

Cadrage théorique et questionnement didactique

Notre question de recherche nous amène à analyser le travail que les enseignants proposent à leurs élèves afin de favoriser leur conceptualisation des notions de droites et de plans dans l'espace. Pour cela, nous nous intéressons à la façon dont l'enseignant va essayer d'enclencher des apprentissages chez les élèves mais aussi aux apprentissages réels des élèves suite à l'enseignement proposé. Nous voulons donc étudier et mettre en regard le travail mathématique développé par les élèves et leurs apprentissages mais aussi les enseignants et leurs pratiques. Pour ce faire, nous choisissons d'inscrire notre questionnement dans le cadre de la Double Approche didactique et ergonomique (DA) au sein de la Théorie de l'Activité (TA). Ce cadre théorique permet d'approcher les apprentissages des élèves grâce aux activités qu'ils peuvent potentiellement développer en classe à partir des tâches mathématiques prescrites par l'enseignant. Dans ce chapitre, nous présentons les hypothèses sur lesquelles ce cadre théorique s'appuie. Celui-ci nous permet ensuite de formuler une problématique plus précise et de proposer une méthodologie générale adéquate guidant nos analyses didactiques et légitimant nos résultats (Robert & Roditi, 2019).

1 La Théorie de l'Activité

Nous cherchons à étudier les effets des pratiques enseignantes sur les apprentissages des élèves pour un contenu mathématique précis à un moment donné de l'enseignement. Le cadre de la Théorie de l'Activité (Leontiev, 1984 ; Leplat, 1997) contextualisé à l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques en situation scolaire grâce à la Double Approche (Robert & Rogalski, 2002) des pratiques enseignantes, nous permet de caractériser à la fois les apprentissages visés par le scénario élaboré par l'enseignant et les apprentissages qui peuvent être réalisés à la suite de cet enseignement. Nous présentons ici les fondements de ce cadre et les outils théoriques que nous utilisons dans notre travail.

1.1 La construction des connaissances chez Piaget et Vygotski

La TA postule qu'il est possible d'articuler les théories constructivistes proposées par Piaget et Vygotski. Nous revenons brièvement sur ces théories et montrons comment elles peuvent se compléter.

La théorie du constructivisme piagétien (Piaget, 1971, 1985) permet au sein du triangle didactique savoirs-élèves-enseignants de tenir compte des liens entre le sujet et la connaissance (Rogalski, 1983). Chez Piaget, ce sont les actions (réelles ou intérieuries) que le sujet réalise sur les objets qui permettent de construire ses connaissances sur ceux-ci. L'activité du sujet est déterminée par ses connaissances sur les objets et leurs propriétés et est régulée avant l'action. Selon Robert et al. (2012), l'activité du sujet peut être modifiée suite à une comparaison entre les effets attendus sur les objets et l'impact de l'action réalisée sur ceux-ci. Une telle modification amène une régulation de l'action par le sujet et ainsi une restructuration de ses connaissances. Piaget utilise une dialectique assimilation/accommodation au sein d'un processus de déséquilibration/rééquilibration pour décrire le mécanisme de restructuration des connaissances (Robert et al., ibid.). Le sujet assimile la situation nouvelle à laquelle il est confronté et ses connaissances permettent d'anticiper le résultat d'une action sur un objet. Si le résultat attendu est mis en défaut lorsque l'action a été réalisée, il y a une déséquilibration. Le sujet doit alors accommoder ses connaissances dans la phase de rééquilibration. Rogalski (ibid.) explique ce processus de la manière suivante :

« Dès que l'action du sujet conduit à une connaissance sur l'objet celui-ci peut se transformer : de nouvelles questions peuvent se poser à propos de cet objet et sur ces rapports avec d'autres. Des contradictions peuvent surgir aussi bien des nouvelles questions devenues possibles que de la confrontation de la nouvelle connaissance avec les anciennes » (Rogalski, ibid., p. 3).

Cette théorie permet de prendre en compte l'organisation des connaissances du sujet au sein d'un processus interne individuel. Il s'agit donc pour le sujet de construire de façon autonome ses connaissances à partir des actions qu'il peut effectuer. Toutefois, cette théorie se limite aux liens entre le savoir et les élèves et ne nous renseigne pas sur les interventions des enseignants dans la construction des connaissances (Robert et al., ibid.). La théorie de Vygotski permet, quant à elle, de tenir compte des relations entre l'enseignement et l'apprentissage et complète ainsi, selon Rogalski (Vandebrouck, 2008), la théorie de Piaget.

Une hypothèse admise par Vygotski (1997) est que les processus mentaux sont influencés par les relations socio-culturelles qui les médiatisent (Boschet, 1988). Ainsi, contrairement à Piaget, la construction des connaissances ne se fait pas par le biais de mécanismes internes au sujet mais plutôt grâce à un « processus d'assistance entre l'enfant et l'adulte, l'adulte agissant comme médiateur de la culture » (Boschet, ibid., p. 2). Chez Vygotski, les activités cognitives du sujet existent dans l'interaction sociale et il les intérieurise par la suite (Vandebrouck, Robert, Rogalski, Abboud-Blanchard, Cazes,

Chesnais, & Hache, 2013). Le sujet chez Vygotski est alors un « sujet individuel et social, qui va construire les instruments de sa pensée dans l'interaction sociale » (Vandebrouck et al., ibid., p. 9), alors que chez Piaget, il s'agit plutôt d'un sujet épistémique.

Ainsi, au sein de la TA, l'apprentissage d'un élève sur un contenu mathématique donné à un moment précis de l'enseignement peut survenir à la fois quand l'élève travaille en toute autonomie et quand l'élève prend part à un travail collectif possiblement guidé par les médiations de l'enseignant (Grenier-Boley, 2019).

Une autre hypothèse fournie par Vygotski (ibid.) est que l'apprentissage scolaire se doit d'anticiper le développement des concepts et de les faire progresser. C'est pourquoi il a introduit la notion de zone proximale de développement (ZPD). La ZPD se situe entre tout ce que le sujet est capable de faire seul et ce qu'il peut faire avec l'aide d'autrui, comme par exemple un enseignant. Selon lui, ce qui est présent dans la ZPD à un moment donné se transforme au stade suivant pour constituer le niveau de développement actuel du sujet (Boschet, ibid.). Pour ce faire, les situations proposées au sujet doivent relever de la ZPD. En effet :

« Tout se passe comme si lorsqu'on est « au-delà » de la ZPD, les aides ne produisent pas un apprentissage mais une copie ou une récitation, mécanique verbale sans suite, alors que si on est « en deçà », l'élève n'a rien à apprendre. En agissant dans cette zone, l'aide de l'enseignant, en particulier, va permettre aux concepts en développement de se transformer en concepts scientifiques. [...] Dans la ZPD, le développement permet l'apprentissage et l'apprentissage agit sur le développement » (Robert et al., 2012, p. 260).

