépend d'éléments repérés en B1 ou B2.

La préparation de la LS interne est faite collectivement au sein du groupe IREM dont les animateurs jouent alors le rôle de *co-designers*. Suite à l'analyse des expérimentations effectuées, le collectif stabilise comme avatar, la version de l'annexe 1 avec une photographie de caisse pleine et une seule question portant sur les dimensions de la caisse. La feuille de route prévoit que des maquettes seront à la disposition de l'enseignant en charge de la LS interne. Cet avatar sera celui utilisé comme amorce dans les LSa. S prend le rôle d'*enseignant-expérimentateur* pour la LS interne menée en octobre 2017, franchissant une frontière institutionnelle, cette fois entre école élémentaire et collège, puisque la réalisation se fait dans une classe de CM1-CM2. Les autres membres du groupe IREM, notamment B et F, jouent dans cette réalisation le rôle *d'observateurs-caméramen*, et relèvent des données (écrites et vidéos).

Un débat (doc 6) sur le choix entre « 1 cornière de 4 m » et « 4 cornières de 1 m » a aussi lieu au sein du groupe IREM pour fixer l'énoncé à proposer en B2. Il aurait pu conduire à un nouvel avatar. Le groupe s'interroge sur la variante *a priori* susceptible de générer le plus de diversité en termes de procédures. S'appuyant sur leur expérience d'enseignant et prenant aussi en compte la réalité de la situation, ils décident ensemble d'en rester à 4 cornières de 1 m.

En conclusion, comme on le voit, le développement de l'objet avatar au cours de la boucle B1 voit intervenir une succession de versions. Tous les membres du groupe IREM y contribuent, avec des rôles partiellement différenciés, parmi lesquels nous avons pointé des rôles de *catalyseur* (F), d'enseignant-expérimentateur (B et S), d'analyste didactique-mathématique (B), de co-designer, de chercheur par exemple en quête d'invariants (tout le groupe IREM) ou de passeur de connaissances didactiques (B). On voit aussi que ce développement s'appuie sur la circulation entre différentes institutions auxquelles les membres du groupe IREM appartiennent et entre lesquelles ils naviguent. Nous visualisons ces rôles et institutions dans le tableau 2 et reviendrons sur l'analyse dans la section 6, la croisant avec celles effectuées dans les deux sous-sections suivantes.

Tableau 2. Rôles de B et F et institutions en jeu autour de l'objet frontière Avatar en B1

Objets frontières Rôles	Avatar B1
Analyste didactique-mathématique	Analyse le travail des élèves et de l'enseignant à partir de choix d'avatar
Catalyseur	Aide à centrer le travail du groupe IREM sur l'avatar
Chercheur	Soutient l'analyse du travail des élèves avec un(des) cadre(s) théorique (s) pour cerner des potentialités de l'avatar
Co-designer	Élabore et stabilise collectivement un avatar pour B2
Enseignant-expérimentateur	Expérimente un avatar retenu dans une classe
Passeur de connaissances didactiques	Enrichit l'analyse didactique par des apports issus de la recherche
Institutions	Groupe IREM - Établissements scolaires (classes d'animateurs et une classe prêtée dans une école primaire) - LDAR (Master)

# 5.2 La vidéothèque

Le second objet frontière que nous considérons est la vidéothèque. Cet objet émerge en B1, lors de la première leçon de recherche. Lors de la séance de classe de B1 sur la caisse, B a convaincu le groupe de l'intérêt de faire des recueils vidéo afin d'introduire ensuite certains extraits vidéos en B2, pensant que ces extraits pourraient apporter un plus dans le dispositif. *Via* sa formation de master didactique, B a acquis une expérience certaine concernant l'analyse de vidéos de classe et leur exploitation en formation, une pratique essentielle dans ce master (Robert et al., 2012). Elle dispose d'outils d'analyse, notamment ceux issus de la Double Approche des pratiques enseignantes (Robert & Rogalski, 2002), et en nourrit le travail

collectif. La décision prise de réaliser une vidéothèque pour le dispositif LSa, témoigne donc d'une influence directe de la formation de master et B joue un rôle de *catalyseur* concernant l'introduction d'outils vidéo en LSa.

En B1, lors de la leçon de recherche, les membres du groupe IREM (à l'exception de S) sont *observateurs-cameramen*: ils se chargent d'observer, de recueillir des données vidéo, des photos et des écrits (brouillons, productions de groupes d'élèves, notes sur les échanges oraux, etc.). La plupart sont postés au sein d'un groupe d'élèves, l'observent, prennent des notes, des photos et recueillent, avec leur téléphone portable, des données filmiques qu'ils jugent significatives pour B2, analysant à la volée ce qui se joue en classe. Ils sont majoritairement des *cameramen en plongée* sur le travail du groupe (c'est le cas notamment de B et F) et ont simultanément un rôle *d'analyste didactique-mathématique* du travail réalisé en classe. Un autre membre du groupe IREM, se positionnant comme *caméraman grand angle*, capte, avec une caméra fixe au fond de la classe, le déroulement global de la séance (déplacement de l'enseignant dans les différents groupes et phases collectives).

A l'issue de la leçon de recherche, les membres du groupe IREM réalisent individuellement un premier tri et des analyses, puis hiérarchisent les données-vidéo et productions écrites issues du groupe d'élèves qu'ils ont observé. Cette sélection d'extraits courts, d'une durée d'environ 2 minutes maximum, est réalisée en fonction de leur intérêt potentiel pour la future boucle B2. Les membres du groupe IREM ont alors un rôle d'analyste didactique-mathématique de la pratique d'enseignement collectivement préparée et partagée, ainsi qu'un rôle de pré-sélectionneur d'extraits vidéo relatifs au groupe observé. Les différents extraits sélectionnés sont ensuite partagés (doc.10, annexe 3) et discutés lors d'une réunion du groupe. Une seconde sélection est alors opérée (doc.11 et doc.12) pour la réalisation de la vidéothèque. Certains extraits peuvent être redécoupés sur décision du groupe, ou hiérarchisés selon leur pertinence pour B2. Chacun endosse à cet instant le rôle de co-designer d'une première vidéothèque, en s'accordant sur la description et la visée des extraits retenus pour la première boucle B2.

Une vidéothèque sur la situation de la caisse est ainsi établie en B1. Elle contient, à l'issue de cette boucle, 20 courts extraits vidéos parmi lesquels les formateurs de B2 pourront puiser en J1. L'ensemble est dénommé par le groupe « prompteur » en référence au rôle qu'ils auront à jouer en B2. Une de ces vidéos nommée « 3 solutions » (doc.9) va susciter un échange de mails entre M, membre du LDAR en position de chercheure off, et F animateur du groupe IREM avec un rôle d'analyste didactique-mathématique. F anticipe alors son futur rôle d'injecteur de vidéos dans B2 où il sera amené à sélectionner et faire visionner des éléments de la vidéothèque, en fonction des productions des enseignants du collectif LSa. L'échange porte sur le concept de dimension d'un objet (doc.13). La vidéo montre, lors du bilan en classe,

trois triplets solution ((50 cm, 25 cm, 25 cm), (25 cm, 50 cm, 25 cm) et (25 cm, 25 cm, 50 cm)) proposés par un groupe d'élèves à l'enseignant-expérimentateur qui est surpris par ces propositions. F interroge M, restée à distance de B1 sur le sens du mot dimension. M revient sur le concept de dimension en mathématiques, le fait que le cube est un objet de dimension 3 même si une seule mesure de longueur suffit à le caractériser, et évoque des objets de dimensions non entières. Cet échange et son apport mathématico-didactique contribuent à l'analyse a priori de la situation de la caisse dans le cadre de la formation. Il nourrit l'élaboration de la vidéothèque ainsi que les apports mathématiques et didactiques en J3, comme en témoigne l'extrait de diaporama de la figure 6.

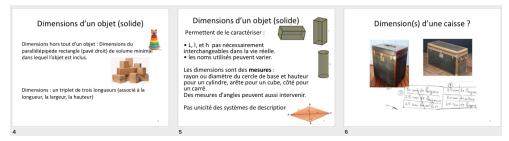


Figure 6. Extrait de diaporama (doc.14) d'apports didactiques en J3 de LSa (2017-2020)

Au fil des reproductions du dispositif LSa, la vidéothèque évolue (doc.26, 27 et 28). F et B, en tant que pilotes du dispositif de formation, recensent les extraits vidéos utilisés par les formateurs dans chaque itération. Ceci conduit à la suppression de trois d'entre eux, apparemment moins utiles, et à une évolution de la présentation des vidéos.

