
UTILISER DES CARTES HEURISTIQUES EN MATHÉMATIQUES POUR AIDER DES ÉLÈVES AYANT DES DIFFICULTÉS LANGAGIÈRES

Monique BONNET¹, Caroline MARTELET²,
Laurent MATILLAT³, Marie NOWAK⁴
Groupe Matisu de l'Irem de Lyon

Résumé : Nous⁵ cherchons à réduire l'impact des difficultés langagières sur l'apprentissage des notions mathématiques chez des élèves de collège. Pour cela, nous avons testé auprès d'eux un outil, les cartes heuristiques, afin d'en voir la pertinence. Notre expérience tend à montrer que ce mode de présentation, plutôt visuel, fait appel à d'autres compétences cognitives que des présentations plus traditionnelles et linéaires. Il est ainsi possible d'aider certains élèves en difficultés langagières à construire des concepts mathématiques en remplaçant la langue écrite complexe par des mots clés reliés et hiérarchisés par des procédés visuels et ainsi garder la structure initiale en limitant le rôle du langage.

Travaillant depuis plusieurs années auprès d'élèves ayant des difficultés langagières (élèves allophones, malentendants, dysphasiques), nous nous sommes interrogés sur l'opportunité de proposer des cours à base de supports visuels et de schémas épurés en langage écrit sans pour autant simplifier à outrance les concepts étudiés. Nous avons donc cherché des outils permettant de répondre à cette double contrainte et notre quête nous a conduits vers les cartes heuristiques (ou mind mapping). Ce choix ne s'est pas imposé à nous rapidement, les modèles dominants d'apprentissage en France étant plutôt centrés sur une transmission des connaissances via la langue orale ou écrite. D'après Jacobi, « L'écrit a supplanté les autres modes de communication symbolique comme outil de construction de la raison »⁶.

De nos jours, les documents visuels (dessins, schémas) présents dans les manuels scolaires ou bien utilisés par les enseignants pour leurs cours sont minoritaires et ne viennent souvent qu'en appui des textes. Ce mode de transmission va favoriser l'intégration des connaissances par le langage oral ou écrit, la nouvelle

1 BONNET Monique - Enseignante au collège Picasso (Bron - Rhône) – monique.bonnet1@ac-lyon.fr

2 MARTELET Caroline – Enseignante au collège Picasso (Bron - Rhône) – caroline.martelet@ac-lyon.fr

3 MATILLAT Laurent – Institut Plein Vent (Saint Etienne - Loire) – matillat.laurent@institutpleinvent.fr

4 NOWAK Marie – Enseignante (Saint Etienne - Loire) – marie.nowak.pro@gmail.com

5 Les quatre co-auteurs sont des formateurs de l'Irem de Lyon dans le groupe Matisu (2008 – 2015).

6 Jacobi 1994, p.1.

UTILISER DES CARTES HEURISTIQUES EN MATHÉMATIQUES POUR AIDER DES ÉLÈVES...

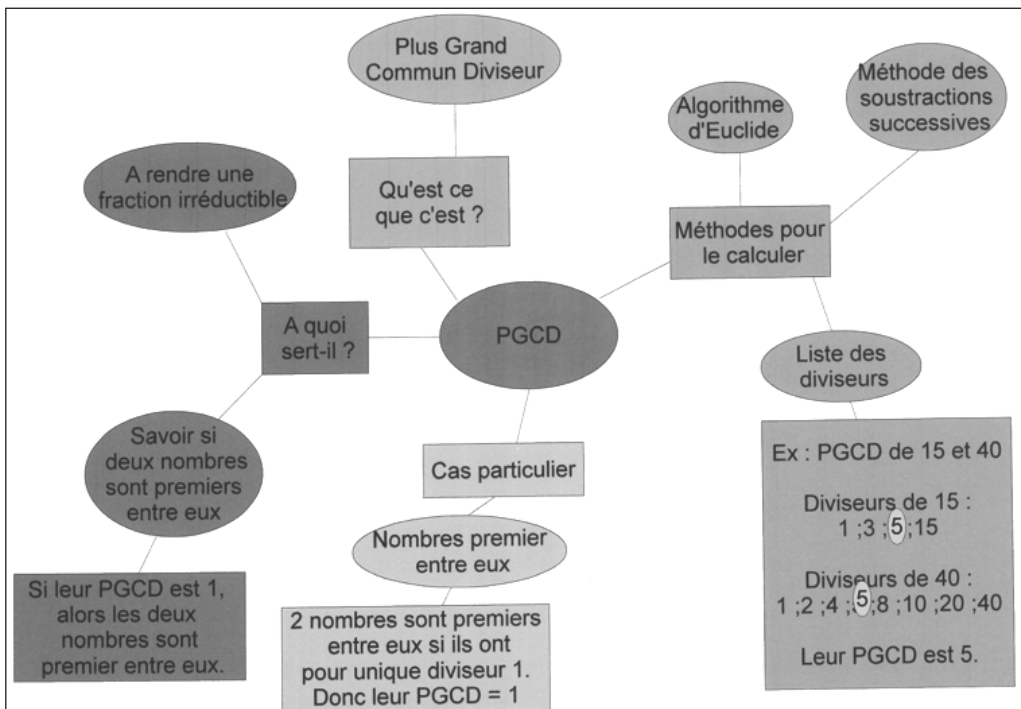
connaissance s'insérant comme un élément particulier à l'intérieur d'une chaîne déjà construite. Mais que se passe-t-il pour les élèves qui n'auraient pas acquis de compétences linguistiques suffisamment élaborées, lorsque la transmission des connaissances a comme vecteur premier le langage ? Sont-ils condamnés à avoir de mauvais résultats dans toutes les matières ou bien ont-ils pu développer d'autres compétences, notamment sur le plan visuel, sur lesquelles les enseignants pourraient s'appuyer ? Pour répondre à ces questions, cet article explore l'utilisation de cartes heuristiques comme outils facilitant la construction de savoirs par les élèves. Nous définirons ce que nous entendons par carte heuristique, puis nous nous interrogerons sur les mécanismes qu'elles mettent en jeu sur le plan cognitif. Enfin, nous

présenterons quelques utilisations de cartes que nous avons réalisées en classe de collège.

A titre d'exemple, voici (ci-dessous) une carte heuristique réalisée par un élève d'une classe de troisième.

1. — Cartes heuristiques, styles cognitifs et enseignement

Lors d'un apprentissage en classe trois entités apparaissent, comme le résume Houssaye⁷ : l'enseignant, l'élève et le savoir. L'élève doit apprendre à écouter, à regarder, à se questionner, à faire des liens. L'enseignant, lui, va mettre en place des stratégies pour présenter le savoir qu'il cherche à faire acquérir à l'élève. Chacun,



enseignant et élève, a sa propre façon de percevoir, d'évoquer, de mémoriser. Cette variabilité inter individuelle fait que l'enseignant devra adapter ses approches aux fonctionnements de ses élèves, c'est-à-dire à leurs styles cognitifs. Dans cette partie, nous allons développer la notion de styles cognitifs et montrer la spécificité des cartes heuristiques dans ce domaine. Pour cela, nous ferons appel à des travaux issus de la neuropsychologie.

