Contribution à l'analyse didactique de manuels scolaires numériques du premier degré : une étude de cas

Claire Guille-Biel Winder, Édith Petitfour

▶ **To cite this version:**

Claire Guille-Biel Winder, Édith Petitfour. Contribution à l'analyse didactique de manuels scolaires numériques du premier degré : une étude de cas. Éducation & Didactique, 2021, 15 (2), pp.159-187. 10.4000/educationdidactique.8924 . hal-03169999

HAL Id: hal-03169999
https://amu.hal.science/hal-03169999

Submitted on 15 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONTRIBUTION À L'ANALYSE DIDACTIQUE DE MANUELS SCOLAIRES NUMÉRIQUES DU PREMIER DEGRÉ : UNE ÉTUDE DE CAS

Claire GUILLE-BIEL WINDER

ADEF (UR 4671), Aix-Marseille Université, France

Édith PETITFOUR

Normandie Univ, UNIROUEN, LDAR, 76000 Rouen, France
Universités de Paris, Artois, Cergy Pontoise, Paris-Est Créteil

Résumé
Les manuels scolaires occupent une place privilégiée dans les ressources utilisées par les enseignants de l'école primaire. Au niveau international, l'offre de l'édition scolaire, abondante, évolue sans cesse notamment avec l'exploitation des possibilités offertes par le développement du numérique. Cet article vise à contribuer à l'analyse didactique des manuels numériques par la présentation d'outils d'analyse dans le cas particulier de l'enseignement de la géométrie en France dans le premier degré, et plus particulièrement celui des notions de perpendicularité et de parallélisme au niveau CM1 (9-10 ans). Nos propositions théoriques sont illustrées par l'analyse du manuel *La Méthode Heuristique de Mathématiques*.

Mots clés
Perpendicularité, parallélisme, manuel numérique, analyse de manuels, action instrumentée

CONTRIBUTION TO DIDACTIC ANALYSIS OF FIRST GRADE E-TEXTBOOKS : A CASE STUDY

Abstract
Textbooks occupy a privileged place among resources used by primary school teachers. At international level, the editorial offer concerning textbooks is abundant and constantly evolving, especially with the exploitation of the possibilities offered by the development in information technology. In this article we contribute to the didactic analysis of first grade e-textbooks. We present analytical tools adapted to the particular case of the teaching of geometry and more specifically of the theme "perpendicularity and parallelism" in fourth grade (9-10 years old pupils) in France. We illustrate the proposed framework by analyzing the digital textbook *Heuristic Method of Mathematics*.

Key words
Perpendicularity, parallelism, digital textbook, textbook analysis, action with instruments

INTRODUCTION

L'importance de l'enseignement de la géométrie dans la scolarité obligatoire est soulignée dans les travaux en didactique (Perrin-Glorian et Salin, 2010 ; Houdement, 2019 ; Sinclair et Bruce, 2015), notamment par sa double finalité : donner des moyens de contrôler l'espace dans lequel nous vivons et traiter des problèmes spatiaux, favoriser l'apprentissage du raisonnement. D'autre part, « le manuel scolaire semble être un élément incontournable de l'environnement professionnel de l'enseignant » (Margolinas et Wozniak, 2009, p. 60). En effet de nombreuses études ont mis au jour l'importance des manuels scolaires pour les enseignants, dans la préparation de leur classe et l'actualisation du *curriculum* (Grave et Pepin, 2015 ; Lepik, Grevholm et Viholainen, 2015 ; Pepin, Haggarty et Keynes, 2001 ; Remillard, 2000, 2010 ; Spallanzani, Biron, Larose, Lebrun, Lenoir, Masselter et Roy, 2001 ; Valverde, Bianchi, Wolfe, Schmidt et Houang, 2002), comme dans leur développement professionnel (Grouws et Smith, 2000 ; Remillard, 2000). Gueudet, Pepin et Trouche (2016a) estiment même qu'ils « sont comme des fenêtres qui donnent à voir la conception de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques » dans les pays dans lesquels ils sont édités, « notamment en ce qui concerne les opportunités d'apprentissage offertes aux élèves par le biais de ces manuels » (p. 3).

Notre problématique porte sur la manière dont ces manuels visent à fournir un accès aux savoirs géométriques. Nous avons alors développé un travail portant sur l'analyse des propositions d'enseignement de notions géométriques faites dans les manuels scolaires (papier) dans le cadre des programmes français d'enseignement à l'école primaire (Guille-Biel Winder et Petitfour, 2018, 2019). Ce travail se situe en amont de questions étudiées dans d'autres recherches sur les manuels scolaires, comme la prise en compte de la variabilité des pratiques effectives des professeurs des écoles utilisant un même manuel (Arditi, 2011), l'étude de la place du manuel dans l'activité enseignante (Priolet et Mounier, 2018) ou bien encore l'usage que les élèves font de ces manuels (Rezat, 2012). Puisqu'en France le cycle 3 est une période importante pour les apprentissages géométriques, nous avons choisi de nous intéresser au niveau CM1 (9-10 ans), première année de ce cycle, et de centrer notre étude sur l'enseignement du thème « perpendicularité et parallélisme », notions qui apparaissent à ce niveau-là dans les programmes scolaires. Cette étude a débouché sur la mise au point d'une méthodologie d'analyse de manuels scolaires en géométrie pour le premier degré.

Mais que qualifie-t-on de « manuel scolaire » ? Dans les années 90, Choppin le caractérise comme étant conçu « dans l'intention plus ou moins explicite ou manifeste (…) de servir de support écrit à l'enseignement d'une discipline au sein d'une institution » (Choppin, 1992, p. 16). Au début des années 2000, un texte officiel considère plus largement comme livre scolaire « les manuels et leur mode d'emploi, ainsi que les cahiers d'exercices et de travaux pratiques qui les complètent ou ensembles de fiches qui s'y substituent, régulièrement utilisés dans le cadre de l'enseignement (…) et conçus pour répondre à un programme préalablement défini ou agréé par les ministres concernés » (décret 2004-922 du 31 août 2004[1]). Depuis, le manuel scolaire est en pleine évolution, incorporant des ressources numériques de plus en plus nombreuses (Gueudet et al., 2016a). Certains éditeurs ont ainsi fait le choix innovant de développer des manuels scolaires s'appuyant essentiellement sur des ressources numériques. Nous désignons alors par *manuel scolaire d'une collection donnée* les divers documents

[1] https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2004/8/31/2004-922/jo/article_1

destinés à l'élève (livre-élève, fichier, cahier d'exercices, répertoire, *etc*.), ainsi qu'à l'enseignant (guide de l'enseignant, compléments d'informations transmis *via* l'éditeur sur son site ou dans un ouvrage) et, à l'instar de Pepin, Gueudet, Yerushalmy, Trouche et Chalzan (2016), nous le qualifions de *manuel numérique* (*e-textbook*) lorsqu'il s'agit d'un système structuré et évolutif de ressources numériques, destiné à l'enseignement[2]. Les manuels numériques connaissent un essor important. Des recherches ont développé des outils d'analyse spécifiques à de tels manuels pour le second degré (Gueudet et al., 2016a ; Gueudet, Pepin, Sabra, Retrepo et Trouche, 2016b). Le but de la présente étude est de contribuer à l'analyse didactique des manuels numériques par la présentation d'outils d'analyse, dans le cas particulier de l'enseignement de la géométrie dans le premier degré.

Dans cet article, la méthodologie élaborée est explicitée puis illustrée par l'analyse d'un manuel numérique, *La Méthode Heuristique de Mathématiques* (*MHM*, Éditions du Net), qui semble être l'objet d'un certain engouement depuis quelques années et qui, selon son auteur, est « mis en œuvre dans des centaines de classes » (Pinel, 2018, quatrième de couverture). Nous développons donc tout d'abord la méthodologie de l'étude ainsi que nos outils d'analyse. Nous utilisons ensuite ces outils théoriques pour mettre au jour des éléments caractéristiques du manuel *MHM*, tant au niveau global que local, puis pour analyser ce manuel sur le thème d'étude, à savoir les relations de perpendicularité et de parallélisme.

MÉTHODOLOGIE ET OUTILS D'ANALYSE

L'analyse porte sur des caractéristiques générales du manuel affichées par l'éditeur, le *médium* et la *voix* (Remillard, 2010), ainsi que sur des éléments relatifs à l'organisation des savoirs mathématiques sur deux niveaux d'analyse (Mounier et Priolet, 2015), l'un global sur le domaine d'étude (la géométrie), l'autre local sur le thème d'étude (relations de perpendicularité et de parallélisme). L'analyse prend également appui sur des travaux portant spécifiquement sur les manuels numériques (Pepin et al., 2016 ; Gueudet et al., 2016b).

Catégorisation des manuels numériques

Les spécificités des manuels numériques ont été mises au jour par l'institution française au début des années 2010, puis développées dans des recherches internationales (Pepin et al., 2016). Ainsi, des rapports institutionnels (IGEN/IGAENR, 2013 ; CRD, 2014) font état, en France, du développement successif de trois types de manuels numériques : dès 2008, le manuel numérique *simple* est conçu en version papier et numérisé ensuite, avec des fonctionnalités simples d'affichage et de navigation ; lancé en 2009, le manuel numérique *enrichi* intègre des ressources numériques (vidéo, animation, hypertexte, *etc*.) ainsi que des fonctions permettant une interactivité entre l'utilisateur et le contenu numérique ; à partir de 2011, le manuel numérique *personnalisable* est conçu pour permettre une édition numérique et une édition papier et offrir la possibilité aux utilisateurs de réaliser des adaptations. Quelques années plus tard, Pepin et al. (2016) témoignent d'une évolution importante du manuel numérique à l'échelle internationale et proposent une catégorisation qui actualise et affine la typologie précédente : le manuel numérique *intégratif* (*integrative e-textbook*) est une version numérique du manuel papier, connectée à d'autres supports numériques (cette

[2] « *an evolving structured set of digital resources, dedicated to teaching, initially designed by different types of authors, but open for re-design by teachers, both individually and collectively* » (Op. cité p. 644).

catégorie rejoint donc le type manuel numérique *enrichi*) ; le manuel numérique *évolutif* (*evolving e-textbook*) présente un contenu qui évolue en continu en étant développé par une large communauté d'auteurs et par la contribution des utilisateurs ; le manuel numérique *interactif* (*interactive e-textbook*) est basé sur un ensemble d'outils numériques, de tâches, d'exercices interactifs et d'outils logiciels que l'utilisateur peut agencer. Cette dernière catégorie correspond donc à un type plus développé de manuel numérique *personnalisable.*

Outils théoriques pour l'analyse des caractéristiques du manuel

Remillard (2010) souligne l'importance de l'*apparence* (allure visuelle) et de la forme du « matériel curriculaire » dans l'usage qu'en font les professeurs. La *forme de destination* est « ce que les professeurs voient, examinent, et manipulent quand ils utilisent une ressource curriculaire », elle réfère ainsi « à sa forme physique et visuelle, à la nature et la présentation de son contenu, aux moyens à travers lesquels elle s'adresse aux professeurs » (Remillard, 2010, p. 203). La forme de destination possède de nombreuses caractéristiques. Nous en retenons trois – le *médium*, la *voix*, ainsi que les *éléments organisationnels et planificateurs* – que nous présentons dans ce qui suit et que nous complétons en tenant compte du caractère numérique du manuel. Pour ce faire, nous prenons en considération les connexions potentielles entre ce manuel, ses utilisateurs, ses concepteurs et des ressources qui lui sont extérieures (« *connectivity at macro level* », Gueudet et al., 2016b).

Le *médium* réfère « à la forme sous laquelle la ressource est diffusée » (Remillard, 2010, p. 207), cette dernière pouvant être imprimée et / ou numérique. Dans le contexte de notre étude, nous prêtons aussi attention aux connexions possibles avec d'autres ressources en ligne extérieures au manuel (sites ou ressources d'autres auteurs, logiciels, documents institutionnels, manuels d'autres niveaux ou d'autres disciplines).

La *voix* réfère « à la façon dont le propos des auteurs / concepteurs est représenté, et à leur façon de communiquer avec le professeur » (*ibid*, p. 206). Nous étudions plus largement les connexions possibles (Gueudet et al., 2016b) que les auteurs / concepteurs permettent entre enseignants et élèves, ou enseignants utilisateurs du manuel et auteurs du manuel[3], *via* un outil de communication (courriels, forum, voire même la possibilité de création de communautés d'utilisateurs).

Les *éléments organisationnels et planificateurs* concernent l'organisation générale de l'enseignement des notions mathématiques du curriculum, en termes de structuration temporelle des savoirs abordés à différentes échelles (par exemple le découpage de l'année en unités de séquences, séances, phases) et en lien avec des objectifs d'apprentissage. Ils sont également déclinés en termes de programmation annuelle du domaine étudié et de progression relative à l'enseignement du thème considéré au sein de ce domaine. Au niveau global, nous identifions la répartition des contenus mathématiques dans l'année scolaire et étudions la place réservée à l'enseignement de la géométrie relativement aux autres savoirs mathématiques dans le manuel (à partir de plans de séquence, de scénarios à utiliser). Dans un aller-retour entre niveaux global et local, nous analysons l'articulation du thème étudié (notions de perpendicularité et de parallélisme) au sein des séances de géométrie, au regard de la mise en fonctionnement de la dialectique outil / objet (Douady, 1986) relative aux types de tâches (Chevallard, 1999) proposés. Nous étudions aussi la mise en évidence des idées centrales du curriculum en lien avec les Instructions Officielles en vigueur et celle des raisons sous-jacentes aux recommandations pédagogiques et informations didactiques. Nous interrogeons alors la cohérence de la programmation proposée par rapport au savoir enseigné.

[3] « connections between teachers and students ; connections between teachers using the textbook and the authors of the textbook » (Gueudet et al., 2016b, p. 544).

