

---

## CARTE ET BOUSSOLE AU SERVICE DE LA COURSE D'ORIENTATION

---

Marion QUESNEY-TROUDET<sup>1</sup>  
Marc TROUDET et David CHATELON<sup>2</sup>  
Irem de Grenoble

« ... *En quatrième il y a aussi un cycle de course d'orientation cette année...*  
— *Ah, oui madame, c'est là où on cherche des valises ?!* » Jimmy<sup>3</sup>, élève de 4<sup>ème</sup>  
« *Je suis nul en maths mais ça j'arrive bien.* » Maxence, élève de 4<sup>ème</sup>

### Introduction

Notre article débute par deux parcours parallèles menés en EPS et mathématiques au collège de l'Isle à Vienne.

D'une manière générale, les cycles de course d'orientation sont attendus en EPS avec intérêt par nos élèves. Ils apprécient l'incertitude de l'activité liée à son milieu, la combinaison de lecture de carte et de course. Chacun peut se mettre en réussite, pas seulement celui qui dispose de quelques qualités physiques. Seulement, le cycle de course d'orientation de nos élèves de quatrième, qui vient après une initiation en cinquième, se déroule dans un complexe sportif équipé de balises fixes. En quelques séances, le site est vite connu et la lecture de carte devient secondaire à la course. Et bien souvent la motivation des premières leçons s'effiloche au fur et à mesu-

re que le cycle avance, car finissent devant les meilleurs coureurs. Comment remettre de l'incertitude sur la partie recherche étant donné que notre milieu ne peut évoluer ? On pense alors boussole, azimuts... mais l'outil demande un apprentissage complexe où d'autres compétences que celles de l'EPS interviennent. Et... 30 élèves sur le stade, avec dans une main, la carte et dans l'autre une boussole, sans pouvoir s'abriter du vent qui caractérise la vallée du Rhône ! Cela est-il envisageable ?

---

1 Professeur d'Education Physique et Sportive au collège de l'Isle, 38200 Vienne

2 Professeurs de Mathématiques au collège de l'Isle, 38200 Vienne, Animateurs du groupe *Géométrie pratique*, Irem de Grenoble.

3 Dans l'article, les prénoms des élèves ont été changés pour préserver leur anonymat.

En 2012, plusieurs collègues de mathématiques de l'établissement constituent un groupe de l'Irem de Grenoble et débute un travail autour des instruments de géométrie pratique dans les classes. Au cours de leurs recherches préalables aux expérimentations en classe, ils lisent avec intérêt l'article d'Yves Chevallard faisant suite à une conférence donnée à l'IUFM d'Aix-Marseille le 25 octobre 2000 : *Les mathématiques et le monde : dépasser « l'horreur instrumentale »*. L'auteur défend dans ce texte que « le traitement monodisciplinaire d'une question donnée tend [...] à occulter les besoins en connaissances relevant d'autres disciplines. » [4, p 18] Il prend notamment l'exemple des savoirs topographiques « longtemps regardés comme des savoirs utiles à tout citoyen » et songe « à introduire dans la formation mathématique des jeunes générations des savoirs en accord (...) avec les savoirs de l'orientation » [3, p 17], savoirs qui pourraient être utiles au futur randonneur. L'EPS lui semble donc être un partenaire naturel de cette « étude codisciplinaire des savoirs de l'orientation » [4, p 18]. De 2012 et 2015, le groupe Irem expérimente l'utilisation en classe de plusieurs instruments de géométrie pratique : graphomètre<sup>4</sup>, « carré » géométrique mais réfléchit également aux questions de nivellement et à l'utilisation de la boussole.

En mars 2016, la semaine des mathématiques a pour thème « Maths et sport ». Nous demandons à nos collègues d'EPS s'il est possible d'envisager un projet interdisciplinaire. La question de la boussole est alors posée, quelques heures pour assurer des co-animations nous sont allouées. L'action est lancée et rencontre un grand succès. Nos élèves s'investissent dans ces activités nouvelles leur permettant de réinvestir

leurs connaissances sur l'espace, les angles, l'échelle, le théorème de Pythagore. Après le succès rencontré par ces activités et avec la réintroduction des courbes de niveau dans les nouveaux programmes de collège, notre travail se transforme naturellement en un Enseignement Pratique Interdisciplinaire au niveau quatrième en septembre 2016.

À travers les regards croisés des professeurs d'EPS et de mathématiques, nous commencerons par définir les attendus de la course d'orientation en collège. Nous préciserons les connaissances mathématiques rencontrées et les sources utilisées pour les étudier avec nos élèves. Les questions de repérage et d'orientation d'une carte avec une boussole, de représentation du relief sur une carte seront abordées afin de se familiariser à la navigation en milieu inconnu et d'anticiper les dénivelés. La seconde partie développera la genèse du projet interdisciplinaire, elle décrira les connaissances introduites puis travaillées parallèlement en mathématiques et en EPS, entre la classe et le terrain de sport. Les activités en classe s'appuieront à la fois sur les nouvelles ressources à disposition, du type GEOPORTAIL et le logiciel VIRTUALGEO mais aussi sur des documents historiques issus de manuels d'enseignement primaire et secondaires de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle notamment. Enfin, la dernière partie s'intéressera à la réalisation de cet EPI : une épreuve à la boussole en milieu naturel.

## 1. — Intérêt du travail interdisciplinaire

### a) *Qu'est-ce que la course d'orientation ?*

Pour la fédération, « la course d'orientation est une course individuelle, contre la montre, en terrain varié, généralement boisé, sur un parcours matérialisé par des postes que le concurrent doit découvrir dans un ordre imposé » [10, p 6]. L'orienteur va donc construire

<sup>4</sup> Des expériences d'utilisation du graphomètre sont décrites dans l'article *Levé de plan au graphomètre : de la cour à la feuille de papier ou à l'écran d'ordinateur* dans Repères-Irem n°95 (avril 2014).