1. *Qu'est-ce qu'une carte heuristique ?*

L'idée de transmettre des concepts sous forme visuelle n'est pas une idée nouvelle puisque nous en retrouvons des traces dès l'antiquité : Porphyre de Tyr (234-305, Liban) vulgarise la pensée d'Aristote à l'aide d'une représentation graphique sous la forme d'un arbre. Mais c'est surtout au XX^{ème} siècle que de nombreux travaux ayant pour objet de représenter, catégoriser, organiser des connaissances ont vu le jour. Dans les années 1970, Buzan, psychologue anglais, développe la schématisation heuristique, technique de synthèse de données, en vue de retenir les éléments essentiels d'un discours⁸. Il crée le concept de carte heuristique, diagramme qui représente les connexions sémantiques entre différentes idées et les liens hiérarchiques entre différents concepts. Voici la description qu'il en donne : « Une carte heuristique est une manifestation de la pensée irradiante et par conséquent une fonction naturelle de l'esprit. C'est une technique graphique efficace qui fournit un moyen universel de libérer le potentiel du cerveau »⁹.

Une carte heuristique est construite en commençant par une idée centrale. Des idées secondaires sont ensuite ajoutées autour de l'idée centrale et reliées à celle-ci. Des idées tertiaires sont connectées aux idées secondaires et ainsi de suite. La structure radiale et

arborescente d'une carte heuristique exprime implicitement un ordre de priorité entre les idées par rapport à l'idée centrale. Buzan conseille d'utiliser un seul mot¹⁰ pour exprimer une idée car selon lui le cerveau a plus de difficultés à trouver des idées associées simultanément à plusieurs mots. Pour construire la carte heuristique, il propose d'avoir recours à des images qui augmentent, selon lui, le pouvoir d'expression de la carte et facilite la mémorisation des idées. Pour les connecter, il conseille, pour un meilleur rendu visuel, l'utilisation de lignes courbes, colorées différemment et tracées avec plus d'épaisseur au centre qu'à l'extérieur, ainsi elles paraissent plus naturelles que des lignes droites et rigides. Il est possible de nommer explicitement sur ses lignes le lien entretenu entre les idées connectées.

2. *Styles cognitifs et cartes heuristiques*

Dans les années 1980, reprenant l'idée qu'il n'y aurait pas une seule intelligence mais des intelligences, Antoine de La Garanderie¹¹ avait identifié des profils d'apprenants plutôt « visuels » ou plutôt « auditifs » afin de concevoir une pédagogie différenciée, adaptée au cas par cas. En 1983, la notion d'« *Intelligences multiples* » a été proposée par un professeur de l'Université de Harvard, Howard Gardner, dans son livre *Frames of Minds : the Theory of Multiple Intelligence*. Il suggère que chaque individu dispose de plusieurs types d'intelligences,

7 Houssaye J., Le triangle pédagogique. Les différentes facettes de la pédagogie. ESF éditeur - Café pédagogique

8 Dans nos travaux, l'utilisation des cartes heuristiques ne se limitera pas à cet aspect.

9 Buzan T., Dessine-moi l'intelligence, 2012, p.2.

10 Notre utilisation des cartes heuristiques auprès d'élèves ayant des difficultés langagières, nous a conduit à ne pas respecter cette restriction, voir le paragraphe « Utiliser des cartes heuristiques en classe ».

11 De La Garanderie A., Discerner les aptitudes scolaires, 1980, Paris, Paidoguides.

pour lesquelles il a naturellement une plus ou moins grande compétence. Sa théorie a été reprise par de nombreux chercheurs et on distingue aujourd'hui huit principales formes d'intelligences.

Flessas et Lussier, neuropsychologues canadiennes se sont à la fois inspirées de théories de la neuropsychologie et des conceptions pédagogiques de La Garanderie pour proposer quatre styles cognitifs, chacun d'eux ayant ses caractéristiques propres et pouvant donc requérir une pédagogie spécifique. Le style cognitif d'un apprenant peut s'identifier à « cette façon propre à chacun de percevoir, d'évoquer, de mémoriser et donc de comprendre l'information perçue à travers les différentes modalités sensorielles qui sont à sa disposition face à une connaissance nouvelle »¹².

Flessas et Lussier se sont tout d'abord basées sur des travaux de Neisser¹³ qui identifie deux processus de traitement de l'information. Le premier est sériel : les informations nous arrivent alors les unes après les autres et nous les traitons donc chronologiquement. Par exemple, lorsque nous traitons la parole, nous faisons appel au processus séquentiel pour analyser les phrases entendues à partir des différents phonèmes qui nous parviennent par la voie auditive (nous ne pouvons comprendre une phrase que lorsque nous avons fini de l'entendre). Le second est parallèle et associé à la nature globale des stimuli qui nous arrivent à travers la voie visuelle. Par exemple, lorsque nous analysons une image, nous pouvons saisir plusieurs informations en même temps et l'explorer comme nous le souhaitons (commencer par un côté, le haut, le bas...) sans avoir de contraintes temporelles. Le mode *sériel* repose essentiellement sur le fonctionnement de l'hémisphère gauche ; il se caractérise par un traitement verbal analytique, temporel, centré

sur les détails et les particularités du stimulus étudié. Il s'exprime à travers une pensée logique et rationnelle. Le mode parallèle, dans cette optique, se trouve être, au contraire, l'apanage de l'hémisphère droit et se caractérise par un traitement synthétique, largement visio-spatial, privilégiant le contour et la forme des stimuli et se traduisant à travers une pensée intuitive et créatrice. Il s'agit donc d'une dichotomie gauche-droite, au plan des structures cérébrales. Flessas et Lussier vont ensuite trouver dans les travaux de Luria¹⁴ les compléments qui vont fonder leur théorie. Ce dernier, ayant développé une conception différente de la spécialisation hémisphérique, propose que les deux modes *séquentiel* et *simultané*¹⁵ situent leur siège dans chacun des deux hémisphères. Le premier mode étant relié davantage au fonctionnement des zones cérébrales antérieures (fronto-temporales) alors que le second serait plutôt l'apanage des zones postérieures (essentiellement pariétales), ce qui équivaut à une dichotomie avant-arrière. Par ailleurs, il ne nie pas le fait que l'hémisphère gauche sert de support privilégié aux processus utilisant le langage, et ceci pour une grande majorité des humains (incluant même un bon nombre de gauchers). Inversement, l'hémisphère droit, de par sa nature, serait le siège des processus impliquant plutôt la visualisation et la manipulation de l'espace.

Flessas et Lussier ont ainsi retenu la double dichotomie, gauche-droite et avant-arrière et ont proposées quatre styles cognitifs : *séquentiel*

12 Flessas, 1997, p.3.

13 Neisser, *Cognitive Psychology*, 1967, Englewood Cliffs.

14 Luria, *The working brain. An introduction to neuropsychology*, 1976, Paperback.

15 A priori, ces deux modes sont contraires l'un de l'autre. En pratique, les deux peuvent être utilisés de manière complémentaire comme nous le verrons plus loin.

verbal, séquentiel non verbal, simultané verbal et simultané non verbal. Nous allons maintenant les présenter.

Le processus séquentiel verbal s'exerce à travers le langage. Il permet de percevoir et de conserver en mémoire de travail un certain nombre d'éléments verbaux (syllabes, mots, chiffres, etc.) en respectant fidèlement l'ordre chronologique de leur présentation¹⁶.

