Modélisation avec un protocole relevant des Lesson Studies

Blandine Masselin [56]
LDAR, IREM de Rouen, Académie de Normandie

Marion Guérin[57]
IREM de Rouen, Académie de Normandie

Résumé. Une Lesson Study (LS) permet d'observer ensemble une séance conçue par un collectif d'enseignants et menée par l'un d'entre eux. Le dispositif Lesson Study adapté (Masselin, 2020), développé depuis 2016 par l'IREM de Rouen et le LDAR, est une variante des LS japonaises en contexte français de formation (Masselin & Derouet, 2019). Une des adaptations est l'apport par les facilitateurs (Masselin & al., 2023) d'une situation et l'analyse d'extraits vidéo de classe en formation. Après avoir résolu « l'aire de baignade », les participants ont construit une feuille de route (énoncé, scénario, grille d'intervention de l'enseignant). L'atelier, découpé en trois séances, a consisté à préparer la leçon de recherche (séance 1), à la mettre en œuvre en classe de seconde (séance 2) et à l'analyser collectivement en séance 3. Il a permis de questionner la gestion d'une pluralité de modèles en classe et de s'interroger sur *Quelle part de modélisation est laissée à la charge des élèves ?*

Mots-clés. Lesson Study, modélisation, aire de baignade, cycle de modélisation.

Abstract. A Lesson Study (LS) allows teachers to observe together a session designed by a group of teachers and led by one of them. The adapted Lesson Study device (Masselin, 2020), developed since 2016 by the IREM of Rouen and the LDAR, is a variant of the Japanese LS in the French training context (Masselin & Derouet, 2019). One of the adaptations is the provision by facilitators (Masselin & al., 2023) of a situation and the analysis of classroom video clips from classes in training. After solving the 'swimming area', the participants constructed a roadmap (statement, scenario, teacher intervention grid). The workshop, divided into three sessions, consisted of preparing the research lesson (session 1), implementing it in the 10th grade (session 2) and analyzing it collectively in session 3, was an opportunity to question the management of a plurality of models in the classroom and to ask *how much modelling is left to the students*?

Keywords. Lesson Study, modeling, bathing area, modeling cycle.

Resumen. Un Lesson Study (LS) permite a los profesores observar juntos una sesión diseñada por un grupo de profesores y dirigida por uno de ellos. El dispositivo Lesson Study adaptado (Masselin, 2020), desarrollado desde 2016 por el IREM de Rouen y el LDAR, es una variante del LS japonés en el contexto formativo francés (Masselin & Derouet, 2019). Una de las adaptaciones es la puesta a disposición por parte de los facilitadores (Masselin & al., 2023) de una situación y el análisis de extractos de vídeo de clases en formación. Tras resolver la "zona de nado", los participantes construyeron una hoja de ruta (enunciado, escenario, rejilla de intervención docente). El taller, dividido en tres sesiones, consistió en preparar la lección de investigación (sesión 1), ponerla en práctica en la clase de Year 11 (15-16 años) (sesión 2) y analizarla colectivamente en la sesión 3. El taller brindó la oportunidad de cuestionar la gestión de una pluralidad de modelos en el aula. Este descubrimiento de Lesson Studies fue la ocasión de preguntarse: ¿hasta qué punto se deja la modelización en manos de los alumnos?

Palabras clave. Lesson Study, modelo, área de baño, ciclo de modelado.

[56] blandine-lucie.masselin@ac-normandie.fr

[57] marion.guerin2@ac-normandie.fr

Introduction

Le but de l'atelier est double : il s'agit de faire découvrir, de façon accélérée le dispositif Lesson Study tout en s'attelant à une tâche de modélisation afin de questionner ses enjeux en termes d'enseignement. L'atelier relaté a été organisé en trois sessions d'une heure trente chacune, incluant une classe d'élèves de seconde du lycée LP2I[58] de Poitiers lors de la seconde session. Les participants sont des enseignants de mathématiques du secondaire, et du supérieur remplissant également des missions de formation (initiale ou continue). L'organisation du colloque de la CII didactique a nécessité des adaptations du dispositif de Lesson Study tel qu'il est vécu par des enseignants habituellement. Nous pointons ces adaptations liées à un déroulement accéléré dans les ateliers successifs des trois sessions. Notre communication est enrichie par une analyse didactique des éléments produits par le collectif au sein de l'atelier autour de la focale de l'enseignement d'une situation de modélisation. Ce dernier aspect, n'a pas été abordé avec le collectif faute de temps.

1. Cadre théorique en lien avec la modélisation et questions de recherche

Dans cette section, nous exposons des apports théoriques qui permettent un éclairage sur les enjeux de la situation menée dans l'atelier autour de la modélisation, notamment via le cycle de modélisation.

1.1. Le cycle de modélisation de Blum & Leiss

Le cycle de Blum & Leiss (2007) structure le travail de modélisation en sept étapes (figure 1).

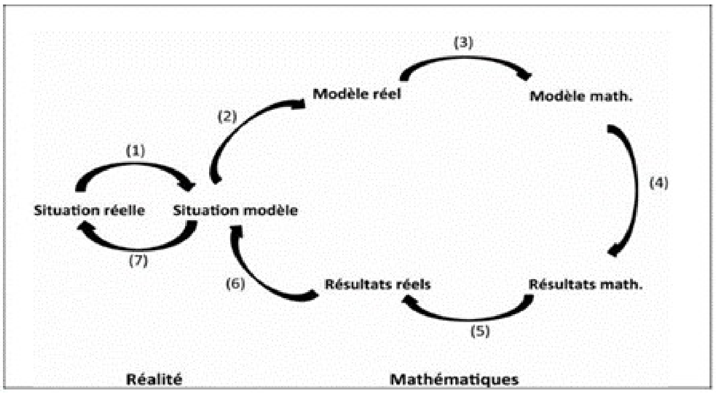


***Figure 37** : Le cycle de modélisation de Blum & Leiss (2007), étapes traduites par Derouet (2016).*

Ces étapes ont été traduites par Derouet (2016) comme suit :

- Le point de départ est une situation du monde réel. L'étape (1) consiste à l'épurer et à la préciser. C'est le moment de l'émission de premières hypothèses de modélisation.

- À l'étape (2) on élabore ensuite un modèle simplifié mais pas encore mathématisé. On peut parfois parler de pré-mathématisation.

- L'étape (3) est l'association d'un modèle mathématique au modèle réel. Ce modèle mathématique est soit disponible, soit adapté ou construit à cette étape.

[58]Le lycée LP2I (Lycée Pilote Innovant International, 86) est un lycée de Jaunay-Marigny où l'usage du numérique est facilité par les Bring Your Own Deviceo (Apporter Votre Équipement de Communication).

- Il est suivi d'un traitement mathématique, qui aboutit à des résultats (étape (4)).
- Ces résultats sont interprétés dans le langage réel (étape (5)).
- Ils sont validés ou invalidés dans l'étape (6). Dans le cas d'une invalidation, le cycle est réitéré en adoptant un modèle modifié.
- L'étape (7) consiste en la communication des résultats dans la situation du monde réel.

De nombreux travaux dont Masselin (2019) montrent en particulier que les sept étapes du cycle de Blum & Leiss ne sont pas suivies linéairement lors de la mise en œuvre d'une situation de modélisation, l'enseignant pouvant, par des interventions, faire reconsidérer un modèle mathématique utilisé par des élèves ou revenir à une étape antérieure du cycle.

1.2. Un second cycle de modélisation enrichi

Considérer le cycle de modélisation de Blum augmenté issu des travaux d'Yvain-Prébiski (2021) permet une focale précise sur les enjeux de l'enseignement de situations de modélisation concernant deux types de mathématisation.

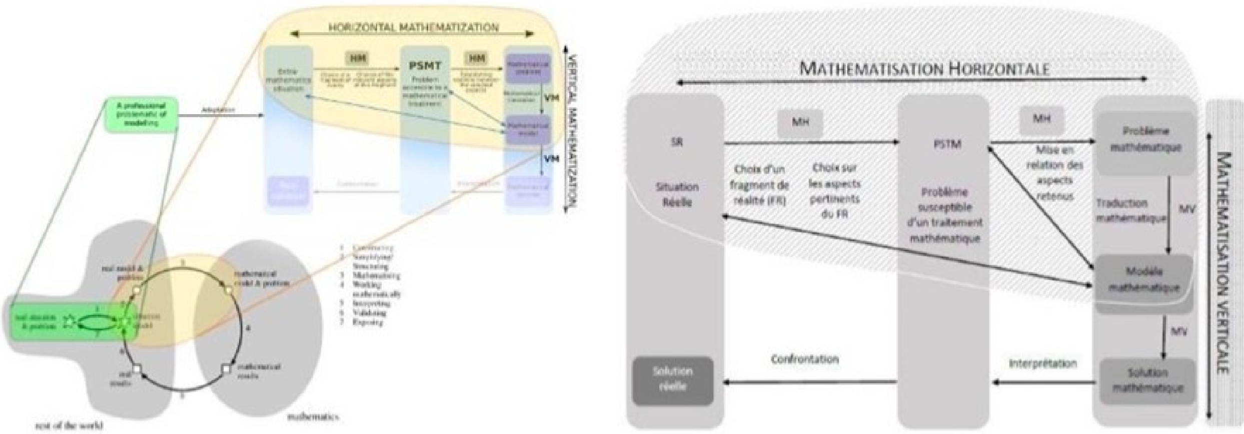


Figure 38 : Le cycle de modélisation de Blum augmenté par Yvain-Prébiski (2021) et détail de la mathématisation horizontale.

Le cycle de modélisation d'Yvain-Prébiski (2021) enrichit celui de Blum & Leiss (2007), en y précisant les mathématisations horizontale et verticale (figure 2). Cette double focale permet, de notre point de vue, de creuser d'un point de vue didactique la situation « aire de baignade » côté modélisation.

Pour la mathématisation horizontale, il s'agit d'identifier ou de décrire les mathématiques spécifiques dans un contexte général, de schématiser, formuler et visualiser un problème de différentes façons, de découvrir des relations, des régularités, ou encore de transférer un problème du monde réel à un problème mathématique.

La mathématisation verticale comprend la formation d'un modèle mathématique (ou de plusieurs combinés entre eux), sa généralisation, son ajustement.

1.3 L'aire de baignade : une situation au cœur de l'atelier

La situation « aire de baignade », dans sa version partagée initialement dans l'atelier (figure 3), a été proposée comme support de réflexion autour de la modélisation.

Si cette situation est bien connue des enseignants car présente dans beaucoup de manuels scolaires de lycée, elle inclut majoritairement une zone de baignade rectangulaire et une fonction explicitée à étudier. Embarquant déjà un modèle, la situation, au départ extra-mathématique, décrite dans les manuels laisse d'ordinaire peu d'initiative aux élèves quant au travail autour de la modélisation et en particulier en ce qui concerne la mathématisation horizontale.

Pour des questions de contraintes liées au temps imparti dans le colloque, nous avons imposé au collectif de l'atelier de mettre en œuvre une séance en conservant l'énoncé de la figure 3 pour l'expérimentation (session 2 de l'atelier) sans laisser la possibilité aux participants de l'ajuster comme c'est le cas ordinairement en Lesson Study adaptée (LSa) décrite en section 2.2. De même, nous avons été contraintes de fixer un niveau de classe (seconde) pour des raisons d'organisation préalable.

Aire de baignade

Les moniteurs d'une colonie de vacances souhaitent amener 120 enfants se baigner tous ensemble dans un lac.
Pour délimiter une aire de baignade, ils disposent d'une ligne d'eau de longueur 25 m.

> Article D1332-10 Transféré par Décret n°2008-990 du 18 septembre 2008 - art. 1 Modifié par Décret n°2006-676 du 8 juin 2006 - art. 2 () JORF 10 juin 2006 (extrait)
>
> La fréquentation maximale instantanée en baigneurs présents dans l'établissement ne doit pas dépasser trois personnes pour 2 mètres carrés de plan d'eau en plein air et une personne par mètre carré de plan d'eau couvert.

Pourront-ils respecter la législation ?

Figure 39 *: Énoncé initial (Masselin & Artigue, 2024).*

1.4 Des éléments d'analyse de l'« aire de baignade »

Derouet & Yvain-Prébiski (2023) proposent une analyse détaillée de la situation avec en particulier une identification des fragments de réalité à considérer. Plus généralement, leur analyse a priori de cette situation de modélisation prend appui sur un outil théorique et méthodologique qui permet :

« de bien identifier les choix et les hypothèses simplificatrices sous-jacents à un choix de modèle mathématique (...) choix nécessairement embarqués dans un modèle mathématique. Ce travail qui relève de la mathématisation horizontale est un enjeu majeur dans la démarche de modélisation. » (ibid., p.612)

Selon les chercheures, la première étape pour passer de la situation réelle au modèle de situation nécessite d'identifier des fragments de réalité en se posant des questions sur le lac, le contexte de la baignade, les réglementations, le décret, la zone de baignade et la ligne d'eau.

1.5 Questions de recherche en lien avec les ateliers

Dans un des axes du projet de recherche associé aux LSa, une question vive est la suivante : *En quoi le dispositif LSa peut-il modifier les pratiques enseignantes sur la mise en œuvre d'une situation de modélisation ?* Elle a été reformulée pour l'atelier : *Quels impacts d'une LSa sur un collectif enseignant quant à la prise en compte de la mathématisation horizontale ?*

La tenue d'un atelier sur « l'aire de baignade » succédant à d'autres LSa sur la même situation nous permet de questionner le travail réalisé avec les éléments théoriques présentés : *Le collectif de l'atelier montre-t-il initialement un questionnement sur la mathématisation horizontale et des fragments de réalité en lien avec la situation ? Le dispositif LSa favorise-t-il une évolution de ce questionnement au sein du collectif ?*

2. Première session de l'atelier

2.1. Les participants de l'atelier

Le collectif d'adultes inscrits à l'atelier est composé de neuf personnes (sept enseignants du secondaire, un enseignant-chercheur, une formatrice INSPE à plein temps) venus de différents IREM de France. Leur prénom a été modifié pour ces actes. Les deux auteures de la communication sont membres du groupe « Activités - Lesson Study » de l'IREM de Rouen. Fortes de l'expérience d'une trentaine de Lesson Studies vécues dans l'académie de Normandie, Masselin et Guérin ont endossé des rôles spécifiques de facilitateurs, nom donné aux encadrants de Lesson Study adaptée (Masselin & al., 2023) au contexte français de formation. La première auteure a également joué le rôle de chercheur dans le dispositif LSa mené dans l'atelier.

