

## CLASSE INVERSÉE : QUEL IMPACT SUR LES CONNAISSANCES ?

**Cécile ALLARD**

**Edith PETITFOUR**

Laboratoire de Didactique André Revuz  
UPEC, Université Rouen Normandie

**Résumé.** Ce texte a pour objectif de montrer quelles sont les expositions de connaissances formulées par un professeur lors de séances sur la notion d'angle en classe de sixième. Dans une des classes, la professeure décide de préparer une « capsule » et d'inverser sa classe en s'inspirant d'un mouvement dit de la « pédagogie inversée ». Dans l'autre classe, elle opte pour une pédagogie dite plus ordinaire (classe face au tableau, enseignant qui part d'activités puis fait écrire un cours suivi d'exercices). Les deux classes sont dans le même établissement. Ainsi, nous montrons en quoi les modalités de travail ont un impact sur les expositions de connaissances. Nous identifions également les connaissances en jeu lors d'un apprentissage lié à l'utilisation d'un instrument de géométrie, le rapporteur, en nous référant au cadre développé par Petitfour (2015).

**Mots clés.** Capsule, pédagogie inversée, exposition de connaissances, angles, rapporteur.

**Abstract.** In this paper, we compare the practice of one teacher in two 5<sup>th</sup>-grade classes for the same teaching concept (about angle) according to different working arrangements. In one of her classes, the teacher works combining lecturing and interactive class: she talks and she exposes knowledge in front of her students. In the second class, she decides to try a new working arrangement: the flipped classroom. We compare the knowledge at stake by studying actions, gestures and language when video lectures are used on the one hand and when such devices are not used on the other hand. Thus, we compare the knowledge which was shared and discussed in the classroom.

**Key-words.** Video, flipped classroom, knowledge exposure, angles, protractor.

### **Introduction**

Cet article relate une expérimentation qui a eu lieu dans un collège des Yvelines en zone « rurale ». Cette expérimentation est née d'interrogations d'enseignants de ce collège sur les avantages de ce qui est présenté comme une nouvelle pédagogie promue par l'institution suite à une formation académique : la « pédagogie inversée ». Ce terme de « pédagogie » désigne une pratique dite « innovante ». La désignation « pédagogie inversée » tend à disparaître, remplacée par celle de « classe inversée » qui paraît plus consensuelle par l'affichage d'une modalité de travail différente sans la prétention de développer une nouvelle pédagogie. Nos recherches portent sur le processus d'institutionnalisation (Perrin-Glorian, 1993) et les textes intermédiaires qui conduisent ou non à la production de textes décontextualisés, dépersonnalisés et ayant un certain degré de généralisation. Nous nous intéressons donc à tous les moments où les enseignants exposent des connaissances que ce soit au moment de la résolution d'un exercice (un élève demande par exemple un rappel d'une propriété, l'enseignant explique et rappelle la propriété), des mises en commun ou de l'écriture du cours souvent destiné à être appris à la maison.

Dans la classe inversée, le cours est présenté sous forme de capsules qui sont de courtes vidéos que les élèves visionnent en dehors de la classe. Le contenu de ces capsules consiste,

pour la plupart, en expositions de connaissances présentant souvent des techniques (par exemple la résolution d'équations à une inconnue, l'utilisation d'un instrument de géométrie, la construction d'un tableau de variation)<sup>1</sup>. C'est pourquoi la fabrication de vidéos présentant l'essentiel du cours est pour nous une opportunité de questionner ce dispositif, les choix des enseignants, le rôle et la place de ces éléments de cours dans la séquence.

Notre expérimentation a permis de comparer les expositions de connaissances dans deux classes de sixième situées dans le même établissement. Dans l'une des classes l'enseignante, que nous appellerons Élise, enseigne selon une modalité de travail « classique » alors que dans l'autre, elle « inverse » la classe. D'une part, cette expérience rend compte de ses difficultés de mise en œuvre de l'inversion de la classe et, d'autre part, elle montre en quoi un changement de modalités de travail et de routines (Butlen et al, 2009) a un impact sur les connaissances exposées sur la notion d'angle.

## 1. Classe inversée

### 1.1 Insertion de la « classe inversée » dans le paysage français

Pour mieux comprendre ce qu'est la classe inversée, nous présentons brièvement le contexte d'émergence de cette nouvelle modalité de travail et nous précisons les principes fondateurs que nous identifions au regard de ses initiateurs.

La classe inversée, *flipped classroom* dans les pays anglo-saxons, est née aux Etats-Unis en 2004 du questionnement de deux enseignants en sciences qui cherchaient à lutter contre l'absentéisme scolaire. C'est ainsi que Jonathan Bergman et Aaron Sams<sup>2</sup> ont entrepris d'enregistrer leurs cours pour les élèves absents pour faire avancer le temps didactique. Cette expérience, de leur point de vue, était tellement enrichissante qu'ils ont créé un grand nombre de capsules, de nombreuses fois téléchargées. Au même moment, Samuel Khan<sup>3</sup>, pour aider en mathématiques une de ses cousines, construit des cours qu'il enregistre et qu'il envoie en format vidéo. Fort de cette expérience, il créera la Khan Academy et sera soutenu financièrement par Bill Gates.

Ces deux expériences, qui conduisent à utiliser le support vidéo pour enregistrer des cours, sont nées de la volonté d'enseignants et/ou de scientifiques de venir en aide aux élèves en difficulté (sociale ou autre). L'utilisation de la vidéo comme un nouveau support pédagogique a essaimé dans de nombreux pays tels le Canada ou la France (nous affirmons cela au regard des formations dans les différents plans de formation académique). Pour la France, on peut dater l'émergence plus internationale de ce mouvement après la conférence TED -*Technology, Entertainment and Design*-en 2011 de Khan.

La classe inversée est présentée comme une modalité de travail qui vise à concentrer le temps de classe afin de réaliser des exercices ou des travaux pratiques en minimisant le temps requis pour l'exposé magistral du cours, jugé ennuyeux. Il n'y a pas de grands principes fondateurs étayés par des recherches, mais l'engouement pour la classe dite « inversée » est certain dans le monde enseignant. En effet, l'intérêt est tel qu'il existe des colloques CLIC (Colloque Inversons la Classe) et CLISE (Semaine de la Classe Inversée) regroupant des centaines d'enseignants qui se déplacent à leur frais et sur des temps non institutionnels. Notons que

<sup>1</sup> Nous renvoyons le lecteur au cahier du LDAR n°16 qui montre et analyse différents contenus de ces capsules

<sup>2</sup> [http://www.lemonde.fr/a-la-une/article/2012/11/13/avec-la-classe-a-l-envers-l-ecole-garde-les-pieds-sur-terre\\_1789619\\_3208.html](http://www.lemonde.fr/a-la-une/article/2012/11/13/avec-la-classe-a-l-envers-l-ecole-garde-les-pieds-sur-terre_1789619_3208.html)

<sup>3</sup> <http://eduscol.education.fr/numerique/tout-le-numerique/veille-education-numerique/archives/2013/khan-academy-et-pedagogie-inversee>

l'association « inversons la classe » promouvant la classe inversée est très active comme en témoigne le site internet qui lui est dédiée. Cette association se présente comme un collectif formé de « bénévoles, de passionnés de l'enseignement et d'enseignants ». Cette association (loi 1901) a pour buts déclarés :

– d'impulser et d'accompagner le développement et la mise en œuvre des pratiques pédagogiques de classe inversée et/ou centrées sur l'apprenant et/ou favorisant la motivation et la réussite de tous les apprenants, en particulier pour lutter contre les inégalités et le décrochage scolaire en France et dans la francophonie, dans toutes les disciplines et à tous les niveaux d'apprentissage,

– d'agir auprès des pouvoirs publics pour une reconnaissance institutionnelle de ces activités et pour l'obtention de moyens permettant de les mettre en œuvre ou de les développer<sup>4</sup>.

Cette association organise des colloques dont le dernier CLISE 2017 a été patronné par le ministère de l'éducation nationale.

## 1.2 Comparaison entre le cours traditionnel et la classe inversée

Sur le site internet « vitrine » de la promotion de la classe inversée, nous pouvons lire qu'inverser la classe permettrait aux élèves d'éviter le décrochage scolaire et l'ennui comme en témoigne ce document extrait du site<sup>5</sup> (Fig. 1).

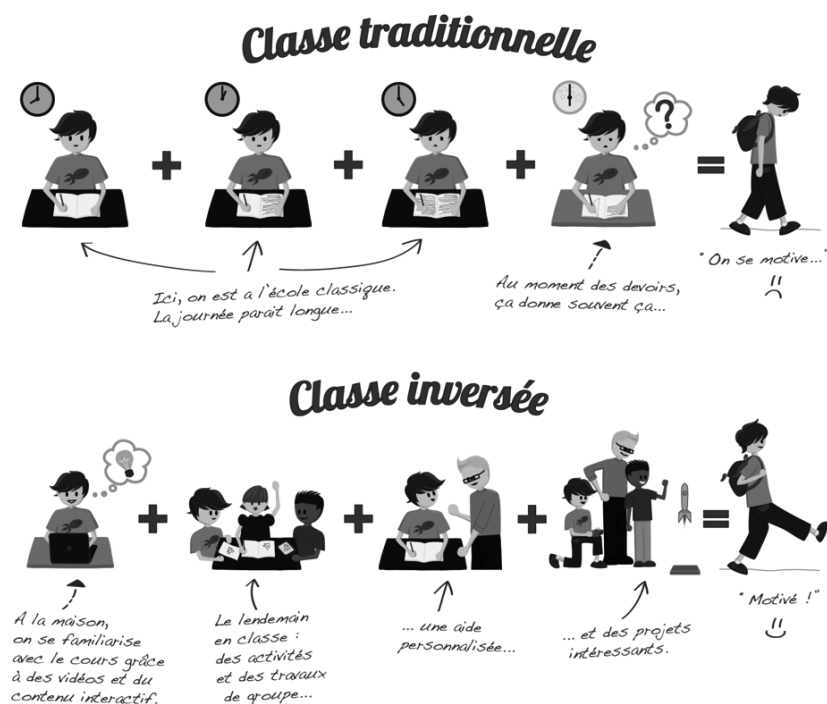


Figure 1. Extrait d'un article du site « inversons la classe »

Dufour (2014) explique que le concept est assez flexible et qu'il n'existe pas un modèle unique de classe inversée. Elle rappelle que certaines notions peuvent être traitées en classe inversée et d'autres non. Elle souligne les éléments communs à toutes les classes inversées.