# Évolution de la vidéothèque vers la grille d'intervention du formateur

En 2017, la présentation de chacune des vidéos sélectionnées pour B2 est structurée en deux colonnes intitulées « Extrait/titre vidéo » et « Visée » (Fig.7). La première contient le titre donné à la vidéo par le groupe et sa durée ; la seconde en précise le contenu. Le titre et la durée sont surlignés, permettant ainsi une rapide identification de l'extrait par les facilitateurs.

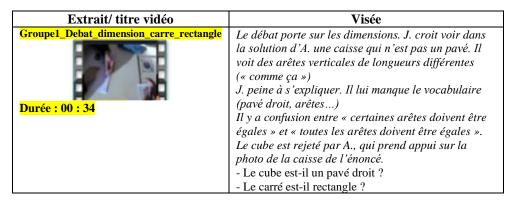


Figure 7. Exemple de présentation d'une vidéo du doc.26, LSa 2017

Un débat entre chercheures (dont B) sur le nom de « prompteur » attribué à ces vidéos suscite une évolution, décidant le groupe IREM à distinguer deux entités :

- la banque de vidéos répertoriées dans un dossier numérique, dénommée vidéothèque ;
- la grille d'intervention du formateur, nouvel outil didactique structuré en trois colonnes; pour chaque vidéo, la première colonne précise un/des déclencheur(s) possible(s) de son visionnage en B2; la seconde colonne (Descriptif) fournit le titre, la durée et un descriptif bref du contenu de la vidéo (comme c'était le cas dans la première présentation); la troisième colonne (Apports pour l'enseignant) précise les apports visés par l'usage de cet extrait vidéo en B2.

Il ne fait aucun doute que le travail de thèse de B (Masselin, 2019) a une influence déterminante sur cette évolution. Cette thèse porte en effet sur l'étude du travail des enseignants sur la simulation en probabilités au fil de deux dispositifs LSa basés sur la même situation. En s'appuyant sur la théorie des Espaces de Travail Mathématiques (Kuzniak, 2011; Kuzniak et al., 2016), B a identifié des moments critiques du travail mathématique en classe, conceptualisés en termes de blocage, rebond ou confinement (Masselin, 2020b). Elle partage ces constructions au sein du groupe IREM. Les trois concepts aident le groupe à analyser les vidéos et mieux identifier leur potentiel pour la formation, puis à améliorer leur présentation pour en faire un outil plus efficace pour le formateur. Il est nommé « grille d'intervention du formateur » par analogie avec la grille d'intervention de l'enseignant qui est déjà un des outils du dispositif, élément de la feuille de route que nous considèrerons dans la sous-section suivante. La figure 8 montre l'élément de cette grille associé à la même vidéo que celle de la figure 7 en 2019.

Déclencheur pour le formateur	Descriptif	Apports pour
		l'enseignant
Si une question est posée sur les	Groupe1_Debat_dimensi	Prise de conscience de
dimensions latérales de la caisse.	on_carre_rectangle	l'impact de l'image
L'image a-t-elle une influence sur	Durée : 00 : 34	présente sur l'énoncé
la représentation mentale ?		
(certaines arêtes peuvent-elles		
avoir la même mesure ?		
cube/pavé)		

Figure 8. Extrait de la grille d'intervention du formateur, LSa « Caisse », 2019 (doc.27)

Cette évolution sert aussi l'intégration dans le dispositif LSa, en tant que facilitateurs, de nouveaux acteurs qui n'en partagent pas toute l'histoire. Elle soutient ainsi l'extension du dispositif dans l'académie de Normandie, puis sa diffusion plus large sur laquelle nous reviendrons plus loin.

L'étude de l'objet vidéothèque et de son évolution au fil du temps met donc en évidence des rôles déjà identifiés dans l'étude de l'avatar (catalyseur, analyste didactique-mathématique, co-designer), mais aussi de nouveaux rôles directement liés à la réalisation de la LS interne et à la place des vidéos dans celle-ci (observateurcameraman, pré-sélectionneur d'extraits vidéo, injecteur d'extraits vidéo. Par ailleurs, les objets de la pratique réflexive et de la conception collective de la formation se sont déplacés, engageant beaucoup plus directement la formation et visant le soutien du travail des animateurs IREM qui seront formateurs en B2. L'étude montre par ailleurs beaucoup plus nettement l'interaction avec la recherche. Celle-ci intervient principalement via deux institutions : le master didactique de formation de formateurs et le LDAR, les deux institutions ayant des liens étroits. L'interaction se fait par l'intermédiaire de B qui a appartenu à la première et est actuellement membre de la seconde, et joue ainsi un rôle tout particulier dans le groupe IREM, même vis-à-vis de F avec lequel elle partage le pilotage du dispositif. La grille d'intervention du formateur mais aussi l'objet vidéothèque même apparaissent comme un produit direct de cette interaction avec la recherche. Il est plus difficile de saisir l'influence exacte sur ces objets des autres collectifs qui interviennent dans le dispositif LSa, l'influence notamment des interactions avec les collectifs enseignants LSa sur la grille d'intervention du formateur. Ces interactions et les franchissements de frontière associés vont être plus visibles dans la soussection suivante consacrée à la feuille de route. Comme pour l'avatar, nous terminons par une visualisation des rôles et institutions principalement repérés dans B1 (tableau 3) et dans B2 (tableau 4).

**Tableau 3.** Rôles de B et F et institutions en jeu autour de l'objet frontière vidéothèque en B1

Objets	Vidéothèque B1
frontières	1
Rôles	
Analyste didactique-mathématique	Analyse du déroulement, du travail des élèves/de
	l'enseignant-expérimentateur à partir des données
	recueillies
Catalyseur	Aide à centrer le travail du groupe IREM sur la
	vidéothèque
Co-designer d'une première	Sélectionne collectivement les extraits-vidéo,
vidéothèque	raffine les extraits (redécoupe éventuelle) et code
	les extraits
Observateur-caméraman	Observe, photographie, filme et prend des notes
	pendant la LS interne
Passeur de connaissances	Enrichit l'analyse didactique et ses potentialités
didactiques	par des apports issus de la recherche
Pré-sélectionneur d'extraits vidéo	Sélectionne individuellement de courts extraits
	vidéo dans son recueil
Institutions	Groupe IREM - Classes d'animateurs et classe
	prêtée dans une école primaire - LDAR - Master

**Tableau 4.** Rôles de B et F et institutions en jeu autour de l'objet frontière vidéothèque en B2

Objets	Vidéothèque B2
frontières	
Rôles	
Analyste didactique-mathématique	Analyse du travail du collectif LSa en B2 durant
	l'analyse <i>a priori</i> collective de la situation
Co-designer d'une grille	Sélectionne des extraits vidéo les plus utilisés.
d'intervention du formateur	Précise le codage des extraits vidéo avec les
	catégories de la grille d'intervention du formateur
Injecteur d'extraits vidéo	Sélectionne et projette des extraits vidéo issus de
	B1 selon les besoins identifiés
Institutions	Groupe IREM - Classe prêtée dans une école
	primaire -
	LDAR – Master - Collectifs LSa

# 5.3 La feuille de route

La feuille de route (exemple en annexe 4) est un objet qui, contrairement aux précédents, prend forme en B2, même si elle a déjà émergé en B1 de façon informelle entre les animateurs IREM. Les deux premières journées de B2 en présentiel sont

séparées d'un mois environ. Durant la première journée, comme expliqué en section 2, les formateurs organisent le travail collectif autour d'une situation et agencent ce travail avec des outils spécifiques, notamment la feuille de route qui, rappelons-le, comporte une fois finalisée un énoncé, un scénario et une grille d'intervention de l'enseignant (doc.17). Comme cela a été aussi signalé, le travail de préparation de la LSa n'est jamais achevé à la fin de J1. Il va se prolonger à distance sur une plateforme<sup>13</sup>, et c'est dans ce travail à distance entre J1 et J2 que la feuille de route est finalisée. Dans ce processus, les formateurs sont dépositaires et garants de l'avancée du projet collectif des enseignants. Ils gèrent la temporalité et l'ergonomie du travail en présentiel, puis à distance. Pendant J1, ils arbitrent certains choix du collectif LSa concernant la feuille de route qu'ils prennent en note. En fin de J1, ils font fixer l'énoncé qui sera utilisé pour la leçon de recherche, puis récapitulent et structurent le travail restant à réaliser à distance avant J2 (voir l'exemple de récapitulatif de la figure 9). Ils ont un rôle de coordinateur entre le travail en présentiel et à distance, organisant les dépôts dans des dossiers créés en amont sur la plateforme à distance.