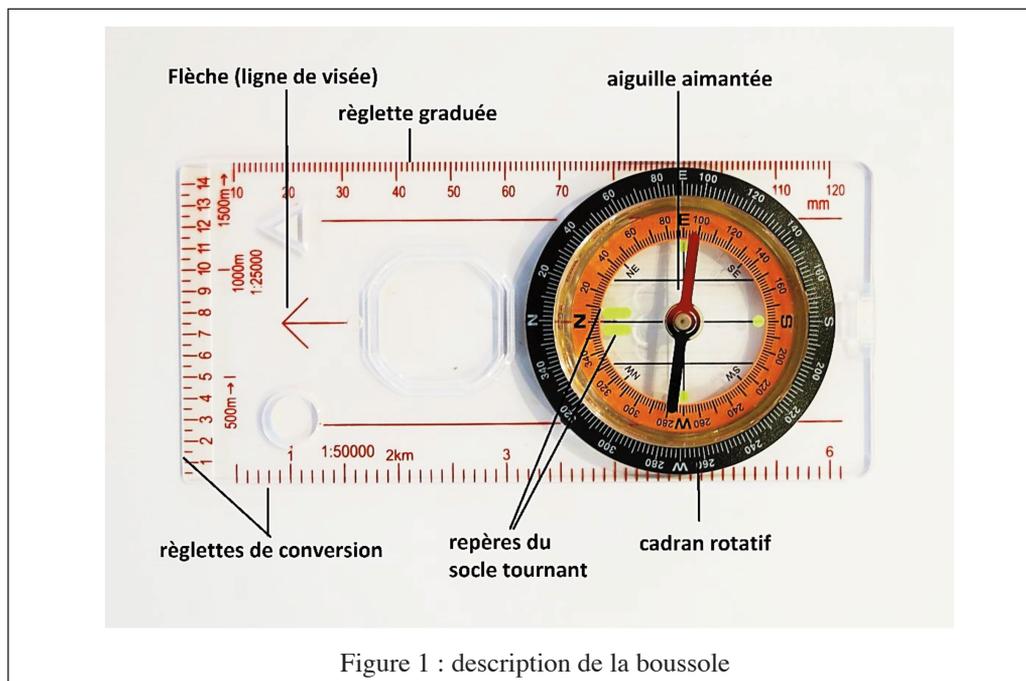


Figure 1 : description de la boussole

re son itinéraire à l'aide d'une carte et éventuellement d'une boussole. À l'école, la course d'orientation est une Activité Physique de Pleine Nature (APPN). Elle se déroule sur terrain connu ou inconnu. L'orientation est effectuée à l'aide d'une carte. Elle est accompagnée d'une navigation si l'établissement dispose de boussoles.

#### b) *Un instrument :*

*la boussole : trouver l'azimut d'un point*

La Terre est un gigantesque aimant orienté dans l'axe de sa rotation. Le pôle sud de la boussole va être attiré par le pôle nord magnétique de la Terre. Une carte est une reproduction à l'échelle d'un secteur géographique, les éléments de dessin sont définis par une légende. Par convention, le nord (géographique) est

toujours en haut de la carte. Orienter la carte sur le terrain va consister à la placer de telle sorte que ses points cardinaux (nord, sud, est, ouest) correspondent le plus exactement possible à ceux du lieu considéré [17, p 269]. La boussole [figure 1] permet de réaliser cette orientation. Elle est composée d'un cadran devant lequel une aiguille aimantée mobile repose librement sur un pivot. Lorsqu'on libère cette aiguille, la pointe rouge ou blanche (le plus souvent) s'oriente d'elle-même de façon à se diriger vers une direction invariable, très voisine du nord, que l'on confondra souvent avec le nord géographique<sup>5</sup>. Il ne reste qu'à faire correspondre

<sup>5</sup> En réalité, la direction du nord magnétique fait un petit angle avec celle du nord géographique. Elle est appelée la déclinaison magnétique (angle formé par le méridien magnétique (indiqué par l'aiguille aimantée) et le méridien géographique en un point de la surface du globe.

le nord de la carte avec la direction indiquée par la boussole et la carte se retrouve ainsi positionnée correctement. Placer une boussole sur une carte de telle façon que la ligne nord-sud du cadran coïncide avec la ligne nord-sud de la carte. Tourner l'ensemble carte-boussole jusqu'à ce que la pointe rouge ou blanche de l'aiguille désigne le nord magnétique repéré sur le cadran et la carte est orientée !

Une fois cette opération effectuée, la navigation peut débuter à l'aide de l'azimutage. L'azimut en course d'orientation est l'angle entre le nord et la direction à prendre. Deux activités peuvent être proposées : relever l'azimut d'un point ou suivre l'azimut d'un point. Dans la première opération, « surtout utile pour fabriquer un plan ou une carte » [10, p 6], la boussole est utilisée comme un rapporteur. Pour la seconde manipulation, les élèves disposent de deux données : un angle, de 0° à 360°, et une distance en mètre. La démarche est donc la suivante : à l'aide de leur boussole, ils vont reporter la mesure d'angle en faisant tourner le cadran de manière à ce que la mesure d'angle soit positionnée sur le repère de la ligne de visée, également appelée Direction À Suivre (DAS). Il faut ensuite poser la boussole sur la carte et la placer de manière à ce que les lignes indiquant le nord de la carte soient parallèles à celles du cadran de la boussole. Puis, l'orienteur fait glisser la boussole de manière à ce que son côté passe par le point de départ et trace la demi-droite de direction.

À l'aide des réglettes de conversion, l'élève effectue ensuite les conversions d'échelle de manière à retranscrire la distance réelle sur la carte et ainsi découvrir la position du poste. Afin de se représenter les distances sur le terrain, l'azimutage peut être complété par l'étalonnage préalable de son pas. Ce dernier consiste à « connaître le nombre de doubles pas nécessaires pour parcourir une certaine distance. » [10,

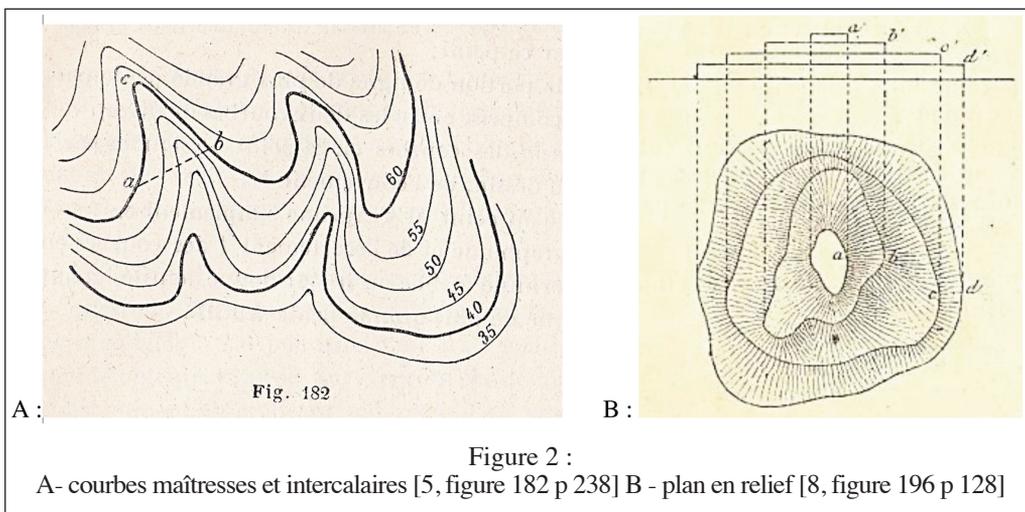
p 6]. En course, il est effectivement plus facile de compter une foulée sur deux. Une fois déterminée la direction, des calculs, faisant intervenir la proportionnalité, permettent au coureur, grâce à la carte de déterminer la distance à parcourir jusqu'au poste et le nombre de doubles pas correspondant.

c) *Autre question : la compréhension d'une carte et l'introduction des lignes de niveau*

La carte à l'échelle orientée ne suffit pas au randonneur ou à l'orienteur pour se faire une idée nette du relief du terrain. En 1827, dans ses *Principes du figuré du terrain et du lavis sur les plans et cartes topographiques (...) et comparaison des différents modes*, Louis Puissant, lieutenant-colonel des ingénieurs géographes, mentionne que la procédure permettant d'« exprimer géométriquement la contexture des montagnes et les plus faibles ondulations du terrain » [21, p 7] a été adoptée par le dépôt de guerre « il y a peu d'années ». Il est alors réservé à l'usage du génie.