Sur le plan du raisonnement et de la pensée, il permet d'opérer des relations de causalité, de conserver en mémoire de travail un certain nombre d'éléments verbaux (syllabes, mots, chiffres, etc.) en respectant fidèlement l'ordre chronologique de leur présentation¹⁶. Sur le plan du raisonnement et de la pensée, il permet d'opérer des relations de causalité, de concevoir des enchaînements logiques entre les phases successives d'un discours et d'atteindre une maîtrise croissante dans le maniement du lexique et des structures syntaxiques et grammaticales usuelles¹⁷.

Le processus séquentiel non verbal est par essence multi sensoriel. Il permet d'analyser des stimuli visuels, sonores ou gestuels et d'en mémoriser le déroulement précis. Le sujet pourra alors exécuter la séquence des étapes requises pour une tâche donnée sans pour autant faire appel au langage intériorisé. Ce dernier toutefois s'avérera souvent nécessaire lors de l'apprentissage d'habiletés non verbales, du moins aussi longtemps que ces dernières ne seront pas automatisées¹⁸.

Le processus simultané non verbal est un processus cognitif d'ordre essentiellement visio-spatial. Il permet de percevoir les stimuli de façon synthétique, de mémoriser des positions qu'ils occupent dans l'espace et de les réorganiser en un tout complexe. Il ouvre également la voie à

des constructions hypothétiques totalement intuitives.

Le processus simultané verbal, tel que le définit Luria dans son livre *The working brain. An introduction to neuropsychology*, permet d'extraire le sens général d'une information de nature linguistique en opérant des liens avec les connaissances antérieures et en effectuant une synthèse entre les différentes idées exposées. Ce sera donc le processus à travers lequel se construiront les inférences qui permettent de dépasser le sens littéral de l'énoncé, de créer des tableaux synoptiques mettant en relation les éléments linguistiques entre eux et enfin d'évoquer un monde personnel d'imagerie mentale qui se constitue à partir des contenus verbaux d'un récit¹⁹.

À la lumière de ces travaux, nous voyons désormais se dessiner de nouveaux rôles pour l'enseignant qui souhaite prendre en compte chaque style cognitif. Flessas et Lussier se référant alors aux travaux de Bédard et Lacroix²⁰ constatent que les enfants en difficultés d'apprentissage n'arrivent pas à se construire de bonnes évocations mentales auditives ou visuelles car soit les enseignants, soit ces élèves eux-mêmes ne font pas appel à leur style cognitif préférentiel. Nous allons voir maintenant quels processus sont visés lors de l'utilisation des cartes heuristiques.

3. Intérêts pédagogiques des cartes heuristiques

Dans le processus d'acquisition, l'usage des cartes possède l'avantage de faire appel à des styles cognitifs permettant de compenser les aptitudes verbales par l'activation d'aptitudes spatiales. On pourrait alors dire, en reprenant la terminologie de Lussier et Flessas, que ce dispositif pédagogique va permettre à l'enseignant de proposer un apprentissage s'appuyant sur le

16 Flessas, 1997, p.5.

17 Ibid.

18 Ibid.

19 J. Flessas, 1997, p.7.

20 Bédard et Lacroix 2009-2010, *Modèles d'apprentissage et d'intervention psychopédagogique*.

style cognitif « simultané verbal », voire « simultané non-verbal » lorsque les cartes font appel à des images. Nous faisons l'hypothèse que cela favorisera l'acquisition des concepts par les élèves grâce à la représentation imagée de concepts verbaux et un minimum de langage (une phrase courte relie deux concepts par un mot ce qui explicite visuellement les liens existants entre eux).

Dans une étude, Dansereau²¹ montre d'ailleurs que ce sont les élèves qui ont de faibles connaissances de base ainsi qu'un faible lexique qui bénéficient le plus de l'usage de cartes heuristiques en cours d'exposé.

De plus, en s'appuyant sur ce style cognitif, il est possible de travailler et d'améliorer les autres styles. Comme le montre Tochon²², l'utilisation de cartes heuristiques peut amener l'élève à visualiser ses connaissances au point que les images ainsi créées le guident dans le retraitement de propositions verbales, ce qui revient à dire que le style cognitif « simultané verbal » va pouvoir alimenter et consolider le style « séquentiel verbal ».

La création et l'utilisation de cartes pour réaliser des tâches complexes devront permettre également d'améliorer l'enchaînement logique et chronologique des idées des élèves (qui sont le reflet du style « séquentiel verbal ») grâce à la visualisation de la séquence des tâches à accomplir (style « simultané verbal ») et la

mémorisation (avec prise de conscience) des enchaînements logiques et chronologiques des actions (style « séquentiel non verbal »).

2. — Utiliser des cartes HEURISTIQUES en classe

Outre le fait que, pour des élèves ayant des difficultés langagières, l'accent est mis sur l'aspect visuel en limitant le nombre de phrases, certains pourront se demander ce qu'une présentation sous forme de carte heuristique peut changer par rapport à une présentation séquentielle qui aurait le même contenu. En pratique, nous avons pu observer en classe auprès des élèves et en formation auprès des stagiaires²³ que le premier contact avec une carte heuristique peut provoquer diverses réactions. En stage, la moitié environ des enseignants exprime une nette préférence pour le séquentiel qui offre un ordre lié à la chronologie des paragraphes et ces enseignants-là souhaitent numéroter les différentes zones pour retrouver cet ordre de lecture. L'autre moitié des stagiaires a immédiatement une attitude favorable et ils expriment une préférence pour ce mode de présentation qui permet d'accéder à toute l'information en simultané et ainsi d'avoir un point de vue synthétique.

Les exemples d'utilisation de cartes heuristiques que nous allons citer concernent des élèves qui ont déjà abordé ce type de cartes dans d'autres disciplines. Au collège Pablo Picasso à Bron, les élèves peuvent être amenés à produire ou à rencontrer des cartes heuristiques depuis la classe de 6ème ; les enseignants les utilisent dans leur matière, entre autres, en lettres, en science et vie de la terre (notamment pour aborder la synthèse de plusieurs documents), en vie de classe (notamment au moment de leur orientation), ou en mathématiques (comme support de cours, ou comme résumé personnel à la fin d'une notion). En mathématiques, en classes de 4ème et 3ème,

21 Lambiotte, J., Dansereau, D., Cross, D. et Reynolds, S. (1989). Multirelational Semantic Maps. *Educational Psychology Review*

22 Tochon, F. V. Les cartes de concepts dans la recherche cognitive sur l'apprentissage et l'enseignement, 1990, Perspectives documentaires en éducation.

23 Stage du PAF de l'Académie de Lyon : « Mathématiques et stratégies visuelles » dont le descriptif mentionne la présentation et l'utilisation de cartes heuristiques.

lorsque l'enseignante demande un résumé personnel en fin de chapitre, que les élèves produisent eux-mêmes, ils ont le choix de la présentation. Certains adoptent les cartes heuristiques, d'autres des présentations linéaires. Au fur et à mesure de l'année, de plus en plus d'élèves préfèrent la présentation sous forme de carte pour atteindre généralement en fin d'année une proportion d'au moins trois quarts de la classe pour les cartes heuristiques.

D'autre part, le but n'est pas de garder uniquement une présentation en mode « visuel simultané ». Autant que possible, ce mode devrait aussi permettre d'accéder à d'autres modes même si ce n'est pas toujours facile pour ceux dont le mode privilégié est « visuel simultané ».