<sup>4</sup> D'après les statuts de l'association <http://www.laclasseninversee.com/a-propos-contact-2/>

<sup>5</sup> [https://www.ac-paris.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2014-10/articletechnologie193\\_classe\\_inversee\\_hdufour\\_bd.pdf](https://www.ac-paris.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2014-10/articletechnologie193_classe_inversee_hdufour_bd.pdf)

L'élève réalise un travail autonome pour acquérir des connaissances de base qui seront mobilisées dans une séance de travail en classe, laquelle se réalise en groupe et emprunte aux techniques d'apprentissage actif. (Dufour, 2014, p. 45).

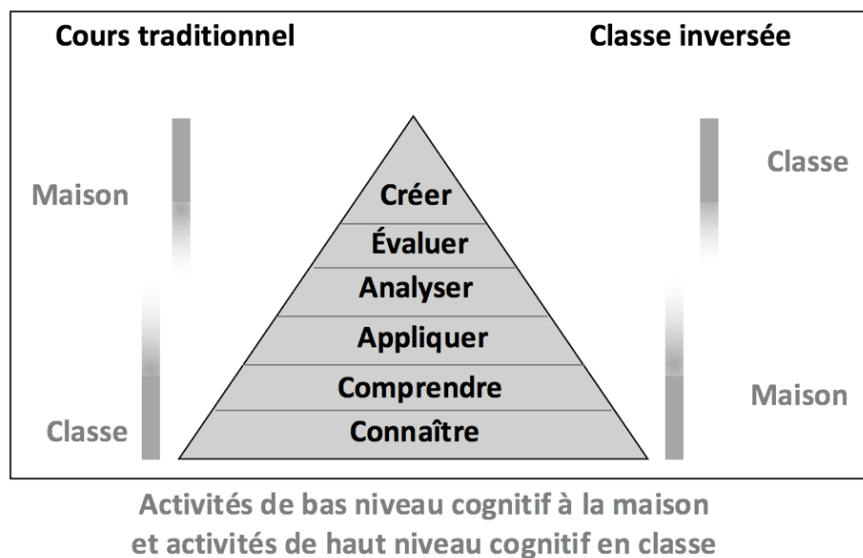
La classe inversée n'exclut pas un contrôle de connaissances. En effet :

l'assimilation des connaissances fournies par les ressources est ensuite contrôlée par l'intermédiaire d'un questionnaire, soit à distance, en ligne ou non, soit en classe. Le questionnaire comprend généralement des questions factuelles d'application directe sur le contenu. Le démarrage du cours sert alors généralement à clarifier les points des ressources qui seraient restés obscurs. (Dufour, 2014, p. 45).

Dufour définit ainsi la classe inversée :

C'est donner à faire à la maison, en autonomie, les activités de bas niveau cognitif pour privilégier en classe le travail collaboratif et les tâches d'apprentissage de haut niveau cognitif, en mettant les élèves en activité et en collaboration. [...] Inverser la classe revient donc à modifier profondément le rôle traditionnel de l'enseignant : ce dernier n'est plus le sachant qui déverse son savoir mais devient un véritable guide d'apprentissage. Il passe du face-à-face au côte-à-côte, permettant ainsi la mise en place de la co-construction des savoirs. (Dufour, 2014, p. 45)

La figure 2, extraite de l'article, montre que comprendre et connaître sont des activités de bas niveau qui peuvent être réalisées à la maison.



*Figure 2. Comparaison entre classe inversée et cours traditionnel*

## 2. Exposer des connaissances et pratiques enseignantes

Margolinas (2014) explique que le processus d'institutionnalisation défini par Perrin-Glorian (1993) est associé à ce qui permet la transformation des connaissances en savoir. Le savoir, dans sa forme finalisée, est présenté comme un produit culturel de l'activité scientifique, dépersonnalisé, décontextualisé, détemporalisé, formulé, formalisé, validé et mémorisé. Les différents travaux de Brousseau (1997) et de Perrin-Glorian (1993) ont montré l'importance de l'institutionnalisation, qui relève d'un *processus*, en insistant sur le fait qu'institutionnaliser c'est mettre en commun un même langage, une même culture (mathématique ici).

Vannier (2010) écrit :

Le professeur se doit de transformer en quelque sorte des connaissances hétérogènes et instables en un savoir qui fait institution en amont de la dévolution d'un problème à résoudre, savoir stabilisé dont vont être crédités à la fois tous les élèves de la classe - avec pour bénéfice la réduction artificielle de l'hétérogénéité - et chaque élève individuellement - avec pour bénéfice l'assurance de sa propre compétence à réussir la tâche prescrite. (Vannier, 2010, p. 317).

Nous utilisons les termes d'expositions de connaissances lorsqu'il s'agit de textes intermédiaires, c'est-à-dire non finalisés (ni décontextualisés, ni dépersonnalisés, etc.). Les expositions de connaissances sont constitutives du processus d'institutionnalisation et peuvent être débusquées à l'occasion de l'explication d'une consigne ou lors d'une synthèse. Nous réservons le terme d'institutionnalisation à des textes présentant le savoir sous sa forme la plus finalisée (Margolinas, 2014).

Butlen et Pézard (2003), à travers une ingénierie didactique, montrent au sujet du calcul mental dans des classes de sixième que l'existence et l'écriture par les élèves de textes intermédiaires – appelés bilans de savoir – sont importantes dans le processus de conceptualisation. Ils révèlent la difficulté pour les élèves à s'écarter du faire et à généraliser. De plus, cette prise de conscience des enjeux de ces textes intermédiaires permet aux élèves, exceptés les plus faibles, de progresser.

Le rôle de ces textes intermédiaires produits par des élèves ou par des enseignants dans le processus de décontextualisation et de conceptualisation est montrée dans les travaux de Sensevy (1996) et de Allard (2015). Bonnéry (2010), à ce sujet, rappelle aussi l'importance de ce que Perrin-Glorian (1993) identifie comme des phases de rappel. Il montre comment la question de l'institutionnalisation est fondamentale à travers la dialectique contextualisation/décontextualisation. Cette dialectique s'exprime dans les pratiques sous forme d'une tension. L'enseignant doit à la fois prendre en compte le contexte d'émergence des connaissances (souvent à partir d'activités) et produire à la fin du processus un texte décontextualisé.

Dans Allard et al. (2016), nous pouvons lire le témoignage d'une formatrice du second degré qui nous fait part des interrogations des enseignants débutants sur les traces laissées dans les cahiers dits de cours (notamment au sujet de la rigueur) :

En particulier pour les débutants, la question de la rigueur à observer est une grande préoccupation comme le montrent certains témoignages de stagiaires : le professeur débutant prend soudainement conscience que son écrit devient une référence pour les élèves, qu'une trace écrite, qui va rester dans les cahiers des élèves et peut être lue par ses parents ou d'autres professeurs de mathématiques, doit être très rigoureuse (Allard, 2016, p.10)

D'autres recherches (Rochex et Crinon, 2011) montrent que les élèves de milieu défavorisé perçoivent mal les enjeux des séances proposées, ces malentendus sont à la source de création d'inégalités scolaires. Ces élèves restent au niveau de l'action et ne cherchent pas à construire de nouvelles connaissances. Ils ont par ailleurs construit un rapport au savoir fragile, ce qui ne leur permet pas d'avoir confiance en leurs connaissances anciennes (Bloch, 2013).

Enfin, les travaux de Allard (2015) montrent que les expositions de connaissances écrites ou orales des professeurs expérimentés de l'école primaire sont peu décontextualisées et peu fréquentes si bien que les différents processus d'institutionnalisation décrits sont peu aboutis, c'est-à-dire peu décontextualisés, peu formalisés et peu formulés. Il est alors possible de conjecturer que le passage du primaire au secondaire ne va pas se faire si aisément pour ces jeunes élèves, surtout s'ils sont en difficulté comme le souligne Bonnéry (2010). Ce dernier

précise plus globalement que ce sont les pratiques différentes des professeurs du primaire et du secondaire qui peuvent expliquer que les difficultés des élèves s'installent dans le temps.

Ce rapide aperçu des questions que pose la construction d'un cours par le professeur montre que cette activité n'est pas triviale. Faire comprendre et faire connaître est une tâche difficile. Dans Allard et al (2016), une enseignante témoigne que tous les ans elle change son cours, elle ajoute ou retire des exemples et contre exemples, articule ou non avec des exercices types. Nous émettons l'hypothèse que cette difficulté à décider les articulations pertinentes entre exemples génériques, exercices types et textes plus académiques a un impact sur les pratiques et que les pratiques ont un impact sur l'apprentissage des élèves. Est-ce alors l'utilité du cours qui doit être remise en cause ou bien la construction, la dynamique dans laquelle il se construit ?

L'une des ambitions affichées de la classe inversée est de rendre accessible les moments de cours qui seraient alors « résumés ». La classe inversée serait un moyen :

- d'empêcher le décrochage,
- de faciliter l'apprentissage du cours (notamment au moment des révisions d'examens),
- de mettre les élèves en activité plus souvent et plus rapidement,
- de libérer le professeur qui passe du face-à-face au côté-à-côté.

Notre étude va nous conduire à comparer les pratiques d'une enseignante de sixième sur les aspects de sa séquence sur les angles concernant l'utilisation du rapporteur. Nous nous référons au cadre de la double approche (Robert et Rogalski, 2002) pour décrire et reconstruire la logique des pratiques de l'enseignante. Nous utilisons la notion de relief de ce cadre de manière à étudier la caractérisation spécifique de la notion, mais aussi son insertion dans les programmes scolaires ainsi que les difficultés d'apprentissage potentielles (Robert et Vivier, 2013). Nous exploitons enfin le cadre d'analyse de l'action instrumentée (Petitfour, 2015) pour identifier le plus précisément possible les connaissances en jeu lors des moments d'expositions de connaissances.