Dérivé de la méthode inventée par l'ingénieur genevois Ducarla un demi-siècle plus tôt, le procédé donnant naissance à la carte topographique consiste « à imaginer sur le terrain, une série de *courbes de niveau* à égale hauteur les unes au-dessus des autres » [21, p 7].

Une courbe de niveau, également appelée ligne de niveau, est « le lieu des points qui ont une même cote donnée, autrement dit la section de la surface du terrain par un plan horizontal » [13, p 306]. Les points d'une même courbe ont la même altitude, c'est-à-dire sont au même niveau. Les cotes des points sont « leurs hauteurs au-dessus du plan horizontal de projection » [13, p 306]. Le dessin du terrain ondulé ou montagneux est représenté par une série de courbes équidistantes, c'est-à-dire dont les cotes de courbes consécutives diffèrent d'une



même hauteur, dite *équidistance* [13, p 307]. Cette dernière est choisie selon la nature du terrain à représenter et l'échelle du plan retenue. Cette méthode de représentation du relief, approchée car elle remplace la surface par une famille de courbes, est très avantageuse.

En effet, sur chaque ligne de niveau, n'est mentionnée qu'une seule cote commune à tous les points de la ligne. Par ce procédé, la carte n'est pas « surchargée par les cotes » [12, p 15]. Si l'équidistance a été convenablement choisie, toutes les particularités du relief sont rendues par « la forme et la disposition des courbes de niveau » [18, p 85]. En particulier, le terrain sera d'autant plus incliné que les courbes de niveau sont resserrées. Ainsi, des courbes très rapprochées correspondent à une pente forte et inversement des courbes espacées représentent une pente relativement faible [8, p 126]. L'ajout d'ombrages permet également de mieux se figurer le relief. La carte porte aussi la mention éventuelle des cotes de certains points importants : sommet ou point creux indiqué par une flèche brune.

Pour faciliter la lecture du plan, on trace souvent d'une façon particulière certaines courbes régulièrement espacées. Sur la figure 2-A, on a renforcé le trait pour les courbes de cotes 40 et 60. Ces courbes sont appelées *courbes maîtresses*, oranges et brunes, grises ou bleues selon le terrain représenté. Elles sont de couleur bleue pour les glaciers et neiges éternelles, grise pour les terrains rocheux, brune orangée pour la campagne, la forêt et la ville. Pour les terrains peu accidentés, afin de gagner en précision dans la description du relief, on ajoute des *courbes intercalaires* comme les courbes 55, 50, 45 et 35 sur la figure 2-A. Une courbe maîtresse sera généralement associée à une altitude indiquée par des chiffres orientés en fonction de la pente. La base des chiffres correspond au bas du terrain [13, p 306]. Dans le cas d'une cuvette ou d'un cratère, le fond de la dépression est pointé par une flèche.

Cependant, se figurer le relief à partir de la lecture des lignes de niveau sur une carte requiert une certaine pratique. Réaliser un plan en relief [figure 2-B] peut favoriser la com-

préhension des ondulations du terrain. Celui-ci s'obtient « en découpant, suivant les courbes de niveau, des plaques de carton d'épaisseur constante destinée à figurer l'équidistance, puis en les collant les unes sur les autres » [13, p 307]. En plus du carton, le *Manuel d'arpentage*, des Frères de l'Instruction Chrétienne, destiné principalement à des élèves d'école primaire, préconise aussi l'emploi de « plâtre ou de terre glaise » pour construire « les petits solides ayant pour bases respectives chacune des courbes de niveau » [8, p 128]. Une fois les solides orientés, « on rabat les arêtes vives pour obtenir une surface continue », comme il est d'usage dans les plans en relief des départements.

Les déplacements sur le terrain sont effectués dans une direction donnée et les coupes horizontales précédentes ne suffisent pas pour étu-

dier « la forme de cette ligne et rendre visibles ses pentes et ses ondulations » [12, p 137]. Pour représenter les sinuosités, on utilise cette fois des *sections verticales* du terrain le long de cette ligne directrice. Ces coupes verticales sont nommées *profils de terrain*.

La figure 3 montre ainsi un exemple caractéristique des différences de mouvement du sol selon le chemin suivi. Intéressons-nous à la construction du profil selon la ligne AMH. Il suffit aux points où la ligne brisée AMH rencontre les courbes de niveau, d'élever des perpendiculaires à partir de cette ligne, de longueurs égales aux cotes des courbes de niveau puis de joindre les points ainsi obtenus par un trait continu. Afin que le profil ne couvre pas le plan, il est recommandé de construire les perpendiculaires à partir d'une ligne située en dehors du plan. Hadamard note que très sou-