Nous retenons de cette théorie l'importance des médiations de l'enseignant dans les apprentissages des élèves et d'un travail au sein des ZPD des élèves. Notons également que la notion de ZPD est rapportée à un sujet individuel alors que l'enseignant s'adresse à un collectif. Il ne peut donc en classe se faire qu'une représentation « moyenne » des différentes ZPD (Robert & Vandebrouck, 2014b). Par abus de langage, nous parlons souvent de la ZPD des élèves pour référer à celle-ci.

L'articulation de ces deux théories permet de prendre en compte les activités des élèves et des enseignants. En effet, la théorie piagétienne aide à étudier les acquisitions de connaissances chez les élèves. Nous avons notamment montré le processus réalisé par les élèves en autonomie pour que les connaissances nouvelles s'intègrent aux connaissances qu'ils ont déjà. La théorie vygotskienne aide à rendre compte des médiations de l'enseignant entre le savoir et l'élève. Ces interventions peuvent conduire l'élève à s'approprier de nouvelles connaissances à la condition qu'elles ne soient pas trop éloignées de ce qu'il connaît déjà. Les théories piagétienne et vygotskienne ont été spécifiées aux mathématiques dans le contexte scolaire au sein de la TA. Celle-ci vise à mettre en relation les apprentissages des élèves et les pratiques enseignantes en étudiant les activités des différents sujets. Nous verrons aux points suivants comment poursuivre cet objectif.

1.2 Les activités comme intermédiaires pour étudier les liens enseignement/apprentissage

Le cadre de la TA étudie les liens entre l'enseignement d'un contenu mathématique et les apprentissages correspondants par l'intermédiaire des activités des sujets en classe. Selon Rogalski (Vandebrouck, 2008) :

« L'objet de cette théorie est une activité finalisée et motivée : le sujet vise l'atteinte de buts d'action, et ce sont les mobiles de son activité qui sont le moteur de ses actions. La théorie vise l'analyse des processus en jeu chez le sujet agissant, et les processus par lesquels son activité évolue et par lesquels il se développe » (Vandebrouck, ibid., p. 23).

Nous nous intéressons dans ce cadre à un sujet¹ (élève ou enseignant) singulier, qui possède des compétences et qui, dans une approche vygotskienne, est inséré socialement au sein d'une classe (Robert et al., 2012). En particulier, nous voulons caractériser les apprentissages des élèves en mathématiques en relation avec les pratiques enseignantes. En effet, ce sont les choix réalisés par les enseignants, lors de l'élaboration du scénario sur une notion donnée, qui permettent de déterminer les apprentissages visés des élèves. De plus, ce sont aussi les choix effectués par l'enseignant dans la manière dont le scénario se déroule qui permettent de reconstituer *in fine* les apprentissages potentiels des élèves. C'est pourquoi les apprentissages des élèves sont décrits non seulement par le processus de conceptualisation mais aussi par le produit de cette conceptualisation², c'est-à-dire ce qui a été conceptualisé par les élèves pour une notion mathématique donnée et à un niveau précis de l'enseignement. La caractérisation de cette conceptualisation se fait en reconstruisant les activités des élèves en classe, car celles-ci sont considérées au sein de ce cadre théorique « comme pouvant engendrer des connaissances mathématiques » (Vandebrouck, ibid., p. 33). Ainsi, les liens enseignement/apprentissage sont étudiés par l'intermédiaire des activités des élèves, elles-mêmes influencées par les activités des enseignants. Nous précisons ce que nous entendons par « activité ».

La notion d'« activités » est très liée à celle de « tâches ». Ces deux notions clés en Théorie de l'Activité sont pourtant distinctes. Rogalski (Vandebrouck, ibid.) les définit de la façon suivante :

« La tâche est ce qui est à faire ; le « but qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions », selon la définition de la notion proposée par Leontiev (1984) » (Vandebrouck, ibid., p. 24).

« L'activité est ce que développe un sujet lors de la réalisation de la tâche : non seulement ses actes extériorisés, mais aussi les inférences, les hypothèses qu'il fait, les décisions qu'il prend, dans ce qu'il fait et ce qu'il se retient de faire » (Vandebrouck, ibid., p. 24).

1. Chesnais (2019) parle de « sujet-personne » car les dimensions cognitive, psychologique, sociale, voire affective sont prises en compte.

2. Nous avons présenté au chapitre II une opérationnalisation de la définition proposée par Vergnaud (1991).

Nous retrouvons ici l'apport de la théorie piagétienne dans laquelle l'activité est liée au sujet alors que la tâche est liée aux actions qui vont être mises en œuvre pour la réaliser. Par exemple, l'élaboration d'un scénario est une tâche qu'un enseignant doit réaliser et pour ce faire il développe certaines activités comme choisir une progression des contenus ou un ensemble de tâches qu'il va proposer aux élèves. Du côté des élèves, une tâche désigne l'énoncé mathématique qui leur est proposé et les activités correspondent à ce que la tâche déclenche et qui va permettre le développement de connaissances (Bridoux, 2011). Les activités des sujets comprennent aussi ce qu'ils font, ce qu'ils ne font pas, ce qu'ils disent, ce qu'ils ne disent pas, ce qu'ils pensent, ce qu'ils ne pensent pas (Vandebrouck, ibid.; Robert et al., ibid.). De ce fait, les activités des sujets sont en partie inaccessibles et nous n'avons accès qu'à des traces de celles-ci via les actions qu'ils mettent en œuvre pour réaliser les tâches. L'étude des activités des sujets passe donc en grande partie par une analyse des tâches (et donc des actions) qui leur sont proposées. C'est l'objet des points suivants.

1.3 Les pratiques enseignantes

La Double Approche didactique et ergonomique développée par Robert et Rogalski (2002) permet d'analyser les pratiques d'enseignants de mathématiques. L'objectif est de mieux comprendre les choix effectués par l'enseignant, vu comme un professionnel exerçant un métier, pour faire apprendre les élèves mais aussi de pouvoir déterminer les régularités et les variabilités dans les pratiques de plusieurs enseignants (Vandebrouck, ibid.).