Répartition des rôles		
Professeur-expérimentateur : Audrey		Remplaçant : François
Quoi ?	Qui ?	Où déposer ?
Fichier GeoGebra 2	Guillaume	Réséda_TICE
curseurs		
	•••	
Tableau de conversion	Clément	Réséda_DocumentsPourJ2
Lots de pics	Audrey et Pierre	Réséda_DocumentsPourJ2
Bilan sur le pavé	Guillaume	Réséda_DocumentsPourJ2
Deadline 25/11/2018 Les documents sont à verser dans Réséda (à commenter, modifier,		
améliorer etc).		

Figure 9. Répartition des rôles en fin de J1, LSa 2018, extrait de doc.17

Ils facilitent et soutiennent l'accès des enseignants aux outils de la plateforme à distance *via* un tutoriel et en envoyant des courriels d'accès et des relances à des moments précis (voir par exemple le courriel reproduit en figure 10). Les formateurs tentent d'activer une dynamique entre travail présentiel et distanciel (Fig.10 et Fig.11), ils en structurent la temporalité (voir l'exemple des dates butoirs des figures 9 et 10). En amont de J1, ils organisent avec le groupe IREM l'espace de travail à distance avec différents dossiers en particulier liés aux différentes journées (annexe 5), jouant un rôle d'architecte de la plateforme à distance. Ils assurent par ailleurs une veille didactique et mathématique sur la plateforme. Cette veille contribue, elle

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Il s'agit de la plateforme académique Réséda jusqu'en 2018, puis de la plateforme nationale Tribu depuis 2019.

aussi, à la régulation et à la productivité du travail à distance ; elle concerne la feuille de route qui, dans sa version initiale (doc.17), est la mémoire du travail collectif mené en présentiel en J1.

Nous vous avons invité à rejoindre le groupe LS\_Cycle3\_Lillebonne sur Réséda. Nous vous rappelons notamment la date butoir du 30 novembre pour réaliser/finaliser les documents utiles pour la Lesson (institutionnalisation, Geogebra, prolongements, tableur et énoncé). Nous vous demandons (...) d'apporter par votre action et vos commentaires un soutien collectif à l'enseignante-expérimentatrice. Y figurent déjà des dossiers et fichiers en liaison avec la situation de la caisse. N'oubliez pas de les commenter si vous y voyez des améliorations possibles. Si vous n'arrivez pas à rejoindre le groupe, que vous avez quelques soucis avec Réséda, revenez vite vers moi en me contactant par mail. En attaché, l'aide de prise en main de cet espace de travail collaboratif.

**Figure 10.** Extrait courriel envoyé le soir de J1 par F aux enseignants, LSa Lillebonne, 2017

Pour les deux LSa « Caisse » concernées par cette étude, F joue ici un rôle essentiel, comme en témoignent les données recueillies. C'est F qui, comme *dépositaire et garant du projet collectif* en fin de J1, met en ligne une première version non stabilisée de la feuille de route, après l'avoir mise en forme conjointement avec B. Comme le montre le commentaire reproduit dans la figure 11, F arbitre à propos de nouvelles images de caisses soumises à distance par le collectif LSa. Il synthétise les idées postées sur la plateforme, en tenant compte des commentaires exprimés. Il incrémente des versions numériques de la feuille de route et assure simultanément un rôle de *gestionnaire des outils à distance* (aidant à la prise en charge de la plateforme et à l'appréhension de ses fonctionnalités).

J'ai repris la caisse ouverte de Claire pour voir ce que ça donne. Je pense que c'est pas mal. Après tout, dans notre énoncé, il n'est pas précisé si la caisse est ouverte ou pas. Je trouve que cette image permet de bien montrer ce qu'est une cornière, une armature et à quoi ça sert (transport, solidité, protection, etc...). A gauche, j'ai ajouté à la caisse ouverte le flight case (toujours cette notion de solidité) de Claire pour ne pas rester sur une seule caisse. Je ne suis pas fan de la caisse déformée. Les élèves le verront. Qu'en pensezvous ? Merci Catherine pour avoir précisé qu'il faut cocher Oui pour les notifications si on veut que tous soient au courant de ce qu'il se passe.

Figure 11. Commentaire de F sur dépôt de l'énoncé (v.4), LSa Lillebonne 2017, Réséda

La feuille de route fonctionne, de fait, comme un objet frontière entre le collectif LSa présent à distance, le projet élaboré en présentiel et les formateurs, eux aussi à distance. Ils réinterrogent à distance le collectif sur certains points des version(s) initiale ou intermédiaire incomplète, se positionnant comme *analystes didactique-mathématique* des éléments des versions successives de la feuille de route (Fig.12).

Ils régulent le travail à distance tout en proposant des versions incrémentées de cette feuille de route.

Voici la version 2 de la feuille de route. Elle comporte des questions sur des points que nous devons éclaircir afin que Carole puisse s'en emparer le jour J (de la leçon de recherche). Nous nous sommes permis de proposer des choses à dire de la part de l'enseignante-expérimentatrice. A modifier et à améliorer... bien sûr. Cela permettra au collectif de mieux observer ce qui a été décidé et non pas d'observer les qualités d'improvisation de Carole. Cela-dit, nous comptons quand même sur sa spontanéité. N'hésitez pas à faire d'autres versions de cette feuille de route. Vous pouvez également utiliser de la couleur et ainsi ne rien effacer du travail des autres. Vous pouvez aussi compléter et faire des ajouts à la grille d'intervention. En dernier, nous ferons une synthèse de toutes les remarques faites.

Figure 12. Commentaire de F sur dépôt de la feuille de route, LSa Lillebonne 2017, Réséda

## Évolution de la feuille de route

Dans l'itération d'une LSa, chaque nouvelle boucle B2 concerne un groupe distinct d'enseignants. Elle voit la production d'une nouvelle feuille de route respectant la même structure en trois composantes. Au-delà de cette unité structurelle, il existe une réelle diversité des feuilles de route qui reflète celle des collectifs enseignants qui les élaborent et des interactions qui se nouent au sein de ces collectifs. Une différence entre les feuilles de route de la première et de la dernière réalisation de la caisse a cependant une origine autre. En effet, la chercheure M, venue observer une autre LSa sur une autre ressource (Masselin & Hartmann, 2020), constate une difficulté dans l'anticipation de la phase de bilan et institutionnalisation après le travail en groupe des élèves. M partage alors avec le groupe IREM des photographies (dont celle en doc.15) de tableaux associées à ce qui en est le plus proche dans les séances japonaises, en insistant sur la façon dont la structuration du tableau, anticipée, soutient efficacement cette phase. Ceci impacte la mise en œuvre de toutes les LSa suivantes. F et B insèrent en effet un temps de structuration de la phase de bilan et d'institutionnalisation, modifiant le design de la fin de J1 et précisant la feuille de route. La figure 13 comporte un extrait de la feuille de route de la dernière LSa « Caisse » et témoigne de cette évolution influencée par des apports de la recherche en didactique.

# Organisation du tableau prévue à Maromme





Figure 13. Extrait de feuille de route (doc.16), LSa « Caisse » Maromme J1, 2019

En conclusion, le tableau 5 synthétise les rôles identifiés grâce à l'étude de la feuille de route. Outre les rôles déjà identifiés d'analyste didactique-mathématique et de passeur de connaissances didactiques joués ici également par M en position de chercheure off, et de chercheur joué par le chercheur in, l'étude de la feuille de route montre l'apparition de nouveaux rôles. Ils concernent la gestion et régulation du travail à distance et de ses interactions avec le travail en présentiel (architecte de la plateforme à distance, dépositaire et garant de l'avancée du projet collectif, gestionnaire des outils à distance, coordinateur entre le travail en présentiel et à distance). Ces rôles demandent sans aucun doute des compétences spécifiques et l'on voit ici la place essentielle prise par F.