2.2. Présentation succincte du principe d'une LSa

La première partie de l'atelier a introduit ce qu'est une Lesson Study et ses objectifs. Si l'idée est simple comme déclaré par Lewis & Hurd (2011), le processus porte une certaine complexité. Les objectifs d'une Lesson Study adaptée (notée LSa) sont multiples dont celui en particulier de l'appropriation collective d'une ressource jusqu'à sa mise en œuvre par les enseignants y participant. Si une Lesson Study vise le développement professionnel des enseignants, elle s'attache en particulier à améliorer :

- l'analyse a priori d'un énoncé et de sa mise en œuvre,
- l'analyse de pratique à travers celle de courts extraits de vidéo de classe d'élèves,
- l'analyse a posteriori à partir d'une mise en œuvre collective.

Nous avons partagé le principe d'une LSa vécue par des enseignants (figure 4). Le dispositif complet est structuré en trois boucles décrites dans leur ensemble dans Masselin & Artigue 2024). La première boucle, notée B1, appelée aussi LS interne, concerne les facilitateurs (Masselin & al, 2023), nom donné aux formateurs qui accompagnent les enseignants en LS et est précisée en section 3.3 (figure 31).

À partir d'une situation proposée par les facilitateurs et issue d'une première boucle, un collectif d'enseignants s'empare de la situation puis choisit un énoncé pour un niveau donné, il planifie collectivement la séance. Un des enseignants se porte volontaire pour mener la séance, c'est l'enseignant-expérimentateur. Le reste du collectif observe en direct la leçon. La leçon est ensuite analysée collectivement et des alternatives seront pensées. Ceci constitue la seconde boucle du dispositif, la troisième étant relative à l'expérimentation de la situation par les enseignants du collectif dans leur propre classe avec des adaptations possibles.

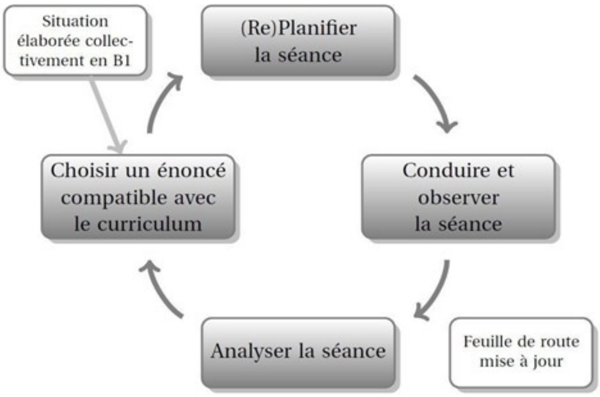


Figure 40 *: Boucle 2 du dispositif LSa, vécu par les enseignants (Masselin & al., 2023).*

Inscrite dans la thématique du colloque « modéliser » de la CII, la LSa mise en œuvre par les participants de l'atelier et vécue en accéléré avait des objectifs plus spécifiques en lien avec la problématique de la modélisation :

échanger et harmoniser nos pratiques autour d'un projet relié à la modélisation,

observer et analyser l'activité des élèves autour de la modélisation,

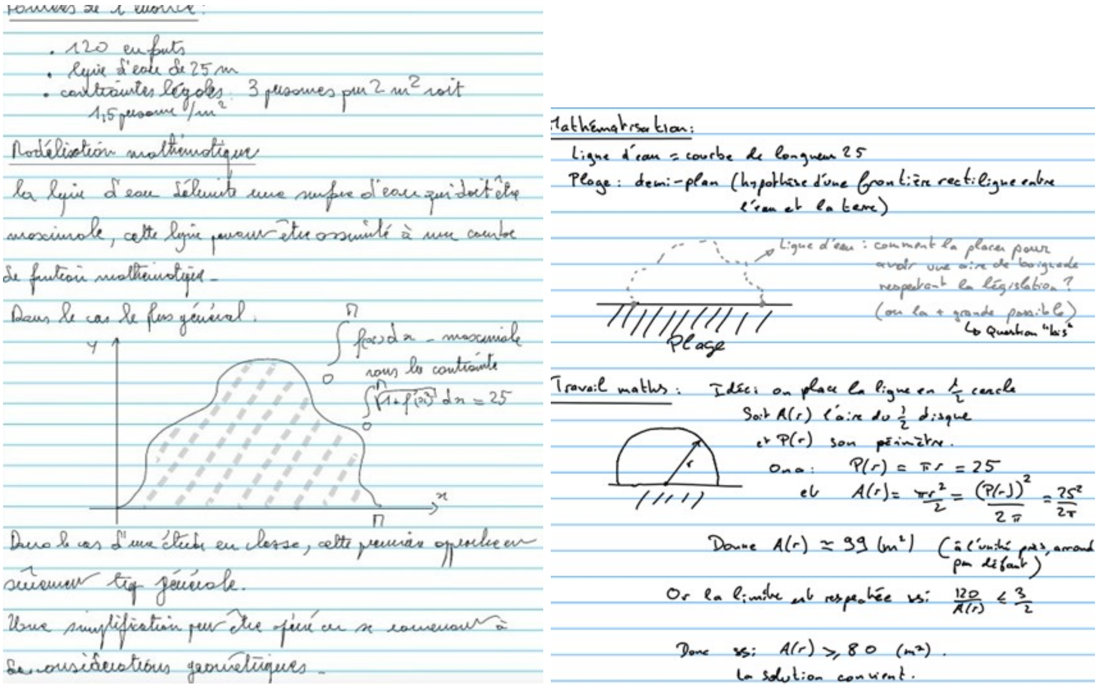
observer et analyser nos pratiques enseignantes autour de la modélisation.

Nous indiquons ici quelques ajustements par rapport à une LSa vécue par des collectifs d'enseignants. Si une situation apportée par l'équipe de facilitateurs, est d'ordinaire modelable à volonté par le collectif d'enseignants, ici faute de temps, l'énoncé (figure 1) n'était pas modifiable. De plus, généralement, le collectif choisit librement un niveau d'enseignement en lien avec des objectifs puis se met en quête d'une classe d'élèves. Ici, contraints par l'organisation du colloque, nous avions réuni pour l'occasion 33 élèves issus de deux secondes distinctes du lycée LP2I.

2.3. Travail réalisé par le collectif

Partage de solutions

Les participants de l'atelier ont d'abord partagé des éléments de résolution de l'« aire de baignade ». L'énoncé leur avait été transmis quelques jours avant le colloque pour gagner du temps sur la résolution du problème. Les figures 5 et 6 présentent des extraits de résolution partagés au tableau au sein du collectif.



Données de l'énoncé :

- 120 enfants
- ligne d'eau de 25 m
- contraintes légales : 3 personnes par 2 m² soit 1,5 personne /m²

Modélisation mathématique

La ligne d'eau délimite une surface d'eau qui doit être maximale, cette ligne pouvant être assimilée à une courbe de fonction mathématique.

Dans le cas le plus général.

$\int f(x)\,dx$ maximale sous la contrainte $\int \sqrt{1+f'(x)^2}\,dx = 25$

Dans le cas d'une étude en classe, cette première approche est sûrement trop générale.

Une simplification peut être faite en se ramenant à des considérations géométriques.

Mathématisation :

Ligne d'eau = courbe de longueur 25

Plage : demi-plan (hypothèse d'une frontière rectiligne entre l'eau et la terre)

Ligne d'eau : comment la placer pour avoir une aire de baignade respectant la législation ? (ou la + grande possible) → Question "bis"

Plage

Travail maths : Idée : on place la ligne en $\frac{1}{2}$ cercle

Soit $A(r)$ l'aire du $\frac{1}{2}$ disque et $P(r)$ son périmètre.

On a : $P(r) = \pi r = 25$

et $A(r) = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{(P(r))^2}{2\pi} = \frac{25^2}{2\pi}$

Donc $A(r) \simeq 99$ (m²) (à l'unité près, arrondi par défaut)

Or la limite est respectée ssi : $\frac{120}{A(r)} \leq \frac{3}{2}$

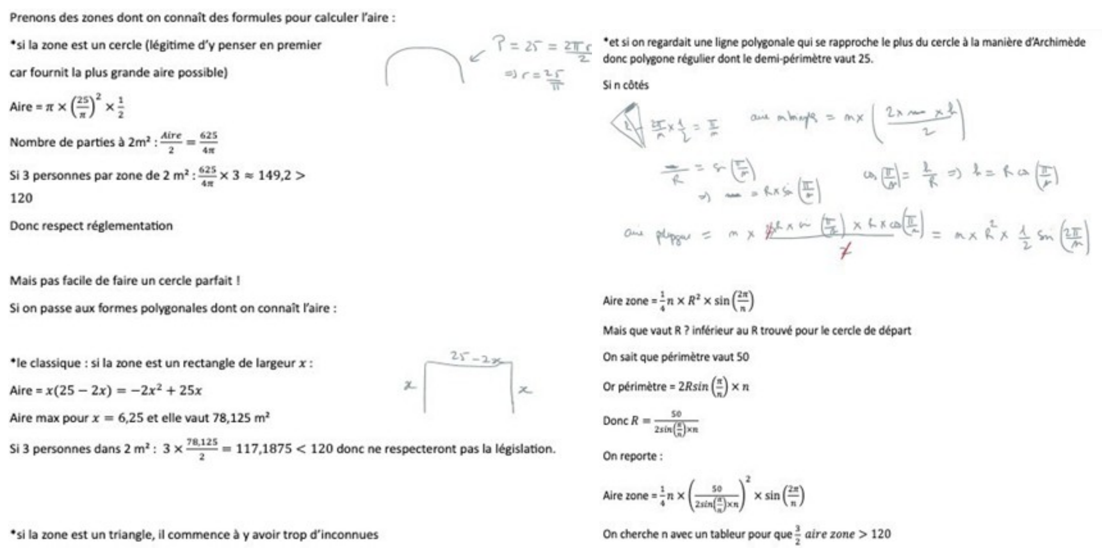
Donc ssi : $A(r) \geq 80$ (m²).

La solution convient.

Figure 41 : *Productions de Renaud et de Rémi.*

Une première variété de procédures et de zones de baignade a été partagée ainsi qu'une réflexion sur la situation proposée.

Pierre a précisé qu'au BAFA une réglementation existe sur l'encadrement des enfants par rapport à la baignade (voir annexe 1) et que des élèves de lycée pouvaient potentiellement connaître les normes en vigueur concernant l'encadrement des enfants selon leur âge et répondraient directement que l'on ne peut pas avoir 120 enfants en même temps dans un lac. En particulier, si les enfants ont moins de 12 ans, le nombre de baigneurs est limité à 40 et la situation n'a plus lieu d'être résolue.



Prenons des zones dont on connaît des formules pour calculer l'aire :

•si la zone est un cercle (légitime d'y penser en premier car fournit la plus grande aire possible)

$P = 25 = \frac{2\pi r}{2} \Rightarrow r = \frac{25}{\pi}$

Aire = $\pi \times \left(\frac{25}{\pi}\right)^2 \times \frac{1}{2}$

Nombre de parties à 2m² : $\frac{Aire}{2} = \frac{625}{4\pi}$

Si 3 personnes par zone de 2 m² : $\frac{625}{4\pi} \times 3 \approx 149,2 > 120$

Donc respect réglementation

Mais pas facile de faire un cercle parfait !

Si on passe aux formes polygonales dont on connaît l'aire :

•le classique : si la zone est un rectangle de largeur x :

Aire = $x(25-2x) = -2x^2 + 25x$

Aire max pour $x = 6,25$ et elle vaut 78,125 m²

Si 3 personnes dans 2 m² : $3 \times \frac{78,125}{2} = 117,1875 < 120$ donc ne respecteront pas la législation.

•si la zone est un triangle, il commence à y avoir trop d'inconnues

•et si on regardait une ligne polygonale qui se rapproche le plus du cercle à la manière d'Archimède donc polygone régulier dont le demi-périmètre vaut 25.

Si n côtés

Aire zone = $\frac{1}{4} n \times R^2 \times \sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)$

Mais que vaut R ? inférieur au R trouvé pour le cercle de départ

On sait que périmètre vaut 50

Or périmètre = $2R\sin\left(\frac{\pi}{n}\right) \times n$

Donc $R = \frac{50}{2\sin\left(\frac{\pi}{n}\right)\times n}$

On reporte :

Aire zone = $\frac{1}{4} n \times \left(\frac{50}{2\sin\left(\frac{\pi}{n}\right)\times n}\right)^2 \times \sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)$

On cherche n avec un tableur pour que $\frac{3}{2}$ *aire zone* > 120

Figure 42 : *Productions de Fabien et de Nadia.*

Préparation de la feuille de route

La feuille de route est l'ensemble constitué d'un énoncé, d'un scénario minuté (figure 7) et d'une grille d'intervention de l'enseignant (figure 8). Elle a fait l'objet d'une construction collective. Dans l'atelier cette construction a été adaptée (plus rapide qu'en LS ordinaire) en imposant l'énoncé alors qu'en réalité, il reste malléable par les enseignants. Le collectif s'est orienté vers un scénario structuré en 4 phases (figure 7) tentant d'inclure une dimension de modélisation dans ses objectifs.