Les pratiques des enseignants sont considérées comme un système complexe, cohérent et stable (Chesnais, 2009) dans lequel de nombreux déterminants du métier interviennent. Ils sont classés suivant cinq composantes (Robert, 2004; Vandebrouck, ibid.):

- la composante cognitive (choix pour les contenus, les tâches, l'organisation du contenu, itinéraire cognitif, ...);
- la composante médiative (choix des déroulements, discours, les expositions des connaissances, ...);
- la composante institutionnelle (programme, horaire, manuels, la nature des mathématiques à enseigner, ...);
- la composante personnelle (représentations, expérience, connaissances de l'enseignant, ...);
- la composante sociale (collègues, parents, élèves, exigences ou contraintes liées à l'établissement, ...).

Toutes ces composantes sont très imbriquées les unes aux autres. En effet,

« La composante personnelle, qui reflète notamment les conceptions globales de l'enseignant, ses connaissances, ses expériences, ses représentations métacognitives, oriente ses choix cognitifs et médiatifs, qui doivent aussi s'inscrire dans la manière dont l'enseignant veut tenir compte des contraintes institutionnelles et s'adapter à la réalité sociale qui lui est propre, sur un temps long » (Robert & Vandebrouck, 2014a, p. 23).

Il est toutefois possible d'inférer des éléments sur chacune des composantes. Les deux premières composantes des pratiques enseignantes sont dégagées à partir d'une ou plusieurs séances de classe. Il s'agit de reconstituer des logiques d'action guidant les décisions de l'enseignant dans l'objectif de faire apprendre les élèves (Chesnais, *ibid.*). Bien que les apprentissages mathématiques des élèves se font sur un temps long (Rogalski, 2003), il est possible de parvenir à reconstituer les logiques d'action des enseignants sans considérer un tel laps de temps. En effet, Robert (2007) a montré que les pratiques d'un même enseignant (non débutant) sont stables. De ce fait, des éléments sur ces deux premières composantes peuvent être déduits à partir d'analyses fines de quelques séances (temps court, le temps d'un chapitre). Les régularités qui en sont inférées pour un temps long permettent de lier les activités des élèves à leurs apprentissages. Elles permettent aussi de comparer les interventions de plusieurs enseignants dans le cadre d'un même chapitre et ainsi établir une palette de possibles. Les trois dernières composantes du métier peuvent être précisées à partir de l'analyse de séances de classe, de documents tels que les programmes scolaires mais aussi d'entretiens menés auprès des enseignants.

L'étude des pratiques enseignantes passe en partie par l'analyse des composantes cognitive et médiative du métier d'enseignant de mathématiques. Nous pouvons inférer des éléments sur la composante cognitive en étudiant le scénario que l'enseignant propose aux élèves, c'est-à-dire

« l'ensemble ordonné des exercices et des cours prévus pour un chapitre ou une notion, y compris les évaluations, et le travail à la maison, avec des prévisions grossières de gestion (durée, répartition du travail) » (Robert et al., *ibid.*, p. 18).

D'autres éléments peuvent être déduits pour la composante médiative par l'intermédiaire de l'analyse des déroulements en classe. En particulier, l'analyse de ces deux composantes du métier nous permet de relever ce qui dans les pratiques enseignantes peut influencer les activités des élèves comme, par exemple, les tâches choisies et les modalités du travail retenues par l'enseignant. À cette fin, nous présentons la méthodologie de recherche à suivre pour l'analyse (locale et globale) du scénario et des déroulements correspondants.

1.4 Méthodologie d'analyse des pratiques enseignantes

Notre objectif est d'étudier les effets potentiels de l'enseignement proposé par l'enseignant sur les apprentissages des élèves. La méthodologie générale issue de la TA propose dans un premier temps d'analyser le scénario élaboré en termes d'activités attendues des élèves à partir des tâches mathématiques prescrites par l'enseignant tout en prenant en compte le cours³ et le bagage mathématique des élèves. La conceptualisation visée - et donc les apprentissages visés - par l'enseignant peut être définie.

3. Selon Grenier-Boley (2019), le cours réfère à la mise en forme cohérente par l'enseignant d'un texte de savoir sur un domaine précis. Il est le plus souvent présenté oralement et par écrit et participe à mettre en relation les connaissances antérieures et nouvelles des élèves.

Les activités attendues des élèves peuvent être modifiées lors des déroulements en classe. Il est possible que l’élève ne réalise pas directement la tâche prescrite par l’enseignant ; il peut la redéfinir, s’en faire une représentation, s’autoriser ou s’interdire de faire certaines actions, enlever ou poser certaines contraintes. L’élève réalise alors la tâche effective. Il se peut donc que cette tâche effective n’enclenche pas les mêmes activités chez les élèves que celle prescrite. De plus, les conditions de travail des élèves en classe influent aussi sur la qualité de leurs activités (Vandebrouck, ibid.). Des facteurs tels que la nature du travail organisé en classe (individuel, collectif, chercher, recopier, corriger, …), la durée du travail des élèves, l’ordre dans lequel les tâches sont réalisées et les interventions de l’enseignant (questions, rappels, indications, aides, explications, …) sont aussi à prendre en compte. C’est pourquoi, dans un second temps, une analyse du scénario qui s’est effectivement réalisé en classe est à accomplir. L’analyse des déroulements en classe permet de préciser, au regard des activités attendues des élèves, celles qui ont potentiellement eu lieu lors des séances de classe ordinaires. Celle-ci tient compte du travail organisé par l’enseignant en classe et permet de dégager l’autonomie qui est laissée aux élèves (Vandebrouck, ibid.). C’est donc le croisement de ces analyses *a priori* et *a posteriori* qui permet de reconstruire les activités possibles des élèves en classe. Rappelons que nous n’avons pas accès aux activités réelles des élèves mais uniquement à des traces de celles-ci, mais nous postulons que les activités possibles des élèves sont proches de leurs activités réelles et donnent accès à leurs apprentissages potentiels.

Nous inférons des éléments sur les pratiques enseignantes à partir de l’analyse *a priori* des scénarios et de l’analyse *a posteriori* des déroulements en classe correspondants. Afin de reconstituer les choix de l’enseignant, nous étudions la façon dont il organise et peut influencer les activités des élèves. Nous cherchons alors à déterminer les activités attendues des élèves, suite au scénario proposé par l’enseignant, et puis les activités possibles des élèves en tenant compte du travail organisé et des interventions de l’enseignant en classe. Nous distinguons dans nos analyses les moments de cours et les exercices. En effet, les activités des élèves sont plus facilement observables lors des phases d’exercices que lors des moments de cours (Bridoux, Chappet-Pariès, Grenier-Boley, Hache, & Robert, 2015). De ce fait, les outils utilisés sont différents pour ces deux moments.

