

245

RMé

REVUE DE MATHÉMATIQUES
POUR L'ÉCOLE

SEPTEMBRE 2026

ISSN : 2571-516X

SOMMAIRE

EFFETS D'UNE PRISE EN CHARGE DES ENJEUX LANGAGIERS SUR LES PRODUCTIONS ECRITES DES ELEVES.....	3
Maëlis Bejaud	3
ANALYSE EN THEORIE DES SITUATIONS D'UNE SITUATION DE DISTRIBUTION A L'ECOLE MATERNELLE.....	19
Antoine Chenet et Patrick Gibel.....	19
FEEDBACKS ENSEIGNANTS ET ATTITUDES SOCIO-AFFECTIVES EN MATHÉMATIQUES AU SECONDAIRE : DES EFFETS DIFFÉRENCIÉS SELON LE GENRE	38
Alexandre Mabilon	38

EFFETS D'UNE PRISE EN CHARGE DES ENJEUX LANGAGIERS SUR LES PRODUCTIONS ECRITES DES ELEVES

Maëlis Bejaud

Université de Montpellier

Résumé

L'apprentissage d'une notion ne peut être dissocié de l'appropriation des pratiques langagières, associées à cette notion et à la discipline à laquelle elle réfère. Nous présentons l'étude des évolutions des productions langagières écrites de quatre élèves tout au long d'une séquence d'enseignement portant sur les notions de distance et cercle, dans une classe du début du secondaire où l'enseignante est particulièrement sensibilisée aux enjeux autour du langage en mathématiques.

Mots clés : distance, cercle, inégalités d'apprentissage, secondarisation des genres de discours

INTRODUCTION

Le rôle du langage verbal¹ dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques est une problématique investiguée par de nombreux chercheurs dans la communauté des didacticiens des mathématiques, comme le mettent en évidence Chesnais et Coulange (2022) dans leur note de synthèse. Certains travaux soulignent en particulier les enjeux d'enseignement et d'apprentissage autour du langage en lien avec les inégalités scolaires, à travers notamment des phénomènes de transparence des enjeux langagiers (*ibid*).

A l'IREM² de Montpellier, les enseignants et chercheuses formant le groupe Didactique interrogent les enjeux langagiers autour de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie à l'entrée au collège (en 6^{ème} et 5^{ème}, première et deuxième année du secondaire, élèves de 11-12ans). A partir d'un travail sur le repérage dans le secondaire, ils ont investigué les enjeux, en partie transparents (Chesnais, 2018), associés à l'enseignement et l'apprentissage de la notion de distance du début du collège au lycée (ensemble du secondaire, élèves de 11 à 18 ans), d'un point de vue mathématique et langagier (Cerclé, Chesnais & Nyssen, 2020 ; Cerclé et al., 2021 ; Chesnais et al., 2022). Ils ont ainsi élaboré et expérimenté dans des classes de 6^{ème} (première année du secondaire inférieur, élèves de 11 ans) des tâches autour du cercle et de la distance. Ils présentent dans le numéro 240 de la présente revue (Chesnais, Destribats, Lefort, Lahmouche & Bejaud, 2023) les résultats de tests menés sur l'année scolaire 2022-2023. Ils montrent comment les productions dans les classes tests témoignent d'apprentissages plus avancés, ainsi que d'une plus grande richesse syntaxique des énoncés, aussi bien en éducation prioritaire qu'en milieu ordinaire.

Nous proposons dans cet article une étude complémentaire à ces tests³ pour investiguer les processus par lesquels les élèves de ces enseignants aboutissent à ces productions qui témoignent d'apprentissages avancés sur les plans conceptuel et langagier. Nous avons analysé de manière qualitative ce processus d'évolution des productions langagières écrites chez quatre élèves d'une des classes expérimentales du

¹ Nous reprenons ici l'expression « langage verbal » de Chesnais & Coulange (2022) pour désigner la part de l'activité langagière, orale ou écrite, qui mobilise les mots de la langue française. Dans cet article, il ne sera question que de langage verbal, même si en géométrie les énoncés contiennent aussi souvent quelques notations.

² Les Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques rassemblent enseignants et chercheurs autour des problématiques d'enseignement et de formation en mathématiques.

³ Cette étude a été menée dans le cadre d'un mémoire effectué dans le Master Didactique Des Sciences de l'Université de Montpellier, encadré par Aurélie Chesnais et intitulé « Evolution des productions langagières verbales écrites au cours d'une séquence d'enseignement sur distance et cercle ». <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-05551533v1>

groupe IREM située en éducation prioritaire, au cours de la séquence portant sur les notions de distance et cercle.

Nous présentons tout d'abord quelques éléments théoriques, ainsi qu'une description des spécificités de la classe dans laquelle les observations ont été effectuées. Ensuite, en nous appuyant sur un extrait du corpus de données, nous présentons quelques résultats des analyses menées et les nouvelles questions qui en découlent.

ÉLÉMENTS THÉORIQUES

Nous inscrivons notre travail dans la théorie de l'activité⁴ en didactique des mathématiques (Vandebrout et al., 2013). Nous référons ainsi l'apprentissage à la notion de conceptualisation telle que définie par Vergnaud (1990), considérant l'appropriation des moyens langagiers associés à une notion comme partie intégrante de son apprentissage. La conceptualisation d'une notion est à prendre en compte à la fois comme un processus et un produit : cela ne s'arrête jamais, ce n'est pas linéaire mais il est possible d'identifier des degrés de conceptualisation, c'est-à-dire des étapes atteintes par un individu qui se caractérisent par la disponibilité d'un ensemble d'invariants opératoires pour la résolution d'un ensemble de tâches donné et par la maîtrise de signifiants (langagiers ou non) associés. Nous évaluons ainsi l'apprentissage d'une notion à la fois par une capacité à résoudre un ensemble de tâches, et par une capacité à présenter langagièrement le raisonnement ou les résultats obtenus et en maniant les moyens langagiers associés à la notion.

Le langage dans la classe de mathématiques est par ailleurs considéré à la fois comme objet d'enseignement, objet d'apprentissage et comme moyen d'apprentissage (Chesnais, 2018). L'appropriation des pratiques langagières, telles que des formulations spécifiques aux mathématiques, fait partie des objectifs d'apprentissage d'une notion puisqu'il est demandé aux élèves de mobiliser les objets mathématiques à travers un ensemble de règles qui sont propres à l'usage du français en mathématiques (Auger & Chesnais, 2022). Ces règles concernent, entre autres, la construction et la syntaxe des énoncés (par exemple pour les propriétés exprimées sous la forme « si ... alors ... ») ainsi que l'usage d'un lexique spécifique et souvent polysémique⁵. Ces usages étant parfois éloignés des usages quotidiens du français, ils nécessitent un apprentissage scolaire. De plus, en considérant que l'évolution des discours fait partie intégrante du processus d'apprentissage, l'enrichissement des moyens langagiers vient accompagner l'évolution des capacités à résoudre les tâches. Le langage joue ainsi un rôle comme moyen d'apprentissage.

À l'instar de nombreux auteurs (Chesnais & Coulangue, 2022), nous mobilisons l'analyse logique des concepts et du langage (Vergnaud, 1990 ; Barrier, Durand-Guerrier & Mesnil, 2019) et la « secondarisation des genres de discours » (Jaubert, Rebière & Bernié, 2003).

Le premier nous permet d'identifier dans les productions écrites des élèves les enjeux d'apprentissages liés à la nature des objets mathématiques, au nombre d'objets qui sont mis en relation et aux pratiques langagières qui y sont associées. Concernant la notion de distance, une analyse logique permet, entre autres⁶, de souligner qu'il s'agit d'une relation, au sens logique, entre deux points ou un point et une droite (dans les objectifs du programme en 6^{ème}, MEN, 2020), qui suppose des constructions syntaxiques complexes : on parle de « distance **du** point A **au** point B », « distance **d'**un point A **à** une droite d », ou encore « distance **entre** les points A **et** B ».

⁴ Nous attirons ici l'attention du lecteur sur la distinction entre activité et tâche dans la théorie de l'activité en didactique des mathématiques : « activité » renvoie à tout ce que pense, dit, fait, ne dit pas ou ne fait pas un sujet ; « tâche » renvoie à ce qui met en activité le sujet, le « but qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions » (Rogalski, 2013 d'après Leplat, 1997).

⁵ Par exemple, le mot « facteur » a un sens différent en mathématiques et dans l'usage commun, *etc.*

⁶ Pour plus d'éléments d'analyse logique sur la notion de distance et sur les formulations associées, nous renvoyons à l'article écrit par le groupe IREM et publié dans le numéro 240 de Rméd déjà cité.

La secondarisation des genres de discours permet de caractériser le processus d'évolution des discours au cours du processus de conceptualisation (Chesnais, 2018), en considérant une transformation progressive de productions langagières « de genre premier », ancrées dans une perception quotidienne des objets, vers des productions langagières « de genre second », référés à une conception plus « scientifique » des objets visés et aux pratiques langagières expertes (Jaubert, Rebière & Bernié, 2012 ; Chesnais & Coulange, 2022). Ce processus d'évolution des discours, non linéaire, peut se traduire par une évolution du lexique (un passage de « rond » à « cercle » pour désigner la forme géométrique) mais également par un enrichissement syntaxique (de « cercle A » à « cercle de centre A »). Lorsqu'une production langagière est analysée du point de vue de la secondarisation, elle peut être comparée aux formulations expertes attendues et visées mais aussi et surtout aux productions antérieures, cherchant alors des éléments d'évolution des moyens langagiers que nous pourrions associer à des traces du processus de conceptualisation de la notion.

UNE EXPERIMENTATION

Les analyses menées sur les productions langagières des élèves en début et en fin d'année scolaire (Chesnais, Destribats, Lefort, Lahmouche & Bejaud, 2023) ont montré des évolutions importantes qui viennent interroger ce processus de secondarisation des genres de discours durant l'apprentissage. Ainsi, nous nous intéressons aux écrits des élèves durant la séquence d'enseignement afin d'étudier des étapes intermédiaires de ce processus d'évolution des productions langagières.

Constitution du corpus de données

Nous avons choisi de suivre quatre élèves (surnommés As, Th, Sa et Fe) dans une des classes de 6^{ème} de Madame N, enseignante dans un établissement situé dans un réseau d'éducation prioritaire renforcé⁷, participant au groupe IREM depuis quatre ans et enseignant les mathématiques depuis six ans. Elle met en œuvre dans ses classes des situations d'enseignement autour du cercle et de la distance qui résultent en partie du travail mené au sein du groupe IREM. Si les enseignants qui participent au groupe ont intégré à leur progression quelques tâches communes discutées dans le groupe, chacun élabore sa propre séquence et garde une mise en œuvre propre. En particulier, Madame N met en place de très nombreux temps d'échange à l'oral en classe entière, portant sur les objets mathématiques, leurs propriétés, les procédures ou encore la formulation d'énoncés. Elle les organise particulièrement en amont de la trace écrite dans le cahier de leçon. Ces moments de production orale, qu'elle peut accompagner d'une prise de notes au tableau, peuvent être organisés en appui sur des productions écrites des élèves sur une tâche précédente et sont parfois suivis d'une production écrite individuelle rendant compte de ce qui a été retenu des échanges.

La séquence que nous avons observée n'est pas une séquence d'enseignement ordinaire puisque l'enseignante est consciente des enjeux langagiers dans l'enseignement des notions de distance et cercle mais aussi plus globalement dans l'enseignement des mathématiques, du fait de sa participation au groupe IREM. La sélection des élèves s'est faite en fonction de leurs productions dans le pré-test organisés par le groupe IREM à l'automne 2023, complétés par les conseils de Madame N. Nous avons choisi de suivre des élèves de niveau intermédiaire, qui n'avaient pas d'aisance particulière en mathématiques ni de trop grandes difficultés. Ce suivi s'est étendu de janvier à mars 2024, sur l'intégralité de la séquence portant sur les notions de distance et cercle.

⁷ En France, les réseaux d'éducation prioritaire renforcé (REP+) sont des réseaux d'établissements accueillant une proportion importante d'élèves de milieu défavorisé.

Analyse des productions

Les tâches ayant conduit aux productions recueillies ont été classées selon le type de production demandé : la production d'un énoncé généralisé comme une définition⁸, ou bien la production d'un énoncé contextualisé comme dans une tâche demandant de comparer des longueurs de segments donnés. Parmi les énoncés contextualisés, nous nous intéressons à ceux qui demandent une justification de la réponse, les justifications des élèves pouvant s'appuyer sur la mobilisation d'une propriété, sur une mesure ou sur une simple perception visuelle. Nous avons étudié l'évolution des productions langagières écrites de chaque élève d'une part sur des tâches identiques à différents moments de la séquence (par exemple produire la définition du cercle), mais aussi sur des tâches amenant des productions similaires entre elles.

Nous présentons ici nos analyses sur deux tâches correspondant à ces deux types : la tâche de production de la définition du cercle, et une tâche de production d'un énoncé contextualisé demandant une justification, tâche que nous nommons « nuage de points » (cf. Annexe 1) proposée dans les tests. Ces deux tâches nous permettent d'explorer deux dimensions importantes du processus de conceptualisation : comment l'apprenant caractérise l'objet langagièrement et comment il le mobilise pour résoudre une tâche.

LA DÉFINITION DU CERCLE

Dans la progression proposée par Madame N, nous avons observé trois occurrences d'une production à l'écrit d'une définition du cercle. Ces tâches de production de définition ne sont pas des tâches ordinaires. On peut supposer que la transparence des enjeux langagiers attachés à ces tâches en est une des raisons. En effet, l'écrit des élèves se limite souvent aux calculs et aux phrases-réponses types à l'école primaire. Au début du collège, celui-ci s'étend à la rédaction de justifications s'appuyant sur des propriétés dans les exercices. Ce type de tâche est d'autant plus rare en éducation prioritaire où les élèves rencontrent souvent des difficultés à l'écrit, liées notamment à la maîtrise de la langue et de ses usages (Bautier, 2007).

Les programmes scolaires du cycle 3 en France (MEN, 2020, élèves de 9 à 11 ans) visent la maîtrise de la définition du cercle en tant qu'ensemble de points à distance donnée d'un point donné, ce qui est loin d'être accessible ou évident pour les élèves, leurs conceptions du cercle pouvant être variées et éloignées de cette définition (Artigue & Robinet, 1982). Or, cette définition présente plusieurs difficultés pour les élèves dès l'école élémentaire, avec des enjeux langagiers importants (Baudart, 2011 ; Bulf & Celi, 2016 ; Houdement & Petitfour, 2023).

Premièrement, elle s'appuie sur la définition d'une ligne comme ensemble de points, or, le travail sur les objets de dimension 0 (les points) dans leurs rapports aux objets de dimension 1 (les lignes) reste difficile au collège et ne peut aboutir complètement qu'au lycée (Cerclé et al., 2021 ; Chesnais & Mathé, 2018 ; Bulf et al., 2021).

Deuxièmement, cette définition s'appuie sur la notion de distance, dont la complexité vient en partie du fait qu'il s'agit d'une relation, du point de vue de la logique, qui plus est entre deux points. Les formulations associées nécessitent par ailleurs des constructions syntaxiques complexes, éloignées pour une part des usages quotidiens, alors même que le mot distance n'est pas un mot spécifiquement mathématique. Enfin, dans les tâches proposées aux élèves, y compris dès l'école primaire, vont apparaître des comparaisons ou des égalités de distances, rajoutant de nouvelles relations entre les distances : d'un point de vue logique, ce sont des relations entre des relations, donc des relations à quatre places qui, comme le signalait Vergnaud (1981), sont particulièrement complexes et nécessitent des moyens langagiers très élaborés pour être manipulées. C'est le cas dans la définition du cercle puisqu'elle requiert une compréhension de la notion de distance entre points mais aussi d'une égalité entre une infinité de relations de distance. Du point de vue langagier, dans les pratiques des mathématiciens, certaines difficultés syntaxiques sont écartées au

⁸ Dans le cas d'une tâche de production d'une définition, l'enseignante ne précise une demande de « définition » qu'après l'avoir explicitement travaillée en classe.

profit d'un consensus sur certaines formulations comme l'expression « à distance donnée » qui dans une forme contractée, rend compte d'une relation d'égalité entre toutes les distances.

La notion de distance étant mobilisée dans cette définition du cercle, nous nous intéressons dans un premier temps à sa présence dans les productions des élèves. Nous ne nous limitons pas à la présence du mot « distance » mais repérons également les mots « longueur » ou « mesure » ainsi que les formulations portant sur une relation entre points qui omettrait le mot « distance » du type « de chaque point du cercle jusqu'au centre c'est la même mesure ». S'il est effectivement question d'une longueur ou d'une distance, nous notons si l'élève raisonne sur des points ou des segments. Nous repérons en particulier les « erreurs de catégorie », c'est-à-dire l'attribution d'une propriété à un objet dont la nature ne correspond pas à la propriété : plus spécifiquement dans notre cas, lorsqu'il est fait mention de la longueur d'un point ou de la distance d'un segment par exemple. La distance étant une relation entre deux objets, nous vérifions également si la relation est « complète », c'est-à-dire si les deux objets en relation sont bien mentionnés. Lorsque ce n'est pas le cas, la relation est dite incomplète comme dans « la distance de A ». Enfin, nous pistons la prise en charge syntaxique de la relation de distance : « distance de ... à », « distance entre ... et ... », « distance du point ... au point ... », *etc.* De manière analogue, la définition du cercle comprenant une relation d'égalité des distances entre points du cercle et centre, nous observons si cette relation d'égalité est mentionnée, si elle est complète et nous considérons également la prise en charge syntaxique associée.

Pour les critères d'analyse plus spécifiques à la définition du cercle, nous avons en premier lieu repéré les substantifs en lien avec le cercle, présents dans les définitions (point, rayon, centre, mais aussi compas, polygone, *etc.*), afin d'en pister une potentielle augmentation ou diminution. Nous supposons ainsi suivre une identification des objets nécessaires à la caractérisation du cercle. Sur les objets mentionnés, nous interrogeons également l'explicitation de leur nature : est-ce qu'il est précisé que le centre est un point, que le rayon est un segment qui relie le centre à un point du cercle ou bien une mesure, celle de la longueur d'un tel segment⁹ ?

Nous nous intéressons également à la présence du mot « point », au singulier ou au pluriel, accompagné ou non d'une quantification : « plusieurs » points, « tous » les points ou encore « une infinité » de points. Nous restons également attentifs à la possibilité que la mention de « point » soit celle du centre, seul point du cercle « visible » lorsqu'on trace un cercle. De manière analogue, nous pistons une potentielle quantification des rayons du cercle, en lien avec la distinction entre rayon-longueur (unique) et rayons-segments. Nous supposons en effet qu'une production mentionnant plusieurs rayons (ex : « le cercle a des rayons ») réfère aux rayons-segments tandis qu'il peut y avoir ambiguïté s'il n'est question que d'un seul rayon.

Concernant l'appropriation des codes des pratiques langagières expertes concernant les définitions mathématiques, nous cherchons dans les productions écrites des traces de décontextualisation de l'énoncé, ainsi que d'une caractérisation de l'objet plutôt qu'une énumération de ses propriétés. De manière concrète, nous analysons la présence ou non d'exemples dans la définition ainsi que l'emploi du verbe « être » ou du verbe « avoir ». Le verbe « être » est utilisé dans les définitions expertes pour rendre compte de la caractérisation de l'objet par des propriétés tandis que le verbe « avoir » traduit seulement une attribution de liens avec d'autres objets (par exemple : « le cercle a un rayon »). Une transition vers l'emploi du verbe « être » est alors un indicateur d'un début d'acculturation au type, spécifique, d'énoncés que sont les définitions et à la tâche mathématique de leur production par caractérisation de l'objet.

⁹ Nous empruntons la distinction et les expressions proposées par Mathé et al. (2021) entre « rayon-segment » et « rayon-longueur » pour différencier l'usage du mot rayon qui renvoie au segment joignant un point du cercle à son centre, de l'usage qui renvoie à la longueur commune à ces segments. Nous ajoutons la proposition de « rayon-mesure » lorsque rayon renvoie à la mesure, dans une unité donnée, du rayon-longueur (Chesnais, Destribats, Lefort, Lahmouche & Bejaud, 2023).

UNE TÂCHE MOBILISANT LA DÉFINITION DU CERCLE

Pour illustrer la mobilisation de la définition dans la résolution d'une tâche, nous choisissons de présenter la tâche du « nuage de points », qui est issue des évaluations nationales à l'entrée en 6^{ème} de 1999, 2000 et 2004. Elle consiste, en utilisant uniquement la règle graduée, à retrouver le centre d'un cercle dans un nuage de points, dont quatre sont annoncés comme appartenant au cercle (cf. Annexe 1).

Il est attendu des élèves, pour identifier le point qui est à égale distance des quatre points désignés, qu'ils mobilisent la propriété d'égalité des distances des points du cercle au centre ou celle de l'égalité des longueurs des rayon-segments. Cette procédure repose soit sur un raisonnement sur des points et des distances soit sur des segments et des longueurs.

Cet exercice a été proposé aux élèves tel quel lors du pré-test et dans une version légèrement modifiée pour rendre moins évidente l'identification visuelle du cercle et du centre lors du post-test (voir Annexe 1).

La tâche est considérée réussie lorsque l'élève a identifié le bon point et que les traces de sa procédure indiquent qu'il s'appuie sur une propriété, par opposition à des copies qui montreraient uniquement des tracés au compas¹⁰.