Outils théoriques spécifiques à l'analyse au niveau local

En CM1, les élèves doivent savoir reconnaître et utiliser les relations de perpendicularité et de parallélisme dans des situations qui mettent en jeu l'utilisation d'instruments géométriques (voir extrait du programme en annexe 1). S'appuyer sur la construction instrumentée pour accéder aux concepts géométriques est une constante dans les programmes scolaires français : l'objectif principal visé dans l'enseignement de la géométrie à l'école primaire en 2018 – faire passer progressivement les élèves d'une géométrie perceptive à une géométrie où les objets et leurs propriétés sont contrôlés par le recours aux instruments et l'explicitation de propriétés – était en effet déjà présent dans les programmes scolaires précédents (MEN, 2002, 2008, 2015). Dans l'analyse au niveau local, nous relevons dans le manuel les types de tâches et techniques instrumentées associées (Chevallard, 1999) permettant de travailler les relations de perpendicularité et de parallélisme et nous prenons en compte les artefacts utilisés, de même que les significations des relations auxquelles ces techniques réfèrent. Nous caractérisons également les objets sur lesquels portent ce travail. Nous portons une attention particulière au langage en usage (vocabulaire et expressions). Enfin, nous analysons comment le manuel initie le processus d'appropriation des instruments de géométrie (Rabardel, 1995). Voyons maintenant les outils théoriques qui soutiennent nos analyses.

Objets

Dans l'introduction des concepts de perpendicularité et de parallélisme, nous étudions le lien éventuel avec le réel ainsi que la manière dont le passage au géométrique est mis en œuvre. Nous organisons ainsi les objets utilisés pour enseigner les relations géométriques en deux grandes catégories (Guille-Biel Winder et Petitfour, 2019) : les *objets du monde*[4] (Laparra et Margolinas, 2016) ou leurs représentations figuratives, d'usages connus des élèves, appartiennent à l'environnement (quotidien) des élèves ; les *objets graphiques* correspondent aux objets matériels (dessins) de la géométrie de l'école (Houdement, 2007). Dans la première catégorie, nous distinguons les *objets du monde* culturellement *représentateurs*[5] des relations spatiales de ceux qui ne le sont pas. Ces premiers objets réfèrent plus ou moins explicitement à une propriété spécifique de la relation géométrique. Pour le parallélisme par exemple, on pourrait citer des rails de train et leurs travées qui réfèrent à la propriété d'écart constant, des traces de roues qui réfèrent à la relation d'incidence, les bords d'une règle qui réfèrent aux côtés opposés d'un rectangle. Dans la deuxième catégorie, nous faisons la distinction entre *représentations* d'objets géométriques et *modélisations* d'objets du monde. Les objets culturellement représentateurs de la relation spatiale sont quelquefois modélisés dans l'espace graphique sous les mêmes représentations que les objets géométriques. Ces représentations peuvent alors jouer le rôle de signes-pivots (Bartolini Bussi et Mariotti, 2008) puisqu'elles peuvent permettre le passage vers le géométrique. La figure 1 illustre cette catégorisation.

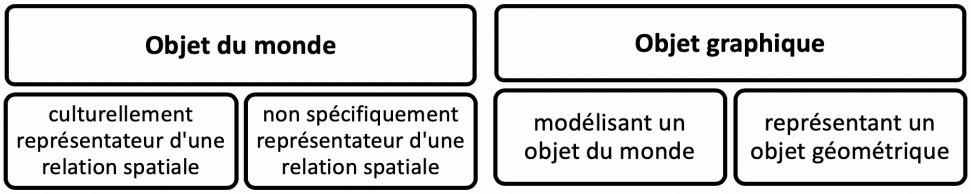


Figure 1. Catégorisation des objets utilisés pour enseigner les relations

[4] *Objets du monde :* « Objet le plus souvent matériel, présent à l'école et hors l'école et qui de ce fait évoque pour l'élève les affects et les usages qu'il connaît déjà. » (Laparra et Margolinas, 2016, p. 169).

[5] *Représentateur* (adjectif) : Qui sert à la représentation. Les hiéroglyphes étaient des signes représentateurs d'objets visibles. (Littré, 1876). Site http://www.la-definition.fr/definition/representateur consulté le 20/12/2018.

Formulations langagières

Pour l'analyse des formulations langagières, nous utilisons des outils d'analyse logique des concepts mathématiques (Barrier, Durand-Guerrier et Mesnil, 2019 ; Petitfour et Barrier, 2019). La perpendicularité et le parallélisme sont des relations géométriques, alors que le concept d'angle droit est une propriété géométrique d'un secteur angulaire. Sur le plan logique, la perpendicularité / le parallélisme s'analyse alors comme une relation binaire entre deux droites. Les droites *d* et *d'* vérifiant la relation étant données, on dira que « les droites *d* et *d'* sont perpendiculaires / parallèles » ou que la « droite *d* est perpendiculaire / parallèle à la droite *d'* ». La relation étant symétrique, les rôles des droites *d* et *d'* sont interchangeables. Une droite *d* étant donnée, il y a une infinité de droites qui lui sont perpendiculaires / parallèles. Cette propriété se traduit au niveau langagier par un article indéfini lorsqu'on introduit la droite *d'* : « la droite *d'* est *une* droite perpendiculaire / parallèle à la droite *d* ». La relation de perpendicularité / parallélisme associée à une relation d'appartenance met en lien deux droites et un point. On a dans ce cas une conjonction de deux relations binaires du type « (*d* est perpendiculaire / parallèle à *d'*) ET (*M* appartient à *d'*) », formulée avec la syntaxe suivante : « *d'* est *la* droite perpendiculaire / parallèle à la droite *d* passant par (et qui passe par) le point *M* », l'article défini « la » exprimant à la fois l'existence et l'unicité de la droite *d'*.

Types de tâches relatifs aux constructions instrumentées dans l'enseignement des relations

En lien avec l'intitulé des programmes (annexe 1), nous distinguons, pour chaque relation, deux grandes catégories de types de tâches élémentaires relatifs aux constructions instrumentées : ceux qui sont associés à la reconnaissance (ou l'identification) de la relation et ceux qui sont liés au tracé de droites vérifiant cette relation. Dans la première catégorie, nous dissocions les types de tâches dans lesquels les couples de droites sont donnés de ceux dans lesquels ils ne le sont pas. Concernant la deuxième catégorie, nous identifions deux variantes, en fonction des contraintes portant sur la ou les droites à tracer : une droite est donnée, une droite et un point sont donnés. Le tableau 1 récapitule ces types de tâches.

Pour le type de tâches $T^{perp}_{Td,\,p}$, nous prenons par ailleurs en compte la variable didactique suivante : le point donné appartient ou pas à la droite donnée.

Types de tâches		**Relation de perpendicularité**	**Relation de parallélisme**
Associés à la reconnaissance de la relation	Contrôler (vérifier) si deux droites vérifient la relation	T^{perp}_{V}	T^{para}_{V}
	Reconnaître (identifier) deux droites qui vérifient la relation dans un réseau de droites	T^{perp}_{R}	T^{para}_{R}
Associés au tracé de droites vérifiant la relation	Tracer une droite (ou plusieurs) vérifiant la relation avec une droite donnée	T^{perp}_{Td}	T^{para}_{Td}
	Tracer la droite vérifiant la relation avec une droite donnée et passant par un point donné	$T^{perp}_{Td\,,\,p}$	$T^{para}_{Td\,,\,p}$

Tableau 1. Types de tâches relatifs aux constructions instrumentées

Connaissances en jeu dans les constructions instrumentées

Les connaissances en jeu dans les constructions instrumentées proposées peuvent être explicitement abordées ou sous-jacentes aux techniques présentées dans différents types de tâches. Nous considérons cinq types de connaissances en appui sur le cadre d'analyse de l'action instrumentée (Petitfour, 2017) :

- Les *connaissances pratiques* relèvent du plan matériel et corporel lié à l'action instrumentée ; elles concernent aussi son organisation.
- Les *connaissances techniques* concernent les fonctions et schèmes d'utilisation des instruments (Rabardel, 1995).
- Les *connaissances spatiales* sont liées à l'expérience qu'a le sujet de l'espace sensible. Elles sont relatives à la sélection perceptive d'informations spatiales et à leur interprétation, à l'anticipation de transformations et de déplacements. Elles sont impliquées dans la flexibilité du regard à porter sur une figure (Duval, 2005 ; Houdement, 2019).
- Les *connaissances graphiques* correspondent aux informations graphiques à prélever sur le dessin et à interpréter. Elles sont reliées aux tracés, aux codages, aux notations et aux symboles.
- Les *connaissances géométriques* sont liées aux objets géométriques, à leurs relations et leurs propriétés.

Nous étudions ensuite les connaissances géométriques en lien avec les différentes significations des concepts de perpendicularité et de parallélisme pouvant être abordées au cycle 3 (Reymonet, 2004 ; Dussuc, Gerdil-Margueron et Mante, 2006 ; ERMEL, 2006).

Principales significations des concepts de perpendicularité et de parallélisme

Les principales significations rattachées au concept de perpendicularité sont les suivantes : droites qui se coupent en formant quatre angles droits / droites qui se coupent en formant un angle droit, en lien avec la notion d'angle ; la distance d'un point à une droite *d* s'obtient sur la droite perpendiculaire à la droite *d* passant par le point, en lien avec la notion de distance ; droites obtenues par le pliage pli sur pli d'une feuille de papier pliée en deux que l'on peut mettre en lien avec la notion de symétrie ; droites supports de côtés consécutifs d'un rectangle en lien avec des connaissances sur les propriétés du rectangle.

Deux droites parallèles peuvent être principalement vues comme : des droites non sécantes (ou qui ne se coupent jamais) en lien avec l'incidence et basée sur la perception ; des droites d'écart constant à relier avec la notion de distance ; des droites de même direction ou des droites de même pente, en relation avec la notion d'angle ; des droites obtenues par translation, en référence aux transformations du plan ; des droites perpendiculaires à une même troisième, en appui explicite sur la notion de perpendicularité et pouvant être considéré comme un cas particulier de droites de même direction ; des droites supports de côtés opposés de quadrilatères particuliers (le carré, le rectangle, voire le trapèze ou le parallélogramme).

Processus d'appropriation des instruments de géométrie

Dans l'approche instrumentale, Rabardel (1995) définit la notion psychologique d'instrument comme une totalité comprenant une composante artefact (matériel ou symbolique) et une composante schème(s) résultant d'une construction propre du sujet ou d'une appropriation de

schèmes sociaux d'utilisation (transmission d'un utilisateur à l'autre, mode d'emploi, assistances diverses). Il souligne l'impact de l'appropriation d'un artefact sur l'activité cognitive des utilisateurs. Ainsi dans des activités géométriques, l'utilisation d'instruments (règle, équerre, *etc*.) par les élèves va influencer la construction du savoir et les processus de conceptualisation. Pour analyser l'initiation du processus d'appropriation des instruments de géométrie proposé dans le manuel, à savoir la transmission de leurs schèmes sociaux d'utilisation, nous mettons en évidence les modalités de transmission de l'utilisation des artefacts utilisés (schémas, vidéo, langage).

Suite à cette présentation de nos propositions théoriques pour catégoriser les manuels numériques, analyser leurs caractéristiques et les analyser au niveau du thème d'étude (relations de perpendicularité et de parallélisme), les deux parties suivantes illustrent la mise en fonctionnement des outils avec l'analyse du manuel numérique *MHM*.

ÉLÉMENTS CARACTÉRISTIQUES DU MANUEL *MHM*

Dans cette partie, nous analysons trois éléments caractéristiques du manuel *MHM* : le médium (forme de diffusion) et la voix (représentation du propos de l'auteur) en prenant en compte le caractère numérique de ce manuel, ainsi que les éléments organisateurs et planificateurs (aspects curriculaires). Ces derniers sont par ailleurs étudiés en CM1 au regard de l'enseignement de la géométrie (niveau global) et plus particulièrement des notions de perpendicularité et de parallélisme (niveau local). Le lecteur trouvera en annexe des extraits d u *Guide des séances* CM1-CM2 (annexe 2) et des ressources disponibles associées (annexes 3 et 4) sur lesquels portent l'analyse.

Analyse du médium

Le manuel *MHM* est un *manuel numérique* au sens de Pepin et al. (2016). Dès sa conception en 2014, il a été diffusé sous forme numérique sur le site methodeheuristique.com, par son auteur, Nicolas Pinel. Ce site est dédié à l'enseignant utilisateur qui réalise tirages papier et photocopies des documents de travail à fournir aux élèves. Nous constatons d'ailleurs une attention particulière portée par l'auteur du manuel à l'allégement de la préparation matérielle puisqu'un même document à distribuer aux élèves est reproduit plusieurs fois sur une page A4 lorsque c'est possible. Les nombreux documents disponibles sur le site sont à destination de l'enseignant en vue de la construction de son enseignement. Ils sont répertoriés sous différentes rubriques, accessibles *via* des menus déroulants. La « méthode » est présentée dans la rubrique « Découvrir » sous forme de textes écrits par l'auteur, mais aussi de « foire aux questions ». Des éléments sur la programmation, l'évaluation, les ateliers, les élèves en difficulté ou à destination des parents sont apportés (« Fonctionnement »). Des apports didactiques apparaissent (« Didactique ») : en géométrie, il s'agit de la présentation du matériel *Géoplan* et de liens vers des propositions d'activités avec ce matériel pour travailler des compétences en géométrie. Quelques articles en lien avec des questions d'enseignement des mathématiques (« Actus maths ») sont proposés, de même que des documents divers (« Compléments ») – présentation de livres, informations sur la semaine des maths, *etc*. – , du matériel à fabriquer, des outils, des documents destinés à l'affichage et des jeux (« Matériel »). Le site fournit également un guide pour l'enseignant dans la rubrique « CM » (*Guide des séances CM1/CM2 2ème édition,* Pinel, 2019), les documents à compléter par les

élèves (« CM1_CM2 Version 2018 »), les traces écrites relatives aux différentes séances (« Leçons »), des exercices de résolution de problèmes (« Rallye maths »), des exercices à réaliser en autonomie (« Fichiers »). La profusion des rubriques rend difficile le recueil de tous les documents nécessaires à une séance pour qui découvre *MHM*, car cela nécessite de naviguer à travers ces différentes pages dédiées (plus d'une trentaine).

L'une des spécificités du manuel numérique *MHM* est d'offrir un téléchargement gratuit de la quasi-totalité des documents le constituant. Seul le document *La Méthode Heuristique de Mathématiques* (Pinel, 2018) présenté par son auteur comme « la pierre angulaire » de la méthode qui « permet de comprendre les choix pédagogiques et didactiques et précise le fonctionnement de la méthode au-delà d'un simple aspect « pratique » en classe »[6] n'est pas accessible en ligne. Depuis 2018, le manuel numérique est diffusé également sous une forme papier par les éditions Nathan. Selon l'auteur cette forme présente les avantages, comparativement à la forme numérique, d'être propre, colorée, reliée et d'éviter les impressions. Elle diffère donc des documents numériques par l'apparence. Ainsi, par rapport aux catégories de manuels présentées dans les outils d'analyse, le manuel *MHM* a la particularité d'avoir été conçu pour sa version numérique et d'avoir *ensuite* été produit dans une version imprimée, ce qui va en quelque sorte à contre-courant du manuel numérique de première génération.