► **Analyses *a priori* et *a posteriori* des moments de cours**

Comme nous l’avons dit précédemment, le cours est une mise en forme d’un texte de savoir par l’enseignant tenant compte des contraintes institutionnelles et parfois même des difficultés rencontrées par les élèves. Il contient généralement des activités d’introduction, des définitions, des théorèmes, des propriétés, des démonstrations, des exemples, des exercices résolus, … Le cours constitue, selon Bridoux, Grenier-Boley, Hache et Robert (2016b), une référence pour les élèves dont ils doivent emprunter les mots, les formulations et les notions (outils et objets). Ces auteurs font l’hypothèse que l’enseignant essaie durant les moments de cours de faire progresser les connaissances des élèves en restant « proche » d’eux, c’est-à-dire en activant des connexions entre les mots et leurs activités passées, actuelles ou futures (notion de pseudo-concepts de Vy-

gotski). L'étude des moments de cours passe donc à la fois par une analyse du texte du savoir, de sa mise en forme (organisation des contenus, formalisations, cadres, registres, points de vue, ...) et des différents rapprochements que l'enseignant effectue entre ce texte et les élèves.

Afin de mieux cerner les choix des enseignants, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes institutionnelles, les difficultés des élèves sur les notions visées mais aussi les spécificités des notions mathématiques. Une étude de relief sur les notions à enseigner nous sert alors de référence pour l'analyse *a priori* du cours. Selon Robert (Vandebrouck, ibid., p. 45), elle « permet de réfléchir d'une manière globale à l'enseignement d'une notion donnée, inscrite dans un programme d'enseignement donné, et d'étudier le scénario correspondant ». Par exemple, elle peut nous servir de référence pour évaluer la correspondance entre l'introduction choisie par l'enseignant pour une notion et les spécificités de celle-ci (type de la notion). Il s'agit alors, sur la base de l'étude de relief, d'étudier comment la distance entre les connaissances antérieures des élèves et les nouvelles connaissances a été prise en compte dans l'introduction (cf. chapitre II, point 2.1). Nous illustrons ce point dans l'analyse des manuels au chapitre VII. L'étude de relief, plus généralement, permet de déterminer les aspects majorés ou minorés dans le scénario pour les moments de cours (Bridoux, Grenier-Boley, Hache, & Robert, 2016a).

Dans une visée vygotskienne, nous savons que la qualité des médiations de l'enseignant en classe peut influencer les activités des élèves (Abboud-Blanchard et al., 2017). Par exemple, l'enseignant peut mettre en évidence l'organisation des connaissances et établir les liens entre le cours et les exemples ou entre les différentes parties du cours. Il peut également attirer l'attention des élèves sur les erreurs fréquentes occasionnées par les nouvelles notions. Il peut expliquer aux élèves à quoi servent les connaissances étudiées, comment les utiliser ou dire quel est le travail mathématique à réaliser (Robert & Robinet, 1996). Il peut également faire des rappels, reprendre certaines choses, donner quelques éclaircissements. Il est donc important, dans l'objectif d'étudier les liens entre les activités des élèves et leurs apprentissages, de prendre en compte tout ce que l'enseignant peut ajouter aux contenus mathématiques dans son discours lors des moments d'exposition des connaissances (lors des cours).

Robert et Robinet (1993) ont introduit les « commentaires méta » pour faire référence aux commentaires ajoutés par l'enseignant sur les mathématiques en jeu. Elles précisent que ce terme désigne :

« des éléments d'information ou de connaissances SUR les mathématiques, sur leur fonctionnement, sur leur utilisation, sur leur apprentissage, qu'ils soient généraux ou tout à fait liés à un domaine particulier » (Robert & Robinet, 1996, p. 156).

Les commentaires méta sont des ajouts dans le discours de l'enseignant qui portent notamment sur les mathématiques, sur la nature des notions, leur fonctionnement, le type de travail qu'elles permettent de faire, le « jeu auquel on joue », les mises en relation entre cours/exercices, les mises en relation entre les connaissances que les élèves ont déjà et les connaissances nouvelles, les éléments de structuration dans le temps ou la

mémoire de la classe (Chappet-Pariès, Pilorge, & Robert, 2017 ; Chappet-Pariès, Robert, Millon-Fauré, & Drouhard, 2014 ; Bridoux et al., 2016a). Tenaud (1991) distingue les commentaires sur le fonctionnement des mathématiques (pourquoi ? pour quoi ?), sur la structuration globale (comment ?) et ceux liés au contexte rencontré prenant en compte les données, les hypothèses et la conclusion dans la résolution d'une tâche. Nous repérons alors dans le discours de l'enseignant les commentaires méta donnés car ce type de médiations de la part des enseignants entre les élèves et les mathématiques peuvent intervenir dans la construction des connaissances par les élèves (Robert & Robinet, ibid.). Ces auteurs ajoutent :

« Tout se passerait comme si, [...], ces éléments jouaient, pour certains élèves, un rôle de catalyseur dans l'acquisition des connaissances [...] »
(Robert & Robinet, 1993, p. 21).

Cependant, il reste difficile de savoir quels sont les effets de ces commentaires sur la construction des connaissances par les élèves. Toutefois, plusieurs recherches sur les notions FUG (Dorier, 1995 ; Bridoux, 2011) montrent que les commentaires méta constituent un levier important pour les apprentissages des élèves car ils aident à compenser l'éloignement entre la nouvelle notion et les connaissances déjà-là des élèves.

Parmi les commentaires méta que le chercheur repère dans l'analyse des déroulements, il y en a qui tentent un rapprochement entre ce qui est visé et les élèves et relèvent donc de la ZPD⁴ des élèves. C'est le cas par exemple des rappels que l'enseignant peut donner en classe. Pour qualifier les activités enseignantes pendant les déroulements en classe - en particulier le discours de l'enseignant - interprétées par le chercheur comme une tentative de rapprochement avec les élèves, Robert et Vandebrouck (2014a, 2014b) ont introduit la notion de proximité-en-acte. Selon Bridoux et al. (2016a), ce sont la quantité et la qualité de ces proximités qui déterminent « l'efficacité » d'un cours en termes d'apprentissage. En effet :

« L'efficacité des cours dépendrait alors notamment des occasions et de la qualité de l'activation de ces connexions, de ces liens entre des connaissances contextualisées (exercices, activités) et du savoir décontextualisé [...] en particulier des [tentatives de] rapprochements entre activités, connaissances déjà-là et connaissances nouvelles des élèves » (Bridoux et al., ibid., p. 193).

