

CONDITIONS ET CONTRAINTES D'ACCESSIBILITÉ DIDACTIQUE POUR LES ÉLÈVES SOURDS OU AVEUGLES SCOLARISÉS EN CLASSE ORDINAIRE

Teresa ASSUDE

Professeure des universités, AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
Laboratoire ADEF
teresa.dos-reis-assude@univ-amu.fr

Édith PETITFOUR

Co-responsable de la COPIRELEM
Univ Rouen Normandie, Université Paris Cité, Univ Paris Est Creteil, CY Cergy Paris
Université, Univ. Lille, LDAR, F-76000 Rouen, France
edith.petitfour@univ-rouen.fr

Karine MILLON-FAURE

Maîtresse de conférences HDR, AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
Laboratoire ADEF
karine.millon-faure@univ-amu.fr

Résumé

La question à laquelle nous nous intéressons est la suivante : quels sont les leviers et obstacles au fait de traduire les discours, ressources et situations d'enseignement pour permettre à des élèves aveugles ou sourds, scolarisés en classe ordinaire, d'accéder aux savoirs mathématiques ? La première étude de cas concerne le suivi d'élèves sourds inscrits dans un parcours bilingue LSF (Langue des Signes Française) - français écrit en classe de quatrième, appuyée par un dispositif ULIS (Unité localisée d'inclusion scolaire). La seconde étude porte sur le cas d'un élève aveugle scolarisé en classe de sixième ordinaire et accompagné par une AESH (Accompagnante d'Élève en Situation de Handicap). Nous étudions les difficultés soulevées par la présence de différents systèmes sémiotiques (LSF, français écrit, français oral, braille, représentations graphiques, etc.) en circulation dans la classe et les leviers mis en place pour permettre aux élèves d'accéder aux situations d'enseignement. Pour conclure, nous dégagons des points de convergence ou de divergence à ces deux contextes et proposons des perspectives pour la formation des enseignants ou la production de ressources contribuant à l'École Inclusive.

I - INTRODUCTION

Nous voulons commencer ce texte en donnant la parole à une élève sourde :

J'ai été une élève mise en difficulté alors que je ne suis pas une élève en difficulté. Je n'ai pas pu obtenir des résultats en lien avec mes compétences, mais en lien avec le niveau d'accessibilité qui m'a été accordé. J'ai dû me contenter de notes moyennes car j'étais évaluée sur le contenu d'un programme dont l'accès m'a été refusé et le pire, c'est que quand je m'en plaignais, il m'était répondu que je ne m'en tirais pas si mal que ça. (Matsuoka et Lavigne, 2015, n.p.)

Ce témoignage d'Emi Matsuoka lorsqu'elle était étudiante en licence de sciences sociales a été recueilli dans le cadre d'un travail conjoint avec une chercheuse (Chantal Lavigne). Il s'agissait de rendre compte de l'expérience vécue lors de sa scolarisation en milieu ordinaire au lycée, et de mettre en évidence les points positifs mais aussi les obstacles rencontrés. Emi Matsuoka a été mise en difficulté par un manque de conditions favorables d'accessibilité au savoir, ce qui a été vécu comme une situation d'inégalité scolaire : « Ce manque d'accessibilité du savoir a entravé mes apprentissages et donc mes chances de

réussite ». Elle parle aussi du décalage entre les politiques éducatives et ce qui se passe dans la réalité des classes ou des établissements, en particulier des déficits des aménagements nécessaires à la prise en compte de la surdité. Ce témoignage nous permet de positionner notre intervention sur cette question de l'accessibilité et de son importance.

Les politiques éducatives françaises, notamment à partir de la *Loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées*, participent au mouvement inclusif international. Or si cette volonté politique est importante et nécessaire, elle n'est pas pour autant suffisante. En effet, il existe un décalage entre ces politiques et les pratiques éducatives et enseignantes, comme certains travaux le montrent, notamment les nôtres, et celui de Lavigne et Matsuoka évoqué ci-dessus. Les deux piliers de la loi de 2005 sont la compensation et l'accessibilité. Plusieurs types et niveaux d'accessibilité existent : accessibilité matérielle, scolaire, pédagogique, didactique. Nous allons nous intéresser à l'accessibilité didactique que nous avons définie comme « l'ensemble des conditions qui permettent aux élèves d'accéder à l'étude des savoirs : formes d'étude, situations d'enseignement et d'apprentissage, ressources, accompagnements, aides... » (Assude et al. 2014). Dans ce travail, nous analyserons les conditions et contraintes d'accessibilité didactique en nous intéressant à la question suivante : quels sont les leviers et obstacles au fait de traduire les discours, ressources et situations d'enseignement pour permettre à des élèves aveugles ou sourds, scolarisés en classe ordinaire, d'accéder aux savoirs mathématiques ? Cette question sera abordée à partir de deux études de cas : la première concerne le suivi d'élèves sourds inscrits dans un parcours bilingue LSF (Langue des Signes Française) - français écrit en classe de quatrième, appuyé par un dispositif ULIS (Unité localisée d'inclusion scolaire). La seconde étude porte sur le cas d'un élève aveugle scolarisé en classe de sixième ordinaire et accompagné par une AESH (Accompagnante d'Élève en Situation de Handicap). Puis, à partir de la comparaison des obstacles et des leviers dans ces deux études de cas, nous ferons quelques propositions pour la formation des enseignants.

II - PREMIÈRE ÉTUDE DE CAS : ELEVES SOURDS DANS UN PARCOURS BILINGUE (LSF ET FRANÇAIS ECRIT)

Cette première étude de cas, présentée par Teresa Assude et Karine Millon-Fauré, s'inscrit dans une recherche qui a débuté en 2016-2017 lors de l'ouverture d'une ULIS-Collège destinée à accompagner la scolarisation d'élèves sourds dans un parcours bilingue (LSF et français écrit) dans un collège ordinaire. Cette recherche est menée dans le cadre du groupe IREM d'Aix-Marseille *Mathématiques et élèves à besoins éducatifs particuliers* en collaboration avec une sociologue (Sylviane Feuilladié), une chercheuse en sciences de l'éducation (Jeannette Tambone) et le coordonnateur de l'ULIS (Pascal Sabaté). Elle s'intéresse aux conditions de fonctionnement des différents systèmes didactiques mis en place, aux articulations entre ces systèmes, ainsi qu'à la manière dont les acteurs se positionnent face au savoir, en particulier à travers l'existence de deux langues (LSF et français), et ce que cela implique comme obstacles mais aussi comme leviers. Nous présenterons d'abord le contexte de la recherche et notre cadre théorique. Puis nous donnerons quelques résultats de différentes enquêtes relatives à l'expérience scolaire des élèves sourds, pour analyser enfin une séance de mathématiques dans une classe de 4^{ème}.

1 Contexte et cadre théorique

La loi du 5 février 2005 reconnaît la Langue des Signes Française (LSF) comme une langue à part entière, et la circulaire de « mise en œuvre du parcours de formation du jeune sourd » offre la possibilité de suivre un cursus scolaire bilingue :

Dans l'éducation et le parcours scolaire des jeunes sourds, l'article L. 112-3 du Code de l'éducation pose le principe de la liberté de choix entre une communication bilingue (langue des signes et langue française) et une communication en langue française. Les conditions d'exercice de ce choix ont été fixées par le décret n° 2006-509 du 3 mai 2006 relatif à l'éducation et au parcours scolaire des jeunes sourds (MEN, 2017).

Dans ce contexte, une Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire (ULIS) « Troubles des Fonctions Auditives » s'est ouverte en 2016 dans un collège marseillais, pour proposer aux jeunes sourds un parcours bilingue Français écrit / LSF. Ce dispositif permet à ces élèves de suivre la quasi-totalité des enseignements dans les classes dites ordinaires¹, grâce à la présence de « traducteurs » français / LSF qui d'une part assurent la communication avec les personnes entendant de l'établissement, d'autre part facilitent l'accès aux savoirs. Des temps de regroupement spécifiques à l'ULIS permettent aussi de travailler certaines notions vues en cours ou d'accompagner ces élèves dans la réalisation de leurs devoirs (3 à 6 heures par semaine). Notre enquête repose sur une étude qualitative longitudinale qui a commencé en 2016, lors de la création de l'ULIS. Elle se compose de 4 temps :

- Un premier temps (2016-2017) durant lequel nous avons analysé des entretiens menés auprès de 33 acteurs du dispositif (enseignants, coordonnateur, traducteur, élèves sourds et entendants, leurs parents etc.).
- Un deuxième temps (2016-2017) lors duquel nous avons étudié des films de séances de mathématiques menées dans des classes ordinaires accueillant des élèves sourds et un traducteur.
- Un troisième temps (2018-2019) consacré à de nouveaux entretiens auprès de 11 acteurs du dispositif afin d'observer les éventuelles évolutions dans leurs représentations et leurs ressentis après deux ans de participation.
- Un quatrième temps qui a débuté en 2022 et qui a pour objectif la conception de capsules vidéo sur certaines notions mathématiques afin d'aider les élèves sourds dans leurs apprentissages.

2 Expérience scolaire des élèves sourds et fonction soutenance du dispositif

Les analyses des entretiens des élèves (sourds et entendants) du premier temps de l'enquête, (Feuilladiou, Assude, Tambone et Millon-Fauré, 2021), et celles des entretiens des familles (élèves sourds et entendants et leurs parents) (Millon-Fauré et al., soumis) ont permis de dégager trois axes forts qui structurent les récits des élèves : le statut de la LSF en tant que plus-value scolaire et enjeu de communication ; la dynamique topogénétique permettant de prendre sa place d'élève ; la fonction soutenance du dispositif d'aide mis en place. Les élèves (sourds et entendants) parlent d'une expérience nuancée mais fortement positive. La LSF apparaît comme jouant un rôle central en tant que vecteur de la communication permettant aux élèves de communiquer entre eux, même si ce n'est pas aisé et si ce mode de communication est associé à d'autres moyens (lecture labiale ou gestes). Le fait qu'un certain nombre d'élèves entendants aient voulu apprendre la LSF a été vécu par les élèves sourds positivement en se sentant accueillis. Pour certains élèves entendants, la LSF peut être vue comme un atout supplémentaire pour leur future vie professionnelle. Les entretiens mettent en évidence que les élèves sourds arrivent à prendre position dans la place d'élève et se sentent reconnus par les autres comme pouvant la prendre. Les élèves entendants sont conscients des difficultés liées à la surdité et sont même admiratifs des élèves sourds, ce qui confère à ces derniers une valeur scolaire indéniable. Ainsi, les élèves sourds et entendants attribuent une fonction soutenance importante au dispositif d'aide mis en place. Voyons de quelle manière.

Le dispositif d'aide mis en place peut être modélisé à partir de la notion de système didactique (principal et auxiliaire). La classe est le système didactique principal (**SDP**) formé par tous les élèves, sourds (ES) et entendants (E), le professeur (P) et les enjeux de savoir (S). Le dispositif comporte aussi un système didactique auxiliaire interne à la classe (**SDAi**) formé par les élèves sourds (Es), le traducteur (T) et les mêmes enjeux de savoir que le SDP, et un système didactique auxiliaire externe (**SDAe**)   la classe dans le cadre d'un regroupement ULIS formé par les élèves sourds (Es), le traducteur (T) et des enjeux de savoir (S'') induits par le SDP. Ce triple système est représenté figure 1.

¹ Hormis la musique et la langue vivante 2.