Outre cette particularité, nous constatons que les fichiers en version modifiable rendent le manuel quelque peu *personnalisable* : l'enseignant peut faire des modifications s'il le souhaite, même si cela va à l'encontre des recommandations de l'auteur (« Dans un certain nombre de situations, on pourrait faire autrement (…), mais ce ne serait plus accessible à tous » (Pinel, 2019, p. 4)). De plus le manuel numérique *MHM* évolue régulièrement avec des mises à jour (correction de coquilles, prises en compte de remarques et interrogations d'enseignants utilisateurs) et un enrichissement des ressources par l'auteur. Ce manuel numérique est donc *évolutif,* mais pas *stricto sensu* comme défini par Pepin et al. (2016). En effet, ce manuel n'est pas développé par une communauté d'auteurs, il l'est par un seul auteur bénéficiant du retour de professeurs expérimentateurs au départ, puis d'utilisateurs.

Enfin le manuel numérique *MHM* est connecté à de nombreuses ressources en ligne. Dans certaines séances, l'enseignant est renvoyé à un « Point Maths » réalisé par l'auteur lui-même (vidéo sur Youtube) ou à des « compléments didactiques » repérés par l'auteur sur différents sites. Il est renvoyé parfois à l'utilisation de supports numériques pour les élèves comme des ressources permettant de travailler le codage et la programmation ou comme la présentation d'un logiciel de géométrie dynamique. A noter toutefois que la progression proposée en géométrie dans le *Guide des séances* n'envisage aucun travail avec ce logiciel. Des connexions (*via* flash codes) vers des films d'animation conçus et diffusés par le réseau Canopé (« les Fondamentaux ») sont proposées aussi aux élèves dans les « leçons » (voir un exemple dans l'annexe 3b). Dans le cas du travail sur les relations de perpendicularité et de parallélisme par exemple, deux portent sur la relation de perpendicularité (*perp1* et *perp2*), deux sur celle de parallélisme (*para1* et *para2*). *Perp1* et *para1* abordent la reconnaissance de la relation, *perp2* et *para2* des techniques de tracé. Notons que ces films sont présentés dans *MHM* comme illustrant la leçon ou des techniques, finalité qui diffère de celle des concepteurs des films pour lesquels il s'agit d'« apprendre, de façon ludique, les notions fondamentales de l'école élémentaire en mathématiques »[7]. L'existence de ces différents liens vers des ressources numériques ne suffit pas pour qualifier *MHM* d e *manuel numérique interactif,* d'autant plus que les exercices proposés dans le manuel ne sont pas interactifs (ils sont tous destinés à être transmis aux élèves sur un support papier).

---

6 https://methodeheuristique.com/page1-2/le-guide-de-la-methode/ consulté le 16/10/19

7 https://www.reseau-canope.fr/lesfondamentaux/a-propos.html consulté le 19/10/2019

Analyse de la voix

Contrairement à de nombreux manuels dont les auteurs assument une certaine invisibilité donnant une autorité aux textes produits (Remillard, 2010), l'auteur de *MHM* est très présent dans le manuel. Il assied sa légitimité sur son expérience (professeur des écoles puis conseiller pédagogique) et sur sa fonction (inspecteur de l'éducation nationale pour le premier degré). Il s'est appuyé sur son expérience de terrain pour concevoir son manuel qui, selon lui, constitue une « méthode » au sens où une organisation de l'enseignement des mathématiques est proposée. Il qualifie cette méthode d' « heuristique » pour signifier qu'elle consiste à faire découvrir à l'élève ce qu'on veut lui enseigner. Il insiste sur le fait que « les bases scientifiques et pédagogiques qui ont guidé la conception de la méthode convergent en plusieurs points forts : la recherche du sens, la mise en activité intellectuelle des élèves, [un] lien avec les autres disciplines et la vie de tous les jours (…), un rôle pédagogique de l'enseignant réaffirmé » (Pinel, 2018, p. 71). Notons que les références convoquées, proviennent de champs scientifiques et pédagogiques très divers avec le risque de ne pas toujours être compatibles.

Les professeurs utilisateurs du manuel peuvent communiquer avec l'auteur par courrier électronique. Ce dernier les y invite dans la rubrique « contact » (« Vous avez une question ? Une remarque ? N'hésitez pas. Vous aurez une réponse dès que possible »). Cet aspect d'accompagnement de l'auteur est une autre spécificité de *MHM*. On le retrouve dans le *Guide des séances*, l'auteur s'adressant directement aux professeurs utilisateurs pour donner des conseils : « Vous êtes normalement bien entrés dans la méthode à ce stade de l'année. Les élèves ont pris leurs habitudes. Cela peut être le bon moment de (…) » (Pinel, 2019, p. 56). L'auteur s'adresse également aux enseignants dans le document *La Méthode Heuristique en Mathématiques* (Pinel, 2018) qui présente cette méthode ainsi que sa genèse et « accompagne la mise en œuvre de [sa] méthode et de [la] démarche d'enseignement » (Pinel, 2018, p. 13). Il y affirme cinq principes : offrir une culture mathématique positive et attrayante ; offrir un environnement adapté et stimulant ; répondre aux besoins des élèves et respecter leur rythme naturel ; manipuler pour conceptualiser ; connecter les mathématiques au monde. La « méthode » se veut « pragmatique » et est décrite comme « une synthèse d'idées et de concepts » (Pinel, 2019, p. 4) qui « s'inscrit dans un ensemble de principes fondamentaux » (Pinel, 2018, p. 63) :

- principe d'éducabilité (« tout élève est éducable, quel que soit son potentiel de départ » (*ibid*, p. 39)) ;
- bienveillance (au sens des programmes 2015), « évaluation repensée (…) quasi-continue, majoritairement formative » (*ibid*, p. 45) ;
- élèves acteurs et enseignant « médiateur de savoirs » (*ibid*, p. 46) ;
- rôle des parents renforcé par un « dialogue de co-éducation » (*ibid*, p. 47) ;
- implication de la famille dans les devoirs à la maison.

Cette méthode « combine diverses stratégies d'enseignements pour que les élèves découvrent et s'approprient le savoir » (*ibid*, p. 63). Ces stratégies sont présentées dans les grandes lignes dans *La Méthode Heuristique en mathématiques*, cependant celles qui sont retenues au niveau local d'une séquence ne sont pas explicitées pour l'enseignant. Par ailleurs le *Guide des séances* ne contient que très peu de compléments didactiques concernant les apprentissages du cycle 3. L'auteur annonce même que « la rédaction des contenus est brève » (Pinel, 2019, p. 4) pour laisser plus de temps à la réflexion plutôt qu'à la lecture. Cette idée se traduit également dans l'absence de précision concernant ce que peut faire l'enseignant des

productions de ses élèves dans les différents exercices, ou la manière d'en réaliser une correction.

La « méthode » s'inscrit par ailleurs dans une pédagogie explicite : « annoncer ce qu'on va faire », « expliquer pourquoi on fait les choses », « expliquer comment on fait les choses », « faire expliquer par l'élève » (Pinel, 2018, p. 78-79). Les objectifs d'apprentissage explicités en début de module sont pourtant réduits à l'indication de la thématique abordée (par exemple « Les parallèles »). Ils ne sont accompagnés d'aucune précision concernant les compétences travaillées dans la séance / séquence. Les films d'animation du site Canopé affichent, eux, des objectifs plus précis. Par exemple dans les séances sur les relations de perpendicularité et de parallélisme, les objectifs des quatre films sont respectivement : reconnaître des droites parallèles, tracer des droites parallèles, reconnaître des droites perpendiculaires, tracer des droites perpendiculaires.

Enfin la rubrique « Ils font *MHM* » propose des liens vers les réseaux sociaux (forums, pages Facebook, chaine Youtube dédiée) de la « communauté *MHM* » et met en avant des avis d'utilisateurs (par un diaporama et une vidéo).

Éléments organisationnels et planificateurs

Organisation générale du manuel

Un seul et même auteur, N. Pinel, aborde chaque niveau de l'école primaire, de la PS (3-4 ans) au CM2 (10-11 ans). Une autre particularité du manuel *MHM* réside dans l'appariement de certains niveaux (CP-CE1, CE1-CE2, CM1-CM2) en vue d'un enseignement en cours double : les deux niveaux partagent le même *Guide des séances* avec une présentation des séances en deux colonnes, les thèmes abordés étant semblables et les contenus proposés très souvent identiques ou alors très proches (voir par exemple l'apprentissage concernant le tracé de droites parallèles en CM1-CM2 en annexe 2d). Cette attention portée au cas d'un enseignement possible en classe à plusieurs niveaux facilite le travail de l'enseignant dans un cours double CM1-CM2, mais beaucoup moins dans un cours double CE2-CM1.

Néanmoins, on retrouve une structure identique pour chaque niveau : l'année est planifiée en 24 « modules » regroupant chacun entre 5 et 8 séances[8]. La présentation de chaque module (voir un exemple en annexe 2a) débute notamment par un récapitulatif de ses « objectifs majeurs » et du « matériel » à prévoir par l'enseignant dans les séances du module (fiches d'exercices ou leçons à imprimer, jeux, *etc.*). Nous notons que les objectifs annoncés ne correspondent pas toujours à ce qui est travaillé dans le module : par exemple la perpendicularité n'apparaît pas dans les objectifs d'apprentissage du module 3 alors que la notion y est abordée, tandis qu'elle est annoncée comme l'un des objectifs majeurs du module 8 sans y être traitée.

Outre les déroulements des séances pour les niveaux CM1 et CM2, des séances de « régulation » sont planifiées dans chaque module, de même que le travail à la maison (« devoirs »). Chaque séance suit le schéma-type : activités orales ritualisées, calcul mental, résolution de problèmes, apprentissage (situations de découverte, activités d'entraînement ou temps d'évaluation). Un exemple en est donné en annexe 2c.

Le fichier « Programmation » ainsi que le sommaire du *Guide des séances* consistent en réalité en la présentation du nombre exact de séances par module mais pas de leur contenu.

[8] Par la suite, nous désignerons une séance en indiquant le module auquel elle appartient puis sa place dans le module. Par exemple S10-3 désigne la troisième séance du module 10.

Par ailleurs, la partie « La programmation au cycle 3 » du *Guide des séances* (p. 10-12) propose seulement un repérage de « la compétence travaillée explicitement dans [chaque] module » (p. 10), chaque « compétence » correspondant à un ensemble d'objectifs formulés en termes de tâches ou de notions tels qu'énoncés dans les instructions officielles. Par exemple, les « compétences » EG10 et EG11 sont définies comme suit (p. 11) :

- EG10. « Relations de perpendicularité et de parallélisme. Tracer avec l'équerre la droite perpendiculaire à une droite donnée passant par un point donné. Alignement, appartenance ; perpendicularité, parallélisme ; segment de droite ».
- EG11. « Tracer avec la règle et l'équerre la droite parallèle à une droite donnée passant par un point donné. Alignement, appartenance ; perpendicularité, parallélisme ; segment de droite ».

On retrouve ici l'intitulé des programmes (voir annexe 1), mais certaines notions présentes dans les instructions officielles ne sont pas abordées dans *MHM* CM1, comme par exemple la notion de distance entre deux points ou entre un point et une droite, pourtant nécessaire à la construction de droites parallèles entre elles à l'aide d'une règle graduée et d'une équerre.

Organisation et planification au niveau global

La progression des contenus est annoncée comme « semi-massée » (certaines notions sont enseignées en plusieurs « blocs » de séances, espacés dans le temps) et « cyclique » (un retour sur les notions a lieu lors d'activités ultérieures généralement ritualisées) (Pinel, 2018, p. 82-83). On retrouve ce principe dans la répartition globale du travail sur la géométrie. Afin de les situer dans le déroulement de l'année, nous avons réparti les cent trente-cinq séances de mathématiques (hors régulation et bilan) entre les cinq périodes de l'année scolaire française (déterminées par les interruptions pour vacances scolaires). La figure 2 illustre la répartition obtenue.

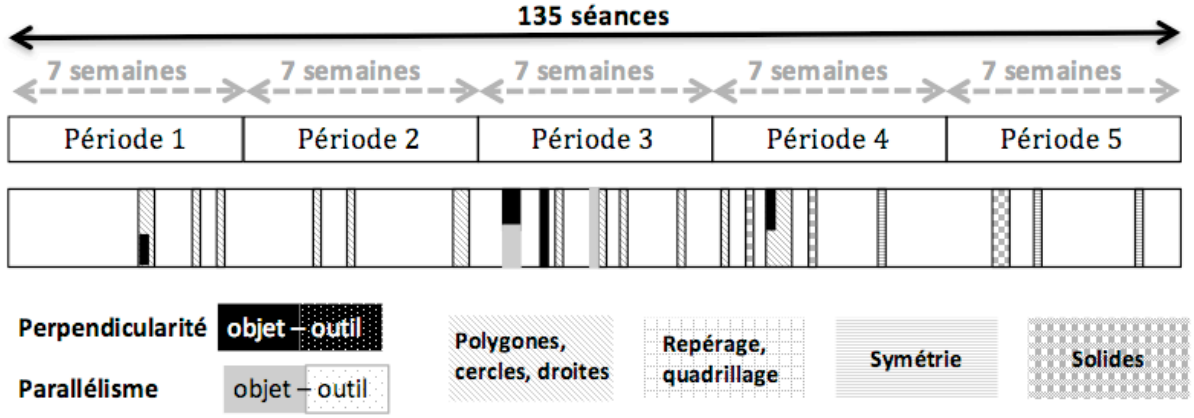


Figure 2. Répartition dans l'année scolaire des séances de géométrie

Nous constatons que les thèmes du domaine géométrie se répartissent tout au long de l'année. Le travail sur la relation de perpendicularité s'échelonne ainsi de la période 1 à la période 4. Cependant nous notons que celui sur la relation de parallélisme est concentré sur la période 3. Par ailleurs le nombre de séances contenant des activités géométriques est consistant en volume puisque 21% environ des séances (28 sur 135 hors séances de régulation ou bilan) sont consacrées entièrement ou en partie à la géométrie[9]. Ceci est en accord avec ce que

[9] À titre de comparaison – et hors activités de recherche et bilan : le manuel « J'aime les maths, CM1 » (Belin, 2016) consacre 13 leçons au domaine « Géométrie » pour 70 leçons au total (environ 19% de l'enseignement) ; le manuel « Maths explicites, CM1 » (Hachette, 2016) consacre 15 leçons au domaine « Géométrie »

souligne l'auteur : « sur l'ensemble des deux années [CM1-CM2], les élèves auront consacré un temps important à [ce] sous-domaine » (Pinel, 2019, p. 5).