### **3. Relief : la notion d'angle**

#### **3.1 Insertion dans les programmes scolaires, conceptions, obstacles et difficultés**

La notion d'angle est travaillée dès l'école primaire : les élèves apprennent à identifier les angles droits, à les vérifier avec un gabarit ou une équerre, puis à comparer des angles ou à les reproduire à l'aide de gabarits. C'est ensuite en classe de sixième que les tâches de mesure et de tracé d'un angle d'une mesure donnée à l'aide du rapporteur sont introduites. Concernant les angles, les programmes du collège de 2008<sup>6</sup>, sont peu explicites sur les connaissances à acquérir, ils identifient des « capacités » : utiliser un rapporteur pour déterminer la mesure en degré d'un angle et construire un angle de mesure donnée en degré. Un commentaire suggère aussi d'introduire le rapporteur à l'occasion de la construction et de l'étude de figures. On retrouve une progression analogue dans les programmes du cycle 3 en vigueur en 2016, avec l'introduction d'une unité de mesure des angles (le degré) et l'utilisation d'un outil de mesure (le rapporteur) en classe de sixième.

Le concept d'angle est une notion réputée comme particulièrement difficile pour les élèves (Berthelot et Salin, 1995). Plusieurs conceptions de l'angle coexistent en effet dans l'enseignement, associées aux définitions que Mitchelmore et White (1998) regroupent en trois catégories :

<sup>6</sup> Programmes en vigueur lors de notre étude

- angle de rotation (correspondant par exemple à une « quantité de tours » entre deux demi-droites de même origine ou à un changement de direction)
- angle de secteurs (surface située entre deux demi-droites de même origine)
- angle d'un couple de demi-droites de même origine.

Les élèves rencontrent de nombreuses difficultés dans l'apprentissage des angles. Des obstacles à la conceptualisation de la notion ont été pointés dans différentes recherches (Berthelot et Salin, 1995 ; Mitchelmore and White, 1998 ; Devichi et Munier, 2013). Beaucoup d'élèves considèrent par exemple que la taille d'un angle dépend de la longueur de ses côtés, l'angle étant conçu comme la donnée de deux segments ayant une extrémité commune. Ainsi, deux angles égaux ne seront pas reconnus comme tels si la représentation de l'un a des côtés plus grands que la représentation de l'autre. Une représentation prototypique des angles, avec un côté horizontal et le sommet placé à gauche, conduit certains élèves à ne pas réussir à identifier les angles disposés autrement et à ne pas prendre en compte les angles rentrants (comme si ces derniers n'existaient pas). En particulier, un angle droit ne sera reconnu que si ses côtés ont une direction horizontale et une direction verticale. L'angle est parfois aussi considéré comme une portion de cercle. Cette vision « part de tarte » peut être un obstacle à la conceptualisation car les élèves réduisent l'angle à la « grosseur » de la part de tarte. Tanguay et Venant (2016) font l'hypothèse que cette conception est un effet possible de l'usage systématique du rapporteur quand des mesures en degré sont en jeu.

Les élèves sont confrontés à de nombreuses difficultés dans l'usage du rapporteur, relatées dans la littérature. Par exemple, Close (1982) a mis en évidence des erreurs dues à un manque de représentation mentale de l'angle du rapporteur à superposer à l'angle à mesurer ou dues à la complexité de lecture de la double graduation du rapporteur. Tanguay (2012) résume ainsi quelques difficultés bien connues rencontrées par les élèves dans l'utilisation du rapporteur :

- coïncidence du bord droit du rapporteur, plutôt que de la ligne de base, avec un côté de l'angle à mesurer
- non coïncidence de l'origine du rapporteur avec le sommet de l'angle
- lecture de la mesure sur la mauvaise graduation (interne plutôt qu'externe ou l'inverse)
- lecture de la mesure sur la bonne graduation mais dans le « mauvais sens » en interprétant par exemple la graduation à gauche de  $40^\circ$  comme  $39^\circ$  plutôt que comme  $41^\circ$  avec une lecture de gauche à droite qui ne convient pas dans certains cas.

### 3.2 Différents types de connaissances

Nous considérons quatre types de connaissances pouvant être mises en jeu dans l'exécution d'une action instrumentée, cette dernière étant définie par l'utilisation d'un objet technique par un sujet pour représenter graphiquement un objet géométrique ou pour en analyser les propriétés (Petitfour, 2015). Nous définissons maintenant chaque type de connaissances et les identifions dans le cas d'une action avec un rapporteur, que ce soit pour tracer un angle d'une mesure donnée ou pour mesurer un angle donné.

Les *connaissances géométriques* sont relatives aux objets, relations et propriétés géométriques. Dans une action instrumentée avec un rapporteur, elles concernent l'angle et les objets géométriques qui le constituent : les demi-droites formant les côtés de l'angle et l'origine commune formant son sommet. Elles concernent également les propriétés des angles (nul, droit, plat, plein, aigu, obtus, saillant, rentrant) et les relations entre les angles (relation d'équivalence, relation d'ordre). D'autres propriétés seront vues après la classe de sixième sur les angles comme les angles adjacents, opposés par le sommet, etc.).

Les *connaissances graphiques* sont relatives aux informations graphiques pertinentes à prélever sur une figure et à leur interprétation géométrique, elles sont également relatives aux symboles et notations. Dans une action instrumentée avec un rapporteur, elles permettent de reconnaître un angle dans le tracé de deux traits droits d'extrémité commune, traits que l'on sait prolongeables autant que l'on veut à leur autre extrémité. Pour ce qui est des signes graphiques, un codage sous forme d'arc de cercle allant d'un côté de l'angle à l'autre permet de visualiser l'angle dont on parle, deux tels arcs portant un symbole identique (par exemple un petit trait) signifient l'égalité de ces angles. Un angle droit est codé par un petit carré placé au niveau du sommet de l'angle. Le symbole  $^{\circ}$  indique l'unité de mesure d'un angle en degré. Enfin, différentes notations des angles sont possibles.  $\widehat{ABC}$  ou  $\widehat{CBA}$  permettent de nommer l'angle de sommet  $B$  dont  $A$  est un point d'un côté de l'angle et  $C$  un point de l'autre côté. L'angle considéré étant un angle géométrique d'après le chapeau, la place des lettres  $A$  et  $C$  autour du point  $B$  dans l'écriture de l'angle n'a pas d'importance et le point  $B$ , en tant que sommet de l'angle, doit être entre ces deux lettres. La notation  $\widehat{A}$  est utilisée pour un angle de sommet  $A$  dans une figure lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté sur l'angle de sommet  $A$  considéré. Ainsi, l'angle  $\widehat{A}$  dans un triangle  $ABC$  signifie nécessairement l'angle  $\widehat{BAC}$ . Enfin, la notation  $\widehat{xAy}$  est utilisée lorsque les demi-droites formant les côtés de l'angle sont repérées par leur origine  $A$  et leur direction, indiquée par  $x$  pour  $[Ax)$  et par  $y$  pour  $[Ay)$ .

Les *connaissances techniques* sont relatives à la fonction de l'objet technique – ou artefact qui devient instrument dans un processus de genèse instrumentale – et à ses schèmes d'utilisation (Rabardel, 1995). Un rapporteur est un instrument de mesure que l'on utilise pour tracer un angle d'une mesure donnée ou pour mesurer un angle donné. La graduation d'un rapporteur est construite en relation avec le partage équitable en secteurs angulaires d'un angle plein. Chaque secteur a une mesure de  $1^{\circ}$ , qui correspond à  $1/360^{\text{ème}}$  de l'angle plein.

La mise en relation d'un rapporteur avec un angle se fait de la façon suivante (voir figure 3) pour le nom des différentes parties du rapporteur : on place le centre du rapporteur sur le sommet de l'angle et la ligne de base d'extrémités le centre et une graduation zéro sur un côté de l'angle. On lit alors la graduation située sur l'autre côté de l'angle (pour une mesure) ou on met une marque au niveau de la graduation souhaitée (pour un tracé du deuxième côté de l'angle).

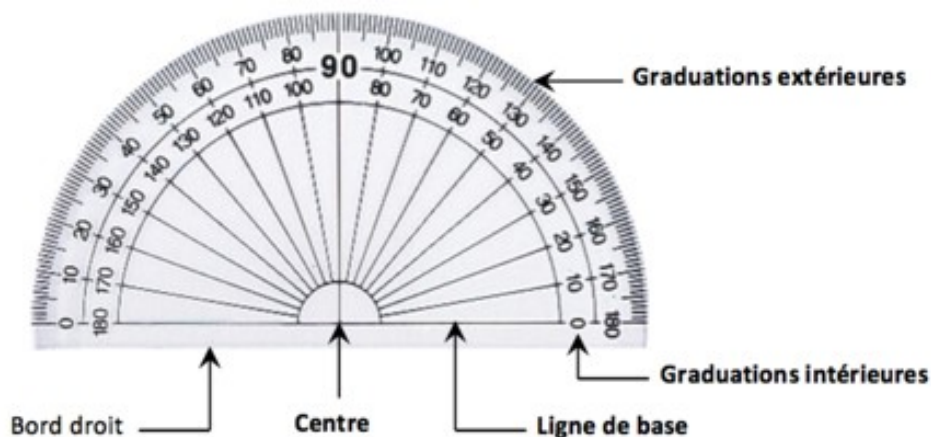


Figure 3. Rapporteur



Les *connaissances pratiques* sont relatives d'une part à la manipulation concrète de l'objet technique matériel, en lien avec les compétences manipulatoires construites par le sujet (capacité de coordination des mouvements et ajustements posturaux réalisés avec l'objet technique, capacité à manipuler l'objet technique avec précision et de manière efficace sur le plan matériel et corporel), d'autre part à l'organisation de l'action instrumentée en contexte, en lien avec les compétences organisationnelles construites par le sujet (capacité à planifier ses actions en concevant l'organisation selon un plan déterminé).