**Tableau 5.** Rôles de B et F et institutions en jeu autour de l'objet frontière feuille de route en B2

Objets	Feuille de route B2
frontières	
Rôles	
Analyste didactique-mathématique	Enrichit l'analyse didactique-mathématique par des questionnements (en présence et à distance)
Architecte de la plateforme à	Crée une architecture structurée avec des dossiers
distance	spécifiques. Assure une veille.
Chercheur	Observe et analyse le déroulement de B2. Partage
	une synthèse de ses observations en fin de J1 et de
	J2
Coordinateur entre le travail en	Dépose les fichiers réalisés en J1 sur la
présentiel et à distance	plateforme. Prévoit une organisation temporelle et
	de répartition du travail à distance au sein du
	collectif LSa pour finaliser le projet initié en J1.

Dépositaire et garant de l'avancée	Prend en note la feuille de route initiale réalisée
du projet collectif	en J1. Note les modifications issues de l'analyse <i>a</i>
au projet concent	posteriori en J2.
	Relance <i>via</i> la plateforme les travaux, questionne
	des choix, veille à leurs avancées. Tente
	d'impulser une dynamique d'échanges par des
	fonctionnalités de la plateforme. Incrémente les
	versions des fichiers.
Gestionnaire des outils à distance	Partage un tutoriel de la plateforme (J1). Organise
	le dépôt de fichiers.
	Recentre les dépôts sur l'unique plateforme.
Passeur de connaissances	Enrichit l'analyse didactique par des apports issus
didactiques	de la recherche
•	
Institutions	Groupe IREM – Collectifs LSa - Établissements
	scolaires- LDAR

#### Évolution des rôles de B et F

Il nous semble intéressant de compléter cette analyse des rôles de B et F dans le dispositif LSa à travers l'étude de trois objets frontières, par une perspective plus globale sur l'évolution des rôles de B et F au fil des années dans ce dispositif, ce qui l'a motivé et permis d'un point de vue institutionnel, avec quelles conséquences.

Le statut de doctorante de B lors du déploiement du dispositif et le sujet même de sa thèse, ont sans aucun doute favorisé chez elle l'émergence précoce d'une *posture réflexive sur le dispositif LSa* qu'elle a partagé au sein du groupe IREM et notamment avec F. Après un premier travail d'explicitation des choix sous-jacents de stratégie de formation (Masselin & Hartmann, 2019), F, L et B<sup>14</sup> ont ressenti la nécessité de croiser leurs expérimentations avec des chercheurs, de différents laboratoires. Ces partages élargis à des communautés de chercheurs, de formateurs et d'inspecteurs (doc. 8) ont permis d'expliciter les catégories d'objectifs visés par les LSa de préciser et de faire évoluer collectivement le dispositif (les doc. 19, 20, 22 et 23 attestent de cette évolution). L'écriture collaborative d'un ouvrage sur l'ingénierie de formation (Masselin, 2020) y a aussi contribué, en conduisant notamment à identifier des points nécessitant une vigilance particulière dans la mise en place du dispositif.

Ces échanges et publications ont aussi fait connaître le dispositif et en ont résulté, pour le groupe IREM, de nouveaux contacts institutionnels, au niveau de

\_

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> Ils se sont rendus à des séminaires et colloques (EMF (2018), COPIRELEM (2019) ou CORFEM (2019)), y ont communiqué sur les LSa et publié des articles dans des revues d'interface (*Au fil des Maths* en 2019, *Repères-IREM* en 2020).

l'enseignement primaire (Référents Mathématiques de Circonscription (RMC)) et de l'enseignement secondaire (Référents de laboratoires de mathématiques) et aussi de nouvelles demandes, induisant en particulier pour F et B un déplacement des rôles vers la formation de facilitateurs. Face à la diffusion du dispositif, F et B ont ainsi ressenti la nécessité de créer un collectif élargi intermédiaire d'enseignants volontaires pour co-animer des LSa, dénommés référents lesson study (RLS). Leur rôle est d'accompagner un facilitateur membre du groupe IREM sur une LSa (gestion des aspects pratiques dans l'établissement, co-animation et prise de notes pour structurer la feuille de route, choix d'extraits vidéo injectés en présentiel, accompagnement sur la plateforme à distance, et test de nouvelles situations partagées dans leur classe). Les neuf RLS ont pour la majorité d'entre eux vécu une LSa en tant qu'enseignants et ont été formés aux outils de LSa en 2019 lors d'une journée où F et B ont endossé le rôle de formateur de facilitateur. Les RLS y ont analysé collectivement des extraits vidéo, puis élaboré une grille d'intervention du formateur. Deux d'entre eux ont ensuite co-animé une LSa en 2020 avec un facilitateur membre du groupe IREM et les autres ont été amenés à le faire en 2020-2021.

Dans l'académie de Normandie et hors académie, F et B ont également amorcé l'accompagnement des RMC (doc.30 et 31) et des référents de laboratoire de mathématiques (Ref Labo de Maths, 2<sup>nd</sup> degré) sur la mise en œuvre de LSa, ce qui suppose cette fois un travail sur l'adaptation du dispositif à la variété des contextes d'action des RMC et Ref Labo Maths (temporalité différente, niveaux d'enseignement, besoins). Ceci les conduit aussi à assumer de nouveaux rôles pour aider au partage et à la capitalisation des expérimentations LSa et de formation de facilitateurs (doc.29 et 32). Ils semblent ainsi pris dans une spirale croissante de rôles. Ceux-ci ne font pas l'objet de cet article mais il nous semblait important de mentionner ce phénomène avant de synthétiser les résultats de cette étude et de discuter les perspectives de recherche qu'elle ouvre.

# 6. Synthèse des résultats, discussion et perspectives

# 6.1 Synthèse des résultats

Si nous revenons aux questions de recherche à l'origine de cette étude, les résultats obtenus apportent des réponses, au moins partielles, à ces questions de recherche.

QR1: quels rôles peut-on identifier pour ces facilitateurs, selon les boucles du dispositif et comment ces rôles évoluent-ils au fil des itérations du processus? Comment ces rôles sont-ils liés à leurs appartenances et positions institutionnelles, et aux interactions entre collectifs institutionnels?

Les analyses qui ont été présentées dans la section précédente confirment l'existence d'une diversité de rôles joués par B et F dans les différentes boucles du dispositif

LSa, que ce soit en amont de la formation, durant B1, ou durant B2. Durant B1, le premier rôle pointé est celui de F qualifié de *catalyseur*. Grâce à son action, le travail du groupe IREM se concentre en effet sur la situation de la caisse et l'étude de son potentiel pour des formations LSa qui permettraient de travailler deux questions au cœur des évolutions curriculaires récentes : la liaison CM2-6<sup>e</sup> dont la réforme de 2016 a ravivé l'importance, en incluant ces deux niveaux scolaires dans un même cycle, et les relations entre mathématiques et vie quotidienne que la réforme vise aussi à renforcer. Un autre rôle opère très vite une différenciation entre les membres du groupe IREM, celui d'enseignant-expérimentateur. C'est un rôle important dans les LS. Il se décline ici sous deux modalités. La première, plus spécifique à ce dispositif, correspond à la situation où un enseignant expérimente dans sa classe, hors du regard du collectif, un scénario élaboré en commun avec des adaptations éventuelles. C'est celle que nous observons ici quand B et S testent des variantes de la situation. Nous observons alors que le projet du groupe oblige l'enseignant à se situer également comme analyste didactique-mathématique de sa propre pratique, pour pouvoir nourrir efficacement le travail du groupe. Soulignons que ce rôle est présent aussi dans B3 que nous n'avons pas analysée et joué cette fois par les enseignants qui expérimentent dans leur classe. La seconde modalité, habituelle en LS, est celle où l'enseignant réalise le projet collectif, sous le regard des autres qui sont observateurs. Dans B1, il est joué par S pendant la LS interne et par un enseignant du collectif LSa dans chacune des réalisations en B2. Cette modalité induit donc l'existence d'un autre rôle, celui d'observateur d'une réalisation, chargé de recueillir des données qui seront ensuite exploitées collectivement. L'existence de plusieurs observateurs permet de faire coexister plusieurs modalités suivant que l'observation est centrée sur l'activité d'un groupe d'élèves, sur celle de l'enseignant ou plus globalement sur celle de la classe, suivant que l'observateur est fixe ou mobile. L'importance accordée à la constitution d'une banque d'extraits vidéo dans le dispositif fait aussi apparaître une modalité spécifique en B1, celle d'observateurcaméraman, avec caméra fixe ou mobile. Il y a, pour celui qui joue ce rôle avec une caméra mobile, le choix en temps réel de ce qui est visé par la caméra, ce qui engage une analyse au vol du déroulement de la séance pour repérer ce qui est susceptible de servir le projet de formation. La réalisation de la vidéothèque fait aussi apparaître en B1 les rôles de pré-sélectionneur d'extraits vidéo et de co-designer d'une vidéothèque qui nécessitent eux aussi une analyse du déroulement, a posteriori cette fois. D'autres rôles sont identifiés dès la boucle B1 :

- celui de *chercheur* lorsque les membres du groupe cherchent collectivement à identifier des invariants dans les erreurs de élèves ou questionnent les effets de différentes présentations de la situation de la caisse, en mobilisant des outils issus de la recherche didactique;
- et aussi un rôle souvent joué par les *knowledgeable others* dans les LS, celui de *passeur de connaissances mathématiques ou didactiques*, répondant à des

questions ou introduisant de lui-même des connaissances. En B1, ce rôle est joué par B et ponctuellement par M, mais on le retrouve également en B2 et en B3, pris en charge plus particulièrement par les facilitateurs en position de chercheur in et chercheur off, pour reprendre la terminologie du groupe IREM.