Organisation et planification du thème d'étude (niveaux global et local)

La relation de perpendicularité, qui est abordée en fin de CE2 (8-9 ans) par des activités de tracé d'une droite perpendiculaire à une droite donnée passant par un point donné, n'est cependant introduite comme objet d'étude qu'en début de CM1 (S3-5) dans une situation de découverte (identification des angles droits formés par des couples de droites, apport du vocabulaire « perpendiculaire »). Elle est réinvestie au cours de la même séance dans le tracé de droites perpendiculaires entre elles. Outre la non-conformité aux instructions officielles du choix de travailler sur la relation de perpendicularité au cycle 2, nous interrogeons la cohérence de la programmation retenue pour l'enseignement de cette notion sur les deux années (CE2, CM1), qui consiste à faire utiliser une relation avant de l'introduire. En CM1, la relation de perpendicularité devient un outil dans la réalisation de constructions géométriques : carrés dont la longueur d'un côté est donnée (S3-7 ; leçon 4), rectangles dont les dimensions sont données (S6-7), triangle isocèle donné par un programme de construction (S9-6). Cependant la relation n'est pas formulée explicitement dans ces activités : par exemple nous relevons des formulations elliptiques (et non valides sur le plan géométrique) du type « Je trace une droite à angle droit » (leçon 4). La notion de perpendicularité est finalement reprise en même temps que l'introduction de la notion de parallélisme (S10-6). Puis le tracé et la reconnaissance de droites perpendiculaires sont revus plus tard en exercices (S11-3), avec une légère reprise en rituels (S13-8, S18-4). De plus, une série d'exercices (« La ville au trésor », annexe 3e) mettant en jeu des tracés de perpendiculaires et de parallèles est proposée en autonomie lors de différentes séances (S9-6, S10-6, S10-7, S15-6, S23-6). Enfin la perpendicularité intervient comme outil dans la technique suggérée (« faire le symétrique de chaque point ») pour construire la figure symétrique d'une figure donnée sur support uni (S21-6, S23-6). À noter que cette technique ne relève pas du niveau CM1 d'après les repères annuels de progression (MEN, 2019).

L'étude de la relation de parallélisme introduite par une activité de classement (S10-6) se poursuit par le tracé de droites parallèles à une droite donnée (S10-7), puis par le tracé d'une droite parallèle à une droite donnée passant par un point donné (S12-5). Or l'introduction de la notion de parallélisme en même temps que réactiver celle de perpendicularité nous semble peu pertinente parce que le travail simultané des deux notions peut engendrer la confusion possible parallèle / perpendiculaire. D'autre part, le caractère « cyclique » de la progression proposée pour l'enseignement de la relation de parallélisme dans *MHM* semble se traduire par un éclatement dans le temps de propositions de tâches isolées (reconnaissance de la relation sur des couples de droites, tracé de droites parallèles), sans aucun réinvestissement de la notion sous son aspect outil, notamment dans l'étude des polygones, ni apport de nouvelles significations en lien avec de nouvelles techniques.

En outre, nous notons que toutes les séances portant sur les notions de parallélisme et perpendicularité sont identiques pour le CM1 et le CM2 (en CM2, il est précisé « revoir »). Selon l'auteur, cette similarité se retrouve dans la majorité des méthodes sur le marché et est compensée par la mise en œuvre d'une « différenciation (…) proposée ou à construire » (Pinel, 2019, p. 5). Cependant nous avons seulement constaté une activité « décrochée » en autonomie différant légèrement en CM2, le *Guide des séances* ne proposant aucune piste de différenciation : les élèves de CM2 qui auraient suivi cette méthode en CM1 referaient donc

pour 73 leçons au total (21%)-; le manuel « CapMaths, CM1 » (Hatier, 2017) consacre un sixième de chaque unité au domaine « Géométrie » (17%).

exactement la même activité de classement, visionneraient les mêmes films d'animation et réaliseraient quasiment les mêmes exercices d'entraînement. Contrairement à ce qu'affirme l'auteur et même si « les élèves ne se souviennent pas du travail fait l'année précédente » (*ibid*, p. 5), un tel effet de répétition ne nous semble pas pertinent pour l'acquisition des compétences visées de façon générale en géométrie, notamment parce qu'il ne propose pas de changement de « cas de figures » permettant de mieux appréhender les relations géométriques étudiées. Les activités différenciées, non proposées par le manuel, sont donc à construire par l'enseignant.

Synthèse sur l'analyse des éléments caractéristiques

L'analyse qui vient d'être faite des éléments caractéristiques du manuel *MHM* conduit à une première caractérisation de ce manuel. Nous la récapitulons dans cette synthèse.

Dans sa forme de destination, le manuel *MHM* est un manuel numérique, qui présente des points communs avec certains types de manuels numériques (*personnalisable, évolutif, interactif*), sans jamais entrer entièrement dans une catégorie. Ce manuel numérique présente plusieurs spécificités : l'ensemble des ressources nécessaires à la mise en œuvre d'un enseignement des mathématiques à l'école primaire est hébergé sur un site conçu par l'auteur lui-même, de nombreuses connexions sont faites avec des ressources d'autres auteurs (et reconnues comme intéressantes par l'auteur), le manuel a existé plusieurs années sous forme numérique avant d'être diffusé sous une forme papier arrêtée et il continue à évoluer dans sa forme numérique.

L'étude de la voix met en évidence une « mise en scène » des propos de l'auteur par le biais de différents canaux à destination des enseignants – mais pas des élèves – (site, publications papier, messages électroniques, réseaux sociaux), tout en favorisant les interactions entre enseignants. Elle révèle également une certaine ambivalence, notamment des « stratégies d'enseignement » sont annoncées sans être déclinées en termes de mise en œuvre dans la présentation des séances (ce qui ne peut que réduire les chances de mise en œuvre effective). En particulier dans le cadre de la pédagogie explicite à laquelle se réfère le manuel, l'enseignant doit identifier par lui-même les objectifs d'apprentissages à annoncer aux élèves.

L'étude des éléments organisationnels du manuel *MHM* permet tout d'abord d'exposer une organisation générale structurée et routinisée (nombre invariant de modules pour chaque année, présentation identique de chaque module, schéma-type de déroulement pour chaque séance), qui peut faciliter le travail d'appropriation de l'utilisateur. En revanche la faible lisibilité (en termes d'affichage) des objectifs spécifiques travaillés dans les séances n'aide pas l'enseignant dans sa programmation des contenus d'enseignement. D'autre part au niveau local, la répétition à l'identique du travail mené sur les relations de perpendicularité et de parallélisme entre le CM1 et le CM2 ne nous semble pas conduire à l'instauration de conditions favorables d'apprentissage chez les élèves. La répartition annuelle semi-massée et cyclique des thématiques en géométrie ainsi que le travail consistant en volume dans ce domaine sont en accord avec les intentions de l'auteur. Pour chacune des deux relations, des types de tâches de reconnaissance et de tracé sont présents conformément aux attendus des programmes de CM1. Toutefois la programmation de l'enseignement sur la relation de perpendicularité pose un problème de cohérence dans l'articulation CE2/CM1 et n'est pas conforme aux instructions officielles. Concernant la relation de parallélisme, le caractère « semi-massé » de la progression est limité par la concentration des séances sur la période 3, et son caractère « cyclique » est remis en question par la proposition de tâches isolées proposées de loin en loin et par l'absence de mise en œuvre de la dialectique outil-objet.

ANALYSE LOCALE

Dans cette partie, nous étudions tout d'abord les objets sur lesquels porte l'étude des relations de perpendicularité et de parallélisme ainsi que les formulations langagières employées. Puis nous analysons les techniques instrumentées proposées dans les différents types de tâches (reconnaître, tracer de droites perpendiculaires / parallèles), en lien avec les connaissances géométriques en jeu. Nous prenons en compte les artefacts utilisés dans ces techniques et nous mettons en évidence les significations des relations qui leur sont associées. Enfin, nous examinons l'initiation au processus d'appropriation des instruments développée dans le manuel.

Objets d'étude

Dans la plupart des fiches *MHM* et dans les films d'animation de Canopé, les activités proposées pour travailler les relations de perpendicularité et de parallélisme s'appuient sur des objets graphiques représentant des objets géométriques (droites, segments, côtés de polygones). Certaines activités mettent aussi en jeu des objets du monde, les uns culturellement représentateurs de la relation spatiale (rues du plan d'une ville), les autres non (objets du quotidien, objets culturels). Nous les analysons en suivant la chronologie dans laquelle elles sont envisagées dans le manuel.

À la suite du travail introductif sur le parallélisme conduisant à la signification « droites qui ne se coupent jamais » (S10-6, annexe 3a), les élèves sont invités à « chercher dans la classe des exemples de droites parallèles (sur les murs, sur des objets, *etc.*) », ils doivent également, pour la séance suivante, inscrire sur une feuille le nom de cinq objets de chez eux « qui présentent des parallèles ». Notons que ces activités sont non pertinentes eu égard à la signification du parallélisme donnée, non transférable aux droites de l'espace. Par ailleurs, les éventuelles propositions de couples de droites non coplanaires formulées par les élèves ne sont pas envisagées dans le manuel, pas plus que l'exploitation à faire des listes de noms d'objets qui seront proposés comme « présentant des parallèles ». Leur gestion reste à la charge de l'enseignant et sous sa vigilance.

Etalée sur une période longue, l'activité « la Ville au Trésor » (annexe 3e) propose, dans le cadre d'un travail autonome, une quinzaine d'énoncés aboutissant au repérage d'une ville par la réalisation de tracés géométriques sur un fond de carte de France présentant différentes villes. L'usage d'un objet culturel, la carte de géographie, comme support de tracés géométriques entretient une confusion entre des points, objets graphiques modélisant des villes, et des points, objets graphiques représentant des objets géométriques. Cela a notamment des répercussions au niveau langagier comme nous le verrons par la suite.

Enfin, de façon infime et décrochée au cours d'une « activité ritualisée », parallélisme et perpendicularité sont mis en jeu sur les rues d'un plan d'une ville (S13-8), objets du monde culturellement représentateurs de ces relations. Réinvesties ainsi, les relations sortent du contexte de la géométrie : il n'est plus question d'étude de positions relatives entre des droites sauf à considérer les directions (au sens géométrique) données par les rues. Cette interprétation est laissée à la charge de l'élève.

Formulations langagières

Le *Guide des séances* porte l'attention sur la confusion fréquente des élèves entre les notions de perpendicularité et de parallélisme. L'affichage proposé (annexe 2b), visant à « associer chaque notion au bon mot », nous laisse penser que la confusion est essentiellement attribuée au vocabulaire. Nous examinons donc dans un premier temps la validité de l'emploi des termes « perpendicularité » et « parallélisme » dans les différentes ressources. Nous portons ensuite notre attention sur les formulations langagières.

Emploi des termes « perpendiculaire » et « parallèle »

Nous constatons que ces termes sont employés de façon valide dans les exercices et les leçons (voir notamment en annexe 3)[10]. Dans les films de Canopé, supports pourtant considérés comme « une aide, tant à la mémorisation qu'à la compréhension, notamment lorsque [les élèves] révisent la leçon à la maison » (Pinel, 2018, p. 142) et comme enrichissants pour l'enseignement, l'emploi des termes « perpendiculaire » et « parallèle » s'avère parfois discutable. Nous relevons notamment des formulations mathématiquement non valides car présentant la perpendicularité / le parallélisme comme la propriété d'une droite et non comme une relation entre deux droites (un compteur comptabilise les droites perpendiculaires et aboutit à « 6 » (*perp1*, 2'08) ; « Quelles sont les droites qui sont parallèles et celles qui ne le sont pas ? » (*para1*, 0'30)). Nous trouvons le même type de formulation non valide dans le *Guide des séances*, lorsqu'il est précisé en début de la séance S10-7 (annexe 2d) : « Rappel de ce qu'est une droite parallèle ». Nous relevons aussi certaines formulations mêlant objets géométriques et objets de l'espace graphique (« celle-ci aussi est parallèle à la première ligne rouge » (*para1*, 2'04) ; « droites parallèles aux bords de la feuille » (*para2*, 0'41) ; « droite perpendiculaire aux pliures » (*para2*, 1'05)). Cette assimilation entre les droites et leurs représentations graphiques (ligne, bord, pli) peut être source d'obstacles à la compréhension des relations géométriques étudiées.

Formulations associées aux propriétés des relations

Une partie des formulations associées au parallélisme réfère à la relation « être parallèle à » (« la droite jaune n'est parallèle à aucune autre droite » (*para1*, 0'41) ; « (*D1*) est parallèle à (*D4*) » (annexe 3c)). Dans les films d'animation, d'autres formulations convoquent la relation entre plusieurs droites d'un même réseau (« Vos droites ne sont pas parallèles entre elles ! » (*para2*, 0'24)). Notons que ces formulations sont toujours énoncées en contexte. Le film *para1*, proposé au visionnage à l'issue de l'introduction sur la relation de parallélisme ne peut donc pas avoir pour fonction celle d'exposition de connaissances. La transitivité de la relation de parallélisme (la droite *d* est parallèle à la droite *d'*, et la droite *d'* est parallèle à la droite *d''*, donc la droite *d* est parallèle à la droite *d''*) est uniquement abordée dans *para1*. Elle n'est ni explicitée pour l'enseignant, ni institutionnalisée pour les élèves, ni explicitement travaillée dans les exercices.

L'aspect symétrique de chacune des relations n'est pas explicité pour l'enseignant et très peu pris en compte dans les formulations proposées dans les différentes ressources. La symétrie de la relation de perpendicularité est seulement exprimée dans *perp1* sur un exemple : « La droite verte est perpendiculaire à la noire en *E*, donc la noire est aussi perpendiculaire à la verte » (*perp1*, 1'29). La symétrie de la relation de parallélisme n'est jamais évoquée, même à travers les formulations.

[10] Ce n'est pas le cas en CE2 lorsqu'il est demandé de « tracer une droite perpendiculaire à (d) qui passe par A » (S19-7), l'article indéfini « une » exprimant la non unicité de la droite à tracer.