Le chercheur doit analyser le discours de l'enseignant en termes de proximités. Cette analyse est donc en partie subjective. En effet, le chercheur doit se représenter ce que l'enseignant a admis comme étant proche des élèves et de leurs connaissances (dans la ZPD) pour mieux repérer les proximités possibles. L'étude de relief l'aide à apprécier ce qui est nouveau, ce qui est supposé connu par les élèves, ce qui est difficile pour eux (Bridoux et al., ibid.), ce qui est supposé être dans leur ZPD. En s'appuyant sur cette référence, le chercheur analyse *a priori* les contenus pour traquer les occasions de proximités. L'analyse des déroulements des cours est ensuite réalisée pour repérer *a*

4. Rappelons qu'il est important de travailler au sein de la ZPD des élèves pour les faire apprendre (Vygotski).

posteriori les proximités possibles dans le discours de l'enseignant. Il est à noter que les proximités repérées par le chercheur sont toujours potentielles :

« d'une part il n'est pas certain que l'enseignant l'ait conçu comme telle, mais, d'autre part, il n'est pas certain que cela soit efficace pour les élèves, que la proximité soit reconnue et source de progrès » (Bridoux et al., ibid., p. 197).

Il se peut donc que la représentation de la ZPD des élèves par le chercheur ne corresponde pas à celle que se donne l'enseignant et réciproquement. Cela peut donner lieu à des occasions de proximités manquées de la part de l'enseignant ou à des proximités qui ne sont pas prévues par le chercheur (proximités imprévues). Il se peut aussi que l'enseignant se fasse une idée de la ZPD des élèves qui soit trop éloignée de la ZPD « réelle » d'un ou de plusieurs élèves. Dans ce cas, les proximités potentiellement présentes dans le discours de l'enseignant peuvent être ratées. Nous aurons des exemples de telles proximités dans le chapitre **VIII**.

Pour dégager ces proximités potentielles du discours, nous étudions le discours de l'enseignant pendant l'exposé du texte du savoir, lors des échanges avec les élèves et lors des jeux de questions/réponses (Bridoux et al., ibid.). Les proximités dépendent fortement de la classe, des élèves, des contenus, du moment des apprentissages et des enseignants (Vandebrouck & Robert, 2017). En particulier, nous repérons les médiations ayant trait à la présentation des éléments décontextualisés, aux liens entre ces éléments et les activités que les élèves ont déjà réalisées, aux exemples et/ou aux exercices résolus, aux mises en relation entre les connaissances nouvelles et celles que les élèves ont déjà et à la contextualisation de ces éléments que les élèves ont à mettre en œuvre (Bridoux et al., ibid.). Autrement dit, nous ciblons, dans l'analyse des déroulements, tous les ajouts au contenu strictement mathématique dans le discours des enseignants concernant les passages décontextualisé/contextualisé et s'appuyant sur ce que les élèves ont déjà fait et connaissent déjà, c'est-à-dire dans leurs ZPD.

Trois types de proximités discursives ont été distingués dans le discours des enseignants (Bridoux et al., ibid.) : les proximités ascendantes, les proximités descendantes et les proximités horizontales. Cette catégorisation des proximités dépend des liens explicites entre décontextualisé/contextualisé. Ainsi, ces proximités sont déterminées par leur degré de généralité. Les proximités ascendantes se placent entre ce que les élèves ont déjà fait et le nouveau. Elles explicitent comment la nouvelle notion a été généralisée à partir de ce que les élèves ont déjà fait sur un cas particulier ou un exercice. Par exemple, l'enseignant peut proposer une tâche aux élèves demandant de décrire une droite par une équation vectorielle sachant qu'elle passe par les points $A(1,0,0)$ et $B(1,2,3)$ et de calculer les composantes des vecteurs. Les élèves doivent d'abord écrire une équation de la forme $\vec{AP} = \lambda \vec{AB}$ où P est un point quelconque de la droite AB et λ est un réel. Ils doivent ensuite calculer les composantes des vecteurs \vec{AP} et \vec{AB} . Une équation paramétrique de la droite AB est de la forme $(x,y,z) = (1,0,0) + \lambda(0,2,3)$ où λ est un réel. L'enseignant peut s'appuyer sur le travail déjà réalisé par les élèves sur ce cas particulier pour généraliser la forme d'une équation paramétrique d'une droite (Nihoul, 2018). Une proximité ascendante possible serait « Dans cette équation, vous

avez ici (membre de gauche) les coordonnées du point quelconque P . Ici (membre de droite), ce sont les coordonnées de votre point A donné dans l'énoncé. Là, ce sont les composantes que vous avez calculées du vecteur directeur \vec{AB} en soustrayant des coordonnées du point B les coordonnées du point A . Si on veut décrire la droite passant par les points $A(x_A, y_A, z_A)$ et $B(x_B, y_B, z_B)$ par une équation paramétrique, on aura : $(x, y, z) = (x_A, y_A, z_A) + \lambda(x_B - x_A, y_B - y_A, z_B - z_A)$ où λ est un réel. Vous avez bien ici les coordonnées du point A et là les composantes du vecteur directeur \vec{AB} de la droite. ».

Les proximités descendantes se placent entre ce qui a été exposé et des exemples ou des exercices à faire ensuite avec ou par les élèves. Elles explicitent comment la connaissance nouvelle peut être utilisée dans un exercice ou une démonstration. Par exemple, l'enseignant peut introduire en toute généralité qu'une équation paramétrique d'une droite dans l'espace passant par le point $A(x_A, y_A, z_A)$ et de vecteur directeur (x_v, y_v, z_v) est de la forme $(x, y, z) = (x_A, y_A, z_A) + \lambda(x_v, y_v, z_v)$ où λ est un réel. Il peut ensuite proposer aux élèves une tâche dans laquelle une équation paramétrique d'une droite doit être déterminée sachant qu'elle passe par le point $A(1, 2, 3)$ et dont un vecteur directeur est $(2, 5, 6)$. Une proximité descendante possible serait « Puisque nous connaissons déjà les composantes d'un vecteur directeur et les coordonnées d'un point de la droite, nous pouvons directement appliquer le résultat du cours. On a : (x, y, z) égal les coordonnées du point A , c'est-à-dire $(1, 2, 3)$, plus le paramètre λ fois les composantes de votre vecteur directeur, c'est-à-dire $(2, 5, 6)$. Nous avons alors $(x, y, z) = (1, 2, 3) + \lambda(2, 5, 6)$ où λ est un réel. ».

