

TRAVAIL DOCUMENTAIRE COLLECTIF EN FORMATION INITIALE : USAGE DU NUMERIQUE ET AUTONOMIE DES ELEVES

Ghislaine Gueudet*, Sophie Joffredo-Le Brun**, Marie-Pierre Lebaud***

RÉSUMÉ

Articuler développement de l'autonomie des élèves et usage du numérique est un enjeu complexe pour les enseignants de mathématiques. Nous avons considéré cet enjeu dans nos travaux associant analyses théoriques, recherches empiriques et conception de ressources pour l'enseignement et la formation initiale et continue. Dans ce séminaire nous considérons plus particulièrement la formation initiale de futurs professeurs de mathématiques. Nous avons conçu et testé une formation au cours de laquelle les stagiaires travaillaient en premier lieu à analyser des scénarios de classe existants à l'aide d'une grille d'analyse issue d'une première phase de la recherche. Ensuite les équipes de stagiaires concevaient et testaient en classe leur propre séance. L'analyse des réponses à un questionnaire, et d'une séance conçue, montre qu'à l'issue de cette formation les stagiaires ont développé une réflexion sur les différentes formes de l'autonomie des élèves ; cependant l'emploi du numérique qu'ils proposent ne contribue pas nécessairement au développement de cette autonomie.

Mots-clefs : Autonomie, Formation Initiale, Numérique, Ressources, Travail documentaire

ABSTRACT

Combining the development of students' autonomy and the use of digital technology is a complex issue for mathematics teachers. We have considered this issue in our work associating theoretical analysis, empirical research and the design of resources for teaching and initial and in-service training. In this seminar we considered more specifically the initial training of future mathematics teachers. We designed and tested a training program in which trainees first worked on analyzing existing classroom scenarios using an analysis grid derived from a first phase of the research. Then the trainee teams designed and tested their own classroom sessions. The analysis of the answers to a questionnaire, and of a training session, showed that at the end of this training, the trainees have developed a reflection on the different forms of student autonomy; however, the use of digital technology that they propose does not necessarily contribute to the development of this autonomy.

Keywords: Autonomy, Initial teacher education, Technology, Resources, Documentation work

CONTEXTE DE LA RECHERCHE : LE PROJET EFRAN IDÉE

Le travail présenté ici s'insère dans le cadre du projet « Interactions Digitales pour l'Éducation et l'Enseignement » (IDÉE, projet retenu en réponse à l'appel eFRAN). Ce projet est porté par une large équipe pluridisciplinaire, associant chercheurs en sciences de l'éducation, en sociologie, en économie et en didactique (mathématiques, anglais, physique). Il porte sur les usages du numérique et le développement de l'autonomie des élèves, dans une perspective de réduction des inégalités socio-éducatives. Le terme « numérique » est pris ici dans une acception très large, englobant des logiciels disciplinaires ou non, des vidéos, des outils de travail collaboratif etc. Nous avons au sein de ce projet conçu successivement un outil d'analyse de scénarios de classe existants ; des scénarios de classe originaux ; un module de formation initiale et un parcours M@gistère pour la formation continue.

Dans ce séminaire, nous considérons la partie « formation initiale » du projet. La question de recherche que nous étudions est la suivante :

À quelles conditions une formation initiale (d'enseignants de mathématiques au second degré) peut-elle soutenir le développement de pratiques de classe articulant autonomie des élèves et usage du numérique ?

* Université Paris-Saclay, Etudes sur les sciences et les techniques, 91400, Orsay, France

** Université Catholique de l'Ouest, 44400 Rezé, France

*** Université Rennes 1, UFR mathématiques, 35000, Rennes, France

ÉLÉMENTS THÉORIQUES ET TRAVAUX CONNEXES

1. Développement de l'autonomie des élèves

Le terme autonomie est le plus souvent utilisé sans être associé à une définition claire, ainsi un premier apport de la recherche consiste à clarifier le sens même de ce concept.