Les analyses concernant la vidéothèque en B2 et la feuille de route mettent en évidence de nouveaux rôles. Ils concernent cette fois principalement les facilitateurs en position de formateur qui animent et régulent le travail collectif des enseignants, par exemple lorsqu'ils injectent des extraits vidéo ou stimulent par des questions leurs analyses mathématiques et didactiques, et ceux en position de chercheur in qui observent le déroulement de la formation et y contribuent par leurs apports et synthèses en fin de journée. Une des caractéristiques du dispositif LSa est cependant son caractère hybride. Les données recueillies soulignent l'importance du pilotage du travail à distance particulièrement pris en charge par F, qui s'effectue en s'appuyant sur des outils numériques dédiés au niveau académique (plateforme Réséda) puis national (plateforme Tribu). C'est pour le reconnaître que plusieurs rôles ont été associés à ce pilotage : architecte de la plateforme à distance, gestionnaire des outils à distance, coordinateur entre le travail en présentiel et à distance, dépositaire et garant de l'avancée du projet collectif avec notamment la nécessité de synthétiser régulièrement les apports et discussions dans des versions successives de la feuille de route entre J1 et J2. On voit aussi apparaître un autre rôle, qui concerne le dispositif LSa plus globalement, lorsque les animateurs IREM, à la suite de plusieurs boucles B2 décident de réaliser collectivement une grille d'intervention du formateur associée à la vidéothèque.

L'étude menée a par ailleurs montré que, si ces différents rôles se maintiennent au fil des itérations des LSa « Caisse », on observe certaines variations dans leur distribution. Ceci est en partie dû à la disponibilité des différents acteurs, animateurs IREM ou chercheurs, mais aussi à l'évolution du groupe IREM qui incorpore de nouveaux animateurs. La possibilité qui est offerte de participer d'abord à une LSa en position d'observateur, puis en doublette avec un animateur IREM ayant déjà été formateur LSa, permet une intégration progressive dans le dispositif, les anciens jouant le rôle de *mentor* vis à vis des nouveaux facilitateurs. Pour les LSa « Caisse », on observe ainsi que, lors de la première réalisation, il y a deux observateurs, Ma et J, et que Ma est en position de formateur avec F dans la dernière réalisation. Ceci n'est pas propre à cette série de LSa et la montée en puissance du dispositif LSa, avec la création associée des RLS (voir section 5), va sans aucun doute intensifier ces mouvements. Par ailleurs, on observe aussi une évolution du rôle de B qui, d'abord en position de formateur, occupe dans la dernière réalisation la position de chercheur in.

Ces rôles et leur évolution sont bien liés aux appartenances et positions institutionnelles des différents acteurs ainsi qu'aux interactions entre collectifs institutionnels. La formation LSa est portée par le groupe « Activités » de l'IREM de Rouen et les animateurs de ce groupe se partagent les différentes tâches comme c'est la tradition dans les groupes IREM. Au sein de ce groupe, B et F sont particulièrement investis dans le projet LSa comme en témoignent les données recueillies mais aussi les publications associées à ce dispositif. Le fait que B ait suivi le master didactique de formation de formateurs, puis préparé et soutenu une thèse au sein du LDAR, la singularise au sein du groupe IREM. Ainsi elle importe de sa formation de master l'idée de s'appuyer, de façon originale, sur des extraits vidéo pour servir l'élaboration d'une préparation collective de séance en LSa, une idée qui est ensuite retravaillée et adaptée par le groupe à son propre projet. C'est aussi via l'enseignement de modélisation de cette formation qu'elle a été mise en contact avec les recherches internationales sur la modélisation, et a pu jouer le rôle de passeur de connaissances didactiques dans ce domaine auprès du groupe IREM. Il faut aussi noter que tous les chercheurs progressivement associés au projet LSa sont ou ont été membres du LDAR et que c'est via un exposé de Stéphane Clivaz au LDAR auquel ont assisté les quatre animateurs du groupe IREM, que ce groupe a découvert les LS et leur transposition à la HEP de Lausanne, perçu la proximité avec leur pratique IREM et initié le processus LSa.

QR2 : comment les trois objets frontières que nous avons identifiés contribuent-ils à ces rôles et interactions, comment circulent-ils, et comment objets et circulation évoluent-ils au cours du temps ?

La section précédente a bien montré l'importance des trois objets frontières dans le dispositif et comment leurs interactions permettaient d'identifier et de différencier divers rôles des facilitateurs. L'avatar, dont l'élaboration est un enjeu clef de B1, circule ensuite dans les différents collectifs LSa qui se constituent au fil des itérations du dispositif, et il en amorce le travail collaboratif. Il est *a priori* stabilisé dès la fin de la boucle B1 et dans les différentes séries de LSa réalisées jusqu'ici, les facilitateurs n'ont pas éprouvé la nécessité de le modifier. En revanche chaque collectif peut en élaborer une variation pour la leçon qu'il prépare, et en ce sens, sa circulation du groupe IREM au premier collectif LSa, puis d'un collectif à l'autre, l'enrichit de variations qui se matérialisent dans la feuille de route. Il est aussi enrichi par les adaptations qui en sont faites dans les boucles B3 par les enseignants.

La vidéothèque qui est élaborée elle aussi en B1 est un objet plus dynamique. L'étude menée montre que cet outil didactique se raffine au cours des usages qui en sont faits dans les différents collectifs LSa. Des extraits vidéo en sont supprimés et, surtout, les textes qui les accompagnent changent substantiellement. Deux colonnes sont rajoutées qui en précisent l'usage possible et les apports didactiques envisagés. Cette évolution se traduit d'ailleurs par un dédoublement de cet objet en d'une part la

vidéothèque, d'autre part, son nouveau mode de description dénommé grille d'intervention du formateur. L'élargissement du dispositif mentionné dans la section 5, les nouveaux besoins d'accompagnement qu'il suscite au niveau des formateurs est une des raisons de cette évolution. Comme pointé dans l'analyse, cette dénomination se fait par analogie avec une composante du troisième objet frontière, la feuille de route.

La feuille de route, constituée de trois composantes (un avatar, un scénario et une grille d'intervention de l'enseignant) guide le travail collectif en présentiel et à distance des enseignants dans toute la boucle B2, tant pour la préparation de la leçon que pour son observation ou l'analyse a posteriori de sa réalisation. Son contenu évolue tout au long de ce travail collectif, et la version finale, mise à jour à la fin de B2, guide à son tour les expérimentations des enseignants dans B3. La structure de la feuille de route en trois composantes est fixée dès B1 ainsi que les dimensions qui vont guider l'analyse a priori de la situation dans la première journée de B1 (voir annexe 2). Les facilitateurs agissant en position de formateurs en B2 soutiennent le travail collectif, notamment en injectant des extraits vidéo lorsqu'ils l'estiment nécessaire, en pilotant les échanges et en aidant la prise de décision. Cependant, le contenu de la feuille de route est sous la responsabilité des enseignants. Et c'est aussi le cas lorsque le travail se continue à distance entre les deux journées de B2. La diversité des feuilles de routes produites par les différents collectifs LSa atteste que c'est bien le cas. Dans cette production, le facilitateur en position de chercheur in a d'abord un rôle d'observateur du travail du groupe, intervenant lorsque sollicité par le groupe. Il intervient ensuite pour une synthèse en fin de J1 et surtout de J2, pour conclure l'analyse a posteriori de la leçon observée, jouant alors le rôle de knowledgeable other. On note aussi l'effet d'une intervention de M, chercheure in sur une autre série LSa, qui a attiré l'attention des facilitateurs sur l'importance de la gestion du ou des tableaux de la classe pour soutenir les phases de bilan et institutionnalisation. On a donc, pour ces trois objets frontières, une circulation entre différents collectifs et une évolution indéniable au cours du temps qui se nourrit de cette circulation. On observe également que ces trois objets ne fonctionnent pas de facon isolée, leurs évolutions sont liées, et elles ne sont pas non plus complètement indépendantes des LSa menées sur d'autres situations.