Pour ce qui est du rapporteur matériel, il en existe de plusieurs sortes, certains sous forme de disques, d'autres sous forme de demi-disques. Un rapporteur matériel sous forme d'un demi-disque ajoute à la fonction de rapporteur celle de règle grâce à son bord droit, et si ce bord est gradué en centimètres, la mesure de longueurs de segments devient possible avec le même instrument. Citons ici une connaissance pratique pour le cas des rapporteurs qui ont un trou au niveau de leur centre : on peut placer la mine de son crayon dans le trou, le crayon fait alors office de pivot pour permettre un placement plus aisé de la ligne de base sur l'un des côtés de l'angle. Autre exemple de connaissance pratique en lien avec le tracé d'un angle d'une mesure donnée avec un rapporteur : une mine de crayon bien aiguisée permettra un tracé précis.

## 4. Méthodologie

### 4.1 Étude des pratiques

Pour étudier et décrire les pratiques, nous les déclinons en cinq composantes – personnelle, institutionnelle, sociale, cognitive, médiative – puis nous les recomposons en logiques d'intervention qui dépassent l'échelle d'une séance. Nous livrons ainsi un portrait des pratiques. Selon la Théorie de la Double Approche (Robert et Rogalski, 2002) les composantes sont décrites ainsi :

- la *composante personnelle* sert à traduire les représentations du professeur, les risques qu'il consent à faire, le confort dont il a besoin pour exercer son métier,
- la *composante institutionnelle* renseigne la nature des mathématiques à enseigner, les programmes, les horaires, les ressources mises à disposition,
- la *composante sociale* traduit le fait que l'enseignant n'est pas tout seul dans sa classe ou dans son établissement : il est donc soumis à des exigences, des contraintes ou des attentes inhérentes au fait qu'il appartient à un groupe, une institution,
- la *composante cognitive* décrit tout ce qui correspond aux choix de l'enseignant sur les contenus, les tâches, leur organisation, etc.
- la *composante médiative* correspond aux déroulements, aux improvisations à la dévolution des consignes et aux expositions de connaissances.

Le portrait réalisé, nous l'avons envoyé à l'enseignante de manière à ce qu'elle infirme ou confirme cette recombinaison de sa pratique.

L'expérimentation a lieu lors des deux années scolaires 2014-2016, avant la réforme du collège et sa mise en application. Nous avons rencontré l'équipe des classes de sixième du collège dans le cadre d'un projet sur l'amélioration de l'intégration en classe ordinaire des enfants diagnostiqués à haut potentiel, appelés aussi Elèves Intellectuellement Précoces (EIP)<sup>7</sup>. Pendant l'année scolaire 2014-2015, nous avons échangé avec les professeurs de français, de sciences et vie de la terre et de mathématiques sur les élèves à haut potentiel (trois

<sup>7</sup> Élèves dont le QI (Quotient Intellectuel), évalué à partir de tests psychométriques, est supérieur à 130, le QI moyen étant évalué à 100.

réunions). Au terme de cette année-là, nous avons été invités à entrer dans les classes et notamment celle de mathématiques.

Dans deux classes de sixième, une quinzaine d'élèves bénéficient de quelques aménagements de leur scolarité. Les deux classes de notre expérimentation sont constituées de 6 à 10 élèves à haut potentiel et d'élèves « ordinaires » ou avec d'autres besoins spécifiques (élèves « dys » et autres problématiques).

Les professeurs volontaires déclarent que, pour enseigner dans ces classes, ils modifient leurs pratiques pédagogiques : les aménagements réalisés le plus souvent affectent l'ensemble des élèves et ne sont pas nécessairement individuels. C'est ainsi qu'ils proposent plus de jeux de rôle en classe de français, favorisent les travaux de groupes, mettent en place une classe mobile (avec une tablette pour deux élèves) financée par le rectorat. Dans cette dynamique, ces équipes et notamment les professeurs de mathématiques pensent que la classe inversée est une éventuelle bonne alternative pour les élèves EIP qu'ils décrivent comme très actifs. Ils expliquent que ces modifications de leurs pratiques sont bénéfiques pour l'ensemble de la classe : d'après eux, les résultats globaux ne sont pas meilleurs que dans d'autres classes, mais la dynamique et le climat de la classe sont estimés plus satisfaisantes dans ces deux classes.

Un Espace Numérique de Travail a été ouvert pour permettre aux professeurs de déposer entre autre leurs capsules et restreindre leur visionnage à leurs seuls élèves (seuls les élèves des classes de sixième concernées peuvent y accéder grâce à un mot de passe).

Dans ce collège, nous avons travaillé et échangé avec Élise, professeur de mathématiques et de sciences physiques. C'est une professeure expérimentée qui enseigne depuis une dizaine d'années. Lorsque nous l'avons rencontrée, Élise était sur le point de proposer sa première capsule au sein de sa première classe inversée. Nous l'avons interrogée la première année pour relever les raisons de ses motivations, mais aussi les questions qu'elle se posait pour débiter en classe inversée. Élise est une professeure certifiée en sciences physiques qui a accepté de faire des heures en mathématiques pour assurer un service complet dans son établissement. Elle souhaiterait retrouver ce qu'elle appelle « l'esprit des travaux pratiques en physique » et les transposer en mathématiques, c'est-à-dire passer du temps à manipuler et s'exercer, mais plus généralement adapter la démarche d'investigation aux mathématiques. Élise a choisi le domaine de la géométrie pour faire ses premiers pas en classe inversée. C'est un domaine qui, d'après elle, nécessite de montrer et de répéter de nombreuses fois des gestes (liés à la mesure d'un angle et à son tracé selon une mesure donnée). Pour cette professeure, une capsule va être une bonne réponse pour montrer les différents gestes à faire pour utiliser des instruments, par exemple pour tracer des droites parallèles, pour mesurer un angle, etc. Élise explique par ailleurs son souhait que les élèves « manipulent plus », fassent plus d'exercices, avancent à leur rythme. Elle envisage de faire des capsules en géométrie, l'une sur l'utilisation du rapporteur au sein des séances consacrées à la notion d'angle, l'autre sur la symétrie, alors qu'elle ne souhaite pas encapsuler des notions sur les nombres.

Comme en témoignent d'autres enseignants (Allard et al, 2016), les capsules semblent être une bonne réponse à des problématiques de différenciation (les élèves à besoins spécifiques) et de la prise en compte des élèves décrocheurs.

La première année, nous avons recueilli les questions et les difficultés qu'Élise rencontrait pour ses premiers pas en classe inversée. Elle a d'abord visionné des capsules sur internet mais, aucune ne s'insérant vraiment dans le déroulement prévu pour sa classe, elle a souhaité fabriquer les siennes.

Élise nous a fourni les trois premières capsules réalisées sur l'utilisation du rapporteur. La première année, conformément aux commentaires des programmes, les premières capsules introduisaient la notion d'angle lors de la construction d'une figure. Élise va juger cette capsule trop difficile et va en construire une autre l'année suivante, plus ciblée sur l'utilisation du rapporteur pour deux tâches bien précises : mesurer un angle et tracer un angle d'une mesure donnée. Élise témoigne de difficultés liées aux prises de vue et au contenu (se filmer, filmer seulement ses mains, enregistrer sa voix ou proposer un texte qui défile, déterminer le temps de la vidéo en lien avec le contenu). D'autres questions plus techniques émergent (Sous quel format enregistrer la vidéo ? Vaut-il mieux utiliser une caméra ou la tablette pour les prises de vue ?) Et d'autres plus éthiques : la vidéo doit-elle être disponible à tous (hébergée par exemple sur YouTube) ou réservée aux seuls élèves du collège sur l'ENT ?

Élise fait donc des choix et en subit parfois les conséquences. Ses premières expérimentations de classe inversée ont en effet connu quelques aléas : les élèves n'avaient pas reçu le bon mot de passe pour accéder à l'ENT, ils n'ont donc pas pu se connecter et ont dû visionner la capsule dans le centre de documentation sur le temps d'une pause. Certains des élèves n'ont pas eu le temps de répondre au questionnaire lié à la capsule. La deuxième année pour autant, Élise n'a pas souhaité déposer ses capsules sur YouTube pour des raisons éthiques.

#### **4.2 Recueil de données**

Notre expérimentation a lieu la deuxième année et vise à mesurer les effets de modalités de travail différentes d'un même professeur sur les expositions de connaissance dans des classes de sixième. Cette comparaison nous conduit à étudier l'impact de la composante médiative sur la composante cognitive puisque les trois autres composantes sont identiques.

Les deux classes abordent l'utilisation d'un nouvel instrument de géométrie, le rapporteur, dans le cadre de la séquence sur les angles. L'une des classes devait découvrir, en visionnant une capsule à la maison, l'utilisation de cet instrument tandis que l'autre classe devait le découvrir de manière plus ordinaire en classe. A cette occasion, les élèves ont été confrontés à deux types de tâches : mesurer un angle donné et tracer un angle d'une mesure donnée.

Pour réaliser les nouvelles capsules, Élise a contacté des élèves de cinquième (élèves EIP qu'elle avait eu en sixième l'année d'avant) et leur a demandé de réaliser les vidéos à partir d'un scénario pensé ensemble sur les temps de la pause méridienne. Elle a choisi de ne filmer que les mains des élèves et d'enregistrer leur voix. Élise a prévu de proposer les mêmes exercices à ses deux classes et de leur faire écrire les mêmes traces dans le cahier de cours.

Les conditions de la mise en œuvre de notre comparaison, à savoir un même professeur, des classes de même niveau pour un même itinéraire cognitif et un même contenu, nous offre la possibilité de comparer seulement ce qui relève des composantes médiative et cognitive.

Pour réaliser cette comparaison, nous avons recueilli trois vidéos (caméra fixe placée au fond de la classe pour la classe ordinaire, plusieurs extraits filmés réalisés par l'enseignante pour la classe inversée). Nous avons retranscrit l'ensemble des trois vidéos de classe :

- deux séances de classe de 45 minutes pour la classe ordinaire
- des extraits d'une durée de 35 minutes sur une séance de classe de 45 min pour la classe inversée

Ces données vont nous permettre d'analyser les pratiques effectives de l'enseignante.