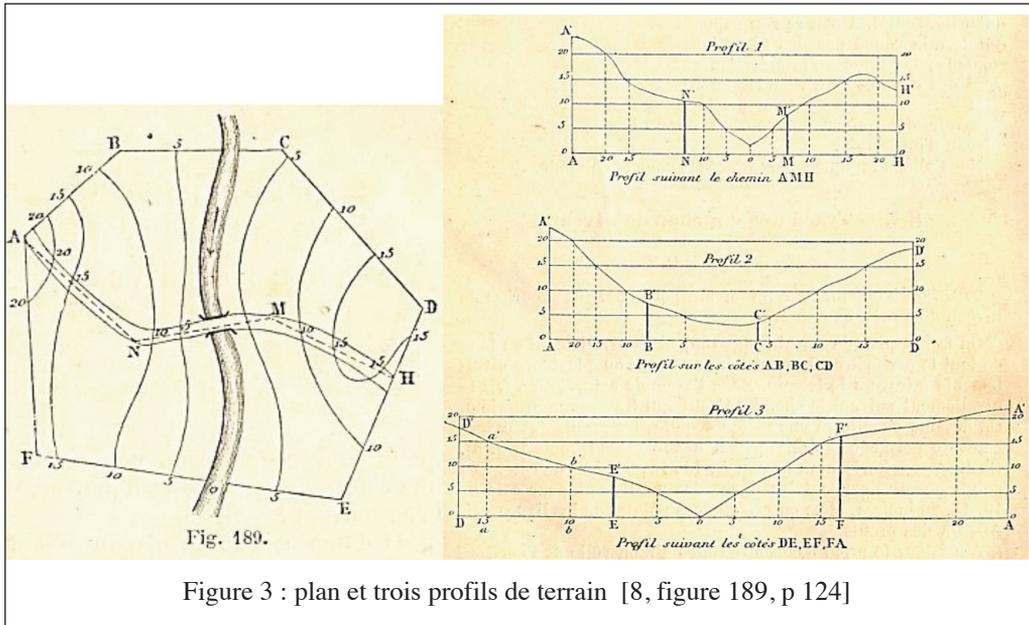
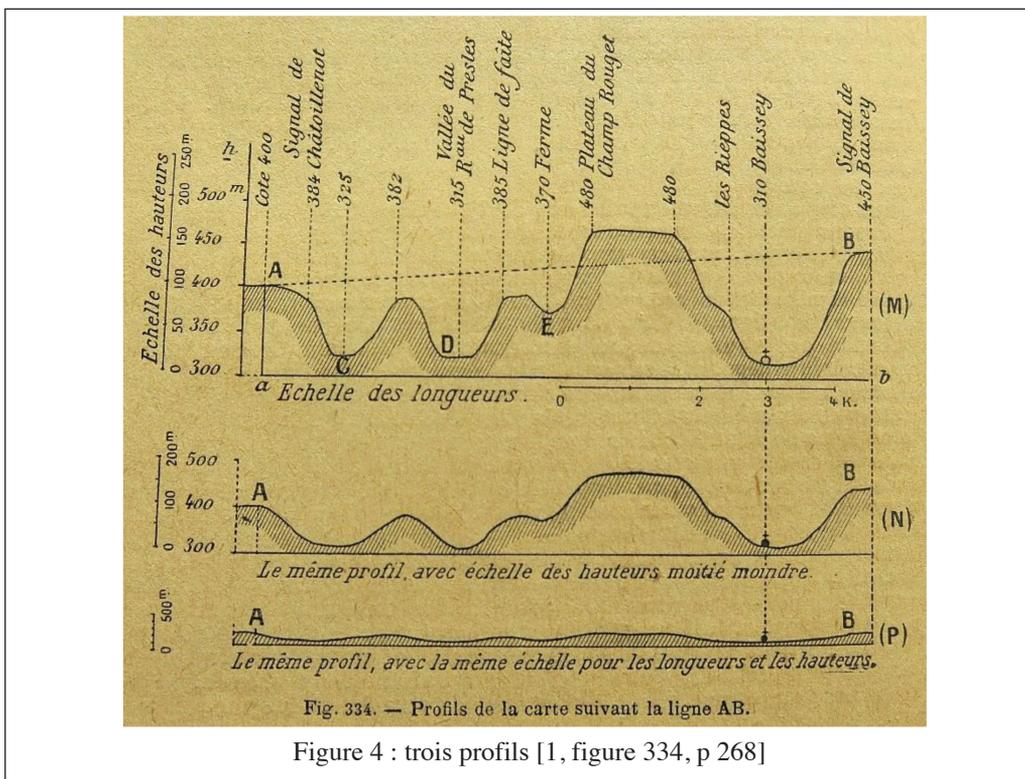


Figure 3 : plan et trois profils de terrain [8, figure 189, p 124]



vent, l'échelle de l'équidistance est prise plus grande que celle du plan. Cette pratique exagère « les différences de niveau par rapport aux distances horizontales » [13, p 307] et permet ainsi de rendre les inégalités plus frappantes, plus sensibles à l'œil. Par ailleurs, pour permettre aux dessins de rentrer dans la feuille, on peut « diminuer toutes les cotes d'une même hauteur inférieure ou égale à la cote la plus faible » [3, p 141] ou « d'un même nombre de mètres » [13, p 307].

Ce déplacement de l'horizontale par rapport à laquelle sont tracées les perpendiculaires ne change pas la forme du profil. La figure 4,

extraite de l'ouvrage du cours de topographie de Berget, illustre parfaitement l'impact de l'exagération des hauteurs sur la représentation du terrain. Trois profils sont construits suivant la même ligne AB, après un décalage de l'horizontale. Sur le profil M, l'échelle des hauteurs a été choisie « arbitraire et amplifiée » [1, p 269]. On remarque sur le profil que le point A n'est pas visible du point B car caché par le plateau du champ Rouget mais également que les points C, D et E ne peuvent être aperçus du point A. Dans le profil N, l'échelle des hauteurs a été divisée par 2. On remarque toujours le plateau qui masque B lorsqu'on se situe au point A. Le profil P adopte la même échelle pour les longueurs

et les hauteurs. A partir de celui-ci, les interprétations précédentes sont alors impossible.

## 2. — Genèse et réalisation d'un projet interdisciplinaire en 4<sup>e</sup> : description du travail des professeurs de mathématiques et d'EPS

### a) *Éléments du programme travaillés en EPS et analyse a priori des difficultés*

La course d'orientation en cycle 4 se situe dans le champ d'apprentissages « adapter ses déplacements à des environnements variés ». [D2, p. 297] Par conséquent, c'est une activité qui va permettre aux élèves de parvenir aux attendus de fin de cycle : « réussir un déplacement planifié dans un milieu naturel aménagé plus ou moins connu, gérer ses ressources pour réaliser en totalité un parcours sécurisé et respecter les règles de sécurité » [D2, p. 297]. En course d'orientation, ils vont donc faire face à un certain nombre de difficultés. Lire une carte nécessite en effet de connaître et d'utiliser la légende et l'échelle ou d'orienter sa carte. Ils doivent également maîtriser les symboles indiqués sur la légende. De fait, ces conventions vont leur permettre de se représenter le milieu dans lequel ils vont évoluer et donc faire des choix : trouver un compromis entre pouvoir courir vite et choisir l'itinéraire le plus court.

Les élèves doivent donc mobiliser certaines ressources de natures différentes : d'ordre percivo-cognitives lorsque « l'élève traite les informations pour appréhender à la fois les autres, l'environnement et la carte » [22, p 34], d'ordre cognitives quand il est amené à « réévaluer ses choix d'itinéraire en temps réel » [22, p 34], d'ordre décisionnelles lorsque l'élève prévoit son déplacement et d'ordre énergétiques afin de pouvoir finir son épreuve et de rester lucide. Les connaissances ainsi apprises permettront d'atteindre les compétences visées pendant le

cycle 4 à savoir « choisir et conduire un déplacement adapté au milieu, prévoir et gérer son déplacement et le retour au point de départ, respecter les règles de sécurité et l'environnement, analyser ses choix à posteriori de l'action et évaluer les risques » [D2, p. 297].

### b) *Éléments du programme travaillés en mathématiques et analyse a priori des difficultés*

Les situations proposées en classe visent à apporter de nouvelles connaissances mais aussi à développer les compétences à travers la résolution de problèmes issus de situations de la vie quotidienne.