Lorsque nous avons commencé à utiliser des cartes heuristiques, nous avons envisagé trois méthodes différentes :

- Créer nous-même des cartes afin de présenter un cours, éventuellement sous forme de « cartes à trous » que les élèves devront compléter au fur et à mesure du déroulement du cours ; ce type de carte peut servir également lors d'une évaluation.
- Créer des cartes avec les élèves pour construire un cours. Les élèves, en créant leur carte avec l'aide de l'enseignant, organisent leur pensée sur le sujet d'apprentissage en intégrant à leur réseau de connaissances des concepts non familiers. L'enseignant introduit alors un graphisme qui va montrer comment les lier, les hiérarchiser et nommer les liens qui seront établis entre eux. De nouvelles connexions pourraient alors se faire entre différents savoirs.
- Demander aux élèves de créer une carte, par exemple en début d'apprentissage afin de repérer les défauts de compréhension en les

localisant précisément grâce aux liens erronés ou aux concepts non pertinents. Cela servira alors d'évaluation formative pour l'enseignant et constituera une évaluation formatrice pour l'élève qui devra réorganiser sa carte et ses connaissances suite à la correction. L'enseignant pourra aussi demander à ses élèves de construire une carte en fin d'apprentissage, comme résumé de cours. Buzan et Anderson²⁴ le recommandent dans ce cas pour accroître la rétention des informations.

Nous allons maintenant voir des applications concrètes pour chacun des cas.

1. *Un exemple de carte créée par l'enseignant*

Cette carte (voir figure 1 page suivante) a été réalisée avec un logiciel de traitement de textes.

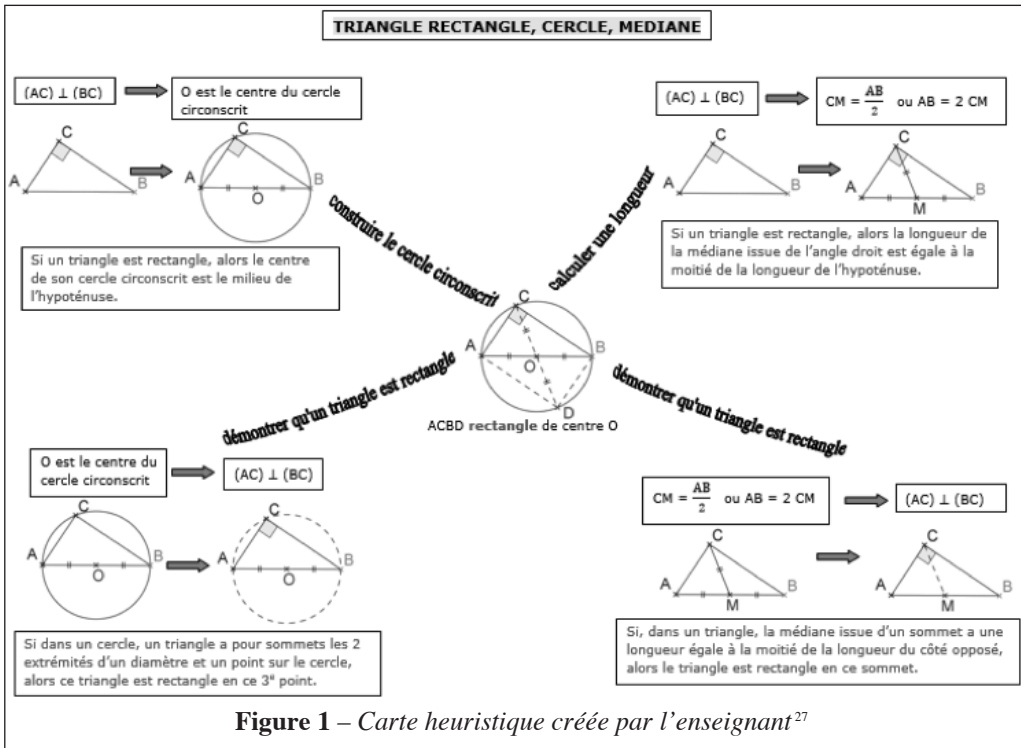
Chaque nœud²⁵ de la carte propose une phrase mathématique illustrée par un dessin géométrique comportant des codages visuels (égalité des segments, angles droits)²⁶ et la phrase en français. Elle va constituer le cours pour les élèves. Les branches ne sont pas de simples lignes mais plutôt des phrases reprenant ce que per-

24 Mesquita 2011, *Technology for creativity and innovation : tools, techniques and application*.

25 Mise à part la partie centrale, il y a quatre nœuds (selon le vocabulaire du logiciel Freeplane), c'est-à-dire quatre zones, chacune étant reliée à la partie centrale par un lien qui dans cet exemple comporte un texte. Ici, le même texte apparaît sur deux liens : ce choix a été fait pour mettre au même niveau les deux propriétés qui permettent de « démontrer qu'un triangle est rectangle ». On utilisera l'une ou l'autre des propriétés en fonction de la configuration de départ. Cette présentation permet de faire le parallèle entre une propriété et sa réciproque qui sont l'une en dessous de l'autre.

26 La phrase mathématique accompagnée du dessin permet aux élèves de comprendre ce qui est énoncé. Cette partie de la présentation est une passerelle vers l'énoncé rédigé – rigoureusement mais avec un minimum de texte.

UTILISER DES CARTES HEURISTIQUES EN MATHÉMATIQUES POUR AIDER DES ÉLÈVES...



met de faire le nœud correspondant. Pour l'élève, l'intérêt de cette carte est de présenter un cours « épuré » en langue écrite. Seules les propriétés importantes sont écrites en langue française et traduites en langage mathématiques symbolique, ceci permet de synthétiser différentes propriétés du triangle rectangle. Les élèves avec lesquels nous travaillons

sont en effet sensibles à la quantité d'écrit présent dans une leçon et ont facilement tendance à se décourager a priori lorsqu'ils voient beaucoup de texte.

Cette présentation a l'intérêt, au moins dans un premier temps, de les sécuriser et de les motiver à entrer dans les apprentissages. De plus, les notions ne sont pas noyées dans une grande quantité de texte. L'enseignant présente cette carte heuristique²⁸ en explicitant le contenu et les raisonnements sous-jacents. Par la suite, celle-ci sert de référence aux élèves lors de la recherche de problèmes et elle permet de clarifier encore et d'approfondir les notions abordées. Il n'y a pas d'ordre de lecture de la carte, c'est

27 Carte utilisée dans une classe d'élèves malentendant et dans une classe ordinaire.

28 L'enseignant a réalisé la carte sans les élèves, et leur a ensuite proposée suite à des activités réalisées en classe pour introduire le cours. L'outil informatique permet une meilleure lisibilité aussi bien pour la présentation du cours en classe que pour son utilisation par les élèves par la suite.

le principe du mode « simultané ». L'élève voit d'un seul coup d'œil les quatre configurations, et les propriétés correspondantes. Ceci peut gêner ceux dont le mode « séquentiel » est le mode privilégié. Au contraire, pour ceux dont le mode « simultané » est le mode préférentiel, c'est un avantage d'accéder à toutes les informations d'un seul coup d'œil pour pouvoir choisir celle qui est pertinente lors de la recherche d'un problème. Il faut noter que ces derniers pourront être mal à l'aise avec une présentation linéaire sous forme de paragraphes.