Notre recueil est également constitué :

- des deux vidéos des capsules de quelques minutes (une vidéo de 1 min 23 sur la mesure d'un angle donné et l'autre de 37 s sur le tracé d'un angle d'une mesure donnée) ;

- des entretiens enregistrés avec l'enseignante ;
- de l'intégralité du cahier de cours, des exercices sur l'année ;
- de l'évaluation proposée sur l'utilisation du rapporteur.

Pour les deux classes, la séquence d'enseignement sur les angles porte, durant les deux premières séances, sur la définition d'un angle, sur la caractérisation d'un angle par rapport à sa mesure en degré, sur la manière de nommer et d'écrire les angles et sur une présentation du rapporteur. Dans la classe ordinaire, une troisième séance porte sur la mesure d'angles et une quatrième sur le tracé d'angles de mesure donnée, tandis que dans la classe inversée, une seule séance est consacrée à l'utilisation du rapporteur pour la mesure et le tracé d'angles.

### 4.3 Traitement des données

Nous avons découpé les séances en épisodes. Pour déterminer ces épisodes, nous avons plusieurs indicateurs liés à l'activité du professeur et qui renseignent sur ses pratiques d'institutionnalisation. Nous pouvons *a priori* penser qu'il y aura des phases de rappels et/ou des moments consacrés à exposer des connaissances. Le visionnage des vidéos nous a permis d'identifier d'autres types d'épisodes dans lesquels le professeur expose des connaissances qui ne sont pas forcément identifiées et nommées dans les travaux de recherche. Pour les débusquer, nous tenons compte des éléments de connaissances produites (anciennes ou récentes). Nous avons déterminé ainsi plusieurs types épisodes en fonction des expositions de connaissances produites et du rôle de ces dernières dans le déroulement de la séance. Par exemple, pour identifier ce qui relève des connaissances anciennes et des connaissances nouvelles, nous nous sommes servis du cahier de cours et nous avons interrogé l'enseignante. Nous avons pu ainsi étiqueter certains épisodes comme « rappel ». Enfin, un premier visionnage des vidéos sans le son nous a permis de mieux identifier les connaissances transmises par les gestes, comme par exemple l'ouverture d'un angle représentée avec les deux mains.

Les types d'épisode permettent un premier découpage et situent nos analyses à un niveau local. L'étude des gestes, des routines et des formes langagières pour chaque épisode renseigne le niveau micro. Suite au visionnage des vidéos, nous identifions six grands types d'épisodes pour lesquels nous avons débusqué des expositions de connaissances.

Les six grands types d'épisodes que nous repérons en classe ordinaire sont les suivants :

1. **Rappel** : des expositions de connaissances sont faites sur les connaissances des séances précédentes et relèvent des quatre types de connaissances, elles ont pour objectif de mobiliser les connaissances et de les rendre disponibles pour traiter, entre autres, des exercices.
2. **Mise en activité** : les élèves vont faire les exercices que l'enseignante leur propose. L'enseignante donne les consignes tant du côté de la tâche que des attitudes attendues. Lors de ces phases, il est probable que l'enseignante fasse encore des rappels tant du côté des connaissances techniques que géométriques selon les questions des élèves.
3. **Méthodologie** : des méthodes sont explicitées, avec une exposition de connaissances techniques.
4. **Exposition de nouvelles connaissances** : l'enseignante expose de nouvelles connaissances.
5. **Régulation** : l'enseignante prend des informations sur les productions de ses élèves et remédie aux difficultés, parfois elle demande aux élèves de reformuler des éléments du cours.
6. **Correction / Synthèse** : l'enseignante mène une correction d'exercices avec la classe et réalise éventuellement une synthèse.

## 5. Analyse des données

La deuxième année, tout comme la première année, les élèves rencontrent des difficultés pour se connecter à l'ENT du collège. L'enseignante décide donc de charger les capsules sur des tablettes de manière à ce que les élèves qui n'ont pas pu accéder à la plate-forme puissent visionner les capsules lors de la séance. Selon les principes de la classe inversée, les élèves auraient dû prendre connaissance de la capsule chez eux et compléter un questionnaire puis en classe, installés en îlots, ils auraient fait des exercices. Suite aux difficultés d'accès à l'ENT, les élèves n'ont pas pu écouter la capsule chez eux ni répondre au questionnaire. Cela crée un imprévu dans notre expérimentation et révèle en même temps les soucis techniques qui peuvent arriver, ainsi que l'adaptabilité du professeur pour gérer ces moments non prévus. Cet imprévu va nous renseigner sur la manière dont les élèves peuvent utiliser une capsule quand celle-ci peut être visionnée en même temps que la réalisation des exercices (ce qui n'est pas forcément envisagé en classe inversée). Toutefois, notre objectif de comparaison des expositions de connaissances produites par une même enseignante selon des modalités de travail différentes est toujours possible. Nous resterons cependant prudentes sur les résultats des effets de la classe inversée, étant donné le caractère atypique de nos données par rapport au modèle prôné.

### 5.1 Description des séances sur l'utilisation du rapporteur dans la classe ordinaire

Les deux séances sur l'utilisation du rapporteur en classe ordinaire (séance (3) sur la mesure d'un angle donné et séance (4) sur le tracé d'un angle d'une mesure donnée), de 50 minutes chacune et réalisées à deux jours d'intervalle, se découpent selon le même scénario avec la même succession des différents types d'épisodes (annexe 1). Elise débute son cours en faisant de nombreux rappels sous la forme d'un cours dialogué (Hersant, 2004). Elle mobilise ainsi les connaissances anciennes et les articule avec les nouvelles. Par exemple, lors de la séance (3), elle rappelle les noms des différents angles selon leurs mesures «  $90^\circ$  c'est un angle droit, un angle plein c'est  $360^\circ$ , etc. ». Elle présente ensuite la partie nouvelle du cours : « mesurer un angle avec un rapporteur » pour la séance (3) et « tracer un angle de mesure donnée » pour la séance (4). Les élèves font ensuite une série d'exercices. Le choix des exercices prend en compte les potentiels obstacles que les élèves pourraient rencontrer dans la manipulation du rapporteur. Par exemple, les angles à mesurer sont différemment orientés sur la fiche d'exercices, cela imposant l'utilisation de la double graduation du rapporteur, ou encore certaines représentations d'angles nécessitent le prolongement d'un côté pour une lecture possible de la graduation du rapporteur. L'enseignante passe dans les rangs, discute avec les élèves lorsqu'elle s'aperçoit d'une erreur tant du côté des notations que de la mesure de l'angle ou de la tenue de l'instrument. Puis collectivement elle corrige les exercices en insistant sur certaines des difficultés récurrentes, comme se tromper dans la double graduation ou encore ne pas oser prolonger les côtés. Les interactions avec les élèves sont nombreuses, de plus ces derniers sont invités à aller au tableau, aider un camarade qui est en difficulté, etc. Nous reviendrons par la suite sur le contenu et les types de connaissances qui circulent dans la classe.

Dans la classe ordinaire, l'enseignante est devant le tableau et face aux élèves lors des phases de rappel. Les épisodes de régulation sont des moments où elle se déplace dans la classe. Les interactions entre l'enseignante et le groupe classe sont nombreuses, comme en témoignent les transcriptions. Ce sont autant d'occasions pour les élèves de s'exprimer dans un vocabulaire approprié. C'est ainsi qu'Élise, à plusieurs reprises, fait remarquer qu'on ne parle pas du trou

du rapporteur mais du centre, et également qu'elle précise le vocabulaire, comme par exemple lors de l'explicitation du positionnement du rapporteur par rapport à la représentation de l'angle :

Élise : première chose, très bien, on fait coïncider le centre du rapporteur avec le sommet de l'angle

Lors de ces nombreux échanges, elle encourage les élèves non seulement à décrire leurs actions avec le rapporteur, en leur apportant un vocabulaire approprié si besoin, mais aussi à justifier ces actions. Dans l'extrait suivant, une justification du prolongement d'un des côtés de l'angle représenté est demandée par l'enseignante. Cette dernière met alors en évidence des connaissances géométriques sur la nature des côtés d'un angle et des connaissances graphiques sur la représentation d'une demi-droite :

Élise : Pourquoi ? Pourquoi tu as le droit de prolonger ?

Ben : parce que c'est une demi-droite

Élise : et ?

Ben : c'est illimité de l'autre côté

Élise *hoche la tête en signe d'acquiescement* : limité d'un côté, infini de l'autre, donc tu as le droit, tout simplement de prolonger chacun des côtés. Eh Ben, allez au boulot !

Ben *prend l'équerre pour prolonger*.

Élise : on peut prolonger car les côtés des angles sont des demi-droites, on peut prolonger sans problème. On prolonge et ensuite on n'a plus de souci pour utiliser le rapporteur.

## 5.2 Description de la séance dans la classe inversée

Dans la classe inversée, les tâches « mesurer un angle donné à l'aide du rapporteur » et « tracer un angle d'une mesure donnée à l'aide du rapporteur » sont traitées lors d'une seule séance de 50 minutes.

Au début de la séance, les élèves écoutent et regardent la première capsule. Plusieurs stratégies sont relevées. Quelques-uns la visionnent une seule fois et font les exercices ensuite, tandis que les autres la visionnent une fois, puis commencent les exercices, puis révisionnent la capsule un certain nombre de fois, en faisant parfois des arrêts sur image. Ils observent la manipulation pour essayer de la reproduire (certains tournent par exemple leur feuille pour orienter les angles comme sur la capsule). Ils poursuivent l'écoute et font les exercices. En moyenne les élèves ont visionné trois fois les deux capsules (soit trois minutes), certains l'ont visionnée huit fois. Majoritairement les élèves ont donc regardé les vidéos en faisant des arrêts pour faire à « la manière de ».

Nous avons interrogé un élève sur la manière dont il avait utilisé la tablette :

En fait, quand en fait, quand, quand, quand on travaille eh ben, on, on la passe en boucle, on la met sur pause. Quand on met sur pause et quand on a besoin d'un truc, on, on, met sur play, et après, eh ben on dit c'qu'il explique, enfin, on la repasse, on la repasse en boucle quand on ne comprend pas comment il faut faire.