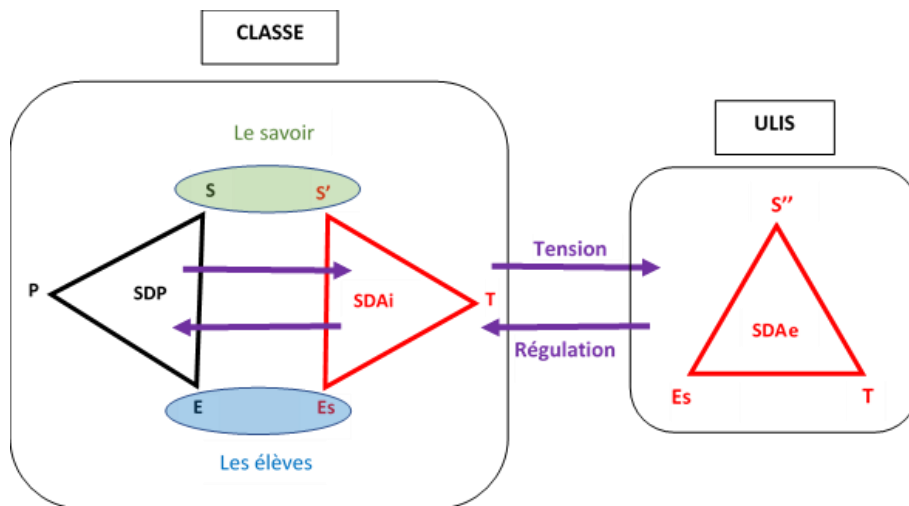


Figure 1. Schéma du dispositif d'aide SDA-SDP en classe et en ULIS (Feuilladieu et Tambone, 2021)

Les élèves sourds parlent de l'intérêt du SDAi dans lequel ils peuvent profiter de l'aide immédiate que leur apportent les traducteurs en classe, et qui s'avère indispensable pour interagir avec les autres. Le SDAi est essentiel pour que les élèves sourds puissent prendre leur place d'élève. Mais le SDA externe permet de réguler les tensions qui peuvent apparaître en classe (par exemple par le fait d'un rythme accéléré ou des difficultés liées à certaines incompréhensions). En effet, le SDAe leur permet de revenir sur les leçons, lorsque les explications données en cours ne suffisent pas. Il se révèle un lieu pour effectuer les devoirs car les élèves savent qu'ils peuvent compter sur l'aide de l'intervenant. On constate, à travers les témoignages des élèves sourds, que toutes ces formes d'aide apportées dans ces deux systèmes didactiques auxiliaires leur sont utiles pour leur permettre de suivre les cours du SDP.

Ainsi les résultats de ces enquêtes montrent que ce dispositif constitué par trois systèmes didactiques (SDP-SDAi-SDAe) est vécu comme ayant une fonction soutenant et participe au processus d'accessibilisation des situations d'enseignement-apprentissage permettant l'accessibilité aux savoirs et à la place d'élève (Feuilladieu, Assude, Tambone et Millon-Fauré, 2021 ; Feuilladieu et Tambone, 2021 ; Assude, Perez, Suau, Tambone et Verillon, 2014 ; Millon-Fauré, Assude, Feuilladieu et Tambone, 2023). Le discours de ces élèves sourds ne va pas dans le même sens que le témoignage de l'étudiante *Emi Matsuoka* qui était intégrée dans un SDP sans être accompagnée par un SDAi ou par un SDAe, d'où le faible niveau d'accessibilité comme elle-même le dit. Au-delà des fonctions soutenant de ce type de dispositif, plusieurs travaux montrent des difficultés des élèves sourds, en particulier dans la résolution de problèmes mathématiques. Dans ce qui suit, nous présentons certaines de ces difficultés, en indiquant les leviers sur lesquels on peut agir pour l'accessibilité des savoirs mathématiques.

3 Difficultés, obstacles et leviers

3.1 Élèves sourds et résolution de problèmes mathématiques

Même si la plupart des chercheurs indiquent qu'il faut nuancer la présentation des recherches pour ne pas généraliser des résultats concernant un nombre restreint d'élèves sourds, certaines difficultés relatives aux apprentissages mathématiques ont pu être identifiées (Courtin, 2002 ; Roux, 2014). La résolution de problèmes arithmétiques, notamment, peut être une source de difficultés pour les élèves sourds (Kelly, 2008 ; Kritzer, 2009 ; Nunes, 2004), en particulier les problèmes additifs ou multiplicatifs. N'ayant pas accès à l'oral et rencontrant parfois des difficultés à l'écrit, les élèves sourds peuvent se trouver face à des situations peu compréhensibles étant données les modalités les plus usuelles d'accès aux énoncés des problèmes mathématiques (oral et écrit). Par exemple, certaines expressions peuvent être difficiles à cerner (« au moins »).

Les élèves sourds peuvent aussi avoir des faiblesses au niveau des stratégies de résolution (Kelly, 2008), dans la mise en relation de plusieurs dimensions à la fois (Blatto-Vallee, Kelly, Gaustad, Porter et Fonzi, 2007 ; Marschark et Spencer, 2010), ou dans l'analyse sémantique des situations (tenir compte des nombres mais pas des relations) (Blatto-Vallee, Kelly, Gaustad, Porter et Fonzi, 2007 ; Kritzer, 2009 ; Leybaert, 2006). Ces difficultés ne sont pas forcément spécifiques des élèves sourds, car elles peuvent aussi se retrouver auprès d'autres élèves en difficulté (Roux, 2014). Sans faire un inventaire des difficultés identifiées (voir Roux, 2014), indiquons juste une difficulté exogène qui peut impacter le rapport aux problèmes : l'insuffisance de situations de référence vécues par les élèves sourds peut être un obstacle pour comprendre certains contextes des problèmes.

Outre les ressources institutionnelles (MEN, 2021), certains chercheurs proposent des leviers sur lesquels s'appuyer dans le choix des situations d'enseignement, par exemple Duquesne (2005), Healy, Ali Fernandes et Bolite Frant (2013) ou Bonnet, Mangeret et Nowak (2010). Roux (2014) mentionne également d'autres chercheurs :

Les dispositifs pédagogiques articulant différentes modalités linguistiques et favorisant la recherche et l'élaboration des connaissances mathématiques dans une perspective socio-constructiviste (Duquesne, 2002 ; Pagliaro, 2010), les supports pédagogiques présentant des contenus mathématiques sous une forme visuelle concrète (Nunes, 2004) ou abstraite (Roux, 2013), l'entraînement à la création de représentations visuo-spatiales pour la résolution des problèmes – notamment de représentations schématiques et relationnelles (Blatto-Vallee et al., 2007 ; Kelly, 2008 ; Roux, 2013), les explications détaillées et pas à pas de procédures de résolution de problèmes (Mousley et Kelly, 1998), l'enseignement explicite de savoirs informels et de compétences logiques (Nunes, 2004). (Roux, 2014, p. 305)

3.2 Difficultés concernant la traduction des interactions en classe

Nous avons également pu mettre en évidence lors de nos recherches (Millon-Fauré, 2021 ; Millon-Fauré, Assude, Feuilladiou et Tambone, 2023), d'autres obstacles concernant l'accès aux apprentissages. Ainsi, nous avons pu constater que la présence en classe d'un traducteur ne suffisait pas pour livrer aux élèves sourds un discours équivalent à celui reçu par les autres élèves de la classe. En effet, apparaissent tout d'abord des difficultés liées à toute traduction, quelles que soient la langue d'origine et la langue cible. Les répertoires lexicaux diffèrent d'une langue à l'autre et certaines expressions peuvent s'avérer délicates à traduire, si bien que certaines nuances risquent de se perdre au cours du processus. La nécessité de devoir passer par un interprète rend également la communication plus lourde entre des locuteurs de langues différentes, et nous avons effectivement pu observer qu'élèves sourds et entendants n'interagissaient quasiment pas entre eux lors des travaux de groupes. En outre, tout discours est adressé et doit donc tenir compte des spécificités du destinataire. Or certains traducteurs nous expliquent que les élèves sourds disposent généralement d'une culture générale un peu différente de celle des autres élèves, si bien qu'il est parfois nécessaire d'ajouter pour eux certaines précisions pour qu'ils comprennent les propos de leur enseignant. Enfin, lors des traductions simultanées, le traducteur doit être en mesure de trouver très rapidement une traduction pour les propos entendus, tout en continuant son écoute des échanges qui se poursuivent pendant ce temps dans la classe. Cette tâche entraîne une fatigue telle, que les traducteurs devraient théoriquement avoir régulièrement des temps de repos, ce qui s'avère en pratique difficile à organiser lorsque les cours s'enchaînent.

À tout cela s'ajoutent des difficultés propres à la Langue des Signes. En effet, il s'agit là d'une langue visuelle et gestuelle, nécessitant que les locuteurs se regardent et aient les mains libres pour communiquer. Or, en classe, l'enseignant continue souvent ses explications pendant que les élèves prennent le cours. Durant ce temps-là, les élèves sourds, accaparés par la lecture du tableau et la copie sur leur cahier, ne peuvent regarder le traducteur qui n'est donc pas en mesure de leur traduire les explications de l'enseignant. Par ailleurs, la LSF est une langue jeune, non encore uniformisée, sans académie ou dictionnaire officiel qui pourrait en régler les usages. Il arrive donc que d'une région ou d'une

communauté à l'autre, les personnes sourdes utilisent des signes différents pour exprimer une même notion, ce qui peut créer des malentendus ou des incompréhensions. Par ailleurs, la LSF ne dispose pas toujours de « langues de spécialité » très riches. Ainsi, certaines notions mathématiques ne sont pas représentées par des signes spécifiques dans cette langue. Pour toutes ces raisons, élèves sourds et traducteurs doivent parfois prendre le temps de s'entendre sur les signes qu'ils vont utiliser pour exprimer tel ou tel concept. Enfin, comme l'apprentissage de la lecture et de l'écriture s'appuie sur l'oralisation, il s'avère moins accessible pour les personnes sourdes, ce qui explique les difficultés récurrentes de cette communauté par rapport au français écrit. Lors des séances de classe, le traducteur doit donc s'assurer, en plus de la traduction des échanges oraux, de la bonne compréhension des supports écrits proposés.

Nous avons également pu observer une troisième catégorie de difficultés : celles spécifiques aux traductions dans un contexte d'enseignement. En effet, les échanges dans une salle de classe prennent généralement la forme d'un polylogue désordonné, particulièrement délicat à traduire : les multiples intervenants se succèdent sans ordre préétabli ; l'enseignant s'interrompt parfois au milieu d'une phrase pour reprendre à l'ordre un élève, etc. Le traducteur doit également veiller, lors de ses traductions, à respecter la progression choisie par l'enseignant, ce qui nécessite de connaître les objectifs d'enseignement de ce dernier. Les traducteurs ne peuvent pas, par exemple, utiliser un concept qui n'a pas encore été introduit dans la classe. Ils sont ainsi astreints au même principe de réticence didactique que l'enseignant. En outre, certains traducteurs nous expliquent être tiraillés entre l'envie de donner suffisamment d'informations à leurs élèves de manière à ce qu'ils puissent réaliser les tâches proposées, sans pour autant en donner trop afin de les amener à construire eux-mêmes les concepts visés.

Finalement, l'analyse de toutes ces difficultés nous montre qu'il va être extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, de traduire fidèlement l'intégralité des échanges de la classe. Les traducteurs interrogés nous expliquent d'ailleurs que tel n'est pas leur objectif. Ils cherchent avant tout à apporter aux élèves sourds toutes les informations nécessaires pour comprendre, comme leurs camarades, les situations d'enseignement proposées et pour construire comme eux les apprentissages ciblés, quitte à ajouter dans leurs propos certains éléments jugés indispensables ou à en omettre d'autres. Par conséquent nous dirons que ces traducteurs cherchent **à traduire non pas un discours, mais une situation d'enseignement**.

4 Analyse d'une séance de classe

Par l'analyse d'une séance de classe nous cherchons à mettre en lumière les articulations des deux systèmes didactiques (SDP et SDAi) permettant de créer certaines conditions favorables à l'accessibilité didactique malgré des difficultés ou obstacles qui peuvent apparaître.

La séance observée est celle d'une séance de mathématiques d'une classe de 4^{ème} qui accueille deux élèves sourds (ES1 et ES2). Il s'agit de modéliser et résoudre le problème suivant issu de la vie courante : trouver le nombre de tours de pédale nécessaires pour parcourir 5 km avec un VTT 26 pouces à « vitesse » constante.

4.1 Analyse a priori (techniques et difficultés)

Les techniques correspondant au type de tâches relatif à l'énoncé du problème peuvent être différentes. Deux d'entre elles sont présentées tableau 1 (d'autres variantes sont envisageables).

Première technique (incluant des connaissances sur le vélo)	Technique (incluant des connaissances sur le vélo)
- Savoir qu'un VTT 26 pouces correspond à un vélo dont le diamètre de la roue mesure 26 pouces - Savoir que le « pouce » est une unité de longueur - Convertir le diamètre donné en pouce en cm. - Calculer le périmètre de la roue en cm.	- Savoir qu'un VTT 26 pouces correspond à un vélo dont le diamètre de la roue mesure 26 pouces - Savoir que le « pouce » est une unité de longueur - Convertir le diamètre donné en pouce en cm. - Calculer le périmètre de la roue en cm.