Pour ce qui est de la justification, nous comptons comme invalides les justifications qui font référence au compas ou purement perceptives telles que « je vois que c'est le point J ». Nous nous intéressons ensuite aux objets sur lesquels les élèves ont raisonné : sur les points et les distances ou sur les segments et leurs longueurs. Nous reprenons les analyses décrites sur la tâche de définition du cercle concernant la distance : mention de « distance », de « longueur » ou « mesure », en lien avec le rayon du cercle ou non, la présence d'erreurs de catégorie, les relations de distance et d'égalité complètes ou non, et leurs prises en charge syntaxique. Enfin, nous cherchons à identifier s'il y a une mention, plus ou moins explicite, de la définition du cercle ou d'une propriété qui en découle et sur laquelle s'appuie le raisonnement.

RÉSULTATS

Produire une définition du cercle

Dans sa séquence, Madame N propose trois tâches qui amènent les élèves à écrire la définition du cercle.

La première occurrence de cette production de la définition de cercle a lieu juste après la tâche d'introduction du cercle (présentée dans Chesnais et al., 2022), comme une sorte de bilan. Lors de cette première production, il n'y a pas encore eu de correction de la tâche ni un retour à l'oral sur les procédures et productions des élèves. Ces échanges ont eu lieu juste après le recueil de ces productions écrites et sont en prise d'appui sur la production écrite d'un des élèves, projetée au tableau et sur les définitions produites par les élèves qu'ils énoncent à l'oral (voir Annexe 2).

La deuxième occurrence a lieu à la séance suivante, le lendemain. Après un retour sur la tâche et à la suite d'une construction collective à l'oral de la définition, Madame N demande aux élèves d'écrire la définition du cercle. Cette production est suivie d'une discussion qui aboutit à une trace écrite dans le cahier de leçon (cf. Figure 1). La définition est alors accompagnée d'un paragraphe « vocabulaire » contenant aussi certaines propriétés ou relations des objets mentionnés rapidement à l'oral (cf. Annexe 3).

¹⁰ Notons que l'utilisation du compas peut traduire une première prise de conscience de l'importance du centre et d'une constance de la distance à ce centre sans pour autant que les élèves l'associent à des points équidistants d'un point donné (Houdement & Petitfour, 2023).

III) Le Cercle :

Définition : Un **cercle** est constitué de tous les points situés à une même distance d'un point appelé « centre du cercle ». Cette distance est le **rayon** du cercle.

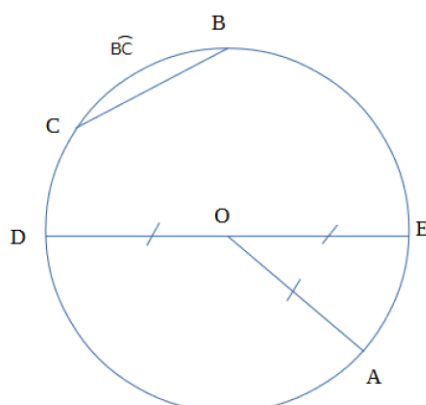


Fig. 1 : Extraits de la trace écrite dans la leçon

La troisième occurrence a lieu au début d'une troisième séance, la semaine suivante. Cette fois, il est demandé aux élèves d'écrire « les choses que vous avez retenues de la séance de vendredi [...] oui la définition entre autres ».

Nous complétons ces trois occurrences par les productions des élèves au pré-test et post-test (menés respectivement en début et en fin d'année scolaire), dans lesquels se trouvait la tâche « Ecris la définition d'un cercle. » Nous avons ainsi analysé et comparé cinq productions pour chacune des élèves à la tâche de définition du cercle.

LES PREMIÈRES PRODUCTIONS

Dans un premier temps nous nous intéressons à la première production de la définition du cercle (voir Annexe 4) dans le pré-test, en début d'année scolaire. Les productions des élèves suivies sont plutôt représentatives des élèves d'éducation prioritaire. Une des quatre élèves n'a rien écrit, les trois autres produisent des définitions qui relèvent typiquement de discours de genre premier : il y a les mots « figure » et « polygone », un ancrage dans l'action chez As avec « le cercle peut rouler ». Dans d'autres productions de la même classe, nous avons aussi beaucoup relevé le mot « compas » (ou « se trace au compas »), marquant encore le lien à la matérialité et à l'action. Il n'y a, dans aucun de ces trois énoncés, la présence du mot « point », ni de mention de longueur, distance ou mesure : ces productions sont très éloignées de la définition du cercle visée, qui figure pourtant dans les attendus de fin de primaire. Il faut cependant souligner que la présence de ces écrits reste remarquable pour des élèves d'éducation prioritaire pour lesquels le rapport à l'écrit (Bautier, 2007) rend plutôt rare la présence de productions langagières authentiques. Ces productions témoignent du travail déjà entamé par Madame N sur l'écrit dans la classe de mathématiques, dès le début de l'année.

LES ÉVOLUTIONS AU COURS DES CINQ PRODUCTIONS

Nous nous intéressons maintenant à l'évolution des productions des élèves (voir Figure 2) sur les cinq occurrences de la tâche de définition du cercle : lors du pré-test à l'automne (T1), les trois productions durant la séquence entre janvier et mars (T2, T3 et T4) et lors du post-test en mai (T5), soit deux mois après la fin de la séquence.

	Pré-test (T1)	Première définition dans la séquence (T2)	Deuxième définition dans la séquence (T3)	Troisième définition dans la séquence (T4)	Post-test (T5)
Th	Le cercle est une figure avec des rayons avec un centre au milieu	Un cercle est une figure qui a un rayon, un centre et un diamètre. Le cercle est défini par un point.	Un cercle a une infinité de points, il a un centre, un rayon, et un diamètre. Il a aussi une infinité de rayon, et de diamètre.	Un cercle est constitué de plusieurs points à une même distance d'un point appelé « le centre du cercle ». Cette distance est le rayon du cercle.	Un cercle est constitué de plusieurs points a la même distance du centre du cercle. Cela se nomme un rayon.
Sa	/	/	Un cercle a un rayon et un diamètre pour tracer un cercle il faut un centre. Il ce trace avec un compas. Un rayon c'est la moitié du cercle qui passe par le centre. J'ai retenu que le cercle a besoin d'un point pour etre former.	Un cercle est constituer de tous les points située à la même distance d'un point appeler "centre du cercle". Cette distance est le rayon du cercle.	Un cercle est constitué de plusieurs points située a une même distance d'un point appeler « centre du cercle ». Cette distance est appeler "rayon du cercle".
Fe	Un cercle c'est une figure qui n'a pas de coté géométrique	/	Un cercle c'est une figure qui ce trace avec un compas et qui peut avoir une infinité de point. Le cercle peut avoir une infinité de point	Un cercle est constitué de tout les points situés à une même distance d'un point appelé «centre du cercle». Cette distance est le rayon du cercle.	Un cercle est constitués de plusieurs points situés a une même distance d'un point appelé centre du cercle. Cette distance est appelé rayon du cercle.
As	Cercle : est une figure qui n'est pas un polygone. Le cercle peut rouler et n'a pas d'arrêtes.	Le cercle est avec un centre, infini rayons et infini diamètres.	Un cercle à son centre, à une infinité de points, à une infinité de rayons et de diamètres, peut avoir des cordes et à un segment diamétralement.	Un cercle est constitué de plusieurs points qui ont la même distance à un seul point "le centre", un cercle à infini de diamètres, à infini de rayons.	Un cercle est constitué d'une infini de points qui ont la même distance et d'un centre.

Fig. 2 : Productions des élèves au cinq occurrences de la tâche de définition du cercle

Th mentionne « point » dès la première production durant la séquence (T2), les autres l'écrivent à partir de la seconde, après la construction de la définition à l'oral (T3). Cependant, dans ces premières mentions chez Th et Sa, le point mentionné pourrait être le centre et non un point du cercle. Chez Th, Fe et As, la mention de point s'accompagne de « infinité » dans leurs productions à T3. Cela pourrait apparaître comme un premier indice d'une transition vers la conceptualisation du cercle comme ensemble de points et, pour Th en particulier, cela témoigne d'une bascule entre la considération d'un seul d'un point, le centre, vers la considération des points qui forment le cercle.

Les quatre élèves mentionnent la notion de rayon dans T4 mais cette mention n'est pas apparue dans la même tâche pour chacune : dès le pré-test (T1) pour Th, la première tâche dans la séquence (T2) pour As, T3 pour Sa et dans T4 pour Fe. Les productions des élèves présentent différentes mentions du rayon, toujours au pluriel chez As, au pluriel et au singulier dans la production à T3 de Th. Nous pourrions alors supposer, à partir de l'emploi du singulier ou du pluriel (ou encore à partir de l'emploi de « le » ou « un ») que les élèves mentionnent soit des rayons-segments soit le rayon-longueur. En réalité, c'est plus délicat, comme dans la production de Sa dans T3 où le « un » pourrait référer au rayon-longueur, mais la définition qui suit pourrait plutôt indiquer qu'elle réfère au rayon-segment. La définition de Th dans T3 pourrait présenter les deux objets puisqu'elle mentionne « **un** rayon » et « **aussi une infinité** de rayon ». Cette distinction pourrait provenir d'une discussion qui a précédé cette production d'écrit et qui a porté la différence entre rayon-segment et rayon-longueur mais aussi sur la quantité « infinie » des rayons-segments. Le travail sur la polysémie de ce mot transparait dans les productions des élèves, ce que nous associons aux processus de conceptualisation et de secondarisation puisque se produit un enrichissement du sens donné au mot « rayon », en lien avec les deux objets mathématiques qu'il désigne, et un développement des usages de ce mot.

La distance n'apparaît chez les quatre élèves qu'à partir de T4, c'est-à-dire après la trace écrite de la définition du cercle dans la leçon. L'égalité des distances est prise en charge par la construction « à une/la **même** distance d'un point », sauf pour As qui écrit « **ont** la même distance **à** ». La prise en charge

syntactique des relations de distance est de la forme « ... à une/la même distance **de**... », formulation complexe puisque contractée, pour mentionner plusieurs distances égales avec un point en commun, ici le centre du cercle. Sauf pour la définition produite par As au post-test (T5), les relations de distance et d'égalité sont complètes. La distance est également associée au « rayon » du cercle (sauf chez As) y compris dans les productions au post-test. Ces mentions de « distance » uniquement après la trace écrite de la définition soulignent encore la difficulté à mettre en lien les notions de distance et cercle. Cependant, les élèves réussissent à l'employer dans des constructions syntaxiques correctes et en mettant en relation les bons objets mathématiques : il est question de distance entre points et elle est associée au rayon-mesure du cercle.

Dans les premières productions, le verbe « être » est employé pour caractériser le cercle comme « figure ». Il s'agit d'une caractérisation première de l'objet comme appartenant à l'ensemble des figures géométriques accompagné d'indicateurs pour le distinguer d'autres figures géométriques (« n'a pas de côté géométrique »). Cette caractérisation s'efface lorsque les élèves tentent de décrire le cercle en le mettant en lien avec d'autres objets, mobilisant alors le verbe « avoir ». L'utilisation de « avoir » est remplacée par celle « être constitué de » à partir de T4 chez chacune des élèves. Nous interprétons ces évolutions comme un indicateur d'un passage d'une énumération des propriétés et substantifs en lien avec le cercle (rayon, centre, diamètre, côté géométrique, corde) vers une caractérisation par les relations entre ces objets et le cercle. Nous soulignons également chez As et Th l'évolution du déterminant « le » vers « un » avant le mot « cercle », plus conforme aux usages mathématiques experts pour rendre compte d'une généralisation.

Pour synthétiser : les productions des élèves évoluent au cours de ces cinq tâches vers des énoncés plus longs et plus complexes linguistiquement. Ils témoignent du passage d'une énumération de propriétés ou d'objets en lien avec le cercle (avec l'emploi de « avoir ») à une caractérisation de l'objet (avec « être »). Cette caractérisation se traduit notamment par une sélection des objets les plus pertinents (variation des substantifs mobilisés) et par une mise en relation entre eux, des objets mentionnés (*via* des constructions syntaxiques). Les évolutions observées témoignent que les élèves ont initié un processus de conceptualisation du cercle comme ensemble de points à la même distance du centre.

Les productions de la fin de la séquence (T4) et au post-test (T5) deux mois plus tard ne présentent que peu de variations et sont très proches de la définition inscrite dans la leçon. Si une proximité temporelle et le sérieux des élèves peuvent expliquer les fortes ressemblances entre la leçon et leurs productions à T4, cela ne peut être suffisant pour expliquer ces proximités à T5. Ces quelques variations (voir Annexe 5) nous apparaissent comme des indices du fait que les élèves ne récitent pas une définition apprise par cœur mais reconstruisent une définition qui correspond à leur compréhension de la notion de cercle. On retrouve notamment dans T5 les éléments cruciaux (la présence de la notion d'ensemble de points, la mention de « distance », l'égalité des distances des points du cercle au centre) avec des constructions syntaxiques correctes, même si on peut nuancer pour As. Nous interprétons cela comme un indicateur de conceptualisation du cercle, d'autant plus que nous montrons ci-dessous que ces élèves sont capables de mobiliser cette définition dans un raisonnement, contrairement à de nombreux élèves dans les classes témoins.

Mobiliser la définition dans un raisonnement

Les productions des quatre élèves à la tâche du « nuage de points » dans le pré-test (voir Figure 3) s'inscrivent dans les résultats observés dans les évaluations nationales françaises : trois d'entre elles trouvent le centre, mais une seule des quatre élèves produit une justification. La copie de Th (voir Annexe 6) présente par ailleurs un exemple typique d'élève ne saisissant pas l'enjeu de la tâche : elle relie certains points, à la règle, suivant l'ordre alphabétique et cherchant à esquisser une forme « ronde ».

	Pré-test		Post-test	
	Point	Justification	Point	Justification
Th	/	/	J	Je pense que le centre du cercle est J car J est a la même distance des points B, C, D, E.
Sa	G	J'ai trouver	J	Je pense que le centre est J car en mesurant du point J aux points demandés sa faisait la même distance partout
Fe	G	/	J	Le centre de ce cercle sera le point J. car quand je mesure tout les points jusqu'au centre tout les points font 4,2.
As	G	Je l'est trouvé grâce à A-B-C-D-E parce-qu'il forme un demi cercle et si par exemple on prend un compas à 50% sa fonctionne. Donc j'ai rajouté un point de 4,5 cm car l'écart du E-G et de 4,5cm, je suppose que j'ai compris mais que c'est pas claire à expliqué.	J	Je pense que le point J est le centre du cercle car, les points B, C, D et E ont tous la même distance aux points J. Donc les points E, D, B et C sont les rayons du cercle de 4,2 cm de rayon.

Fig. 3 : Productions des élèves à la tâche « nuage de points »

Dans le post-test, les quatre élèves réussissent l'exercice car elles identifient toutes le bon point et forment des justifications qui mentionnent l'égalité des distances. Les quatre élèves raisonnent sur les points, aucune ne mentionne les longueurs des segments et elles associent bien la distance aux objets points. Seule Fe n'écrit pas le mot « distance » mais l'emploi du « jusqu'au » et son erreur de catégorie sur la mesure des points oriente plus notre interprétation sur la mesure des distances que sur celle des longueurs des segments.

Du point de vue syntaxique, les relations de distances et d'égalités sont complètes, les prises en charge varient mais sont tout à fait correctes pour Th et As. L'énoncé de Fe présente une erreur de catégorie et une prise en charge syntaxique de la distance de la forme « ... jusqu'à ... » qui est éloignée des constructions expertes. Sans pouvoir indiquer quel énoncé serait plus « secondarisé », les productions de Sa, As et Th présentent des parties d'énoncés correctes et correspondant aux formulations expertes mais contiennent une erreur de catégorie chez As et des marqueurs de discours premiers avec « Je pense que » chez Th, « sa faisait » et « partout » chez Sa.

Il faut cependant souligner, dans ces productions, les tentatives plutôt réussies de chacune de ces élèves de produire des formes contractées pour exprimer l'égalité des distances. La contraction des énoncés fait partie des pratiques langagières expertes qui peuvent être à l'origine de difficultés, les apprenants n'ayant pas toujours la capacité de déplier ces contractions. Voir apparaître des formes contractées dans les productions des élèves, et ce dans des contextes où c'est pertinent, pourrait indiquer une réelle appropriation de ces pratiques langagières expertes.

Cette analyse fine des productions successives permet de percevoir des moments des processus, imbriqués et indissociables, de conceptualisation et de secondarisation des genres de discours. Nous arrivons à identifier dans les productions des élèves certains points de bascule (l'apparition de « point » dans les définitions du cercle, la réduction des erreurs de catégorie dans la mobilisation de distance, les formes contractées pour exprimer les égalités de distances, *etc.*) dans l'apprentissage des notions de distance et de cercle, que ce soit du point de vue conceptuel ou dans l'appropriation des pratiques langagières associées.

CONCLUSION

L'analyse des évolutions, en termes de secondarisation des genres de discours, des productions langagières écrites de ces quatre élèves tout au long de la séquence nous a permis de retrouver certains phénomènes identifiés par Jaubert et Rebière (2001) sur des corpus en SVT. Nous observons une évolution du lexique, une augmentation puis une sélection de certains substantifs que nous rapprochons de ce qu'elles appellent un « accroissement des informations pertinentes ». Nous associons également le phénomène de mise en relation progressive des différents objets à la « réorganisation logico-causale » des énoncés. Il nous semble

enfin observer une évolution en termes de « densité informative et mutations syntaxiques » lorsque les élèves basculent de l'énumération des objets en lien avec la notion de cercle vers une caractérisation du cercle (que nous identifions notamment *via* la transition de « avoir » vers « être »), mais également dans l'acculturation aux pratiques langagières expertes, dans les constructions syntaxiques et dans l'appropriation des règles de formalisation.

Cette étude, tout comme les travaux menés au sein du groupe IREM, vient renforcer les hypothèses sur les effets positifs d'une prise en charge importante des enjeux langagiers sur les apprentissages des élèves. Ces résultats soulèvent un certain nombre de questions. En premier lieu, sur l'articulation entre les évolutions des productions langagières écrites et les différents temps de la séquence, les tâches proposées et les mises en œuvre. Chaque discours étant une (re)composition de morceaux d'autres discours¹¹ (consignes des tâches, échanges oraux avec l'enseignant ou les autres élèves, discours produits par l'élève antérieurement, traces écrites dans la leçon *etc.*), il serait intéressant de traquer les origines de parties des productions langagières dans les discours antérieurs, oraux ou écrits, de l'élève lui-même ou dans des discours d'autres élèves, de l'enseignant, de la leçon ou de la consigne.

Une des particularités de cette étude reste l'observation d'un enseignement qui n'est pas ordinaire et pour lequel les effets sur les apprentissages des élèves permettent l'atteinte de degrés de conceptualisation élevés. L'enseignante propose un enseignement spécifique au regard de la prise en charge des enjeux langagiers, fruit de sa participation au groupe IREM et d'une réflexion personnelle sur les questions soulevées dans le groupe et sur ses pratiques. Les résultats observés viennent nourrir les réflexions et questionnements sur l'évolution des pratiques enseignantes ainsi qu'en termes de développement professionnel des enseignants qui intègrent des dispositifs collaboratifs en appui sur la recherche tels que ce groupe IREM (Batteau & Chesnais, 2025).

RÉFÉRENCES

- Artigue, M., & Robinet, J. (1982). Conceptions du cercle chez les enfants de l'école élémentaire. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 3(1), 5–64.
- Auger, N., & Chesnais, A. (2022). Enjeux syntaxiques dans les apprentissages mathématiques et plurilinguisme. Dans C. Hache & C. Mendonça Dias (dir.), *Plurilinguisme et mathématiques*. (Lambert Lucas, pp. 93–114).
- Bakhtine, M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Gallimard.
- Barrier, T., Durand-Guerrier, V., & Mesnil, Z. (2019). L'analyse logique comme outil pour les études didactiques en mathématiques. *Éducation et Didactique*, 13(1), 61–81. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.3793>
- Batteau, V., & Chesnais, A. (2025). Pratiques enseignantes et dispositifs collaboratifs en didactique des mathématiques : quels enrichissements ? *Tréma*, 65. <https://doi.org/10.4000/159v6>
- Baudart, F. (2011). Monde de l'oral et monde de l'écrit en mathématiques. *Le Français Aujourd'hui*, 174(3), 107–118. <https://doi.org/10.3917/lfa.174.0107>
- Bautier, É. (2007). Maîtriser la langue, oui mais pourquoi (en) faire ? Dans Apprendre et enseigner en “milieux difficiles.” In *Selection d'articles du bulletin XYZep, textes choisis par le centre Alain Savary*. INRP.
- Bulf, C., & Celi, V. (2016). Essai d'une progression sur le cercle pour l'école primaire. *Grand N*, 97, 21 – 58.
- Bulf, C., Celi, V., Million-Fauré, K., Beaugrand, C., & Mendonça Dias, C. (2021). Tracé du cercle et circulations des discours (première partie) : approche didactique des (inter)actions langagières et matérielles. *Petit x*, 114, 3 – 37.