Élise circule autour des îlots, réagit quelquefois à des erreurs d'élèves mais la plupart du temps, les élèves s'entraident et se corrigent entre eux. Dans ce dispositif, Élise semble ne plus s'autoriser à faire des corrections, à interagir avec les élèves ou encore à faire des ajouts sur et autour du cours. Elle nous explique qu'elle est moins intervenue car les élèves « travaillaient ensemble et ne la sollicitaient pas ». Dans l'extrait suivant, une justification du prolongement d'un des côtés de l'angle représenté est demandée par l'enseignante. Cette dernière souligne

alors des aspects pratiques de la construction avec des considérations de précision.

Élise : Tu peux p't'être prolonger, ça serait mieux.

*é prolonge un côté de l'angle.*

Élise : Pourquoi on peut le prolonger ?

é : parce que c'est deux demi-droites.

Élise : Très bien. Pour que ce soit plus précis.

### 5.3 Comparaison des scénarios

La comparaison au niveau du temps consacré pour les mêmes enseignements montre que la classe inversée est moins chronophage que la classe ordinaire. Il faut deux séances de 45 minutes à Élise et à ses élèves pour traiter des tâches « mesurer un angle donné à l'aide du rapporteur » et « tracer un angle d'une mesure donnée à l'aide du rapporteur » alors qu'une seule séance de 50 minutes est nécessaire dans la classe inversée pour traiter de ces deux tâches. Cette différence significative est perçue très favorablement par l'enseignante qui se sent contrainte par les programmes. La comparaison des épisodes et des expositions de connaissance va permettre de comprendre ce qui s'est joué dans ces deux classes.

L'essentiel des expositions de connaissance produites dans la classe ordinaire est réalisé par l'enseignante au cours des différents épisodes que nous avons identifiés. Dans la classe inversée, l'enseignante ne s'adresse pas au groupe classe pour exposer des connaissances, mais seulement pour faire des rappels à l'ordre ou d'autres interventions liées au fonctionnement de la classe. Le contenu des capsules (inférieur à 5 minutes) constitue l'essentiel des expositions de connaissances.

Alors que le scénario de la classe ordinaire est découpé en épisodes constitués des six types dont plusieurs phases de rappel (trois phases sur des points différents) et de phases de régulation (trois phases), celui de la classe inversée ne contient que trois épisodes sans phase de rappel et avec une seule phase de régulation (annexe 2). Pour la classe inversée, nous soulignons donc l'absence de phase de rappel et une place moins importante accordée par l'enseignante à la régulation.

Les épisodes qui exposent la fiche méthodologique sont pris en charge par l'enseignante dans la classe ordinaire tandis qu'ils sont entièrement pris en charge par les capsules dans la classe inversée. De plus, le texte des capsules est analogue au texte de la fiche méthodologique distribuée par l'enseignante dans la classe ordinaire.

La comparaison des épisodes permet de dire que les modalités de travail ont un impact sur la pratique de l'enseignante notamment dans la prise en charge des connaissances anciennes puisqu'il n'y a pas d'ancrage de ces connaissances dans les nouvelles lors d'échanges en grand groupe dans la classe inversée.

Le processus de dépersonnalisation ne semble pas effectif dans la classe inversée puisque la dimension sociale (en grand groupe) n'a pas la même importance : les groupes travaillent entre eux mais les phases de mises en commun ou de synthèse sont absentes. Le changement de modalité de travail n'explique pas à lui seul ces absences et la disparition des moments collectifs, qui sont liés aussi aux choix de l'enseignante. Cependant les mises en commun et synthèse contribuant au processus d'institutionnalisation, nous pouvons émettre l'hypothèse que ces phases disparaissent car l'institutionnalisation a été réalisée avant le travail en classe. Le processus est inversé et l'institutionnalisation n'émerge plus suite à la hiérarchisation des procédures et des synthèses. Nous pouvons également nous demander dans quelle mesure la correction individuelle des exercices suffit comme conclusion de la séance pour l'enseignante

ou encore dans quelle mesure elle ne s'autorise plus dans cette modalité de travail à faire vivre des temps collectifs.

La comparaison montre une enseignante qui ne s'adresse plus au groupe classe mais à des îlots. Cette différence ne permet plus de rendre communes les nouvelles connaissances. Dans la classe inversée, les interactions entre les élèves sont nombreuses mais les niveaux de formulations sont assez faibles et non travaillés en classe entière. Ils s'appuient essentiellement sur la langue courante et donc assez peu sur le vocabulaire géométrique.

Enfin les régulations sont prises en charge dans une certaine mesure par les élèves ainsi que les corrections d'exercices. Alors que dans la classe ordinaire la correction permet une mise en commun et une réflexion sur les erreurs les plus communes, cette phase disparaît dans la classe inversée. Plusieurs effets sont visibles :

- les élèves s'attachent seulement au résultat (la mesure de l'angle)
- la réflexion sur l'usage de l'instrument et sur les liens avec le concept d'angle n'est pas exposée et discutée en classe entière.

#### **5.4 Comparaison des connaissances en jeu**

Nous étudions les connaissances en jeu dans les types d'épisodes où ces connaissances sont exposées aux élèves, c'est-à-dire où la classe entière a l'opportunité d'entendre ou de voir la même chose. Cela concerne les épisodes de types 1, 2, 3, 4, 6 dans la classe ordinaire et de type 3 dans la classe inversée.

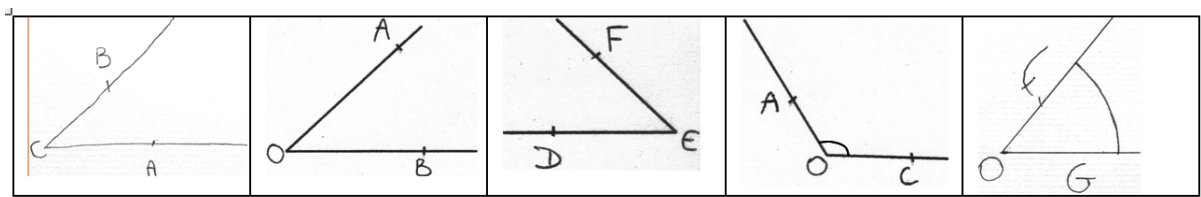
Des connaissances géométriques apparaissent de façon explicite uniquement dans la classe ordinaire. D'une part, la classification des angles basée sur leur mesure en degré est rappelée : les angles sont caractérisés selon leur ouverture mesurée en degré (un angle peut être droit, aigu, obtus, plat, nul ou rentrant). D'autre part, un angle est défini comme étant formé par deux demi-droites (les côtés de l'angle) qui ont la même origine (le sommet de l'angle), une demi-droite étant définie comme une ligne droite que l'on peut prolonger indéfiniment d'un côté.

Des connaissances graphiques apparaissent aussi explicitement uniquement dans la classe ordinaire : d'abord le chapeau (symbole  $\Lambda$ ) permet de différencier un angle d'un triangle, ensuite un angle peut être nommé par trois lettres, la seconde lettre nomme le sommet, la première un point sur un côté et la troisième un point sur l'autre côté. Le fait que le trait qui représente une demi-droite peut être prolongé d'un côté est mentionné dans les deux classes, mais la justification qui en est faite n'est pas de même nature : dans la classe ordinaire, référence est faite à des connaissances géométriques et graphiques (« les côtés des angles sont des demi-droites / une demi-droite est limitée d'un côté, infinie de l'autre »), dans la classe inversée, l'enseignante insiste sur la précision de la construction. Remarquons qu'elle ne justifie pas explicitement que la mesure de l'angle ne dépend pas de la longueur de ses côtés, mais dans la classe ordinaire les justifications dépassent les aspects pratiques liés à l'exactitude de la mesure.

En ce qui concerne les représentations d'un angle, les dessins sont plus nombreux dans la classe ordinaire. En effet, cinq angles ont été dessinés sur le tableau blanc : un tracé à main levée et les autres tracés avec un des côtés de l'équerre (dans sa fonction de règle). En outre, un des angles est obtus tandis que les quatre autres sont aigus, avec une ouverture similaire autour de  $45^\circ$ , mais l'un est avec le sommet à droite (cela permet d'utiliser les deux graduations du rapporteur).



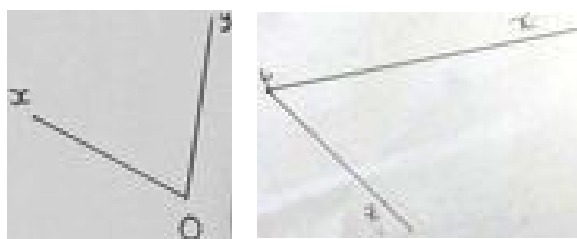
Enfin, les cinq angles sont dessinés avec un côté horizontal et ils sont nommés à l'aide de trois points (fig. 4).



**Figure 4.** Dessins des angles dans les cours sans tablette

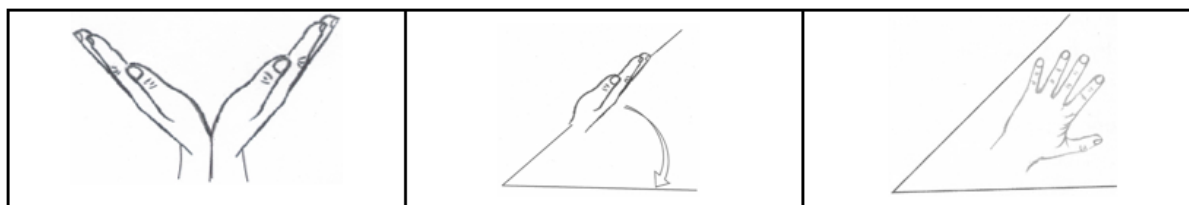
Le dessin de l'angle  $\widehat{FOG}$  de  $52^\circ$  a été présenté par deux élèves sur le tableau blanc et à chaque fois, ils ont dessiné un arc de cercle le long du bord circulaire du rapporteur, en dépit du fait que l'enseignante ait mentionné l'inutilité de cette ligne courbe. Cette représentation a conduit d'autres élèves à parler explicitement de « part de gâteau », ce qui révèle la conception erronée de l'angle comme un secteur de disque.