- Identifier que le périmètre de la roue correspond à la distance parcourue par un tour de roue - Convertir les 5 km et le périmètre de la roue dans la même unité. - Calculer le nombre de tours de roue. - Savoir que le rapport entre le plateau et le pignon est 2, donc qu'un tour de pédale correspond à deux tours de roue (choix du professeur). - Calculer le nombre de tours de pédale.	- Identifier que le périmètre de la roue correspond à la distance parcourue par un tour de roue - Savoir que le rapport entre le plateau et le pignon est 2, donc qu'un tour de pédale correspond à deux tours de roue (choix du professeur). - Calculer la distance parcourue en un tour de pédale. - Convertir les 5 km et cette distance dans la même unité. - Calculer le nombre de tours de pédale.
---	--

Tableau 1. Premier format de tableau

Ces techniques impliquent des connaissances sur le vélo et son fonctionnement dont l'absence peut être source de difficultés pour les élèves (sourds et entendants.) En effet, il faut savoir qu'un VTT 26 pouces correspond à un VTT dont le diamètre de la roue mesure 26 pouces, et que le pouce est une unité de longueur correspondant à 2,54 cm. Il faut connaître les différents éléments du vélo (pignon, plateau, chaîne, dents), mais aussi savoir que l'engrenage d'un vélo est constitué par un plateau (pédalier), un pignon associé à la roue arrière et une chaîne qui lie les deux (figure 2).

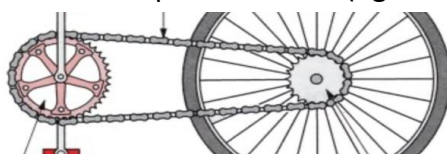


Figure 2. Schéma de la roue

Par ailleurs, il faut aussi savoir qu'un vélo peut avoir plusieurs « vitesses », celles-ci correspondant au rapport entre le nombre de dents du pignon et celui du plateau. Par exemple, si le plateau possède 42 dents et le pignon 42 dents, alors le rapport est 1. Cela veut dire que pour un tour de pédale, on aura un tour de roue arrière. Si le plateau possède 42 dents et le pignon 21 dents alors le rapport est de 2, cela veut dire qu'un tour de pédale correspond à deux tours de roue arrière. L'enseignant a fait le choix de ce rapport-là, ce qu'il annonce à la classe durant la séance.

4.2 La difficile dévolution du problème : un rythme accéléré, des objets du milieu presque inconnus, un contrat didactique à reconstruire

Première phase de la dévolution

Le professeur de mathématiques (P) anticipe que les connaissances sur le vélo et son fonctionnement vont poser des difficultés aux élèves. Pour aider toute la classe, après l'énoncé court du problème (« J'habite à 5 km d'ici. J'ai fait combien de tours de pédale pour venir »), il dit : « vous pouvez me poser toutes les questions que vous voulez je vais essayer de répondre à certaines et je vais vous dire surtout si elles sont utiles ou pas utiles dans notre problème ». En outre, il amène son vélo dans la classe pour le montrer aux élèves, et prévoit que les élèves aillent sur internet pour trouver le rapport entre le pouce et le centimètre nécessaire pour la conversion.

Cela correspond à deux phases de la dévolution du problème : les questions des élèves et le fonctionnement du vélo. Nous présentons (figure 3) le schéma des différentes phases de la dévolution, en indiquant en blanc les moments où les deux systèmes (SDP et SDAi) sont désynchronisés et en couleur grise les moments où ils sont synchronisés, la couleur bleue indiquant les modalités d'accès aux objets du milieu. Nous explicitons ces phases par la suite.

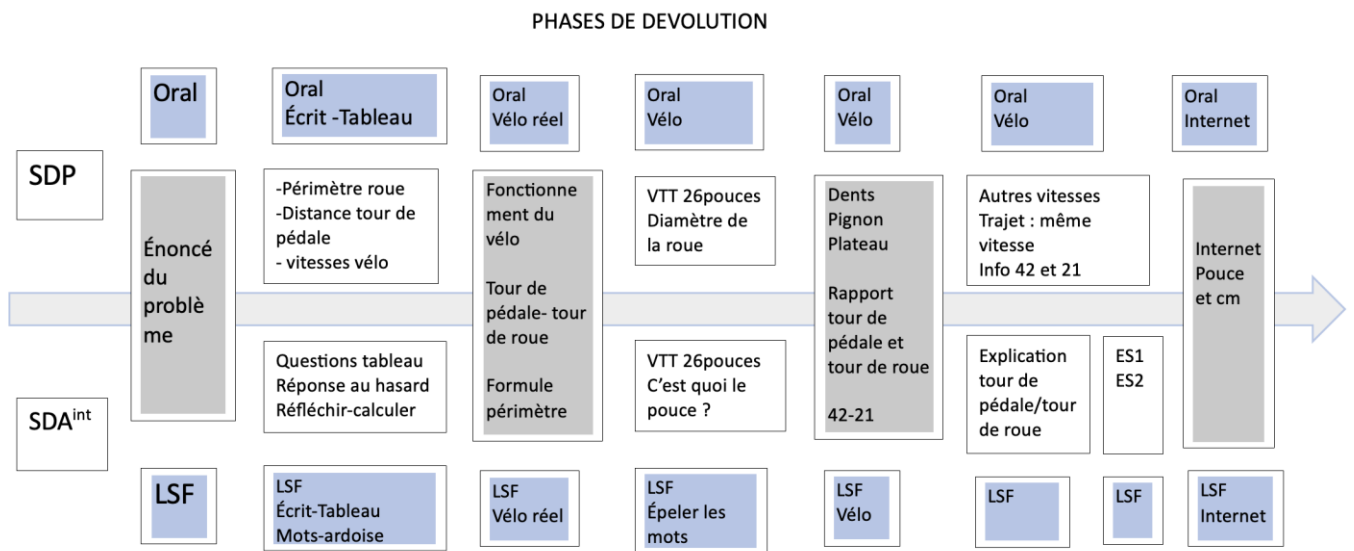


Figure 3. Phases de dévolution

Lorsque T (professeur spécialisé et traducteur) traduit l'énoncé du problème en LSF, un des élèves sourd donne, tout de suite, une réponse fausse et incohérente que l'autre élève remarque en disant « Pour faire 5 km, tu prends ton vélo et tu les fais en 30 secondes ? Je suis choqué ». Cette réponse amène T à intervenir : « On ne peut pas répondre directement. Il faut réfléchir, il faut calculer ». Les élèves veulent répondre avec des connaissances du quotidien tandis que T essaie de les remettre dans un autre type de contrat (« il faut réfléchir, il faut calculer »). Entretemps, les autres élèves posent des questions à P qui en écrit certaines au tableau : « périmètre du pneu ? » ; « en un tour de pédale, quelle distance est parcourue ? » ; « combien de temps on met ? » (Cette question n'est pas écrite au tableau car le professeur indique qu'on n'en a pas besoin pour le problème) ; « des vitesses sur un vélo ». P écarte la question « combien de tours de pédale sur 1 km ? » en disant que cela revient à la deuxième question. Pendant ces échanges, P communique une autre information, à savoir qu'il n'a pas changé la vitesse du vélo pendant son trajet. P écrit au tableau et précise les mots plateau (au lieu de pédalier) et pignon avant de montrer le vélo. Les élèves sourds ne suivent pas ces échanges, et ne comprennent pas le statut des questions. Pour P, la demande des questions est un moyen de dévoluer la phase de modélisation du problème aux élèves, en leur indiquant des questions pertinentes, et de commencer à apporter des informations sur les contraintes du réel (notamment celles en lien avec le fonctionnement du vélo). Certes T traduit certains de ces échanges, il indique que P demande de poser des questions, mais les élèves sourds voient ce qu'il écrit au tableau, et l'un d'entre eux (ES1) dira : « faut calculer le périmètre », tandis que T ajoute « deuxièmement, en 1 tour de pédale, quelle est la distance parcourue ? ». Les élèves sourds essaient alors de trouver une réponse à ces questions, sans se rendre compte que P n'attend pas encore de réponse puisqu'il va montrer auparavant le vélo à toute la classe. À nouveau, les deux élèves sourds suivent la règle du contrat « il faut répondre tout de suite aux questions avec les connaissances du quotidien » ; par exemple, ES1 signera « Je ne sais pas, c'est selon... C'est selon la mesure du périmètre 1 m pour 1 m ». T réagit à ces échanges entre les élèves et précise encore une fois : « Réfléchis, calcule. Réfléchis. N'invente pas. » Les élèves montrent ainsi qu'ils veulent trouver des réponses avec leurs connaissances du quotidien, comme l'indiquent les échanges même après cette remarque de T, au lieu de se pencher sur les contraintes du réel qui leur permettront ensuite de répondre aux questions. Ce positionnement n'est pas exclusif des élèves sourds car certaines des questions posées par les élèves entendants pourraient nous faire penser qu'ils auraient voulu des réponses directes données par le P (combien de tours de pédale sur 1 km ?). Pendant cette première phase de dévolution, T s'assure aussi que les élèves sourds connaissent des mots ou expressions tels que : « pédale », « pignon », « plateau », « vitesse d'un vélo » (voir plus loin sur le ralentissement du SDAi).

Deuxième phase de dévolution : fonctionnement du vélo

Cette phase est aussi importante car elle est en relation avec les contraintes du réel, en particulier celles du fonctionnement d'un vélo. Les deux systèmes se sont resynchronisés. Le professeur apporte son vélo et montre aux élèves comment il fonctionne, en particulier les « vitesses » du vélo et le rapport entre tour de pédale et tour de roue. Il montre d'abord un exemple de tour de pédale correspondant à peu près à 2,5 tours de roue ; puis il demande comment calculer un tour de roue, soit le périmètre d'un cercle. C'est ES1 qui répond à la question en donnant la formule (« $\pi \times \text{diamètre}$ ») ; ensuite P demande ce que ça veut dire un VTT 26 pouces, et l'un des élèves entendants dit que c'est le diamètre, information qui est reprise par le professeur. Ce dernier pose la question sur ce qu'est un pouce en disant tout de suite qu'ils regarderont sur internet. Et il revient ensuite sur le fonctionnement du vélo en montrant que le plateau et le pignon ont des dents, en changeant de vitesse de manière à avoir 42 dents au plateau et 21 dents au pignon (le rapport est alors deux) :

combien y a-t-il de dents à l'avant combien y a-t-il de dents sur le pignon à l'arrière il y a 42 qui sont passés mais y en a combien en fait 21 donc ça veut dire que chaque dent elle est passée combien elle est passée 2 fois et 2 fois 21 en tout ça fait 42 c'est pour ça que la roue elle a fait 2 tours. (P)

P montre que c'est bien le cas en le faisant, et il fait encore un changement de vitesse conduisant à un rapport d'environ 3. Il apporte alors une information importante pour la résolution du problème : le fait qu'il n'a pas changé de vitesse pendant le trajet, et que la vitesse choisie est celle d'un plateau à 42 dents et d'un pignon à 21 dents.

Que se passe-t-il dans le SDAi ? Les élèves et T sont synchronisés avec le reste de la classe jusqu'au moment où P parle d'un VTT 26 pouces. T demande effectivement ce que signifie l'expression « 26 pouces », mais les élèves sont partis sur ce qu'est un pouce (T : « La mesure d'un pouce est d'environ 2,6 cm. C'est une unité anglaise. OK ? »). Les deux élèves sourds ont commencé plusieurs calculs sans savoir à quoi cela correspondait. Les deux systèmes sont désynchronisés, et l'information pertinente dans le SDP à ce moment n'était pas celle de savoir la relation entre pouce et centimètre, mais de savoir que « 26 pouces » correspond à la mesure du diamètre de la roue. T va resynchroniser les deux systèmes au moment où l'enseignant parle des dents pour expliquer aux élèves sourds ce que P est en train de montrer aux autres élèves. ES1 semble suivre l'explication de T, ce qui n'est pas forcément le cas de ES2.

T : Devant, il y a 42 dents. A l'arrière, il y en a 21. OK ? Lors d'un tour de pédale, on va retrouver 42 dents à l'avant et donc les 42 dents vont passer. Le pignon à l'arrière est passé 2 fois. Compris ? On recommence. Il lui demande : combien de dents sur le plateau de devant ?

ES1 : 42

T : Combien de dents sur le pignon arrière ?

ES1 : 21

T : 21. On a 42 devant, 21 arrière et une deuxième fois 21, ce qui correspond à 2 tours.

ES1 : oui oui oui

ES2 ne suit pas les explications de T qui demande à ES1 d'expliquer à son camarade. Les élèves sourds échangent entre eux, non pas sur les informations pertinentes, mais sur les contraintes du réel liées au fonctionnement du vélo. Les informations nécessaires ne sont pas toutes présentes dans le SDAi après cette phase de dévolution : en effet, le fait que « 26 pouces » correspond à la longueur du diamètre n'a pas été explicité dans le SDAi, et le rapport entre tour de pédale et tour de roue a été compris par ES1, mais pas par ES2 qui n'a pas suivi les explications de T. Le problème de compréhension du fonctionnement d'un vélo a été difficile, non seulement pour ES2, mais aussi pour d'autres élèves entendants. Le SDAi sera à nouveau resynchronisé lorsqu'il faut chercher sur internet la valeur d'un pouce en cm. La suite du travail est faite en petit groupe. Les deux élèves sourds sont placés avec deux élèves entendants, mais de fait, ils n'échangeront qu'entre eux, sans chercher à interagir avec leurs camarades entendants. C'est lors de ce travail en groupe que T reviendra sur le rapport entre le tour de roue et tour de pédale.