Objectifs

Explorer différentes formes de zone de baignade.
Discuter des choix et des rapports entre les solutions trouvées et le rapport à la réalité.

Mode opératoire
Ordinateur à souhait, y compris internet

Scénario
Phase 1 (10 minutes) : Travail individuel avec énoncé papier.
Au bout de 5 min, l'enseignant questionne :
« *Qu'est-ce que vous avez compris ?* »
Si les élèves n'ont pas compris : on compte sur le groupe.

Phase 2 (30 minutes) : Travail de groupe
P « *Vous pouvez utiliser le tableau mural à proximité ou pas : vous déposez sur l'espace collaboratif la production du groupe. Vous pouvez faire figurer vos questions et vos hypothèses.* »
Au bout de 10 min seulement, l'enseignant relance si besoin.

Pause des élèves

Phase 3 (15 minutes) : Bilan intermédiaire. L'enseignant projette ou montre et fait expliciter des productions variées
- Entrée par le calcul en lien avec une figure
- Entrée par les contraintes par rapport aux surfaces
- ~~Un groupe a réalisé une zone fermée~~

Figure 43 *: Scénario réalisé durant la session 1 de l'atelier.*

Lors de cette élaboration de la feuille de route, les idées émises sont notées par les facilitateurs, débattues et éventuellement barrées si elles n'ont pas convaincu l'ensemble du collectif comme pour des productions avec une zone de baignade fermée (figure 7).

Voici également la grille d'intervention de l'enseignant réalisée par le collectif.

Phase	Déclencheur d'intervention	Intervention de l'enseignant	Effets attendus, buts
1	Les élèves repèrent sur internet que c'est impossible pour les moins de 12 ans	C'est un document ancien.	Relancer le travail
1	Que signifie « ligne d'eau » ?	Une sorte de corde qui peut flotter et qui limite l'endroit où on peut se baigner. Elle a des flotteurs (bouées en plastique qui flottent	Expliquer le rôle de la ligne d'eau
1	Que signifie « respecter la législation » ?	Tous les enfants peuvent se baigner en même temps en respectant ce qui est écrit ci-dessus.	Relancer le travail
1	Que signifie « fréquentation maximale instantanée » ?	Le nombre maximal de personnes qui peuvent se baigner en même temps.	Relancer le travail
2	Un groupe ne démarre pas.	Faire relire l'énoncé, faire arriver à reformuler. Le mot « aire » vous fait penser à quoi ? Et si vous représentiez ?	Idée d'entrer dans la tâche
2	Un groupe a dessiné une zone fermée.	Comment font les enfants pour entrer dans la zone de baignade ?	Idée de laisser ouvert
2	Un groupe ne décolle toujours pas.	Donner une ficelle et demander de représenter le bord du lac	Idée d'entrer dans la tâche
2	Calcul de l'aire avec une formule fausse.	Renvoyer sur internet à la recherche de formules	Invalider celle erronée

Figure 44 *: Grille d'interventions de l'enseignant réalisée durant la session 1 de l'atelier.*

À propos du bilan

Les facilitatrices ont incité à structurer le bilan et la phase d'institutionnalisation en anticipant ce qui serait écrit au tableau. Pour cela, les auteures ont partagé une photographie de tableau japonais (figure 9) issu d'une Lesson Study. L'idée était d'illustrer une organisation anticipée en Lesson Study au Japon où le travail autour de la trace laissée au tableau (appelée bansho au Japon) est important en amont de la leçon (Tan, 2021).

Figure 45 *: Tableau réalisé pour une Lesson Study au Japon (Masselin & al., 2023)*

Samuel, membre de l'atelier et enseignant au lycée LP2I, a par ailleurs partagé des éléments de contexte. Il a montré une photo de la salle de classe où sera réalisée la LS (figure 10). Elle montre la présence de quatre tableaux latéraux sur lesquels les élèves ont l'habitude de travailler.

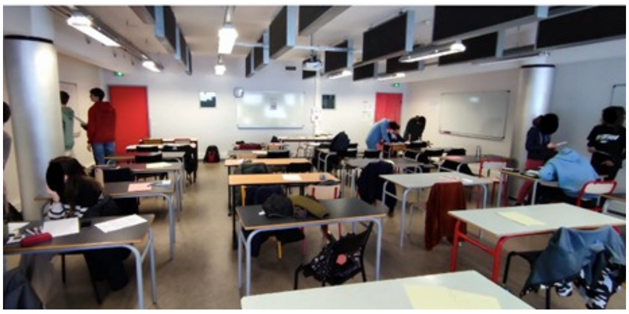


***Figure 46** : Photo de la salle de classe de la LS, Lycée LP2I.*

Au regard de ces précisions, le collectif a fait le choix d'utiliser les quatre tableaux latéraux de la salle de classe pour la phase de travail en groupes d'élèves et de proposer aux élèves de déposer leur production finale sur un espace partagé comme ils en ont l'habitude.

Une précision sur les types d'observations

Les participants amenés à observer la leçon doivent relever les interactions entre élèves au sein d'un groupe, et entre élèves et enseignant. L'idée est de s'observer soi-même via l'enseignant- expérimentateur. Ces actions permettent une réflexion sur des effets d'enseignement, reflet de choix du collectif.

Il est précisé que d'ordinaire, en LSa, le collectif d'enseignants se retrouve une heure avant l'arrivée des élèves afin de relire le scénario et de préparer la salle de classe avec un plan précis des groupes d'élèves afin d'en faciliter l'analyse *a posteriori*.

Le moment de fin d'atelier a été consacré à trouver un enseignant-expérimentateur volontaire pour jouer la leçon préparée. Nadia s'est proposée sur recommandation de Rémi qui, lui, a accepté d'être l'enseignant-expérimentateur suppléant. Son rôle consiste à faire une observation globale de la classe (déplacement de l'enseignante dans les différents groupes, garant du temps des différentes phases). Il a également été décidé que Rémi prendrait en charge la phase de bilan.

3. Deuxième session de l'atelier

3.1. Préparation de la salle de classe

Les îlots sont constitués de deux tables doubles. Il a été décidé de rapprocher chacun d'entre eux des tableaux latéraux fixés au mur. Le collectif a procédé au repérage des groupes (numérotation, prénoms des élèves sur les tables). Chaque tableau latéral a été séparé en deux zones pour l'usage de deux groupes. Chaque observateur s'est attribué un groupe d'élèves. Deux groupes n'ont pas été observés, par manque d'adultes présents dans cet atelier. Il y a eu ensuite une relecture des différentes phases du scénario par l'ensemble des enseignants avant l'entrée des élèves.

3.2. Mise en œuvre de la séance de classe

La séance avec les élèves a duré de 8 h 22 à 9 h 40, pause comprise.

Après l'entrée des élèves, Blandine, la facilitatrice, a exposé rapidement le déroulé de la séance aux élèves et a présenté l'enseignante-expérimentatrice et le rôle des observateurs.

Elle a précisé que ce qui serait observé serait le travail des élèves (sans jugement ni évaluation) et les interactions entre élèves et professeur expérimentateur.

Phase 1

Travail de lecture de l'énoncé et travail individuel.

Phase 2 Travail individuel (10 min)

A la fin de cette phase, l'enseignante demande à la classe : « *Qu'est-ce qu'une ligne d'eau ?* » souhaitant s'assurer que la définition de la ligne d'eau ne pose pas problème.

Suite au silence observé, l'enseignante ajoute : « *C'est une sorte de corde avec des flotteurs et les enfants ne pourront se baigner qu'à l'intérieur de la zone délimitée par cette corde. Qu'avez-vous compris de cet énoncé ?* »

Un élève répond : « *Il faut trouver l'aire que délimite la ligne d'eau et ne pas dépasser 3 enfants pour 2 m*^{2}*.* »

Phase 3 Travail de groupe

L'enseignante lance cette phase en autorisant des échanges entre élèves, les calculatrices sont implicitement autorisées. La recherche s'achève à 9 h 03.

Le lecteur trouvera, en section 2.4, le détail des travaux développés dans chaque groupe grâce au retour des observateurs.

Phase 4 Bilan

Il démarre à 9 h 20 et est pris en charge par l'enseignant-expérimentateur suppléant après analyse et hiérarchisation des productions aux tableaux par le collectif durant la pause des élèves. Le choix a été fait de présenter toutes les productions en les regroupant en fonction des types de surfaces envisagées :

- zone semi-circulaire (groupes 5, 3, 2 et 8),
- zone carrée (groupe 4),
- zone rectangulaire (groupes 6, 7 et 1).

Cette phase s'est déroulée oralement avec des précisions demandées ponctuellement par l'enseignant à l'élève exposant le travail du groupe. L'enseignant a circulé de tableau en tableau, les autres élèves restant assis à leur place, sans interagir avec chaque présentateur.

Seul un élève du groupe 4 s'est déplacé au bureau de l'enseignant. Il a utilisé Geogebra (voir figure 23) et a exposé à la classe la représentation graphique de la fonction d'expression $g(x)=25x-2x^2$ qu'il avait trouvée pour exprimer l'aire d'une zone rectangulaire. Il a ensuite dit « *La courbe est située en-dessous de la droite d'équation* $y=80$*, donc on ne peut pas atteindre 80 m*^{2}*.* » L'enseignant lui a alors demandé s'ils avaient déjà vu en cours les fonctions polynômes du second degré, question à laquelle il a répondu négativement.

3.3. Les tableaux des groupes en fin de séance

La section suivante présente les tableaux (figure11) investis par les différents groupes lors de leur mise en commun au sein des groupes. Ils ont servi de support au bilan établi en phase 4 où l'enseignant-expérimentateur a laissé la parole à chaque groupe afin qu'il explique aux autres élèves les travaux réalisés. Le numéro de groupe est visible en haut à gauche de chaque tableau.

3.4. Détails du travail de chaque groupe d'élèves observé

Chaque observateur a recueilli les échanges sur une feuille dédiée fournie par les facilitatrices. Le support permet de noter l'horaire et le contenu factuel des échanges entre élèves au sein du groupe ou entre les élèves et l'enseignant. Par la suite, chaque observateur devait transmettre un compte-rendu de ses observations avec éventuellement des photos en appui.

Le groupe 1 observé par Clarisse.

E-L-M sont les initiales des prénoms des trois élèves.

Les élèves explorent d'abord l'hypothèse d'une forme carrée et s'interrogent : « La corde est-elle en plein milieu de l'océan ou il faut prendre en compte le bord ? On va faire les deux. »

Deux calculs d'aires sont effectués : pour une zone de baignade carrée de côté 6,25 m (aire estimée 39,1 m^2) puis de côté 25/3 (aire estimée 69,4 m^2).

Les élèves du groupe avaient vite trouvé la contrainte d'atteindre 80 m^2 pour que les enfants de la colonie se baignent tous ensemble. Ils écartent donc l'hypothèse d'une zone de baignade carrée.

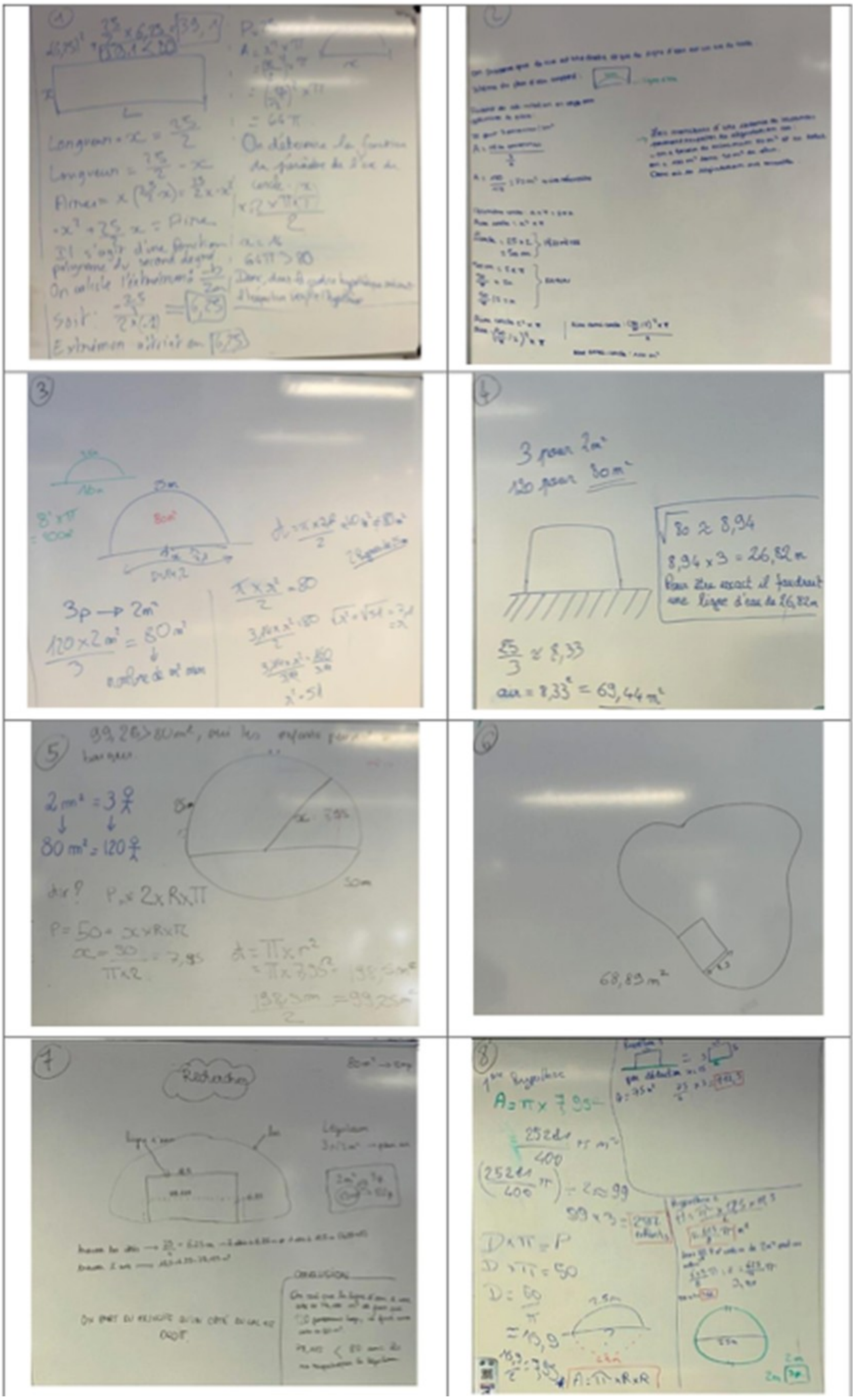


Figure 47 *: Photos des huit tableaux en fin de séance.*

Les élèves envisagent ensuite une zone de baignade rectangulaire : *« Ça sera une fonction et après on maximise. On détermine l'équation de la fonction et ensuite on l'étudie dans l'intervalle* $[0;25]$ *»*. En regardant sur le tableau du groupe 7 où un demi-cercle est dessiné ils s'interrogent *« Est-ce qu'un arc de cercle optimise l'aire ? Mais une ligne d'eau est toujours en rectangle … en vrai elle n'est pas un rectangle, ni un arc de cercle, sur l'eau ça bouge ! »* Ils décident d'étudier les deux options.