QR3 : comment les éléments d'infrastructure para-didactique influencent-ils ces rôles, les interactions et circulations observées ?

Comme mentionné dans la section 3, l'IREM de Rouen est un élément essentiel de l'infrastructure para-didactique qui soutient le dispositif LSa. Il nous semble important de souligner que cet IREM n'est pas une institution isolée. Elle fait partie du réseau des IREM et, par exemple, le dispositif LSa a été présenté et discuté lors de colloques annuels des commissions inter-IREM COPIRELEM et CORFEM, respectivement dédiées à la formation initiale et continue des enseignants du

primaire et du secondaire. Le dispositif LSa est inspiré des LS mais il est aussi façonné par les pratiques de recherche-action et de formation portées par le réseau des IREM. La boucle B1 par exemple illustre un fonctionnement collaboratif de recherche, construction et expérimentation de situations, typique du fonctionnement d'un groupe IREM. Les situations proposées, leur gestion, avec l'importance accordée à la recherche autonome des élèves mais aussi à l'institutionnalisation, l'attention portée à leur analyse *a priori* portent aussi la marque des IREM et de leurs relations étroites avec la recherche didactique. Par ailleurs, les IREM, depuis leur création, ont facilité l'accès aux établissements scolaires pour des expérimentations et des recherches. Ceci joue sans doute aussi pour le dispositif LSa, permettant notamment que des classes soient prêtées pour B2. Mais l'infrastructure paradidactique ne se limite pas aux IREM. L'analyse menée précise l'influence des institutions de recherche (ici notamment le LDAR), sur les rôles joués et circulations observées. Elle montre aussi l'importance jouée par l'institution académique régionale en charge de la formation continue des enseignants et celles des corps d'inspection pour l'enseignement primaire (IEN) et secondaire (IA-IPR de mathématiques). Ces infrastructures académiques imposent des contraintes fortes au dispositif, notamment la limitation à trois journées du présentiel mais elles fournissent aussi des moyens, comme cela a été montré dans la partie dédiée à la feuille de route, avec les plateformes de travail à distance. B et F, reconnus comme formateurs académiques, jouent un rôle particulier d'interface avec cet élément de l'infrastructure para-didactique, et leur participation à l'écriture d'une ressource curriculaire nationale consolide leur position institutionnelle. Pour chaque LSa, par ailleurs, un membre du collectif LSa est spécifiquement chargé des interactions avec l'établissement de l'enseignant qui prêtera sa classe pour la leçon de recherche et où se déroulera la journée de formation associée. Il a plus globalement en charge la gestion de la faisabilité de la formation, en particulier de la leçon de recherche (doc.18). Ce sont là aussi des interactions essentielles au bon fonctionnement du dispositif.

#### **6.2 Discussion et perspectives**

Nous avons souhaité dans cette recherche contribuer à l'étude des rôles joués par les facilitateurs dans des dispositifs de développement professionnel des enseignants inspirés des LS, en considérant le dispositif LSa qui a émergé en France en 2016, porté par l'IREM de Rouen. Pour cela, sur le plan théorique, nous avons combiné l'approche institutionnelle offerte par la TAD et le concept d'objet frontière issu des théories de l'activité. Cette combinaison nous a permis d'identifier une multiplicité de rôles joués par les facilitateurs dans les boucles B1 et B2, notamment B et F sur lesquels l'étude s'est plus particulièrement centrée. Elle a aussi permis de mettre en évidence des distributions de rôles qui évoluent au fil des itérations des LSa « Caisse » et l'influence sur ces distributions des appartenances et positions

institutionnelles. Elle a permis de comprendre comment les trois objets frontières considérés contribuent à ces rôles et nourrissent les interactions entre les collectifs institutionnels en jeu. C'est un apport d'autant plus important que ces objets frontières, notamment les deux premiers, l'avatar et la vidéothèque, sont une des caractéristiques originales des LSa. On ne peut donc pas s'appuyer sur les recherches existantes sur les LS pour anticiper leur dynamique et comprendre comment ils sont source d'interactions productives entre les collectifs institutionnels en jeu. Cette combinaison théorique nous a aussi permis de mettre en lumière les caractéristiques de l'infrastructure para-didactique qui soutient ce dispositif et de montrer l'importance de sa prise en compte. Sur un plan conceptuel et théorique, cette recherche montre donc le potentiel offert par la combinaison de la TAD et du concept d'objet frontière pour comprendre les processus systémiques complexes en jeu dans les LS et leurs adaptations.

La recherche porte sur une adaptation particulière des LS, les LSa, et ses résultats concernent donc ce dispositif. Elle a permis d'identifier, comme mentionné cidessus, une multiplicité de rôles pour les facilitateurs du dispositif. Cette identification a conduit à élaborer une terminologie spécifique pour distinguer ces rôles, dont on peut penser qu'elle pourra être utile au-delà du seul contexte des LSa. Au-delà de la seule identification et compréhension des multiples rôles joués par les facilitateurs, elle a par ailleurs contribué à préciser ce que constitue un germe de situation en lien avec l'objet-frontière avatar. Elle a également montré la spécificité de l'outil de formation qu'est la vidéothèque considérée comme objet-frontière, une des spécificités des LSa. Du point de vue de la formation des enseignants, c'est à dire de la préparation et mise en œuvre d'une LSa, une meilleure connaissance des rôles des facilitateurs nous semble pouvoir contribuer à penser la dissémination de ce dispositif complexe. Dans ce dispositif, l'étude des objets frontières permet également de repérer où se joue l'influence de la recherche en didactique des mathématiques, du groupe IREM ainsi que l'influence des pratiques de formation avec les vidéos.

Comme l'on pouvait s'y attendre, on observe des similarités avec les résultats d'études déjà menées rappelés dans la section 1. S'agissant des rôles, on observe ainsi dans la contribution du chercheur in qui conclut l'analyse *a posteriori* de la leçon de recherche en B2, un rôle qui s'apparente à celui de *knowledgeable other*, aidant à approfondir l'analyse, apportant des connaissances didactiques directement liées à la thématique dans laquelle la leçon s'inscrit et à son déroulement, ouvrant sur de nouvelles pistes de réflexion. On retrouve aussi des rôles déjà identifiés par Clerc-Georgy et Clivaz liés à l'organisation administrative et matérielle du dispositif, à l'animation et la régulation du travail collectif en formation, à la mise en relation des enseignants avec des acquis de la recherche didactique susceptibles de nourrir la planification, observation et analyse *a posteriori* de la leçon de recherche. On

retrouve aussi, par exemple avec le rôle joué par le réseau des IREM, des éléments comparables à ceux identifiés par Miyakawa et Winslow (2019).

Il existe cependant des différences. Certaines résultent de choix que nous avons effectués. Clivaz et Clerc-Georgy (2020), par exemple, distinguent un rôle de formateur. Dans notre étude, nous avons distingué position institutionnelle et rôle, avec pour conséquence que le terme de formateur désigne une position institutionnelle en B2 et B3, et non un rôle. A cette position, sont associés divers rôles qui recoupent partiellement la description que ces auteurs font du rôle de formateur (voir section 1). D'autres différences résultent des spécificités du dispositif LSa, des institutions qu'il met en jeu, de la multiplicité des facilitateurs qui y interviennent. Par ailleurs, le choix d'organiser l'étude autour des trois objets frontières tend à mettre en lumière certains rôles. L'étude met ainsi particulièrement en évidence les divers rôles qui interviennent, d'une part dans la préparation de la formation et la constitution de ses outils didactiques spécifiques dans B1, dans l'exploitation de ces outils dans B2, d'autre part dans l'organisation et la gestion de la dimension hybride de la formation dans B2. On peut faire l'hypothèse que d'autres rôles auraient pu être mis en évidence par d'autres choix méthodologiques.