¹¹ En lien avec la notion d'hybridation des discours (Bakhtine, 1984)

- Cerclé, V., Chesnais, A., Destribats, A., Dutaut, S., Gosselin, E., Leberre, J., & Nyssen, L. (2021). Le repérage au collège et au lycée : des enjeux d'apprentissage au croisement des cadres numérique, géométrique, algébrique et fonctionnel (deuxième partie). *Petit x*, 115, 29–63.
- Cerclé, V., Chesnais, A., & Nyssen, L. (2020). Le repérage au collège et au lycée : des enjeux d'apprentissage au croisement des cadres numérique, géométrique, algébrique et fonctionnel (première partie). *Petit X*, 113, 59–88.
- Chesnais, A. (2018). *Un point de vue de didactique des mathématiques sur les inégalités scolaires et le rôle du langage dans l'apprentissage et l'enseignement*. [Note de synthèse pour HDR, Université de Montpellier]. <https://hal.science/tel-02046178>
- Chesnais, A., Cerclé, V., Constatin, C., Daval, N., Destribats, A., Dutaut, S., Lefort, J., Lahmouche, N., Lefaucheur, J., & Nyssen, L. (2022). Le rapport entre distance et longueur : enjeu de vocabulaire ou enjeu de raisonnement ? *Actes Du XVIIIème Colloque CORFEM, Nantes 2022*.
- Chesnais, A., & Coulange, L. (2022). Rôle du langage verbal dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques. Synthèse et perspectives en didactique des mathématiques. *Revue Française de Pédagogie*, 214, 85–121. <https://doi.org/10.4000/rfp.11357>
- Chesnais, A., Destribats, A., Lefort, J., Lahmouche, N., & Bejaud, M. (2023). Prendre en charge des objets transparents de la classe de mathématiques pour mieux faire apprendre tous les élèves : distance et langage. *Revue de Mathématiques Pour l'école*, 240, 55–68. <https://doi.org/10.26034/vd.rm.2023.4117>
- Chesnais, A., & Mathé, A.-C. (2018). Construire les objets élémentaires de la géométrie, de l'école au lycée : une cohérence possible ? *Conférence Au XXVème Colloque de La Commission de Recherche Sur La Formation Des Enseignant de Mathématiques*.
- Houdement, C., & Petitfour, E. (2023). L'influence du compas dans une tâche de construction géométrique d'un cercle. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 28, 37–74. <https://doi.org/10.4000/adsc.2726>
- Jaubert, M., & Rebière, M. (2001). Pratiques de reformulation et construction de savoirs. *Aster*, 33(1), 81–110. <https://doi.org/10.4267/2042/8777>
- Jaubert, M., Rebière, M., & Bernié, J.-P. (2003). L'hypothèse “communauté discursive” : d'où vient-elle ? où va-t-elle ? *Les Cahiers de Théodile*, 4, 51–80.
- Jaubert, M., Rebière, M., & Bernié, J.-P. (2012). Communautés discursives disciplinaires scolaires et construction de savoirs : l'hypothèse énonciative. *Forumlecture.Ch*, (3). <https://doi.org/https://doi.org/10.58098/lffl/2012/3/476>
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail : contribution à la psychologie ergonomique*. Presses universitaires de France.
- Mathé, A.-C., Maillot, V., & Ribennes, J. (2021). Enjeux langagiers, situations de formulation et de validation en géométrie. Un exemple de travail autour du cercle en CE2. *Grand N*, 108, 27–57.
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2020). Programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 3). Dans *B.O n°31 du 30 juillet 2020*. <https://www.education.gouv.fr/bo/20/Hebdo31/MENE2018714A.htm>
- Rogalski, J. (2013). Théorie de l'activité et cadres développementaux pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. Dans F. Vandebrouck, A. Robert, J. Rogalski, M. Abboud, C. Cazes, A. Chesnais, & C. Hache (dir.), *Activités des élèves et pratiques des enseignants en classe de mathématiques*.
- Vandebrouck, F., Robert, A., Rogalski, J., Abboud-Blanchard, M., Cazes, C., Chesnais, A., & Hache, C. (2013). Activités des élèves et pratiques des enseignants en classe de mathématiques. *Cahiers du Laboratoire de didactique André Revuz*, 5.
- Vergnaud, G. (1981). *L'enfant, la mathématique, la réalité : problèmes de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire*. P.Lang.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 10(2), 133–170.

ANNEXES

Annexe 1 : Énoncés de la tâche « nuage de points »

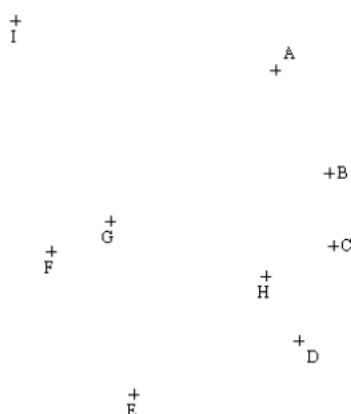
Énoncé dans le pré-test, issu des évaluations nationales.

Exercice 33

Les points A, B, C et D sont sur un même cercle. Le centre de ce cercle est l'un des points de la figure.

En utilisant ta **règle graduée**, trouve le centre de ce cercle.

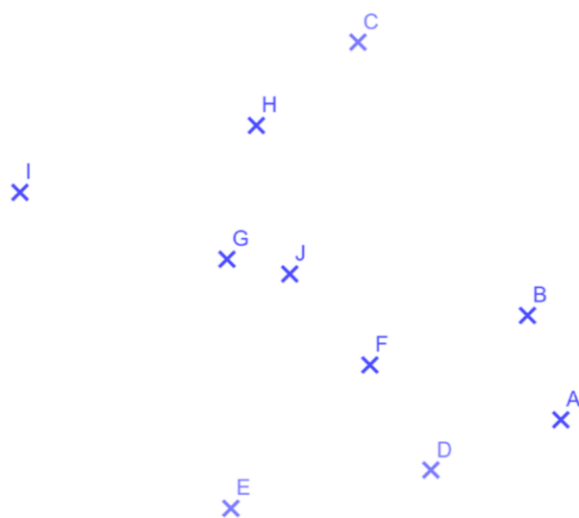
Explique comment tu as trouvé.



Le centre du cercle est le point :

Explications :

Énoncé dans le post-test, présentant quelques modifications.

Exercice 3 :

Dans le nuage de points ci-dessus, les points B, C, D et E sont situés sur un même cercle.

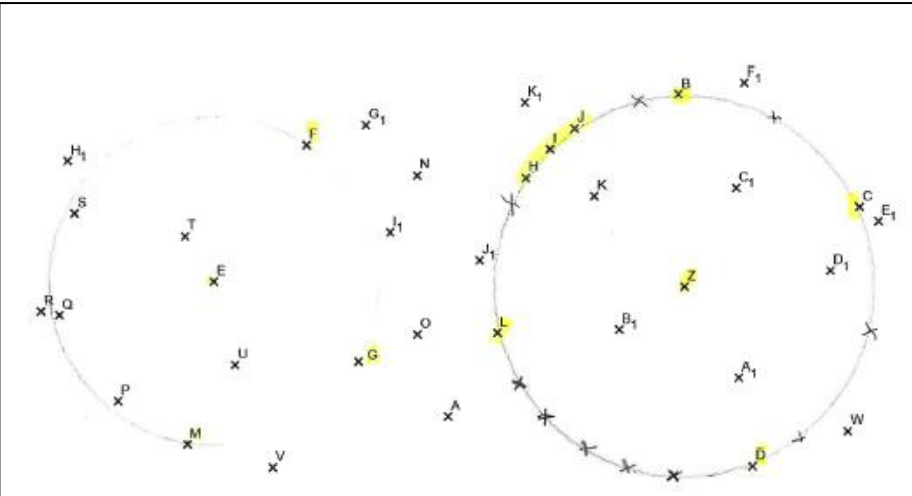
Le centre de ce cercle est l'un des points de la figure.

En utilisant ta **règle graduée**, trouve le centre de ce cercle puis réponds aux questions.

1. Explique pourquoi tu penses que le point que tu as trouvé est bien le centre du cercle.

Annexe 2 : Productions d'appui pour la construction de la définition du cercle

Production d'élève pour la correction de la tâche d'introduction



Partie n°1
Sur le nuage de points ci-dessus,
a) Entourer tous les points qui sont situés à 4 cm du point Z.
b) Placer 10 nouveaux points qui sont situés à 4 cm du point Z (il n'est pas nécessaire de les nommer).

Partie n°2
Sans mesurer, trouver tous les points qui sont situés à la distance EM du point E. Expliquer votre démarche.

J'ai utilisé mon compas car je n'ai pas le droit d'utiliser ma règle pour mesurer.
J'ai mis la pointe de mon compas sur le point E et j'ai cherché l'écartement entre les points E et H. Ensuite j'ai tracé le cercle de centre E. Il me reste qu'à entourer les points que je retrouve sur mon cercle.
Un cercle: C'est une figure que je trace avec le compas à partir d'un point au milieu.

Définitions d'élèves énoncées à l'oral pour construire la définition

E1	C'est une figure que je trace avec le compas à partir d'un point au milieu
E2	C'est une figure tracée au compas qui a un centre et un rayon.
E3	Un cercle sert à tracer ou à trouver un ou des distances. Le cercle sert à ne pas utiliser la règle pour trouver la distance entre le centre du cercle et les extrémités du cercle.
E4	Le cercle c'est plusieurs points qui ont la même distance avec un point.

Annexe 3 : Paragraphe « Vocabulaire » de la leçon

Vocabulaire :

- Tous les rayons d'un cercle ont la même longueur $OA = OE = OD$
- B et C étant deux points du cercle, le segment [BC] est une corde du cercle.
- La corde [DE] passant par le centre O, est appelé diamètre.
- On dit que D et E sont diamétralement opposés.
- Le centre du cercle est le milieu de tous les diamètres.
- Un diamètre a la plus grande longueur possible pour une corde.
- La longueur du diamètre est le double de celle du rayon.
- $\widehat{BC}$ est un arc de cercle et $\widehat{DE}$ est un demi-cercle

Annexe 4 : Productions des élèves au pré-test sur l'exercice de définition du cercle

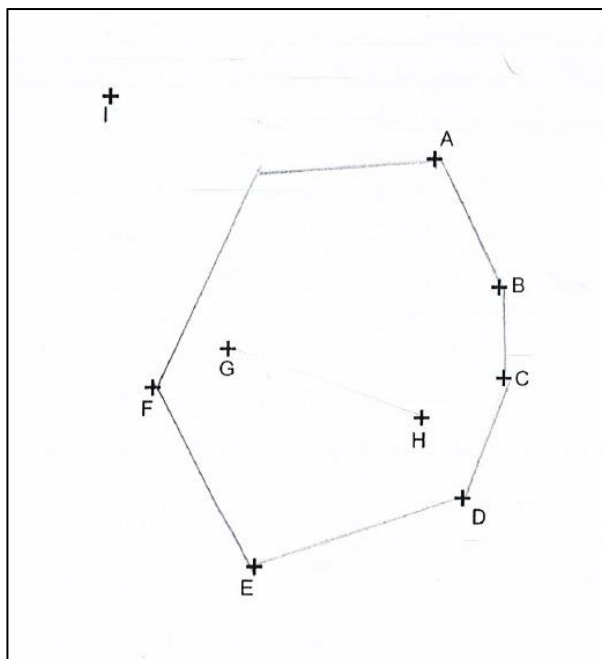
	Pré-test
Th	Le cercle est une figue avec des rayons avec un centre au milieu
Sa	/
Fe	Un cercle c'est une figure qui n'a pas de coté géométrique
As	Cercle : est une figure qui n'est pas un polygone. Le cercle peut rouler et n'a pas d'arrêtes.

Annexe 5 : Comparatif des productions à T4 et T5 avec la leçon

Nous indiquons dans notre tableau en **gras** les différences entre l'énoncé de la définition dans la leçon et les productions des élèves, et en *italique* les différences entre la dernière production de la séquence et le post-test.

	Leçon : Un cercle est constitué de tous les points situés à une même distance d'un point appelé « centre du cercle ». Cette distance est le rayon du cercle.	
	Troisième Définition	Post-test
Th	Un cercle est constitué de plusieurs points à une même distance d'un point appelé « le centre du cercle ». Cette distance est le rayon du cercle.	Un cercle est constitué de plusieurs points a <i>la</i> même distance <i>du</i> centre du cercle. <i>Cela se nomme un</i> rayon.
Sa	Un cercle est constituer de tous les points située à la même distance d'un point appeler « centre du cercle ». Cette distance est le rayon du cercle.	Un cercle est constitué de <i>plusieurs</i> points <i>située</i> a <i>une</i> même distance d'un point appeler « centre du cercle ». Cette distance est <i>appeler</i> "rayon du cercle".
Fe	Un cercle est constitué de tout les points situés à une même distance d'un point appelé « centre du cercle ». Cette distance est le rayon du cercle.	Un cercle est constitués de <i>plusieurs</i> points <i>situés</i> a une même distance d'un point appelé centre du cercle. Cette distance est <i>appelé</i> rayon du cercle.
As	Un cercle est constitué de plusieurs points qui ont la même distance à un seul point « le centre », un cercle à infini de diamètres, à infini de rayons.	Un cercle est constitué <i>d'une infini</i> de points qui ont la même distance <i>et d'un</i> centre.

Annexe 6 : Extrait de la copie de Th au pré-test



ANALYSE EN THEORIE DES SITUATIONS D'UNE SITUATION DE DISTRIBUTION A L'ECOLE MATERNELLE

Antoine Chenet et Patrick Gibel

Étudiant en Master MEEF Pratiques et Ingénieries de la Formation, parcours Innovations et didactiques, Université de Bordeaux et Laboratoire LAB-E3D, Université de Bordeaux

Résumé : Cet article rend compte d'une recherche réalisée dans le cadre d'un mémoire de Master¹² au cours de l'année universitaire 2023-2024. Il vise à mettre en évidence l'importance d'une situation fondamentale de la numération, mise en œuvre dans une classe de maternelle, permettant ainsi aux élèves de donner du sens au nombre et à ses usages, facilitant ainsi l'entrée dans le calcul. La méthodologie utilisée repose sur l'analyse des raisonnements des élèves du point de vue de leur fonction dans l'apprentissage et l'identification des registres sémiotiques convoqués.

Mots-clés : Distribution – énumération – registre sémiotique – raisonnement – situation fondamentale

Abstract : This paper reports on research carried out as part of a Master's thesis during the 2023-2024 academic year. It aims to highlight the importance of a fundamental numbering situation implemented in a kindergarten class, enabling pupils to give meaning to number and its uses, thus facilitating entry into calculation. The methodology used is based on the analysis of pupils' reasoning processes from its function point of view in learning and the semiotic registers called upon.

Key words: Distribution – enumeration - semiotic register - reasoning - fundamental situation

INTRODUCTION

Nous avons choisi de concevoir et mettre en œuvre une ingénierie didactique dont la situation centrale est une situation de distribution (Chenet, 2024) en nous appuyant, d'une part sur la théorie des situations didactiques de Brousseau (TSD), d'autre part sur une situation fondamentale des nombres entiers naturels proposée par Brousseau et Foucaud (1992). Dans ce cadre théorique, notre ingénierie intègre des situations d'action (Brousseau, 1998) ainsi que des situations de formulation (ibidem) donnant l'occasion à l'élève de communiquer ses procédures en explicitant ses actions. Ces situations sont porteuses d'informations (pour lui-même ou pour d'autres élèves) utiles à la réussite de la distribution, mais également porteuses d'informations utiles à l'observation des stratégies d'énumération.

Nous faisons l'hypothèse que la réussite du jeu proposé nécessite la mise en œuvre de nombreux raisonnements dans l'organisation des différentes suites actions et de leur contrôle. C'est pourquoi nous nous intéressons aux formes de raisonnements susceptibles d'apparaître lors de la dialectique action-formulation à l'œuvre dans les différents milieux de l'expérimentation. Pour ce faire, nous proposons dans cette étude un modèle d'analyse des raisonnements inspiré de celui de Bloch et Gibel (2011), Gibel (2018), s'appuyant sur la sémiotique de Duval (1995) afin d'identifier la nature des registres de représentation convoqués.

¹² Master MEEF mention Pratiques et Ingénieries de la Formation, parcours Innovations et Didactiques.

LE CADRE THÉORIQUE

La notion de situation fondamentale

CARACTÉRISATION D'UNE SITUATION FONDAMENTALE

La notion de situation fondamentale s'inscrit dans une réflexion d'ordre épistémologique qui interroge la raison d'être d'un savoir à enseigner, où il s'agit donc d'identifier « les conditions d'existence et de fonctionnement d'un savoir » (Bessot, 2011, p. 38).

La fonction d'une situation fondamentale est de résumer le sens global du savoir de façon à permettre ensuite de déployer le nombre et la diversité de ses occurrences suivant les nécessités et les possibilités de l'enseignement. Ce rôle est comparable à celui d'une connaissance générale par rapport aux connaissances particulières (Brousseau, 2005, p. 11). Il faut donc concevoir la situation fondamentale comme un « moyen de représenter les usages d'un savoir » (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019, p. 12), en lien avec son histoire et le contexte social.

UNE SITUATION FONDAMENTALE DES NOMBRES NATURELS

La situation que nous avons souhaité faire vivre à des élèves de maternelle est une situation de distribution conçue dans le cadre de l'élaboration d'une ingénierie didactique. Elle s'inspire de la situation fondamentale des nombres naturels proposée par Brousseau et Foucaud (1992) à des enfants de 5-6 ans (Grande Section de maternelle – Cours Préparatoire). Ces auteurs présentent très clairement le potentiel de la situation de distribution qui permet à l'élève à la fois de décider seul de son action et de la contrôler, de recevoir le contrôle des autres, de débattre de la qualité de son résultat et de recommencer autant de fois que nécessaire.

Du point de vue de l'enseignant, cette situation permet « [...] d'organiser de très nombreux problèmes de difficultés progressives exigeant toujours l'utilisation des nombres et offrant aux enfants autant d'occasion d'en approfondir sa connaissance et d'en préciser sa prise de conscience » (Brousseau & Foucaud, 1992, p. 3). Il peut s'agir de distribuer à quelques élèves un ou plusieurs objets, ou de le faire à de nombreux élèves ; la présentation des objets à distribuer peut varier, par exemple groupés par 2, 3 ... jusqu'à 10.

Ce type de situations est d'une très grande richesse, en particulier en termes de compétences à mettre en œuvre et à développer, dont les capacités « à énumérer une suite plus ou moins longue de nombres d'objets », « à construire deux collections équipotentes », « à structurer une collection en différents groupements » et « à composer et décomposer les nombres pas addition et multiplication » (*Ibid.*).

Dans ces situations de distribution où la règle du jeu est d'« apporter le nombre nécessaire et suffisant d'objets en une fois » (*Ibid.*), l'élève peut construire du sens aux nombres par la prise de conscience de leur(s) rôle(s) et de leur(s) usage(s). Au-delà de l'utilisation du nombre, c'est aussi la possibilité de construire le sens des premières opérations sur les nombres, celles de l'addition et de la multiplication (comme addition itérée) ou même de la division (distribuer des objets à un groupe d'élèves).

Enfin, nous terminerons cette présentation en évoquant un dernier aspect de la richesse de cette situation fondamentale, qui se loge dans les nombreux obstacles potentiels qu'elle recèle (comme de « pouvoir passer de l'unité au groupement et de considérer le groupement à la fois comme unité et comme groupement selon le cas » (Brousseau & Foucaud, 1992, p. 5)), c'est-à-dire une multitude d'occasions de les dépasser offerte aux élèves, autrement dit, de nombreuses opportunités de construire de nouveaux apprentissages.

Les registres sémiotiques associés aux entiers naturels mobilisés à la maternelle

Un objet se définit par l'objet en lui-même et par ses représentations. Ces représentations peuvent être multiples et elles peuvent appartenir à des systèmes différents. Ces systèmes sont régis par un ensemble de règles par lesquelles ont été créées les représentations. Parmi ces représentations, Duval (1993) définit les représentations sémiotiques :

Les représentations sémiotiques sont des productions constituées par l'emploi de signes appartenant à un système de représentations qui a ses contraintes propres de signifiante et de fonctionnement, l'ensemble de ces signes est appelé le registre de représentation sémiotique (Duval, 1993, p. 39).

Pour comprendre l'objet, un individu doit donc le comprendre en lui-même mais également au travers de ses différentes représentations. L'activité cognitive correspondante consiste alors à faire des va-et-vient entre l'objet et ces dernières, mais aussi à faire des liens entre ses différentes représentations.

Dans le cas des mathématiques, l'objet en lui-même n'est pas présent (on ne peut ni le toucher, ni le voir par des instruments). Ce sont donc les représentations seules qui permettent d'y accéder. Dans le cas de l'objet mathématique « nombre », les différents registres de représentations sont :

- le *registre analogique* : le nombre est représenté sous forme de collections d'objets dessinés (par exemple : les constellations du dé, les doigts de la main ou des mains),
- le *registre symbolique* : il utilise les chiffres et les signes opératoires (les écritures chiffrées et les calculs)
- le *registre verbal ou langagier* : il emploie les mots nombres et les unités de numération, à l'oral ou à l'écrit.
- le *registre matériel structuré* : il résulte de la réalisation de groupements (ou de lots) d'objets matériels respectant des règles de groupements et élaboré conformément à un projet.

Le concept d'énumération

Pour mieux caractériser l'énumération, nous proposons de partir d'une définition de Briand : il s'agit d'« une connaissance nécessaire à [une] tâche d'inventaire » (Briand, 1999, p. 3) « au cours de laquelle il s'agit de passer en revue tous les éléments d'une collection finie une fois et une seule » (*Ibid.*, p. 17), c'est-à-dire « sans en oublier, sans en considérer un plusieurs fois » (Briand, 2017, p. 9). C'est pourquoi l'énumération intervient très souvent, dès qu'on a besoin de réaliser un inventaire : par exemple dans le cas d'une distribution (Brousseau & Foucaud, 1992) ou pour dresser les couverts (une assiette pour chaque convive, un couteau, une fourchette, ...). Il s'agit donc d'être capable de s'assurer de l'exhaustivité de ce « passage en revue » par un contrôle plus ou moins conscient. Briand en donne un exemple classique dans la vie courante, lorsque nous faisons des courses au supermarché d'après une liste établie à l'avance (Briand, Lacave Luciani, Harvouët, Bedere & Goua De Baix, 2000, p. 9). Dans ce cas banal, une difficulté réside pourtant dans le nécessaire contrôle des articles déjà ajoutés dans notre panier et les autres, ce qui peut être facilité par une structuration de la liste conformément à celle du magasin ou par catégorie d'articles.