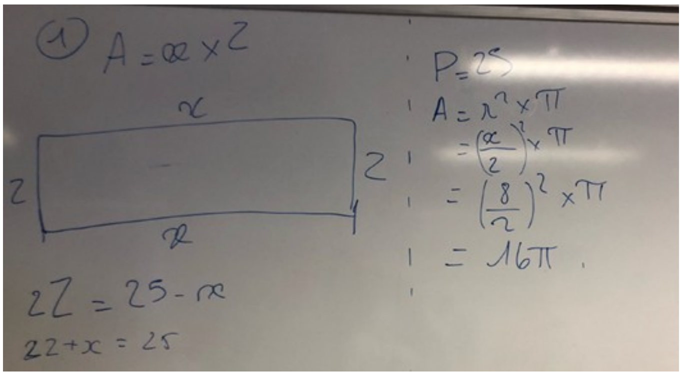


Figure 48 *: Tableau à 8 h 40.*

Comme le montre la figure 12, deux variables sont introduites pour la modélisation par un rectangle, les élèves ne s'en sortent pas et passent au demi-cercle. La feuille de E permet de comprendre que x désigne le diamètre d'un cercle de demi-périmètre égal à 25, et de constater que les élèves font des erreurs de calcul (ils trouvent 8 pour x. En se relisant, l'élève E indiquera qu'il s'est trompé et que $x=16$ ce qui reste faux. Il commente oralement « *l'arc de cercle ça ne tient pas… mais ça optimise… ce n'est pas réaliste… on a une situation théorique et une situation réaliste* ».

Les élèves se penchent à nouveau sur la modélisation par le rectangle : E voudrait arriver à une écriture de la forme $ax^2+by^2+c=y$ qu'il annonce vouloir ensuite traiter avec *« la technique du discriminant »*.

Après la pause, E efface le tableau et y reprend l'ensemble des calculs (figure 13). Sur la partie gauche (figure 13), il revient sur la modélisation par une zone rectangulaire fermée de périmètre 25 m, algébrise correctement les longueurs des côtés et l'expression de l'aire en fonction de x. Il résout correctement et indique que l'extrémum est atteint pour $x=6{,}25$. Ce résultat n'est pas commenté, les élèves avaient au tout début calculé l'aire d'un carré de côté 6,25.

Sur la partie droite du tableau (figure 13), il reprend la modélisation par un demi-cercle ou disque, il réutilise la valeur 16 pour x (ce qui fausse la suite du calcul).

Le groupe 1 a eu tout au long de la séance une dynamique de travail particulière. L'élève E a très vite partagé sa vision du problème et les deux autres membres ont été dans l'écoute de ses « explications » et/ ou dans l'exécution de tâches que E leur « confiait ». Il y a eu peu d'interaction entre les élèves, L et M considérant que E était trop fort, qu'il n'y avait pas de discussion possible vu l'écart de niveau. Ultérieurement, l'enseignant de la classe nous a indiqué que E est un élève autiste Asperger.

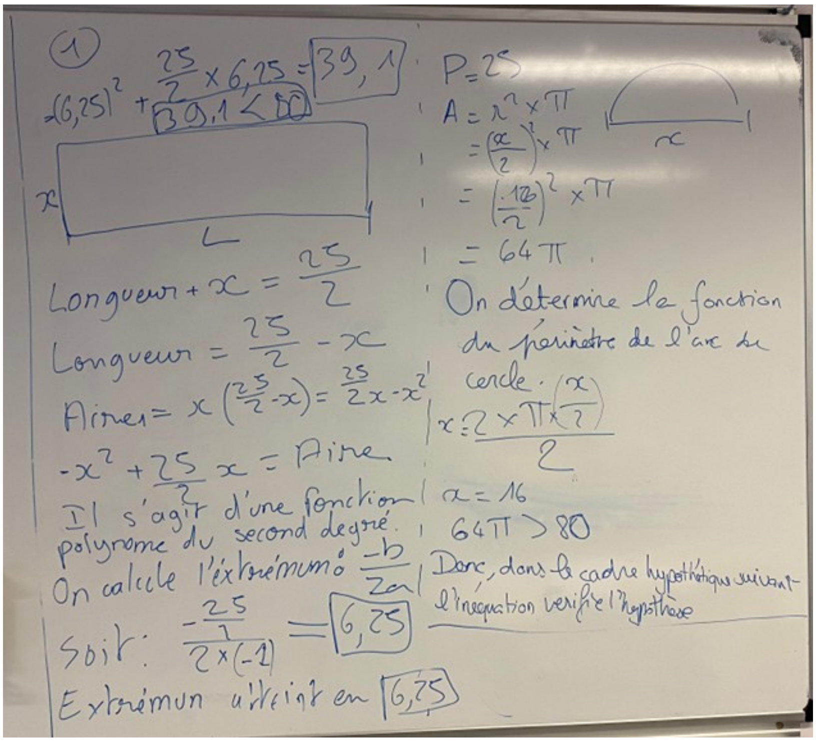


Figure 49 *: Le tableau du groupe 1 en fin de séance.*

<u>Le groupe 2 observé par Fabien.</u>

C-T-M-H sont les initiales des prénoms des élèves.

Après présentation du travail par l'enseignant-expérimentateur, C et M lisent et surlignent les mots importants de l'énoncé. H, lui, réfléchit sans rien dire ni écrire et ne se lance au brouillon qu'au bout de deux minutes. Après un rappel par l'enseignant-expérimentateur que le travail dans ce premier temps est individuel et une explication du mot « ligne d'eau », une première idée concernant l'intervalle de fluctuation $\left[\frac{p-1}{\sqrt{n}};\frac{p+1}{\sqrt{n}}\right]$ est lancée. Les élèves tentent de raccrocher le problème au thème étudié en classe à ce moment-là. Ceci est vite évacué par l'idée d'une zone circulaire qui apparaît pour la première fois sur la feuille de T (figure 14).

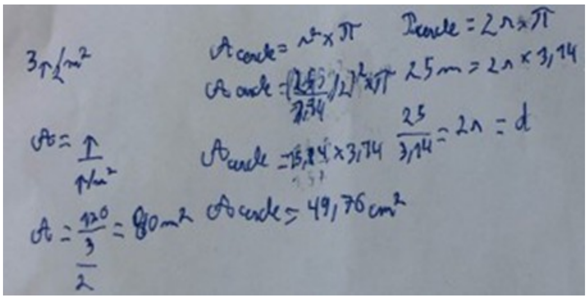


Figure 50 : Première apparition de l'idée du cercle et calculs de T.

A cet instant, les contraintes de la loi ne sont cependant pas clairement comprises par C et M : ils se demandent si 3 personnes pour 2 m^2 équivaut à 1 personne par m^2. Pendant ce temps, T a poursuivi ses calculs sur sa feuille (figure 14).

Le groupe passe alors au tableau mural pour le travail collectif. Un consensus se dégage rapidement autour de l'idée du cercle sans vraiment d'explication. Les élèves travaillent spontanément par deux en écrivant au tableau (figure 15). Pendant que C et M déterminent l'aire minimale nécessaire pour contenir les 120 enfants, T et H effectuent en parallèle un travail sur le cercle pour déterminer son rayon connaissant son périmètre et en déduire son aire. L'idée du carré est aussi étudiée.

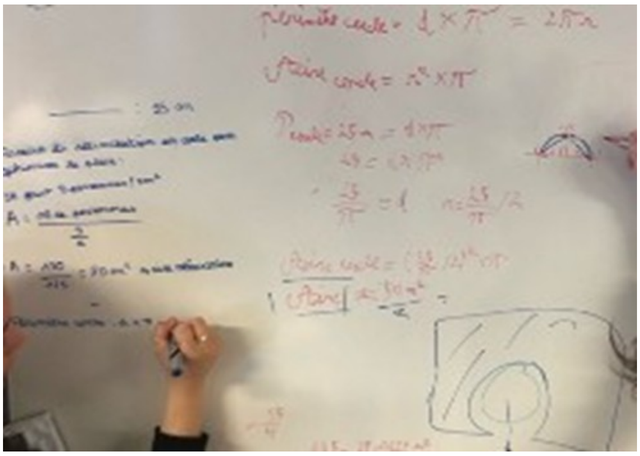


Figure 51 *: : Le premier travail en considérant la zone circulaire.*

Mais le groupe se rend compte que le cercle ne permet pas aux enfants de pénétrer dans la ligne d'eau. Les élèves passent alors à l'idée du demi-disque mais ont des difficultés à trouver comment calculer l'aire du demi-disque de périmètre donné. Finalement, la construction d'une figure (figure 16) permet de débloquer la situation.

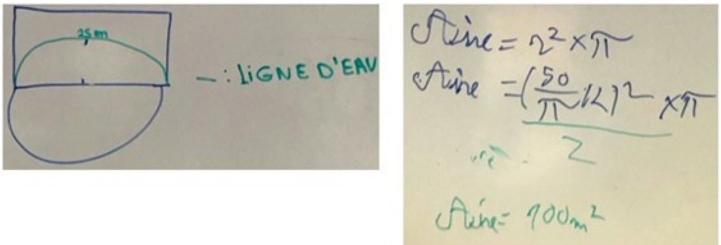


Figure 52 *: Passage du cercle au demi-cercle*

Finalement, les élèves produisent une solution rédigée dans le cas du demi-cercle (figure 17) et ont correctement effectué le retour à la situation réelle mais n'ont pas eu le temps de comparer leur solution avec d'autres formes de ligne d'eau. En effet, à la fin du temps de travail imparti, H évoque qu'une ligne d'eau est « droite en général » induisant l'idée du rectangle qu'ils n'auront pas le temps d'explorer.

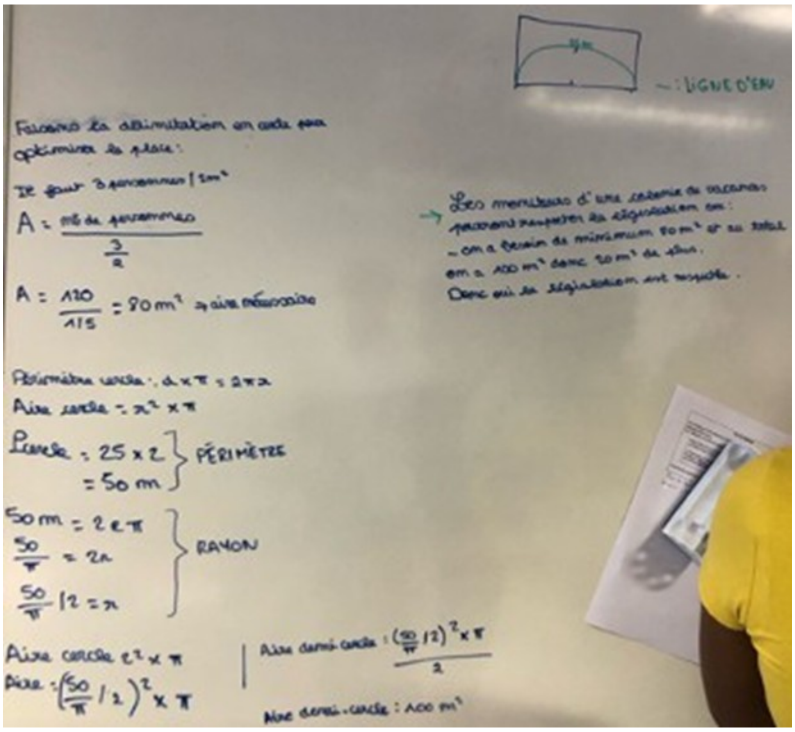


Figure 53 *: Tableau final*

Le groupe 3 observé par Renaud.

Deux élèves (aux initiales C et Y) travaillent, un troisième élève partant à l'infirmerie dès le début de la séance sans en revenir.

Après présentation de la séance, du travail attendu et distribution des feuilles d'énoncé, les deux élèves du groupe C et Y lisent silencieusement le texte.

Après quelques minutes, C commence à dessiner sur sa feuille une forme représentant un lac et l'efface aussitôt. Elle fait ensuite un schéma du lac sous la forme d'un demi-disque.

Après un temps de régulation et d'explicitation de l'enseignante expérimentatrice, les élèves repartent en phase de recherche en groupe et C repart sur l'aire d'un disque en notant x pour le diamètre. Elle demande confirmation à Y de la formule de l'aire d'un disque et écrit l'expression de l'aire du demi-disque en fonction de x.