2. Un exemple de carte créée avec les élèves

La carte suivante (figure 2 page de la suivante) a été réalisée avec le logiciel Freeplane²⁹, logiciel libre. La carte est donnée vide aux élèves³⁰, sous format papier A3, seuls les nœuds principaux sont présents. En classe entière et avec l'aide du professeur, ils la complètent au fur et à mesure, avec les dessins ou les définitions qui sont vues au fil du cours. À la fin du chapitre, cela constitue leur support de cours. Elle a été utilisée dans plusieurs classes avec différents types d'élèves³¹.

Là aussi, nous avons pu observer que les élèves de ces classes ont apprécié l'aspect

synthétique de la carte qui motive aussi son apprentissage. Une fois remplie les élèves ont chacun leur carte papier, et ils l'ont beaucoup utilisée lors de la recherche de problèmes.

De plus, la présentation sous forme de carte fournit une structure arborescente mettant en évidence des regroupements sous forme de rubriques que l'on situe les unes par rapport aux autres. Ici l'outil informatique est d'un apport intéressant pour l'étude de cette structure. En effet, la particularité du logiciel Freeplane est que l'on peut masquer³² une partie de l'arborescence, par exemple, en mettant l'accent sur les titres uniquement (« Calculer » « Prouver que deux droites sont parallèles » « Connaître le vocabulaire ») ou en ne visualisant qu'une partie de la carte (par exemple, l'arborescence du nœud « Calculer »)³³.

3. Exemples de cartes créées par des élèves³⁴

Ces cartes (figures 3 et 4 pages suivantes) ont été réalisées par des élèves « à la main » et constituent un résumé de cours structuré par des regroupements de propriétés et des liens. Dans ce collège, les élèves ont l'habitude d'utiliser des cartes heuristiques dans différentes disciplines dont les mathématiques. À la fin de chaque

29 Téléchargeable sur <http://sourceforge.net/projects/freeplane/>
30 Dans des classes de 5e (12 – 13 ans).

31 Les élèves de l'une de ces classes sont sourds ou malentendants, leur première langue est la langue des signes qui fonctionne sur le mode « visio-simultané », leur deuxième langue est le français-écrit et ils ont des difficultés langagières. L'utilisation des cartes heuristiques est donc particulièrement adaptée pour eux.

Les autres classes sont des classes ordinaires, dans lesquelles la carte a été utilisée dans les mêmes conditions. Après un premier sondage auprès des élèves, il apparaît que ce support de cours non linéaire est plus apprécié pour un tiers des élèves environ, n'apporte pas de changement particulier pour un autre tiers, et enfin rebutent le dernier tiers des élèves, qui se disent être plus à l'aise avec

un cours linéaire.

32 Le logiciel a beaucoup d'autres possibilités que nous ne pouvons détailler ici. Par exemple, lors de la réalisation d'une carte, il est facile d'ajouter, de supprimer, de déplacer des nœuds.

33 Le logiciel est utilisé lors des présentations et utilisations successives de la carte (à compléter, puis terminée) en vidéo-projection pour permettre des discussions avec l'ensemble des élèves. Chacun d'eux dispose au départ d'une carte incomplète imprimée au format A3 qu'il complète, au fur et à mesure, puis qu'il utilise comme référence de cours par la suite. Les documents associés sont disponibles sur :

<http://math.univ-lyon1.fr/irem/spip.php?article726>

34 Elèves ni sourds, ni malentendants.

UTILISER DES CARTES HEURISTIQUES EN MATHÉMATIQUES POUR AIDER DES ÉLÈVES...