Sur la capsule conçue pour la classe inversée, seulement deux angles aigus sont dessinés. Ils sont orientés de façon non prototypique et sont nommés avec une lettre pour le sommet (lettre capitale) et les lettres des directions de chaque côtés (lettres minuscules) (fig. 5). Ce n'est pas cette notation qui est utilisée dans l'exercice d'application qu'ont à faire les élèves, mais la notation avec trois points.



**Figure 5.** Dessins des angles dans la classe inversée

Dans les deux classes, les dessins des angles sont nommés à la fois à l'oral et à l'écrit. Dans la classe ordinaire, l'enseignante utilise parfois des gestes aussi (fig. 6) exprimant l'aspect « ligne » ou l'aspect « surface » de l'angle.



**Figure 6.** Gestes à propos des angles (à gauche, l'aspect « ligne », au milieu et à droite, l'aspect « surface »)

De plus dans le cas de l'angle obtus  $\widehat{AOC}$  (fig. 4), l'enseignante utilise un codage – un petit arc de cercle – afin d'indiquer quel angle doit être considéré. Sur la capsule de la classe inversée, il y a seulement des gestes de pointage des lettres « x », « O » et « y » en même temps qu'elles sont prononcées dans cet ordre pour nommer l'angle mesuré.

Des connaissances techniques sont rappelées seulement dans la classe ordinaire. Ces connaissances concernent d'un côté la fonction du rapporteur – un rapporteur est un

instrument de mesure, la mesure est exprimée en degré – et de l'autre une description des parties du rapporteur à mettre en lien avec la représentation de l'angle. En effet, la localisation du centre du rapporteur est d'abord donnée d'une manière générale, par un discours accompagné de gestes, puis la graduation  $0^\circ$  et la double graduation (intérieure et extérieure) de  $0^\circ$  à  $180^\circ$  sont nommées et pointées sur le rapporteur par l'enseignante.

Les étapes pour mesurer un angle et les étapes pour dessiner un angle avec le rapporteur sont formulées de la même façon dans les deux classes. Ce qui est dit est exactement ce qui est écrit sur la « fiche méthode » donnée aux élèves. Par exemple, voici les étapes pour mesurer un angle<sup>8</sup>:

1. Faire coïncider le centre du rapporteur et le sommet O de l'angle.
2. Faire coïncider la graduation  $0^\circ$  avec l'un des côtés de l'angle.
3. Suivre les graduations  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  ... jusqu'à rencontrer l'autre côté de l'angle ; il est parfois nécessaire de prolonger un côté, pour pouvoir lire la mesure.
4. Contrôler votre mesure en vérifiant à vue l'œil si l'angle est aigu ou obtus.

Dans la classe inversée, les élèves peuvent entendre et voir la séquence filmée des étapes autant de fois qu'ils le veulent, et également arrêter et revenir en arrière s'ils le souhaitent, tandis que dans la classe ordinaire, la suite des étapes est présentée plusieurs fois par différents élèves au tableau (par exemple, trois fois pour la mesure d'un angle avant de faire l'exercice d'application). L'enseignante aide les élèves à formuler la méthode qu'ils mettent en œuvre.

Des connaissances pratiques apparaissent seulement dans la classe ordinaire. Par exemple, des rapporteurs ont un trou pour montrer le centre près du bord du rapporteur, tandis que le rapporteur du tableau a son centre sur le bord ; le bord circulaire du rapporteur peut être abîmé de telle sorte qu'il vaut mieux éviter de tracer le long de ce bord ; si le rapporteur va au-delà des traits qui représentent les côtés de l'angle à mesurer, alors il faut prolonger ces traits. Concernant les aspects organisationnels, l'enseignante a donné aux élèves le conseil de ranger leur rapporteur dans une pochette dans leur classeur pour éviter de le casser.

## Conclusion

La comparaison des pratiques selon des modalités de travail n'a pu être effective que pour une seule enseignante. Pour compléter cette expérimentation, il nous faudrait poursuivre avec d'autres enseignants. Cette étude est exploratoire et permet de préciser les questions au sujet du processus d'institutionnalisation dans les apprentissages, de la place et du rôle des nouvelles technologies et des apprentissages potentiels des élèves.

### Du côté des élèves

Assez majoritairement, les élèves de la classe inversée déclarent avoir apprécié cette nouvelle modalité de travail. Les élèves intellectuellement précoces (EIP) ne font pas partie de ceux-là. Une d'entre eux précise qu'elle s'est ennuyée à ne faire que des exercices, qu'elle n'apprécie pas le travail de groupe car elle doit expliquer et qu'elle n'aime pas ça. Elle ajoute qu'elle regrette de ne pas avoir pu poser de questions à son enseignante car souvent cela lui permet « d'aller plus loin ». Cette élève témoigne ainsi d'une stratégie qu'elle a su développer pour en apprendre plus lors des cours se déroulant dans une modalité de travail ordinaire. Il apparaît donc que cette expérimentation, au départ prévue pour les EIP, n'a pas rencontré le succès souhaité pour ces élèves-là. Dans les bénéfices de la classe inversée, les autres élèves mettent

<sup>8</sup> Le document donné aux élèves est une photocopie du manuel de sixième (BORDAS, 2000, p187)

en avant le plaisir de travailler ensemble et de pouvoir échanger entre pairs. Ainsi, d'après leur propos, la place de l'apprentissage semble secondaire. Il est important que l'engouement des élèves pour cette modalité de travail ne masque pas son but premier : leurs apprentissages en mathématiques. Qu'en est-il vraiment ? Comment évaluer les apprentissages effectifs des élèves suite à ces inversions de classe ? Quels effets sur les apprentissages si les notions se découvriraient toutes en classe inversée ? Nous n'avons pas encore de réponses à ces questions.

### **Du côté des connaissances**

Dans la classe ordinaire, les élèves sont potentiellement confrontés aux quatre types de connaissances. Notre étude montre que les connaissances géométriques liées au concept d'angle  $\gamma$  sont formulées, alors qu'elles ne le sont pas dans la classe inversée dans laquelle elles n'apparaissent qu'en acte dans l'utilisation du rapporteur. Ce qui est à retenir n'est donc pas nécessairement repéré par les élèves. Ensuite, nous avons constaté un meilleur niveau de formulation dans la classe ordinaire, qui s'explique par les nombreuses opportunités données par l'enseignante aux élèves de s'exprimer et d'améliorer leur langage dans les moments collectifs. Ces moments n'existent pas dans la classe inversée où les échanges élèves – enseignante ne sont que duaux et où l'enseignante se focalise plus sur les erreurs de manipulation que sur celles de formulation. Enfin, les exemples rencontrés sont plus nombreux et plus divers dans la classe ordinaire, ce qui laisse supposer une meilleure appropriation de la complexité du concept d'angle que dans la classe inversée.

Concernant les connaissances techniques et graphiques, nous avons constaté qu'avec la capsule la présentation d'une technique d'utilisation du rapporteur sur un seul cas mettait en difficulté des élèves qui ne réussissaient pas à discerner les informations pertinentes de celles qui ne l'étaient pas. Nous émettons l'hypothèse que de telles connaissances sont « encapsulables » à condition de penser une diversité d'exemples, afin que l'exposition du traitement d'un cas particulier ne s'érige en obstacle pour traiter la diversité des cas existants.

### **Du côté de l'institutionnalisation**

Dans la classe inversée, la dimension sociale (Allard, 2015) du processus d'institutionnalisation n'est pas « enclenchée ». Il n'y a pas d'échanges avec le groupe classe. La dépersonnalisation et la décontextualisation ne sont pas effectives. Des échanges ont bien lieu mais seulement entre les individus d'un groupe si bien que les degrés de formulation et de formalisation sont faibles, voire inexistantes (les élèves entre eux se montrent des actions avec le rapporteur sans les expliciter par le langage).

Dans la classe ordinaire, la présence de phases de rappel permet de mobiliser des connaissances plus ou moins anciennes et d'établir des liens avec les nouvelles. Ces phases permettent potentiellement aux élèves de mémoriser leur cours et de pointer ce qu'il faut apprendre dans leur cours. Les phases de régulation permettent des reformulations nombreuses et contribuent à la mémorisation dont Margolinas (2014) rappelle qu'il s'agit d'une des caractéristiques des textes du savoir. La notion étudiée produit des écrits assez procéduraux et qui embarque assez peu de connaissances géométriques. Il s'agit là d'une des limites de notre travail. Apprendre à utiliser un nouvel instrument de géométrie ne permet pas d'aller plus loin sur les résultats des pratiques d'institutionnalisations selon des modalités de travail différentes.

### **Du côté des pratiques**

Changer des modalités de travail a un impact sur les expositions de connaissances. L'enseignante suivie a des routines et des gestes professionnels (Butlen, 2004) qui lui

permettent d'assurer les trois grands moments de l'activité du professeur : les processus de dévolution, d'institutionnalisation et de régulation (Butlen, Pezard et Masselot, 2012). Le changement de modalité de travail modifie ces gestes et ces routines au détriment des processus de régulation et d'institutionnalisation. Une étude des pratiques sur un temps plus long permettrait de savoir si ces grands moments réapparaissent une fois que l'enseignant a construit de nouvelles routines.

La classe inversée apparaît pour certains comme une mode pédagogique, pour d'autres il s'agit là d'une révolution. Pour nous, la classe inversée vient enrichir les palettes des possibles pour faire la classe. Comme toutes les modalités de travail, elle a des avantages et des inconvénients. Il nous semble imprudent de penser que cette modalité va révolutionner l'apprentissage ou est moins « ennuyeuse » que la classe ordinaire. Nous soulignons que modifier des modalités de travail n'a pas toujours les effets attendus sur les pratiques ou sur la construction des connaissances. La nouveauté ne permet pas toujours le renouvellement.

Les comparaisons, comme celles réalisées dans cette recherche, sont des études qui permettent d'engager une réflexion nécessaire sur ces nouvelles modalités de travail telles que promues par certains formateurs de terrain et par l'institution (Gerbal 2017).