Après incitation par l'enseignante-expérimentatrice à utiliser les tableaux, C présente ses recherches à Y. Puis C rajoute au tableau (figure 18) la contrainte $\frac{120\times 2\,m^2}{3}=$¿ 80 m^2 (aire minimale à obtenir pour respecter la législation, cette contrainte ayant manifestement été obtenue par observation du groupe voisin…).

Ce changement d'approche mène à une équation (figure 19) d'inconnue le rayon du disque.

Cette équation est résolue mais la valeur du rayon obtenue n'est pas correctement réutilisée car la formule du périmètre du demi-disque est erronée : C et Y réutilisent la formule de l'aire mais en commettant une erreur de calcul, ce qui les met dans le doute. Après de nombreux essais et tâtonnements, elles ne parviennent pas à conclure faute de penser à réinjecter la valeur du diamètre dans la formule du demi-périmètre.

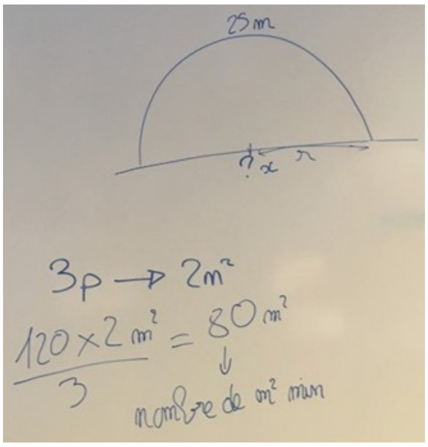


Figure 54 *: Représentation de la situation et recherche d'une condition.*

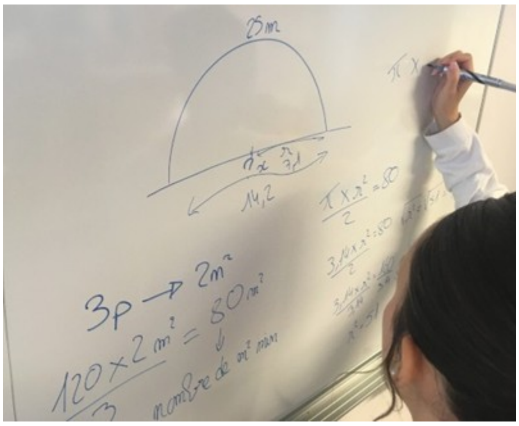


Figure 55 : Résolution de l'équation.

Finalement, une valeur de 39,2 *m* est affichée, correspondant à la somme des 25 *m* de ligne et du diamètre calculé de 14,2 *m*.

En fin de séance, le bon calcul ($14{,}2\times\pi/2$) apparaît (figure 21) mais n'est pas effectué et est ensuite effacé pour réécrire une condition sur l'aire :

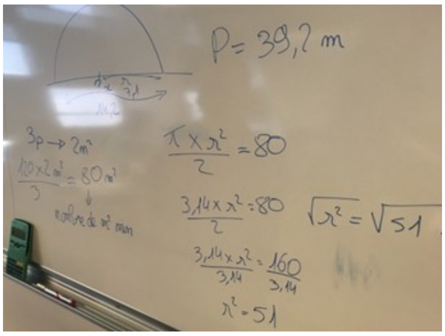


Figure 56 *: Confusion formule aire-périmètre, et obtention d'une valeur de périmètre.*

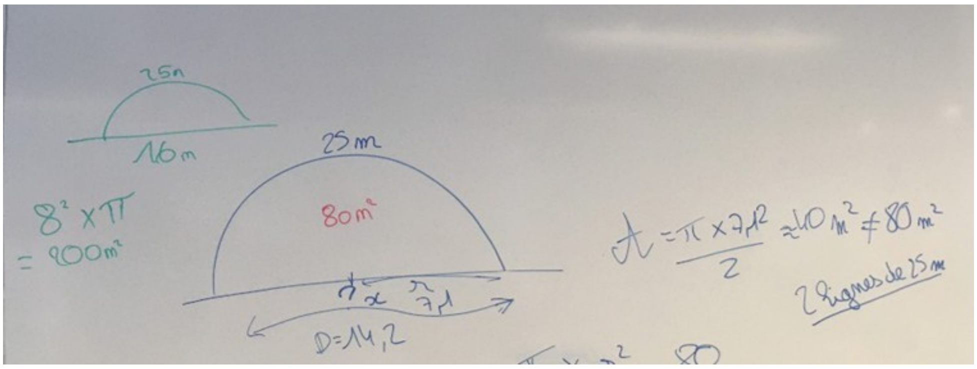


Figure 57 *: Nouvelle condition sur l'aire et conclusion.*

Le groupe émet une conclusion en empruntant un principe de proportionnalité : deux lignes de 25 *m* seraient nécessaires car une ligne de 25 *m* délimiterait une aire de 40 m^2.

Le groupe 4 observé par Bertille.

A-W-E-H sont les initiales des prénoms des élèves. Le groupe a initié une zone de baignade carrée de côté 25/3 *m* en estimant son aire à 69,44 m^2, ce qu'ils ont inscrit sur leur tableau latéral (figure 21). Une élève du groupe a trouvé la contrainte d'atteindre

80 m^2 pour que les enfants de la colonie se baignent tous ensemble. Ils ont estimé la longueur de ligne d'eau nécessaire pour avoir une zone de baignade carrée.

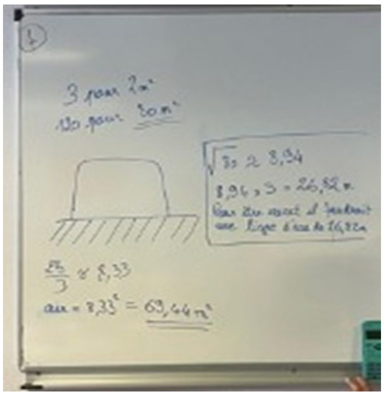


Figure 58 *: Tableau initial du groupe 4.*

L'enseignante-expérimentatrice n'étant pas intervenue dans le groupe, Bertille a proposé de choisir une zone de forme autre que carrée, comme par exemple une zone rectangulaire. Les quatre élèves ont calculé l'aire d'un rectangle dont un côté était respectivement 5 m, 6 m ,7 m et 10 m, exprimant que dans la réalité deux largeurs donnaient un couloir de nage trop étroit. Ils ont conjecturé que jusqu'à 6 m, l'aire du rectangle augmente et qu'à partir de 7 m elle diminue sans atteindre 80 m^2. L'observatrice a alors demandé ce qui se passe entre 6 m et 7 m, ce qui a permis d'envisager l'introduction de deux variables (pour la largeur et pour la longueur du rectangle). Le groupe a ensuite écrit les deux conditions en jeu à l'aide de ces variables.

Un élève, H, a identifié une équation du second degré et a initié des recherches sur Internet (cours d'Yvan Monka, figure 23).

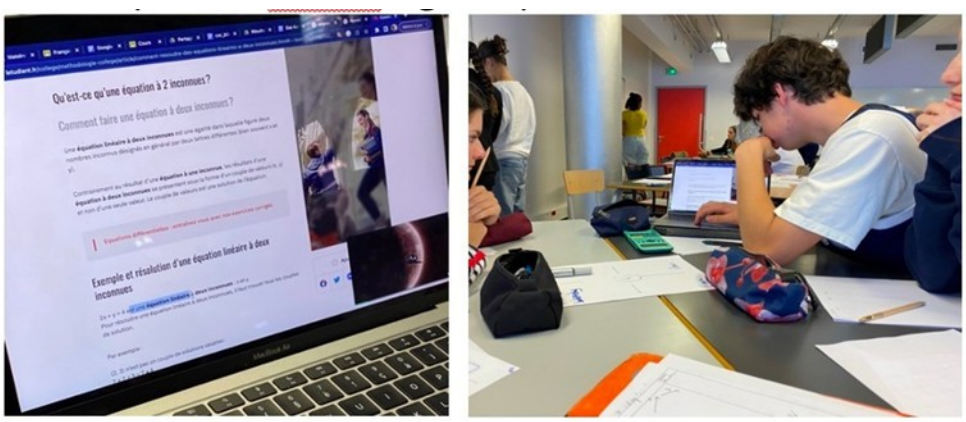


Figure 59 *: Recherche d'un cours sur Internet.*

H a invalidé son hypothèse et poursuivi ses recherches car une autre élève déclare avoir reconnu *« une fonction affine de type réaménagée »*. Ils ont ensuite exprimé l'aire de leur zone rectangulaire en fonction de la longueur d'un des deux côtés identiques (suggéré par l'observatrice) et ont obtenu une inéquation du second degré. L'observatrice a ensuite demandé au groupe s'il connaissait Geogebra. Le groupe a alors utilisé Geogebra en ligne pour résoudre l'inéquation dont ils ont développé le membre de gauche au préalable. Après déblocage par l'observatrice dans l'usage du logiciel, le groupe a repéré graphiquement (figure 24) que 80 m^2 n'était jamais atteint et que la loi ne pouvait être respectée dans le cas d'une zone rectangulaire.

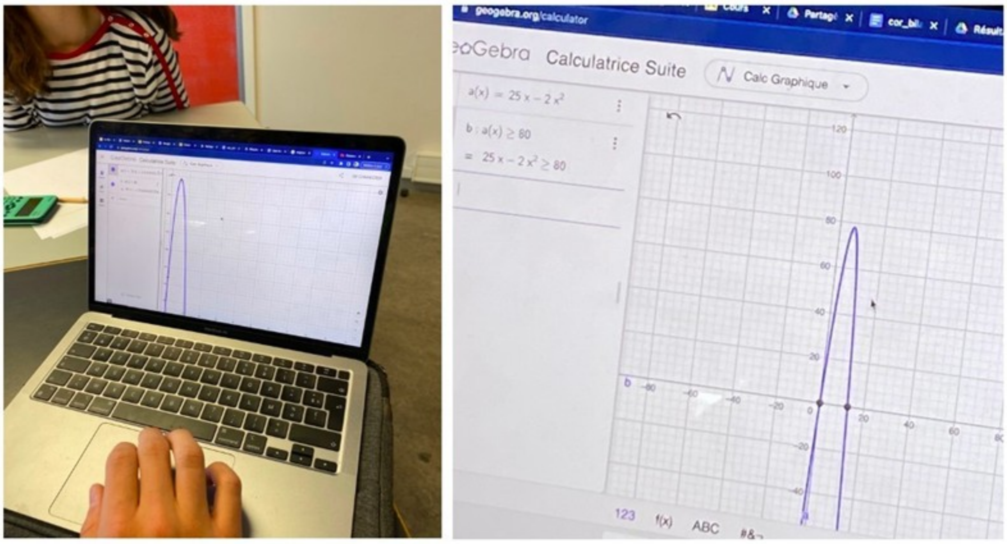


***Figure 60** : Saisie de l'inéquation et représentation graphique Geogebra.*

Le groupe 6 observé par Marine.

A, E et L sont les initiales des prénoms des élèves. Au début du travail de groupe, A questionne ses camarades « *On n'a pas la largeur de la ligne d'eau* », puis suggère de faire un produit en croix puis reformule la situation « *Il faut trouver l'aire que délimite 25 m*. »

E : « *Comment fais-tu pour calculer les m² dans un rond ?* »

A : « *Une ligne d'eau ne fera jamais 80 m² puisqu'elle fait 25 m, c'est comme à la piscine mais dans un lac donc un aller-retour c'est 50 m.* »

E sort son ordinateur portable et recherche « *formule m² dans un cercle* »

E : « *Si le contour fait 25 m, le diamètre ne fait pas 25 m, ou alors ce n'est pas un rond, à côté, ils se posent la même question.* »

L'enseignante demande alors : « *Êtes-vous allés en colonie ? Que savez-vous des règles de sécurité ?* »

Suite à cette intervention, le groupe a choisi une zone de forme carrée. 25 *m* divisé par 3 est égal à 8,3 *m* et $8{,}3m \times 8{,}3m = 68{,}89$ *m²*. Comme 80 m^2 > 68,8 m^2 le groupe valide la solution.

Il se questionne sur le fait d'avoir fini le travail rapidement et être le seul à ne pas avoir écrit au tableau.

E : « *C'est bizarre, ma chambre fait 25 m², ça fait beaucoup d'enfants. Le côté de la plage, on s'en fiche.* »

L'enseignante questionne : « *Où en êtes-vous ? Est-ce que votre solution est réalisable ?* »

Le groupe se rend compte de son erreur d'interprétation, 80 *m²* > 68,8 *m²* n'est pas une bonne solution. L'élève A propose une zone de forme rectangulaire mais se dit que c'est la même aire qu'un carré, ce que valide l'élève E en disant « *Il faut créer une variable sous Geogebra* ». Puis le groupe demande de la ficelle : l'élève L coupe un morceau de 25 *cm* de ficelle et décide de scotcher sur la table la forme obtenue. $7{,}5\times 2=15{,}25-15=10\,et\,7{,}5\times 10=75$.

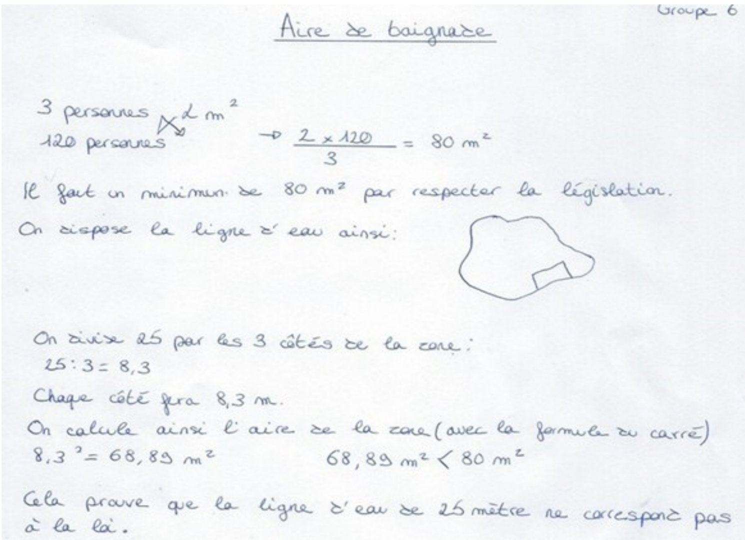
A déclare ensuite : « Du coup ça varie, il faut qu'on fasse une variable. On peut faire une fonction pour modéliser, on va regarder sur le cours du début d'année. »

Chaque élève du groupe cherche sur son espace en ligne ses cours du début d'année.