En didactique des mathématiques, Yackel et Cobb (1996) distinguent un élève autonome qui fait appel à ses propres ressources pour résoudre des problèmes de mathématiques, contrôler la validité de son raisonnement ; et un élève hétéronome qui fait appel à une autre personne. Cependant Wood (2016) souligne que l'autonomie peut également être la capacité à faire collectivement des choix pour élaborer une solution. Selon Ben-Zvi et Sfard (2007), si l'élève autonome peut effectuer seul des tâches mathématiques mettant en jeu des savoirs déjà acquis, la confrontation avec un savoir nouveau nécessite une autre forme d'autonomie dans laquelle le collectif joue un rôle important. Dans la didactique des mathématiques de tradition française, le terme d'autonomie est rarement utilisé ; cependant on peut considérer que de nombreux travaux s'intéressent à l'autonomie de manière implicite. En particulier, une situation a-didactique (Brousseau 1998) est une situation dans laquelle l'élève exerce une responsabilité importante vis-à-vis du savoir en jeu : c'est donc une situation qui nécessite une forme d'autonomie, mais aussi qui est propice au développement de celle-ci.

Nous avons dans nos travaux introduit des distinctions visant à mieux comprendre ce que peut désigner l'autonomie des élèves, et les leviers permettant de la développer. Nous nommons « autonomie transversale » les aspects qui ne sont pas liés aux contenus mathématiques (la gestion du temps en classe et hors classe par exemple), en opposition à l'« autonomie mathématique » qui concerne ces contenus. Au sein de l'autonomie mathématique, nous distinguons l'autonomie de mobilisation (de savoirs connus) et l'autonomie d'acquisition (de nouveaux savoirs ou savoir-faire).

Nous avons de plus utilisé des distinctions issues de la recherche en sciences de l'éducation. Dans ses travaux concernant les dispositifs de formation à distance, Albero (2004) propose de distinguer sept domaines de l'instrumentation à visée d'autonomisation : technique, informationnel, méthodologique, social, cognitif, métacognitif et psycho-affectif. Ces différentes catégorisations permettent une approche plus fine des questions d'autonomie, notamment lorsqu'il s'agit de concevoir un enseignement visant à développer celle-ci : il ne s'agit pas de vouloir tout développer à la fois, mais de se centrer sur certains aspects.

2. Autonomie et numérique

Certaines recherches ont déjà mis en évidence les possibilités d'usage du numérique pour le développement de l'autonomie des élèves.

En ce qui concerne l'autonomie transversale, les travaux relevant du courant « Technology Enhanced Learning Environments » (e.g. Bartolomé *et al.*, 2011) ont montré que des environnements numériques proposant des outils pour structurer la démarche de résolution de problèmes (expliciter un but, une stratégie, des éléments pour l'auto-évaluation) contribuaient à développer l'auto-régulation des apprentissages (Zimmerman, 1989). Les recherches appartenant au champ du « Computer Supported Collaborative Learning » (e.g. Faggiano, 2005) ont souligné en particulier l'apport des outils numériques pour le travail collectif des élèves.

D'autres travaux se sont penchés sur les apports du numérique pour l'autonomie mathématique des élèves. Certains logiciels spécifiques : logiciels de géométrie dynamique, langages de programmation, tableurs, peuvent instrumenter la démarche de résolution de problèmes des élèves (e.g. Gueudet & Lebaud, 2015), et donc contribuer au développement

Vandebrouck F. & Gardes, M.-L. (dir.) (2023). Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques - Preuve, Modélisation et Technologies Numériques. Volume des séminaires et posters des actes de EE21.

de l'autonomie d'acquisition. Cependant il s'agit auparavant qu'ils soient suffisamment maîtrisés par les élèves, ce qui relève d'une forme particulière d'autonomie (dans le domaine technique, selon les catégories de Albero (2004)). En ce qui concerne l'autonomie de mobilisation et l'entraînement à des techniques, des exercices interactifs sont désormais offerts sur de nombreux sites web, par exemple dans le cadre de manuels numériques. Rezat (2021) a montré l'intérêt pour ce travail de techniques mathématiques des possibilités de feedback offertes par ces environnements numériques.

3. Approche documentaire

La perspective théorique qui fonde nos travaux est l'approche documentaire du didactique (Gueudet & Trouche, 2009). Cette approche s'intéresse aux ressources des professeurs, avec un sens très large issu des travaux de Adler (2000) : tout ce qui peut ressource la pratique professionnelle des professeurs. Les professeurs (dans le cas de cette étude les professeurs stagiaires) cherchent des ressources, les modifient, les associent et produisent d'autres ressources : ceci constitue leur travail documentaire. Au cours de ce travail documentaire, pour un but professionnel particulier, le professeur développe un document, formé d'un ensemble de ressources recombinaisons et d'un schème d'utilisation de ces ressources (Vergnaud 1996). Le schème comporte en particulier des invariants opératoire : des concepts considérés comme pertinents (concepts-en-acte) et des propositions considérées comme vraies (théorèmes-en-actes).