Autres formulations en lien avec la géométrie

Les énoncés de l'activité *Ville au trésor* (annexe 3d), qui font office de programmes de construction, ne sont pas valides au niveau des formulations géométriques lorsque viennent se mêler aux formulations géométriques des indications spatiales liées au contexte géographique, comme par exemple : « Cette droite traverse ou passe très près d'une ville ». Ainsi, dans sa volonté de proposer des activités ancrées dans la réalité, l'auteur mêle langage courant et langage géométrique.

Analyse des différents types de tâches

Dans l'analyse des éléments organisationnels et planificateurs, nous avons constaté la présence de tâches de reconnaissance des relations et de tracé les vérifiant. Pour réaliser l'analyse de ces tâches, nous prenons appui sur la catégorisation des types de tâches relatifs aux constructions instrumentées (tableau 1). Nous étudions alors les techniques introduites dans le manuel pour résoudre ces différents types de tâches, les instruments utilisés et les connaissances géométriques associées en lien avec les significations des relations abordées. Nous relevons également les connaissances spatiales et graphiques le cas échéant.

Type de tâches associé à la reconnaissance de droites perpendiculaires

La relation de perpendicularité est abordée à l'issue d'une activité portant sur la reconnaissance d'angles droits (S3-5) avec l'introduction du terme « perpendiculaire » : « les droites sont perpendiculaires ». Puis la relation est définie (S10-6) comme suit : « Quand deux droites se coupent en angle droit, on dit qu'elles sont perpendiculaires » (leçon 12 en annexe 3b). La vérification de la relation à l'équerre dans le film *perp1* auquel renvoie la leçon est bien en cohérence avec cette définition.

La résolution du type de tâches T_R^{perp} est en premier lieu présentée dans *perp1,* puis ce type de tâches est proposé aux élèves dans un exercice ritualisé en fin de progression (S18-4, annexe 4). Le film aborde la signification « se coupent en formant quatre angles droits » à travers une vérification à l'équerre des quatre angles formés par deux droites, accompagnée de la déclaration : « Et forcément, quand il y a un angle droit, les trois autres le sont aussi » (*perp1*, 1'14). Notons que cette signification apparaît seulement dans *perp1*. En S18-4, les élèves doivent reconnaître deux couples de droites perpendiculaires sur un réseau de quatre droites[11] présentées au tableau. Les élèves n'ayant pas accès au support pour utiliser l'équerre, la mise en oeuvre de connaissances graphiques, à savoir la lecture du codage (sur le dessin), de l'angle droit formé par deux des droites, est le seul moyen qui permet de répondre : la signification sous-jacente à la perpendicularité est alors « droites qui se coupent en formant un angle droit ».

Le type de tâches T_V^{perp} apparaît quant à lui uniquement dans S11-3 : les élèves doivent se prononcer sur la perpendicularité de deux couples de droites (exercice en atelier). On peut supposer que l'usage de l'équerre est attendu car la perception visuelle peut être mise en défaut par la proposition d'un des deux couples de droites « presque perpendiculaires ». Par ailleurs, la volonté de ne pas privilégier l'orientation prototypique de droites perpendiculaires (appui sur la verticalité et l'horizontalité) apparaît ici.

[11] Notons que sur la figure proposée (annexe 4), un seul couple de droites perpendiculaires est présent.

Type de tâches associé au tracé de droites perpendiculaires

Le tracé de droites perpendiculaires est abordé par la résolution du type de tâches T_{Td}^{perp} par l'enseignant, invité dans S3-5 à présenter au tableau les étapes de tracé en explicitant gestes et vocabulaire, tandis que les élèves effectuent ces tracés sur leur cahier. Aucune technique associée n'est exposée dans le *Guide des séances* : elle reste à l'initiative de l'enseignant. Ce type de tâches est proposé en devoir à la maison pour la séance S10-2 avec un retour en classe en collectif en S10-5. Nous remarquons aussi que le film *para2* évoque ce type de tâches.

Un second type de tâches de tracé, $T_{Td,p}^{perp}$, est proposé dans sept constructions de la série d'exercices *Ville au trésor*. Pour cinq d'entre elles, le point donné appartient à la droite donnée, pour les deux autres, il est extérieur à cette droite (voir par exemple la construction 4, annexe 3e). De la résolution du problème de partage présentée dans le film *perp2,* on peut extraire une technique de tracé dans le cas où le point donné appartient à la droite donnée, cette technique combine l'usage de la règle et de l'équerre. Pour ce même type de tâches (avec la variable 'point sur la droite'), une technique doit par ailleurs être présentée en S9-6 lors de la réalisation collective de la première construction de *Ville au trésor*. On peut donc supposer que l'artefact à utiliser (non mentionné dans le guide) est l'équerre, accompagnée éventuellement d'une règle. Pourtant pour cette série d'exercices, la règle est le seul artefact indiqué pour réaliser les tracés : l'usage de ce seul instrument ne peut aboutir à l'obtention de la perpendicularité que par un positionnement perceptif.

La présentation d'une technique de construction tenant compte du cas de figure 'point donné extérieur à la droite donnée' n'est pas prévue par le *Guide des séances* en CM1. Ce type de tâches est pourtant proposé dans deux constructions de *Ville au trésor* ainsi que dans un exercice en S11-3. La position de la droite donnée (ni horizontale, ni verticale) empêche un appui sur ces directions spatiales privilégiées pour la réalisation du tracé. La précision de tracer une droite « oblique pas forcément parallèle au bas du tableau ! » (CE2, S19-7) lors de la présentation de la technique de tracé au tableau en CE2 montre que cette variable didactique est sciemment prise en compte par l'auteur. Toutefois, nous trouvons une occurrence en CM1 où ce n'est plus le cas : dans un programme de construction à réaliser à main levée (S9-6), perpendiculaire et direction verticale sont assimilées.

Type de tâches associé à la reconnaissance de droites parallèles

La reconnaissance de la relation de parallélisme (type de tâches T_{R}^{para}) est abordée dans une activité papier-crayon (annexe 3a) en référence à la relation d'incidence : il s'agit de classer des couples de droites. Notons que les couples de droites parallèles proposés sont dans une orientation non prototypique, ce qui évite d'assimiler parallélisme et direction verticale ou horizontale. Cette activité conduit, selon l'auteur, à trois classes (sécantes, perpendiculaires, parallèles), ce qui est mathématiquement non valide, les droites perpendiculaires entre elles apparaissant alors comme non sécantes. Une première institutionnalisation proposée dans le *Guide des séances* (« des droites parallèles sont des droites qui ne se coupent jamais », annexe 2c) est cohérente avec l'activité introductrice. La *fiche Exercice Droites parallèles* (annexe 3c) propose ensuite un type de tâches de contrôle de la relation (T_{V}^{para}).

Aucune technique n'est proposée dans le *Guide des séances* pour identifier ou contrôler la relation, ni aucun artefact suggéré (S10-6) : il n'est pas précisé si les élèves doivent faire jouer leur perception visuelle (*a priori* pour les parallèles trouvées dans la salle de classe) ou non (*a priori* pour les parallèles à identifier en exercice parmi un réseau de cinq droites). Des incohérences peuvent alors naître dans les modes de justifications attendus s'ils ne sont pas

explicités aux élèves. En réalité, le *Guide des séances* renvoie au film *para1*. Dans ce film, la relation est abordée dans une tâche de reconnaissance en référence à deux significations : l'une en lien avec l'incidence, l'autre avec l'écart constant. Une première technique de contrôle en lien avec la relation d'incidence est présentée mais non formulée hors contexte : il s'agit de constater que deux droites sont sécantes. Une deuxième technique est formulée (mais non présentée en images) : il s'agit de prolonger les droites pour vérifier si elles sont ou non sécantes. Une troisième technique présentée en images (figure 3) et formulée, s'appuie sur la vérification de l'écart constant : « Celle-ci est bien parallèle à la première droite puisque ces deux droites gardent toujours le même écartement entre elles. » (*para1*, 1'51). Une nouvelle signification en lien avec la direction est implicitement abordée d'abord dans *para1* lorsqu'une quatrième technique d'identification de la relation, utilisant un guide-âne, est présentée en images.

Figure 3. Une technique de contrôle du parallélisme présentée dans para1 (0'46-1'52)

La leçon 12 (annexe 3b) mentionne deux significations du parallélisme (« gardent toujours le même écartement », « ne se coupent jamais ») pour définir ce que sont des droites parallèles. Le texte est accompagné de deux droites parallèles. Deux doubles flèches sont tracées entre elles pour signifier la conservation de l'écart entre ces droites. Ce codage, non conventionnel, nécessite la prise en compte d'informations visuelles qui ne sont ni écrites, ni codées, à savoir que ces doubles flèches sont dans une direction perpendiculaire aux deux droites et qu'elles ont la même longueur.

Le type de tâches T_R^{para} est finalement reproposé en fin de progression (annexe 4). Les élèves n'ayant pas accès au support pour reconnaître la relation de parallélisme de façon instrumentée, seule une technique perceptive peut être convoquée. Des connaissances spatiales sont alors en jeu pour extraire des droites du réseau de droites et analyser leur relation. Au vu de la disposition spatiale des droites proposées, cette technique s'appuie *a priori* sur la direction des droites par rapport à une de leurs sécantes ou bien sur l'angle qu'elles forment avec cette sécante. Remarquons qu'aucune de ces techniques n'a été précédemment abordée.

Type de tâches associé au tracé de droites parallèles

Le tracé de droites parallèles est initié dans un type de tâches T_{Td}^{para} (annexe 2d). En revanche tous les autres tracés proposés (*para2*, *Ville au trésor*, entrainement en S12-5) prennent en compte une droite et un point donnés (type de tâches $T_{Td,p}^{para}$).

Le *Guide des séances* (S10-7, annexe 2d) incite les élèves à « tracer des parallèles » comme s'ils pouvaient élaborer intuitivement des procédures de tracé. Il n'envisage pas de procédure erronée et signale comme procédures valides « des procédures [de tracé] utilisant les deux côtés de la règle, les objets rectangles (boîtes de CD, *etc*.) ». Les techniques faisant usage de ces instruments se rapportent à la signification « côtés opposés de rectangles », mais cette signification n'est pas explicitée. Deux techniques à présenter par l'enseignant sont ensuite évoquées et mentionnent l'artefact à utiliser : « la technique du guide-âne » et « la technique à

partir de l'équerre ». La première est présentée sur une capsule vidéo[12] de l'auteur déposée sur Youtube à destination des enseignants ; elle fait référence à la signification liée à la direction. Or si l'usage du guide-âne est valide dans des tâches de reconnaissance ou de contrôle du parallélisme dans certains cas de figures, il l'est peu dans une tâche de tracé, sauf à travailler sur un support transparent et sans contrainte d'écartement entre les droites parallèles à tracer autre que celles permises par le guide-âne. La seconde technique évoquée est difficilement identifiable puisque plusieurs techniques de tracé utilisant l'équerre sont envisageables : elles réfèrent soit à la double perpendicularité (en traçant la perpendiculaire de la perpendiculaire à une droite donnée), soit à la translation (en faisant glisser l'équerre le long de la règle), soit à la notion de distance (en utilisant l'équerre pour construire des points à la même distance d'une droite donnée). Le choix de la technique, laissé à la libre interprétation de l'enseignant, est donc susceptible d'être déconnecté de la signification « écart constant » du parallélisme abordée avec les élèves, si celui-ci ne fait pas le lien.

Le *Guide des séances* renvoie aussi au visionnage du film *para2* sur le tracé de parallèles. Une technique de tracé de droites parallèles par pliage de la feuille selon l'un de ses bords y est mise en images mais non verbalisée (figure 4). Cette technique s'appuie implicitement sur les propriétés des rectangles. Une autre technique utilisant la règle graduée et l'équerre, non formulée, est également présentée dans ce film. Elle s'appuie sur la signification « écart constant ».

Figure 4. Une technique de tracé de droites parallèles présentée dans para2 (0'50-0'56)

Par ailleurs la consigne de la série d'exercices *Ville au trésor* (annexe 3e) impose d'utiliser la règle. Or, son usage ne peut aboutir à l'obtention de droites parallèles que par un positionnement perceptif (en faisant glisser la règle tout en la maintenant dans une direction donnée, technique qui réfère à la signification en lien avec la translation).

Enfin aucun artefact n'est suggéré pour réaliser le tracé sur papier blanc d'une droite parallèle à une droite donnée passant par un point donné (S12-5), alors que l'enseignant est incité à « expliciter devant [les élèves] comment tracer la parallèle » (Pinel, 2019, p. 91) : le choix de la technique en lien avec l'instrument à utiliser et la signification sous-jacente du parallélisme reste donc à sa charge.

Initiation du processus d'appropriation des instruments

Le processus d'appropriation des instruments est essentiellement initié *via* les films de Canopé. Nous identifions la manière dont sont présentés les instruments puis leur usage, ainsi que les connaissances techniques et pratiques convoquées dans ces films.

[12] https://www.youtube.com/watch?v=LqnStpTp7ck

Présentation des instruments

Dans les films, les instruments imitent ceux de l'environnement papier-crayon, ce qui facilite la transposition dans cet environnement (figure 5). Cependant la personnification des instruments (figure 5b) peut avoir un effet distracteur. Par ailleurs, le fait que ceux-ci soient animés et se déplacent de leur propre chef (figure 5b), ou bien qu'ils soient manipulés par des petits personnages (figure 5a) n'apporte aucune information manipulatoire transposable dans l'environnement papier-crayon.