4.3 Analyse à partir du triplet des genèses

Étudions à présent l'ensemble de la séance en nous appuyant sur les trois dimensions du triplet des genèses (Sensevy, Mercier et Schubauer-Leoni, 2000).

Du point de vue de la mésogénèse, tout d'abord, nous trouvons dans les deux systèmes didactiques (SDP et SDAi) quasiment les mêmes milieux : globalement, les élèves sourds et les élèves entendants manipulent les mêmes objets de savoir et utilisent les mêmes techniques. Notons toutefois certaines différences : même si T traduit l'essentiel des échanges, il n'a pas toujours le temps de reprendre l'intégralité des explications de P. De plus, les élèves sourds ne profitent pas véritablement des manipulations effectuées sur le vélo par P, car pendant ce temps, ils regardent T qui est en train de traduire les explications que l'enseignant donne simultanément. Réciproquement, nous trouvons dans le SDAi, certains échanges entre T et les élèves sourds qui ne figurent pas dans le SDP (notamment en ce qui concerne des mises au point sur l'utilisation de certains signes ou des explications sur des mots écrits au tableau comme notamment « pignon »). Ajoutons que si les objets migrants du SDP vers le SDAi sont nombreux, nous n'avons observé quasiment aucun transfert dans le sens inverse.

Sur le plan de la chronogénèse, nous pouvons constater qu'à la fin de la séance, les deux systèmes didactiques sont synchronisés : les élèves sourds et entendants ont rencontré les mêmes types de tâches, les mêmes techniques, et si l'un des élèves sourds n'a pas réussi à terminer la tâche proposée à la fin de la séance, c'est également le cas de plusieurs élèves entendants. Toutefois, comme nous avons pu le montrer précédemment lors de l'étude de la phase de dévolution, cette synchronisation globale est obtenue par une succession de temps de désynchronisation et de resynchronisation. Ainsi, régulièrement, le SDAi va se couper du SDP et suivre son propre cheminement, parfois pour travailler sur des objets de savoir qui n'apparaissent pas dans le SDP (par exemple pour s'entendre sur les signes utilisés dans la traduction de certains concepts), ou parce qu'il est nécessaire de passer plus de temps sur certains objets du SDP (insistance sur l'orthographe de certains mots, etc.). Nous parlons alors de **bulles de compréhension** (Assude, Millon-Fauré et Tambone, 2018) pour qualifier ces moments où le SDAi se coupe du SDP et progresse de manière autonome afin d'apporter des objets de savoir indispensables pour les élèves concernés mais jugés inutiles pour le reste de la classe. Notons que ces nombreuses déconnexions sont certainement facilitées par le fait que la LSF est une langue silencieuse et que les élèves sourds et le traducteur peuvent par conséquent interagir entre eux sans perturber le SDP. Toutefois ces déconnexions ne sont jamais bien longues : peu de temps après, on constate une accélération du SDAi, afin de pouvoir resynchroniser les deux systèmes didactiques : certains échanges, jugés de moindre importance pour la compréhension du problème ou déjà compris par les élèves sourds (notamment en ce qui concerne le fonctionnement du vélo), ne sont pas traduits, ce qui permettra aux élèves sourds et à T de suivre à nouveau les échanges du reste de la classe.

Enfin, en ce qui concerne la topogénèse, nous pouvons constater que les rôles et positions des élèves sourds sont comparables à ceux des autres élèves de la classe. Comme leurs camarades, ils s'investissent dans la recherche du problème, posent des questions, tentent de respecter les contraintes données (notamment pour le passage à l'écrit). On peut certes noter qu'un des élèves sourds se montre moins attentif aux explications données et moins investi dans ses recherches, mais c'est également le cas de certains élèves entendants de la classe. Par ailleurs, il n'y a, durant cette séance, aucune interaction entre les élèves sourds et entendants, même dans le groupe composé de deux élèves sourds et deux élèves entendants. Malgré la présence permanente du traducteur à leur côté, la communication entre eux paraît complexe. Ainsi, spontanément, deux binômes vont se former : les élèves entendants travaillent ensemble, pendant que les élèves se concertent de leur côté. Toutefois, durant toute la séance, les élèves sourds interagissent entre eux, fournissant ainsi un travail comparable à celui effectué dans les autres groupes de la classe. Enfin, reconnaissons que, durant la séance étudiée, il n'y a qu'une seule intervention d'un élève sourd en classe entière : comme nous l'avons dit précédemment les transferts depuis le SDAi

vers le SDP sont rares. D'un autre côté, beaucoup d'élèves entendants ne sont pas non plus intervenus durant cette séance. De plus la réponse donnée par l'élève sourd s'est avérée particulièrement pertinente : elle a permis de faire avancer le temps praxéologique (Assude et al., 2016) en apportant une technique de calcul du périmètre de la roue.

5 Conclusion de cette étude

Ainsi, nous avons pu constater lors de cette étude que le travail effectué par les élèves sourds et les élèves entendants était globalement équivalent. La mésogénèse, la chronogénèse et la topogénèse paraissent comparables dans les deux systèmes didactiques. Le SDAi permet, grâce à l'apparition de bulles de compréhension, des apports d'aide immédiats qui ne figuraient pas dans le SDP mais qui s'avèrent indispensables aux élèves sourds pour suivre l'avancée du cours. Certes, tous les échanges de la classe, toutes les explications de l'enseignant ne peuvent pas être traduites durant l'heure. Mais le SDAe permet de pallier cette lacune en offrant un nouveau temps, en dehors des cours, où le traducteur peut revenir sur certains points qu'il n'avait pas eu le temps de pleinement expliciter durant la séance. Ce deuxième système didactique auxiliaire permet ainsi aux acteurs (P, T, élèves sourds) d'accepter que tout ne soit pas compris durant le cours dans la mesure où cela est repris et approfondi par la suite. Ces deux systèmes didactiques auxiliaires s'articulent donc pour procurer aux élèves sourds des types d'aide différents mais complémentaires, et c'est ce triple assujettissement (au SDP, au SDAi et au SDAe) qui va permettre aux élèves ciblés d'accéder à un enseignement comparable à celui proposé aux élèves entendants.

Pourtant, l'étude que nous venons de mener révèle également quelques bémols. Nous avons par exemple pu constater que lors de la séance étudiée, aucune adaptation pour les élèves sourds n'avait été anticipée, ni par l'enseignant ni par le traducteur : ce dernier a donc été contraint d'imaginer *in vivo* les aménagements à apporter, aménagements qui du coup ne peuvent prendre la forme que d'explications supplémentaires, en LSF, données dans le SDAi. Par ailleurs, nous avons pu observer toutes les difficultés rencontrées pour traduire cette situation d'enseignement. De fait, le traducteur n'a pu traduire l'intégralité des propos et il lui a donc fallu sélectionner durant la séance les informations indispensables à la réalisation de la tâche demandée. Soulignons que le traducteur observé disposait d'une réelle expérience dans l'enseignement des mathématiques, ce qui l'a certainement aidé à effectuer rapidement ces choix. Tel n'est pas forcément le cas pour tous les traducteurs. Enfin, notons qu'il paraît un peu plus difficile pour les élèves sourds de participer au SDP, que ce soit pour intervenir en classe entière ou pour participer à des recherches de groupes avec des élèves entendants.

III - SECONDE ÉTUDE DE CAS : INCLUSION D'UN ÉLÈVE NON-VOYANT EN CLASSE DE SIXIÈME

Cette seconde étude de cas, menée par Édith Petitfour, s'inscrit dans la continuité de recherches réalisées en collaboration avec Catherine Houdement et trouvant leur origine dans des questions professionnelles sur l'enseignement des mathématiques soulevées par des enseignants en formation (Houdement et Petitfour, 2018, 2020). Une enseignante préparant le CAPPEI² nous a ainsi amenées à nous intéresser à l'enseignement des mathématiques à des élèves déficients visuels en classe spécialisée (Houdement et Petitfour, 2020), puis à explorer différents dispositifs de scolarisation inclusive *via* des études de cas d'élèves déficients visuels en inclusion en classe de sixième ordinaire : un élève malvoyant (Petitfour, 2020 ; Petitfour et Houdement, 2022) et un élève non-voyant (Petitfour, 2023). La présente étude porte sur le cas de l'inclusion de l'élève non-voyant en classe de sixième. Nous présentons d'abord le cadre général de la recherche, puis les répercussions du handicap visuel en classe de mathématiques, ainsi que le dispositif d'aide à l'inclusion de l'élève étudié en guise d'exemple. Nous étudions ensuite l'impact de ce

² Cette formation rectorale en alternance, délivrée à l'INSPE sur une durée d'un an, vise à préparer la Certification d'Aptitude Professionnelle aux Pratiques de l'Éducation Inclusive (CAPPEI).

dispositif sur l'accessibilité des apprentissages en appui sur l'analyse sémiotique d'un extrait d'une séance de classe que nous avons observée.

1 Fondements de nos recherches

Nos recherches (Petitfour et Houdement, 2022) ont une double perspective. D'une part, elles visent la compréhension de phénomènes qui surviennent dans des situations d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. Dans cette perspective, nous étudions des situations laissées au libre choix de l'enseignant en cherchant à déceler des obstacles aux apprentissages et à identifier des leviers potentiels pour l'enseignement, afin de permettre une accessibilité aux contenus mathématiques à des élèves à besoins éducatifs particuliers, et plus largement à tout élève. D'autre part, nous partageons et discutons nos résultats avec les enseignants en formation dans une perspective d'enrichissement de leurs pratiques et de leurs connaissances mathématiques, didactique et pédagogique.

Nos recherches se font en collaboration avec l'enseignant qui s'interroge sur sa pratique. Le recueil de données se réalise à plusieurs niveaux. Nous démarrons par l'observation d'une séance élaborée et mise en œuvre par l'enseignant pour lequel une question sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques se pose. Nous réalisons différentes captations audio et vidéo lors de la séance et menons des entretiens (enregistrés) avec l'enseignant avant la séance et juste après, avec des élèves, avec l'accompagnant d'élèves en situation de handicap (AESH). Nous recueillons aussi des productions réalisées par les élèves au cours de la séance ainsi que les affichages dans la classe le cas échéant. (photographies). Quelques temps après la séance, nous travaillons avec l'enseignant à partir d'extraits (vidéo, productions d'élèves), ce qui permet d'affiner la compréhension des phénomènes observés. L'enseignant co-intervient ensuite, lorsque c'est possible, dans une formation à des pairs (enregistrée) au cours de laquelle nous recueillons des informations complémentaires *via* les questions posées ou des points de vue exprimés par les pairs.

Nos analyses sont centrées sur la dimension sémiotique des apprentissages (Arzarello, 2019). Nous faisons l'hypothèse que, lors des actions et interactions au sein de la classe, l'activation des différentes ressources sémiotiques telles les mots (à l'oral ou par écrit), les représentations écrites (dessin, graphiques, etc.), les modes d'expression extralinguistiques (gestes, regards, postures, intonation de la voix, etc.), les actions avec des instruments (matériels ou numériques), sont constitutives des apprentissages des élèves. Nous étudions ainsi ces « faisceaux » de signes (*ibid.*) pour identifier des conditions favorables ou non à une accessibilité aux savoirs mathématiques.

Nous abordons à présent les répercussions du handicap visuel en classe de mathématiques en nous intéressant aux différents modes d'accès aux apprentissages.

2 Handicap visuel et apprentissages mathématiques

2.1 Répercussions du handicap visuel en mathématiques

De façon attendue, la déficience visuelle engendre un handicap dans tout ce qui sollicite habituellement en classe la modalité visuelle. L'accès à l'écrit (documents de travail, manuels, écrits au tableau) nécessite des adaptations, de même que l'accès aux représentations visuelles, abondantes en mathématiques (figures géométriques, tableaux à double entrée, graphique, formules, etc.). La déficience visuelle compromet ainsi l'appréhension synoptique permettant par exemple de saisir une figure géométrique dans son ensemble, des relations entre des données organisées dans un tableau, etc. Ainsi que le souligne Duval (2018) :

Les figures en géométrie ont ceci de commun avec les autres représentations visuelles, croquis, schémas, cartes, graphiques, ou images, qu'elles donnent lieu à une appréhension synoptique en un seul regard, et non pas à une appréhension successive et linéaire comme pour tout ce qui relève de l'écriture et de la parole. (Duval, 2018, p. 147)

Les élèves déficients visuels pourront se construire une représentation des objets mathématiques étudiés en appui sur des énoncés ou sur une exploration tactile des représentations en relief (ou matérielles). Cependant, cette exploration est lente et fragmentée, elle doit être synthétisée, ce qui demande du temps et une grande concentration, productrice de fatigue (Lewi-Dumont, 2015).