Cette étude reste donc partielle quant aux réponses apportées aux questions de recherche posées. Elle l'est aussi parce que l'absence de données sur les journées de formation J3 ne nous a pas permis de travailler sur les rôles des facilitateurs pendant cette phase essentielle de B3. Or on peut faire l'hypothèse que l'étude des retours d'expérimentation de J3 aurait révélé de nouveaux rôles et de nouvelles formes d'interaction intéressantes entre les collectifs enseignants LSa et les facilitateurs. J3 est aussi une journée où davantage d'apports didactiques et mathématiques sont prodigués comparativement à B2, dont l'étude aurait sans doute aussi contribué à enrichir les analyses. J3 est enfin le moment où s'amorce l'écriture collective d'un cahier de LSa qui sera ensuite poursuivie à distance. L'écriture de ces cahiers, la façon dont s'y combinent les contributions des enseignants et des facilitateurs, sans se limiter aux seules LSa « Caisse », mériterait, à elle seule, une recherche spécifique.

Nous nous sommes centrés dans cette étude sur trois objets frontières mais les cahiers de LSa sont aussi des objets frontières dans ce dispositif et on peut faire l'hypothèse que leur analyse serait particulièrement enrichissante. Dans leur méta-étude, Akkerman et Bakker (2011) identifient plusieurs mécanismes d'apprentissage dialogiques susceptibles d'être associés aux franchissements de frontières, à savoir l'identification, la coordination, la réflexion et la transformation. Une perspective de recherche qui nous semble intéressante serait de rechercher ceux que l'écriture des cahiers de LSa et plus globalement peut-être ceux que le dispositif LSa dans son ensemble, seraient susceptibles de révéler.

D'autres perspectives de recherche résultent à l'évidence de l'extension du dispositif évoquée plus haut à d'autres contextes, engageant d'autres acteurs et d'autres interactions institutionnelles, un processus d'extension qui nécessite des adaptations certaines du dispositif et conduit aussi à faire jouer aux fondateurs du dispositif de nouveaux rôles, notamment comme formateurs de facilitateurs. Une compréhension approfondie du dispositif LSa et de sa dynamique, des possibilités qu'il offre en matière de formation et de développement professionnel des enseignants par rapport aux autres formes de LS, et des conditions qui permettent l'actualisation de ces potentialités, nécessite encore beaucoup de recherche. Il nous semble cependant que les résultats obtenus dans cette recherche constituent une avancée certaine dans cette direction.

## **Bibliographie**

AKKERMAN, S.F. & BAKKER, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of Educational Research*, 81, 132-169.

BATTEAU, V. & MIYAKAWA, T. (2020). Des spécificités de l'enseignement des mathématiques à l'école primaire au Japon : une étude des pratiques d'un enseignant. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 25, 9-48.

BLUM, W. & LEISS, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems. Dans G.-P. B. W. Haines & S. Khan (dir.), *Mathematical Modelling*. *Education, Engineering and Economics* (p. 222–231). Chichester: Horwood Publishing.

CHEVALLARD, Y. (2019). Introducing the anthropological theory of the didactic: an attempt at a principled approach. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 12, 71-114.

CLERC-GEORGY, A. & CLIVAZ, S. (2016). Évolution des rôles entre chercheurs et enseignants dans un processus lesson study : quel partage des savoirs ? Dans F. Ligozat, M. Charmillot & A. Muller (dir.), *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation* (p. 189-208). Série Raisons Educatives, n°20. Bruxelles : De Boeck.

CLIVAZ, S. (2015). Les Lesson Study? Kesako? Maths-Ecole, 224, 23-26.

http://hdl.handle.net/20.500.12162/670

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

CLIVAZ, S. & CLERC-GEORGY, A. (2020). Facilitators' roles in lesson study: from leading the group to doing with the group. Dans A. Murata & C. Lee (dir.), *Stepping* 

up Lesson Study: An educator's guide to deeper learning (p. 86-93). New York : Routledge.

ENGESTRÖM, Y. (2001). Expansive Learning at Work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work, 14*(1), 133-156.

FERNANDEZ, C. & YOSHIDA, M. (2004). Lesson study: a case of a japanese approach to improving instruction through school-based teacher development. Mahawah, NJ: Lawrence Erbaum

HARTMANN, F. & MASSELIN, B. (2020). Quand un collectif d'enseignants s'empare d'une situation issue du quotidien, retour sur une lesson study adaptée, au cycle 3 sur la situation de la caisse, *In COPIRELEM (Ed.) Actes du 45e colloque international des formateurs de professeurs des écoles, 2019, Lausanne (pp.121-128).* 

HUANG, R., TAKAHASHI, A. & DA PONTE, J.P. (dir.) (2019). *Theory and Practice of Lesson Study in Mathematics. An International Perspective*. New York: Springer.

ISODA, M., STEPHENS, M., OHARA, Y. & MIYAKAWA, T. (2007). *Japanese Lesson Study in Mathematics. Its impact, diversity and potential for educational improvement*. Singapour: World Scientific.

KUZNIAK, A. (2011). L'espace de Travail Mathématique et ses genèses. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 16, 9–24.

KUZNIAK, A., TANGUAY, D. & ELIA, I. (2016). Mathematical working spaces in schooling: an introduction. *ZDM – Mathematics Education*, 48(6), 721-737.

LEWIS, C. & HURD, J. (2011). Lesson study, Step by step, How teacher learning communities improve instruction. Portsmouth: Heinemann.

DGESCO, IGEN, IREM DE CAEN & IREM DE ROUEN, (2016). Mathématiques et quotidien

https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Ressources\_transversales/99/8/RA16\_C3\_C4\_MATH\_math\_et\_quotidien\_600998.pdf

MASSELIN, B. (2019). Étude du travail de l'enseignant autour de la simulation en classe de troisième et seconde : métamorphoses d'un problème au fil d'une formation en probabilité, Thèse de doctorat, Université de Paris HAL. <a href="https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02507438/">https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02507438/</a>

MASSELIN, B. (2020a). *Ingénierie de formation en Mathématiques de l'école au lycée : des réalisations inspirées des Lesson Studies.*, Ed. Presses Universitaires de Rouen et du Havre, Rouen.

MASSELIN, B. (2020b). Dynamique du travail mathématique en classe entre un enseignant et des groupes d'élèves sur la simulation en probabilité : une étude de cas. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 25, 49-88

MASSELIN, B. & DEROUET, C. (2019), Sur la mise en évidence des effets d'une formation courte sur les pratiques d'enseignants autour de la simulation en probabilité en classe de troisième. Dans M. Abboud (dir.), *Mathématiques en scènes, des ponts entre les disciplines. Actes du Colloque EMF 2018* (p. 198-207). Paris : Éditions de l'IREM de Paris. https://emf2018.sciencesconf.org/data/actes\_EMF2018.pdf

MASSELIN, B. & HARTMANN, F. (2020), Un dispositif de formation inspiré des Lesson Studies dans l'académie de Rouen, *Repères-IREM*, 120, 43-61.

MIYAKAWA, T. & WINSLOW, C. (2009). Un dispositif japonais pour le travail en équipe d'enseignants : étude collective d'une leçon. Éducation & Didactique, 3(1), 77-90.

MIYAKAWA, T. & WINSLOW, C. (2019). Para-didactic infrastructure for sharing and documenting mathematics teacher knowledge: a case study of "practice research" in Japan. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 22, 281–303.

ROBERT, A., PENNINCKX, J. & LATTUATI, M. (2012). *Une caméra au fond de la classe de mathématiques*. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté.

ROBERT, A. & ROGALSKI, J. (2002) Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505-528.

STAR, S.L. & GRIESEMER, J. R. (1989). Institutional ecology translations' and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social studies of science*, *19*(3), 387-420.

STIEGLER, J.W. & HIEBERT, J. (1999). *The teaching gap.* New York, NY: The Free Press.

TAKAHASHI, A. (2014). The Role of the Knowledgeable Other in Lesson Study: Examining the Final Comments of Experienced Lesson Study Practitioners. *Mathematics Teacher Education and Development*, 16, 4–21.

WATANABE, T. & WANG-IVERSON, P. (2005). The role of knowledgeable others. Dans P. Wang-Iverson & M. Yoshida (dir.), *Building our understanding of lesson study* (p. 85–91). Philadelphia: Research for Better Schools.

WAKE, G, SWAN, M. & FOSTER, C. (2016). Professional learning through the collaborative design of problem-solving lessons. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 19(2), 243-260.