Dans le cas particulier du comptage ou du dénombrement d'une collection finie d'objets, l'énumération est sollicitée quand il s'agit de mettre en correspondance terme à terme deux collections. Briand (1999) rappelle qu'il a déjà montré en 1993 que « pour contrôler une situation de comptage, l'enfant doit faire fonctionner une connaissance (l'énumération) qui se réfère à l'exploration de la collection et qui conditionne complètement le bon déroulement de l'activité » (p. 15). Selon Dorier (2010), l'énumération est « ce qui est nécessaire pour organiser une collection dont on doit compter les éléments » (p. 4). On mesure donc à quel point cette connaissance est essentielle et que ne pas la maîtriser peut conduire à de nombreux échecs pour les élèves, dans de nombreuses activités non uniquement mathématiques.

PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Notre questionnement vise à prendre en compte deux aspects essentiels lors de la mise en œuvre d'une situation de distribution : donner du sens au nombre et rendre l'énumération explicite et visible. Pour cela, nous avons alors choisi de prendre pour objet d'étude une situation de distribution, de par sa richesse de ce qu'elle sous-tend et de par son lien avec notre questionnement initial lié à une construction défailante du sens donné aux nombres dès le plus jeune âge. En effet, la distribution sollicite les aspects cardinal et ordinal des nombres et permet aux élèves de « prendre conscience [de leur] rôle, [de] ce à quoi ils servent et même de mettre en œuvre des opérations » (Brousseau & Foucaud, 1992, p. 3). Mais elle suppose surtout des capacités à énumérer des suites, des ensembles ou pour structurer des collections.

Ainsi, dans cet article, nous souhaitons apporter des éléments de réponse à la problématique suivante : est-il possible de concevoir et de mettre en œuvre une situation de distribution qui permette aux élèves de

maternelle, d'une part d'accéder au sens du nombre et de ses usages, d'autre part d'utiliser l'énumération comme condition nécessaire à sa réussite ?

MÉTHODOLOGIE GLOBALE : L'ÉLABORATION DE L'INGÉNIERIE

Présentation de la séquence

LES SUJETS DE L'ÉTUDE

Notre expérimentation a été menée à l'école maternelle Bouillerc (à Pau, France) qui présente la particularité d'accueillir de nombreux enfants issus de diverses populations allophones. La classe dans laquelle nous avons pu organiser notre expérimentation est une classe de 18 élèves (6 élèves de Petite Section, 7 élèves de Moyenne Section et 5 élèves de Grande section) âgés entre 3 et 5 ans. L'expérimentation a été réalisée en mars 2024 durant 4 séances essentiellement l'après-midi, moment où une grande partie des élèves (10) font encore la sieste. Partant, 8 élèves ont participé à la situation : 3 de Moyenne Section désignés par MS1, MS2, MS3 et 5 de Grande Section, GS1, GS2, GS3, GS4 et GS5. Selon l'enseignante titulaire, un enfant de Moyenne Section est plutôt « avancé » (désigné par MS3, participant souvent aux activités avec les plus grands), un enfant de Grande Section est en difficulté (désigné par GS1) et deux élèves de Grande Section sont considérés comme « avancés » (désignés par GS4 et GS5).

Nous pouvons considérer cette classe comme non ordinaire. En effet, l'enseignante a une solide expérience de l'enseignement en maternelle et possède le statut de maîtresse formatrice. Elle dispose de connaissances en TSD tant du point de vue théorique que pratique, est expérimentée dans la dévolution et le pilotage de situations adidactiques. En outre, les élèves de cette classe ont été confrontés depuis le début de l'année à de nombreuses situations adidactiques.

LES ENJEUX DIDACTIQUES DE LA SITUATION DE DISTRIBUTION ÉTUDIÉE

Pour concevoir notre ingénierie, il nous a semblé adéquat de nous placer dans le cadre de la TSD pour que les élèves, à travers la situation de distribution proposée, puissent donner du sens au nombre et puissent se rendre compte que l'énumération est le moyen de réussir en situation d'action.

L'enjeu doit être stimulant : la situation de distribution présente une complexité qui constitue dans le même temps sa grande richesse, offrant une multitude de possibilités notamment en regard de la nécessaire prise en compte des différences importantes entre les élèves de maternelle, qui plus est répartis sur trois niveaux. Il s'agit également de proposer une situation qui pose problème aux élèves et dont la résolution nécessite de mobiliser la connaissance visée. Mais à cet âge en particulier, il est essentiel que la solution se dessine au travers des actions des élèves et des rétroactions que le milieu leur renvoie.

Le potentiel adidactique de la situation offre en effet à l'élève une grande liberté pour penser, agir et prendre ses propres décisions. Néanmoins, le sujet est contraint par le milieu défini par les variables didactiques qui, dans cette situation, doivent l'amener à utiliser l'énumération pour dénombrer, mais pas seulement, comme nous pourrions le découvrir dans la suite de cet article.

Enfin, une place importante doit être accordée au langage en maternelle : les élèves vont être conduits à expliciter leurs actions au cours des moments de verbalisation orchestrés par l'enseignante et lors des situations de formulation (au sein du groupe) afin d'échanger et réfléchir avec les autres élèves et ainsi amener chaque élève à établir la connaissance visée.

Ainsi, le cadre théorique des situations didactiques nous apparaît particulièrement adapté pour, d'une part répondre aux exigences institutionnelles, d'autre part pouvoir étudier à la fois le rapport des élèves avec le milieu avec lequel ils interagissent, au travers les situations adidactiques d'action et de formulation, et les procédures et les raisonnements des élèves, dans la situation de distribution.

LA STRUCTURE DE LA SÉQUENCE

Notre ingénierie s'inspire de la situation fondamentale des nombres naturels de Brousseau et Foucaud (1992) et s'inscrit dans le cadre d'une illustration d'un chant prévu dans la programmation de l'enseignante. Il s'agit donc d'une situation à valeur sociale qui fait sens, avec un but clair et compréhensible pour les élèves. L'illustration proposée est constituée de différents éléments (l'illustration est constituée de 9 types d'éléments), chacun d'eux présents en quantités distinctes : 1 fond violet (apparaissant blanc ci-dessous, dénommé également « feuille support ») au format A4, 1 bocal, 1 poisson rouge, 1 bonnet rouge (lien avec le chant), 2 coraux rouges, 3 galets gris, 5 bulles jaunes, 4 algues vertes et 6 algues claires.



Fig. 1 : Modèle de l'illustration à réaliser

L'objectif, pour les huit élèves concernés, est de réussir à préparer et à distribuer l'ensemble des éléments nécessaires, en quantité adéquate, à tous les élèves de la classe afin qu'ils puissent ensuite réaliser leur propre illustration.

Ces huit élèves doivent prendre en compte le fait que tous les enfants ne sont pas présents dans la classe au moment de la réalisation de la distribution (certains élèves sont à la sieste, comme c'est le cas pour les plus jeunes) ou sont eux-mêmes en activité autrement dit hors de leur vue directe. Cette distribution est organisée en quatre séances (filmées). Chacune des quatre séances intègre : un processus de dévolution, une situation adidactique d'action, un moment de verbalisation des procédures, une situation adidactique de formulation et une situation d'institutionnalisation.

La première séance a pour finalité de permettre aux élèves de s'approprier le modèle, précisément les éléments qu'il contient, ainsi qu'une première prise de conscience du milieu objectif, puis dans un second temps suivent trois séances de difficulté croissante en lien avec le nombre d'éléments de chaque type à distribuer (un seul élément, puis entre deux et quatre éléments, enfin jusqu'à six éléments à distribuer à chaque élève) mais également du point de vue du nombre de tables à gérer (la table des élèves de Petite Section, celle des Moyenne Section et celle des Grande Section). Cette complexification correspond à l'introduction de sauts informationnels devant amener les élèves à développer de nouvelles stratégies basées sur l'énumération et la structuration des collections, le « simple » dénombrement devenant inaccessible pour les élèves de cet âge, même pour les plus avancés.

Au cours de cette première séance, les élèves doivent mettre en œuvre des stratégies qui leur sont propres pour récupérer le nombre exact d'éléments de chaque type conformément à ceux figurant sur le modèle, afin de pouvoir reproduire l'illustration (Fig. 1).

La seconde séance permet d'entrer dans la situation effective de distribution, en s'appropriant les règles du jeu. Cette situation propose des collections de tailles réduites et adaptées aux élèves de maternelle (autrement dit pour un type d'éléments donné, le nombre total d'éléments dont l'élève doit réaliser la distribution, est inférieur à 10) et ne concerne que les types d'éléments ne figurant qu'en un seul exemplaire (feuille support, bocal, poisson) sur le modèle, d'où notre choix de l'intituler « situation de distribution simple ».

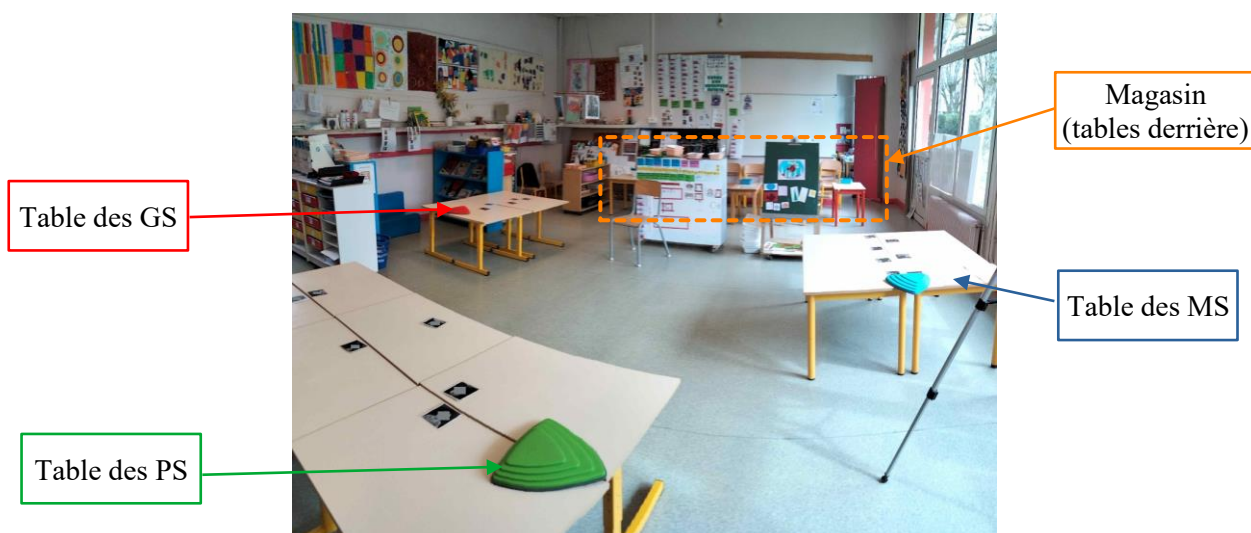


Fig. 2 : Organisation spatiale des tables des destinataires et du magasin



Fig. 3 : Les paniers du magasin (de gauche à droite : bulles, algues claires, coraux, bocaux, bonnets, feuilles support, galets, algues vertes, poissons)

Pour l'enseignante, la difficulté se situe dans la capacité à faire dévolution aux élèves de la situation de distribution elle-même. Pour ce faire, elle introduit sur le tableau un codage (représentation iconique) de chaque « mission » des élèves : chacune des trois tables est identifiée par une couleur (issu du choix des élèves dans la séance préparatrice) et l'élément à distribuer est représenté en un exemplaire¹³.

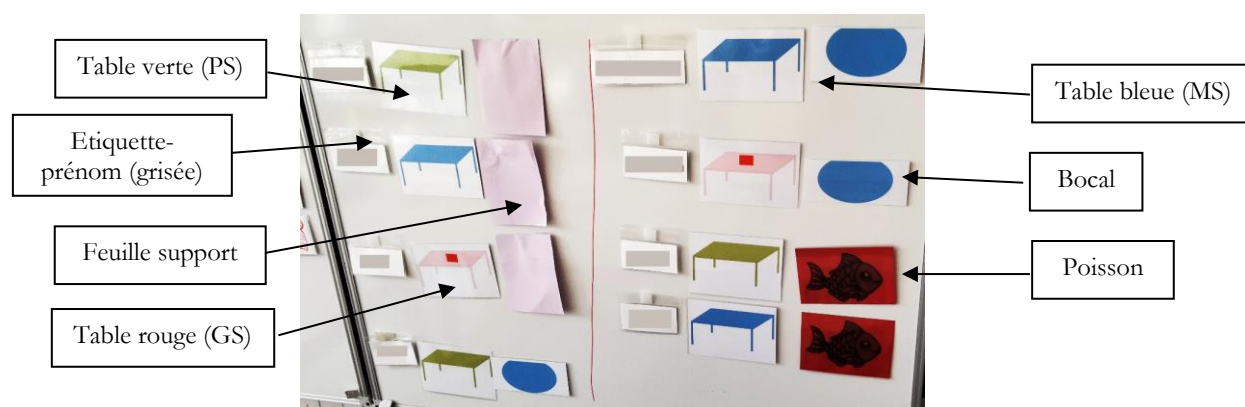


Fig. 4 : Dévolution de l'étape 2 – codage pour les missions de chaque élève (nom grisé)

¹³ Pour GS1, cela constituera un obstacle à la compréhension du codage : il considérera qu'il n'y a qu'un exemplaire à rapporter, soit pour toute la table, soit pour chaque élève (si l'élément est présent en plusieurs exemplaires sur le modèle).

À côté du prénom de chaque élève (grisé pour des raisons éthiques) figurent la table à gérer (verte, bleue ou rouge) et l'élément (bocal, poisson, feuille support) à récupérer au magasin puis à distribuer à l'ensemble des élèves de la table qui lui a été attribuée.

Pour identifier les élèves à chacune des tables (PS/MS/GS), les élèves ont également fait le choix de coller une photographie des élèves (représentation iconique, cf. Fig. 2).

À l'issue de cette seconde séance, nous supposons que les élèves ont normalement pu s'approprier les règles et les contraintes de la situation proposée, ainsi que le codage des missions mis en place, ce qui autorise l'introduction d'une nouvelle complexité (sauts informationnels). Les troisième et quatrième séances du jeu ne modifient pas le milieu, cependant les missions qui sont attribuées aux élèves diffèrent. Nous les avons nommées « situations de distribution complexes ». Dorénavant, il ne s'agit plus de distribuer un seul élément par élève, mais plusieurs ; de plus, certains des élèves doivent gérer plusieurs tables en même temps, toujours avec la contrainte de ne réaliser qu'un seul voyage pour réussir.

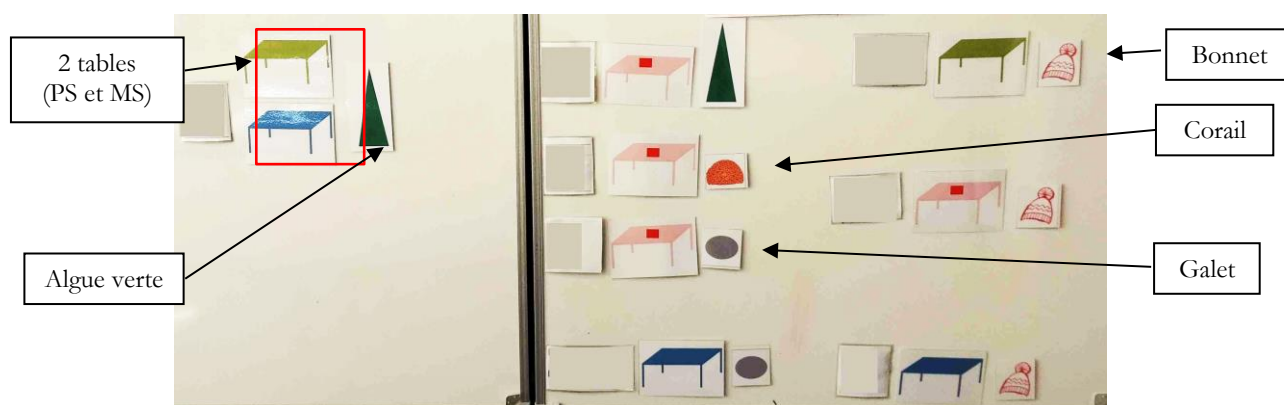


Fig. 5 : Exemples de codage de missions lors de la séance 3 – codage pour les missions de chaque élève dont deux tables à gérer pour une élève (à gauche) ; un seul élément à distribuer pour certains élèves (le bonnet, à droite)

Notons que l'attribution de ces missions prend en compte une différenciation en fonction des informations disponibles en amont sur les élèves, réajustée ensuite relativement aux réussites ou échecs des missions précédentes.

Analyse *a priori* de la situation de distribution « simple »

La stratégie idoine repose sur l'anticipation du résultat de la distribution ; elle se résume à savoir identifier les élèves (ou leur nombre) de la table dont l'élève est responsable, trouver un moyen d'en garder mémoire avant d'aller collecter au magasin juste ce qu'il faut d'éléments en une fois. La stratégie d'énumération s'appuie alors soit sur le pointage et la constitution d'une liste ordonnée des prénoms des élèves, avec ou sans construction d'une collection-témoin de doigts, soit sur le pointage et la mise en correspondance terme à terme des représentations des élèves avec une collection-témoin de doigts (avec ou sans comptage-numérotage), soit sur le pointage et le comptage-dénombrement, avec ou sans appui d'une collection-témoin de doigts.

Pour conserver la mémoire de la quantité et la « transporter » jusqu'au magasin, les élèves peuvent utiliser soit leur propre mémoire, soit la collection-témoin de doigts. Une fois au magasin, les élèves utilisent ces moyens de mémoire pour rappeler le résultat de l'énumération des élèves afin de constituer la collection des éléments d'illustration, avec les mêmes types de stratégies (restitution de la liste ordonnée des prénoms, mise en correspondance terme à terme des doigts de la collection-témoin avec des éléments du magasin, énumération des éléments au magasin par comptage-numérotage, avec ou sans appui de la collection-témoin de doigts, énumération d'éléments de la panier par comptage-dénombrement).

Analyse *a priori* des situations de distribution complexes

Ces nouvelles étapes du jeu introduisent des sauts informationnels à deux niveaux : le nombre d'éléments de chaque type n'est plus réduit à l'unité (valeurs prises entre 2 et 6) et le nombre de tables à gérer passe de une à deux (pour les élèves les plus avancés). Le dénombrement direct des collections d'éléments à distribuer n'est donc pas une stratégie accessible pour les élèves de cet âge. Les procédures doivent être distinguées selon trois moments : la *prise d'information*, la *collecte* et les *types de contrôles* qui se mettent en place.

Les élèves ont donc deux types d'informations à identifier : le nombre d'éléments du type d'élément du modèle d'une part, le nombre d'élèves concernés par la distribution (destinataires) d'autre part. Pour le premier, la présence du modèle au magasin soulage la mémorisation de l'information (accès direct). En revanche pour le second, la prise d'information doit nécessairement se faire avant de se rendre au magasin.

Quant aux stratégies de collecte, les considérations spatiales du partitionnement vont être primordiales dans les stratégies d'énumération. D'une part, le choix de l'espace pour réaliser cette partition revêt donc une importance capitale quant à la réussite ou l'échec de cette dernière (risque de mélange des éléments conduisant l'élève à devoir multiplier les contrôles). D'autre part, la partition des éléments « traités » (ou « à distribuer ») elle-même va devoir être organisée pour constituer la quantité *juste nécessaire*. C'est-à-dire que le geste de partitionnement ne peut se limiter à trier les éléments puisque l'élève doit pouvoir contrôler au fur et à mesure cette constitution (sa collecte) en vue de la distribution effective.

Pour ce faire, deux stratégies sont envisageables (n éléments à distribuer à p destinataires) qui passent par la constitution progressive de *lots* (ou paquets) d'éléments destinés à un destinataire donné (appariement) : soit n fois p destinataires ($n \times p$), soit p fois n éléments ($p \times n$). Ces lots apparaissent physiquement d'un point de vue spatial. Dans les deux cas, il y a deux sous-collections à gérer : celle des destinataires et celle des éléments à distribuer. Pour surmonter cette double contrainte, l'énumération s'avère comme la connaissance absolument incontournable pour réussir, fondement de notre ingénierie. Elle se manifeste donc à la fois par :

- l'utilisation de l'espace intermédiaire des tables du magasin pour réaliser le partitionnement matérialisant d'une part les destinataires (représentation iconique), d'autre part le nombre d'éléments de l'illustration attribués à chaque destinataire ;
- l'utilisation des doigts pour représenter soit les destinataires, soit les éléments de l'illustration ;
- le pointage successif des éléments (ou des lots d'éléments) qui permet de « clôturer » la liste des destinataires et le « paquet » d'éléments qui leur est destiné (par comptage ou dénombrement avec synchronisation de la récitation de la suite numérique).

Enfin, les contrôles nécessaires doivent être fréquents et nombreux, étant donnés la taille des collections en jeu ainsi que les deux types d'information à gérer. Concernant le contrôle du nombre d'élèves, pour une table, les stratégies sont les mêmes que pour la distribution « simple ». Pour deux tables, les stratégies se basent sur un dénombrement avec pointage ou utilisation des doigts comme collection-témoin.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES RAISONNEMENTS PRODUITS EN SITUATION DE DISTRIBUTION

Nous rappelons tout d'abord ici qu'en situation adidactique d'action, la connaissance visée doit être la stratégie optimale au problème posé au sujet, qui doit la mettre en œuvre comme moyen d'action sur le milieu.