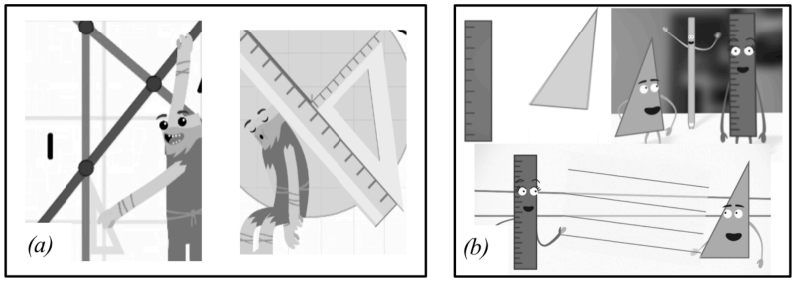
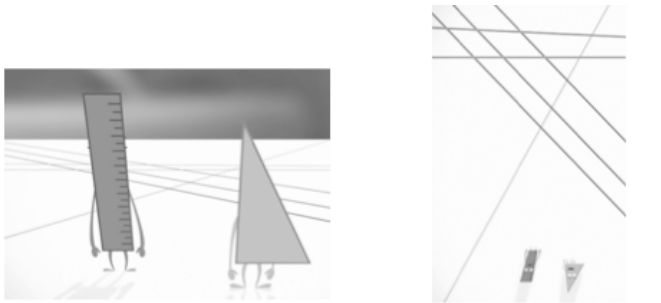


Figure 5. Instruments présentés dans les films d'animation

Modalité de présentation de l'usage des instruments

Dans les quatre films, des voix-off commentent et interagissent avec ce qui se passe à l'écran. Dans *perp1* et *perp2*, il faut comprendre que ce que l'on entend est un dialogue entre deux enfants, Nina et Zoé, jouant à un jeu informatique dont on verrait l'écran. Dans *para1* et *para2*, un commentateur décrit ce qui se passe à l'écran avec les instruments personnifiés, menant un semblant de dialogue avec eux. L'oral est chaque fois doublé de la possibilité d'un texte écrit, ce qui peut être utile pour des élèves malentendants notamment.
Dans *perp1* / *para1*, les synopsis portent sur la reconnaissance de droites perpendiculaires / parallèles au sein d'un réseau de droites. Les deux autres films présentent chacun une activité problématique (partager un disque en quatre parts égales dans *perp2*, réaliser une grille 3 x 3 pour jouer au morpion dans *para2*) qui conduit à tracer des droites perpendiculaires / parallèles en un point donné. Ainsi ces quatre films présentent des tâches complexes qui peuvent masquer l'enjeu d'exposition des techniques instrumentées. En outre, certaines techniques ne sont exposées qu'en images, sans formulation. Le visionnage ne peut donc avoir d'intérêt que s'il est accompagné par le discours de l'enseignant pour extraire et décontextualiser les techniques à retenir et à mettre en œuvre, et / ou s'il peut être visionné plusieurs fois, avec des arrêts sur image possibles. Or les modalités de visionnage ne sont pas abordées par le *Guide des séances*. Par ailleurs le choix de l'aspect ludique retenu dans les films se fait parfois au détriment de la notion mathématique visée (voir par exemple le « compteur de perpendiculaires » dans *perp1*).

Ces films d'animation présentent des vues uniquement locales (dans *perp1* par exemple, on ne voit jamais le réseau de droites en entier), et sous différents points de vue (face à soi dans *perp2*, vue du dessus dans *para1*). Le changement de point de vue est laissé à la charge du spectateur le cas échéant (vue de dessus et en perspective dans *para1* et *para2*, figure 6). Cela nécessite une certaine décentration et rend le décryptage peu aisé. Différents codes couleurs permettent de différencier les codages (égalités de longueur par exemple), droites, directions de droites, ce qui constitue une aide à la visualisation. Nous constatons en outre une certaine cohérence dans ces codes d'un film à l'autre.



(a) 0'21- Vue en perspective *(b) 0'24 - Vue de dessus*

Figure 6. Extraits de para1

Connaissances techniques et connaissances pratiques en jeu

Les connaissances techniques portent sur différents artefacts. Dans *perp1*, on apprend que l'équerre permet de vérifier la perpendicularité. L'animation accompagnée d'un discours (dialogue entre des enfants) porte sur la manière d'utiliser l'équerre pour vérifier les angles droits formés par deux droites, avec des conseils donnés suite à de mauvais positionnements présentés via le bonhomme à l'écran (figure 7). Il faut comprendre ce que signifie « le bon sens de l'équerre » en comparant les positionnements présentés sur les images 1 et 2. On doit deviner que l'on cherche à voir si l'on peut mettre les côtés de l'angle droit de l'équerre, chacun sur l'une des deux droites, ceci étant exprimé de façon peu précise en termes d'ajustement de l'angle droit à ces droites.

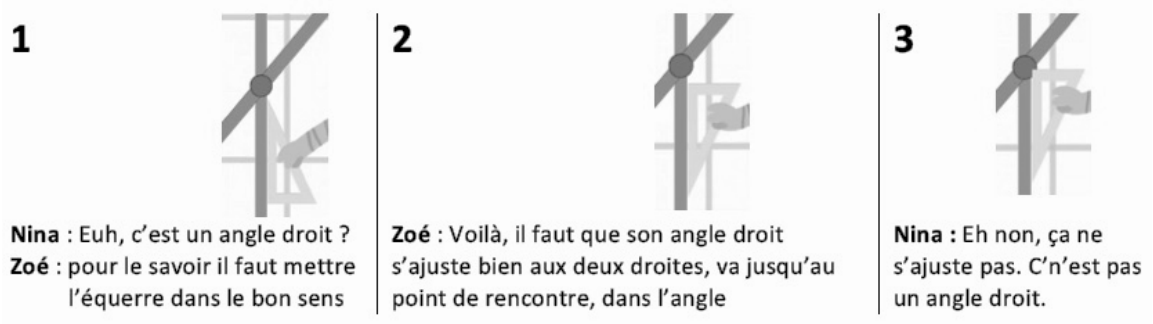


Figure 7. Perp1, extraits 0'37 à 0'50

Dans *perp2*, il s'agit de tracer deux droites perpendiculaires en le centre d'un cercle. La prise en compte de ce point est passée sous silence lors du positionnement des instruments. La construction se réalise avec la règle placée sur la première droite tracée et « l'angle droit de l'équerre le long de la règle », un déplacement de la règle étant alors présenté en images avec la formulation « Je déplace la règle de l'autre côté de l'angle droit de l'équerre ». Les formulations restent imprécises. *Para1* met en images (mais pas en mots) l'utilisation du guide-âne pour identifier des droites parallèles entre elles. Le *Guide des séances* suggère, sans explication supplémentaire, de faire tracer des droites parallèles avec cet instrument. *Para2* présente en animation et sans formulation, l'utilisation de l'équerre pour tracer des droites perpendiculaires, celle de la règle graduée et de l'équerre pour tracer des droites parallèles ainsi que celle de la règle pour tracer des droites.

L'explicitation de connaissances pratiques prend la forme de recommandations pour le maintien des instruments dans les films de Canopé : « Attention, tiens bien la règle » (*perp2*, 0'42) ; « Garde bien l'équerre en position » (*perp2*, 1'26) ; « Il faut que la règle et l'équerre soient bien maintenues en place pendant l'opération » (*para2*, 1'12). Par ailleurs, le *Guide des séances* incite l'enseignant à veiller à l'exercice de connaissances pratiques relatives à « la

tenue de l'outil, la coordination œil-main » (S5-6, régulation). Il renvoie aussi à l'utilisation de « matériels innovants », conçus pour l'obtention d'une qualité graphique des tracés. Ces recommandations abordent ainsi les difficultés potentielles liées à un manque de précision dans les tracés.

Synthèse des différents éléments issus de l'analyse locale du manuel

Outre des objets graphiques représentant des objets géométriques sur lesquels sont travaillées les relations de perpendicularité et de parallélisme, le manuel *MHM* convoque des objets du monde qui posent question. Certains en effet se situent hors du domaine de validité de la définition donnée ; d'autres ne favorisent pas la compréhension de la relation entre deux droites, ni de ses propriétés. L'auteur provoque ainsi une confusion entre deux mondes (au sens de Tiberghien, 1994), celui des objets / événements (une ville, une rue / traverser une ville) et celui des modèles / théories (une droite, deux droites perpendiculaires, le parallélisme) en introduisant des objets mathématiques dans le monde réel.

L'analyse des formulations met en avant des continuités et des ruptures entre les ressources proposées pour traiter des deux relations. Par exemple l'emploi des termes « perpendiculaire » et « parallèle » est mathématiquement valide dans les ressources à photocopier pour les élèves mais pas dans d'autres (les films de Canopé ou le *Guide des séances* notamment). Certaines propriétés (transitivité de la relation de parallélisme, symétrie de celle de perpendicularité) sont abordées seulement dans les films, d'autres ne sont évoquées nulle part (symétrie de la relation de parallélisme). Nous constatons par ailleurs que les films de Canopé, en proposant toujours des formulations en contexte, ne peuvent répondre à la fonction d'exposition des connaissances que leur attribue pourtant l'auteur du manuel.

L'analyse des tâches montre tout d'abord que l'éventail des types de tâches est investi pour chacune des deux relations. Elle met en évidence une constante dans l'enchaînement des types de tâches : ceux en lien avec la reconnaissance de la relation sont abordés en tout début de progression, puis abandonnés au profit de types de tâches en lien avec le tracé, avant d'être repris une seule fois à la toute fin du travail sur les relations dans une courte « activité ritualisée » mêlant perpendicularité et parallélisme. Concernant les techniques à mettre en œuvre pour réaliser les différents types de tâches, le *Guide des séances* n'en présente aucune. Quelquefois il incite l'enseignant à prendre en charge leur présentation sans autre indication, parfois en mettant en avant les artefacts associés mais sans expliciter les techniques. Ainsi, il n'aide pas un enseignant qui n'aurait pas de connaissances didactiques suffisantes. Ceci fait écho à ce qu'écrit l'auteur de la méthode : « La mise en œuvre de *MHM* demande d'avoir un certain nombre de connaissances didactiques et de compétences professionnelles (écouter, évaluer, observer, analyser) » (Pinel, 2018, p. 187). D'autres fois, il renvoie directement vers les films de Canopé. Le *Guide des séances* ne donne pas non plus d'indication concernant les techniques attendues lors des exercices d'entraînement et parfois même, la résolution de certains d'entre eux nécessite la mise en œuvre de techniques qui n'ont jamais été abordées. Notons que les artefacts nécessaires aux élèves pour réaliser les tâches ne sont pas mentionnés dans la partie « Matériel » du *Guide des séances*. Ils le sont parfois dans le déroulement des séances sans toujours être bien appropriés.

Par ailleurs, le manuel *MHM* laisse le processus d'appropriation des instruments à la charge des enseignants et des films de Canopé. Certaines connaissances pratiques y sont explicitées. Cependant nous notons que ces supports numériques mettent en images – mais pas toujours en mots – des manipulations qui ne sont pas transposables dans l'environnement papier-crayon (taille relative des personnages et des instruments, manipulations irréalistes, déplacements des instruments de leur propre chef).

Enfin nous constatons que de nombreuses significations de la relation de parallélisme circulent : les unes sont explicitées, les autres sont sous-jacentes aux techniques présentées ou à des techniques nécessaires à la réalisation des tâches prescrites mais non explicitement abordées. Les liens entre elles restent transparents. Un manque de cohérence entre significations introduites et techniques de construction abordées est susceptible d'exister, laissant présager des difficultés de compréhension du concept pour les élèves. Il existe également un manque de cohérence entre les techniques mises en évidence et les exercices proposés. Ces incohérences sont en partie liées au manque d'homogénéité entre les propositions du *Guide des séances* et celles des films de Canopé.

CONCLUSION

Notre conclusion porte tout d'abord sur le manuel étudié, puis revient sur les outils d'analyse développés.

Bilan sur le manuel *MHM*

Pour conclure l'analyse du manuel *MHM*, nous récapitulons d'abord ses caractéristiques dégagées par notre étude du médium, de la voix et des éléments organisateurs et planificateurs au niveau global. Nous apportons ensuite un éclairage d'un point de vue didactique sur différents aspects : la validité du savoir enseigné, sa conformité avec les instructions officielles et la cohérence de la progression choisie pour l'enseignement de ce savoir.

Concernant le médium, reprécisons que le support numérique est à l'usage quasi-exclusif de l'enseignant. Nous soulignons d'abord un certain intérêt de ce support en ce qu'il est évolutif (des mises à jour permettent de corriger des erreurs), accessible gratuitement à tous et personnalisable (fichiers modifiables), ce qui n'est pas le cas de la version imprimée du manuel. Nous notons ensuite les nombreuses connexions du manuel avec des ressources numériques d'autres sites, mais pointons le risque que leur utilisation ne soit pas adaptée lorsque l'objectif de l'auteur de *MHM* diffère de celui des concepteurs des ressources. Nous constatons enfin que le support numérique permet de naviguer d'un fichier à l'autre. Cependant la profusion de documents épars sur le site de *MHM* à consulter et rassembler pour conduire à la mise en œuvre d'une séance rend le travail de préparation de l'enseignant complexe. Nous relevons enfin que la liberté de navigation n'est pas envisagée pour permettre à l'enseignant utilisateur de mettre au point sa propre progression à partir des ressources proposées. Au contraire, celui-ci est incité à faire confiance à l'auteur en suivant « la méthode » pas à pas.

Concernant la voix, l'auteur s'adresse directement aux lecteurs – les enseignants – pour prodiguer des conseils ou les inciter à communiquer leurs remarques ou questions *via* les réseaux sociaux ou le courrier électronique. Il prend sa légitimité de sa fonction et de son expérience de terrain et s'inscrit dans une démarche qu'il qualifie de « pragmatique ». Cela se traduit notamment par la prise en charge par le manuel de la gestion d'un cours double (partage du *Guide des séances* entre deux niveaux), par la prise en charge d'une partie de la préparation matérielle (documents conçus pour être photocopiés pour la classe), ou par un allègement du descriptif pédagogique (brièveté des contenus), souvent au détriment des compléments didactiques pourtant nécessaires pour accompagner la mise en œuvre, en

particulier pour des enseignants débutants ou peu à l'aise avec l'enseignement des mathématiques. Par ailleurs, nous avons relevé une explicitation des objectifs d'apprentissage réduite à l'indication de la thématique abordée, ce qui ne contribue pas à aider l'enseignant utilisateur du manuel à pratiquer la pédagogie explicite affichée par l'auteur.

Concernant l'organisation et la planification des savoirs enseignés d'un point de vue global, nous relevons deux aspects, l'un facilitateur du travail de préparation de l'enseignant, l'autre non. Le premier est lié à l'organisation de chaque année sous forme de modules regroupant un nombre donné de séances et présentés toujours de la même manière, ainsi qu'au déroulé prévu de chaque séance selon un schéma-type, qui permettent une routinisation du travail. Le second est dû à une planification peu lisible : le contenu de chaque module n'apparaît pas dans la présentation générale de la programmation ; l'objectif annoncé du module ne correspond pas toujours à ce qui y est travaillé.