Des travaux antérieurs (e.g. Gueudet & Trouche, 2011) ont montré que le travail documentaire collectif dans le cadre de la formation des enseignants pouvait faire évoluer les pratiques de classe. C'est donc ce principe que nous avons adopté pour la formation que nous avons conçue. De plus Prieur (2016) a montré l'intérêt de méta-ressources : des ressources qui soutiennent la conception collective d'autres ressources par les professeurs. En nous appuyant sur ses travaux, nous avons, dans cette formation, proposé une méta-ressource particulière qui permet d'attirer l'attention des stagiaires sur les caractéristiques d'une séance utilisant le numérique pour développer l'autonomie des élèves.

LA FORMATION « ADRIENE »

1. Structure de la formation

La formation ADRIENE (Autonomie, Différenciation, Réduction des Inégalités et Numérique Educatif) a été construite avec un principe de conception collaborative de séance (Gueudet & Trouche, 2011) : les stagiaires, en M2 MEEF, doivent produire par équipe de 3 ou 4 un scénario de classe qu'ils testeront ensuite dans au moins une des classes de l'équipe. Elle peut s'adresser à des étudiants et stagiaires de différents parcours de M2 MEEF, en adaptant les contenus mis à disposition.

La formation comporte a priori trois séances en présence, d'une durée de deux heures. Elle utilise une plate-forme Moodle pour la mise à disposition de contenus (textes issus de la littérature de recherche, courtes vidéos permettant de définir les concepts d'autonomie, d'inégalités éducatives, de travail collectif et de différenciation).

Lors de la première séance, les stagiaires prennent connaissance de ces contenus et les discutent. Nous leur proposons ensuite des exemples de scénarios de classe, ceux-ci ayant été conçus et testés lors du projet IDÉE et leur demandons de les analyser en utilisant une grille que nous décrivons dans le paragraphe suivant. Notons que, si la grille d'analyse permet a priori de prendre en considération n'importe quel format de scénario de classe, ceux qui sont donnés en exemple et issus du projet suivent certaines rubriques (choisies au sein du groupe

de recherche). Ainsi en plus de l'objectif, du niveau de classe et de l'organisation, on trouve une rubrique « autonomie des élèves », ainsi qu'une rubrique « ressources numériques pour les élèves ». Cette première analyse va permettre aux stagiaires de prendre en main cet outil qui devra leur servir de guide pour construire par équipe, lors de la deuxième séance, un scénario de classe mettant l'accent sur l'utilisation du numérique pour favoriser le développement de l'autonomie sans creuser les inégalités éducatives.

Lors de la troisième séance, les scénarios conçus et leurs tests en classe sont présentés et discutés.

2. La grille d'analyse de scénario

La grille d'analyse de scénario comporte cinq catégories, les deux premières concernent la présentation et la clarté de la ressource et sa facilité de prise en main (Gueudet & Lebaud, 2019b). Nous présentons ici les trois dernières catégories directement en lien avec le thème de ce séminaire. Chaque catégorie contient un certain nombre de critères. Précisons que les cellules avec un fond grisé concernent des critères spécifiques aux mathématiques, les autres étant communs aux trois disciplines du projet.

La catégorie 3 (tableau 1) concerne la richesse didactique, fortement liée à l'autonomie didactique. Tout comme pour l'autonomie, nous avons distingué les ressources concernant une situation de recherche (autonomie d'acquisition) de celles concernant une situation d'entraînement (autonomie de mobilisation).

Dans le premier cas, nous valorisons la possibilité pour l'élève de prendre des initiatives au sens où une mise en fonctionnement des connaissances de niveau au moins mobilisable (Robert, 1998) est possible. Dans le deuxième cas, c'est la possibilité de travailler les automatismes qui est retenue. Des éléments permettant l'auto-évaluation sont également valorisés, celle-ci pouvant permettre de s'affranchir de l'autorité de l'enseignant.