Les connaissances sont essentiellement issues de trois domaines des programmes de cycle 4 : Espace et géométrie, organisation et gestion de données, fonctions, grandeurs et mesures. Le premier champ de connaissances est majoritaire. Représenter l'espace est un attendu de fin de cycle [D2, p. 377], il est également présent dans la compétence représenter. Utiliser, produire et mettre en relation des représentations de solides et de situations spatiales ainsi que développer sa vision de l'espace sont des compétences associées. Parmi les exemples de situations pour l'élève, nous relevons la mise en relation de diverses représentations de solides à travers l'étude des vues, notamment les vues de dessus et dessous. Cette étude est amorcée dès le cycle 3 dans les nouveaux programmes mais en cette année de transition, nos élèves de quatrième ne l'ont pas étudié de manière poussée et la familiarisation risque d'être plus longue. Nos quatrièmes ont travaillé sur les descriptions et constructions de solides droits de l'espace principalement, même si les anciennes instructions encourageaient à l'étude de différents objets de l'espace [D1, p. 17]. L'enseignement proposé a fait « un large usage des représentations en perspective et la réalisation de patrons » [D2, p. 31].

Malgré l'étude des solides menée en technologie, l'apprentissage des sections de solides droits dès le mois de septembre a fait apparaître des difficultés dans les constructions de pavés en perspective cavalière - les règles n'en étant pas toujours assimilées - ou la reconnaissance de la nature des sections tracées, montrant une grande hétérogénéité dans la vision de l'espace.

Dans la suite des exemples d'activités proposées, nous relevons également un encouragement à la manipulation avec l'utilisation de solides concrets (en carton par exemple) pour illustrer certaines propriétés. L'observation et la manipulation d'objets usuels étaient déjà considérées comme des points d'appui indispensables [D1, p. 25]. La liste des activités possibles se termine par un encouragement à utiliser un logiciel de géométrie comme dans les programmes précédents [D2, p. 17]. Ce dernier est à utiliser pour visualiser des solides et leurs sections planes afin de développer la vision dans l'espace. Il est également demandé de faire le lien avec les courbes de niveau sur une carte, exemple de situation qui n'était présent ni dans les programmes mise en œuvre en septembre 2008 ni dans les ouvrages scolaires que nous avions consultés. Les courbes de niveau apparaissent également dans la compétence représenter, comme exemple de situations spatiales à mettre en relation avec une représentation de solides.

Toujours dans le champ « Espace et géométrie », les repères de progressivité mentionnent que le réinvestissement du théorème de Pythagore est recommandé dans des situations variées du plan et de l'espace [D2, p. 378]. Or, les représentations obtenues sur une carte comportent des limites. Les distances entre deux points d'altitudes différentes mesurées sur la carte ne sont pas les distances réelles mais les distances projetées au niveau de la mer. Pour illustrer cette

différence, en classe, on peut utiliser un plan en relief en carton plume [figure 5] puis comparer les longueurs de deux ficelles, l'une tendue entre la base de la pente et son sommet et l'autre entre la base de la pente et le pied de la verticale issue du sommet.

Pour calculer la distance réelle, on détermine la distance entre les deux points à l'aide d'un calcul d'échelle puis la différence d'altitude à l'aide des courbes de niveau. Le théorème de Pythagore permet alors de calculer la distance réelle. Ce problème permet ainsi d'exercer la compétence « raisonner ». La longueur horizontale peut également être déterminée directement à l'écran, à l'aide d'un système d'information géographique comme GEO-PORTAIL, nouvelle préconisation présente dans le Domaine « grandeurs et mesures » des programmes de 2015 [D2, p. 376]. Cet exercice peut alors être l'occasion d'évoquer que l'imprécision de cette lecture sur écran donne un ordre de grandeur de la distance cherchée. Sa résolution nécessite l'utilisation de l'échelle et mobilise ainsi la compétence « modéliser » à travers la reconnaissance d'une situation de proportionnalité. Une fois la mesure effectuée, l'élève pourra obtenir la quatrième proportionnelle par la méthode de son choix étudiée dans le domaine organisation et gestion de données, fonction.

### c) *Un diaporama introductif au projet interdisciplinaire*

L'EPI commence donc par une introduction aux objectifs de ce travail interdisciplinaire. Le site de l'IGN<sup>6</sup> permet d'afficher des photographies aériennes des environs du collège au bord du Rhône et de situer la Balme, sur le plateau, lieu où se déroule la course d'orien-

<sup>6</sup> Disponible à l'adresse suivante :  
<https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-ign>

tation, réalisation du projet entre EPS et mathématiques. En téléchargeant le logiciel VIRTUALGEO, on peut alors passer de vues 2D à des vues 3D. À l'aide d'un curseur, on peut également se déplacer facilement sur l'image satellitaire selon les quatre points cardinaux mais aussi modifier l'angle d'incidence de la vue et ainsi accentuer le relief du terrain. Nous aurions souhaité faire manipuler à nos élèves une carte topographique locale en relief mais nous n'en avons pas trouvé une suffisamment détaillée. Une première question émerge de cette introduction. Le promeneur ou l'orienteur ne disposant pas lors d'une course ou randonnée d'une telle carte en 3D qui montre le relief et les accidents du terrain, comment fait-il ? Le site de l'IGN permet d'afficher une carte topographique à partir d'une image satellitaire. Notre introduction des lignes de niveau s'est alors appuyée sur le travail effectué par le groupe MAG de l'Irem de Paris [6, p. 169-174] et sur la réalisation de plans reliefs conseillée aux professeurs d'instruction primaire évoquée dans la première partie. Nous avons préalablement fabriqué des maquettes en carton plume [figure 5].

Les objets, manipulés par nos élèves, ont été regardés sous deux vues : de dessus et de face. Cette manipulation permet également

d'introduire le profil de chemin et de commencer à se mettre dans la peau de l'orienteur face à sa carte. L'utilisation du plan en relief permet de visualiser facilement le lien entre l'écartement des lignes de niveau et la pente. À cet effet, il faut fabriquer une maquette comportant des pentes douces et abruptes, ce qui n'est pas toujours possible sur une carte topographique du relief local.

Durant sa course, afin de choisir son itinéraire, l'orienteur va donc être amené à passer « de la lecture d'un plan en deux dimensions à la création d'une image mentale en trois dimensions la plus proche de la réalité et notamment au niveau du relief » [11, p. 32]. Lire la carte oblige le cerveau à se faire une représentation théorique de la réalité. Elle est ensuite confrontée avec la réalité. Grâce à un entraînement spécifique conduit en mathématiques, de dessus et de face, d'un objet permet d'effectuer ses choix sur le terrain.

La fin du diaporama d'introduction contient des éléments sur la boussole et les lignes de niveau, extraits des ouvrages d'instruction du primaire. Nos élèves sont invités à compléter leur prise de notes par une sitographie. Une fois les acti-



Figure 5 : maquettes en carton plume

vités interdisciplinaires effectués en classe, chacun complète un dossier afin de préparer une présentation orale de cet EPI en troisième.