A saisit sur le moteur de recherche internet « *Trouver la valeur optimale d'une fonction* » puis décide de retourner dans ses cours sur « *les boîtes de conserve* ».

E « *Ce n'est pas pareil, les boîtes de conserve étaient rondes* ».

Le groupe attend la fin du travail des autres groupes.


Groupe 6

Aire de baignade

3 personnes → 2 m²
120 personnes → $\frac{2\times 120}{3}$ = 80 m²

Il faut un minimum de 80 m² pour respecter la législation.

On dispose la ligne d'eau ainsi:

On divise 25 par les 3 côtés de la zone:
25 : 3 = 8,3
Chaque côté fera 8,3 m.
On calcule ainsi l'aire de la zone (avec la formule du carré)
8,3² = 68,89 m²   68,89 m² < 80 m²

Cela prouve que la ligne d'eau de 25 mètre ne correspond pas à la loi.

Figure 61 *: Bilan du groupe 6.*

Le groupe 8 observé par Samuel.

Trois élèves dont les initiales des prénoms sont E, M et A. Lors de la phase de lecture individuelle, A surligne les données importantes de l'énoncé. M écrit un court résumé des données (120 enfants ; aire de baignade de 25 m^2 ; la règle avec une erreur 3 personnes par m^2) et fait un premier schéma sur la feuille énoncé. E lit attentivement et ne note rien

Figure 62 : Schématisation et premiers modèles
(disque, demi-disque, quart de disque, carré, rectangle et même "patate")

La phase individuelle se termine, les élèves sont autorisés à échanger. Les trois élèves échangent succinctement sur leurs débuts de résolutions individuelles (figure 25) pour rapidement former deux sous-groupes : M seule et E et A associées. Deux résolutions se produisent en parallèle, avec des interactions faisant bifurquer les stratégies des deux sous-groupes.

M commence et part sur l'hypothèse d'un disque et demande : « *Aire d'un cercle : c'est quoi la formule ?* ». Les deux autres lui répondent « *Cherche avec ton ordi.* » M déclare : « *L'aire c'est* $\pi \times rayon \times rayon$. ». M fait un schéma au tableau avec un demi-disque de périmètre 25 m. Elle se lance ensuite sur le calcul du diamètre.

En parallèle, E et A font un carré de côté $\frac{25}{4} m = 6{,}25 m$, puis se mettent d'accord pour un carré de côté $\frac{25}{3}$ m. E fait un schéma pour la règle de 3 personnes pour 2 m^2 et se trompe en faisant un carré de côté 2 m, soit 4 m^2. La compréhension de la règle semble néanmoins bonne. E et A prennent la calculatrice pour chercher l'aire du carré, puis le nombre de personnes en divisant par 2 et en multipliant par 3 pour obtenir 104 personnes.

M intervient alors : « *Ce n'est pas possible ! Tu as déjà vu une ligne pliée ?* » E passe alors au tableau, puis fait un schéma d'un disque de diamètre 25 m en accord avec A.

E et A interprètent la ligne d'eau comme étant le diamètre d'un disque, qui représentera l'aire de baignade. E rédige au tableau le calcul de l'aire d'un disque de rayon 12,5 m pendant que A mène le calcul avec sa calculatrice pour donner à E les valeurs exactes et approchées. Elles obtiennent le résultat de 366 personnes (figure 27).

M continue sa recherche du diamètre, puis du rayon pour obtenir 7,95 m. L'aire trouvée est arrondie à 198 m^2. "Combien de 2 m^2 ?" Elle détermine ensuite le nombre d'enfants pour aboutir à 297.

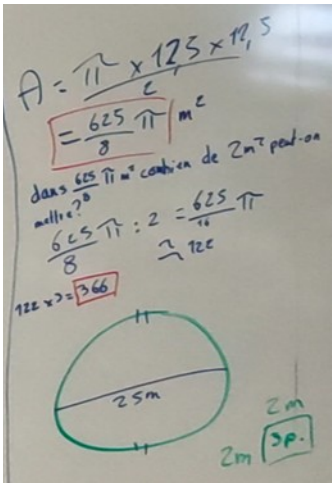
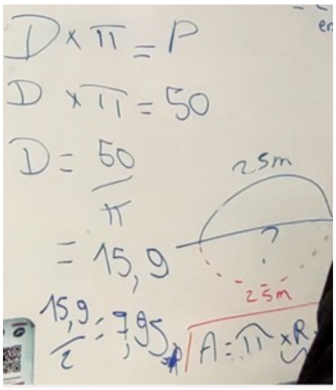


***Figure 63** : Tableau initial du binôme E et A*



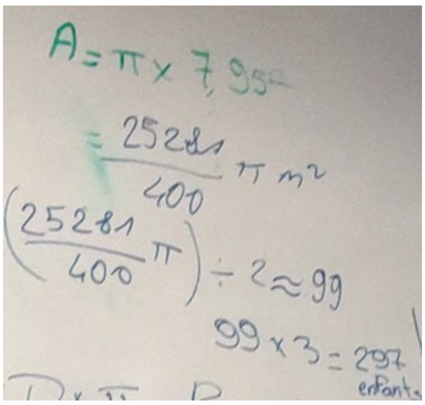


***Figure 64** : Tableau initial de M seule*

Les trois élèves comparent leurs deux résultats. M explique sa démarche. E et A ne remettent pas en question explicitement leur interprétation du 25 *m* comme diamètre.

E dit alors : “Il y a un raisonnement qui tient mieux que l’autre”, sans préciser lequel.

E prend en main la finalisation de la rédaction et écrit hypothèse 1 pour celle de M et hypothèse 2 pour celles de E et A.

E propose une nouvelle hypothèse 3 avec un rectangle qu’elle avait semblé abandonner au début de la phase commune. E évoque aussi que la zone de baignade pourrait avoir la “forme d’une patate !”

Le temps de recherche s’arrête ici avec l’intervention de l’enseignante-expérimentatrice : “*Et dans la réalité, est-ce que la forme du demi-cercle est possible, dans la vraie vie ?”*

3.5. Le ressenti immédiat des enseignants-expérimentateurs

Nadia n’a pas vu le temps passer, elle dit avoir adoré, mais a décelé que le groupe 5 avait menti lors de la phase de bilan afin de « se débarrasser de l’enseignant ».

Pour Rémi, le bilan a pris du temps, et il regrette de ne pas être revenu sur le fait de questionner les élèves autour de la situation réelle comme initialement prévu dans le scénario.

Le scénario de départ (session 1) a été modifié pendant la pause des élèves : tous les groupes ont exposé leur résolution du problème, pour ne décevoir personne. C'est au détriment du temps initialement prévu pour une réflexion sur un retour au réel. Il avait été décidé de ne faire passer qu'un groupe par forme de zone (circulaire, rectangulaire, carrée, …).

4. Troisième session de l’atelier

4.1. Retour des enseignants-expérimentateurs

Les deux enseignants-expérimentateurs ont également rédigé un bilan que nous exposons ci-dessous. Les sous-sections suivantes relatent les points évoqués par les participants dans le troisième atelier. Cet atelier a eu lieu l'après-midi du jour de la leçon réalisée avec les élèves, comme en LSa classique. Le groupe a procédé à des premiers ajustements. Nous relatons également des apports complémentaires didactiques en lien avec la modélisation. Ce point est usuellement discuté entre chercheurs et facilitateurs avant une troisième journée décalée (4 à 5 mois après la leçon et son analyse *a posteriori*), le temps de permettre aux participants de tester la ressource dans leur propre classe avec des adaptations possibles.

Retour de Nadia

Nadia est l'enseignante-expérimentatrice lors de la première partie du scénario.

« Pendant le travail effectué a priori par le collectif, la feuille de route me semblait un peu légère, notamment en termes de relances mais finalement, elle s’est avérée suffisante. Je pense avoir suivi le plan proposé par le collectif, ce que le collectif a confirmé ; sur les 10 minutes de la

phase 3 pendant lesquelles je ne devais pas intervenir sur les travaux, je suis intervenue sur la compréhension de la « zone de baignade » en faisant des retours à la réalité.

La phase 1 de recherche me semblait trop longue car les élèves, habitués à échanger et à travailler en groupe ont très vite commencé à discuter entre eux. Il a fallu recadrer dans les groupes en insistant sur l'intérêt de la recherche individuelle qui, par la suite, peut apporter de nouvelles pistes et permettre de faire émerger des idées sans partir sur une idée « collective » immédiatement.

Les élèves ont accepté de travailler seuls 10 minutes ; après réflexion, cette phase individuelle, de 10 minutes était très pertinente (et je veillerai à la faire respecter à mes propres élèves).

Le découpage du temps des autres phases était bien adapté (manque de temps pour la phase 2).

J'ai oublié d'aller voir deux groupes, oubliant le rôle des observateurs et me concentrant sur les groupes « seuls ». Trop de temps passé avec certains groupes ? Idée de se fixer un temps court dans chaque groupe et tourner ? Pistes proposées dans la discussion a posteriori à creuser.

Enfin, cette expérience a été très enrichissante, le vivre est aussi très pertinent. »

Retour de Rémi

Rémi est l'enseignant-expérimentateur lors de la phase de bilan des travaux des groupes d'élèves.

A propos de son rôle initial d'observateur global lors de la première partie, il déclare :

« Selon moi, lors de la première phase, l'enseignante Nadia a su s'adapter (dès qu'une question a été posée à propos du sens de « ligne d'eau », elle en a profité pour s'assurer que l'énoncé était compris de tous sans attendre l'instant fixé par le planning a priori). J'ai trouvé que la deuxième phase était un peu trop courte : aucun groupe n'a eu vraiment le temps de prendre un peu de recul. »

Et sur son rôle d'enseignant expérimentateur :

« Je suis intervenu après la pause pour faire le bilan de la séance avec les élèves. Il m'a semblé difficile de faire ce bilan « à chaud », en ayant juste quelques minutes de réflexion collective. Néanmoins, le fait d'avoir les tableaux sous la main et le travail frais dans la tête des élèves me semble un avantage.

Une remarque : faire le bilan alors qu'on n'est pas l'enseignant expérimentateur n'est peut-être pas l'idéal (j'étais notamment concentré sur des objectifs logistiques de type respect du planning), ou en tout cas, il vaut mieux qu'il soit prévenu avant.

Lors du bilan (après la pause), j'ai fait présenter le travail des groupes en sélectionnant une liste de travaux qui présentaient à chaque fois des différences. Les autres groupes m'ont semblé assez passifs, et je n'ai pas réussi à les faire commenter le travail des autres, il n'y a pas eu assez d'interactions entre moi et les élèves ou entre les élèves entre eux. Mes questions étaient sans doute trop vagues, et trop collectives. J'aurais pu :

interpeler certains groupes dont je savais qu'ils avaient fait des choix différents de ceux de la présentation en cours ;

interpeler les groupes sur des points précis (« Les élèves du groupe 1, que pensez-vous des hypothèses des élèves du groupe 2 ? », « Les élèves du groupe 1, que pensez-vous des hypothèses, du réalisme de la solution du groupe 2 ? »).

Nadia m'avait proposé de réunir les élèves au centre de la classe pour faire le bilan, je n'ai pas suivi son conseil, mais rétrospectivement, je pense que c'était une bonne idée, à tester, afin de rendre plus actifs les élèves lors du bilan.

J'avais prévu après la présentation des travaux par les élèves de faire un bilan au tableau, mais je n'ai pas eu le temps. J'aurais voulu revenir sur :

certains élèves n'ont pas demandé assez d'aide à l'enseignant ;

insister sur les hypothèses : certains groupes les ont bien mises en évidence, d'autres non, et aucun groupe n'y est revenu à la fin pour commenter son modèle ;

insister sur l'importance des contrôles, et mettre en évidence qu'en étant plusieurs groupes avec des démarches différentes, cela fournit des contrôles

Par exemple, pour l'aire rectangulaire, il y a eu une approche algébrique (maximisation d'un polynôme du second degré), numérique (utilisation de Geogebra pour le même polynôme), et un argument géométrique confus mais que l'on peut rendre rigoureux.

Je retiendrai quelques points forts comme l'importance :

du vécu pour exclure certaines configurations (ceux ayant participé à une colonie pourraient reproduire la figure observée en colonie, vent sur les bouées etc.)

du retour sur la réalité (par exemple : expérience pour trancher entre demi-cercle infaisable ou non ? Reconnaître que ce n'est pas une question mathématique). »

4.2. Retour collectif sur le déroulé

Sur la première partie de cette session réalisée l'après-midi de la leçon de recherche, nous avons procédé, de façon accélérée, à de premiers ajustements de la feuille de route initiale. Cette phase cruciale dure généralement trois heures et s'appuie sur les notes prises par les observateurs tout en donnant d'abord la parole à l'observateur global. En effet, ce dernier peut retracer, minute après minute, le cheminement de l'enseignant dans chaque groupe sans pour autant en préciser les interventions. L'observateur de groupe prend alors le relais pour indiquer précisément ce qui s'est échangé au sein du groupe, ce qui permet d'expliciter des procédures et leurs évolutions.

Quels premiers ajustements ?

Un objectif du scénario ajouté *a posteriori* par le collectif est de revenir à la problématique, et de faire expliciter aux élèves les étapes de modélisation (pointer les étapes en lien avec la réalité, quelle part respective des élèves et de l'enseignant).