3. Le contenu disciplinaire est riche du point de vue didactique	
Cas 1 : résolution de problèmes (acquisition)	Cas 2 : entraînement (mobilisation)
L'activité proposée permet aux élèves une prise d'initiative	L'activité proposée permet aux élèves de travailler des automatismes
L'activité proposée permet à l'élève d'expérimenter et/ou conjecturer	
L'activité proposée permet à l'élève d'utiliser différentes stratégies, il y a plusieurs solutions possibles.	
Les contenus disciplinaires correspondent bien aux objectifs et prérequis annoncés	
L'activité proposée permet de travailler certaines des compétences : chercher / modéliser / représenter / raisonner / calculer / communiquer	
L'activité proposée utilise divers registres de représentation et des conversions de registres	
Des productions demandées aux élèves permettent au professeur d'accéder à leur cheminement	
Des éléments pour l'auto-évaluation sont proposés	

Tableau 1. – Extrait de la grille d'analyse de scénario, catégorie 3

La catégorie 4 (tableau 2) concerne l'utilisation du numérique. Nous avons également distingué deux cas, cette fois sans lien avec l'autonomie, mais pour tenir compte de la spécificité du programme de mathématiques en France où certains apprentissages (comme par exemple les langages Scratch et Python) doivent se faire aussi via le numérique. Dans le premier cas, nous prenons en compte la valeur ajoutée du numérique, aussi bien pour le Vandebrouck F. & Gardes, M.-L. (dir.) (2023). Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques - Preuve, Modélisation et Technologies Numériques. Volume des séminaires et posters des actes de EE21.

professeur que pour les élèves, pour permettre de proposer différentes représentations. Dans les deux cas, nous valorisons la possibilité d'un travail collectif, ainsi que d'un travail hors classe.

4. L'utilisation du numérique est pertinente et cohérente avec l'activité mathématique prévue	
Cas 1 : activité qui peut être faite sans le numérique	Cas 2 : activité qui ne peut pas être faite sans le numérique
Le numérique permet au professeur de proposer des représentations, des informations qui ne seraient pas disponibles sinon	
Le numérique permet aux élèves d'accéder à des représentations, des informations qui ne seraient pas disponibles sinon	
Le numérique est nécessaire pour l'atteinte de l'objectif annoncé	
Le numérique permet aux élèves d'effectuer différents essais et de tester leur validité	
Le numérique permet au professeur d'accéder au travail des élèves et /ou de le montrer à la classe	
Le numérique permet au professeur de prendre en compte la diversité des élèves : par exemple personnaliser son parcours.	
Dans le cas où un travail avec le numérique est prévu à la maison, celui-ci peut se faire sur un smartphone.	
Le numérique permet aux élèves d'échanger ou de travailler collectivement	
Le numérique permet aux élèves de travailler dans différents lieux (avec possibilité d'emploi d'un smartphone s'il y a un travail à la maison)	

Tableau 2. – Extrait de la grille d'analyse de scénario, catégorie 4

La catégorie 5 (tableau 3) est directement liée à l'autonomie transversale, tous les critères sont ici communs aux trois disciplines du projet.

Nous avons noté que pour que le numérique aide au développement de l'autonomie, en particulier lors de l'emploi de logiciels, ceux-ci devaient être suffisamment maîtrisés ; la présence d'aides à la prise en main de ces logiciels est donc un des critères retenus. La possibilité d'un travail collectif est à nouveau valorisée.

5. L'activité proposée peut favoriser l'autonomie transversale des élèves
L'activité prévoit la possibilité de rythmes différents
L'activité prévoit des aides en cas de difficultés
Les aides proposées sont variées : textes, images, vidéos etc.
L'activité laisse à l'élève la possibilité de prendre des initiatives
Les élèves peuvent savoir si leur travail est valide sans appeler le professeur
La ressource intègre un ou des supports pour l'auto-évaluation

Des aides sont fournies pour la prise en main du logiciel si besoin, et ces aides intègrent des éléments visuels
L'activité prévoit un recours à certaines formes de travail collectif
L'élève peut faire des choix pour personnaliser son parcours

Tableau 3. – Extrait de la grille d'analyse de scénario, catégorie 5

Nous avons choisi de ne pas faire apparaître explicitement dans cette grille les sept domaines de l'autonomie distingués par Albero (2004), afin d'en faire un outil plus facilement utilisable, en particulier pour des futurs enseignants en formation, et donc les critères retenus sont exprimés sans trop de vocabulaire spécialisé. Mais ceux-ci y sont bien présents. Par exemple, le travail collectif concerne le domaine social, l'auto-évaluation les domaines cognitif et métacognitif, la possibilité de conjecturer ou d'avoir des rythmes différents le domaine méthodologique, etc.