Pour notre étude de l'accessibilité didactique (partie III. 3), nous retenons quatre modes d'accès aux contenus pédagogiques pour les élèves présentant une déficience visuelle, répertoriés par Castillan, Lemarié et Mojahid (2018). L'accès est « adapté » lorsque l'élève accède à une version adaptée du contenu (par exemple un document transcrit en braille, restreint éventuellement à certains contenus jugés prioritaires, par un service de transcription). L'accès est « adapté *via* des outils d'assistance » lorsque l'élève accède à une version adaptée du contenu *via* des outils numériques par exemple, tels ordinateur et logiciel de lecture spécifique. L'accès se réalise « *via* un tiers » lorsque le contenu est verbalisé à l'élève par un tiers (par un autre élève ou par l'AESH par exemple). Enfin l'accès est « direct » lorsque l'élève accède directement au contenu transmis à la classe (quand l'enseignant s'adresse oralement à la classe par exemple).

Pour donner un aperçu de ce qui peut être mis en place pour permettre l'inclusion d'un élève non-voyant en classe ordinaire, nous présentons dans la partie suivante comme exemple le dispositif d'aide à l'inclusion relatif au cas étudié par la suite. Cela nous permet aussi d'introduire le contexte de l'étude.

2.2 Dispositif d'aide à l'inclusion

Éloi est un élève non-voyant de 11 ans, scolarisé dans une classe de sixième ordinaire d'un collège d'une petite ville, située à 70 km du Centre d'Éducation pour Déficients Visuels (CEDV) de la région. Il bénéficie d'un accompagnement par des professionnels de ce centre depuis son entrée à l'école en maternelle.

L'intervention d'un enseignant spécialisé une à deux heures par semaine pendant le temps scolaire³ a ainsi permis d'anticiper de manière spécifique certains apprentissages entravés par la déficience visuelle. Éloi a par exemple appris à lire le braille (figure 4a), à réaliser des dessins géométriques en relief en les traçant à l'aide d'un poinçon et d'outils de géométrie adaptés sur une feuille plastique placée sur un tapis antidérapant (figure 4b) ; il a appris à faire des calculs posés avec un cubarithme en positionnant des cubes numériques sur une grille quadrillée (figure 4c), etc.

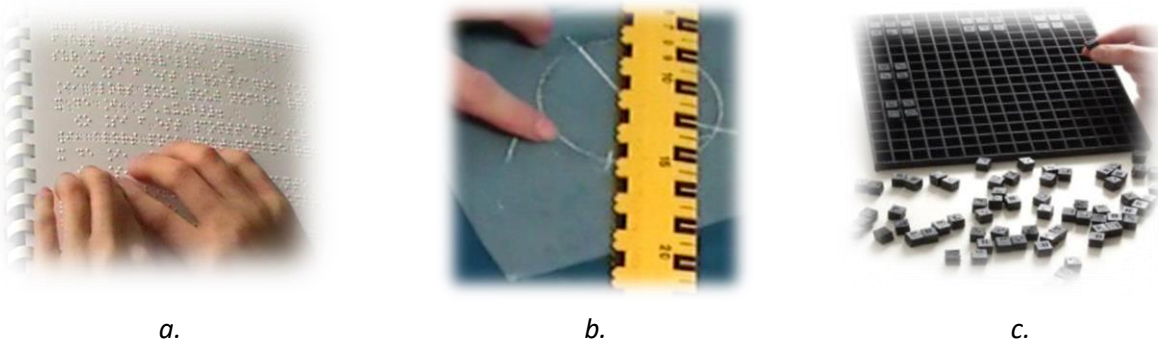


Figure 4. Apprentissages spécifiques (lecture du braille, de dessin en relief, usage d'un cubarithme)

Lors de l'entrée d'Éloi au collège, le CEDV a apporté au personnel de l'établissement des informations sur les conséquences de la déficience visuelle et a donné des conseils à l'équipe pédagogique quant aux adaptations à mettre en place en classe. Le CEDV encourage notamment les enseignants à recourir à son service de transcription pour une adaptation en braille des documents de travail utilisés pour les élèves voyants (manuels scolaires et autres documents). Des transpositeurs-adaptateurs du centre se chargent de créer des versions adaptées des documents transmis par les enseignants avec un délai de quinze jours.

³ Pendant l'heure d'arts visuels et celle de vie de classe

Par ailleurs, Éloi dispose d'un bloc-notes braille, qu'il relie en classe à un écran d'ordinateur (figure 5). Il a appris à l'utiliser depuis le CM1. Cet appareil, muni d'une plage braille de 32 caractères et d'un clavier braille, permet la lecture tactile de textes écrits en « noir »⁴ sur un support numérique (fichier .docx par exemple), ainsi que la rédaction de textes en braille pouvant être lus à l'écran d'un ordinateur par une personne voyante (texte transcrit en « noir »).

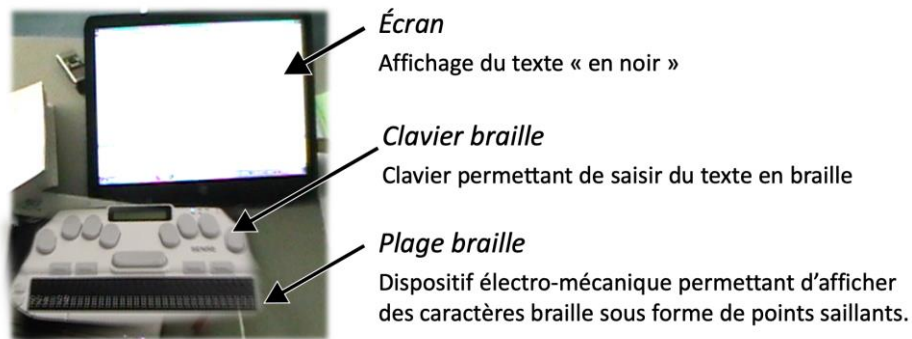


Figure 5. Bloc-notes braille relié à un écran

Éloi bénéficie enfin, sur le temps scolaire et pour 26 heures par semaine, de l'aide d'une AESH, dont les missions sont précisées dans le projet personnalisé de scolarisation (PPS). L'AESH apporte par exemple une aide à l'installation matérielle d'Éloi au sein de la classe, elle favorise sa participation orale (en lui signalant les moments opportuns pour demander la parole), elle contribue aussi, avec l'enseignante, à l'adaptation des situations d'apprentissage. Comme elle accompagne Éloi en classe depuis qu'il est en grande section de maternelle, son expertise est un point d'appui important pour l'enseignante qui accueille pour la première fois un élève non-voyant dans sa classe.

Venons-en maintenant à l'étude de l'accessibilité didactique (Assude, Perez, Suau, Tambone et Verillon, 2014) en nous intéressant à la mise en œuvre du dispositif d'aide prévu pour la scolarisation d'Éloi lors d'une situation d'enseignement en mathématiques. Nous chercherons à identifier les modes d'accès effectifs aux apprentissages pour dégager ensuite les leviers et obstacles pour accéder aux contenus mathématiques.

3 Étude de l'accessibilité didactique

3.1 Contexte et méthodologie de l'étude

Notre étude porte sur le début d'une séance de mathématiques (début janvier 2020) consacré à un entraînement à la « La course aux nombres »⁵, concours auquel il est prévu que les élèves participent trois mois plus tard dans le cadre de la liaison CM2-6^e organisée par les professeurs des écoles de Cours Moyen du secteur et des professeurs de mathématiques de sixième du collège. Il s'agit d'un concours d'activités mentales portant sur des thèmes mathématiques variés, visant à développer des automatismes. L'épreuve consiste à traiter mentalement trente items en neuf minutes, sans faire usage de calculatrice ni de brouillon. Le sujet d'entraînement proposé par l'enseignante à la classe d'Éloi est la deuxième partie du sujet de 2016, composée des items 11 à 20 (annexe 1), la première partie ayant été réalisée la veille. La séance a été filmée avec deux caméras, l'une dirigée sur Éloi et l'AESH, l'autre sur la classe. L'enseignante et l'AESH ont chacune été équipée d'un micro-cravate et un enregistreur a été placé près d'Éloi. Pour réaliser nos analyses, nous avons dans un premier temps transcrit et étudié les interactions verbales, nous focalisant ainsi sur les informations sonores circulant dans la classe et susceptibles d'être perçues par Éloi. Dans un second temps, nous avons complété les transcriptions par des informations

⁴ Le noir est l'écriture des voyants.

⁵ <https://pedagogie.ac-strasbourg.fr/mathematiques/competitions/course-aux-nombres/>

visuelles, à l'aide des vidéos (écrits au tableau, gestes de l'enseignante, postures de l'AESH, etc.) et de nos observations directes pendant la séance. Ces informations, non disponibles pour Éloi, nous donnent d'autres clés de compréhension de la situation.

L'extrait étudié s'est déroulé de la façon suivante. Les élèves passent le test d'entraînement (annexe 1) pendant trois minutes puis, au signal de l'enseignante, échangent leur feuille entre voisins, sortent leur stylo vert en vue de la correction (une minute), tandis qu'Éloi passe le test accompagné de l'AESH (quatre minutes). La voisine habituelle d'Éloi, Lola, travaille alors sur une autre table (figure 6).



Figure 6. Passation du test d'entraînement

L'enseignante mène ensuite une correction collective au tableau (seize minutes) en interrogeant des élèves et apportant des explications et compléments. Les élèves corrigent en mettant 0 ou 1 point dans la colonne « Jury » (dernière colonne du tableau, annexe 1) et notent la bonne réponse en cas d'absence de réponse ou de réponse fausse. Lola corrige le test d'Éloi (lecture en « noir » à l'aide du bloc-notes braille), l'AESH, placée debout à côté d'Éloi, corrige celui de Lola (figure 7).

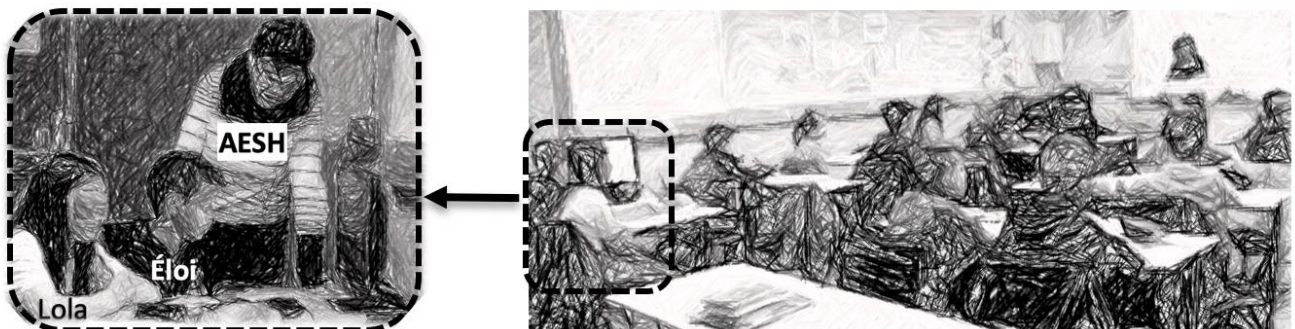


Figure 7. Correction collective

3.2 Analyse des différents accès au contenu

Document-élève

Le support de travail pour les élèves voyants (que nous appelons « document-élève ») est une feuille de format A5 sur laquelle des items numérotés de 11 à 20 sont présentés dans un tableau (annexe 1). De courts énoncés sous forme d'un texte à trous ou d'une question, parfois accompagnée d'une figure, conduisent à la réalisation de calculs. Chaque réponse attendue, un nombre, est à inscrire dans la colonne « Réponse » du tableau.

La présentation tabulaire permet un gain de temps pour l'écriture des réponses, qui se limite à un nombre pour chacun des dix items : aucune phrase-réponse n'est à rédiger. En outre, un rapide parcours visuel de la feuille permet aux élèves d'avoir une idée du contenu et de choisir l'ordre de traitement des items en vue de gérer le temps limité de l'épreuve, ce que ne permettent pas les différentes adaptations possibles pour rendre le contenu accessible à l'élève non-voyant.