Le collectif a envisagé les modifications suivantes : un ajout de 5 minutes pour la phase 2 jugée trop courte et, pour la phase 3 (de bilan intermédiaire), une réduction de sa durée de 10 minutes selon l'objectif initial. Enfin des éléments de débat au sein du collectif sont précisés :

« Nous devrions insister sur certains travaux d'élèves initiaux qui avaient exprimé des hypothèses de modélisation et s'en servir comme levier. Il faudrait également réinjecter le réel dans la phase de résolution de l'aire de baignade après avoir envisagé plusieurs méthodes et permettre aux élèves des moyens de contrôle de ce problème d'optimisation en lien avec le tracé sous Geogebra d'une fonction polynomiale du second degré. Lors du bilan, il s'agirait de valider les solutions avec différents traitements réalisés au sein de la classe, puis de revenir au réel en demandant si les solutions obtenues sont réalistes. »

Le groupe envisage d'insérer *a posteriori* une phase 4 au scénario lors d'une autre séance :

« La nouvelle phase 4 permettrait d'expliciter les différentes étapes de modélisation, d'organiser le bilan en dessinant un cycle de modélisation et à identifier les travaux des groupes à partager avec la classe. Elle permettrait de faire expliciter les démarches utilisées et de répondre à la question sur le respect ou non de la loi. »

Des apports didactiques au collectif sur la modélisation

Les auteures ont également consacré un temps de l'atelier à des apports didactiques en lien avec la modélisation, tout en souhaitant illustrer la façon dont cela peut se faire en LSa avec des enseignants. Il s'agissait de faire découvrir le cycle de modélisation de

Blum & Leiss (figure 1), puis celui augmenté d'Yvain-Prébiski (figure 2). Ensuite, les rapports entretenus entre le monde réel et le monde symbolique des mathématiques ont été distingués en introduisant les mathématisations horizontale et verticale avec l'appui d'une diapositive (figure 29)

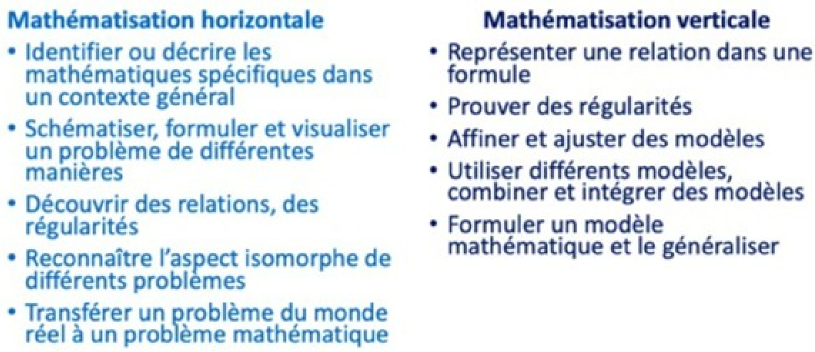


Figure 65 *: Diapositive partagée dans l'atelier*

L'objectif de formation était que les participants s'approprient le cycle de modélisation de Blum & Leiss (2007) à l'aide du visionnage d'extraits de vidéos de classe dont ils devaient retrouver l'étape en cours dans l'extrait.

Dans le prolongement de cette analyse, le collectif s'est posé la question de la gestion d'une pluralité de modèles en classe : quelles interventions de l'enseignant et quelle part de modélisation laissée à la charge des élèves ?

En complément, les auteures ont mentionné au collectif deux autres références de recherche en didactique des mathématiques en lien avec la situation de l'aire de baignade. La première est celle de Derouet & Yvain-Prébiski (2023) où les autrices ont décrit minutieusement le processus de modélisation de l'aire de baignade et en ont dégagé des fragments de réalité. La seconde, d'Yvain-Prébiski & Masselin (2023) traite également de la même situation mais cette fois avec une étude portée au cycle 3 avec mise en évidence d'effets d'enseignement autour de la modélisation sur le travail d'élèves.

Le collectif de l'atelier a émis l'idée d'impliquer les élèves davantage et de leur faire prendre conscience du point jusqu'où ils sont allés dans la modélisation à partir de leurs travaux. C'est justement ce que les auteurs avaient prévu de faire faire aux participants dans la suite de l'atelier.

4.3. Vidéos et étapes du cycle de modélisation

Travail autour de trois extraits vidéo

Il s'agissait de visionner des extraits de vidéos apportés par les facilitatrices qui, d'ordinaire, servent à enrichir l'analyse *a priori* de la situation en amont de la préparation d'un scénario pour une classe. Ils sont issus d'une sélection d'extraits d'une vidéothèque (Masselin & al., 2023) associée à l'aire de baignade et permettent de questionner les enseignants sur des aspects de modélisation.

La consigne donnée dans l'atelier était double. Pour chaque extrait, il s'agissait :

de le situer dans le cycle de modélisation de Blum & Leiss (2007) (figure 1) ;

d'imaginer ce qu'il peut apporter à un collectif d'enseignants en Lesson Study.

Description du premier extrait intitulé « triple » :

L'élève a schématisé une zone de baignade par un rectangle. Il a introduit une lettre placée à la fois sur la largeur et la longueur du rectangle (figure 30). L'enseignante le questionne sur sa définition de x et cherche à lui faire prendre conscience de la covariation entre la largeur et la longueur (si x désigne la largeur, $25-2x$ désigne la longueur).

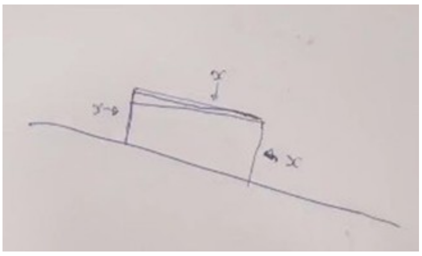


Figure 66 *: Capture d'écran de la vidéo « triple x »*

Cet extrait de vidéo vise, en LSa, la prise de conscience de la difficulté de définir des variables et d'établir du lien entre les deux dimensions. Pour les enseignants, il s'agit également de prendre conscience que le statut d'inconnue peut être prégnant par rapport au statut de variable (nécessaire pour optimiser).

Dans le cadre de l'atelier, les participants ont identifié que le travail se situait entre le modèle réel et le modèle mathématique (étape 3 du cycle de Blum & Leiss).

Description du second extrait intitulé « lac »

Une élève ne parvient pas à entrer dans l'activité car elle déclare à ses camarades qu'il existe plusieurs formes pour un lac et qu'il n'y a pas de « mesures » données. Elle dit être bloquée et sa feuille de brouillon reste blanche.

Dans l'atelier, nous avons discuté de la nature de la situation présentée dans l'énoncé, et avons partagé le fait que la situation donnée n'est pas réelle. Elle serait « On a une colonie de vacances qui souhaite se baigner dans un lac avec une ligne d'eau. » Choisir une ligne d'eau de 25 m, c'est déjà être dans une situation modèle. Nous avons alors évoqué la distinction entre les mathématisations horizontale et verticale.

Le collectif a situé cet extrait entre la situation modèle et le modèle réel, soit à l'étape 2 du cycle.

Description du troisième extrait intitulé « croquis-land »

Dans cet extrait un élève a réalisé plusieurs croquis de zones de baignade qu'il partage dans son groupe (zone rectangle, triangle rectangle, disque, dite en « zigzag », ou déclarée « patatoïde »). Il indique à une autre élève du groupe qu'on peut considérer que « la plage est rectiligne en imaginant que le lac est suffisamment grand » tout en repassant et en transformant avec son stylo une portion de ligne courbe en ligne droite (figure 31) à main levée.

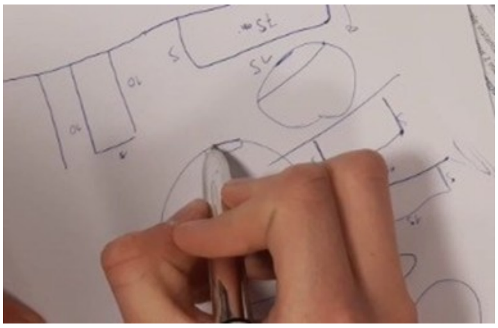


Figure 67 *: Capture d'écran de la vidéo « croquis-land ».*

À travers cet extrait, situé également à l'étape 2, les participants de l'atelier ont identifié des hypothèses de modélisation explicitées par un élève au sein de son groupe (lac suffisamment grand en superficie, plage rectiligne).

Il a été évoqué que la situation initiale, telle que vécue dans l'atelier, offrait une vraie occasion de travailler la modélisation avec les élèves, ce qui va dans le sens de la remarque de Fabien : *« Pourquoi ne pas expliciter aux élèves ce que c'est que modéliser ? Et pourquoi pas le faire à partir des étapes du cycle de modélisation ? »*

Place réelle des extraits de vidéos en LSa

Les facilitatrices ont évoqué d'où venaient les extraits de vidéos partagés, révélant alors l'existence d'une première boucle dans le dispositif LSa, vécue en amont de celle destinée aux enseignants.

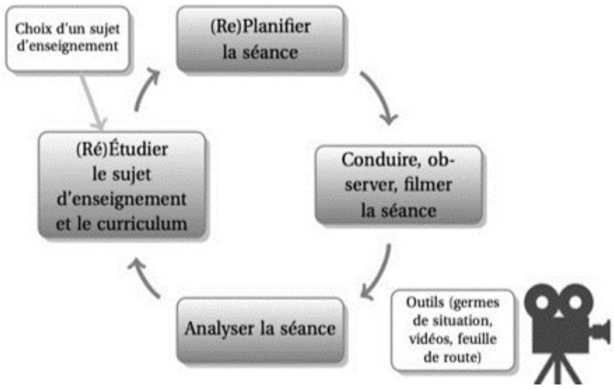


Figure 68 : La première boucle du dispositif LSa (Masselin & al., 2023).

La première boucle (figure 32), détaillée dans Masselin & Artigue (2023) dans le cas de notre situation, permet de stabiliser un germe de situation (autrement dit un problème ou une question) et de repérer en particulier des extraits de vidéos susceptibles d'accompagner des enseignants en LSa dans leur analyse *a priori* de la situation.

Suite à des difficultés évoquées pour repérer des nuances entre situation modèle et modèle mathématique, Masselin a également partagé un poster sur la disparition du thon rouge en Méditerranée, qu'elle avait coréalisé en Master Professionnel de formation de formateurs dans l'UE Modélisation à l'Université Paris Diderot. Ce poster (annexe 2) illustre les différentes étapes du cycle liées à cette problématique et lui semblait aidant dans la distinction de ces étapes.

Retour au réel

En fin d'atelier, le collectif est revenu sur le retour au réel de la situation proposée et la question de la modélisation. Un participant a émis l'idée d'annoncer clairement aux élèves qu'ils étaient dans un exercice de modélisation et d'en accepter les contraintes et pourquoi pas aller jusqu'à présenter aux élèves les différentes étapes d’un cycle de modélisation. Cette suggestion fait l’adhésion du groupe, jugeant que le fait de dire explicitement en quoi elle consiste peut permettre une entrée des élèves plus aisée dans la modélisation.

La situation de l’« aire de baignade » ne peut pas exister dans le monde réel exactement telle que présentée dans l’atelier (contraintes de la loi évoquée précédemment) mais elle permet de travailler la modélisation. En informer les élèves pourrait permettre une entrée dans ce que sous-tend la modélisation et ses différentes étapes (présentes dans le cycle de Blum & Leiss, figure 1) en étant plus efficace et en allant plus loin.

Résultats en lien avec notre cadre théorique

À propos des productions des enseignants sur l’aire de baignade (atelier 1) :

Les résolutions de la situation par les participants pour eux-mêmes (figures 5) témoignent d’une plus forte considération pour des aspects relevant de mathématisation verticale que de mathématisation horizontale. L’hypothèse de plage rectiligne reste souvent implicite (sauf pour la production de Rémi), ou encore le fait de considérer que tous les enfants se baignent simultanément. Les réalisations montrent des travaux partant de zones de baignade épousant des formes géométriques connues et régulières (sauf pour Renaud) sans considérer par exemple l’existence de vent qui pourrait faire évoluer la délimitation de la zone de baignade. Pierre évoque le lien entre la situation réelle et celle modèle du cycle de Blum & Leiss en questionnant le décret. Le lac est implicitement considéré comme plan d’eau non couvert dans les productions.

À propos de la feuille de route réalisée par le collectif (atelier 1) :

Dans le scénario prévu, le second objectif déclaré est en partie « le rapport à la réalité ». Il reste implicite : s’agit-il du rapport des solutions trouvées à la réalité, ou encore de la vraisemblance du modèle travaillé par rapport à la situation réelle ? Les phases du scénario ne consacrent pas de temps exclusivement dédié à débattre de choix de simplifications en lien avec la compréhension de la situation réelle, notamment pour laisser émerger des questions (voir 1.4), phénomène identifié par Derouet & Yvain-Prébiski (2023) sur la situation. L’élaboration du modèle mathématique est dévolue aux élèves dans le scénario prévu. Dans certaines LSa vécues sur cette même situation, certains scénarii consacrent un temps lors d’une phase pour fixer des éléments de simplification autour de la mathématisation horizontale.

Cependant, la grille d’interventions montre que le collectif anticipe certaines difficultés liées au passage du modèle de situation au modèle pseudo-concret. Trois interventions de l’enseignant témoignent d’une préoccupation du collectif sur certaines hypothèses simplificatrices : celle sur la ligne d’eau, celle sur la fréquentation maximale et celle sur l’apparition d’une zone de baignade fermée.

Le collectif, en proposant une ficelle pour débloquer, imagine qu’elle matérialisera une ligne d’eau pour les élèves, ce qui n’est pas automatique (Yvain-Prébiski & Masselin, 2023). Si l’usage de la ficelle est précisé dans l’intervention, rien ne précise comment l’utiliser : représentera-t-elle le bord du lac ou la ligne d’eau ? Quelle sera sa longueur : 25 *cm* ou autre ?