MÉTHODOLOGIE

La formation ADRIENE a été conçue en 2018 par une équipe pluridisciplinaire regroupant différents membres du projet. La première implémentation s'est déroulée en 2018-2019 sur le site de l'INSPE de Brest (stagiaires du premier degré et du second degré en anglais, sciences et espagnol) et de Rennes (stagiaires en mathématiques). Elle a permis de proposer des pistes d'amélioration et des modifications. L'année suivante, ces deux sites ont à nouveau accueilli cette formation qui a été impactée par la crise sanitaire (confinement). Sa mise en œuvre s'est donc limitée à l'emploi de la grille pour analyser les scénarios de classe. En 2020-2021, seuls les étudiants et stagiaires en master 2 MEEF mathématiques ont été concernés avec pour certains des stagiaires, des élèves à distance.

1. Implémentation de la formation à Brest en 2020-2021

Nous nous focaliserons dans cet article sur l'analyse de la formation produite en 2020-2021 sur le site de l'INSPE à Brest.

Cette formation a comporté trois séances de deux heures. Elle a regroupé 28 stagiaires et étudiants, organisés en 7 équipes. En fin de formation, cinq scénarios ont été déposés sur l'espace Moodle dédié. Cependant, entre la séance 2 et 3, un enseignement à distance a été mis en place dans les établissements du second degré du fait de la crise sanitaire. Seulement deux scénarios ont pu être testés dans les classes.

2. Recueil et analyse de données

Plusieurs types de données ont été recueillis pour répondre à notre question de recherche.

Tout d'abord, 18 questionnaires complétés par les stagiaires en fin de formation ont été collectés. Ce questionnaire comporte 5 entrées. Les 3 premières utilisent une échelle de Likert à trois niveaux et renvoient aux objectifs de la formation et à ses apports réels, à la structure de formation et aux ressources mises à disposition pour concevoir le scénario de classe. Les deux dernières sont des questions ouvertes. Une question sur les conditions de l'autonomie des élèves et du travail à distance est posée. Puis, il est demandé aux stagiaires une définition de l'autonomie des élèves. Nous analyserons ces différentes définitions en nous référant aux différents domaines de l'instrumentation à visée d'autonomisation (Albero, 2004).

Par ailleurs, nous avons téléchargé les cinq scénarios déposés sur la plate-forme MOODLE. Nous avons analysé ces scénarios en termes de potentiel pour soutenir l'autonomie des élèves et d'usage du numérique à partir de la grille. Puis la séance 3,

constituée d'échanges autour des mises en œuvre, a été filmée et transcrite. Pour rappel, seulement deux scénarios ont été implémentés : « Découvrir Scratch avec les algoblocs » et « Découvrir la formule de la distributivité simple à l'aide de l'aire du rectangle avec Geogébra ». Dans ce qui suit, nous considérerons plus en détails ce dernier scénario.

RÉSULTATS

1. Définitions de l'autonomie selon les stagiaires

Nous avons recueilli 18 questionnaires en fin de formation ; 12 comportaient des réponses à la dernière question posée « À l'issue de cette formation, quelle définition donneriez-vous de l'autonomie des élèves ? », nous analysons ici ces 12 réponses.

Nous distinguons deux niveaux de définitions.

Le premier niveau relève d'une définition du type « être autonome, c'est travailler seul », « ne pas demander de l'aide au professeur ». Il ne relève que d'une seule caractéristique de l'autonomie, « travailler seul ».

Le second niveau recouvre des définitions plus approfondies que nous pouvons relier à certains domaines d'application de l'autonomie (Albero, 2004).

Ainsi, certains stagiaires mettent en évidence que l'autonomie est « la capacité des élèves à prendre en main une ressource ». Cette définition caractérise le domaine technique qui concerne la maîtrise des technologies numériques et la capacité à s'adapter face à la diversité des outils et supports (Gueudet & Lebaud, 2019).

La définition « Aller chercher une information » relève du domaine informationnel qui regroupe la capacité à maîtriser les outils de recherche documentaire, à rechercher de l'information pertinente. Les énoncés « Prendre des initiatives, mettre en place une démarche de résolution de problèmes, chercher des solutions » renseignent, quant à eux, le domaine cognitif pour lequel l'autonomie se caractérise par la construction de stratégies par les élèves.