Accès adapté (par le transcripteur-adaptateur)

L'enseignante a transmis le document-élève au service de transcription du CEDV au début du mois de décembre pour qu'un transcripteur-adaptateur produise un document adapté en braille. Ce choix d'accès adapté a l'avantage de permettre un travail autonome pour Éloi. Le tiers-temps accordé (une minute supplémentaire au trois minutes prévues pour l'entraînement) vise à compenser le fait que la vitesse de lecture du braille est plus lente que la vitesse de lecture des voyants.

La présentation en tableau n'a pas été reprise dans le document adapté, ce qui n'a pas d'incidence sur la résolution des différentes tâches mathématiques. En revanche un des items a été supprimé : l'item 13 n'a pas été transcrit parce que la figure était coûteuse en temps de transcription au regard de la courte durée prévue pour la passation du test et du temps déjà mis pour la transcription du reste du document (environ 30 min).

Quoiqu'il en soit, ce document adapté en braille n'est pas parvenu à temps pour la séance. Le transit des documents est réalisé *via* l'enseignante spécialisée du CEDV les jours où elle vient travailler avec Éloi au collège. Lors de notre entretien avec la professeure de mathématiques la veille de la séance, la professeure a souligné la contrainte des délais importants nécessaires pour récupérer les documents adaptés et qui fait obstacle à l'usage de ce mode d'accès : « On nous dit 'quinze jours avant' mais vu qu'elle nous apporte les documents tous les quinze jours, faudrait presque avoir un mois pour le retour. » Elle ajoute que l'anticipation dont il faut faire preuve pour la transmission des documents n'est pas compatible avec une prise en compte de l'avancée de la classe, et notamment pour les évaluations :

Et même pour une éval, je ne prévois pas un mois avant je ferai telle éval à tel moment sur ça, c'est, enfin moi je travaille dans l'instant aussi, avec les gamins on avance plus ou moins, on peut jamais, il faut une anticipation un peu ... contrariante, car on avance comme on peut, en fonction de la classe et pas en fonction de ce qu'on aimerait ! (Extrait de l'entretien avec la professeure de mathématiques, début janvier 2020)

L'enseignante a donc adapté le document-élève elle-même en un fichier numérique, à donner à Éloi sur une clé USB en vue d'une lecture autonome en classe avec le bloc-notes braille.

Accès adapté via des outils d'assistance (bloc-notes braille)

Pour permettre cet accès adapté *via* des outils numériques, l'enseignante a saisi au préalable les textes des dix items avec un logiciel de traitement de texte. Cette adaptation nécessite une transformation du document-élève sous forme d'un écrit linéaire, avec l'abandon d'une présentation en tableau (ce qui n'a pas d'impact sur la résolution des tâches mathématiques rappelons-le) et de l'usage des représentations graphiques, présentes dans les items 11, 13 et 16 (figure 8).

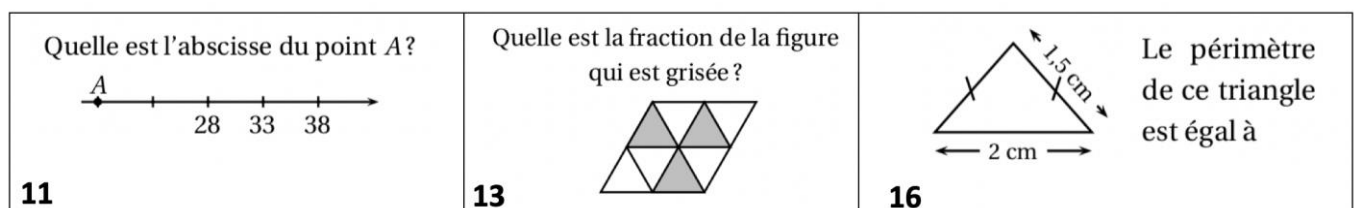


Figure 8. Items avec une représentation graphique

Lors de l'entretien, l'enseignante témoigne de la complexité de ce travail de conversion des représentations en un texte : « J'ai essayé de décrire, mais quand je décris, je donne plus d'indices que ... voilà, c'est très compliqué. Quand je décris la figure, je donne des indices, l'élève ne prendrait peut-être pas les mêmes indices ». En effet, il s'agit de ne pas dénaturer les tâches mathématiques, en les allégeant ou en les complexifiant, tout en gardant la contrainte d'une longueur de texte raisonnable (pour être lu rapidement).

Le jour de la séance, l'enseignante a oublié sa clé USB avec le fichier numérique, mais dispose heureusement d'une impression papier de cette version « 100% texte ». Elle a alors chargé l'AESH de transmettre oralement le contenu des items à Éloi à partir de cette version et du document-élève (annexe 1).

Accès adapté via un tiers (AESH)

L'AESH a commencé par lire à Éloi le texte de l'item 11 rédigé par l'enseignante, mais elle s'est vite affranchie de cette version du document trouvant la description compliquée, tout comme Éloi, suite à la première lecture du texte :

AESH, s'exclamant tout bas : Oh, c'est compliqué ça, moi j'aurais pas dit ça !

Éloi, au même moment : Ouah, j'ai rien compris !

Elle s'est donc par la suite appuyée sur le document-élève pour lire le texte des items et décrire par elle-même les représentations. Au fur et à mesure, Éloi a noté ses réponses sur son bloc-notes braille : numéro de l'item et nombre-réponse saisis en braille au clavier.

Nous avons mesuré la durée de transmission orale de chacun des énoncés des dix items par l'AESH (tableau 2, deuxième ligne) et celle mise par Éloi pour calculer et écrire sa réponse (tableau 2, troisième ligne). Sur les quatre minutes consacrées à cet entraînement, trois ont été utilisées pour transmettre les énoncés et une pour la production des réponses. Cela confirme, si besoin était, la nécessité du temps supplémentaire octroyé à l'élève non-voyant (tiers temps).

N° de l'item	Durée : 3 min							Tiers temps : + 1 min		
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Énoncé (à l'oral)	55''2	9''1	38''7	12''2	5''3	22''	22''9	13''8	5''8	4''1
Réponse (à l'écrit)	6''21	12''3	7''1	2''6	3''7	8''5	8''3	7''6	7''6	10''2

Tableau 2. Temps de réalisation du sujet d'entraînement

Selon toute attente, l'accès aux énoncés des items avec une représentation graphique (figure 8, items 11, 13 et 16) s'est révélé plus difficile (durée de transmission de plus de vingt secondes, cf. tableau 2 en jaune). La durée importante consacrée à la lecture de l'item 17, elle, est due en grande partie aux perturbations engendrées par le signal de fin des trois minutes accordées à la classe, qui a eu lieu à ce moment-là. Nous avons analysé la transmission de l'item 11 consistant à déterminer l'abscisse d'un point placé sur une droite numérique dans Petitfour (2023) et renvoyons le lecteur à cet article pour prendre connaissance de cette étude. Nous développons dans la partie suivante l'analyse de la transmission de l'item 13.

3.3 Adaptations de l'item 13

Nous démarrons cette partie par une analyse préalable de l'item 13 du document-élève (figure 9). Nous étudions ensuite la transmission de cet item à Éloi, tel que réalisé par l'AESH (accès adapté *via* un tiers), puis tel que réalisé par l'enseignante (accès adapté prévu et accès direct lors du temps de correction collective).

Quelle est la fraction de la figure
qui est grisée ?

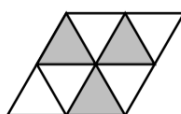


Figure 9. Item 13 extrait du document-élève (annexe 1)

Analyse préalable de l'item 13

L'item 13 est composé de la question « Quelle est la fraction de la figure qui est grisée ? », associée à une figure partagée en sous-figures dont certaines sont grisées. Parmi les différents aspects du concept de fraction relatés par Guille-Biel Winder (2017) dans son étude des fractions au cycle 3 – partie d'un tout, fraction-mesure, fraction-ratio, fraction-opérateur, fraction-quotient –, l'interprétation de « fraction » en jeu dans l'item 13 est celle, enseignée dès le Cours Moyen, d'une « *'partie d'un tout'* associée à un partage d'un représentant de l'unité en parts égales. » (*ibid.*, p. 59)

Le « tout » correspond à la « figure », terme de la question de l'item 13 qui doit être interprété comme la figure qui englobe les sous-figures représentées à l'intérieur. L'analyse visuelle du dessin permet de reconnaître comme figure globale un quadrilatère (polygone à quatre côtés), et plus particulièrement un parallélogramme (que l'on peut reconnaître assez facilement dans sa position prototypique) ou plus spécifiquement encore un losange (les quatre côtés ont même longueur). Identifier la nature de la figure n'est pas utile pour répondre à la question posée.

Cette figure est composée d'un assemblage (sans trou, ni chevauchement) de sous-figures, que l'on peut percevoir de différentes façons, par exemple un hexagone et deux triangles (figure 10a), trois triangles et un losange (figure 10b), quatre losanges (figure 10c), huit triangles (figure 10d), etc. Repérer la décomposition de la figure en les huit triangles égaux (superposables) de la figure 10d et la partie grisée formée de trois tels triangles, permet de répondre immédiatement à la question posée : la partie grisée représente $\frac{3}{8}$ de la figure.

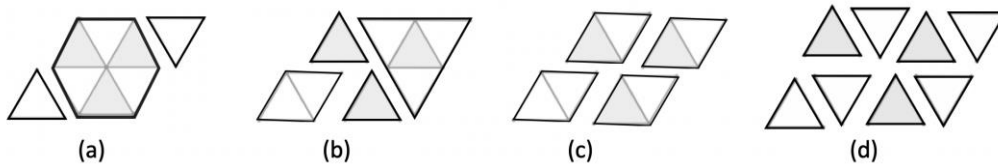


Figure 10. Différentes décompositions de la figure de l'item 13

Nous nous intéressons dans la partie suivante à la description de cette figure par l'AESH à Éloi pour lui transmettre le contenu de l'item 13.

Accès adapté via l'AESH

Les interactions entre l'AESH et Éloi lors de la passation de l'item 13 sont présentées dans le tableau 3. Les différentes interventions sont numérotées par des repères de temps, l'origine étant prise au début de la passation de la consigne à la classe par l'enseignante. Les échanges entre l'AESH et Éloi se font à voix basse, pour ne pas perturber le travail individuel des élèves de la classe pendant l'épreuve. Nous avons écrit en caractères gras les mots dits de façon appuyée et mis des points de suspensions pour les courtes pauses faites par l'AESH dans son discours. Ses gestes de pointage avec un crayon, associés à son discours, sont représentés par des dessins du crayon sur la figure.

L'AESH lit tout d'abord la question de l'item 13 (4'06''). Elle se lance ensuite dans une description de la figure en donnant des informations sur les triangles qui composent la figure globale, dont elle ne parle pas en tant que telle. Elle procède méthodiquement pour décrire les sous-figures qu'elle a repérées (4'10 – 4'20'') : dans le sens de lecture d'un texte (de droite à gauche et de haut en bas), et en les énumérant par un pointage avec son crayon. Cette organisation n'est cependant pas explicitée, Éloi n'a pas accès aux gestes réalisés par l'AESH, seule l'indication « je redescends » est donnée (4'20''). Au fur et à mesure, elle nomme les sous-figures (triangles), donne des propriétés qualitatives utiles pour répondre à la question posée (blanc, gris) et des propriétés spatiales qui le sont moins (orientation exprimée par « à l'envers », « normal », en lien avec la position prototypique du triangle appréhendée par les voyants). La description n'indique pas les relations entre les triangles : ils sont superposables et ont des côtés communs.

4'06" AESH	Alors, quelle est la fraction de la figure qui est grisée ? Alors je t'explique			
4'10"	Y'a un triangle ... gris , 	Y'a un autre à l'envers ... blanc 	un autre à l'en... un autre normal ... gris 	un autre à l'envers ... blanc 
4'20"	Je redescends. Y'a deux triangles blancs, 	un grisé, 	et encore un blanc. 	
4'38"	Ça veut dire qu'en tout, il y a un, deux, trois, quatre, cinq, six, sept, huit. Y a huit triangles blancs et y'en a trois grisés. Tu dois te faire une fraction.			
4'38" Éloi	Oui mais c'est dans quel sens ?			
4'39" AESH	Ça, on s'en fiche.			
4'41" Éloi	Ah OK 	Saisie en braille :  Affichage à l'écran : 13. 8/ puis Éloi efface et réécrit. Nouvel affichage 13. 3/11		

Tableau 3. Adaptation de l'item 13 par l'AESH

Après ce parcours des triangles un à un, l'AESH les compte pour pouvoir dire combien il y en a en tout, elle commet cependant une erreur en concluant que le nombre trouvé, huit, correspond aux « triangles blancs ». Elle ajoute (par perception visuelle instantanée) qu'il y a « trois grisés ». Ce récapitulatif ne correspond donc pas à la figure de l'item 13.

