

Résultats de la recherche menée en classes de CE1 sur les mathématiques

Projet Pégase CESALIN 2022-2024

Pendant l'année 2023-2024, 27 classes du département de Savoie ont participé à une étude sur l'apprentissage des mathématiques, menée, en partenariat avec la DSDEN de la Savoie, par l'Université Grenoble Alpes dans le cadre du pôle Pégase – Pôle pilote de formation des enseignants et de recherche pour l'éducation <https://www.polepilote-pegase.fr>. Il a reçu également le soutien financier de l'Institut Français de l'Éducation.

Le pôle Pégase a pour ambition de transformer, d'ici 10 ans, les pratiques enseignantes de la maternelle au lycée pour renforcer l'apprentissage des savoirs fondamentaux, relevant du langage et des mathématiques, et de contribuer ainsi à réduire les inégalités sociales. Une des actions de Pégase concerne le financement de projets de recherche collaborative en éducation, dont le projet CESALIN – Curriculum et EIAH au Service de l'Apprentissage de la Ligne Numérique, <https://urls.fr/FtMQ2I> – retenu en 2022. Au cours des deux années scolaires 22-23 puis 23-24, CESALIN a eu un triple objectif :

1. **Concevoir**, en collaboration avec des enseignants et des formateurs, deux séquences pédagogiques d'une dizaine de séances (environ 10h) pour l'apprentissage de la ligne numérique : l'une avec du matériel tangible et des activités papier-crayon et l'autre articulant l'usage du matériel tangible, des activités papier-crayon et des activités informatisées sur tablettes ;
2. **Développer** un environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH) proposant des activités sur la ligne numérique, que les enseignants puissent intégrer dans leurs séquences d'apprentissage ;
3. **Tester** l'efficacité des séquences auprès de classes de CE1, selon une méthode pré-test/ intervention/ post-test.

La ligne numérique est un outil pour l'apprentissage des nombres utilisé du cycle 1 au cycle 4. Mais elle l'est essentiellement comme outil au service d'autres connaissances et peu comme objet d'étude et d'enseignement. Or, la ligne numérique (ou encore axe gradué, dénomination retenue dans ce projet) est un appui essentiel dans les classes pour travailler la numération, le calcul et la résolution de problèmes numériques, au cycle 2 comme au cycle 3, notamment lors de l'introduction des nombres décimaux, en écriture fractionnaire ou décimale. Nous avons fait l'hypothèse que les élèves doivent avoir compris les particularités de l'axe gradué, linéairement, pour qu'ils puissent ensuite l'utiliser comme un outil au service d'autres apprentissages en mathématiques. Ils doivent notamment savoir que :

- il y a correspondance entre les graduations (points) et les nombres écrits au-dessus d'elles (abscisse), un nombre n'est pas aléatoirement positionné entre deux graduations ;
- une même longueur entre deux graduations correspond à un même écart entre les deux abscisses (linéarité) ;
- les axes gradués ne sont pas tous identiques (échelle différente, première graduation possiblement différente de 0...).

La séquence CESALIN

Pour cela, nous avons conçu un curriculum pour l'apprentissage de la ligne numérique au cycle 2, composé de trois situations, à partir d'une étude didactique permettant d'établir un modèle de référence du savoir en termes de types de tâches (2022-2023). La première situation travaille la construction de l'axe gradué à partir d'un étalon matériel donné. La deuxième situation aborde la question de la graduation de deux en deux, trois en trois etc., c'est-à-dire un axe gradué sur lequel l'écart entre deux points successifs ne correspond pas nécessairement à une unité. Enfin la troisième situation traite de la correspondance entre point et abscisse. Il s'agit de tâches classiques, déjà présentes dans les manuels et les pratiques enseignantes. La proposition de ce curriculum est de les traiter aussi dans les cas moins travaillés habituellement en classe, où une analyse de l'information déjà présente sur l'axe est nécessaire pour placer correctement le point ou le nombre.