#### d) *Une séance de coanimation à la boussole*

Suite à cette introduction, une séance de coanimation entre le professeur d'EPS et de mathématiques est menée en classe. Pour l'EPS, cette séance en salle se déroule en début de cycle, elle vise à travailler la précision de l'azimut par rapport à une pratique plus grossière, à cinq ou dix degrés près. Cette étude théorique préalable apporte un gain lors de la pratique sur le terrain. Il est plus aisé de manipuler l'outil sans contrainte climatique dans un premier temps, afin que les élèves puissent prendre toute l'étendue de ce que la boussole peut leur apporter comme renseignements : orienter sa carte, savoir la direction que je dois prendre, savoir où je suis. Le professeur de mathématiques est quant à lui, plus à même d'aborder la mesure des angles. Cette activité réactive les savoir-faire sur l'utilisation du rapporteur et donne aussi l'occasion de mesurer ou construire des angles de mesures supérieures à 180°. Le professeur de mathématiques accompagne son collègue d'EPS dans sa présentation de la boussole à une classe entière.

L'utilisation du vidéoprojecteur et d'une webcam permet de décrire la boussole puis de montrer comment mesurer un premier azimut. Les élèves travaillent en binôme sur une première carte schématisée et munie d'un quadrillage. Les élèves passent ensuite à la construction d'un parcours sur une carte à l'échelle 1/5000<sup>e</sup> (annexe 3). Cet exercice est l'occasion d'introduire les conventions d'une carte de CO. Le départ est matérialisé par un triangle inscrit dans un cercle, en général de couleur rouge. L'arrivée se trouve au centre de deux cercles. Les balises ou postes se situent au centre des cercles simples sur un élément caractéristique du terrain (rocher, souche, muret...). Un faisceau de lignes paral-

lèles régulièrement espacées matérialise le Nord. Pour orienter la carte, on fait tourner le cadran mobile jusqu'à ce que le Nord coïncide avec la ligne de visée. Puis la boussole est placée sur la carte de sorte que l'un de ses bords de superpose avec une des lignes de la carte. En maintenant l'ensemble carte boussole il faut le faire tourner jusqu'à ce que l'aiguille aimantée vienne se loger complètement entre les marques du nord du cardan de la boussole. L'équidistance est mentionnée en plus de l'échelle. La légende comporte tous les symboles conventionnels pour lire le terrain et notamment les courbes de niveau.

Cette initiation en salle est poursuivie lors de plusieurs séances d'EPS. Un compagnonnage est alors possible. Nous avons remarqué que beaucoup d'élèves, même décrocheurs, se sentaient plus concernés et n'abandonnaient pas au cours de leur apprentissage. Ainsi, plusieurs quatrièmes, en difficulté lors de la séance de coanimation, se sont inscrits à des séances durant le temps de pause méridienne pour venir travailler la boussole. Orienter une carte n'est pas possible dans une salle de classe car les structures métalliques des tables l'empêchent<sup>7</sup>, ceci est donc effectué avec le professeur d'EPS. Cette séance sonne aussi le début d'une alternance classe-terrain. L'exercice fait en salle sur la construction d'un itinéraire est repris en extérieur dans des conditions de milieu connu. Les quatrièmes n'ont pas la possibilité de tracer comme en classe la totalité de leur itinéraire, ils mesurent l'azimut et effectuent les conversions d'échelle de poste en poste. Les connaissances et compétences sont développées parallèlement en mathématiques.

<sup>7</sup> Cette précaution est déjà signalée par Laussedat : « À l'exception de ces pointes et du pivot de l'aiguille, toutes les autres pièces métalliques de l'instrument sont en cuivre et, lorsqu'on observe, il faut veiller à tenir éloignés de la boussole les jalons, la chaîne, le marteau et, en général, tous les objets en fer, même ceux que l'on peut porter sur soi, clefs, couteau, etc... » [18, p. 50]

e) *Lecture de carte et utilisation de l'échelle en mathématiques - réutilisation en EPS*

Suite au travail d'orientation effectué à la boussole, nous poursuivons avec un autre objectif : la mesure des distances sur une carte. Afin de tracer son itinéraire et déterminer le temps de son trajet, l'orienteur ou le randonneur doit être capable de déterminer la distance réelle à parcourir à partir de la carte.

Afin de leur montrer que ce projet s'inscrit dans une progression curriculaire, nous nous appuyons sur leur expérience du mois de juin de l'année précédente. Tous les cinquièmes participent, en effet, à un séjour de deux jours d'APPN après un trajet à vélo de Vienne à Saint Pierre de Bœuf le long de la ViaRhôna. Ils gardent en général un excellent souvenir de ces deux journées consacrées à des activités de canyoning et kayaks avec une nuit en camping. Les deux lieux sont situés à des altitudes très proches, la connaissance de la distance sur la carte et de l'échelle permet de calculer la distance réelle. Le parcours entre le collège et la base de loisirs n'est pas rectiligne. Sur une vue satellitaire extraite du site GEOPORTAIL, nous avons donc tracé une ligne brisée, constituée de douze segments, reliant le départ et l'arrivée. Nous ne disposions pas d'un curvimètre pour mesurer les distances courbes, cette méthode a été signalée en classe.

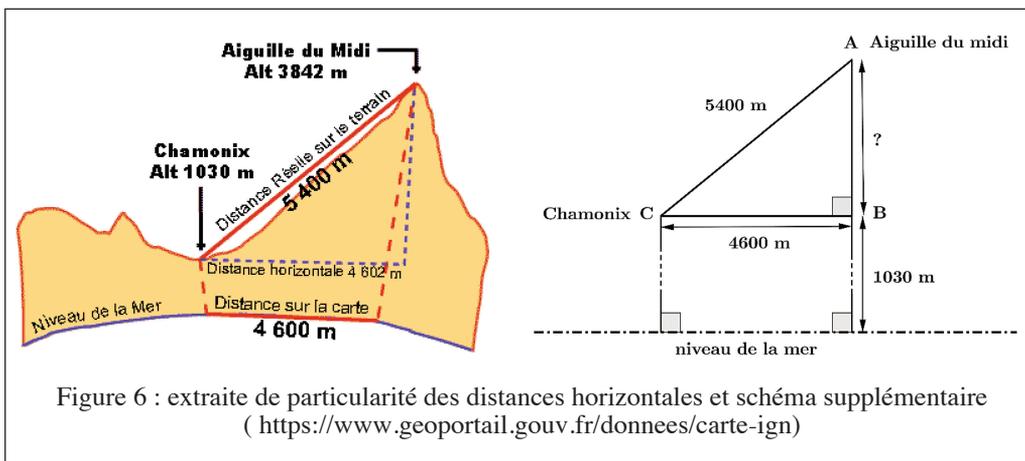
La carte comporte également une échelle graphique, divisée en quatre parties égales. D'une longueur de cinq centimètres, elle représente quatre kilomètres en réalité. Les élèves ont pour consigne de mesurer la ligne brisée puis de déterminer la distance réelle correspondante. Sur une carte topographique, une échelle graphique est plus souvent utilisée qu'une échelle numérique, rapport entre la longueur d'une ligne sur le plan et la longueur de la projection horizontale de la ligne correspondante sur le ter-

rain. L'utilisation de cette dernière peut entraîner des erreurs liées aux calculs faits généralement de tête [5, p. 238 et 239]. L'utilisation de l'échelle graphique est en revanche très simple. Un compas, une bande papier ou une règle permettent de mesurer la distance sur la carte. Celle-ci est reportée le long de l'échelle graphique (prolongée si nécessaire) pour obtenir la distance réelle. Sur le terrain, cette méthode de report, éventuellement en utilisant ses phalanges, permet d'obtenir rapidement une estimation réaliste de la distance cherchée.