L'AESH conclut en reformulant la question de l'énoncé par « Tu dois te faire une fraction ». La demande de précision d'Éloi en 4'38" (« dans quel sens ? ») souligne le fait que la question est incomplète. L'AESH n'apporte pas plus de précisions, estimant sans doute qu'il n'y a qu'une réponse de fraction possible correspondant à la figure qu'elle a décrite. Éloi commence par écrire « 8/ », puis finalement écrit « 3/11 ». Cette fraction correspond au nombre de triangles grisés (trois) sur le nombre total de triangles (onze) qu'il a calculé avec les données transmises (huit blancs et trois grisés).

Accès direct

L'enseignante réalise la correction des items en interaction avec la classe, oralement et en faisant quelque peu usage du tableau. Le tableau 4 présente le moment de correction de l'item 13. La première colonne indique les repères de temps des différentes interventions. La deuxième présente les interactions publiques entre l'enseignante (PROF) et la classe (système didactique principal) et la troisième les interactions privées entre Éloi et l'AESH, qui ont lieu en même temps (système didactique auxiliaire). La lecture en ligne du tableau permet de visualiser les interventions simultanées.

A priori, Éloi a un *accès direct* à la correction menée oralement par l'enseignante. Il n'a cependant pas la figure sous les yeux comme les autres élèves et sa description orale n'est pas donnée. En effet, après avoir lu la question de l'item 13, l'enseignante demande directement aux élèves d'observer la figure, de regarder comment elle est faite (10'08" - 10'11"). Éloi doit donc faire appel à sa mémoire de la description de la figure faite par l'AESH lors de la passation du test six minutes auparavant (cf. tableau3, 4'10" - 4'38"). Il se souvient de cette description qu'il rappelle à l'AESH (10'11" - 10'12") alors qu'ils prennent tous deux conscience qu'elle contenait une erreur. Préoccupé par l'évaluation de sa réponse, Éloi ne va plus porter attention aux explications de l'enseignante. Cette dernière valide la réponse d'un élève interrogé (10'14" « ça fait trois huitièmes ») en complétant l'explication donnée (10'19" « y'a trois triangles grisés sur huit ») par l'indication du tout considéré (10'22" « y'a trois triangles grisés sur **les huit qu'il y a en tout** »). Elle précise ensuite les écritures acceptées en les notant au tableau. Ces écritures, qu'Éloi ne peut voir, ne le concernent pas directement car d'autres règles d'écriture des fractions sont à appliquer en braille. En toute fin de commentaires (10'53"), l'enseignante récapitule : « y'a trois parts sur huit identiques donc trois huitièmes ». Elle évoque ainsi une information restée jusque-là implicite, mais pourtant nécessaire pour trouver la fraction demandée : les huit triangles considérés sont « identiques » (au sens de égaux / superposables). Cette information, non mise en avant dans ce temps de correction collective, peut-être

parce que considérée comme transmise de façon évidente par l'image visuelle, n'avait pas été omise dans la description écrite que l'enseignante avait rédigée à attention d'Éloi (figure 11).

	Interactions de l'enseignante avec la classe	Interactions entre l'AESH et Éloi
10'03''	PROF : Troisième question. On demande quelle est la fraction de la figure qui est grisée.	
10'08''		AESH : Eh pourquoi tu m'as mis onze ? C'est pour ça, qu'est-ce que je t'ai dit moi ?
10'11''	On observe la figure,	Éloi : Tu m'as dit :
10'12''	on regarde comment elle est faite	« Y'en a huit blanches et trois grisées ».
10'14''	et on regarde ce qui est grisé.	
10'16''	Un élève : Ça fait trois huitièmes.	
10'17''	PROF : Trois huitièmes, pourquoi ?	AESH : Ah mais je me suis trompée ! En fait dans les huit, y'en avait
10'18''		Éloi : Aaah, y'avait huit triangles !
		AESH : Ouais
10'19''	L'élève : Parce que y'a trois triangles grisés sur huit.	Éloi : Ah ouais OK
10'20''		AESH : C'est moi qui me suis mal exprimée, donc là
10'22''	PROF : Y'a trois triangles grisés sur les huit triangles qu'il y a en tout, vous êtes d'accord ? Donc la fraction c'est, on écrit trois huitièmes. Elle écrit au tableau $\frac{3}{8}$	... zut, c'est pas normal que t'ai faux, parce que c'est moi qui t'ai mal expliqué
10'27''		Éloi : Ben oui
10'30''	Alors vous avez pu l'écrire peut-être trois slash huit Elle écrit au tableau $3/8$	Soit on met juste soit on met faux
10'35''	Ça l'écriture peu importe on n'a pas encore travaillé la notion de fraction, peu importe comment vous l'avez écrit, y'a trois parts sur huit identiques donc trois huitièmes.	AESH : Ben j'ai envie de te dire que c'est moi qui ai fait l'erreur.

Tableau 4. Correction de l'item 13

question 13

Quelle est la fraction de la figure qui est grisée ?

Description de la figure :

c'est un quadrilatère partagé en 8 triangles identiques, 4 sur chaque ligne. Deux triangles sont grisés sur la première ligne et un triangle est grisé sur la deuxième ligne.

Figure 11. Description de la figure de l'item 13 par l'enseignante

3.4 Conclusion de la seconde étude de cas

L'extrait analysé donne l'opportunité de voir la mise en œuvre de différents modes d'accès au contenu d'un même document proposé à une classe et donc d'identifier des leviers et des obstacles à l'accès aux contenus mathématiques pour un élève non-voyant. L'étude confirme les difficultés d'accès à l'écrit et aux représentations visuelles pointées dans la littérature.

Parmi les modes d'accès répertoriés par Castillan, Lemarié et Mojahid (2018), deux sont pertinents pour permettre l'autonomie de l'élève non-voyant, même s'ils nécessitent plus de temps pour la lecture que pour les élèves voyants. Cependant, ils ne sont pas toujours opérationnels comme nous avons pu le constater dans l'extrait de séance étudié. L'accès adapté par le transcrip-teur-adaptateur demande un temps d'anticipation important pour disposer d'un document adapté en braille (pour le texte) et en relief (pour les figures). La contrainte du délai nécessaire pour la production de tels documents, et celle due à l'éloignement entre le CEDV et le collège pour les récupérer, ont une implication forte sur l'organisation pédagogique de la classe. Ces contraintes ne permettent pas un enseignement au plus proche de l'avancée des apprentissages des élèves. L'accès adapté via le bloc-notes braille est sans doute efficace pour la transmission d'un texte. Le document numérique est cependant complexe à produire quand il s'agit de convertir en texte des représentations visuelles comme des figures géométriques.

La transmission orale du contenu d'enseignement est ce que nous avons finalement pu observer lors de la séance. Le rôle de l'AESH s'est avéré essentiel pour pallier l'absence des adaptations prévues (sous forme papier ou numérique). Cet *accès via un tiers* au contenu d'enseignement permet un ajustement immédiat du discours de la personne qui transmet aux signes de compréhension ou d'incompréhension de l'élève. Comme pour l'*accès direct* (échanges oraux au sein de la classe), le non-verbal, par exemple certains gestes ou écrits au tableau, nécessite d'être transmis, de même que certaines informations des représentations visuelles qui peuvent échapper à la description parce que considérées comme évidentes. Pour terminer nous soulignons que, quel que soit le mode d'accès, la réalisation des différentes adaptations nécessitent des connaissances mathématiques pour que soient données des informations pertinentes.

IV - COMPARAISON DES DEUX ÉTUDES DE CAS

Pour conclure, nous comparons les deux études de cas réalisées (élèves sourds, élève non-voyant) en dégagant des conditions et contraintes d'accessibilité didactique pour les deux contextes, ainsi que des perspectives pour la formation des enseignants à l'École inclusive.

1 Conditions et contraintes pour les deux contextes

Dans les deux études, nous avons présenté deux systèmes didactiques auxiliaires (interne et externe à la classe) qui ont des fonctions complémentaires et permettent l'accessibilité didactique. Dans la comparaison qui suit, nous revenons sur quatre points : les modalités d'accès aux situations et aux interactions de la classe, les conversions des différentes représentations sémiotiques, le rythme hors et dans la classe, et enfin les adaptations.

Nous avons relevé différentes modalités d'accès aux situations d'enseignement et aux interactions entre enseignant et élèves en classe. Les élèves sourds (non oralisants) n'ont pas d'accès direct au registre oral mais peuvent profiter d'autres registres (LSF, français écrit, graphique, matériel). Ils ont un accès à ce qui se dit par traduction en LSF, mais peuvent suivre les gestes, expressions faciales (et parfois lecture labiale) avec une forte implication corporelle. Toutefois, ils présentent des difficultés plus marquées en français écrit que les autres élèves. Les élèves non-voyants quant à eux n'ont pas d'accès direct aux représentations visuelles. Ils ont un accès aux supports écrits *via* le braille, produits par un transcripteur-adaptateur ou par des outils numériques, un accès direct aux interventions orales et aspects para-verbaux (intonation, accent, pause, intensité, etc.), mais pas à la dimension corporelle « produite » (gestes, postures, expressions du visage).

Dans le cadre d'une scolarisation en classe ordinaire, certaines représentations sémiotiques sont à convertir pour permettre un accès optimal aux situations d'apprentissage. La traduction en LSF de tout ce qui dans le registre oral (français oral) n'est pas seulement une traduction d'une langue à une autre mais implique une traduction d'une situation d'enseignement (ce qui est écrit au tableau, les interactions verbales, les informations précisant certaines consignes, certaines représentations sémiotiques, etc.), qui est nécessairement une situation complexe. D'un côté, il y a une perte d'informations (registre oral), d'un autre des apports conceptuels supplémentaires de la part du traducteur, ce qui peut s'avérer à double tranchant. Des connaissances disciplinaires sont nécessaires pour sélectionner les propriétés pertinentes des représentations à communiquer. De même, l'étude de cas de l'inclusion d'un élève non-voyant en classe ordinaire confirme que la conversion de représentations visuelles en discours ne va pas de soi : des connaissances mathématiques sont aussi nécessaires pour sélectionner les propriétés pertinentes des représentations à communiquer. Notons que la conversion d'une représentation visuelle (dessin, graphique, etc.) en une représentation à explorer par le toucher ou en une description langagière entraîne inévitablement une perte d'informations (appréhension globale). Une attention particulière est à porter sur la transmission du non verbal : expliciter les informations visuelles « évidentes » (ce que l'on montre,

ce qui se voit) est indispensable pour les rendre accessibles aux élèves non-voyants et peut être tout aussi utile aux élèves voyants.

Le rythme hors et dans la classe est aussi une contrainte dans les deux contextes. Les élèves sourds doivent rester focalisés sur le traducteur pour suivre ce qu'il traduit en LSF. Ils ne peuvent donc pas regarder en même temps ce que le professeur écrit au tableau ou ce qu'il montre (par exemple le fonctionnement du vélo). Le rythme de la séance n'est pas le même pour les élèves sourds et les autres élèves. D'où plusieurs cycles de désynchronisations durant lesquels le traducteur apporte des informations pour préciser certains éléments de la situation (bulles de compréhension) et de resynchronisations lors desquels la traduction correspond à nouveau à ce qui est en train d'être échangé dans la classe ou du travail individuel. Pour l'élève non-voyant, l'accès au contenu nécessite un temps plus long que pour le reste de la classe, quel que soit le mode d'accès (adapté à l'écrit ou verbalisé). Cela entraîne des désynchronisations avec le travail de la classe (usage du tiers temps pendant une évaluation – explicitation d'un énoncé pendant un temps de correction collectif). Par ailleurs un temps long est nécessaire pour obtenir des adaptations en braille du CEDV et cela a un impact sur l'organisation pédagogique de la classe.

Enfin, pour les élèves sourds, dans les séances observées, les adaptations des supports ou du matériel n'ont pas forcément été anticipées. Elles sont construites par le traducteur sur place au détriment parfois des traductions (lorsqu'il s'agit de termes/signes non encore travaillés comme les termes pignon, vitesse d'un vélo). Cette tâche est d'autant plus délicate que les traducteurs ne disposent généralement pas en amont des supports de cours pour réfléchir aux traductions. En outre, une concertation avec l'enseignant, aurait pu permettre l'utilisation dans le SDP de supports accessibles aux élèves sourds. Par exemple, à ce propos, on aurait pu prévoir que l'enseignant présente une vidéo, avec traduction en langue des signes expliquant le fonctionnement du vélo ou qu'il utilise un schéma du vélo avec tous les termes techniques essentiels en laissant le temps nécessaire pour que les élèves sourds puissent le voir et le comprendre (ceci aurait d'ailleurs également pu servir à d'autres élèves de la classe). Mais cette anticipation des adaptations et cette concertation entre enseignant et traducteur se révèlent en pratique difficile à mettre en place. Concernant l'élève non-voyant, la nécessité de prévoir les supports à adapter en braille sur un temps long n'est pas compatible avec un enseignement qui s'ajuste au fur et à mesure aux difficultés et réussites des élèves. En pratique, un travail avec des supports adaptés en braille n'est pas toujours réalisable. Notre étude laisse entrevoir la grande complexité du travail de l'AESH et le rôle déterminant qu'elle joue pour permettre une accessibilité (adapter en situation, sans avoir pu anticiper). Un atout lié à son ancienneté dans l'accompagnement d'Eloi (depuis la maternelle) et à sa présence à temps plein est qu'elle peut s'appuyer sur la mémoire didactique de la classe.