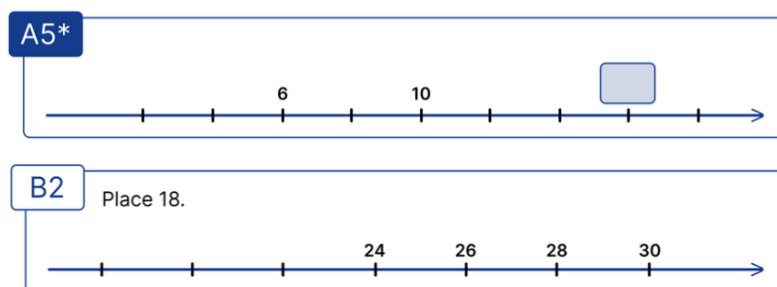


Figure 1. Deux exemples de tâche de la 3^e situation de la séquence CESALIN qui requièrent une analyse de l'information présente sur l'axe pour déterminer une abscisse ou sélectionner un point.

Dix séances relatives à ces trois situations ont été co-construites par des enseignantes professeurs des écoles, conseillères pédagogiques et chercheuses et chercheurs en didactique des mathématiques. Ces séances reposent sur l'utilisation d'un matériel de manipulation permettant de rendre tangible la longueur entre deux abscisses et la nécessité de son report pour graduer un axe. Ce matériel (Figure 2) a été fabriqué en partenariat avec la FabLab de l'UGA et mis à disposition de toutes les classes du projet.

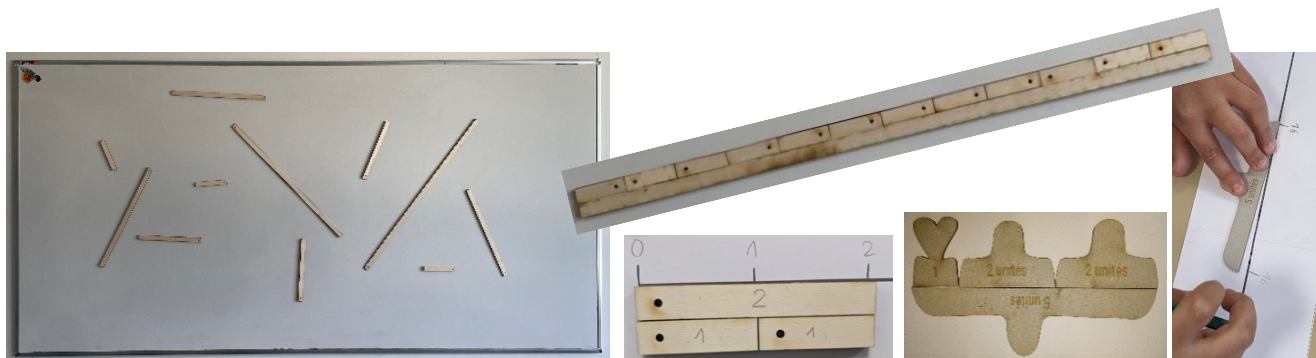


Figure 2. Matériel créé avec la FabLab de l'UGA pour la séquence CESALIN

Nous avons également créé des activités informatisées, dans l'environnement Cabri (partenariat avec l'Ed-Tech Cabrilog), permettant de travailler la 3^e situation en version numérique sur tablette. Cette application utilisable en ligne ou hors ligne, sur ordinateur et sur tablette, propose les deux activités, correspondant aux d'activités papier-crayon : sur un axe gradué présent à l'écran, déterminer l'abscisse d'un point donné ou déterminer le point correspondant à une abscisse donnée (Figure 3). Les axes gradués et les valeurs de ces exercices sont générés aléatoirement de façon à permettre à l'élève de travailler sur une variété de cas toujours renouvelés. Cette application est disponible actuellement dans une version utilisable en classe.