Les proximités horizontales n'amènent pas de changement de degré de généralité. Elles peuvent porter sur le cours en train de se faire, sur la structuration du cours ou sur les méthodes en jeu. Elles peuvent également expliciter une suite de calculs ou le sens d'un théorème. Par exemple, si l'enseignant demande aux élèves de résoudre un système composé des équations $x = 3$ et $(x, y, z) = (0, 1, 2) + k(1, 2, 3)$, où k est un réel, et dit « pour résoudre ce système, vous devez substituer dans la deuxième équation x par 3 et utiliser les opérations sur les vecteurs pour trouver d'abord la valeur du paramètre k et puis celle du point d'intersection », alors il y a une proximité horizontale possible. En effet, il explique la méthode à appliquer dans cet exemple, sans pour autant donner un procédé général de résolution des systèmes linéaires (Nihoul, ibid.). Les types de proximités doivent donc être précisés dans les différentes analyses menées.

► Analyses *a priori* et *a posteriori* des exercices

Lors des phases d'exercices, nous prenons en compte les variables dans les pratiques enseignantes qui peuvent influencer les activités des élèves. Nous avons déjà mentionné que le choix des tâches est une variable des apprentissages. Une autre variable influençant les activités des élèves - et donc leurs apprentissages - concerne les conditions de travail des élèves (Vandebrouck, 2008). Une troisième variable à étudier est la qualité et la nature des échanges entre l'enseignant et les élèves ou entre les élèves. Nous précisons ici comment inférer des éléments sur les pratiques enseignantes en fonction de ces variables.

Afin de déterminer les tâches qui ont été choisies par l'enseignant, nous analysons *a priori* toutes les tâches prescrites par celui-ci. L'objectif est de cerner ce qui est mathématiquement en jeu dans leurs résolutions, compte tenu du cours suivi et du bagage mathématique des élèves. Les activités attendues des élèves peuvent par ce biais être déterminées et l'itinéraire cognitif prévu par l'enseignant pour les élèves peut être reconstitué.

Dans l'analyse *a priori* des tâches, nous nous intéressons en particulier à l'utilisation que les élèves peuvent avoir de leurs connaissances (anciennes, en cours d'acquisition, nouvelles) lorsqu'ils réalisent chacune des tâches prescrites (Vandebrouck, ibid.). Pour ce faire, les tâches sont caractérisées par les mises en fonctionnement des connaissances des élèves dont nous avons parlé dans le chapitre II au point 2.3. Rappelons qu'il y a trois niveaux de mise en fonctionnement des connaissances : technique, mobilisable et disponible. Les niveaux sont déterminés à partir des différentes adaptations des connaissances (cf. chapitre II, point 2.3) que les élèves doivent réaliser pour résoudre la tâche. Si la résolution d'une tâche demande une application immédiate d'une définition ou d'une propriété alors le niveau de mise en fonctionnement est technique. Si des adaptations des connaissances sont à réaliser pour résoudre la tâche, le niveau de mise en fonctionnement est mobilisable ou disponible en fonction du fait qu'elles soient plus ou moins indiquées dans l'énoncé. Il est clair que pour cette analyse nous devons tenir compte des programmes scolaires, de la classe dans laquelle le scénario étudié est mis en œuvre, de la place occupée par les exercices dans le scénario et de la répétition des tâches proposées (Vandebrouck, ibid.) car ce sont des éléments qui peuvent modifier le niveau de mise en fonctionnement des connaissances. Ainsi, pour chaque scénario étudié, nous précisons deux variables des apprentissages (Robert et al., 2012) : la variété (quantité, qualité, ordre) des tâches et la diversité des adaptations proposées (et donc des niveaux de mise en fonctionnement des connaissances). Nous pouvons alors de cette classification des tâches et des activités attendues des élèves mettre en évidence certains manques éventuels (Robert & Roditi, 2019) au sein des scénarios.

Toutes les tâches prescrites par l'enseignant ne sont pas forcément réalisées en classe. L'analyse *a posteriori* des tâches permet de préciser lesquelles ont été effectivement réalisées, l'ordre dans lequel elles ont été réalisées et la durée associée à leur réalisation. Ces facteurs liés à la chronologie des tâches influencent également les activités des élèves.

Nous déduisons des déroulements provoqués par l'enseignant les conditions de travail des élèves. Il s'agit de repérer tout ce qui est imposé par l'enseignant et qui peut influencer les activités des élèves comme la nature du travail instauré en classe et la qualité des interventions. En effet,

« on suppose en particulier que les apprentissages des élèves sont favorisés par deux conditions : que les élèves soient en autonomie face aux activités que l'enseignant leur propose (Piaget), mais aussi que soient pris en compte le caractère collectif du déroulement de la séance organisé par l'enseignant et la possibilité de travailler au sein des ZPD des élèves (Vygotski) » (Grenier-Boley, 2019, p. 76).