2 Perspectives pour la formation

Cette double étude de cas apporte certains éclairages sur les attentes que l'on peut avoir concernant la formation des acteurs intervenant auprès des élèves en situation de handicap, que ce soit les enseignants, les traducteurs ou les AESH.

Elle souligne tout d'abord l'importance d'exploiter la multimodalité des situations d'enseignement et d'apprentissage, afin que chaque élève puisse s'appuyer sur le système sémiotique qui lui convient le mieux. Cela nécessite d'inclure dans la formation des enseignants une sensibilisation aux apports des différents registres et surtout une réflexion sur le passage d'un registre à l'autre, tout en reconnaissant les pertes, mais également les apports que cette conversion peut entraîner. Dans ce même ordre d'idée, un autre axe de réflexion porte sur la conception de ressources s'appuyant sur l'articulation entre différents systèmes sémiotiques lors de l'explication de concepts mathématiques. C'est la raison pour laquelle le groupe IREM Maths et élèves BEP s'est lancé dans l'élaboration de capsules vidéo s'appuyant sur la Langue des Signes Française mais également sur le français écrit et les schémas.

Par ailleurs, les enseignants doivent prendre conscience du fait que les élèves en situation de handicap ont besoin de plus de temps que les autres. Il convient donc de s'interroger sur le rythme imposé dans la classe, rythme habituellement adapté aux possibilités de progression d'un élève moyen mais qui s'avère souvent trop rapide pour certains et trop lent pour d'autres. Il s'agit là d'un problème professionnel auquel se heurtent tous les enseignants, même s'il s'avère particulièrement criant lors de l'accueil d'élèves en situation de handicap. C'est pourquoi il nécessite une réflexion sur les possibilités de différenciation au sein de la classe et sur la mise en place d'adaptations permettant de respecter le rythme de chacun dans les apprentissages.

Une autre perspective pour la formation serait de réfléchir à l'articulation des différents systèmes didactiques. On pourrait par exemple articuler la formation des enseignants et celles des AESH. Pour que ce soit possible, il faudrait bien sûr que les AESH aient un nombre d'heures de formation plus important qu'actuellement et qu'enseignants et AESH aient des temps de concertation possibles sur leur temps de travail. Ce temps pourrait permettre alors d'envisager des adaptations rendant au mieux accessibles les situations d'enseignement. À ce propos, nous finissons notre texte avec une parole d'Emi Matsuoka :

Repenser les moyens et conditions stimulant la collaboration entre les professionnels de l'Éducation nationale et de l'Éducation spécialisée afin de mieux répondre aux besoins des élèves : former des acteurs du champ éducatif « ordinaire » aux différents handicaps et aux divers besoins éducatifs particuliers, former les professionnels du milieu spécialisé à la culture de l'Éducation nationale, former conjointement ces divers professionnels à l'apprentissage de travailler ensemble pour qu'ils mutualisent leurs compétences réciproques (partenariat) ; afin que la scolarisation de l'élève handicapé soit effectivement inclusive et non pas une mise en situation d'inégalité et de vulnérabilité. (Matsuoka et Lavigne 2015, n.p.).

V - BIBLIOGRAPHIE

- Assude, T., Perez, J.-M., Suau, G., Tambone, J. et Verillon, A. (2014). Accessibilité didactique et dynamique topogénétique : une étude de cas. *Recherches en didactique des mathématiques*, 34(1), 33-57.
- Assude, T., Millon-Fauré, K., Koudogbo, J., Morin, M.-P., Tambone, J. et Theis, L. (2016). Du rapport entre temps didactique et temps praxéologique dans des dispositifs d'aide associés à une classe. *Recherches en didactique des mathématiques*, 36(2), 33 – 57.
- Assude, T., Millon-Fauré, K., et Tambone, J. (2018). Questionnements autour de la synchronisation dans l'enseignement des mathématiques à des élèves sourds. *Actes du colloque international Espace Mathématique Francophone 2018*. Paris : Gennevilliers.
- Arzarello, F. (2019). Analyse des processus d'apprentissage en mathématiques avec des outils sémiotiques : la covariation instrumentée. Dans T. Barrier et C. Chambris (éds.), *Actes du Séminaire National de Didactique des Mathématiques 2017*, (6 – 25). ARDM, Paris.
- Blatto-Vallee G., Kelly R.R., Gaustad M.G., Porter J., et Fonzi, J. (2007). Visual-spatial representation in mathematical problem solving by deaf and hearing students. *Journal of deaf studies and deaf education*, 12. 4, 432-448.
- Bonnet, M., Mangeret, T., et Nowak, M. (2010). *Mathématiques et surdité – L'accueil des enfants sourds et malentendants en classe ordinaire ou spécialisée*. Lyon : CRDP de l'académie de Lyon.
- Castillan, L., Lemarié, J. et Mojahid, M. (2018). Numérique, handicap visuel et accessibilité des apprentissages. Contenus pédagogiques numériques : quelle accessibilité pour les élèves présentant une déficience visuelle ? *Éducation & Formation*, e-311, 90 – 102.
- Courtin, C. (2002). Le développement de la conceptualisation chez l'enfant sourd, *La nouvelle revue de l'AS*, 17, 19 – 33.
- Duquesne, F. (2002). *Apprendre à raisonner en mathématiques à l'école et au collège*. Suresnes : Éditions du CNEFEI.

- Duquesne, F. (2005). Les apprentissages mathématiques dans une éducation bilingue LSF/Français. *La nouvelle revue de l'AIS- Hors-série*, 119 – 128.
- Duval, R. (2018). Figures et visualisation géométrique : « voir » en géométrie. Dans J. Baillé et L. Lima (éds.) *Du mot au concept. Figure* (147 – 182). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Feuilladiou, S., et Tambone, J. (2021). Scolariser des jeunes sourds, à l'épreuve de la transformation des routines d'enseignement. Dans G. Pelgrims, T. Assude, et J-M. Perez (éds.), *Transitions et transformations sur les chemins de l'éducation inclusive* (43 – 59). Bienne : Edition SZH/CSPS.
- Feuilladiou, S., Assude, T., Tambone, J. et Millon-Fauré, K. (2021). Être scolarisé dans un parcours bilingue langue des signes française-français écrit : ce qu'en disent les élèves sourds et entendants. *Alter, European Journal of disability research*, 15(3), 203 – 215.
- Guille-Biel Winder, C. (2017). Un jeu sur les fractions. *Petit x*, 103, 57 – 82.
- Healy, L., Ali Fernandes, S.H.A., et Bolite Frant, J. (2013). Designing tasks for a more inclusive school mathematics. Dans C. Margolinas (éd.), *Task Design in Mathematics Education. Proceedings of ICMI Study 22* (61 – 68). Oxford.
- Houdement, C. et Petitfour, É. (2018). Malentendu sémiotique dans l'enseignement spécialisé. *Actes du 44^e colloque COPIRELEM* (79 – 96). ARPEME.
- Houdement, C. et Petitfour, É. (2020). Comprendre des signes qui rendent compte de la numérosité. *Actes du 46^e colloque COPIRELEM* (81 – 95). HEP de Vaud.
- Kelly, R. (2008). Deaf learners and mathematical problem solving. Dans M. Marschark et P.C. Hauser (éds.), *Deaf cognition, foundations, and outcomes* (226 – 249). New York, Oxford university press.
- Kritzer, K. (2009). Barely started and already left behind: A descriptive analysis of the mathematics ability demonstrated by young deaf children. *Journal of deaf studies and deaf education*, 14(4), 409 – 421.
- Leybaert, J. (2006). L'évaluation des habilités numériques chez les enfants atteints de surdité. Dans C. Hage, B. Charlier et J. Leybaert (éds.), *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd* (223 – 246). Bruxelles : Mardaga.
- Lewi-Dumont, N. (2015). Des besoins particuliers des élèves aux besoins de formation des professionnels : l'exemple de la déficience visuelle. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 70 – 71, 149 – 164.
- Marschark, M. et Spencer, P. (2010). The Promises (?) of the Deaf Education: From research to practice and back again. Dans M. Marschark et P. E. Spencer (éds.), *The Oxford handbook of deaf studies, language and education, Vol. 2* (1 – 16). New York: Oxford university press.
- Matsuoka, E. et Lavigne, C. (2015). *La scolarisation d'une élève sourde en milieu ordinaire : être témoin, chercheur et acteur (ressource en ligne)*, url : <https://adepeda35.jimdofree.com/actualités/témoignages/témoignage-d-une-élève-sourde-scolarisée-en-milieu-ordinaire/>
- Millon-Fauré, K. (2021). *Étude de systèmes didactiques en difficulté : réflexions sur les conditions d'accessibilité didactique aux savoirs mathématiques*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger les recherches. Université d'Aix-Marseille.
- Millon-Fauré, K., Assude, T., Feuilladiou, S. et Tambone, J. (2023). La scolarisation des élèves sourds : qu'en disent les élèves et les parents ? *La nouvelle revue - Éducation et société inclusives*, 97, 73-88.
- Ministère de l'Éducation Nationale (2021). *La scolarisation des élèves sourds en France – État des lieux et recommandations*. Conseil scientifique de l'Éducation Nationale. (ressource en ligne), url : https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/WEB_La_scolarisation_des_eleves_sourds_en_France.pdf
- Mousley, K. et Kelly, R. (1998). Problem-solving strategies for teaching mathematics to deaf students. *American annals of the deaf*, 143(4), 325 – 336.

Nunes, T. (2004). *Teaching mathematics to deaf children*. Londres : Whurr.

Pagliaro C. (2010). Mathematics instruction and learning of deaf and hard-of-hearing students: What do we know? Where do we go?. Dans M. Marschark et P. E. Spencer (éds.), *The Oxford handbook of deaf studies, language and education*, Vol. 2 (156 – 171). New York: Oxford university press.

Petitfour, É. (2020). Study of the support provided to visually impaired student included in mainstream classroom. *14th International Congress on Mathematical Education*, Shanghai, Chine. (ressource en ligne), url: <https://hal.science/hal-03586526>.

Petitfour, É. et Houdement, C. (2022). Des effets didactiques de microphénomènes sémiotiques en mathématiques. Dans C. Hache, C. Houdement et C. de Hosson (éds.), *Approches sémiotiques en didactique des sciences* (209 – 244). ISTE SCIENCES, Collection Innovation en sciences de l'éducation.

Petitfour, É. (2023). Regard sémiotique sur l'inclusion d'un élève non-voyant en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 43(1), 87 – 127.

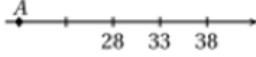
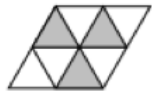
Roux, M-O. (2013). Surdité et enseignement des mathématiques, quelles médiations ? *Liaisons*, 28, 20 – 23.

Roux, M-O. (2014). Surdité et difficultés d'apprentissage en mathématiques, état des lieux et problématiques actuelles. *Bulletin de psychologie*, 532, 295-307.

Sensevy, G., Mercier, A. et Schubauer-Leoni, M.-L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur.    propos de la course à 20. *Recherches en didactique des mathématiques*, 20(3), 263-304.

ANNEXE 1

Entrainement la course aux nombres en 6ème
sujet 2016 (2/3) à réaliser en 3 minutes

	ÉNONCÉ	RÉPONSE	JURY
11)	Quelle est l'abscisse du point A ? 		
12)	2,3 km	 m	
13)	Quelle est la fraction de la figure qui est grisée ? 		
14)	Écriture décimale de $3 + \frac{7}{10} + \frac{9}{1000}$		
15)	50% de 110		
16)	 Le périmètre de ce triangle est égal à	 cm	
17)	Yacine mesure 1,52 m. Il mesure 13 cm de plus que Pierre. Quelle est la taille de Pierre ?	 m	
18)	Dans 420 combien de fois 60 ?		
19)	Compléter	$6,1 + \dots = 10$	
20)	$25 \times 17 \times 4$		