À propos des retours immédiats de mise en œuvre (session 2) :

La confrontation des résultats produits et exposés par chaque groupe à la situation réelle est considérée par le second enseignant expérimentateur comme manquante. Il semble y avoir, chez Rémi, une prise de conscience que l'orientation du scénario est moins portée sur l'élaboration d'un modèle réel puis mathématique (mathématisation horizontale) que sur l'analyse des traitements effectués dans des modèles algébriques ou fonctionnels qui relèvent de la mathématisation verticale. Son ressenti est conforme à la phase de bilan conduite où il a fait préciser les contenus des différents tableaux par un élève de chaque groupe. Lors de cette phase, une élève (présentatrice du travail du groupe 5) a indiqué que son groupe avait finalement renoncé à considérer une zone de baignade rectangulaire. Elle précise qu'ils avaient oublié de laisser un passage ouvert pour que les enfants entrent dans l'eau donc c'était impossible.

À propos de l'analyse a posteriori de la mise en œuvre (session 3) :

Le collectif trouve que le scénario mis en œuvre est conforme à celui préparé concernant la phase de recherche de la situation par les élèves (phases 1 et 2).

La phase de bilan est repensée en considérant les différentes formes géométriques de zones rencontrées (rectangulaires, semi-circulaires) : il s'agirait de les comparer au sein de la classe. L'accent est également mis sur le lien avec la situation réelle qui apparaît comme une nécessité. Le collectif de l'atelier prend conscience qu'un retour au réel est un appui pour statuer sur certains modèles choisis. Le groupe souligne l'importance de faire interagir les différents groupes dans cette phase, invoquant la nécessité de temps plus long que lors du colloque.

Contrairement à d'autres LSa menées sur cette situation, les participants de l'atelier n'ont pas intégré dans son scénario, ni *a priori* ni *a posteriori,* une phase spécifique en plénière qui serait dédiée à débattre d'hypothèses simplificatrices relevant de la mathématisation horizontale. Notre expérience de facilitatrices montre que certains extraits de vidéos usuellement partagés en LSa (non partagés dans l'atelier) facilitent l'émergence d'une telle phase dans le scénario. Un extrait de vidéo en particulier provoque l'anticipation d'un temps de débat avec la classe : il montre un élève de seconde qui semble bloqué (n'ayant rien écrit durant la phase de recherche individuelle) et qui déclare aux autres élèves de son groupe : « *On ne peut pas répondre, on n'a pas les dimensions du lac.* » Mais le contexte du colloque avec un temps consacré à la préparation de la leçon écourté (environ 1h contre le double d'ordinaire) est un paramètre à prendre en compte dans ces résultats.

À propos du partage des deux extraits de vidéos :

Une évolution des pratiques semble amorcée au sein du collectif de l'atelier s'agissant de l'enseignement de situations de modélisation avec l'apparition d'une attention exprimée sur les étapes de modélisation et en particulier les enjeux de la mathématisation horizontale. Les deux extraits de vidéos habituellement partagés en LSa ont favorisé une conscientisation nécessaire pour aboutir à un modèle de situation se rapprochant de celui décrit par Derouet & Yvain-Prébiski (2023, p. 609).

Conclusion et perspectives

La LSa vécue par le collectif d'enseignants a permis au fil des sessions de l'atelier de prendre connaissance et conscience de l'importance des différentes étapes de modélisation et d'identifier des éléments relevant de la mathématisation horizontale. Le dispositif LSa, par ses étapes décrites dans cet article et ses outils spécifiques (feuille de route, analyse *a posteriori*, analyse de pratique via des vidéos, apports didactiques) a fait évoluer le questionnement initial au sein du collectif. La LSa a enclenché l'envie de partager cette situation « aire de baignade » en classe, avec des alternatives favorisant l'identification des étapes de modélisation auprès des élèves.

Du côté de la modélisation

La mise en œuvre d'une LSa, contrainte à un format court par rapport à d'ordinaire, est sans doute une limite de notre atelier mais il a permis aux enseignants experts présents de soulever des enjeux cruciaux sur l'enseignement de la modélisation en classe. Le développement professionnel de facilitateurs et futurs facilitateurs[59], identifié et analysé autour du germe de situation « aire de baignade » (Masselin & Artigue, 2024), s'est initié au sein du collectif de l'atelier lors des échanges suscités par le vécu d'une LSa.

En complément sur l'« aire de baignade », Yvain-Prébiski & Masselin (2023) ont obtenu des résultats sur deux fragments de réalité « ligne d'eau » et « zone de baignade » en lien avec le matériel envisagé par les enseignants pour la classe. Si les collectifs d'enseignants imaginent un usage spécifique de matériel mis à disposition des élèves (comme de la laine en guise de ligne d'eau), les élèves, eux, y affectent un usage tout autre en matérialisant par exemple une partie du lac, ce qui peut engendrer des malentendus et difficultés en classe.

Nous renvoyons le lecteur à ces deux textes qui leur permettront d'approfondir la réflexion sur l'importance des fragments de réalité dans le contexte de résolution du problème de l'aire de baignade.

À propos des Lesson Studies

L'expérience de cet atelier a fait germer l'idée de poursuivre autour des Lesson Studies en prolongement au sein du collectif. Nous avons évoqué des premières pistes de partage de ressources dans le groupe Tribu conçu pour cet atelier. De plus, l'enseignant-chercheur Rémi, a émis l'idée de réaliser de telles LSa dans son académie avec des enseignants de lycée, tout en signalant le souci d'éclatement géographique (Grenoble, Chamonix, Albertville).

Les facilitatrices et auteures ont indiqué l'existence d'une formation de facilitateurs à distance réalisée par le groupe « Activités-LS » de l'IREM de Rouen et déjà déployée dans d'autres académies. Rémi a également précisé que cela nécessiterait sans doute du temps pour s'installer, ce que les auteures ont confirmé en référence aux caractéristiques du processus de dissémination des LSa dans l'académie de Normandie des LSa analysé par Artigue & Masselin (2024).

Nadia, avait déjà organisé une LSa dans son lycée sur le raisonnement par l'absurde. Cette LSa impliquant trois collègues s'est déroulée dans son laboratoire de mathématiques, lieu qui lui semble privilégié pour ce type d'action (moyens horaires dégagés). Le collectif de l'atelier a décidé de rester en contact *a minima* sur un groupe Tribu, et nous avons évoqué la possibilité d'une réunion à distance pour une prochaine LSa qui pourrait se concevoir et se déployer au niveau national.

[59] du groupe « Activités-LS » de l'IREM de Rouen

Références bibliographiques

Artigue, M. & Masselin, B. (2024). The dynamic of implementation of adapted Lesson Studies in France. In P. Drijvers, C. Csapodi, H.Palmér, K. Gosztonyi and E. Kónya (Eds). *Proceedings of CERME13*, 4260-4267.

Banakas, P., Kerboul, C., Mailloux, F. & Masselin, B. (2014*). Le thon rouge de méditerranée sauvé par les quotas* ? Mémoire de Master professionnel de didactique des sciences, Université Paris Diderot.

Blum, W., & Leiss, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems. In G.- P. B.W. Haines & S. Khan (Eds.). *Mathematical Modelling. Education, Engineering and Economics* (pp. 222–231). Chichester: Horwood Publishing.

Derouet, C. (2016). *La fonction de densité au carrefour entre probabilités et analyse en terminale S. Etude de la conception et de la mise en œuvre de tâches d'introduction articulant lois à densité et calcul intégral* (Thèse, Université Paris Diderot (Paris 7) Sorbonne Paris Cité).

Derouet & Yvain-Prébiski (2023). Vers la mathématisation de situations ancrées dans le réel : une proposition de grille d'analyse, dans C. Derouet, A. Nechache, P.R. Richard, L. Vivier, I.M. Gómez-Chacón, A. Kuzniak, M. Maschietto & E. Montoya Delgadillo, *Actes du septième symposium d'Étude sur le Travail Mathématique* (pp. 603-614). IREM de Strasbourg.

Lewis, C., & Hurd, J. (2011). *Lesson study step by step. How teacher learning communities improve instruction.* Heinemann.

Masselin, B. (2020). *Ingénieries de formation en Mathématiques de l'école au lycée : des réalisations inspirées des Lesson Studies*. Rouen : Presses Universitaires de Rouen et du Havre. http://purh.univ-rouen.fr/node/1309

Masselin, B., & Artigue, M. (2024). How the situation seeds used in LSa support the collaborative work of facilitators and future facilitators. In In P. Drijvers, C. Csapodi, H.Palmér, K. Gosztonyi and E. Kónya (Eds.), *Proceedings of CERME13*, 4996-5003.

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, In Abboud, M. (2019). *Mathématiques en scènes, des ponts entre les disciplines* – (pp. 198-207). Université de Cergy Pontoise, France, Octobre 2018.

Masselin, B. & Hartmann, F. (2020). Un dispositif de formation inspiré des Lesson Studies dans l'académie de Rouen. *Repères-IREM*, *120,* 43-55.

Masselin, B., Hartmann, F., & Artigue, M. (2023). Etude du rôle des facilitateurs dans un dispositif de Lesson Study adapté [Study of the role of facilitators in an adapted Lesson Study framework]. *Annales de Didactique et de Sciences cognitives, 1,* 213–260. https://doi.org/10.4000/adsc.1816

Tan, S. (2021). Bansho as part of lesson and lesson study: from the origins to the present. International Journal for Lesson and Learning Studies, 10/4, 378-392. https://doi.org/10.1108/IJLLS-09-2021-0076.

Yvain-Prébiski, S. & Masselin, B. (2023). La modélisation à partir d'une situation extra mathématique : de la formation des enseignants à la mise en œuvre, dans le cadre du dispositif Lesson Study adapté au contexte français. *Repères-IREM, 131*, 51-73.

Annexe 1

Règlementation baignade

Figure 69 *: Source : Direction départementale de la Cohésion Sociale de la Manche.*

https://www.manche.gouv.fr/contenu/telechargement/41334/291496/file/DDCSaffiche+baignade-HD.pdf

Annexe 2

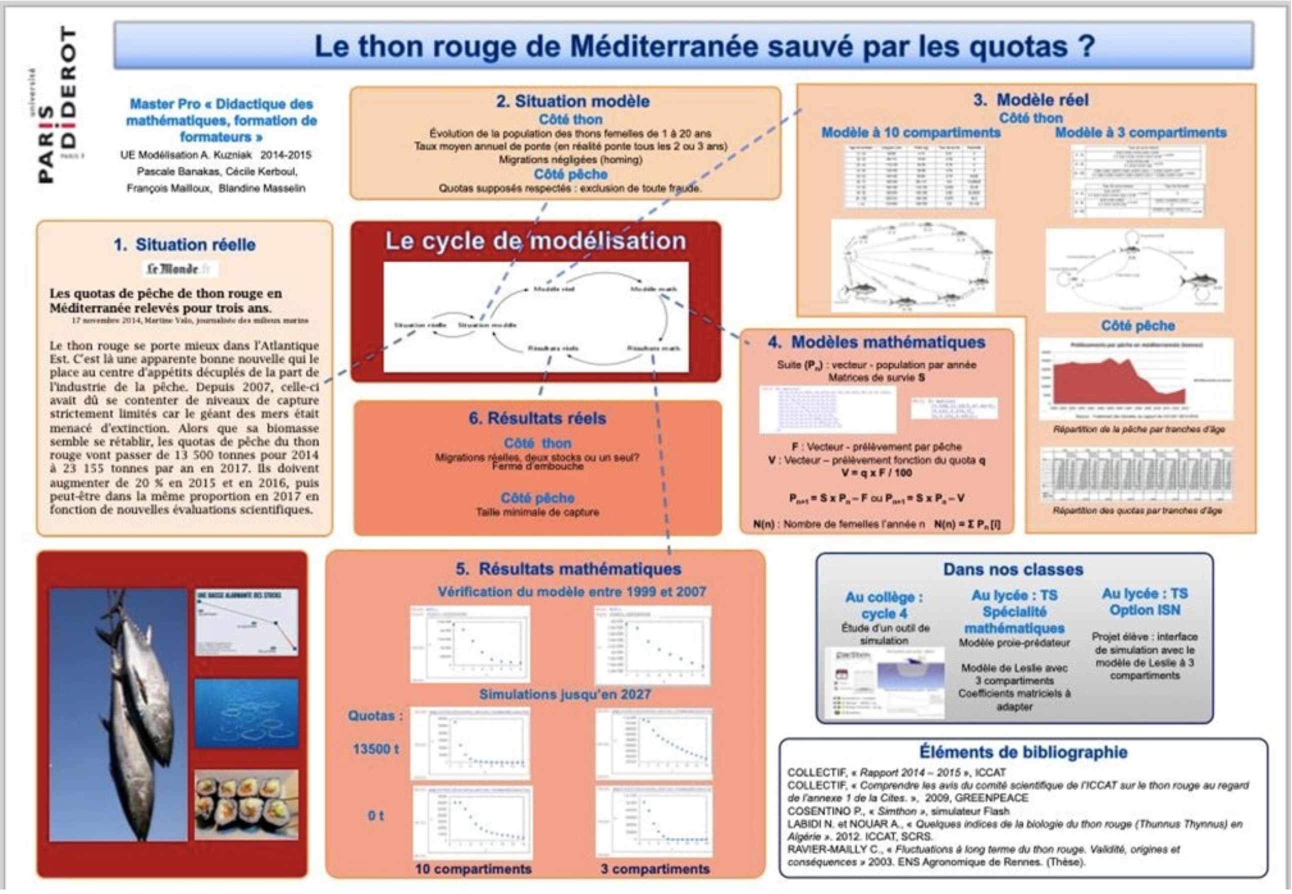


Figure 70 : Poster réalisé en Master 2 Professionnel de didactique des sciences, Université Paris Diderot par Banakas, Kerboul, Maillou & Masselin.