Il s'agit de multiplier ces études afin d'évaluer de façon rigoureuse les effets de la classe inversée sur les apprentissages effectifs des élèves.

## Références

- ALLARD C. (2015) *Étude du processus institutionnalisation dans les pratiques d'enseignants de fin d'école primaire : le cas des fractions*. Thèse de doctorat, Université Paris-Diderot.
- ALLARD C., ASIUS L., BRIDOUX S., CHAPPET-PARIES M., PILORGE F., ROBERT A. (2016) Quand le professeur de mathématiques est sur You Tube... Quelques réflexions sur les moments d'exposition des connaissances et les capsules pour des classes inversées. *Cahier du laboratoire de didactique André Revuz*, **16**, Université Paris Diderot.
- BERTHELOT R., SALIN M.-H. (1994–95) Un processus d'enseignement des angles au cycle III. *Grand N*, **56**, 69-116.
- BLOCH I. (2013) Elèves en difficulté à l'entrée au collège quelques repères pour penser l'enseignement des mathématiques. *Petit x*, **93**, 29-51.
- BRIDOUX S., GRENIER-BOLEY N., HACHE C., ROBERT A. (2016) Les moments d'exposition des connaissances en mathématiques ; analyses et exemples. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, **21**, 187-234.
- BONNERY S. (2010) *Comprendre l'échec scolaire*. Paris: la dispute.
- BROUSSEAU G. (1997) La théorie des situations : le cours de Montréal 1997 <http://guy-brousseau.com/1694/la-theorie-des-situations-didactiques-le-cours-de-montreal-1997/>
- BUTLEN D., PEZARD M. (2003) Étapes intermédiaires dans le processus de conceptualisation. *Recherches en didactique des mathématiques* **23/1**, 41-78.
- BUTLEN D. (2004) Deux points de vue pour analyser les pratiques observées. In M.L Peltier-Barbier(ed) *Dur d'enseigner en ZEP. Analyse des pratiques des professeurs d'école enseignant les mathématiques en réseaux d'éducation prioritaire* (33-42) Grenoble : la pensée sauvage.
- BUTLEN D., CHARLES-PEZARD M., MASSELOT P. (2009) Gestes et routines professionnels, un enjeu pour intervenir sur les pratiques enseignantes, Espace Mathématique Francophone, Dakar, Sénégal.

- BUTLEN D., PEZARD M., MASSELOT P. (2012) *Professeurs des écoles débutants enseignant les mathématiques en ZEP. Quelles pratiques, quelle formation.* Grenoble : la pensée sauvage.
- CLOSE G. S. (1982) Children's understanding of angle at primary/secondary transfert age. Master of science, Polytechnic of the South Bank, London.
- DEVICHI C., MUNIER V. (2013). About the concept of angle in elementary school: Misconceptions and teaching sequences. *Journal of Mathematical Behavior*, **32**, 1-19.
- DUFOUR H. (2014) La classe inversée  
 eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/.../6508-193-p44.pdf
- GERBAL J.P. (2017) Mon expérience d'une année en classes inversées. *Bulletin APMEP* **523**,143-145.
- HERSANT M (2004) Caractérisation d'une pratique d'enseignement, le cours dialogué. *Revue canadienne des sciences, des mathématiques et des technologies*, **4(2)**,241-258
- MARGOLINAS C. (2014) Connaissance et savoir. Concepts didactiques et perspectives sociologiques ? *Revue française de pédagogie* **188**, 13-22.
- MITCHELMORE M., WHITE P. (1998). Development of Angle Concepts: A Framework for Research. *Mathematics Education Research Journal*, **10(3)**, 4-27.
- PERRIN-GLORIAN M.J (1993) Questions de didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans des classes « faibles ». *Recherches en didactiques des mathématiques*, **13/1,2**,95-118.
- PETITFOUR E. (2015) *Enseignement de la géométrie à des élèves en difficulté d'apprentissage : étude du processus d'accès à la géométrie d'élèves dyspraxiques visuo-spatiaux lors de la transition CM2-6ème.* Thèse de doctorat. Université Paris Diderot [Hal].
- RABARDEL P. (1995) *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains.* Armand Colin.
- ROBERT A., ROGALSKI J. (2002) Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématique : une double approche, *Revue canadienne de l'enseignement des sciences des mathématiques et des technologies*, **2(4)**, 505-528.
- ROBERT A., VIVIER L. (2013). Analyser des vidéos sur les pratiques des enseignants du second degré en mathématiques : des utilisations contrastées en recherche en didactique et formation de formateurs, *Education et didactique*, **7(2)**,115-144
- TANGUAY D. (2012) La notion d'angle au début du secondaire. *Envol*. First part in **158**, 33-37; Second part in **159**, 31-35.
- TANGUAY D., VENANT F. (2016) The semiotic and conceptual genesis of angle. *ZDM Mathematics Education*, 1-20.
- SENSEVY G. (1996) Le temps didactique et la durée de l'élève. Étude d'un cas au cours moyen : le journal des fractions, *Recherches en didactique des mathématiques*, **16/1**, 7-46.
- VANNIER M.P (2010) L'activité du professeur : entre ajustement aux besoins d'élèves « scolairement fragilisés » et maintien d'une exigence didactique. *Actes du colloque CiDd (Congrès International de Didactiques)*, Nantes, Girona, 3-5 Février.

## Annexe 1. Exposition de connaissances en classe ordinaire

Types d'épisode	Exposition de connaissances par l'enseignante lors des séances (3) et (4)
<b>1. Rappel</b>	<p><b>Caractériser un angle par rapport à sa mesure (3) (4)</b>            Un angle a un nom, son nom, c'est par rapport à son ouverture  <math>90^\circ</math> c'est un angle droit, <math>180^\circ</math> un angle plat, <math>0^\circ</math> un angle nul, <math>360^\circ</math> un angle plein, de <math>0^\circ</math> à <math>90^\circ</math> un angle aigu, de <math>90^\circ</math> à <math>180^\circ</math> un angle obtus, de <math>180^\circ</math> à <math>360^\circ</math>, un angle rentrant.</p> <p><b>Mesurer avec un rapporteur (4)</b>            Mesurer, ça veut dire qu'on utilise un rapporteur.            Un rapporteur, c'est un instrument de mesure.</p> <p><b>Noter et nommer les angles (3) (4)</b>            On nomme un angle BCA et on le note avec un chapeau.            Sans chapeau BCA est un triangle.            On peut le nommer également ACB.            La lettre qui correspond au sommet est toujours au milieu.            On peut déterminer la valeur exacte de cet angle en utilisant un rapporteur.</p>
<b>3. Méthodologie</b>	<p><b>Estimer pour contrôler (3)</b>            Avant d'effectuer la moindre mesure à l'aide du rapporteur, on peut déjà estimer s'il s'agit d'un angle aigu ou obtus pour avoir un ordre de grandeur.</p>
<b>1. Rappel</b>	<p><b>Définir le centre en appui sur une description du rapporteur (3) (4)</b>            Le centre du rapporteur est à l'intersection de la verticale du <math>90^\circ</math> et de l'horizontale de <math>0^\circ</math> à <math>180^\circ</math>.            Le centre du rapporteur du tableau n'est pas positionné au même endroit sur rapporteur des élèves et sur celui de l'enseignant.</p>
<b>4. Exposition de nouvelles connaissances</b>	<p><b>Décrire le rapporteur (3)</b>            Sur le rapporteur, il y a une double-graduation.            Le rapporteur des élèves est différent du rapporteur du tableau (trou / ligne de base)</p> <p><b>Présenter et discuter les étapes de la fiche pour mesurer un angle (3), pour tracer un angle d'une mesure donnée (4)</b>            - avec un premier élève interrogé au tableau            - avec un autre élève interrogé au tableau</p>
<b>5. Régulation</b>	<p><b>Anticiper une difficulté puis réguler (3)(4)</b>            L'enseignante attire l'attention sur la double graduation et met en garde sur d'éventuelles erreurs possibles.            L'enseignante intervient auprès d'un élève qui n'utilise pas correctement la graduation.</p>
<b>2. Mise en activité</b>	<p><b>Mettre les élèves au travail (3)(4)</b>            Distribution de la fiche méthode et de la fiche d'exercices.            Les élèves réalisent les exercices individuellement.</p>
<b>5. Régulation</b>	<p><b>Réguler (3)(4)</b>            L'enseignante passe dans les rangs et rectifie une action avec le rapporteur, interroge sur la justesse d'une réponse. Lors de ces interventions, elle s'appuie sur le texte de la fiche méthode pour réguler l'activité des élèves</p>
<b>6. Correction</b>	<p><b>Corriger (3)(4)</b>            Une correction des exercices est réalisée collectivement. Les élèves donnent leur réponse et l'enseignante régule en fonction des erreurs des élèves.</p>

## Annexe 2. Mise en parallèle des expositions de connaissances dans les deux classes

Remarque : dans la présentation en ligne, la chronologie des épisodes est respectée.

Types d'épisode	Classe ordinaire, séance (3)	Classe inversée
<b>1. Rappel</b>	Caractériser un angle par rapport à sa mesure Noter et nommer les angles	
<b>3 . Méthodologie</b>	Estimer pour contrôler	
<b>1. Rappel</b>	Définir le centre en appui sur une description du rapporteur	
<b>4. Exposition de nouvelles connaissances</b>	Décrire le rapporteursPrésenter et discuter les étapes pour mesure un angle	Présenter via la tablette les étapes de la fiche méthodologique (capsule sur mesurer un angle à l'aide du rapporteur, puis la capsule sur tracer un angle à l'aide du rapporteur)
<b>5. Régulation</b>	Anticiper une difficulté puis réguler	
<b>2. Mise en activité</b>	Mettre en activité les élèves	Mettre en activité les élèves en leur laissant la liberté d'écouter les capsules puis de faire les exercices.
<b>5. Régulation</b>	Réguler individuellement	Réguler individuellement des erreurs des élèves ou des difficultés de manipulation du rapporteur
<b>6. Correction</b>	Corriger collectivement	