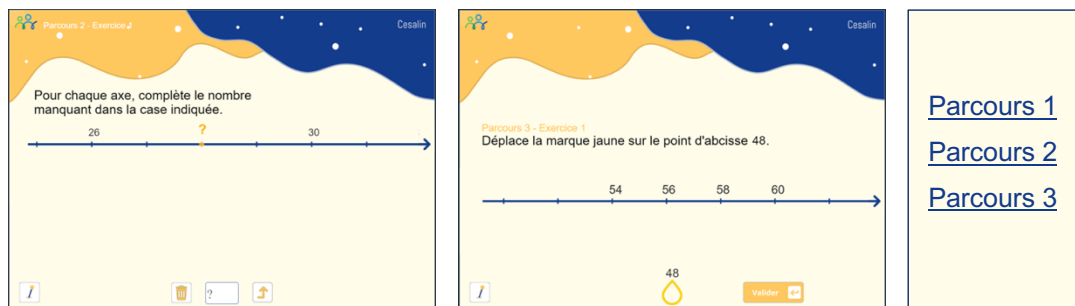


Figure 3. Exemples d'activité numérique dans l'application CESALIN et liens pour accès en ligne

- [Parcours 1](#)
- [Parcours 2](#)
- [Parcours 3](#)

Le curriculum est présenté dans un guide pédagogique qui détaille et explicite les enjeux d'apprentissage, les tâches élèves, mais aussi les gestes professionnels attendus, tant pour lancer le travail en classe que pour gérer les mises en commun et être attentif aux points clés pendant le travail des élèves. Le guide propose également des institutionnalisations et des affichages.

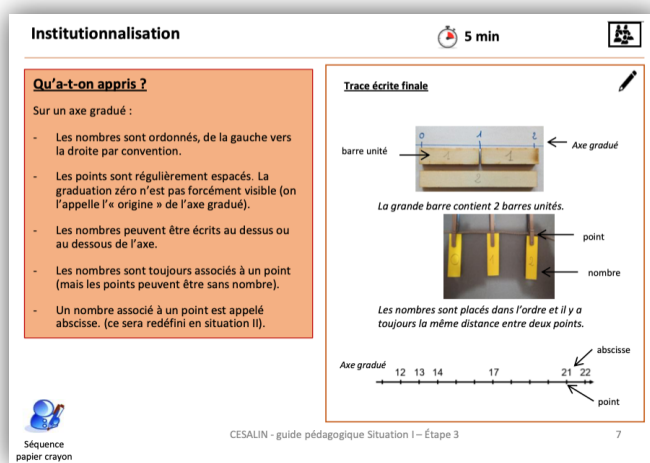


Figure 4. Extrait du guide pédagogique de la séquence CESALIN, (Institutionnalisation de la 1^{ère} situation).

L'expérimentation CESALIN en Savoie

Le curriculum, dans sa version papier-crayon, a été implémenté dans 15 classes de CE1 (240 élèves au départ, attrition de 67 élèves), sur une période de dix semaines, entre novembre 2023 et février 2024. Les enseignants de ces quinze classes ont été formés pendant 6h, à partir notamment d'une présentation des enjeux d'apprentissage (passage du nombre pour mesurer une longueur au nombre associé à un point) et d'un descriptif détaillé des situations et de leur mise en œuvre. Le curriculum, dans sa version numérique, a été implémenté dans deux classes de CE1 (24 élèves). Ces deux enseignants ont aussi bénéficié de la formation de 6h.

Nous avons évalué les effets de cet enseignement selon une méthode pré-test/ intervention/ post-test, avec un groupe contrôle de 10 classes de CE1 (166 élèves, attrition de 28 élèves). Le groupe expérimental et le groupe contrôle ont été constitué par un tirage aléatoire avec vérification de l'IPS moyen. Les enseignants du groupe contrôle, ont eux aussi bénéficié de la formation, en différé, après l'étude expérimentale, en mars 2024. Nous n'avons pas pu évaluer l'usage de l'environnement informatique, mais nous avons procédé à des premiers tests d'usage avec les deux classes du groupe expérimental.

Le test a été conçu pour identifier chez les élèves les connaissances et compétences qui résultent directement de ce qui a été enseigné par la séquence CESALIN mais aussi des connaissances et compétences mathématiques qui devraient être améliorées grâce à la maîtrise de l'outil axe gradué : calcul additif, calcul multiplicatif et résolution de problèmes arithmétiques. Le test comporte dix exercices pour un total de 67 items. Le même test est passé par tous les élèves avant et après l'usage de la séquence par les classes expérimentales. Le rôle des classes contrôle est de permettre de mesurer l'effet d'apprentissage lié à l'usage du test lui-même ainsi que l'apprentissage spontané des élèves au cours des trois mois de l'expérimentation en classe.