Le domaine métacognitif, comprendre ses erreurs pour adapter une nouvelle stratégie, se retrouve dans les extraits suivants « réussir à se rendre compte de leur difficulté et les comprendre », « situer ses problèmes ou incompréhensions et chercher des pistes de solutions ». Il croise le domaine social comme capacité à collaborer avec d'autres élèves et/ou avec le professeur et solliciter ces derniers à bon escient lorsque les définitions données sont complétées par « Comprendre que l'on a besoin d'aide et la demander au bon moment ».

Cette spécification des différentes définitions en domaines d'autonomie amène à voir que seulement deux stagiaires proposent une définition de premier niveau (réaliser la tâche seul et sans demander l'aide du professeur). Sept stagiaires donnent uniquement une définition de niveau 2. Celles-ci peuvent regrouper différents domaines comme demander de l'aide à un moment opportun, prendre des initiatives, rechercher l'information. Trois stagiaires présentent une définition comprenant les deux niveaux : Par exemple, travailler seul et réussir à prendre en compte ses difficultés (domaine métacognitif).

Il apparaît que le premier niveau de définition reste prégnant puisque plus de 40 % des définitions l'intègrent. Cependant, 83 % des définitions comprennent des éléments du second niveau. Nous pouvons faire l'hypothèse que la formation initiale ADRIENE amène les stagiaires à élargir leurs conceptions de l'autonomie.

Voyons maintenant comment l'autonomie des élèves et usage du numérique se concrétise dans l'analyse d'un scénario de classe et de sa mise en œuvre.

2. Analyse d'une séance conçue

Le groupe A, composé de 4 stagiaires, a conçu et testé en classe de 5^e un scénario intitulé « Découvrir la formule de la distributivité simple à l'aide de l'aire du rectangle ». Ce scénario (qui comporte une seule séance) propose d'utiliser GeoGebra pour amener les élèves à découvrir la formule de la distributivité simple (Figure 1).

Suivez les instructions suivantes pour obtenir la figure ci-dessous.

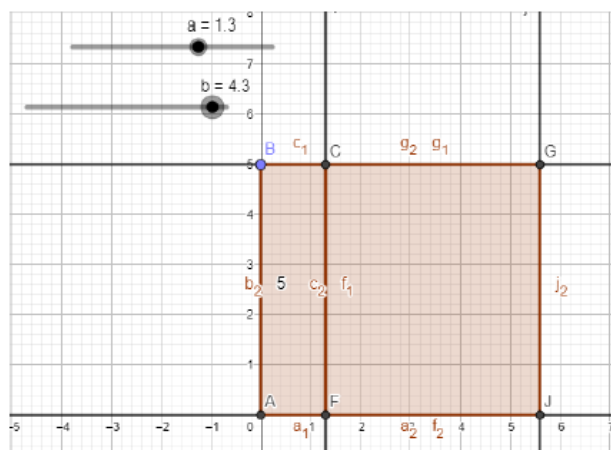


Figure 1. – Figure dynamique GeoGebra attendue des élèves, selon le scénario déposé

Les élèves travaillent en salle informatique, à un ou deux par ordinateur. Ils disposent d'une feuille détaillant pas à pas la construction de la figure sur GeoGebra. Ils doivent faire afficher les aires des 3 rectangles, les noter dans un tableau, constater que la somme des aires des deux petits rectangles est égale à l'aire du grand rectangle. Ils doivent ensuite traduire cette relation sous forme littérale, et répondre à la question : « quelle formule du cours retrouvez-vous ? ».

En ce qui concerne le potentiel de ce scénario en termes d'usage du numérique soutenant l'autonomie des élèves, nous retenons plusieurs aspects.

En termes de richesse didactique, et d'autonomie mathématique, il s'agit plutôt d'autonomie d'acquisition, les élèves doivent découvrir quelle formule du cours on retrouve par le biais de cette construction. Il y a un passage du cadre géométrique au cadre algébrique (notons que l'intérêt de ce changement de cadre pour l'enseignement de la distributivité a été montré par Coulange & Verdugo, 2016). Il y a également un changement de registres de représentation sémiotique : le passage du registre de la figure dynamique à celui de la formule algébrique. La modélisation algébrique de la situation géométrique est plutôt à la charge des élèves ; cependant elle est explicitement demandée, et soutenue par des questions intermédiaires et par la présence des deux curseurs qui introduisent déjà des lettres.

En ce qui concerne l'utilisation du numérique, elle permet aux élèves d'accéder à une forme de représentation particulière, une figure dynamique qui permet de tester de multiples valeurs.