WAKE, G., FOSTER, C. & NISHIMURA, K. (2020). Lesson study: a case of expansive learning. Dans H. Borko & D. Potari (dir.) Proceedings of ICMI Study 25 Conference, Teachers of mathematics working and learning in collaborative groups, Lisbon, Portugal, 3-7 February 2020 (p. 205-212). Athènes: National and Kapodistrian University of Athens.

## **BLANDINE MASSELIN**

Académie de Normandie, IREM de Rouen, LDAR blandine-lucie.masselin@ac-normandie.fr

#### FRÉDÉRIC HARTMANN

Académie de Normandie, IREM de Rouen frederic.hartmann@ac-normandie.fr

#### MICHÈLE ARTIGUE

LDAR, Université Paris-Cité michele.artigue@univ-paris-diderot.fr

Annexe 1 : Avatar utilisé dans les LSa « Caisse »



Cette situation peut être proposée en cycle 3, aussi bien en début de cycle qu'en fin du cycle, c'est un point décisif pour la proposer en LSa. Du point de vue curriculaire, avec l'étude du pavé droit, elle aborde des aspects de géométrie dans l'espace mais elle touche aussi aux grandeurs et mesures en ce qui concerne les dimensions du pavé, voire son volume. Son ancrage dans la vie quotidienne permet d'enrôler les élèves vers les mathématiques et de les mettre en situation de recherche. Elle permet aussi pour les enseignants d'en discuter les aspects de modélisation.

Annexe 2 : Grille d'amorce d'analyse a priori (MASSELIN, B., 2020, p.37)

	Groupe n°
Connaissances mathématiques en jeu	
Dimension vie quotidienne	
Place dans la progression	
Dimension TICE	
Démarches possibles des élèves	
Difficultés et erreurs possibles	

# Annexe 3 : Description succincte des documents (doc.)

Nous présentons sur le site de l'IREM de Rouen l'ensemble des documents servant d'appui à l'analyse. Le lien suivant permet de consulter ces documents ainsi que leur synthèse : https://irem.univ-rouen.fr/article-roles-de-facilitateurs

Nous précisons pour chacun :

- l'auteur et son institution, la date de la production du document, le(s) destinataire(s), et à quelle boucle du processus il est produit.
- l'objet-frontière auquel il se réfère, voire qu'il définit, est mentionné.

Le rôle de l'auteur est indiqué, ainsi qu'une brève description comme dans l'exemple suivant :

Doc. 1

2001						
Auteur	F	Institu	tion	Groupe IREM	Date	29/06/2017
Destinataire	Groupe IREM				Boucle	B1
Objet frontière	Avatar	Rôle	Catalyseur			
D : 1	115 1 1 :		,		. 17	

Premier avatar du problème de la caisse : contient son énoncé et une partie intitulée « pour un scénario » qui ébauche des pistes de travail avec des élèves.

# Annexe 4 : Feuille de route du 14/11/2017 par le collectif LSa (Lillebonne) Objectifs :

- Mettre en œuvre une démarche.
- Mettre en place du vocabulaire : faces, etc...
- Propriétés arêtes égales (codages)
- Représentation en perspective

**Prérequis :** seulement 1m=100cm (supposé connu)

## Modus operandi:

- Faire des groupes hétérogènes (voir plan de classe), 6 groupes de 4 (pas de rôle désigné)
- Pas de calculatrice
- Prévoir deux piles de feuilles : blanches et à carreaux

#### BRICOLAGE

Je possède 4 comières de 1m de long chacune. Je veux les utiliser pour fabriquer l'armature métallique d'une caisse. Quelles sont les dimensions possibles de la caisse ?



#### Des caisses



#### Déroulement :

Introduction afin de prévenir les élèves du déroulement de la séance. Par exemple : « Bonjour, je suis C et nous allons travailler sur un problème mathématique. Il y aura une période de recherche individuelle puis vous travaillerez en groupe. C'est pourquoi vous êtes « en îlots ». A la sonnerie, il y aura une pause de 10 minutes et nous ferons ensuite un bilan de ce travail. Il y a, dans la salle, des observateurs. Faites comme s'ils n'étaient pas là. Ils ne sont là que pour observer. C'est important. »

#### Phase 1:15 minutes

- Distribution de l'énoncé, lecture individuelle.
   « Lisez individuellement l'énoncé, certains mots sont compliqués, nous ferons le point dans 3 minutes pour les expliquer. »
- Après 3 minutes : point sur l'énoncé et le vocabulaire.
   Images en appui pour montrer ce qu'est une armature, ce que sont des cornières, etc.

Déf. Assemblage, en général métallique, destiné à maintenir ensemble, à renforcer ou à soutenir les différentes parties d'un tout. Syn. Carcasse, ossature.

Sauf si des élèves le demandent, ne pas évoquer la découpe des cornières ou la question des chutes.

- **-** Travail de recherche individuel : 10 minutes
- Matériel à disposition : « Vous avez des feuilles à votre disposition sur le bureau »

## Phase 2 : 45 minutes (jusqu'à la fin de la première heure)

Confrontation et travail de recherche en groupe : jusqu'à la pause.

Produire une synthèse de groupe sur une des feuilles mises à disposition

P « Maintenant, vous avez 25 minutes pour résoudre ce problème terminer rapidement votre recherche individuelle puis vous aurez 20 minutes pour confronter vos premiers résultats dans votre groupe même s'ils sont incomplets (ce sera l'occasion de les compléter). Vous devez trouver au moins une solution au problème que vous noterez sur votre feuille de groupe, avec démarche et peut-être des dessins. »

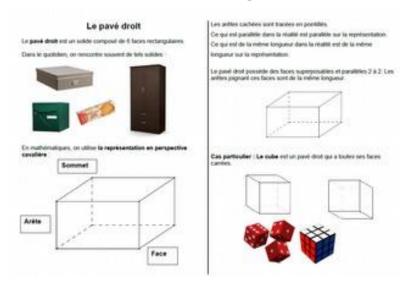
### — Pause: 10 à 15 minutes —

#### Phase 3: Bilan (30 minutes)

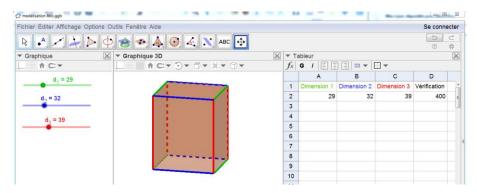
- Plusieurs bilans à montrer, faux ou corrects
- Commencer par les erreurs pertinentes et demander aux autres de valider ou d'invalider au fur et à mesure.
- Bilan avec représentation en perspective.

## **Phase 4: Institutionnalisation (10 minutes)**

- Images du quotidien.
- Vocabulaire du solide : arêtes, faces, sommets.
- Dessin en perspective : pavé droit et cube (pavé droit particulier).
- Règles de la perspective
- Propriétés des arêtes égales, des faces identiques.



Pour les phases 3 et 4 : Usage possible d'un fichier GeoGebra par l'enseignant



Grille d'interventions possibles de l'enseignant

Phase	Déclencheur	Intervention	Effets attendus, buts	
	d'intervention			
1	Question sur le mot cornière	Montrer une cornière de grosseur		
	mot corniere	raisonnable. Faire manipuler ou		
1	T .	la proposer de manière ciblée	D/11 12/12	
1	Le mot	Dire quelque chose du type :	Débloquer l'élève sans	
	« dimension »	« On veut faire entrer une	pour autant trop en dire	
	pose problème	armoire dans la salle, il faut		
		savoir combien elle mesure (il		
	D 11\	faut connaître ses dimensions) »	D41 6 '	
2	Des problèmes	L'enseignant propose une	Débloquer sans freiner	
	de calcul sont	calculatrice.	une démarche qui serait	
	décelés dans un		•••	
	groupe	A 1 % 1		
2	Les élèves ne	Amener une boîte dans un		
	voient rien ou	premier temps, voire une		
	ont du mal à modéliser	maquette en fil de fer si blocage persistant		
2	Carré de 1 m de		Retour sur la caisse	
4	côté	Dire quelque chose du type :  « Peux-tu mettre des choses		
	cole	dedans?»	comme objet du	
		dedails ! »	quotidien pour invalider le carré.	
			-> Les élèves	
			commencent à couper	
2	Comé do 1 m de	No monche toniouse son dis-	les cornières	
2	Carré de 1 m de	Ne marche toujours pas, dire	->Les élèves	
	côté	alors: « on peut couper les	commencent à couper	
		cornières »	les cornières	

Annexe 5: Architecture de la plateforme à distance, LSa « Caisse », 2018-2019