La nature du travail demandé par l'enseignant peut modifier les mises en fonctionnement des connaissances sur une tâche. Celle-ci est déterminée par les types et les formes de travail. De ce fait, les formes de travail (individuel, collectif), les enjeux du travail (recherche, écrit, écrit collectif, correction, ...) et les types de travail (chercher, écrire, parler, écouter, rédiger, recopier, ...) sont précisés pour chaque tâche (Vandebrouck, ibid.). Un autre facteur pouvant modifier les mises en fonctionnement des connaissances est la qualité et la nature des échanges entre l'enseignant et les élèves ou entre les élèves. Le chercheur doit alors analyser le jeu de questions et réponses en classe, dont font partie les relances, les reprises et les aides de l'enseignant. Ces interventions sont caractérisées à la fois par ce sur quoi elles portent mais aussi par le moment où elles se produisent en relation avec le travail des élèves (Vandebrouck, ibid.). Il s'agit alors pour le chercheur de repérer dans le discours de l'enseignant les commentaires métas⁵ qui ont pour objectif d'aider les élèves dans la réalisation d'une tâche. Une fois ces aides repérées, nous devons préciser le type de l'aide et le moment où elle est donnée par l'enseignant. Deux types d'aides ont été distingués : les aides procédurales et les aides constructives (Pariès, Robert, & Rogalski, 2008 ; Robert, 2007). Les aides à fonction procédurale modifient les activités des élèves par rapport à celles qui sont prévues *a priori*. Selon Vandebrouck (ibid.), ces aides peuvent être données par l'enseignant avant ou pendant le travail des élèves et peuvent conduire à un découpage de la tâche en plusieurs sous-tâches. Elles peuvent donc modifier les adaptations des connaissances, et ainsi les niveaux de mises en fonctionnement, orientant parfois l'activité des élèves vers une application immédiate des résultats. Selon Pariès et al. (2014), il faut distinguer les aides procédurales indiquant explicitement ce qui est à faire ou à utiliser (directes), des aides procédurales questionnant ce qui est à faire ou à utiliser (indirectes). Les aides constructives « ajoutent quelque chose entre l'activité stricte de l'élève et la construction (espérée), dans sa tête, de la connaissance qui pourrait en résulter » (Vandebrouck, ibid., p. 51). Dans ce cas, l'enseignant s'appuie sur ce que les élèves ont fait pour apporter des commentaires. Les reprises du travail déjà réalisé, les rappels et les bilans en font partie, mais aussi tout ce qui aide l'élève à prendre de la distance par rapport au travail qu'il a déjà fait (dégager une méthode plus générale, discuter des résultats, ...). Cette analyse du discours de l'enseignant est encore une fois subjective car il est possible que l'enseignant ne soit pas conscient des aides qu'il fournit, mais aussi qu'une aide qualifiée d'un certain type, par le chercheur, ne soit pas entendue ou soit d'un autre type pour certains élèves (Pariès et al., 2014). Certaines aides constructives s'appuient sur la ZPD des élèves et peuvent ainsi être qualifiées par le chercheur de proximités. D'autres aides fournies par l'enseignant peuvent rapprocher la tâche à résoudre des connaissances et des activités que les élèves ont déjà, pour pouvoir ensuite s'y appuyer et tenter des proximités. C'est pourquoi Robert et Vandebrouck (2014b) précisent que l'analyse des aides est complémentaire de celle des proximités. Des exemples d'aides sont présentés dans le chapitre VIII.

Toutes ces analyses nous aident à apprécier, par comparaison entre ce qui est attendu et ce qui est effectif, les déroulements et les activités possibles des élèves (Robert

5. Notons que certains commentaires métas ne sont ni des proximités, ni des aides. C'est par exemple le cas de tous les enrôlements que l'enseignant peut faire pour garder les élèves en activité.

& Vandebrouck, ibid.). Pour les reconstruire, nous sommes amenée à distinguer, en fonction des aides proposées par l'enseignant, les activités *a minima* et les activités *a maxima*. Les activités *a maxima* sont celles réalisées par les élèves dès que l'enseignant le demande et sans qu'il ait besoin de fournir une quelconque aide. Ce sont souvent les activités des élèves les plus forts. Les activités *a minima* sont celles réalisées par les élèves quand un maximum d'éléments ont été indiqués, après de nombreuses aides (souvent procédurales) fournies par l'enseignant. Ce sont souvent les activités des élèves les plus faibles. L'analyse des aides que l'enseignant donne en classe permet ainsi de déterminer les activités *a minima* et *a maxima*. Nous déterminons ainsi un empan d'activités possibles des élèves en classe compris entre les activités *a minima* et les activités *a maxima* (Chesnais, 2009).

2 Question de recherche et méthodologie générale

Dans la partie 1, nous avons réalisé une étude du relief sur les notions de droites et de plans dans l'espace. Nous avons ainsi pu déterminer que pour conceptualiser ces notions, il est nécessaire de développer chez les élèves une certaine flexibilité entre les cadres (synthétique, vectoriel et analytique), les registres et les points de vue (cartésien et paramétrique). De plus, l'interprétation géométrique des objets doit être travaillée car elle permet de donner du sens à ces notions. Les nouveaux programmes de l'enseignement secondaire belge semblent permettre de proposer de telles activités aux élèves. La première formulation de notre question recherche présentée au chapitre V est :

Comment les enseignants prennent en compte les nouvelles injonctions des programmes, sur les droites et les plans dans l'espace, dans les activités qu'ils proposent aux élèves, afin de développer leur interprétation géométrique des objets et favoriser la conceptualisation de ces notions ?

Ce questionnement nous amène à nous intéresser à la fois à l'enseignement proposé sur ces notions par les enseignants et aux apprentissages correspondants des élèves. Nous voulons dans un premier temps étudier les pratiques des enseignants et en particulier les choix qu'ils effectuent dans l'élaboration du scénario d'enseignement et dans les déroulements en classe. Nous cherchons ensuite à déterminer les effets potentiels de ces pratiques sur les apprentissages des élèves pour les notions de géométrie analytique dans l'espace. Un cadre théorique permettant de tenir compte de cette double approche est celui de la Théorie de l'Activité. C'est pourquoi nous avons inséré notre questionnement au sein de celui-ci. Cela nous amène à caractériser la conceptualisation de ces notions, et donc les apprentissages correspondants, par l'intermédiaire des activités possibles des élèves provoquées par les activités des enseignants. En particulier, nous cherchons à déterminer les choix réalisés par les enseignants permettant potentiellement de provoquer des activités chez les élèves à partir de tâches mathématiques mettant en jeu une certaine flexibilité (cadres, registres, points de vue) et l'interprétation géométrique des objets. Dans ce qui suit, nous précisons les activités qui, selon nous, peuvent potentiellement être développées.

Nous considérons qu'un élève est capable d'interpréter géométriquement les objets de droites et de plans dans l'espace à partir du moment où ces deux aspects sont développés : reconnaître à partir de n'importe quelle description (équations, ensembles) l'objet géométrique associé et associer à un objet géométrique n'importe quelle description. Par exemple, si un élève peut dire que l'équation $2x + 3y = 5$ décrit un plan dans l'espace alors il est capable de reconnaître à partir d'une équation (cartésienne) l'objet géométrique correspondant. Cette reconnaissance de l'objet peut être plus précise si l'élève ajoute qu'il s'agit d'un plan dont un vecteur normal est $(2, 3, 0)$ et passant par le point $(1, 1, 3)$. Réciproquement, si un vecteur normal et un point d'un plan sont donnés et qu'une équation cartésienne de ce plan est écrite par un élève alors il est capable de décrire un objet géométrique par une équation (cartésienne). Il nous semble important que les élèves développent ces deux aspects pour être capable d'interpréter géométriquement les objets et ce pour les équations (dans tous les points de vue) et pour les ensembles.