Pour identifier les conditions théoriques sous lesquelles les différentes actions des élèves peuvent être considérées comme des raisonnements, nous avons choisi de nous appuyer sur le modèle multidimensionnel proposé par Bloch et Gibel (2011) et Gibel (2018). Nous avons alors construit plusieurs tableaux (*cf.* Annexe) pour lesquels, en regard de chaque fonction de raisonnement susceptible d'être

produite par l'élève en situation, nous avons identifié les registres de représentation pouvant être convoqués et qu'il est possible d'observer *en acte*, ainsi que les connaissances mises en œuvre, et ce lors des différentes mises en situation : situation d'action lors de la préparation de la collecte ou de la distribution effective et situation de formulation.

Par exemple, en situation de préparation de la collecte, un élève peut utiliser le registre analogique d'une collection-témoin de doigts pour déterminer le nombre de destinataires restant à gérer (fonction F2.2 dans le tableau proposé en Annexe¹⁴), en sollicitant l'énumération, synchronisée ou non avec la suite orale numérique. Ce faisant, il construit une première approche du calcul soustractif (2 élèves parmi 7 ont reçu l'élément dont ils sont destinataires, il peut se rendre compte qu'il en reste 5 à gérer) ce qui correspond à une actualisation de son répertoire didactique.

En second exemple, toujours lors de la préparation de la collecte, l'élève peut utiliser l'espace intermédiaire de la table du magasin pour réaliser sa collecte et en réalisant des lots (registre matériel structuré) pour contrôler cette dernière (fonction F5 du tableau), en s'appuyant sur l'énumération pour compter ou dénombrer (synchronisée ou non avec la suite orale numérique), soit au fur et à mesure de sa collecte, soit en fin de collecte. Il construit ainsi un autre usage de l'énumération, l'énumération pour contrôler, actualisant son répertoire didactique.

Nous avons ainsi identifié jusqu'à 16 fonctions de raisonnement, parfois décomposées en sous-fonctions (comme F1.1 ou F2.2 rattachées aux fonctions F1 et F2). L'analyse *a priori* permet de les positionner d'un point de vue théorique mais c'est l'analyse *a posteriori* et la confrontation avec la première qui nous fourniront l'information quant à la cohérence et l'efficacité de l'ingénierie que nous avons conçue.

PRÉSENTATION ET ANALYSE DE RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Tout d'abord, nous présentons l'organisation des différentes missions attribuées aux élèves :

ELEMENT	NB ELEMENTS	NUMERO MISSION	TABLE		
			PS (6)	MS (7)	GS (5)
Fond Violet	1	1	MS1	MS3	MS2
bocal	1	1	GS2	GS3	GS1
poisson	1	1	GS4	GS5	
bonnet	1	2	GS1	MS2	MS1
corail	2	2			MS3
galet	3	2		GS3	GS2
algue verte	4	2	GS4	GS4	GS5
poisson	1	3			MS2
corail	2	3	MS1	GS1	
galet	3	3	MS3		
Bulle	5	3	GS3	GS2	GS3
algue claire	6	3	GS5	GS5	GS4

Tableau 1 : Organisation des situations de distribution

Notons également que nous avons considéré comme adéquat que le modèle de l'illustration soit affiché et disponible au niveau du magasin tout au long des missions. En revanche, il était important également que depuis le magasin, les élèves ne puissent accéder directement (par la vue) aux représentations iconiques (photographies) de l'ensemble des élèves sur chaque table, en utilisant le mobilier de la classe pour « isoler » le magasin du reste de la classe (*cf. Fig. 2*).

Voici les résultats obtenus par les élèves au cours des quatre phases du jeu, au cours des séances qui ont été captées en notre présence (une séance supplémentaire a permis les réussites de tous) :

¹⁴ Nous avons fait le choix de présenter les usages du modèle en annexe afin d'explicitier chacune des fonctions.

	MS1		MS2		MS3		GS1		GS2		GS3		GS4		GS5	
	NOMBRE D'ESSAIS	REUSSITE	NOMBRE D'ESSAIS	REUSSITE	NOMBRE D'ESSAIS	REUSSITE	NOMBRE D'ESSAIS	REUSSITE	NOMBRE D'ESSAIS	REUSSITE	NOMBRE D'ESSAIS	REUSSITE	NOMBRE D'ESSAIS	REUSSITE	NOMBRE D'ESSAIS	REUSSITE
Situation 1	1	NON	1	NON	1	NON	1	NON	1	NON	1	OUI	1	OUI	1	OUI
MISSION #1	2	OUI	4	Aide d'un pair (MS1)	1	OUI	4	Aide d'un pair (MS1)	2	OUI	1	OUI	1	OUI	1	OUI
MISSION #2	2	OUI	2	OUI	2	OUI	3	OUI	5	NON	3	OUI	2	OUI	2	OUI
MISSION #3	2	NON	2	OUI	2	NON	2	Aide d'un pair (GS3)	Non effectuée		1	OUI	2	OUI	2	OUI

Tableau 2 : Résultats des missions dévolues aux élèves

Première séance (séance de reproduction de l'illustration modèle)

Ici, les élèves peuvent aller autant de fois qu'ils le souhaitent au magasin pour récupérer les éléments, en appui sur le modèle dont chacun possède une photocopie couleur sur leur table, non déplaçable. Le modèle est également disponible au niveau du magasin.

Le processus de dévolution est habilement mené par l'enseignante et permet *l'installation* de la situation adidactique, d'abord en réintroduisant le contexte de la situation (illustration d'un chant que les élèves reprennent tous ensemble en début de séance) selon un modèle dont les éléments le constituant, travaillés en amont, sont rappelés collectivement. L'enseignante procède alors à la passation des consignes de la situation et des critères de réussite les faisant reformuler, conformément à celles indiquées dans notre ingénierie *i.e.* en ne citant notamment pas le *nombre* comme solution à la situation proposée. Le milieu objectif installé, l'entrée dans la situation de référence permet à l'enseignante de tenir parfaitement ses rôles d'observateur et de régulateur, en intervenant de manière adéquate lors de la collecte et la réalisation (« Il te manque quelque chose ? Tu as le droit d'aller les chercher », « Tu t'organises comme tu veux », « Tu prends ce dont tu as besoin », « Vous prenez juste ce qu'il faut, pas plus, pas moins » ...).

À l'issue du jeu, l'enseignante procède avec les élèves à un moment de verbalisation pour analyser chaque production. Si toutes les productions ne sont pas complètes, cette première étape a atteint néanmoins ses enjeux, *i.e.* d'une part permettre aux élèves de découvrir l'organisation matérielle et spatiale, avec la nécessité de se déplacer pour collecter les éléments au magasin, ce qui est essentiel pour aborder les séances suivantes.

La situation de distribution « simple » (« Mission » 1)

L'enseignante introduit en début de séance le terme de *mission* (participant de l'enrôlement des élèves) et explicite les critères de réussites et la nouvelle contrainte (« Il faudra rapporter exactement juste ce qu'il faut, pas plus pas moins, et il ne faudra pas qu'il reste d'éléments... dans votre boîte, dans votre panier... parce que s'il reste des éléments dans votre panier, c'est que vous n'avez pas rapporté juste ce qu'il faut. Et il n'y aura qu'un seul voyage ») ; si vous n'avez pas réussi votre mission, vous aurez le droit de recommencer. Elle introduit également le codage de la mission de chacun. Le processus de dévolution conduit à la confrontation des élèves à la situation d'action.

Quant aux résultats, plusieurs essais (4) ont été nécessaires pour que tous les élèves réussissent. Là aussi, l'enseignante laisse l'opportunité à chacun de réussir, même si cela nécessite une multiplication des essais et du temps, laissant la liberté à chacun de prendre ses propres décisions.

Les situations de distribution « complexes » (« Missions » 2 et 3)

Ici, les élèves sont confrontés aux deux types de sauts informationnels liés d'une part à la multiplicité de certains éléments et d'autre part au nombre de tables à gérer, ce qui va ne concerner qu'une seule élève (GS4) dans la mission #2. L'enseignante présente les consignes du jeu (identiques au jeu précédent), mais également celle du rappel essentiel pour faire dévolution aux élèves de la situation de la procédure qui avait permis de réussir : il faut *compter* les enfants et les éléments. Nous constatons de nouveau la qualité des gestes professionnels de l'enseignante dans la mise en œuvre du processus de dévolution, rien n'est laissé au hasard, oublié ou négligé. Les consignes du jeu sont données, répétées, et la possibilité de pouvoir recommencer si l'élève n'y arrive pas du premier coup est reformulée par les élèves. En situation adidactique d'action, le processus de dévolution se poursuit avec la même efficacité que lors des premières

étapes du jeu. En particulier, elle effectue un simple rappel à la possibilité d'utiliser la table comme espace *intermédiaire* pour éviter un risque réel d'abandon de GS4. Lors de son second essai (mission #2), GS4 s'investit de manière magnifique pendant près de 10 minutes (voir l'analyse plus loin dans l'article).

À l'issue de chaque essai, l'enseignante prend le temps de faire valider ou invalider le résultat de chaque enfant du groupe par l'ensemble des élèves, de faire verbaliser les procédures permettant ainsi le bon fonctionnement de la situation d'apprentissage. La dévolution de la situation adidactique de formulation, visant à permettre aux élèves de formuler de façon autonome les conditions qu'il est nécessaire de réunir afin de réussir leur mission, permet de mettre en évidence, aux yeux de tous, la nécessité de réaliser des lots d'éléments pour réussir.

En conclusion, à l'issue du jeu, nous pouvons considérer que l'enseignante a pleinement réussi la dévolution de la situation de distribution au sens de Brousseau et Foucaud, permettant aux enfants de contrôler et décider de leurs actions, de recevoir le contrôle des autres, débattre avec eux de la validité de son résultat, recommencer autant de fois qu'il le faut. Elle met en œuvre le processus de dévolution avec précision, fait vivre aux élèves les situations adidactiques, leur offrant la possibilité de réaliser différents essais lors de la confrontation au milieu objectif, les amenant à verbaliser le résultat de leurs actions et ensuite à communiquer au sein du groupe les procédures mises en œuvre. Elle institutionnalise aux moments opportuns les réalisations de certaines procédures, les usages du nombre et de l'énumération via le comptage (avec pointage). De plus, le répertoire didactique des élèves s'est enrichi de nombreuses autres connaissances, comme le montre l'analyse des raisonnements proposée dans la section suivante.

L'analyse des procédures et des formes de raisonnements

Afin de comprendre comment nous utilisons notre modèle, voici l'analyse d'une situation d'action, correspondant à la mission #2 (*cf. Fig. 6*) de l'élève GS4 (distribution « complexe », collecte de 4 algues vertes pour les 6 élèves de Petite Section et pour les 7 élèves de Moyenne Section). C'est une situation riche et complexe qui dure près de 10 minutes. L'élève GS4 s'occupe d'abord de réaliser la collecte des algues pour la table des 7 élèves de Moyenne Section.

Dans un premier temps, GS4 réalise sa collecte en énumérant 4 algues vertes qu'elle prend dans la panière du magasin et dépose dans son panier, une par une. Elle *récite la comptine numérique de manière synchrone avec son geste*, réalisant un premier lot (de 4 algues vertes) qu'elle rassemble et place sur un côté de son panier. La procédure d'énumération consiste ici en la réalisation d'une *partition entre les éléments non traités* (dans la panière du magasin) et *traités* (dans son panier), en appui sur le registre matériel structuré de l'espace intermédiaire de son panier de transport et du lot de 4 algues vertes. GS4 lève alors l'un après l'autre les 5 doigts de sa main droite et 2 de sa main gauche (7 levés au total), puis baisse le pouce droit, convoquant ainsi le registre analogique de la collection-témoin des doigts. Il lui reste donc 6 doigts levés qu'elle énumère par pointage avec l'index gauche pour les 4 doigts de la main droite, puis en baissant puis relevant l'un après l'autre les 2 doigts pour la main gauche.

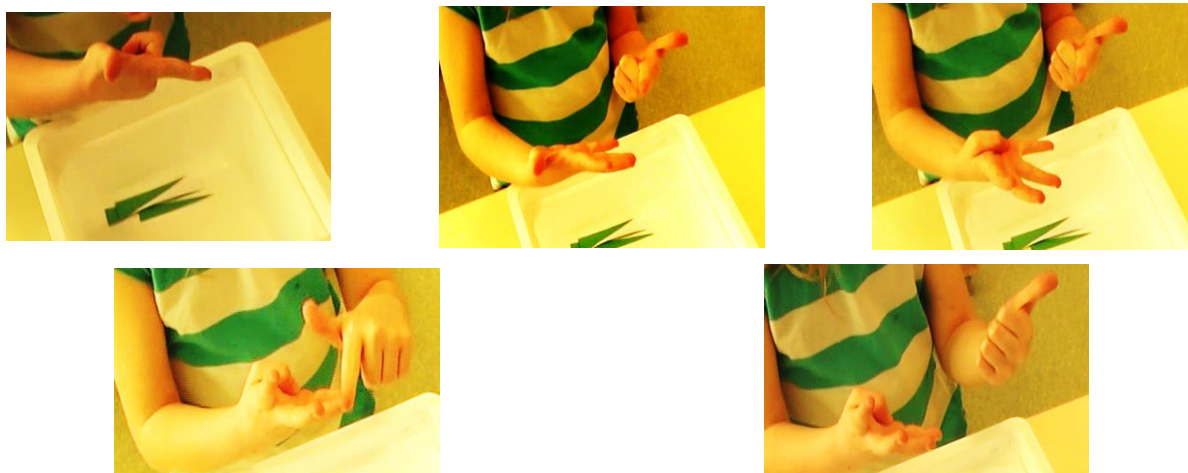


Fig. 6 : Collecte d'un premier lot de 4 algues vertes dans le panier

GS4 recommence alors la même procédure d'énumération pour une seconde série de 4 algues vertes, sans faire le lot dans le panier ; à l'issue, elle lève de nouveau 7 doigts, puis en baisse cette fois 2 (pouce et index droits). Elle énumère ces 5 doigts sans les pointer mais en les baissant puis en les relevant l'un après l'autre. Elle reproduit ce schéma, ajoutant dans le panier une troisième série de 4 algues. GS4 est confrontée à un souci lors de la collecte de la 4^e série : elle ajoute 2 algues mais, peut-être perdue dans son énumération, essaye de récupérer ces 2 algues probablement pour la reprendre ; cependant, étant donné le mélange des algues dans le panier, elle vide tout son panier et recommence depuis le début. Elle utilise la même procédure mais organise cette fois-ci des lots dans son panier, uniquement pour les 5 premières séries. Elle se rend compte qu'il reste 2 séries à collecter qu'elle enchaîne rapidement, sans passer par l'étape des doigts avant la dernière série, par *énumération avec récitation de la suite numérique* (1 à 4, deux fois) *synchronisée avec le geste*.

Elle s'appuie probablement aussi sur un *subitizing*. Au final, ces algues sont mélangées au centre du panier (GS4 ne les rassemble pas sous forme de lots de 4 algues).

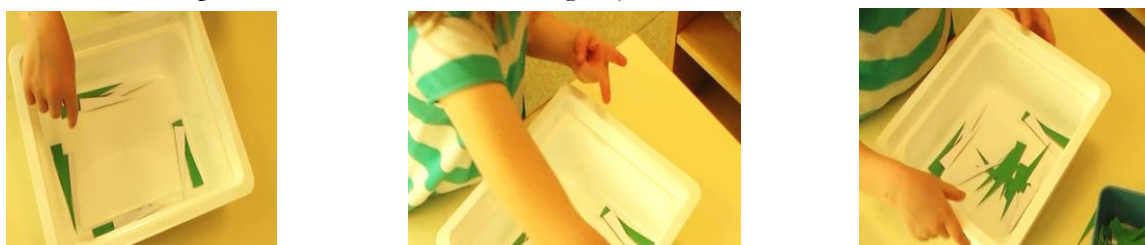


Fig. 7 : Collecte des 7 séries de 4 algues vertes – 4 lots réalisés et 2 séries mélangées au centre

Une fois cette première partie de la collecte *a priori* terminée, GS4 semble avoir oublié l'information quant au nombre de destinataires de la seconde table (celle des élèves de PS) : elle se déplace légèrement sur sa droite d'où elle peut voir (depuis le magasin) cette dernière à distance et énumère en pointant à distance probablement ces destinataires. GS4 va énumérer trois nouvelles séries de 4 algues, s'appuyant sur la récitation de la comptine numérique et sur l'énumération à distance des destinataires. Cependant, les algues sont ajoutées dans le panier sans faire de groupement, elles sont donc mélangées au centre du panier. GS4 décide de faire des lots, mais la manipulation dans ce petit panier n'étant pas aisée (c'est une contrainte du milieu pensée dans ce but), les algues continuent à se mélanger et défaire les lots déjà organisés.

Un peu perdue, c'est le rappel par l'enseignante de la possibilité d'utiliser la table (devant les paniers du magasin) qui va l'aider. À partir de ce moment, cela se passe très vite : GS4 laisse 6 lots dans son panier, sort les autres algues qu'elle dépose sur la table, organise un lot supplémentaire qu'elle ajoute au panier (*i.e.* 7 lots pour les élèves de MS). Ensuite, convoquant le *registre matériel structuré* de l'espace intermédiaire de la

table et les lots, elle organise la collecte pour les 6 élèves de PS, en énumérant les 4 algues pour chaque lot : trois premiers lots en utilisant les algues présentes sur la table (*partition entre les éléments non traités et traités* par déplacement des algues une par une sur la table), les trois suivants en prenant les algues vertes une par une dans la pаниère et les déposant sur la table (*partition entre les éléments non traités* (dans la pаниère) et *traités* (sur la table)).

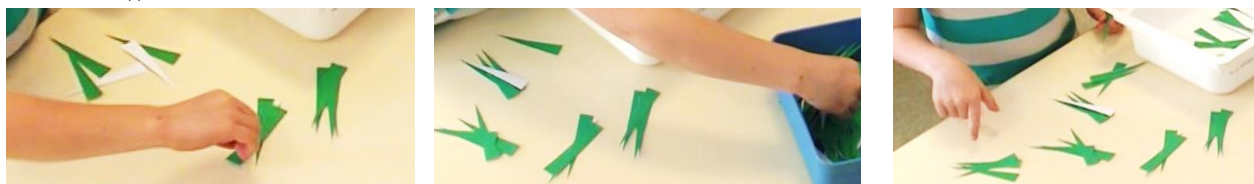


Fig. 8 : Collecte des 6 séries de 4 algues vertes destinées aux PS en utilisant l'espace intermédiaire de la table.

L'analyse des différentes formes de raisonnement montre une richesse de ces dernières, mobilisées plusieurs fois dans des buts différents :

- GS4 convoque efficacement le registre de représentation du codage de la mission, partant, la forme de raisonnement *F3* (« *Représentation et compréhension de la mission* ») : cela dénote sa capacité à s'approprier de nouvelles connaissances liées aux constructions symboliques ;
- GS4 sait mobiliser la fonction *F8* de *Structuration de collections* convoquant le registre idoine de représentation (les lots) qui montre qu'elle a bien construit la connaissance d'*énumération pour réaliser des lots d'éléments* ; de plus, elle organise sa collecte par une partition en deux sous-collections des destinataires des tables à gérer, en appui sur le matériel structuré des espaces intermédiaires du panier et de la table. Ce faisant, GS4 découpe sa mission en deux sous-tâches, ce qui relève une capacité cognitive très intéressante en termes de raisonnements : elle a trouvé une procédure autre adaptée au champ numérique attendu de maternelle (*i.e.* jusqu'à 10) ;
- les deux formes de raisonnement les plus ostensibles sont celles liées à la *détermination du nombre de destinataires restant à gérer* (fonction *F2.2*) et la *conservation de la mémoire de ces destinataires restant à gérer* (fonction *F6*) fonctionnant de concert dans la stratégie que GS4 met en place en convoquant de nombreux registres : d'une part le *registre matériel structuré* faits de 6 lots et 7 lots de quatre algues vertes et les espaces intermédiaires du panier et de la table pour réaliser le partitionnement de ces lots ; d'autre part le registre analogique de la collection-témoin de doigts.
- bloquée dans son organisation de lots rendue impossible par le mauvais choix du matériel du panier (espace restreint à l'intérieur de la pаниère et nombre trop élevé d'algues), provoquant mélanges, GS4 ne *reconsidère pas et ne modifie pas d'elle-même les conditions de réalisation* de sa préparation de sa collecte, c'est-à-dire qu'elle ne sollicite pas la fonction *F4*, d'où le risque d'abandon observé par l'enseignante ; c'est grâce au rappel de cette dernière qu'elle le fera, en convoquant alors un autre registre matériel structuré : l'espace intermédiaire de la table ;
- bien qu'ayant *a priori* relevé l'information quant au nombre de destinataires de la table des Moyenne Section (via la fonction *F1.2*), GS4 ne procède pas à la représentation des destinataires par la collection-témoin de doigts mais *reconsidère et modifie les conditions de réalisation* de sa collecte en convoquant le registre iconique des photographies des élèves ; GS4 change donc de procédure et utilise une énumération « à distance » des élèves de MS restant à traiter.

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons cherché à savoir s'il était possible de concevoir et de mettre en œuvre une situation de distribution qui permette aux élèves de maternelle d'une part d'accéder au sens du nombre et de ses usages, d'autre part d'utiliser l'énumération comme condition nécessaire à sa réussite. En nous appuyant sur la théorie des situations didactiques, nous avons pour ce faire conçu une ingénierie didactique que nous avons mise en œuvre dans une classe-cycle de maternelle et pour laquelle nous avons mené une analyse didactique précise. À travers celle-ci, nous avons cherché d'une part à déterminer si la situation de distribution pouvait offrir un intérêt et une richesse du point de vue des raisonnements susceptibles d'apparaître, au travers l'observation des différents registres sémiotiques convoqués, d'autre part à identifier le rôle joué par l'énumération dans la mise en œuvre des procédures produites en vue d'assurer les fonctions de ces raisonnements.