Concernant plus spécifiquement la géométrie, nous constatons un nombre consistant de séances consacrées au moins partiellement à son enseignement, avec des activités variées. Le caractère « cyclique » de la progression se manifeste essentiellement sur la notion de perpendicularité, non pas par un réinvestissement de la relation dans son aspect outil (Douady, 1986), mais par un ensemble d'activités isolées entrecoupées de longues pauses temporelles réparties tout au long de l'année. Ce choix de répartition, dont l'auteur assied le fondement dans les sciences cognitives (éviter de masser les enseignements pour favoriser la neuroplasticité), combiné à la pédagogie explicite impulsée par l'auteur, pose question en termes d'assimilation de la notion enseignée lorsqu'un grand écart temporel existe entre l'exposition d'une technique et son utilisation. Cela soulève en particulier un problème de compatibilité entre les appuis théoriques auxquels se réfère le manuel. En outre, l'absence de résolution de problèmes mettant en jeu les relations et une proposition exclusive de tâches isolées vont à l'encontre du caractère heuristique revendiqué par l'auteur. La mise en œuvre proposée n'est donc pas en adéquation avec certaines idées centrales sur lesquelles le manuel annonce s'appuyer. Par ailleurs, nous interrogeons la pertinence de l'enseignement conjoint des deux relations, qui peut alimenter la confusion entre perpendicularité et parallélisme. En outre, la répétition à l'identique des activités entre le CM1 et le CM2 ne nous semble pas pertinente pour l'acquisition des compétences visées en géométrie.

A une échelle plus locale, nous remarquons des expositions de connaissances ni toujours valides d'un point de vue mathématique, ni toujours conformes aux instructions officielles, ni toujours cohérentes relativement aux tâches proposées. Nous relevons ainsi des formulations non valides conduisant à une présentation erronée des concepts de perpendicularité et de parallélisme comme par exemple la non-expression de l'unicité (droite perpendiculaire à une droite passant par un point), une présentation des relations géométriques en tant que propriétés de droites et l'utilisation d'indications spatiales dans des programmes de construction. D'autres considérations dans *MHM* – telles les droites perpendiculaires qui ne sont pas vues comme des droites sécantes, ou la signification du parallélisme dans le plan (droites non sécantes) qui est étendue à l'espace – ne sont pas valides non plus. Nous observons ensuite des types de tâches non conformes aux instructions officielles (par exemple la technique de construction du symétrique d'un point enseignée ne relève pas du CM1). Certains conduisent même à des problèmes de cohérence dans la progression envisagée : la notion de distance entre deux points et entre un point et une droite n'est pas abordée en CM1 alors qu'elle est nécessaire pour exploiter la signification du parallélisme liée à l'écart constant entre deux droites ; la relation de perpendicularité est bien introduite en CM1 mais est déjà utilisée en CE2 dans *MHM* (tracé de la perpendiculaire à une droite d passant par un point M extérieur à d) comme si la notion était déjà connue. Enfin, nous pointons des techniques liées à des significations variées du concept de parallélisme, qui ne font l'objet

d'aucun apprentissage, qui ne sont pas reliées avec les significations institutionnalisées dans le manuel et qui ne sont pas toutes réinvesties dans les exercices proposés. Cela dénote un manque de cohérence par rapport à la progression.

Le manuel numérique *MHM* peut apparaître attractif par l'expérience de l'auteur et sa proximité avec les utilisateurs, par la prise en charge d'aspects pratiques dans la préparation de la classe, par ses possibilités de navigation et de connexion à d'autres ressources ainsi que par les références théoriques sur lesquelles il s'appuie. Toutefois notre étude soulève différents aspects qui altèrent la qualité de ce manuel d'un point de vue didactique. En effet, différents problèmes existent concernant la validité scientifique de certains savoirs enseignés, la pertinence de certains choix retenus en lien avec les apprentissages visés, la cohérence développée dans les séances proposées en référence au curriculum implémenté ou encore la conformité des propositions du manuel aux Instructions Officielles.

Bilan sur les outils d'analyse et perspectives

Les outils du cadre de Remillard (2010) adapté au cas spécifique des manuels numériques, ainsi que la prise en compte de deux niveaux d'analyse, global et local, permettent d'interroger les connexions potentielles entre un manuel numérique donné, ses utilisateurs, ses concepteurs et des ressources qui lui sont extérieures. En se focalisant sur les contenus mathématiques, le guidage pédagogique (les informations sur ce que devrait faire l'enseignant), les éléments d'explicitation (la mise en évidence des idées centrales du curriculum, des raisons sous-jacentes aux recommandations pédagogiques), les compléments didactiques (la présentation d'erreurs ou de procédures d'élèves, la mise en évidence de trajectoires d'enseignement), nos analyses conduisent à apprécier la qualité d'un manuel d'un point de vue didactique.

Les outils d'analyse développés permettent ainsi d'interroger la façon dont les manuels numériques du premier degré fournissent un accès aux savoirs géométriques. Ils éclairent et questionnent la manière dont ces manuels fournissent un « environnement d'aide à la construction du curriculum » (Remillard, 2010, p. 207) pour les enseignants utilisateurs.Ils conduisent à mettre en évidence trois *déterminants* permettant de caractériser des manuels numériques : leur *type* au sein des manuels numériques, l'*adéquation* qui existe entre les appuis théoriques revendiqués et le déroulement proposé, ainsi que leur *qualité didactique*.

Dans la suite de notre travail nous cherchons à finaliser cette caractérisation. Concernant le premier déterminant par exemple, la catégorisation des manuels numériques reste à affiner. En effet l'analyse du manuel *MHM* a révélé un manuel numérique atypique puisqu'il ne s'intègre dans aucune des catégories proposées par Pepin et al. (2016), voire même n'incite pas l'enseignant utilisateur à s'appuyer sur sa liberté de navigation pour réaliser sa propre progression. Concernant la qualité didactique, nous avons identifié quatre critères : la *cohérence* par rapport au savoir enseigné, la *pertinence* par rapport à l'enseignement de ce savoir, la *validité* mathématique ainsi que la *conformité* aux instructions officielles. D'autres analyses de manuels permettront de mettre à l'épreuve ces différents déterminants et critères.

Étudier les adaptations faites par les enseignants dans leur mise en œuvre des propositions du manuel constitue une autre perspective de notre recherche.

RÉFÉRENCES

Arditi, S. (2011). *Variabilité des pratiques effectives des professeurs des écoles utilisant un même manuel écrit par des didacticiens.* Thèse de doctorat, Université Paris Diderot, Paris, France.

Barrier, T., Durand-Guerrier, V. et Mesnil, Z. (2019). L'analyse logique comme outil pour les études didactiques en mathématiques. *Éducation & Didactique, 13*(1), 61-81.

Bartolini Bussi, M.-G. et Mariotti, M.-A. (2008). Semiotic mediation in the mathematics classroom: artifacts and signs after a Vygotskian perspective. In L. English, M. Bartolini Bussi, G. Jones, R. Lesh, & D. Tirosh (Ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education* (second revised edition, pp. 746-805). Mahwah, NJ. : Lawrence Erlbaum.

Chevallard, Y. (1999). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : l'approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 19*(3), 221-266.

Choppin, A. (1992). *Les Manuels scolaires : Histoire et actualité.* Paris : Hachette éducation.

CRD (2014). *Manuel numérique* https://eduscol.education.fr/numerique/dossier/lectures/manuel consulté le 07/12/19.

Douady, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 7*(2), 5-31.

Dussuc, M.-P. , Gerdil-Margueron, G. et Mante, M. (2006). Parallélisme au cycle 3. *Actes du 32e colloque COPIRELEM (30-31 mai et 1 juin 2005, Strasbourg)*. Irem de Strasbourg. 1-15.

Duval, R. (2005). Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 10, 5-53.

ERMEL (2006). *Apprentissages géométriques et résolution de problèmes*. Paris : Éditions Hatier.

Grave, I. et Pepin, B. (2015). Teachers' use of resources in and for mathematics teaching. *Nordic Studies in Mathematics Education, 20*(3-4), 199-222.

Grouws, D.A. et Smith, M.S. (2000). NAEP findings on the preparation and practices of mathematics teachers. Dans E.A. Silver et P. A. Kenney (dir.) *Results from the Seventh Mathematics Assessment of the National Assessment of Educational Progress* (p. 107-139). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Gueudet, G., Pepin, B. et Trouche. L. (2016a). Manuels scolaires et ressources numériques: vers de nouvelles conceptualisations. *EM TEIA | Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*, *6*(3). https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01346646

Gueudet, G., Pepin, B., Sabra, H., Restrepo, A. et Trouche, L. (2016b). E-textbooks and connectivity: proposing an analytical framework. Int*ernational Journal of Science and Mathematics Education, 16*(3), 539–558. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9782-2

Guille-Biel Winder, C. et Petitfour, E. (2018). L'enseignement des notions de perpendicularité et de parallélisme dans le manuel Méthode de Singapour. *Grand N, 102*, 5-40.

Guille-Biel Winder, C. et Petitfour, E. (2019). Enseignement-apprentissage des notions de perpendicularité et de parallélisme en CM1 : que proposent les manuels ? *Actes du 45e colloque COPIRELEM (12-14 juin 2018, Blois)*. ARPEME. 147-197.

Houdement, C. (2007) À la recherche d'une cohérence entre géométrie de l'école et géométrie du collège. *Repères IREM*, 67, 69-84.

Houdement, C. (2019). Le spatial et le géométrique, le yin et le yang de l'enseignement de la géométrie. Dans S. Coppé, E. Roditi et al. (dir.) *Nouvelles perspectives en didactique : géométrie, évaluation des apprentissages mathématiques* (p. 19-45). Grenoble : La Pensée Sauvage.

IGEN et IGAENR (2013). *La structuration de la filière du numérique éducatif : un enjeu pédagogique et industriel.* https://www.education.gouv.fr/la-structuration-de-la-filiere-du-numerique-educatif-un-enjeu-pedagogique-et-industriel-2204 .

Laparra, M. et Margolinas, C. (2016). *Les premiers apprentissages à la loupe*. Bruxelles : De Boeck.

Lepik, M., Grevholm, B. et Viholainen, A. (2015). Using textbooks in the mathematics classroom – the teachers' view. *Nordic Studies in Mathematics Education*, *20*(3-4), 129-156.

Margolinas, C. et Wozniak, F. (2009). Usage des manuels dans le travail de l'enseignant : l'enseignement des mathématiques à l'école primaire. *Revue des sciences de l'éducation, 35*(2), 59-82.

MEN (2002). *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, hors-série n°1 du 14 février 2002.*

MEN (2008). *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, hors-série n°3 du 19 juin 2008*.

MEN (2015). B*ulletin Officiel de l'Éducation Nationale, Numéro Spécial 11 du 26 novembre 2015*.

MEN (2018). *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, n°30 du 26 juillet 2018.*

MEN (2019). *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, n°22 du 29 mai 2019.*

Mounier, E. et Priolet, M. (2015). Les manuels scolaires de mathématiques à l'école primaire : de l'analyse descriptive de l'offre éditoriale à son utilisation en classe élémentaire. *Rapport CNESCO pour la conférence de consensus Nombres et opérations : premiers apprentissages à l'école primaire*. http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2015/11/Manuels.pdf

Pepin, B., Haggarty, L. et Keynes, M. (2001). Mathematics textbooks and their use in English, French and German classroom : a way to understand teaching and learning cultures. Z*DM The International journal on Mathematics Education, 33*(5), 158-175.

Pepin, B., Gueudet, G., Yerushalmy, M., Trouche, L. et Chazan, D. (2016). E-textbooks in/for teaching and learning mathematics: A potentially transformative educational technology. Dans L. English et D. Kirshner (dir.), *Handbook of Research in Mathematics Education* (3e ed., p. 636-661). New York: Taylor & Francis.

Perrin-Glorian, M-J. et Salin, M-H. (2010). Didactique de la géométrie. Peut-on commencer à faire le point ? Dans L. Coulange et C. Hache (dir.) Act*es du séminaire national de didactique des mathématiques de 2009* (p. 47-81). Paris : IREM Paris, ARDM.

Petitfour, E. (2017). Outils théoriques d'analyse de l'action instrumentée, au service de l'étude de difficultés d'élèves dyspraxiques en géométrie. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 37*(3-2), 247-288.

Petitfour, E. et Barrier, T. (2019). D'un cadre d'analyse de l'action instrumentée en géométrie à l'élaboration d'un dispositif de travail en dyade au cycle 3. *Actes de la 19e école d'été de didactique des mathématiques ARDM* (p. 329-349). Grenoble : La Pensée Sauvage.

Pinel, N. (2018). *La Méthode Heuristique de Mathématiques. Enseigner les mathématiques autrement à l'école*. Deuxième édition. Saint-Ouen : Les Editions du Net.

Pinel, N. (2019). *La Méthode Heuristique de Mathématiques. Guide des séances CM1-CM2 (deuxième édition)*. Paris : Editions Nathan.

Priolet, M. et Mounier, E. (2018). Le manuel scolaire : une ressource au « statut paradoxal ». *Éducation & Didactique, 12*(1), 79-100.

Rabardel, P. (1995). Qu'est-ce qu'un instrument ?. *Les dossiers de l'ingénierie éducative, 19*, 61-65.

Remillard, J.T. (2000). Can curriculum materials support teachers' learning?. Element*ary School Journal, 100*(4), 331-350.

Remillard, J.T. (2010). Modes d'engagement : comprendre les transactions des professeurs avec les ressources curriculaires en mathématiques. Dans G. Gueudet et L. Trouche (dir.) *Ressources vives : le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (p. 201-216). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Rezat, S. (2012). Interactions of teachers' and students' use of mathematics textbooks. Dans G. Gueudet, B. Pepin et L. Trouche (dir.) *From Text to 'Lived' Resources. Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development* (p. 231-246). New York : Springer.

Reymonet, C. (2004). Un cadre expérimental pour l'étude de la géométrie au cycle 3 : le cas du parallélisme. *Grand N, 73*, 33-48.

Sinclair, N. et Bruce, C. D. (2015). New opportunities in geometry education at the primary school. *ZDM*, 47(3), 319-329.

Spallanzani, C., Biron, D., Larose, F., Lebrun, J., Lenoir, Y., Masselter, G. et Roy, G.-R. (2001). *Le rôle du manuel scolaire dans les pratiques enseignantes au primaire*. Sherbrooke, Québec : Éditions du CRP.

Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analysing teaching-learning situations, *Learning and Instruction, 4*, 71-87.