Du point de vue de l'autonomie transversale, des aides sont fournies pour l'utilisation de GeoGebra. Cependant ces aides détaillent étape par étape la construction, ce qui ne laisse que peu d'initiative aux élèves – de multiples figures dynamiques différentes auraient pu convenir, mais en suivant les différentes étapes les élèves arrivent tous à la même figure. Des aides sont aussi prévues pour la modélisation (5 aides graduelles), qui doivent être données progressivement par le professeur en fonction des besoins des élèves.

Cependant, lors du test en classe, les stagiaires ont constaté que les élèves ne connaissaient pas GeoGebra. En conséquence une séance entière a été consacrée à la construction de la figure, l'aspect de modélisation n'étant abordé que lors de la séance suivante.

Lors de la formation les stagiaires ont effectué un travail documentaire, pour le but « concevoir une séance utilisant le numérique et soutenant l'autonomie des élèves ». Ils ont pour ce but mobilisé différentes ressources : GeoGebra, leur propre cours aux classes de 5^e, et les ressources données lors de la formation. Le scénario qu'ils ont proposé, et leurs déclarations lors de la troisième séance de la formation, nous conduisent à inférer certains invariants opératoires en cours de développement : « GeoGebra permet aux élèves de faire de multiples essais, d'observer une égalité numérique et de la relier à une formule algébrique » :

« Le but là de Geogebra c'est qu'on puisse le tester plein de fois sans être obligé à chaque fois de redessiner un rectangle. Qu'ils puissent le tester plein de fois pour voir que ben ça marche à chaque fois et après ils passaient au calcul littéral pour le prouver. » (Groupe A, séance 3)

Ils ont aussi été attentifs à proposer des aides graduelles pour accompagner la modélisation par les élèves :

« Au début je leur laisse complètement champ libre. C'est eux qui raisonnent et s'ils ne voient vraiment pas comment faire je leur propose à chaque fois une aide différente, je leur laisse quelques minutes, s'ils ne reviennent pas je propose l'aide suivante » (Groupe A, séance 3)

Ces stagiaires semblent avoir développé un invariant opératoire du type « lors d'une situation de recherche, des aides graduelles permettent de soutenir l'autonomie des élèves ». Cependant en ce qui concerne GeoGebra, l'aide prévue était en fait un protocole complet de construction. De plus, comme les élèves ne connaissaient pas le logiciel, celui-ci ne pouvait pas contribuer à soutenir leur autonomie mathématique. Les stagiaires ont retenu les deux objectifs : utiliser le numérique, et développer l'autonomie des élèves ; mais la séance conçue ne parvient pas à articuler les deux de manière satisfaisante.

CONCLUSION

Dans cette conclusion nous présentons des éléments de réponse à la question posée au départ de notre travail : « À quelles conditions une formation initiale (enseignants de mathématiques au second degré) peut-elle soutenir le développement de pratiques de classe articulant autonomie des élèves et usage du numérique ? ».

Des travaux antérieurs ont montré l'intérêt de formations continues fondées sur la conception collective de séances testées dans les classes des participants (Gueudet & Trouche, 2011). La mise en œuvre de la formation initiale ADRIENE en 2020-2021 a été fortement impactée par la crise sanitaire ; elle a conduit à la conception et surtout au test en classe d'un nombre réduit de scénarios. Cependant les éléments présentés ci-dessus, et d'autres analyses conduites avant la crise sanitaire (Gueudet & Joffredo-Le Brun, 2021) montrent que cette modalité de formation peut amener des genèses documentaires, et donc des évolutions de connaissances professionnelles, aussi pour les professeurs stagiaires.

Dans le cas d'une formation concernant l'usage du numérique pour contribuer au développement de l'autonomie des élèves, nous observons en fin de formation que les stagiaires ont développé une certaine vigilance à différents aspects de l'autonomie. Les définitions de l'autonomie, qu'ils donnent, mentionnent la recherche d'informations, la prise en main de ressources, la capacité à évaluer ses difficultés et à poser des questions à bon escient. Les scénarios conçus montrent que les stagiaires sont attentifs à concevoir des aides graduelles, qui permettent une forme de différenciation. La grille d'analyse de scénario, utilisée également comme guide de conception, a joué le rôle de méta-ressource pour le travail documentaire collectif des stagiaires. Avec les autres apports donnés en formation, elle a amené les stagiaires à être attentifs à la différenciation et aux possibilités d'aides.