L'analyse *a posteriori* montre que la méthodologie choisie permet de répondre à notre problématique et apporte des éléments concrets à nos questionnements. Les situations de distribution ont été élaborées afin d'être potentiellement adidactiques, nous avons montré qu'elles le sont réellement car, en premier lieu, elles permettent la mise en œuvre de nombreuses connaissances et l'enrichissement du répertoire didactique par de nombreux nouveaux savoirs. En second lieu, elles font de l'énumération la connaissance essentielle et nécessaire à leur réussite. Mais au-delà de cela, elles demandent que les élèves mettent en place des procédures qui sollicitent des raisonnements conduisant à devoir imaginer des actions et des suites d'actions, à mettre en place de nombreux contrôles où l'énumération a un rôle déterminant. Ainsi, les élèves, pour réussir, sont amenés à prendre conscience par eux-mêmes de cette nécessaire construction de raisonnements mathématiques où l'usage du nombre prend du sens, à prendre conscience du rôle et de l'importance de l'énumération grâce à un milieu pensé pour les y autoriser, leur permettant de s'y confronter à de nombreuses reprises et d'adapter leurs procédures au travers des rétroactions constructives, au sein de situations riches.

Par ailleurs, nous souhaitons revenir sur deux enjeux importants de notre ingénierie. Le premier concerne d'abord pour les élèves d'être capables de fabriquer des collections équipotentes en ayant recours à l'énumération. Nous l'avons mis en évidence au travers l'analyse des situations de distribution simples et complexes, mais cette démarche concernant la réflexion sur comment parvenir à le réaliser commence dès la première situation d'appropriation du modèle (« Situation 1 »). Il est probable que sans cette première étape, nous n'aurions pu obtenir une telle richesse au niveau des procédures, ce qui donne tout son sens à cette situation. De plus, elle participe d'un second enjeu correspondant à la construction de premières représentations mentales concernant le calcul. En effet, au-delà de la « simple » équipotence, les situations de distributions « complexes » doivent amener les élèves à fabriquer des collections telles qu'à un élément doit correspondre un ensemble d'éléments, un « lot », et ce pour n destinataires. Avec la gestion de deux tables apparaissent les structures additives ($13 = 6 + 7$) et la décomposition additive du calcul multiplicatif ($13 \times 6 = (7 \times 6) + (6 \times 6)$). Nous sommes là dans une première approche du sens de l'addition et de la multiplication. Nous l'avons vu correctement à l'œuvre dans la contingence, avec l'élève GS4, mais c'est le cas aussi avec GS5, GS3 et même MS3 (Chenet, 2024).

Lors de la répartition, il s'agit également d'effectuer un partage des éléments collectés entre les différents destinataires : se construisent alors le sens de la division et celui de la soustraction. Ce second enjeu est donc bien celui de la construction du sens des opérations, mais cela va encore au-delà.

Quant à notre modèle d'analyse des raisonnements, tel qu'il est utilisé, accordant une place centrale aux divers registres sémiotiques à la fois en situation d'action et en situation de formulation, montre de manière claire que ces situations de distribution sollicitent les nombreuses fonctions du raisonnement (comme la détermination du nombre d'éléments à collecter et celle du nombre de destinataires, la représentation et la compréhension de la mission, le contrôle, la conservation en mémoire des destinataires restant à gérer, la réalisation de la répartition, la construction de représentations mentales du calcul, la reconsidération des conditions de réalisation...), tant lors de la collecte des éléments à distribuer que lors de la distribution effective, expliquant la richesse de notre ingénierie.

Brousseau avait identifié trois points essentiels sur lesquels devait porter une situation fondamentale : « les connaissances en jeu, l'activité et les méthodes utilisées, les motivations des actants. » (Brousseau, 2005, p. 11). Nous pensons avoir démontré que notre ingénierie didactique satisfait aux deux premiers points ; quant au troisième, l'investissement entier des élèves dans le jeu proposé tout le long de l'expérimentation l'atteste également sans doute possible.

Ainsi, nous avons l'ambition de construire une situation *fondamentale* visant à mettre en œuvre l'énumération comme moyen de réussite. Nous appuyant sur la citation déjà donnée de Perrin-Glorian & Bellemain (2019) définissant la situation fondamentale comme un « moyen de représenter les usages d'un savoir » (p. 12), nous considérons donc que la situation de distribution que nous avons conçue est la situation fondamentale des nombres et de leur usage (en termes de calcul), mais c'est aussi un moyen de comprendre l'intérêt et le sens du savoir d'énumération.

BIBLIOGRAPHIE

- Bessot, A. (2011). L'ingénierie didactique au cœur de la théorie des situations didactique. Dans C. Margolinas, M. Abboud-Blanchard, L. Bueno-Ravel, N. Douek, A. Flückiger, P. Gibel, F. Vandebrouck, & F. Wozniak, (dir.) *En amont et en aval des ingénieries didactiques* (p. 29-58). La pensée sauvage. <https://hal.science/hal-05070901/>
- Bloch, I., & Gibel, P. (2011). Un modèle d'analyse des raisonnements dans les situations didactiques. Étude des niveaux de preuves dans une situation d'enseignement de la notion de limite. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 31(2), 191-228. <https://hal.science/hal-02525901/>
- Briand, J. (1999). Contribution à la réorganisation des savoirs pré-numériques et numériques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(1), 41. <https://shs.hal.science/halshs-00494924/>
- Briand, J. (2017). Outillage pour organiser la construction des premiers nombres à l'école maternelle. Document non publié. <http://ddm.joel.briand.free.fr/publi2/albi2.pdf>
- Briand, J., Lacave Luciani, M. J., Harvouët, M., Bedere, D., & Goua De Baix, V. (2000). Enseigner l'énumération en moyenne section. *Grand N*, 66, 7-22. <https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/revues/grand-n/consultation/numero-66-grand-n/1-enseigner-l-enumeration-en-moyenne-section--488278.kjsp?RH=1550476512936>
- Brousseau, G. (1998). Théorie des situations didactiques : Didactiques des mathématiques 1970-1990. La pensée sauvage.
- Brousseau, G. (2005). Situations fondamentales et processus génétiques de la statistique. Dans *Balises pour la didactique des mathématiques* (p. 165-194). La pensée sauvage.
- Brousseau, G., & Foucaud, R. (1992). *Situations didactiques pour l'apprentissage des nombres naturels*. IREM de Bordeaux. <https://hal.science/hal-00515111/>
- Chenet, A. (2024). Etude en théorie des situations didactiques du rôle et des fonctions de l'énumération en situations de distribution à l'école maternelle. [Mémoire, Université de Bordeaux]. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-05070652v1>
- Dorier, J.-L. (2010). L'analyse a priori : Un outil pour la formation d'enseignants—exemple d'un jeu issu des manuels suisses romands de première année primaire. L'enseignement des mathématiques à l'école : Où est le problème — Dans XXXVI^e COLLOQUE COPIRELEM, Auch. <https://bibnum.publimath.fr/IWO/IWO10014.pdf>
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 5, (37-65). https://mathinfo.unistra.fr/websites/math-info/irem/Publications/Annales_didactique/vol_05/adsc5_1993-003.pdf
- Duval, R. (1995). Sémosis et pensée humaine : registres sémiotiques et apprentissages intellectuels. Peter Lang.
- Gibel, P. (2018). *Élaboration et usages d'un modèle multidimensionnel d'analyse des raisonnements en classe de mathématiques* (Habilitation à diriger les recherches, Université de Pau et des Pays de l'Adour). <https://hal.science/tel-01919188/document>

Perrin-Glorian, M.-J., & Bellemain, P. M. B. (2019). L'ingénierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maîtres. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 9(1), 45-82. <https://hal.science/hal-03523253/>

ANNEXE : LE MODÈLE D'ANALYSE DES FONCTIONS DU RAISONNEMENT

	Fonctions du raisonnement		Niveau d'utilisation du répertoire	Registres convoqués	Niveau d'actualisation du répertoire
Préparation	Prise d'information (actions) (F1)	Déterminer le nombre d'éléments à collecter (F1.1)	- Subitizing - Énumération pour compter ou dénombrer - Utilisation de la suite numérique - Synchronisation de la suite orale numérique avec pointage - Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Réaliser des collections équipotentes	Registre analogique/iconique : dessin, collection-témoin de doigts	- Énumération pour compter ou dénombrer - Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Réaliser des collections équipotentes - Énumération pour réaliser un lot d'éléments identiques
		Déterminer le nombre de destinataires (F1.2)	- Énumération des prénoms (liste ordonnée) - Énumération pour compter ou dénombrer - Utilisation de la suite numérique - Synchronisation de la suite orale numérique avec pointage - Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Surcomptage	Registre analogique/iconique : photographies/étiquettes-prénoms, collection-témoin de doigts	- Énumération pour compter ou dénombrer - Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Réaliser des collections équipotentes
	Prise d'information (organiser la suite d'actions) (F2)	Déterminer le nombre d'éléments restant à collecter (F2.1)	- Énumération pour compter ou dénombrer - Utilisation de la suite numérique - Synchronisation de la suite orale numérique avec pointage - Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement	Registre analogique/iconique : dessin, collection-témoin de doigts Registre matériel structuré : partition, lots, constellation	- Énumération pour réaliser des lots d'éléments - Première approche du calcul soustractif
		Déterminer le nombre de destinataires restant à gérer (F2.2)	- Énumération des prénoms (liste ordonnée) - Énumération pour compter ou dénombrer - Utilisation de la suite numérique - Synchronisation de la suite orale numérique avec pointage - Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Réaliser une partition	Registre analogique : Collection-témoin de doigts Registre matériel structuré : espace intermédiaire, partition, lots, constellation	- Énumération pour réaliser des lots d'éléments comme représentants les destinataires - Première approche du calcul soustractif
	Représentation et compréhension de la mission (F3)			Registre analogique/iconique : codage des éléments de la mission	- Constructions symboliques
	Reconsidération et modification des conditions de réalisation (F4)			Registre analogique/iconique : photographies/étiquettes-prénoms, collection-témoin de doigts Registre matériel structuré : partition, lots, constellation, espace intermédiaire	- Énumération pour organiser
	Contrôle (F5)		- Énumération pour compter ou dénombrer (avec ou sans pointage) - Utilisation de la suite numérique - Synchronisation de la suite orale numérique avec le geste	Registre analogique : collection-témoin de doigts, photographies/étiquettes-prénoms Registre matériel structuré : partition, lots, constellation, espace intermédiaire	- Énumération pour contrôler
	Conservation de la mémoire des destinataires restant à gérer (F6)		- Énumération des prénoms (liste ordonnée) - Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Énumération pour dénombrer	Registre analogique/iconique : collection-témoin de doigts	- Énumération pour mémoriser

Tableau 3 : Modèle d'analyse des fonctions du raisonnement – Préparation de la collecte (1)

	Fonctions du raisonnement	Niveau d'utilisation du répertoire	Registres convoqués	Niveau d'actualisation du répertoire
Préparation	Anticiper le résultat d'une action (F7)	- Réaliser des collections équipotentes	Registre analogique/iconique : collection-témoin de doigts Registre matériel structuré : partition, espace intermédiaire	- Anticipation par le calcul
	Structuration de collections (partition et groupement) (F8)	- Réaliser une partition - Réaliser des groupements - Structurer des espaces	Registre analogique : collection-témoin de doigts Registre matériel structuré : partition, lots, espace intermédiaire	- Énumération pour réaliser des lots d'éléments
	Construction de représentations mentales du calcul (composition/décomposition par addition et multiplication) (F9)	- Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Énumération pour dénombrer - Surcomptage - Structurer des espaces - Réaliser une partition	Registre analogique/iconique : collection-témoin de doigts, photographies/étiquettes-prénoms Registre matériel structuré : Partition, lots, constellation, espace intermédiaire Registre langagier	- Anticipation par le calcul - Approche du calcul par décomposition/recomposition - Première approche du calcul multiplicatif

Tableau 3 : Modèle d'analyse des fonctions du raisonnement – Préparation de la collecte (2)

	Fonctions du raisonnement	Niveau d'utilisation du répertoire	Registres convoqués	Niveau d'actualisation du répertoire
Répartition	Structuration de collections (partition et groupement) (F10)	- Réaliser une partition - Réaliser des groupements	Registre analogique : Collection-témoin de doigts Registre matériel structuré : espace intermédiaire, lots, constellation	- Énumération pour réaliser des lots d'éléments
	Réaliser la répartition / Faire la distribution (F11)	- Énumération des pré-noms (liste ordonnée) - Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Énumération pour compter ou dénombrer - Utilisation de la suite numérique - Synchronisation de la suite orale numérique avec le geste - Réaliser des collections équipotentes	Registre iconique: photographies/étiquettes-prénoms, dessin Registre matériel structuré : constellation, lots Registre langagier	- Énumération pour réaliser des lots d'éléments comme représentants les destinataires - Première approche de la soustraction et du partage
	Contrôle (F12)	- Énumération pour compter ou dénombrer (avec ou sans pointage) - Utilisation de la suite numérique - Synchronisation de la suite orale numérique avec le geste	Registre analogique/iconique : photographies/étiquettes-prénoms, collection-témoin de doigts, dessin Registre matériel structuré : Partition, lots, constellation	- Énumération pour contrôler
	Reconsidération et modification des conditions de réalisation (F13)		Registre analogique/iconique : photographies/étiquettes-prénoms, collection-témoin de doigts Registre matériel structuré : Partition, lots, constellation, modèle	- Énumération pour organiser
	Construction de représentations mentales du calcul (composition/décomposition par addition et multiplication) (F14)	- Comptage-numérotage - Comptage-dénombrement - Énumération pour compter ou dénombrer - Surcomptage	Registre analogique/iconique : photographies/étiquettes-prénoms, collection-témoin de doigts Registre matériel structuré : Lots, constellation Registre langagier	- Anticipation par le calcul - Première approche du calcul multiplicatif

Tableau 4 : Modèle d'analyse des fonctions du raisonnement – Distribution effective

	Fonctions du raisonnement	Niveau d'utilisation du répertoire	Registres convoqués	Niveau d'actualisation du répertoire
Formulation	- Revenir sur sa stratégie, ses choix	<i>Préparation</i>	Registre langagier	- Énumération pour organiser - Usage du nombre (mémoire, calcul)
	- Identification des conditions d'utilisation (valide/invalidé) (F15)	<i>Répartition</i>		
Institutionnalisation	- Explications, justifications visant à définir l'énumération comme connaissance d'organisation/structuration - Identification de l'énumération comme moyen de réussite de la distribution (F16)	<i>Ici sont mobilisables potentiellement toutes les connaissances indiquées pour les fonctions F1, F2, F5, F6, F7, F8, F9</i> <i>Ici sont mobilisables potentiellement toutes les connaissances indiquées pour les fonctions F10, F11, F12, F14</i>	Registre langagier Registre analogique/iconique : dessins, codage des éléments de la mission Registre matériel structuré : lots, constellation	- Énumération pour organiser/structurer/réussir la distribution - Construction explicite du calcul (composition/décomposition par addition et multiplication) - Sens et usage du nombre pour anticiper la distribution effective

Tableau 5 : Modèle d'analyse des fonctions du raisonnement – Formulation et Institutionnalisation

FEEDBACKS ENSEIGNANTS ET ATTITUDES SOCIO-AFFECTIVES EN MATHÉMATIQUES AU SECONDAIRE : DES EFFETS DIFFÉRENCIÉS SELON LE GENRE

Alexandre Mabilon

Université de Fribourg

Résumé : Cette recherche examine l'influence de quatre types de feedbacks enseignants sur les attitudes socio-affectives d'élèves du secondaire en mathématiques selon leur genre. Les résultats montrent une sensibilité accrue des filles, chez qui les feedbacks négatifs agissent comme un puissant facteur de fragilisation. Si les feedbacks de capacité consolident leur sentiment de compétence, les commentaires centrés sur l'effort produisent un effet paradoxal en l'altérant. Enfin, l'ensemble des feedbacks ciblés tend à activer la perception des stéréotypes de genre chez les adolescentes, tandis que seul le feedback positif global parvient à la minorer.

Mots-clés : feedback, attitudes socio-affectives, mathématiques, adolescence

Abstract: This study examines the influence of four types of teacher feedback on secondary school students' socio-affective attitudes in mathematics across genders. The findings reveal a heightened sensitivity among girls, for whom negative feedback acts as a powerful factor of vulnerability. While ability-focused feedback strengthens their sense of competence, effort-centered comments yield a paradoxical effect by undermining it. Lastly, all targeted feedback tends to activate gender stereotype perceptions among female students, whereas general positive feedback is the only mechanism that successfully reduces them.

Keywords: feedback, socioaffective attitudes, mathematics, adolescence

INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE EN CONTEXTE MATHÉMATIQUE

Au sein du système scolaire, les mathématiques occupent une place stratégique et sélective cruciale. Cette position hégémonique leur confère une lourde charge symbolique, propre à générer des affects intenses allant de la satisfaction à une anxiété paralysante. Le rapport à cette discipline dépasse ainsi la simple acquisition cognitive pour s'ancrer dans une dynamique émotionnelle complexe, où l'expérience de l'erreur et de la difficulté est vivement ressentie (Dias & Ouvrier-Buffer, 2018). À cet égard, les travaux inscrits dans le champ des *mathematics-related affect* (Schukajlow et al., 2017) rappellent que les dimensions affectives, la motivation et les croyances à l'égard des mathématiques constituent des composantes indissociables de l'apprentissage disciplinaire. La nature souvent abstraite des concepts mathématiques, la spécificité des résolutions de problèmes et le statut central accordé à l'erreur confèrent une résonance particulière aux feedbacks de l'enseignant·e tels qu'ils sont appréhendés par les élèves.

Dans ce contexte à haute tension évaluative, la réception subjective du feedback de l'enseignant·e s'affirme comme un pivot des pratiques de classe. Si son impact sur la régulation des apprentissages est établi, ses liens avec le vécu socio-affectif des élèves restent à approfondir. En effet, l'efficacité d'un feedback dépend de son traitement psychologique par l'élève (Hausman et al., 2022), un processus hautement interprétatif et dépendant des positions identitaires au sein de la classe.

Or, l'environnement des mathématiques demeure profondément marqué par des stéréotypes genrés (Eccles & Wigfield, 2002 ; Martinot et al., 2025), susceptibles d'induire chez les élèves une vulnérabilité et une vigilance informationnelle différentielles face aux jugements de l'enseignant·e (Evans, 2000 ; Pelgrims, 2013). Pour élucider cette asymétrie, cette recherche examine comment différents types de feedbacks auto-

rapportés par les élèves s'associent aux attitudes socio-affectives des élèves du secondaire, et analyse dans quelle mesure le genre influe sur ces relations.

Le feedback enseignant en mathématiques : d'un outil correctif à un processus interactionnel

Le concept de feedback est un objet polysémique dont les catégorisations varient selon sa fonction ou son contexte (Georges & Pansu, 2011). Les définitions pionnières d'ordre purement informationnel le réduisaient à l'indication d'un écart entre une performance actuelle et un niveau de référence attendu (Ramaprasad, 1983). Transposée aux pratiques actuelles, cette approche corrective stricte s'avère peu réaliste car elle néglige la complexité des interactions quotidiennes et présuppose une réception passive de l'élève (Boud & Molloy, 2013). Aujourd'hui, un changement de paradigme définit le feedback comme un processus interactionnel, dialogique et interprétatif (Nicol, 2010 ; Sadler, 2010). L'apprenant·e y joue un rôle actif d'appropriation, ce qui renvoie au concept de littératie du feedback (*student feedback literacy* ; Carless & Boud, 2018). La manière dont l'élève intègre l'information dépend de ses croyances sur l'utilité du feedback reçu, de sa responsabilité d'action et de son sentiment d'efficacité personnelle (Linderbaum & Levy, 2010). Un feedback estimé détaillé et individualisé est ainsi jugé plus constructif qu'un feedback général (Strijbos et al., 2010 ; Van der Kleij et al., 2012) pour aider l'élève à décoder les critères d'évaluation implicites (Peterson & Irving, 2008).

L'impact du feedback varie grandement selon sa nature et son niveau de focalisation ressentie (Hattie & Timperley, 2007). Les élèves déplorent souvent des commentaires jugés trop vagues ou tardifs, qui peuvent s'avérer pour elles et eux insuffisamment explicites (Jolly & Boud, 2013 ; Weaver, 2006). Du côté enseignant, formuler un feedback se limite trop souvent à des louanges ou des critiques – faiblement informatives – qui peuvent nuire à l'engagement (Hattie & Timperley, 2007), alors qu'un dialogue considéré comme davantage centré sur la tâche soutient l'internalisation des exigences scolaires (Nicol, 2010 ; O'Donovan, 2017). En outre, il convient de préciser que l'efficacité du feedback s'inscrit toujours dans la culture et le climat de la classe (Rakoczy et al., 2019). En didactique des mathématiques, Schukajlow et collaborateurs (2017) soulignent que le feedback constitue un levier majeur de la qualité de l'enseignement et de l'établissement d'un climat de soutien, guidant l'élève dans la gestion des tâches complexes et le traitement constructif des erreurs. En mathématiques, alors que la charge affective liée aux erreurs peut être particulièrement vive, les feedbacks négatifs qualifiés de non constructifs risquent de provoquer de l'anxiété ou des réactions défensives (Fong et al., 2019 ; Hepper & Sedikides, 2012). En effet, l'évaluation cognitive que l'élève fait de ce feedback critique va déterminer sa réponse émotionnelle et orienter son comportement futur vers des stratégies d'ajustement ou, au contraire, vers des mécanismes de défense non adaptatifs (Hausman et al., 2022 ; Mouratidis et al., 2010).