Les activités des élèves liées à l'interprétation géométrique des objets peuvent être variées. En effet, elles dépendent fortement de ce qui a été fait et vu lors des moments de cours. Par exemple, une tâche peut être de déterminer l'objet décrit par l'ensemble des vecteurs orthogonaux à un vecteur donné. Il s'agit alors de travailler la reconnaissance des objets à partir d'un ensemble. S'il a déjà été établi en classe que cet ensemble représente un plan, cette tâche consiste en une application immédiate du résultat. À l'inverse, si ce résultat n'a pas été vu, des conversions de registres peuvent survenir. Il se peut qu'un élève représente cet ensemble par un dessin avant de reconnaître le plan. Il est possible également que la condition d'orthogonalité des vecteurs soit traduite grâce à un produit scalaire nul. Le plan est alors décrit par une équation cartésienne. Dans les deux cas, il s'agit d'une conversion entre le registre ensembliste et un autre registre (dessin ou algébrique). Les activités des élèves associées à l'interprétation géométrique dépendent aussi fortement des tâches. Par exemple, déterminer une équation cartésienne d'un plan dont on connaît un point et un vecteur normal est une tâche qui relève du niveau technique de mise en fonctionnement des connaissances et travaille le deuxième aspect de l'interprétation géométrique (description d'un objet). D'autres tâches, travaillant aussi cet aspect de l'interprétation géométrique, peuvent amener des adaptations plus variées des connaissances. C'est par exemple le cas lorsqu'une équation cartésienne d'un plan doit être déterminée connaissant un point et deux vecteurs directeurs du plan. Une méthode pour résoudre cette tâche consiste à écrire une équation paramétrique du plan et à éliminer les paramètres. Une deuxième méthode amène à calculer un déterminant d'une matrice 3×3 et à l'égaler à zéro. Une troisième méthode consiste à chercher un vecteur simultanément orthogonal aux deux vecteurs directeurs donnés. Il y a donc un choix de méthode à effectuer. Le raisonnement est à chaque fois découpé en plusieurs étapes. Un changement de points de vue dans le sens paramétrique/cartésien peut apparaître. Dans tous les cas, des adaptations des connaissances sont à réaliser. Ainsi, les activités d'interprétation géométrique des objets doivent être précisées en fonction du scénario étudié.

La flexibilité entre les cadres, les registres et les points de vue amène principalement des activités de traitements internes chez les élèves tels que les jeux de cadres,

les conversions de registres et les changements de points de vue. Nous avons donné des exemples de traitements internes possibles pour les tâches mettant en jeu l’interprétation géométrique des objets. D’autres tâches peuvent aussi provoquer de telles activités. C’est par exemple le cas lorsqu’il faut tester la perpendicularité de deux plans dont une équation cartésienne est donnée. Il s’agit de calculer un produit scalaire entre les deux vecteurs normaux et de vérifier s’il est nul ou non. Un changement de cadres entre la géométrie analytique et la géométrie vectorielle a lieu. Un autre exemple consiste à représenter sur un dessin les objets décrits par une équation. Une conversion entre les registres algébrique et du dessin/graphique est nécessaire. Dans ces deux cas, des traitements internes sont à réaliser bien que l’interprétation géométrique ne soit pas en jeu. En effet, il ne s’agit ni de reconnaître l’objet décrit par ces équations, ni d’en déterminer une équation. C’est pourquoi nous étudions également les activités de traitements internes dans les scénarios proposés par les enseignants.

Dès lors, nous nous intéressons au sein des scénarios proposés par les enseignants aux activités de traitements internes et d’interprétation géométrique des droites et des plans dans l’espace. Les programmes actuels semblent donner la possibilité aux enseignants de proposer des tâches qui vont potentiellement développer ces activités. Au vu de toutes les variables dans les pratiques enseignantes qui peuvent influencer les activités des élèves, notre question de recherche devient alors :

Est-il possible, dans l’enseignement secondaire belge francophone, de proposer un ensemble de tâches consistantes aux élèves, sur les notions de droites et de plans dans l’espace, permettant de développer potentiellement les activités de traitements internes et d’interprétation géométrique de ces objets ?

Afin d’obtenir des éléments de réponse à cette problématique, nous précisons la méthodologie générale que nous mettons en œuvre.

En amont de l’enseignement, une étude de relief sur les notions de droites et de plans dans l’espace est à mener. Elle constitue à la fois une référence pour nos analyses didactiques et pour la conception de notre séquence d’enseignement sur ces notions. Nous avons déjà réalisé une telle étude dans la partie 1. Nous la complétons par une analyse de plusieurs manuels belges au chapitre VII. Plusieurs arguments permettent de justifier ce choix. Tout d’abord, les manuels belges sont les seules ressources officielles à la disposition des enseignants. Leur analyse permet de déterminer les scénarios qui peuvent potentiellement se produire dans les classes et ainsi mettre plus facilement en évidence dans les scénarios des enseignants, les choix qu’ils ont eu à faire en termes de contenus, de tâches et de déroulement. De plus, les manuels constituent une interprétation possible des programmes à l’intérieur d’un système de contraintes (Mesnil, 2014). Or, comme ceux-ci ne sont pas encore conformes aux nouveaux programmes belges, leur analyse permet également de mettre en évidence les éventuels choix que les enseignants effectuent pour tenir compte des nouvelles injonctions. Finalement, une comparaison entre les manuels, dans lesquels l’enseignant est absent, et les scénarios proposés dans les classes, nous aide à mieux comprendre le rôle des interventions de l’enseignant en classe (Bridoux et al., 2016a).

Nous réalisons ensuite une analyse *a priori* des scénarios proposés par plusieurs enseignants belges. Nous analysons à la fois les cours (contenus, organisation des contenus, occasions de proximités) et les exercices (tâches, adaptations, niveaux de mise en fonctionnement) afin de déterminer les activités attendues des élèves par les enseignants. Nous nous sommes, par la suite, rendue sur le terrain et nous avons filmé les déroulements en classe de chacun des scénarios analysés précédemment. L'analyse *a posteriori* des déroulements (conditions de travail, aides, proximités possibles) permet, par comparaison avec l'analyse *a priori*, de reconstruire les activités possibles des élèves en classe. Cette étude de terrain est réalisée au chapitre **VIII**. Nous pouvons finalement apporter des éléments de réponse à notre problématique.

Cet état des lieux des pratiques enseignantes belges nous amène à proposer une séquence d'enseignement sur les notions de droites et de plans dans l'espace. Celle-ci fera l'objet de la partie **3**.