Cependant l'articulation entre usage du numérique et autonomie des élèves est réduite dans les scénarios proposés par les stagiaires, en particulier dans ceux qui font appel à des logiciels spécifiques des mathématiques (GeoGebra ou tableur). En effet ces logiciels nécessitent une prise en main spécifique. D'une part, s'ils ne sont pas suffisamment maîtrisés par les élèves,

ils ne peuvent pas soutenir l'autonomie mathématique. D'autre part, pour la prise en main du logiciel, les stagiaires semblent revenir à une conception de l'autonomie du type : « l'élève travaille seul », en fournissant des fiches très détaillées à suivre pas à pas.

Ces analyses devraient nourrir des versions ultérieures de la formation, et d'éventuelles évolutions de la méta-ressource « grille ».

RÉFÉRENCES

- ADLER, J. (2000). Conceptualising resources as a theme for teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 3, 205-224.
- ALBERO, B. (2004). L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages. Saleh I., Lepage D., Bouyahi S. (Dir.) *Les TIC au cœur de l'enseignement supérieur, Actes de la journée d'étude du 12 novembre 2002*, Laboratoire Paragraphe, Université Paris VIII-Vincennes-St Denis, coll. Actes Huit, 139-159. <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/00/17/75/PDF/AlberoVincennes.pdf>
- BARTOLOMÉ, A. & STEFFENS, K. (2011). Technologies for self-regulated learning. In R. Carneiro, P. Lefrere, K. Steffens, & J. Underwood (Eds.), *Self-regulated learning in technology enhanced learning environments* (pp. 21–32). Sense Publishers.
- BEN-ZVI, D. & SFARD, A. (2007). Ariadne's thread, Daedalus' wings and the learner's autonomy. *Éducation & Didactique* 1(3), 117-134.
- BROUSSEAU, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. La Pensée Sauvage.
- COULANGE, L. & VERDUGO, P. (2016). Une étude comparative de l'enseignement du calcul algébrique en France et au Chili. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 21, 153 - 185.
- FAGGIANO, E., PERTICHINO, M. & ROSELLI, T. (2005). CSCL in mathematics education. In IEEE Education Society, IEEE Computer Society, American Society for Engineering Education, & Indiana University - Purdue University Indianapolis (Éds.). *Pedagogies and technologies for the emerging global economy: 35th annual frontiers in education; conference proceedings; The Westin Indianapolis, Indianapolis, Indiana, October 19 - 22, 2005*. Stipes Publ. LLC.
- GUEUDET, G. & JOFFREDO-LE BRUN, S. (2021). Teacher education, students' autonomy and digital technologies: A case study about programming with Scratch. *Review of science, mathematics and ICT education*, 15 (1), 5-24, <https://pasiithe.library.upatras.gr/review/article/view/3575>
- GUEUDET, G. & LEBAUD, M.-P. (2015). Usage des technologies et investigation en mathématiques : quels contrats didactiques possibles ? *Recherches en éducation* 21, 81-94. <http://www.recherches-en-education.net/spip.php?article308>
- GUEUDET, G. & LEBAUD, M.-P. (2019). Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique. 1. Différentes dimensions de l'autonomie. *Petit x* 109, 3-16
- GUEUDET, G. & LEBAUD, M.-P. (2019b). Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique. 2. Analyser le potentiel des ressources pour le professeur. *Petit x* 110-111, 85-102
- GUEUDET, G. & TROUCHE, L. (2009). Towards new documentation systems for teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199–218.
- GUEUDET, G. & TROUCHE, L. (2011). Mathematics teacher education advanced methods: an example in dynamic geometry. *ZDM Mathematics education*, 43(3), 399-411.
- PRIEUR, M. (2016). *La conception co-disciplinaire de méta-ressources comme appui à l'évolution des connaissances des professeurs de sciences*. Thèse de doctorat de l'Université Lyon 1.
- REZAT, S. (2021). How automated feedback from a digital mathematics textbook affects primary students' conceptual development: Two case studies. *ZDM Mathematics Education* 53, 1433-1455. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01263-0>
- ROBERT, A. (1998). Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en didactique des mathématiques*, 18(2), 139-189.
- VERGNAUD, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. In J-M. Barbier (Ed). *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Presses Universitaires de France.
- WOOD, M. B. (2016). Rituals and right answers: barriers and supports to autonomous activity. *Educational Studies in Mathematics*, 91(3), 327-348.
- YACKEL, E. & COBB, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), 58-477.
- ZIMMERMAN, B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 329-339.