Les attitudes socio-affectives des élèves face aux mathématiques

Dans le domaine de l'apprentissage des mathématiques, puisque les expériences mêlent les aspects cognitifs, affectifs et comportementaux, il convient de mobiliser le concept d'attitudes socio-affectives, défini comme un construit multidimensionnel combinant ces différentes composantes (Triandis, 1971). McLeod (1994) souligne à ce titre l'importance de distinguer les émotions ponctuelles des attitudes plus stables, ces dernières influençant durablement la persévérance et la compréhension conceptuelle de la discipline (Lim & Chapman, 2013). Adoptant une perspective socio-constructiviste, la recherche montre que ces attitudes se développent au carrefour des caractéristiques (et expériences) individuelles et des contextes d'apprentissage (Evans et al., 2006 ; Eynde et al., 2001). Ces dynamiques socio-affectives gagnent à être mises en perspective avec les performances scolaires des élèves car les données internationales de l'enquête PISA 2022 (OCDE, 2023a, 2023b) révèlent de manière récurrente qu'à niveau de compétences ou de réussite égal en mathématiques, les filles expriment une anxiété significativement plus élevée et une auto-évaluation de leurs capacités inférieure à celle des garçons. À l'adolescence, il peut également être remarqué que les élèves démontrent une baisse significative des attitudes positives envers les

mathématiques, qui est d'ailleurs observée tout au long du secondaire (Ryan et al., 2022 ; Wen & Dubé, 2022).

Pour structurer cette analyse, et dans le sillage du construit multidimensionnel de Triandis (1971), cette étude s'appuie sur le modèle de Genoud et Guillod (2014). Ce modèle articule cinq dimensions interdépendantes. La première est l'utilité perçue de la discipline, une représentation cognitive essentielle à l'adolescence pour donner du sens aux apprentissages (Dobie, 2019) et guider les choix d'orientation (Mackenzie et al., 2025). La deuxième dimension est le sentiment de compétence qui, à niveau scolaire égal, prédit positivement la réussite (Jansen et al., 2013). Il agit comme un puissant médiateur en incitant les élèves à mobiliser des stratégies adaptées face aux obstacles (Passiatore et al., 2024), tout en restant très sensible aux pratiques évaluatives déclarées chez l'enseignant·e (Ding et al., 2024). En troisième lieu, les affects regroupent les émotions d'accomplissement situationnelles (Drodge & Reid, 2000). Si les émotions positives soutiennent la motivation, les émotions négatives comme l'anxiété face aux mathématiques engendrent un désengagement (Hunt et al., 2011 ; Lichtenfeld et al., 2012). La quatrième dimension, l'investissement, incarne la composante comportementale de l'attitude à travers l'effort et la participation (Jansen et al., 2023), s'affirmant comme un prédicteur robuste des performances (Papageorgiou et al., 2025 ; Plateros et al., 2025). Dans le contexte éducatif suisse, Genoud et collaborateurs (2015) ont d'ailleurs mis en évidence la sensibilité particulière de ces composantes attitude-climat chez les élèves du secondaire, confirmant le rôle de l'environnement relationnel éprouvé sur la motivation scolaire. Enfin, la cinquième dimension intègre les stéréotypes de genre. Historiquement codées comme un domaine masculin associé à la rationalité pure, les mathématiques colportent des représentations culturelles normatives fortes (Martinot et al., 2025 ; Nurlu, 2025).

Ancrage empirique, limites et rôle du genre en mathématiques

L'examen de la littérature scientifique révèle des patterns d'associations spécifiques entre les types de feedbacks rapportés et le vécu affectif des élèves. Les feedbacks interprétés comme centrés sur l'effort favorisent des buts de maîtrise et soutiennent l'investissement comportemental (Dweck, 2006 ; Hattie & Timperley, 2007). En revanche, les feedbacks centrés sur les capacités (ou l'intelligence) s'avèrent ambivalents car s'ils valorisent lors d'un succès immédiat, ils peuvent cependant fragiliser le sentiment de compétence à long terme en cas d'échec ultérieur (Mueller & Dweck, 1998). De leur côté, les feedbacks négatifs décrits comme critiques ou non constructifs sont clairement corrélés à des baisses de l'estime de soi et à l'émergence d'affects négatifs (Fong et al., 2019 ; Hepper & Sedikides, 2012).

Les recherches antérieures souffrent toutefois de deux limites majeures. Au-delà des contraintes de courte durée souvent inhérentes aux coûts de ces protocoles, les recherches antérieures peinent surtout à capturer l'effet écologique des feedbacks tels qu'ils sont vécus au quotidien par l'élève dans l'environnement habituel de la classe. Par ailleurs, elles réduisent souvent le feedback à une simple dichotomie positif/négatif, sans analyser simultanément une typologie diversifiée de feedbacks déclarés en lien avec un système complet d'attitudes socio-affectives.

C'est précisément pour surmonter ce double écueil que la présente étude modélise une grande variété de feedbacks déclarés par les élèves et ancrés dans leur expérience quotidienne des cours de mathématiques. Néanmoins, l'examen d'une telle diversité de feedbacks déclarés en contexte écologique exige de dépasser une analyse globale et indifférenciée des élèves. En effet, pour appréhender la portée réelle, fine et contextualisée de ces interactions quotidiennes *in situ*, la prise en compte du genre s'avère indispensable, l'environnement de la classe de mathématiques étant d'emblée traversé par des dynamiques psychosociales asymétriques. Cette approche permet d'éclairer la manière dont les élèves reçoivent et interprètent ces signaux en s'appuyant sur deux mécanismes psychosociaux clés. Premièrement, la vigilance informationnelle liée à la menace du stéréotype et l'asymétrie des biais d'auto-évaluation. Comme l'ont illustré Huguet et Régner (2007) en contexte ordinaire de classe, les filles font preuve d'une vulnérabilité accrue liée à la saillance des stéréotypes de genre en mathématiques. En raison des stéréotypes masculins véhiculés de manière implicite par les enseignant·e·s, les manuels ou l'environnement (Dersch et al., 2022 ; Kiefer & Sekaquaptewa, 2007 ; Nandi et al., 2024), les filles et les garçons n'abordent pas l'apprentissage

des mathématiques avec les mêmes attitudes. Cette asymétrie s'inscrit plus largement dans les constats soulevés par le rapport des Académies suisses des sciences (2025), soulignant la persistance des écarts de genre dans les disciplines MINT (Mathématiques, Informatique, Sciences naturelles et Technique) et la nécessité d'intervenir dès le secondaire sur le climat d'apprentissage. En outre, lors des évaluations, les garçons bénéficient fréquemment d'un biais d'auto-évaluation positif (Eccles & Wigfield, 2002 ; Xie et al., 2022). Ce biais agit comme un bouclier psychologique leur permettant d'externaliser un feedback négatif, amortissant son impact sur leurs affects. À l'inverse, les filles subissent de manière diffuse la menace du stéréotype, ce qui les place dans un état de vulnérabilité et de vigilance informationnelle accrue (Eccles & Wigfield, 2002). La parole de l'enseignant·e de mathématiques – telle qu'elle est décodée – revêt alors un poids diagnostique démesuré pour elles. Un feedback négatif court le risque de valider le stéréotype d'incompétence liée à leur genre, dégradant immédiatement leur sentiment de compétence (Xie et al., 2022). Parallèlement, les feedbacks explicites valorisant leurs accomplissements s'avèrent cruciaux pour leur réassurance identitaire. Les filles apparaissent ainsi théoriquement plus dépendantes des signaux évaluatifs qu'elles décèlent chez l'enseignant·e pour stabiliser leur rapport socio-affectif aux mathématiques (Stoet & Geary, 2013).

Hypothèses de recherche

Sur la base de ces ancrages théoriques, la présente étude se concentre sur un ensemble restreint d'hypothèses principales, progressant logiquement des tendances prédictives générales vers les mécanismes spécifiques de modération liés au genre :

- H1 (Modèle d'explication général) : Le sentiment de compétence et les affects positifs et l'investissement sont expliqués par les feedbacks ressentis comme positifs, ceux évalués comme centrés sur les capacités et ceux évalués comme centrés sur l'effort. Les feedbacks négatifs perçus sont à l'inverse délétères pour toutes les attitudes socio-affectives.
- H2a (Sensibilité différentielle globale) : Les feedbacks des enseignant·e·s rapportés par les élèves présentent de manière générale des associations plus fortes (se traduisant par une variance expliquée plus élevée) avec les attitudes socio-affectives chez les filles que chez les garçons.
- H2b (Activation du stéréotype) : Les feedbacks rapportés par les élèves prédisent une adhésion ou une perception accrue des stéréotypes de genre en mathématiques spécifiquement chez les filles (mécanisme de confirmation identitaire).

MÉTHODOLOGIE

Approche épistémologique

Cette recherche s'inscrit dans une posture épistémologique post-positiviste, articulant un raisonnement principalement déductif et une attention rigoureuse au contexte socio-culturel de production des données (Piron, 1996), tout en s'appuyant sur des mesures auto-rapportées dont elle reconnaît la subjectivité intrinsèque et les biais potentiels liés à l'environnement de la classe (Battistella et al., 2019). Loin de se limiter à des indicateurs figés, le recueil de ces données subjectives permet ainsi d'accéder de manière fine au vécu des élèves, démarche indispensable pour comprendre la façon dont elles et ils interprètent les feedbacks enseignants et structurent leurs attitudes socio-affectives face aux mathématiques.

Contexte et participant·e·s

L'étude a été menée en Suisse romande au sein de deux établissements de l'enseignement secondaire avec des caractéristiques différentes (taille, bassin de population, etc.), ce qui permet d'assurer une certaine diversité dans les profils socio-démographiques des élèves interrogé·e·s. La collecte des données s'est déroulée en ligne via la plateforme *LimeSurvey* auprès d'élèves inscrit·e·s dans l'une des trois dernières années de la scolarité obligatoire, ce qui a assuré l'anonymat des réponses fournies. La passation s'est

effectuée sur les heures de classe permettant de maximiser la participation et de garantir des conditions de remplissage homogènes et rigoureuses, aucun refus n'ayant été enregistré au sein des classes sélectionnées. L'échantillon se compose de 176 participant·e·s, dont l'âge moyen est de 13.5 ans ($SD = 1.1$). La répartition par genre s'établit ainsi : 58 % de garçons et 42 % de filles.

Mesures

Les attitudes socio-affectives en mathématiques ont été mesurées à l'aide du questionnaire QASAM (Genoud et Guillod, 2014). L'instrument original comprend 45 items portant sur l'expérience d'apprentissage des élèves dans cette discipline. Il se structure autour de différentes dimensions (voir Figure 1) dont deux n'ont pas été retenues pour la présente recherche (Contrôlabilité et Régulation affective qui sont les deux dimensions liées aux processus). Les items sont évalués à l'aide d'une échelle de Likert à six niveaux allant de « 0 – Pas du tout d'accord » à « 5 – Tout à fait d'accord ». La Figure 1 présente également les coefficients d'homogénéité interne obtenus auprès de notre échantillon.

Dimensions	Nombre d'items	α de Cronbach	Exemples d'items
Utilité perçue	5	.78	Les maths sont incontournables dans tous les domaines professionnels.
Sentiment de compétence	6	.90	Je suis doué·e en maths.
Affects positifs	6	.92	J'ai du plaisir à résoudre des exercices durant les évaluations en maths.
Affects négatifs	6	.83	Je suis anxieux/se durant les cours de maths.
Investissement	6	.86	Je m'efforce de faire au mieux dans mes devoirs de maths.
Stérotypes de genre	5	.79	Les garçons sont à la base plus doués pour les maths que les filles.

Fig. 8 : Dimensions du QASAM et leurs coefficients d'homogénéité interne

Le second questionnaire comprend 22 items issus du *Teacher Feedback Scale* (Burnett, 2002), restreints aux mathématiques après exclusion des items liés à la lecture. Initialement en trois points, l'échelle de Likert a été étendue à cinq niveaux (de « 0 – jamais » à « 4 – Très souvent ») pour optimiser sa sensibilité et la discrimination des différences individuelles (Green et al., 1997). La fidélité conceptuelle de la version francophone a été garantie par une procédure de traduction par un comité de deux expert·e·s.

Pour valider la structure de l'instrument, une analyse en composantes principales (SPSS) avec rotation oblique (Promax, $kappa = 4$) a été menée en raison de la proximité conceptuelle des dimensions. Les indices obtenus ($KMO = .88$; test de sphéricité de Bartlett significatif), associés à l'examen du *scree plot* et au critère de Kaiser (> 1), confirment une structure en quatre composantes. Ces dernières expliquent 66 % de la variance totale, avec des saturations comprises entre .41 et .94. La Figure 2 présente les dimensions ainsi que leur consistance interne (α de Cronbach).

Dimensions	Nombre d'items	α de Cronbach	Exemples d'items
Feedbacks positifs	5	.94	C'est vraiment du bon travail.
Feedbacks négatifs	9	.81	C'est un travail très mal soigné.
Feedbacks centrés capacités	4	.87	Tu as de bonnes capacités en maths.
Feedbacks centrés efforts	4	.86	Tu fais beaucoup d'efforts en maths.

Fig. 2 : Dimensions du *Teacher Feedback Scale* et leurs coefficients d'homogénéités internes

En amont de la mise à l'épreuve de nos hypothèses par le biais de régressions (multiples / *stepwise*), nous avons procédé à l'examen des intercorrélations entre les quatre types de feedbacks perçus (Figure 3). Cette démarche fournit des arguments essentiels quant à la qualité psychométrique de l'outil utilisé, en confirmant sa validité discriminante car elle démontre que les élèves distinguent nettement les différentes formes de feedbacks dans le quotidien de la classe, excluant ainsi tout chevauchement conceptuel délétère. Sur le plan statistique, cette démarche concernant nos prédicteurs valide la légitimité de leur introduction simultanée dans les modèles et garantit la robustesse ainsi que la stabilité des coefficients de régression extraits.

Feedback positif				
Feedback négatif	-.08/-.13			
Feedback centré capacités	.15/.10	-.08/.01		
Feedback centré effort	.16/.12	-.04/.07	.11/.13	
	Feedback positif	Feedback négatif	Feedback centré capacités	Feedback centré effort

Fig. 3 : Corrélations (r de Pearson) entre les différents types de feedback enseignants (filles/garçons)

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Des analyses de régression linéaire multiple ont été menées afin de modéliser les relations entre les différents feedbacks enseignants et les attitudes socio-affectives des élèves en mathématiques (Figure 4). Conformément aux mécanismes psychosociaux préalablement décrits – à savoir la vigilance informationnelle des adolescent·e·s face à la menace du stéréotype et l'asymétrie des biais d'auto-évaluation – les analyses ont été menées séparément pour les filles et les garçons. Cette démarche s'avère méthodologiquement indispensable pour tester l'hypothèse d'une sensibilité globale différentielle (H2a).

Types de feedbacks		Utilité perçue	Sentiment de compétence	Affects positifs	Affects négatifs	Investissement	Séréotypes de genre
Feedback positif	Filles	.43**		.29**	-.29**	.19*	-.30**
	Garçons			.47**	-.32**		
Feedback négatif	Filles		-.35**	-.34**	.32**	-.33**	.19*
	Garçons	-.15*	-.33**	-.24**	.29**	-.24**	
Feedback centré capacités	Filles		.57**	.25*			.22*
	Garçons	.26*	.49**		-.24*		
Feedback centré efforts	Filles		-.19*			.28**	.23*
	Garçons					.41**	
R^2 ajusté	Filles	.19	.53	.45	.23	.30	.28
	Garçons	.06	.34	.31	.21	.19	
	Filles	$F_{(1,73)} = 16.15^{**}$	$F_{(3,71)} = 42.89^{**}$	$F_{(3,71)} = 21.03^{**}$	$F_{(2,72)} = 11.78^{**}$	$F_{(3,71)} = 11.53^{**}$	$F_{(4,70)} = 17.38^{**}$
	Garçons	$F_{(2,100)} = 7.37^{**}$	$F_{(2,100)} = 26.65^{**}$	$F_{(2,100)} = 23.56^{**}$	$F_{(3,99)} = 14.42^{**}$	$F_{(2,100)} = 13.22^{**}$	<i>n.s.</i>

Fig. 4 : Pondérations standardisées (coefficient β) des types de feedback enseignants pour chaque attitude socio-affective en mathématiques selon le genre des élèves

Les analyses de régression multiple mettent en lumière des profils d'influence asymétriques selon le genre, confirmant pleinement l'hypothèse d'une sensibilité différentielle globale (H2a). La part de variance expliquée par les modèles est systématiquement plus importante chez les filles que chez les garçons pour l'ensemble des dimensions prises en compte dans notre recherche, mais de manière plus tangible pour le sentiment de compétence, les affects positifs et l'investissement comportemental. Ce résultat est cohérent avec l'idée que la perception de la parole de l'enseignant·e ne se limite pas à une transmission d'informations techniques, mais mobilise des processus d'interprétation active et d'évaluation cognitive différenciés selon le genre de l'élève (Hausman et al., 2022 ; Nicol, 2010). Dans une discipline caractérisée par une forte normativité, des exigences sélectives élevées et par le mythe culturellement ancré du « don naturel », les adolescentes n'abordent pas la relation avec les mathématiques avec la même sécurité identitaire que leurs pairs masculins. Ce constat fait directement écho aux données de l'enquête PISA (OCDE, 2023a, 2023b), qui mettent en évidence qu'à niveau de compétences égal, les filles expriment une anxiété mathématique significativement plus forte et une auto-évaluation de leurs capacités inférieure à celle des garçons. Elles développent une vigilance informationnelle accrue face à l'enseignant·e (Eccles & Wigfield, 2002), rendant leur système d'attitudes socio-affectives beaucoup plus tributaire et dépendant des signaux extérieurs – notamment ceux qu'elles perçoivent de la part de leurs enseignant·e·s – pour structurer leur rapport à la discipline (Evans, 2000 ; Lim & Chapman, 2013).

Le pattern des pondérations souligne clairement l'impact délétère des feedbacks négatifs perçus (H1). Pour tous les élèves, les feedbacks critiques et jugés comme non constructifs ou focalisés exclusivement sur l'erreur s'affirment comme le prédicteur le plus systématiquement associé à un ressenti défavorable durant les apprentissages. Ils prédisent simultanément un moindre sentiment de compétence, de faibles affects positifs (et des affects négatifs plus importants) ainsi qu'un net désengagement comportemental. Notre approche permet de démontrer que les feedbacks négatifs rapportés par les élèves n'ont pas seulement un impact sur les aspects affectifs, mais, à l'instar des résultats mis en évidence par Fong et al. (2019) et Jansen et al. (2023), altèrent également les registres cognitif et comportemental. Toutefois, il convient de nuancer la sensibilité différentielle selon le genre. Alors que le cadre théorique classique laissait présager une vulnérabilité nettement accrue des filles face aux évaluations critiques, nos résultats révèlent en réalité des divergences relativement minimales entre les élèves. Cet écart, bien moins prononcé qu'attendu, invite à faire preuve de réalisme et suggère que les dynamiques de la menace du stéréotype s'expriment aujourd'hui de manière plus subtile ou atténuée. À ce propos, il convient de préciser que le mécanisme psychosocial de la menace du stéréotype n'a pas été mesuré directement par des épreuves expérimentales en temps réel, mais demeure une interprétation inférée à partir du recueil de données déclaratives (Huguet & Régner, 2007).

Plusieurs facteurs contextuels peuvent expliquer cette convergence relative. D'une part, l'évolution contemporaine des pratiques pédagogiques a pu contribuer à assainir le climat de la classe en s'alignant sur les recommandations favorisant un climat de soutien constructif (Genoud et al., 2015 ; Schukajlow et al., 2017), limitant ainsi la portée stigmatisante des feedbacks négatifs. D'autre part, dans le contexte écologique de notre étude, les feedbacks critiques déclarés par les élèves sont vraisemblablement interprétés comme étant davantage orientés vers la régulation technique de la tâche que vers la personne de l'élève. Dès lors, même si les garçons bénéficient historiquement d'un biais de complaisance positive leur permettant d'externaliser le reproche ou de le traiter de manière purement instrumentale (Xie et al., 2022), les filles de notre échantillon semblent déployer une résilience académique similaire, n'intériorisant pas systématiquement le feedback négatif perçu comme un verdict global sur leur légitimité et leur incapacité inhérente dans la discipline.

L'examen des feedbacks jugés comme constructifs apporte des nuances conceptuelles déterminantes quant à la validation de notre première hypothèse générale (H1). Les feedbacks évalués comme étant centrés sur les capacités s'affirment comme le levier le plus puissant pour consolider le sentiment de compétence, une dynamique légèrement plus prégnante chez les filles que chez les garçons. Étant donné que les adolescentes ont tendance à sous-évaluer spontanément leurs compétences mathématiques à niveau réel équivalent

(Eccles & Wigfield, 2002 ; Xie et al., 2022), une attribution perçue de leur réussite à des aptitudes internes et stables par l'enseignant·e agit comme une réassurance nécessaire. Un tel besoin de réassurance évaluative apparaît d'autant plus crucial qu'il s'inscrit dans un contexte territorial caractérisé par une sous-représentation persistante des jeunes femmes dans les filières MINT au secondaire et au tertiaire (Académies suisses des sciences, 2025). Parallèlement, le feedback positif général perçu remplit surtout une fonction essentielle de régulation émotionnelle pour l'ensemble des élèves en limitant les affects négatifs et en stimulant les émotions positives, alors qu'il ne semble pas impacter le sentiment de compétence. Ce résultat concorde avec les conclusions de Hattie et Timperley (2007) qui mentionnent que les louanges génériques centrées sur la personne, bien que rassurantes sur le plan affectif, s'avèrent faiblement informatives sur le plan de la tâche et ne suffisent pas à restructurer les croyances cognitives d'efficacité des élèves.