En classe, les réussites face à cette question ont été très variables. Les savoir-faire relatifs à la proportionnalité n'ont pas toujours été mobilisés sans des coups de main. Pour un certain nombre d'élèves, il a fallu réactiver les connaissances de cinquième, conseiller de mesurer l'échelle puis de construire un tableau de proportionnalité. L'absence d'écriture d'entêtes empêche également le placement correct des nombres connus. Lorsque cette étape est atteinte, le produit en croix, vu précédemment, est alors mobilisé quasi systématiquement. Pour d'autres, le produit en croix a été bien écrit, sans aide et parfois sans tableau, pour chacun des douze segments. Cette méthode s'est avérée très longue mais calculer la longueur totale du parcours sur la carte ne leur a semblé plus efficace qu'après coup.

Les exemples précédents montrent que l'échelle graphique a plutôt été contournée. Mais, parmi nos élèves, une vingtaine avaient comparé des périmètres de surfaces par une méthode de report au compas sur une ligne en classe de sixième. Seuls ces élèves ont utilisé cet instrument et la plupart sont parvenus à déterminer la distance cherchée de manière autonome.

La seconde partie de l'exercice a permis d'introduire la distance à vol d'oiseau, expression fréquemment utilisée dans les ouvrages sco-



lares mais aussi dans la vie de tous les jours. La comparaison des deux distances obtenues visait à discuter de la pertinence de cet outil.

Le second exercice envisage le cas d'une distance entre deux points d'altitudes différentes, situation fréquemment rencontrée. Sur la carte, l'orienteur peut mesurer la distance horizontale, projetées au niveau de la mer. Pour déterminer la distance réelle, il lui faut ensuite déterminer la distance verticale puis calculer la distance à l'aide du théorème de Pythagore.

La traduction du schéma représenté à la figure 6 par une configuration géométrique connue, un triangle rectangle, a été souvent difficile. L'absence de codage géométrique a parfois empêché l'analyse de la figure et le doute a persisté sur la perpendicularité entre l'horizontale et la verticale chez certains. Les difficultés pour calculer de la différence d'altitudes entre Chamonix et l'Aiguille du midi s'expliquent par la méconnaissance du sens du mot altitude. Un schéma supplémentaire a donc été utilisé et le calcul de l'hypoténuse du triangle a ensuite été bien effectué.

Sur le terrain, lors des cours d'EPS, savoir calculer les distances réelles à partir de la carte n'est pas suffisant. Comment savoir si l'on a couru 50 m, 250 m ou 3 km ? Le terrain sur lequel les élèves s'entraînent à la pratique de la CO est un complexe sportif peu étendu, les distances entre deux balises lors des situations d'utilisation de la boussole n'excèdent pas 250 m. Les élèves ont alors émis le besoin d'étalonner leur course. Ils ont compté leurs doubles foulées, à allure proche de celle qu'ils ont en moyenne pendant les phases de course, sur une distance de 20 m. Certains élèves ont spontanément évoqué qu'en marchant, un grand pas mesurait environ 1 m. Cependant, marcher lors d'une épreuve peut empêcher de la terminer même si aucune erreur de lecture de carte et de navigation n'a été commise. Un travail conjoint d'étalonnage du pas est envisagé pour l'année prochaine. La première étape de l'étalonnage peut être effectuée lors d'un cours de mathématiques, elle mobilise des connaissances du domaine organisation et gestion de données, fonction. L'activité consiste à compter le nombre de pas effectué sur vingt mètres par exemple dans la cour ou un hall du collège. Chaque élève analyse ensui-

te les données recueillies sur le terrain et s'assure qu'il peut les résumer par une moyenne. Des calculs faisant intervenir la proportionnalité permettent d'obtenir le nombre de pas à effectuer pour d'autres distances. Les quatrièmes s'entraînent ensuite en EPS lors des cours d'orientation.

f) *La lecture de lignes de niveau et la construction de profil de terrain*

Les situations proposées en classe visent à la connaissance du vocabulaire des courbes de niveau et de leurs principes de construction. Elles sont progressives. Les cinq premiers exercices sont extraits d'ouvrages scolaires de cycle 4 ou de troisième [annexe 2]. Les courbes de niveau ont été introduites par un diaporama oral et la prise de notes a été très inégale. En plus des exercices à traiter, les feuilles d'exercices comportent donc des encadrés rappelant le vocabulaire et les principes de construction des courbes de niveau.

La première situation consiste à associer des lignes de niveau au profil de terrain ou relief qu'elles représentent. Aucune altitude, aucune ombre, aucun point culminant ne sont indiqués sur cette vue monochrome. L'élève s'appuie sur l'espacement des courbes pour percevoir le relief, il lui permet de développer une première visualisation du relief ne nécessitant pas l'observation des valeurs portées sur la carte, compétence utile en course d'orientation. Cet exercice, bien réussi dans l'ensemble en classe, a ensuite été modifié et proposé en évaluation [exercice 1 de l'annexe 4] à l'issue de la séquence dans trois des cinq classes de quatrième. Neuf élèves sur dix l'ont traité correctement.

Les supports des trois exercices sont encore sur des cartes simplifiées. Ils visent à la consolidation des savoirs faire précédents mais aussi à la maîtrise du vocabulaire des courbes,

la connaissance des conventions d'écriture des nombres sur les courbes et le calcul d'équidistance. Ces situations comportent également des calculs de distances à partir d'une échelle graphique. Nous avons relevé plusieurs difficultés suite à ces exercices. La définition d'une courbe de niveau n'est pas toujours connue et l'indication d'une seule altitude sur la ligne ne permet pas toujours de déduire celle des autres. Le calcul de l'équidistance entre deux courbes maîtresses d'altitude 1500 et 2000 dans l'exercice 2 a été très compliqué pour certains élèves. La disposition des nombres sur la carte ne nous semble pas expliquer l'échec car ils connaissaient les années précédentes des difficultés similaires pour la détermination d'abscisses. Ces élèves ne parvenaient pas à essayer une méthode de tests-erreurs. Nous les avons accompagnés dans leurs essais ou nous avons délégués d'autres élèves à leurs côtés.

L'exercice 5 propose une carte topographique d'une zone du massif des Ecrins. Cette tâche à prise d'initiatives doit vérifier l'acquisition des savoirs faire précédents et préparer à la lecture de la carte où se déroulera la course d'orientation. Cinq points sont indiqués sur la carte et il s'agit de les ranger par ordre croissant d'altitude. La carte est très réaliste, elle comporte de très nombreuses informations : noms de sites, altitudes de points culminants, ombrages, ruisseaux, chemins et altitudes orientées différemment selon la pente. Les élèves se sont, comme précédemment, montrés très volontaires. Les différences d'orientation des chiffres ont conduit à des erreurs.