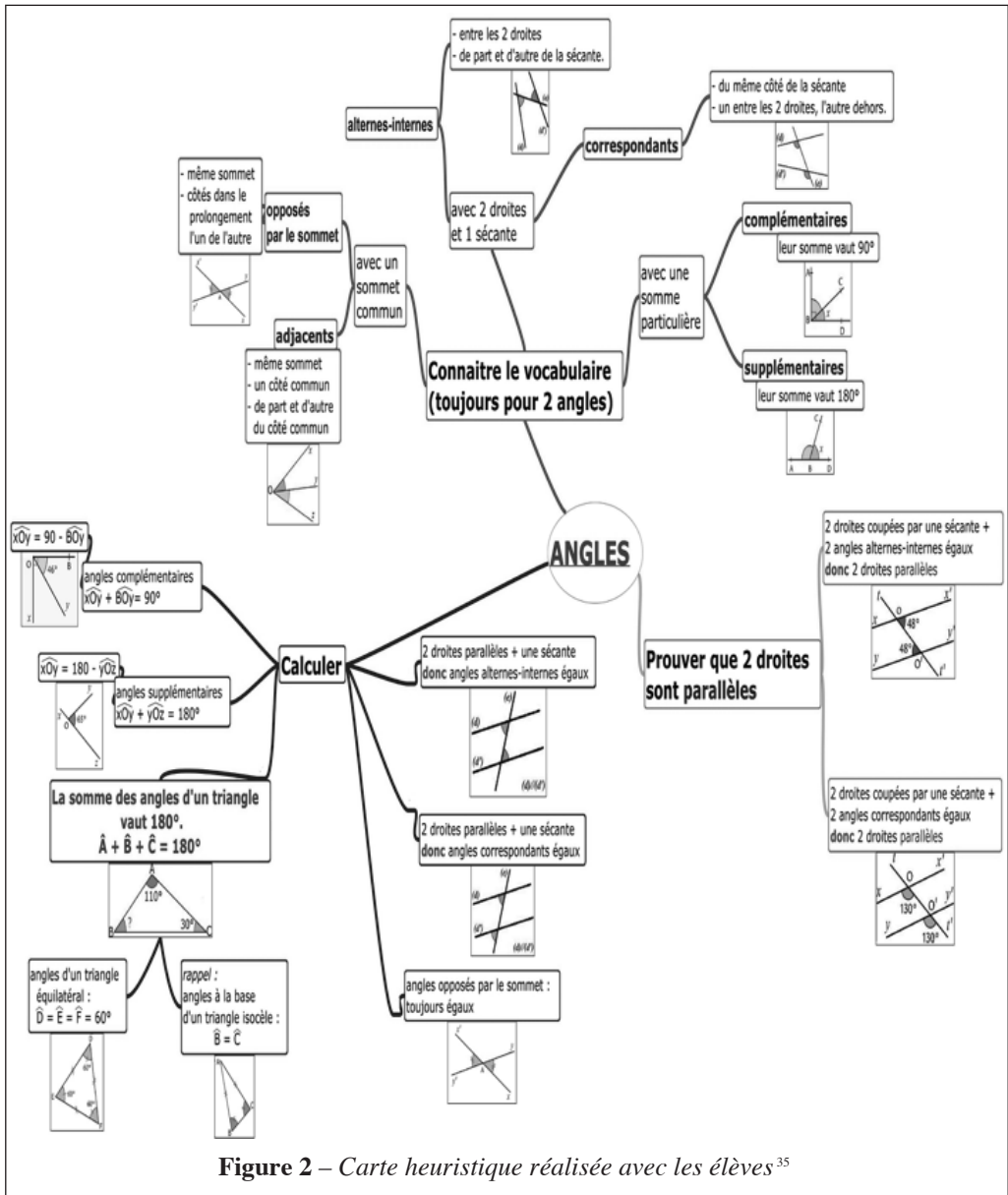


Figure 2 – Carte heuristique réalisée avec les élèves³⁵

35 En annexe, les détails de la carte.

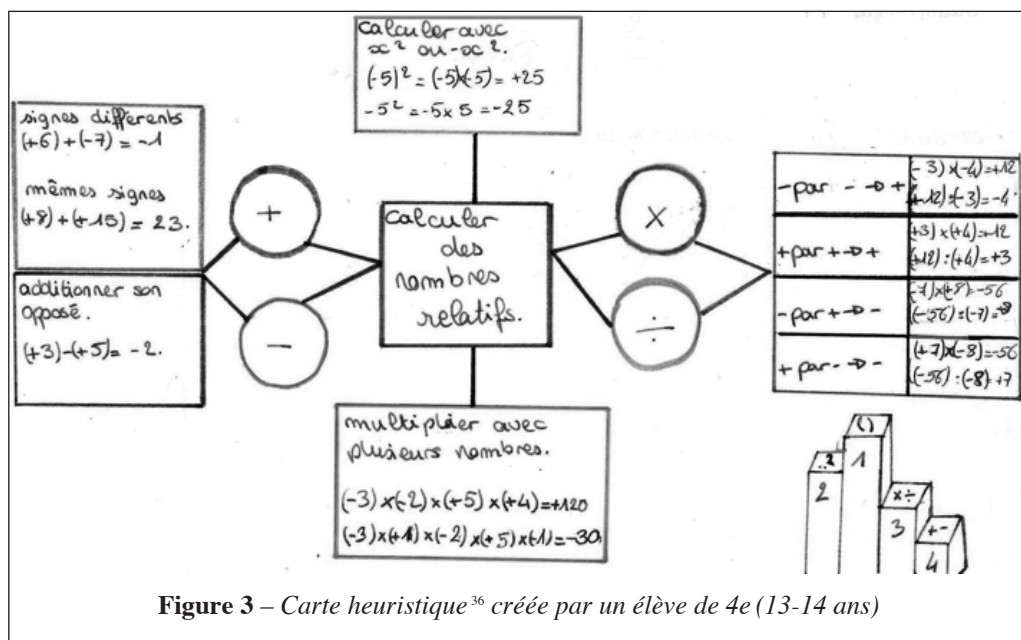


Figure 3 – Carte heuristique³⁶ créée par un élève de 4e (13-14 ans)

chapitre de mathématiques, certains enseignants demandent à leurs élèves de 4ème et 3ème de proposer un résumé du cours sous la forme qu'ils souhaitent pourvu que ce soit mathématiquement juste. Le premier résumé de l'année effectué sous forme de carte heuristique est construit en classe, avec les élèves, lors d'une séance d'une heure. Pour les suivants, les élèves font leur résumé à la maison, et l'enseignant les corrige tous (les critères d'évaluation sont essentiellement le fait que le résumé soit personnel, qu'il comporte des exemples personnels et qu'il n'y ait pas d'erreur). Au fil du temps, nous avons pu voir qu'un nombre croissant d'élèves se trouve à l'aise dans la création de cartes heuristiques.

Pour préciser, lors de l'expérimentation, la seule contrainte était de faire un résumé du chapitre sur un seul recto en format A4. Dans un premier temps, une proposition de carte est construite en classe au tableau, puis les élèves font leur propre résumé chez eux. Il s'avère que majoritairement les élèves réalisent des cartes heuristiques utilisant un mode non séquentiel et d'autre part, tous utilisent les deux modes : verbal et visuel, en associant des dessins ou des formules mathématiques et des textes.

Il faut aussi noter que chaque carte est un outil extrêmement personnel, toujours susceptible d'évoluer. En effet, sur un thème donné, les cartes produites par les élèves d'une même classe sont différentes. Ces différences ne se situent pas seulement au niveau de la présentation mais aussi de la structure

36 Le podium représenté en bas et à droite indique l'ordre de priorité : parenthèses, élévation au carré et opérations.

UTILISER DES CARTES HEURISTIQUES EN MATHÉMATIQUES POUR AIDER DES ÉLÈVES...

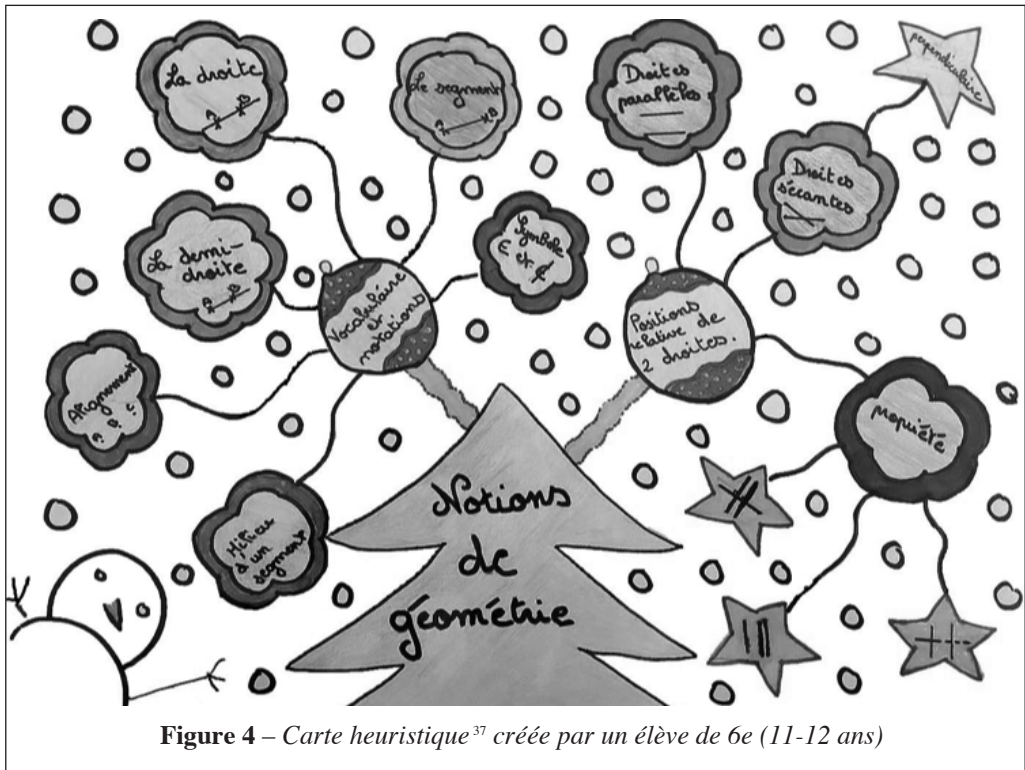


Figure 4 – Carte heuristique³⁷ créée par un élève de 6e (11-12 ans)

de la carte. Les liens mis en évidence révèlent la façon dont chaque élève appréhende le concept étudié et ceci parfois de manière erronée. Dans ce dernier cas, il est alors possible de revenir sur l'erreur de raisonnement ainsi mise en évidence. D'une manière plus générale, l'élève réalise une carte qui lui

permet de mettre l'accent sur certains points qui, sans doute, lui paraissent importants, voire essentiels ou difficiles à mémoriser ou qui sont pour lui sources d'erreurs récurrentes. Le fait de réaliser une carte heuristique le conduit à revenir sur le cours abordé en classe mais pas seulement pour le mémoriser tel qu'il est présenté ; il doit l'organiser à sa manière et il est raisonnable de penser que cela l'aide à se l'approprier et de fait, à le mémoriser.