Pour ce qui est du feedback perçu comme centré sur l'effort (H1), son association attendue avec l'investissement comportemental se vérifie, mais s'accompagne d'un effet différentiel selon le genre. Si discerner la valorisation du processus dans le discours de l'enseignant·e engendre un surcroît d'effort indiscutable chez les garçons, constituant leur principal levier d'engagement, son influence est plus modeste chez les filles, sans doute parce qu'elles démontrent généralement un niveau de motivation plus élevée que leurs pairs masculins (Chouinard, 2001). Un résultat qui attire l'attention est que le feedback ressenti comme centré sur l'effort est associé négativement au sentiment de compétence des filles, alors qu'il n'exerce aucune influence significative sur celui des garçons. Ce constat, hautement spécifique au contexte des mathématiques, apporte un éclairage nouveau aux travaux sur les théories implicites de l'intelligence (Dweck, 2006) et s'inscrit au cœur des travaux en didactique des mathématiques portant sur les *mathematics-related affect* (Schukajlow et al., 2017). Dans une culture scolaire qui associe de manière stéréotypée la compétence mathématique à une intuition innée et majoritairement masculine, le fait de capter un message indiquant à une fille qu'elle réussit grâce à ses efforts comporte le risque d'une interprétation délétère du message transmis. En effet, cela peut involontairement lui suggérer qu'elle ne dispose pas du talent naturel nécessaire et qu'elle doit compenser laborieusement par un investissement plus conséquent (Jansen et al., 2013). Ressentir l'exhortation à l'effort à travers les feedbacks, démarche bienveillante en apparence, peut ainsi fragiliser la perception cognitive que les adolescentes développent de leurs propres capacités.

Enfin, l'exploration de la composante normative (stéréotypes de genre) valide notre hypothèse d'activation interactionnelle (H2b), puisque ces dynamiques ne s'observent que chez les filles. Les feedbacks négatifs perçus prédisent une adhésion ou une perception accrue des stéréotypes de masculinité spécifiquement chez elles, agissant comme un mécanisme de confirmation directe de la menace identitaire (Huguet & Régner, 2007 ; Kiefer & Sekaquaptewa, 2007). Toutefois, la complexité de nos résultats réside dans le fait que les stéréotypes des filles sont également exacerbés par l'appréhension des feedbacks de capacité et d'effort. Cette ambivalence met en lumière une tension interprétative profonde (Evans, 2000 ; Nurlu, 2025) car recevoir un feedback félicitant une fille pour ses compétences ou son travail en mathématiques, c'est paradoxalement lui rappeler que sa performance s'inscrit dans un domaine où elle est censée être en difficulté, ce qui renforce alors le stéréotype de genre. À l'inverse, seul le feedback positif général perçu parvient à minorer la saillance de ces représentations traditionnelles. Ce constat suggère qu'un climat de classe globalement évalué comme valorisant, sécurisant et bienveillant (Genoud et al., 2015 ; Schukajlow et al., 2017 ; Tulis, 2013), plutôt que des commentaires semblant être focalisés de manière répétée, voire individualisée, sur la nature de la réussite (talent *vs* travail), s'avère plus efficace pour neutraliser l'internalisation des normes socioculturelles. En mettant au jour ces articulations précises, notre recherche apporte une contribution inédite qui prolonge et enrichit les travaux de Pelgrims (2013). Alors que cette dernière a mis en évidence la manière dont les pratiques quotidiennes des enseignant·e·s véhiculent des attentes et des messages implicites, nos résultats vont plus loin en décortiquant la nature profondément paradoxale de ces signaux. Ils démontrent en effet que des feedbacks rapportés par les élèves et pourtant perçus comme constructifs ou valorisants (effort, capacité) peuvent, à l'insu de l'enseignant·e, agir comme des vecteurs d'activation des stéréotypes de genre.

CONCLUSIONS

Cette recherche met en lumière la manière dont le vécu socio-affectif des élèves du secondaire en mathématiques peut être expliqué par les feedbacks perçus de leurs enseignant·e·s. Les résultats valident l'hypothèse d'une sensibilité différentielle selon le genre, révélant que, comparativement à leurs pairs masculins, le système d'attitudes des adolescentes est nettement plus tributaire de la parole évaluative telle qu'elles la décodent chez l'enseignant·e. Si les feedbacks négatifs rapportés agissent comme un facteur de fragilisation systémique – affectant chez tous les élèves le sentiment de compétence, les émotions et l'investissement – les feedbacks estimés constructifs dévoilent des dynamiques plus subtiles. En effet, les feedbacks perçus comme centrés sur les capacités s'affirment comme un levier pour renforcer le sentiment de compétence (en particulier chez les filles), alors que ceux axés sur l'effort stimulent l'investissement (un peu plus fortement chez les garçons) en altérant quelque peu le sentiment de compétence chez les filles. En outre, ces deux types de feedback semblent réactiver implicitement le mythe de la capacité innée masculine, au contraire des feedbacks positifs vécus par les élèves qui tendent à l'atténuer, sans doute par l'établissement d'un climat général positif en classe.

Malgré l'apport à une meilleure compréhension du développement des attitudes face à l'apprentissage des mathématiques, l'étude comporte deux limites méthodologiques majeures. D'une part, le protocole repose exclusivement sur la perception déclarative des élèves, sans mesurer directement les pratiques évaluatives effectives en classe ni recueillir de données auprès des enseignant·e·s eux-mêmes. D'autre part, l'absence de prise en compte du rendement scolaire en mathématiques des participant·e·s – choix délibéré pour garantir une récolte de données anonyme – constitue un biais non négligeable. En effet, le niveau de réussite ou d'échec est susceptible de surdéterminer à la fois la nature des feedbacks dispensés par les enseignant·e·s et la configuration des attitudes socio-affectives des adolescent·e·s. L'absence de croisement avec la perspective du corps enseignant et de contrôle des performances académiques invite à nuancer quelque peu l'interprétation de nos résultats.

Ces constats ouvrent des perspectives de recherche stimulantes. Sur le plan méthodologique, les travaux futurs devraient articuler le point de vue des élèves avec des données collectées directement auprès des enseignant·e·s (observations *in situ*, questionnaires ou entretiens), tout en intégrant des indicateurs de performance académique afin de trianguler les sources d'information. Il s'agira également d'examiner l'attribution potentiellement différentielle des feedbacks au sein de la classe pour mieux isoler leurs effets sur les attitudes socio-affectives des élèves. De plus, le recours à des recherches longitudinales pourrait être pertinent pour appréhender la mise en place de ces dynamiques sur la durée et comprendre comment se sédimentent les trajectoires de désengagement genrées dès le secondaire. Enfin, sur le plan pragmatique, ces résultats soulignent l'importance de développer des modules de formation destinés au corps enseignant, afin de les sensibiliser à la portée psychosociale de leur parole et aux doubles fonds interprétatifs que peuvent revêtir des encouragements en apparence bienveillants dans une discipline à forts enjeux normatifs.

BIBLIOGRAPHIE

- Académies suisses des sciences. (2025). *Étude MINT 2025 : La place des femmes en mathématiques, informatique, sciences naturelles et technique*. https://s3.eu-central-2.wasabisys.com/a-plus-cms-statamic/p/assets/mint-suisse/mint-studie_2025/mintetude_202505.pdf
- Battistella, D., Cornut, J., & Baranets, É. (2019). Chapitre 8. Les approches post-positivistes. Dans D. Battistella, J. Cornut & É. Baranets (dir.), *Théories des relations internationales* (pp. 273–309). Presses de Sciences Po. <https://doi.org/10.3917/scpo.batti.2019.01.0273>
- Boud, D., & Molloy, E. (2013). Rethinking models of feedback for learning: The challenge of design. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 38(6), 698–712. <https://doi.org/10.1080/02602938.2012.691462>
- Burnett, P. C. (2002). Teacher praise and feedback and students' perceptions of the classroom environment. *Educational Psychology*, 22(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/01443410120101215>

- Carless, D., & Boud, D. (2018). The development of student feedback literacy: Enabling uptake of feedback. *Assessment et Evaluation in Higher Education*, 43(8), 1315–1325. <https://doi.org/10.1080/02602938.2018.1463354>
- Chouinard, R. (2001). Les changements annuels de la motivation envers les mathématiques au secondaire selon l'âge et le sexe des élèves. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue canadienne des sciences du comportement*, 33(1), 25–37. <https://doi.org/10.1037/h0087125>
- Dersch, A. S., Heyder, A., et Eitel, A. (2022). Exploring the nature of teachers' math-gender stereotypes: The math-gender misconception questionnaire. *Frontiers in psychology*, 13, 820254. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.820254>
- Dias, T., & Ouvrier-Bufferet, C. (2018). Perspectives de recherches sur les difficultés d'apprentissage en mathématiques. *Revue de Mathématiques pour l'école*, 229, 47–53.
- Dobie, T. E. (2019). Expanding conceptions of utility: middle school students' perspectives on the usefulness of mathematics. *Mathematical Thinking and Learning*, 21(1), 28–53. <https://doi.org/10.1080/10986065.2019.1564969>
- Dodge, E. N., & Reid, D. A. (2000). Embodied cognition and the mathematical emotional orientation. *Mathematical Thinking and Learning*, 2, 249–267.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The New Psychology of Success*. Random House Publishing Group.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 109–132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Evans, J. (2000). *Adults' Mathematical Thinking and Emotions: A Study of Numerate Practice*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203185896>
- Evans, S. M., Berry, J. G., Smith, B. J., Esterman, A., Selim, P., O'Shaughnessy, J., & DeWit, M. (2006). Attitudes and barriers to incident reporting: a collaborative hospital study. *Quality & safety in health care*, 15(1), 39–43. <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.012559>
- Eynde, P. O., De Corte, E., & Verschaffel, L. (2001). "What to learn from what we feel?": The role of students' emotions in the mathematics classroom. Dans S. Volet & S. Järvelä (dir.), *Motivation in learning contexts: Theoretical advances and methodological implications* (pp. 149–167). Pergamon Press.
- Eynde, P. O., De Corte, E., & Verschaffel, L. (2006). "Accepting emotional complexity": A socio-constructivist perspective on the role of emotions in the mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 193–207. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9034-4>
- Fong, C. J., Patall, E. A., Vasquez, A. C., & Stautberg, S. (2019). A meta-analysis of negative feedback on intrinsic motivation. *Educational Psychology Review*, 31(1), 121–162. https://doi.org/10.1007/s10648-018-9446-6?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle
- Genoud, P. A., & Guillod, M. (2014). Développement et validation d'un questionnaire évaluant les attitudes socio-affectives en maths. *Recherches en éducation*, (20). <https://doi.org/10.4000/rec.8149>
- Genoud, P. A., Kappeler, G., & Guillod, M. (2015). Attitudes face aux mathématiques : filles et garçons égaux dans la façon d'aborder leurs apprentissages ? *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 37(2), 301–319. <https://doi.org/10.24452/sjer.37.2.4955>
- Georges, F., & Pansu, P. (2011). Les feedbacks à l'école : un gage de régulation des comportements scolaires. *Revue française de pédagogie*, 176(3), 101–124. <https://doi.org/10.4000/rfp.3239>
- Green, S. B., Akey, T. M., Fleming, K. K., Hershberger, S. L., & Marquis, J. G. (1997). Effect of the number of scale points on chi-square fit indices in confirmatory factor analysis. *Structural Equation Modeling*, 4, 108–120. <https://doi.org/10.1080/10705519709540064>
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Hausman, M., Verpoorten, D., & Detroz, P. (2022). Quelle place pour les émotions des étudiants lorsqu'ils reçoivent des feedbacks à l'université ? Entame d'une recherche par théorisation ancrée. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 69(1), 37–46. <https://doi.org/10.3917/spir.069.0037>
- Hepper, E., & Sedikides, C. (2012). Self-enhancing feedback. Dans R. Sutton, M. Hornsey & K. Douglas (dir.), *Feedback: The communication of praise, criticism, and advice* (4^e éd., pp. 43–56). Peter Lang.

- Huguet, P., & Régner, I. (2007). Stereotype threat among schoolgirls in quasi-ordinary classroom circumstances. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 545-560. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.3.545>
- Hunt, T. E., Clark-Carter, D., & Sheffield, D. (2011). The development and part validation of a U.K. scale for mathematics anxiety. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 29(5), 455–466. <https://doi.org/10.1177/0734282910392892>
- Jansen, B. R., Louwerse, J., Straatemeier, M., Van der Ven, S. H., Klinkenberg, S., & Van der Maas, H. L. (2013). The influence of experiencing success in math on math anxiety, perceived math competence, and math performance. *Learning and individual differences*, 24, 190–197. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.12.014>
- Jansen, A., Curtis, K., Mohammad Mirzaei, A., Cullicott, C. E., Smith, E. P., & Middleton, J. A. (2023). Secondary mathematics teachers' descriptions of student engagement. *Educational studies in mathematics*, 113(3), 425–442. <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10228-x>
- Jolly, B., & Boud, D. (2013). Written feedback: What is good for and how can do it well ? Dans D. Boud & E. Molloy (dir.), *Feedback in higher and professional education: Understanding it and doing it well* (p. 104–124). Routledge.
- Kiefer, A. K., & Sekaquaptewa, D. (2007). Implicit stereotypes and women's math performance: How implicit gender-math stereotypes influence women's susceptibility to stereotype threat. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43(5), 825–832. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2006.08.004>
- Lichtenfeld, S., Pekrun, R., Stupnisky, R. H., Reiss, K., & Murayama, K. (2012). Measuring students' emotions in the early years: The Achievement Emotions Questionnaire–Elementary School (AEQ-ES). *Learning and Individual Differences*, 22(2), 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.04.009>
- Lim, S. Y., & Chapman, E. (2013). Development of a short form of the attitudes toward mathematics inventory. *Educational studies in mathematics*, 82(1), 145–164. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9414-x>
- Linderbaum, B. A., & Levy, P. E. (2010). The development and validation of the Feedback Orientation Scale (FOS). *Journal of Management*, 36(6), 1372–1405. <https://doi.org/10.1177/0149206310373145>
- Mackenzie, E., Holmes, K., Berger, N., & Thompson, M. (juillet 2025). *Mind the Gap: Investigating Misaligned Mathematics Study Intentions and Perceived Capabilities* [communication orale]. 47th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, Canberra. <https://researchers.westernsydney.edu.au/en/publications/mind-the-gap-investigating-misaligned-mathematics-study-intention/>
- Martinot, P., Colnet, B., Breda, T., Sultan, J., Touitou, L., Huguet, P., Spelke, E., Dehaene-Lambertz, G., Bressoux, P., & Dehaene, S. (2025). Rapid emergence of a maths gender gap in first grade. *Nature*, 643, 1020–1029. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09126-4>
- McLeod, D. B. (1994). Research on affect and mathematics learning in the JRME: 1970 to the present. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 637–647. <https://doi.org/10.2307/749576>
- Mouratidis, A., Lens, W., & Vansteenkiste, M. (2010). How you provide corrective feedback makes a difference: the motivating role of communicating in an autonomy-supporting way. *Journal of sport & exercise psychology*, 32(5), 619–637. <https://doi.org/10.1123/jsep.32.5.619>
- Mueller, C. M., & Dweck, C. S. (1998). Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(1), 33–52. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.75.1.33>
- Nandi, A., Tarini Hader, & Tapash Das. (2024). Meta-Analysis Study: Gender Stereotypes and Bias in School Education Textbooks. *Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 1(2), 144–152. <https://doi.org/10.56916/jmr.d.v1i2.910>
- Nicol, D. (2010). From monologue to dialogue: Improving written feedback processes in mass higher education. *Assessment et Evaluation in Higher Education*, 35(5), 501–517. <https://doi.org/10.1080/02602931003786559>
- Nurlu, Ö. (2025). Unpacking mathematical gender stereotypes: trends and directions from 25 years of research. *Frontiers in Psychology*, 16, 1660583. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1660583>

- O'Donovan, B. (2017). How student beliefs about knowledge and knowing influence their satisfaction with assessment and feedback. *Higher Education*, 74(4), 617–633. <https://doi.org/10.1007/s10734-016-0068-y>
- OCDE. (2023a). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- OCDE. (2023b). *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and Thinking About – Disruption*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
- Papageorgiou, E., Wong, J., Liu, Q., Khalil, M., & Cabo, A. J. (2025). A systematic review on student engagement in undergraduate mathematics: Conceptualization, measurement, and learning outcomes. *Educational Psychology Review*, 37(3), Article 66. <https://doi.org/10.1007/s10648-025-10046-y>
- Passiatore, Y., Costa, S., Grossi, G., Carrus, G., & Pirchio, S. (2024). Mathematics self-concept moderates the relation between cognitive functions and mathematical skills in primary school children. *Social Psychology of Education*, 27(3), 1143–1159. <https://doi.org/10.1007/s11218-023-09854-3>
- Pelgrims, G. (2013). L'autorégulation émotionnelle et motivationnelle face aux difficultés en classes spécialisées : des processus nécessaires parfois empêchés. Dans J.-L. Berger & F. P. Büchel (dir.), *L'apprentissage autorégulé : perspectives théoriques et applications*. Ovidia, (pp. 257–291).
- Peterson, E. R., & Irving, S. E. (2008). Secondary school students' conceptions of assessment and feedback. *Learning and Instruction*, 18(3), 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.05.001>
- Piron, F. (1996). Écriture et responsabilité: trois figures de l'anthropologue. *Anthropologie et Sociétés*, 20(1), 126–148. <https://doi.org/10.7202/015398ar>
- Plateros, M., Sarail, L.J., Enero, R.G., Mancera, K.J., Gonzales, V.A., Cala, J., Sulatan, A., Bais, R., & Esperat, H. (2025). Exploring the Relationship Between Mathematics Engagement and Students' Academic Performance. *Psychology and Education: A Multidisciplinary Journal*, 31(5), 561-565. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14791895>
- Rakoczy, K., Pinger, P., Hochweber, J., Klieme, E., Schütze, B., et Besser, M. (2019). Formative assessment in mathematics: Mediated by feedback's perceived usefulness and students' self-efficacy. *Learning and instruction*, 60, 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.004>
- Ramaprasad, A. (1983). On Definition of Feedback. *Behavioral Sciences*, 28, 4–13. <https://doi.org/10.1002/bs.3830280103>
- Ryan, V., Fitzmaurice, O., & O'donoghue, J. (2022). Student Interest and Engagement in Mathematics After the First Year of Secondary Education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 10(4), 436–454. <https://doi.org/10.30935/SCIMATH/12180>
- Sadler, D. R. (2010). Beyond feedback: developing student capability in complex appraisal. *Assessment et Evaluation in Higher Education*, 35(5), 535–550. <https://doi.org/10.1080/02602930903541015>
- Schukajlow, S., Rakoczy, K., & Pekrun, R. (2017). Emotions and motivation in mathematics education: theoretical considerations and empirical contributions. *ZDM Mathematics Education*, 49, 307–322. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0864-6>
- Stoet, G., & Geary, D. C. (2013). Sex differences in mathematics and reading achievement are inversely related: within- and across-nation assessment of 10 years of PISA data. *PLoS one*, 8(3), e57988. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057988>
- Strijbos, J.-W., Narciss, S., & Dünnebier, K. (2010). Peer feedback content and sender's competence level in academic writing revision tasks: Are they critical for feedback perceptions and efficiency? *Learning and Instruction*, 20(4), 291–303. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.08.008>
- Triandis, H. C. (1971). *Attitude and Attitude Change* (Foundations of Social Psychology). John Wiley & Sons Inc.
- Van der Kleij, F. M., Eggen, T. J.H.M., Timmers, C. F., & Veldkamp, B. P. (2012). Effects of feedback in a computer-based assessment for learning. *Computers & Education*, 58(1), 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.020>
- Weaver, M. R. (2006). Do students value feedback? Student perceptions of tutors' written responses. *Assessment etamp; Evaluation in Higher Education*, 31(3), 379–394. <https://doi.org/10.1080/02602930500353061>

- Wen, R., & Dubé, A. K. (2022). A Systematic Review of Secondary Students' Attitudes Towards Mathematics and its Relations With Mathematics Achievement. *Journal of Numerical Cognition*, 8(2), Article e7937. <https://doi.org/10.5964/jnc.7937>
- Xie, F., Yang, Y., & Xiao, C. (2022). Gender-math stereotypes and mathematical performance: the role of attitude toward mathematics and math self-concept. *European Journal of Psychology of Education*, 38(2), 695–708. <https://doi.org/10.1007/s10212-022-00631-y>

RMÉ
POUR CELLES EST CEUX
QUI S'INTÉRESSENT À L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES !

Vous êtes invité à proposer des contributions en rapport avec l'enseignement des mathématiques ou des sciences (articles, narrations, expériences, comptes rendus, réflexions).

Les articles doivent parvenir en version électronique à la rédaction (voir www.rme.swiss, consignes aux auteurs). Chaque article est examiné par le rédacteur responsable et envoyé anonymisé à deux relecteurs pour avis.

Les auteurs sont informés des décisions de la rédaction à propos de leurs contributions, qui peut les accepter avec ou sans demande(s) de modifications ou les refuser.

Contact : contact@rme.swiss

Site internet : www.rme.swiss