Valverde, G., Bianchi, L.J., Wolfe, R., Schmidt, W.H. et Houang, R.T. (2002). According to the book. *Using TIMSS to investigate the translation of policy into practice through the world of textbooks.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

ANNEXE 1

Extrait des instructions officielles (BOEN N°25 du 21-6-2018, p. 34-35)

Attendus de fin de cycle

- (…)
- reconnaître, nommer, décrire, reproduire, représenter, construire des figures et solides usuels ;
- reconnaître et utiliser quelques relations géométriques (notions d'alignement, d'appartenance, de perpendicularité, de parallélisme, d'égalité de longueurs, d'égalité d'angle, de distance entre deux points, de symétrie, d'agrandissement et de réduction).

Reconnaître et utiliser quelques relations géométriques

Relations de perpendicularité et de parallélisme

- tracer avec l'équerre la droite perpendiculaire à une droite donnée passant par un point donné ;
- tracer avec la règle et l'équerre la droite parallèle à une droite donnée passant par un point donné ;
- déterminer le plus court chemin entre un point et une droite.

- Alignement, appartenance.
- Perpendicularité, parallélisme.
- Segment de droite.
- Distance entre deux points, entre un point et une droite.

ANNEXE 2

Extraits du Guide des séances CM1-CM2 *(Pinel, 2019)*

(a) Extraits p. 75

MODULE 10

7 SÉANCES

Objectifs majeurs du module

CM1

- Les nombres décimaux
- Les parallèles
- Les multiples et les diviseurs

Devoirs

- **Pour la séance 2 :** tracer une droite rouge dans le cahier et trois droites perpendiculaires à cette droite rouge.
- **Pour la séance 4 :** revoir les tables.
- **Pour la séance 6 :** interroger les tables avec la Fiche de suivi (avec un parent, frère, sœur…).
- **Pour la séance 7 :** apprendre la Leçon 12 et « Trouve cinq objets chez toi qui présentent des parallèles (écris le nom sur une feuille) ».

Matériel

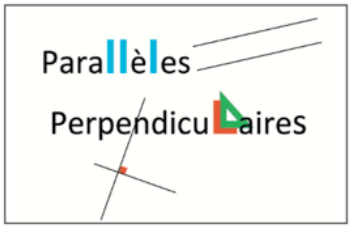
- **Chronomath 5**
- **Fiche** *Rituel* Le nombre du jour (3)
- **Fiche** Droites graduées
- **Fiche** Classement de droites
- **Fiche** Exercices droites parallèles
- **Mini-fichier** Problèmes
- **Mini-fichier** Architecte
- **Mini-fichier** Ville au trésor
- **Leçon** 12
- **Jeu** Les nombres en chaine
- Livret « Histoire d'un juge »

(b) Extrait p. -76

MODULE 10 CE QU'IL FAUT SAVOIR

Le vocabulaire : perpendiculaire et parallèle

Les élèves font souvent une confusion entre les deux notions. Pour les aider à associer chaque notion au bon mot, un affichage est proposé sur le site.
Un travail en vocabulaire sur l'origine des mots peut aider les élèves à mettre du sens et donc à mieux mémoriser les concepts sous-jacents.
Parallèle vient du grec *para* (« à côté ») et *allos* (« autre »).
Perpendiculaire vient du latin *perpendiculum* (« le fil à plomb »).



(c) Extrait p. 79

MODULE 10 SÉANCE 6

Activités ritualisées

(...)

Calcul mental

(...)

Résolution de problèmes

(...)

Apprentissage

Les parallèles

- **Fiche Classement de droites** en binômes.

Demander de classer ces paires de droites. Faire une mise en commun et une synthèse.
Faire émerger les trois possibilités : droites qui se coupent (sécantes), droites perpendiculaires et droites qui ne se coupent pas. Donner le vocabulaire : « des droites parallèles sont des droites qui ne se coupent jamais ».

- Lecture collective de la **Leçon 12** (sauf vidéos sur les parallèles).

Leur demander de se mettre en équipe de trois et de chercher dans la classe quatre exemples de droites parallèles (sur les murs, sur des objets, etc.).
Mise en commun.

- Visionnage de la vidéo 1 sur les parallèles.

Fiche Exercices droites pour vérifier si les droites sont parallèles.
Correction individuelle.

- **Mini-fichier Ville au trésor** ou **Pays au trésor**

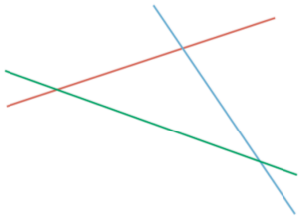
(d) Extrait p. 80

MODULE 10 SÉANCE 7

Apprentissage

- Retour sur les devoirs.
- Distribuer une feuille blanche. Au milieu, ils tracent une droite. Rappel de ce qu'est une droite parallèle. Leur demander de chercher différentes façons de tracer des parallèles. Ils travaillent en binômes.
Mise en commun.
Comparaison des procédures et validation.
Les procédures utilisant les deux côtés de la règle, les côtés d'objets rectangles (boite de CD, etc.) sont tout à fait valides.
Présenter la technique à partir du guide-âne. Leur distribuer. Ils essaient dans leur cahier d'en tracer plusieurs avec la technique du guide-âne.
Présenter la technique à partir de l'équerre.
Ils essaient dans leur cahier d'en tracer plusieurs avec la technique du guide-âne.
Visionnage de la vidéo de la **Leçon 12** sur le tracé de parallèles.
- **Mini-fichier Ville au trésor**

- Retour sur les devoirs
- Visionnage de la vidéo de la **Leçon 12** sur le tracé de parallèles.
- Exercice :
Sur une feuille blanche tracer une droite rouge, une droite bleue, une droite verte qui se coupent pour former un triangle ainsi :

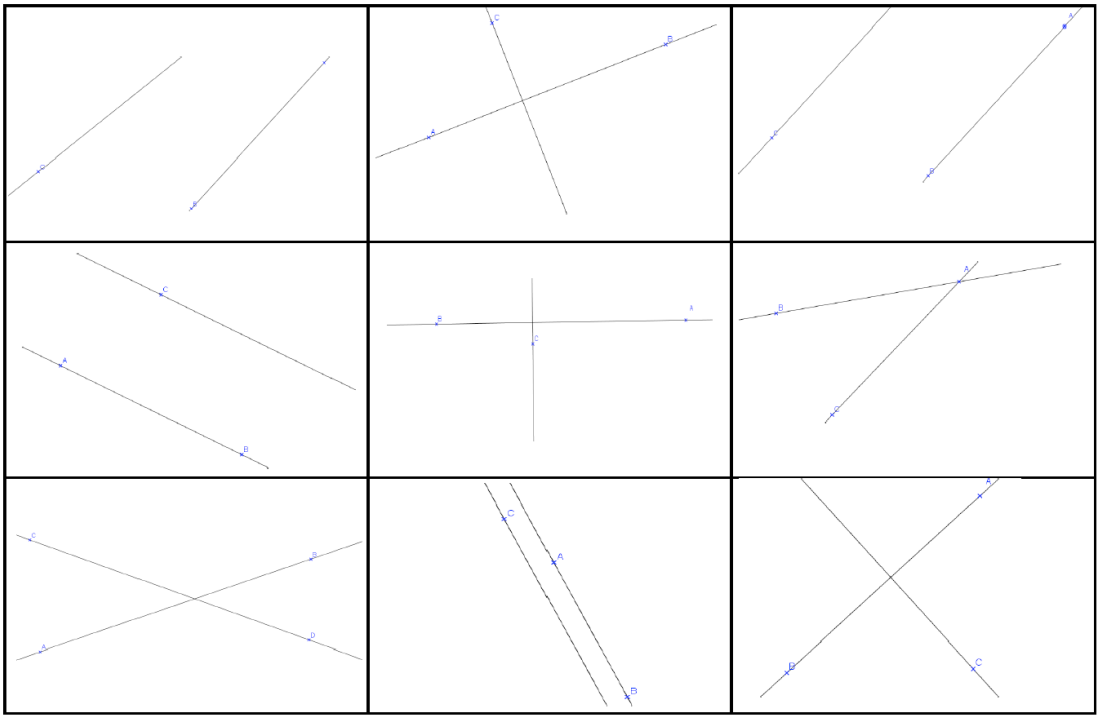


Puis ils doivent tracer une parallèle pour chaque droite de couleur.
Question à poser ensuite : *« Est-ce qu'elles forment un triangle ? »*
- **Mini-fichier Pays au trésor**

ANNEXE 3

Ressources disponibles sur le site en lien avec les séances S10-6 et S10-7

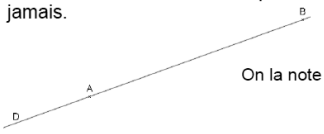
(a) Fiche Classement de droites (Rubrique « Modules /- CM »- dossier « Module 10 »)



(b) Leçon 12 (Rubrique « Modules / Leçons»)

Leçon 12 : Les droites

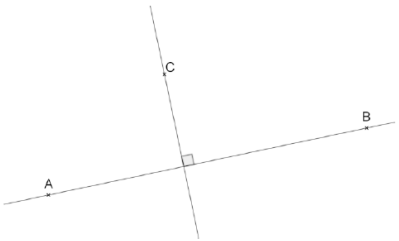
Une **droite** c'est une suite de points alignés qui ne s'arrête jamais.



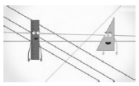
On la note (D) ou (AB)

⇨ Quand deux droites se coupent, on dit qu'elles sont **sécantes**.

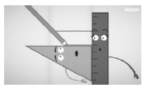
⇨ Quand deux droites se coupent en faisant un angle droit, on dit qu'elles sont **perpendiculaires**.



On utilise l'équerre pour vérifier si deux droites sont perpendiculaires.

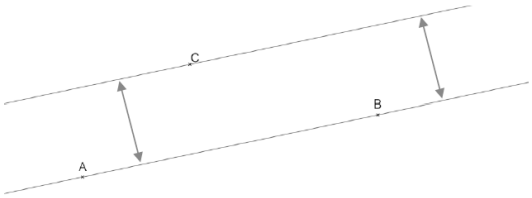


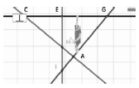
https://huit.re/paralleles1



https://huit.re/paralleles2

⇨ Quand deux droites gardent toujours le même écartement, qu'elles ne se coupent jamais, on dit qu'elles sont **parallèles.**



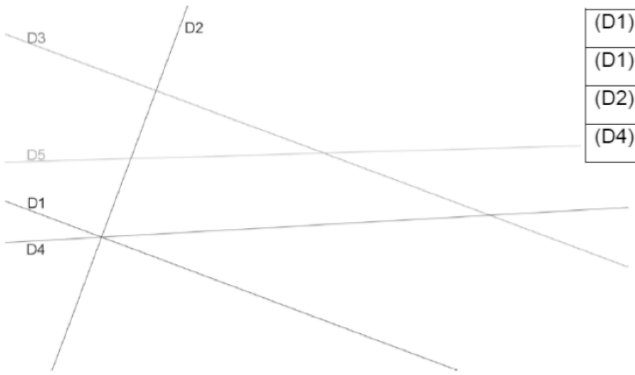


https://huit.re/perpendiculaires1

https://huit.re/perpendiculaires2

(c) Fiche Exercice Droites parallèles (Rubrique « Modules/CM – dossier « Module 10 »)

Exercice :



Coche la bonne réponse :

(D1) est parallèle à (D4)	☐ vrai	☐ faux
(D1) est parallèle à (D3)	☐ vrai	☐ faux
(D2) est parallèle à (D4)	☐ vrai	☐ faux
(D4) est parallèle à (D5)	☐ vrai	☐ faux

(d) Présentation de l'activité en autonomie La ville au trésor (Pinel, 2019, p. 70)

> ## Les mini-fichiers La ville au trésor CM1 ou Le pays au trésor CM2
>
> Ces mini-fichiers sont des prétextes à travailler les programmes de construction et l'utilisation des compétences et notions acquises (*segment*, *droite*, *parallèles*, *perpendiculaires*…). Ils ne sont pas faciles et très exigeants ! Ils font suite au **mini-fichier Carte au trésor** utilisé en CE2 qui s'appuie sur le même principe, mini-fichier qui pourrait servir d'aide en remédiation pour vos élèves les plus en difficulté.

(e) Extraits de l'activité en autonomie La ville au trésor (Rubrique « Mini-fichiers CM »)

Comment faire ?

La ville au trésor

⇨ Tu prends une carte de France.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15

⇨ Tu suis les différentes étapes en effectuant les tracés sur la carte de France, avec **un crayon** et **une règle**.

⇨ Tu notes la ville où se cache le trésor.

La ville au trésor **4**

1. Trace le segment [JE].
2. Trace la droite perpendiculaire au segment [JE] qui passe par le point G.
3. Cette droite traverse une ville. C'est là que se trouve le trésor.

Quelle est cette ville ? .....

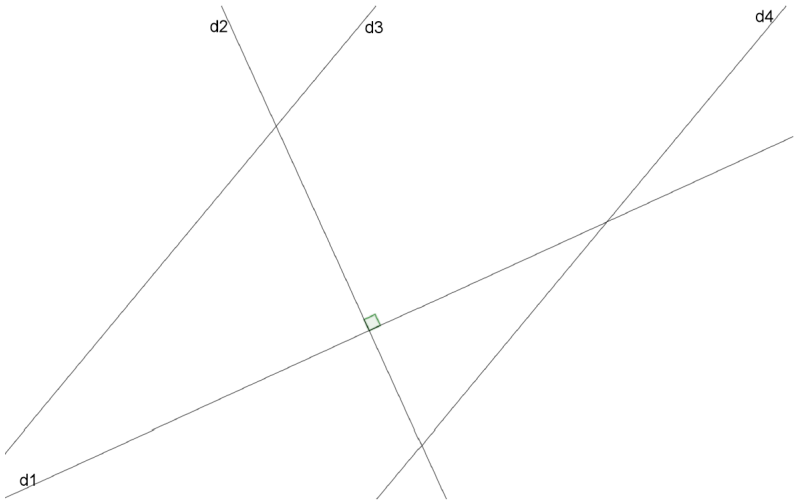
La ville au trésor **11**

1. Trace le segment [JF].
2. Trace la droite parallèle au segment [JF] qui passe par la ville « LE MANS ».
3. Cette droite traverse ou passe très près d'une ville. C'est là que se trouve le trésor.

Quelle est cette ville ? .....

ANNEXE 4

Extrait de (Pinel, 2019) et ressource associée sur le site pour la séance S18-4

● S4 : **Fiche *Rituel* Droites**

Afficher (ou reproduire au tableau) le document. À l'ardoise, ils doivent écrire successivement : deux couples de droites perpendiculaires, deux couples de droites parallèles. Correction collective.