37 On remarque que les dessins sont discrets mais bien présents et que le texte est minimal.

Autres remarques à propos de la structure de cette carte (du point de vue des mathématiques) : en tant que cas particulier, le nœud « perpendiculaire » est bien représenté comme issu de celui des « droites sécantes » ; mais ce n'est pas le cas pour le nœud « milieu d'un segment » qui est pourtant un cas particulier pour « alignement ».

Du côté des enseignants, les cartes heuristiques proposées sont souvent réalisées avec le logiciel Freeplane (et aussi sous Word). Il s'agit de réaliser une carte heuristique

(en partie en classe avec les élèves) qui permet d'accéder de manière globale et structurée à un thème du programme (par exemple, les angles en cinquième³⁸). Il peut arriver que certaines cartes soient très complexes et difficiles à aborder ; le logiciel Freeplane permet alors, en masquant l'une ou l'autre des parties de l'arborescence, de centrer l'attention sur tel ou tel point selon les besoins. L'arborescence de la carte peut comporter des exemples ou montrer une utilisation possible en exercice, de sorte que certains élèves y font référence lors de la recherche de problèmes (Dans le cas de la carte sur « Les angles en cinquième », ils ont à leur disposition une version papier de la carte déployée en format A3).

Nous avons pu observer l'utilité et l'efficacité des cartes heuristiques. Il est important pour les enseignants, comme pour les élèves, que nul n'ait peur de cet outil. Si les cartes sont jolies, colorées, éventuellement humoristiques, on les emploiera avec plaisir. Pour tous, une première étape de prise en main sur un thème ludique³⁹ est importante pour se familiariser avec le concept de carte heuristique qui peut être déroutant. En effet, le mode séquentiel très usité dans l'enseignement est efficace pour un certain nombre d'élèves qui s'y sentent bien à l'aise. Cependant, nous souhaitons, par cet article, attirer l'attention des enseignants en montrant un autre mode, le mode « simultané », qui peut permettre une meilleure acquisition des concepts pour d'autres élèves.

Conclusion

Il nous semble que l'utilisation des cartes heuristiques avec les élèves ont permis :

- une acquisition plus efficace des connaissances et du vocabulaire grâce à la présentation visuelle des concepts étudiés ;
- une meilleure explicitation des relations entre les concepts grâce aux liens matérialisés visuellement dans les cartes et aux interactions coopératives entre élèves et éducateur ;
- de proposer un travail métacognitif permettant à l'élève de prendre conscience de ses actions, de ses erreurs et de ses réussites, sans trop utiliser de langage ;
- d'améliorer les compétences séquentielles déficitaires pour certains élèves, lesquelles sont pourtant nécessaires aux apprentissages, notamment en aidant au découpage des actions lors de la construction des cartes étape par étape.

Rappelons que le but n'est pas d'exclure le mode séquentiel. Autant que possible, les élèves qui ont un mode « simultané » devront pouvoir accéder par la suite au mode « séquentiel » même s'ils sont plus à l'aise avec une présentation en mode « simultané ».

L'idée est, dans un premier temps, de proposer à des élèves, éventuellement en échec scolaire, d'exploiter et d'exprimer leur potentiel en leur proposant une approche non séquentielle des informations et de soulager ceux qui ont des problèmes linguistiques en s'appuyant sur l'aspect visuel et en limitant les textes dans une présentation structurée par des liens. Un effort reste donc à faire de la part des professeurs qui souhaitent proposer un autre modèle d'apprentissage, pour permettre à une partie des élèves d'exploiter les ressources de leur propre fonctionnement mental et répondre aux sollicitations sans pour cela inhiber leur propre mode de pensée. C'est en ce sens que les cartes heuristiques nous ont semblé être un outil intéressant.

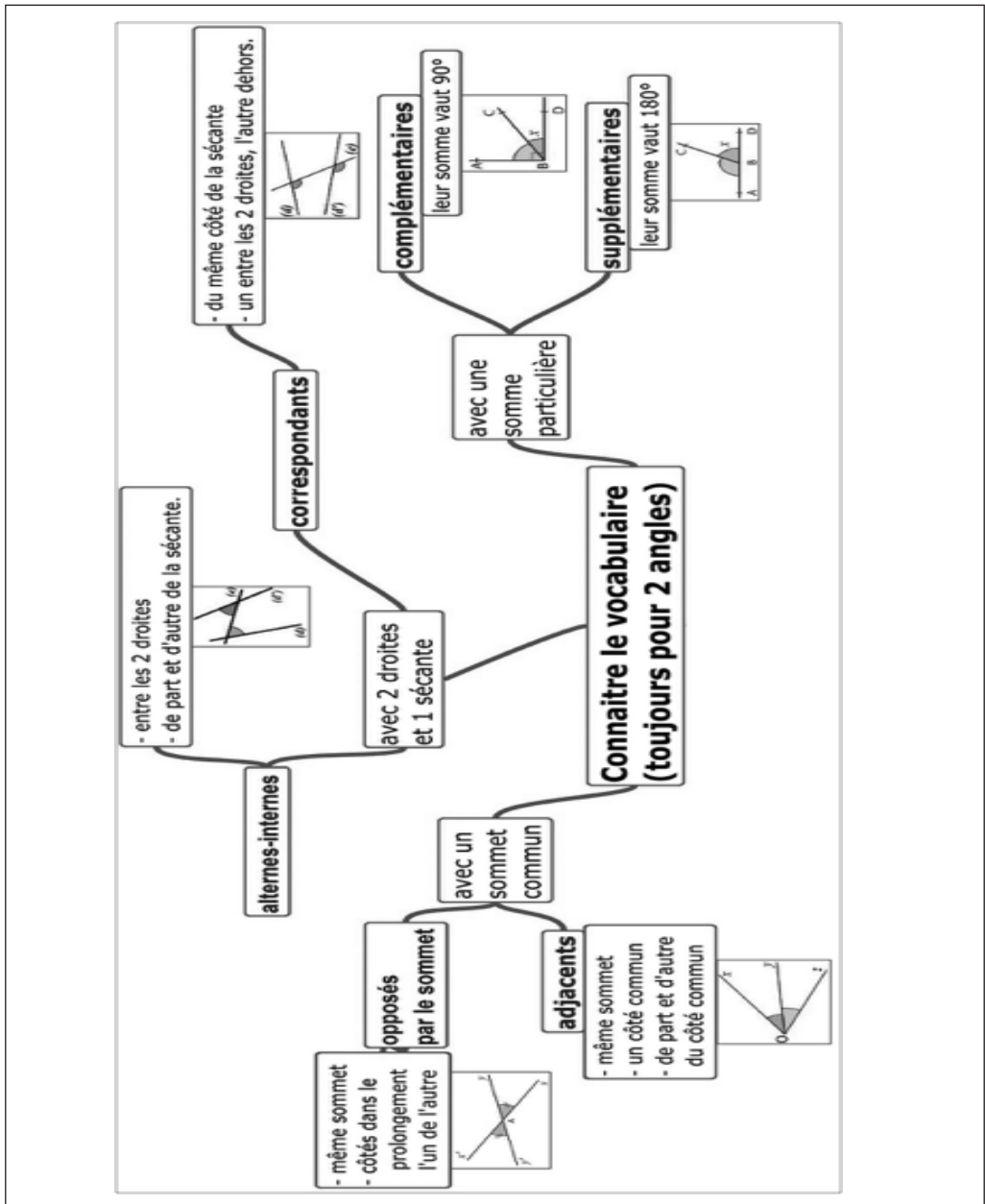
38 Voir figure 2.