Exercice 2 – Les points sont régulièrement espacés. Pour chaque axe, complète le nombre manquant dans la case indiquée.

Place le nombre 6 sur l'axe ci-dessous

Quel est le tiers de 9 ?

Problème 4 : Emma et Kylian montent un escalier. Emma arrive à la 9^e marche. Kylian est 5 marches en dessous. Sur quelle marche est Kylian ?

Figure 5. Exemple d'items du test

Les résultats mettent en évidence que les élèves du groupe expérimental apprennent bien l'usage de l'axe gradué lorsqu'il est enseigné. Ils réussissent significativement mieux que les autres élèves, notamment pour :

- déterminer l'abscisse d'un point donné sur un axe gradué ;
- déterminer le point d'un axe gradué correspondant à une abscisse donnée ;
- mesurer une longueur sans utiliser l'origine de l'axe (résolution de problème).

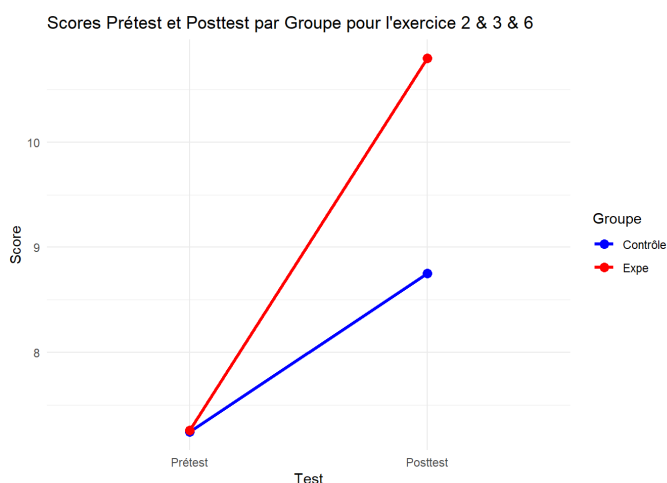


Figure 6. Évolution des scores entre le pré-test et le post-test pour trois exercices (déterminer l'abscisse d'un point donné, exercice réciproque et mesurer une longueur). En rouge, le groupe expérimental et en bleu le groupe contrôle. Tous les élèves progressent sur ces trois exercices mais l'évolution des connaissances du groupe expérimental est significativement plus importante que celles du groupe contrôle.

En revanche, nous n'avons pas trouvé d'effet significatif sur les autres compétences évaluées dans le test. L'ensemble des élèves des 25 classes a bien progressé sur ces compétences mais de manière équivalente.

Ces résultats mettent en avant l'importance d'enseigner le fonctionnement d'un axe gradué dès le cycle 2, ses caractéristiques n'allant pas de soi chez les élèves s'il n'y a pas d'enseignement. Ils permettront de proposer aux enseignantes et enseignants de cycle 2 des ressources dans ce domaine dont l'efficacité aura préalablement été testée et qui peuvent être utilisées « clé en main ».

Nous profitons de ce compte-rendu pour remercier les élèves, les enseignantes et les enseignants qui ont participé à cette étude, la DSDEN de Savoie, les inspectrices et inspecteurs et l'IA-DASEN pour leur soutien tout au long du projet et l'IFE, Institut Français de l'Éducation, pour son soutien financier à cette recherche collaborative.

Contact

pegase-cesalin@univ-grenoble-alpes.fr

Marie-Caroline Croset, responsable du projet CESALIN, Laboratoire d'Informatique de Grenoble, UGA
 Charlotte Bouchet, CPD, DSDEN de Savoie
 Hamid Chaachoua, Laboratoire d'Informatique de Grenoble, UGA
 Marie-Line Gardes, Haute École Pédagogique du Canton de Vaud – Lausanne Suisse
 Audrey Guy, enseignante, département de la Savoie
 Sandrine Poinas, CPD, DSDEN de Savoie
 Sophie Soury-Lavergne, Laboratoire d'Informatique de Grenoble, UGA



Opération soutenue par l'État dans le cadre de l'action « Territoires d'innovation pédagogique » du Programme d'investissements d'avenir, opéré par la Caisse des Dépôts