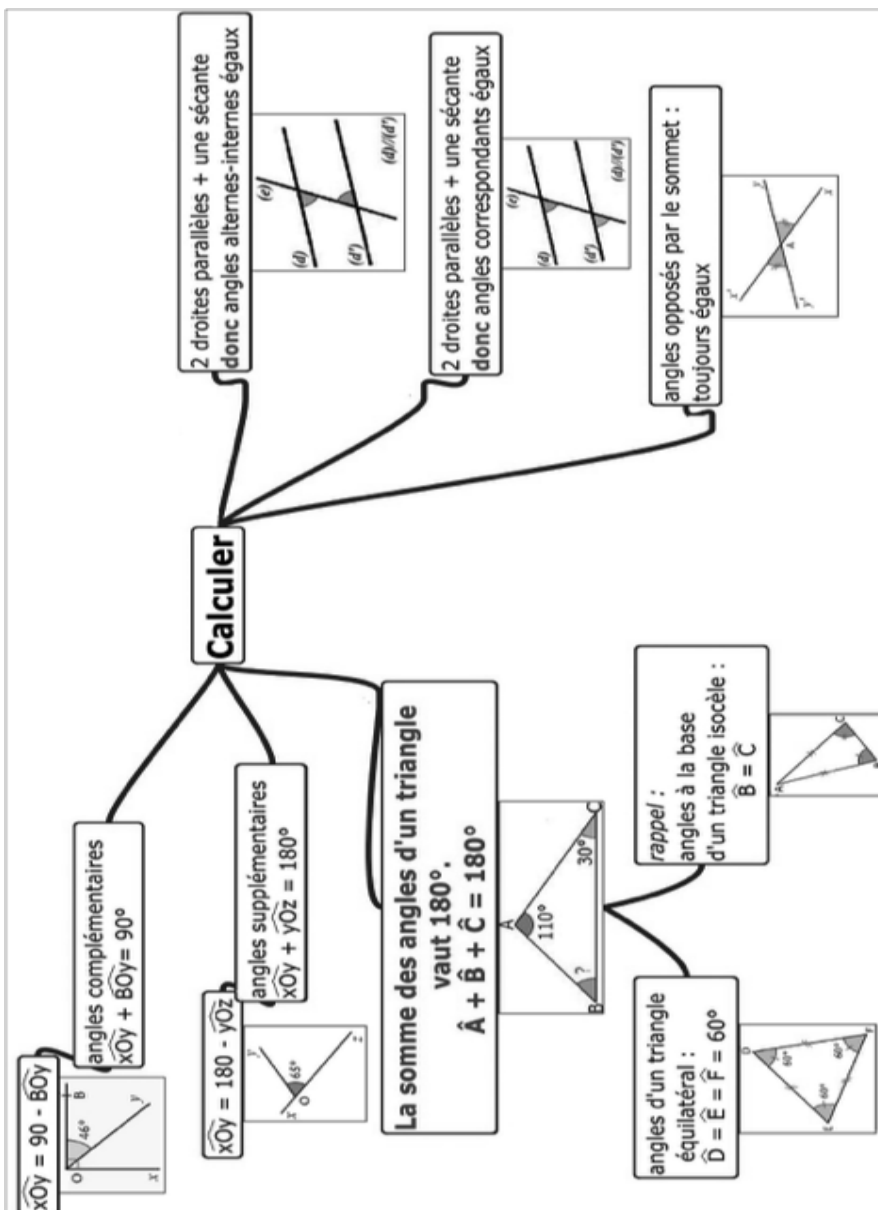
39 En début d'année, l'enseignant peut par exemple demander aux élèves de se présenter à l'aide d'une carte heuristique (état civil, loisirs, points forts, points faibles, projets d'orientation...).

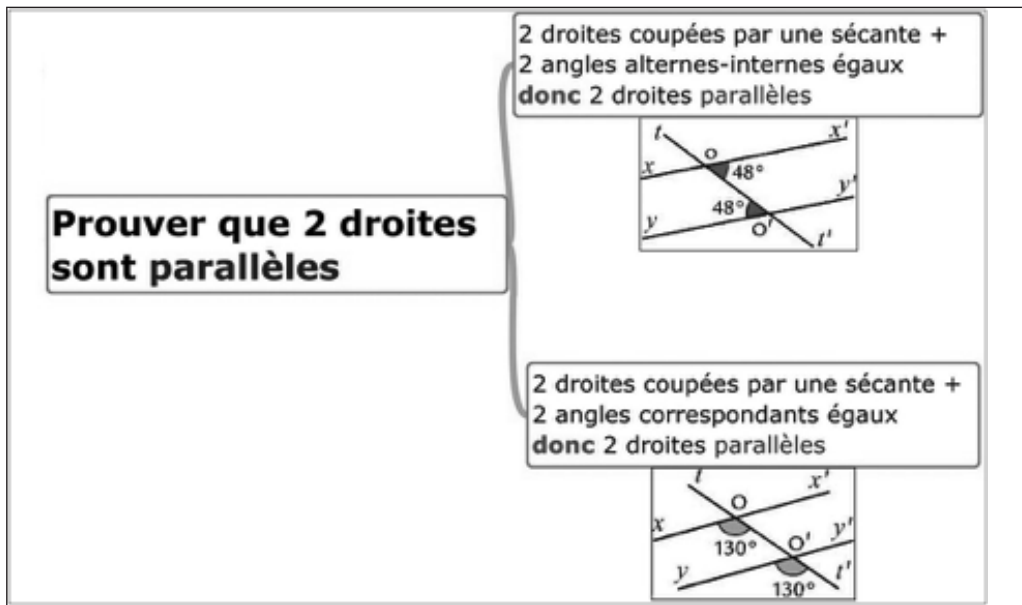
UTILISER DES CARTES HEURISTIQUES EN MATHÉMATIQUES POUR AIDER DES ÉLÈVES...

ANNEXE

Détails de la figure 2







BIBLIOGRAPHIE

- BENZ, P. (2011). *Travailler en classe avec des cartes mentales*. Éditions Delagrave.
- BUZAN Tony (2012) : *Mind Map, dessine-moi l'intelligence*. Éditions Eyrolles.
- GARDNER, H. (1996). *Les intelligences multiples*. Paris : Retz.
- HOUSSAYE, J. (1998). *Le triangle pédagogique*. Théorie et pratiques de l'éducation scolaire. Café pédagogique
- MARGULIES N. (2005), *Les cartes d'organisation des idées*. Chenelière Education.
- SPRINGER SP., DEUTSH G. (2000). *Cerveau gauche, cerveau droit*. À la lumière des neurosciences De Boeck Université.
- FLESSAS J. (1997). L'impact du style cognitif sur les apprentissages. In *Les difficultés d'apprentissage*, Volume XXV No 2, automne-hiver 1997.
- JACOBI, D. (1994). Du réseau à la carte : une analyse critique de la représentation graphique des concepts scientifiques. *Didaskalia* 1994 ; 5.
- SIAUD-FACCHIN, J. (2002). Les spécificités du fonctionnement intellectuel des enfants surdoués et leurs liens avec les processus d'apprentissage. *ANAE* 2002; 14 :290-5.
- TOCHON, F. V. (1990). Les cartes de concepts dans la recherche cognitive sur l'apprentissage et l'enseignement. *Perspectives Documentaires en Éducation*, 21, 87-105.