Nous avons donc choisi de donner un exercice très semblable [exercice 2 de l'annexe 4]. Cette fois, sept élèves sur dix sont parvenus à classer les points situés sur la carte. Les échecs ont à nouveau été liés aux orientations différentes des chiffres mais les calculs d'équidistance ont été réussis.

En préparation de la course d'orientation, la conclusion du travail en mathématiques est une tâche à prise d'initiatives. Son objectif est la construction d'un profil de terrain d'un chemin emprunté lors de la course d'orientation. Cette activité était autrefois proposée en géographie « physique » mais elle est désormais délaissée au profit de l'économie, modifiant les concepts mathématiques mis en œuvre dans cette discipline [6, p. 172].

Les élèves disposent de la carte utilisée dans l'exercice 2 de l'annexe 4 sur lequel ont été ajoutés le départ de la course et le départ du parcours bleu, l'un des trois parcours de la course d'orientation, ainsi qu'un segment reliant ces deux points, le chemin. L'élève doit identifier les altitudes des dix-sept points d'intersection entre les courbes de niveau et le chemin. Nommer chacun de ces points peut alors faciliter les étapes suivantes. Il faut ensuite choisir une échelle appropriée pour construire le profil. Sur la carte, 100 mètres sont représentés par 1,5 cm. Les altitudes des points varient entre 310 mètres et 365 mètres.

Cette situation est un exemple dans lequel il est préférable de choisir une échelle différente pour le profil en long afin de mieux se rendre compte des différences de relief. 100 mètres ont ainsi été représentés par 3 cm. Un tableau de proportionnalité permet ensuite d'effectuer les calculs et facilite la gestion des dix-sept altitudes différentes.

La méthode du produit en croix, vue en classe, a été utilisée quasi systématiquement. La gestion des nombreuses données a été très longue, tous n'ont pas pu terminer la construction du profil en classe. Un exercice intermédiaire, conduisant à une construction de profil de terrain sur une carte simplifiée, peut être effectuée avant cette étude partielle de la zone où se déroule la course d'orientation.

### 3.— La réalisation de l'EPI : une course d'orientation à la Balme

Jeudi 6 avril 2017, 7 h 45, salle des professeurs, une certaine effervescence règne. Les tenues de randonnée sont majoritaires et les professeurs de « salle » ont des discussions inhabituelles. Il est question de bulletin météo, d'indice de crème solaire et quantité d'eau à transporter. La journée est annoncée comme très belle, le soleil et la chaleur seront de la partie. Dans la cour, trois classes de quatrième sont quasiment prêtes pour leur demi-journée de course d'orientation. Deux autres leur succéderont l'après-midi. De nombreuses questions ont été posées sur la durée de la course et le matériel à emporter pour cette sortie : chaussures, tenues de rechange. Plus inhabituel, Maxime a demandé à sa professeure d'EPS : « Faut-il mettre sa calculatrice avec sa gourde dans son sac ? Apporter sa règle ? Un crayon et une gomme ? »

Après un passage dans les vestiaires du gymnase et un rappel des consignes de sécurité, nos élèves, en tenue généralement adaptée, s'élancent pour une demi-heure de randonnée qui les conduira au plateau de la Balme. Pour une partie d'entre eux, les deux cents mètres de dénivelé représentent un effort important, auquel ils ne sont pas habitués.

Une fois arrivés sur le site, les professeurs sont déployés sur tous les parcours. David et Marc, professeurs de mathématiques, sont déposés sur le parcours vert où se déroulera l'épreuve à la boussole [annexe 5].

#### a) L'épreuve à la boussole

Sur le parcours vert, nos élèves sont confrontés à une épreuve à la boussole (annexe 5). Cette situation va leur permettre d'observer l'activité des élèves, ce qui n'est pas habituel pour la course d'orientation. Sur ce point, Clément Jourand,

professeur d'EPS, signale comme « une des caractéristiques de l'enseignement (...) qu'une majeure partie de l'activité des élèves se déroule sans que l'enseignant puisse y avoir un accès direct » [15, p. 40 et 41]. Les observateurs sont également accompagnés de trois dispensées, Sarah, Kamelia le matin et Manon l'après-midi. Une table de pique-nique basse ou des supports en bois sont disposés, ils serviront pour effectuer le tracé à l'aide de la boussole. Le parcours vert est assez éloigné du point de départ. Une fois le matériel installé sur la table, nous en profitons pour discuter avec les dispensées de cet EPI et plus particulièrement au sujet du mélange entre mathématiques et EPS. Manon nous explique que les exercices en mathématiques étaient difficiles mais que le fait de les retravailler en EPS lui a permis de les comprendre. Sarah est plus « loquace », elle a trouvé « bien parce qu'on faisait en EPS ce qu'on avait appris en mathématiques. » Elle ajoute : « Les images dans les documents m'ont plu. Les exercices sur les courbes de niveau étaient intéressants et faciles, ils m'ont permis d'améliorer ma vision dans l'espace. »

Sa dispense l'empêche de courir, donc d'effectuer cette épreuve. En revanche, elle nous raconte que pour préparer une randonnée effectuée près de chez elle, ses parents lui ont demandé de réaliser le profil du terrain afin de voir si elle avait compris. Sarah a ensuite aidé avec beaucoup d'efficacité ses camarades pendant cette épreuve à la boussole.

Six balises sont disposées sur le parcours vert. Les orienteurs disposent d'une carte topographique à l'échelle 1/ 5000<sup>e</sup>, semblable à celle de l'exercice 2 effectué en classe. Les trois balises à poinçonner sont chacune repérées par un azimut et une distance. Cette épreuve répond à un des enjeux de l'enseignement de la CO et des APPN : « accéder à l'autonomie (...) mettre en œuvre un cer-

tain nombre de savoirs faire acquis au cours des cycles d'enseignement et faire appel à des savoirs maîtrisés s'il veut faire preuve d'un maximum d'efficience » [10, p. 6 et 7]. Fogarolo et Stryjak ajoutent que « la course d'orientation fait appel à une large fourchette de capacités - décoder, lire, choisir, calculer- qui proviennent de registres différents : cognitif, intellectuel, décisionnel, affectif, physique. » [10, p 8]. Pour construire l'itinéraire conduisant aux trois balises, l'orienteur doit faire appel à des processus de lecture d'une carte : orientation de la carte, compréhension des symboles, utilisation de l'échelle pour estimer les distances. Une fois la construction effectuée, il doit encore confronter régulièrement son parcours et le terrain. Thierry Georgiou, multiple champion du monde de CO, « sport scolaire par excellence » [11, p 32] ajoute qu' « il vaut mieux marcher dans la bonne direction que courir dans la mauvaise » [11, p 32]. L'orienteur doit rester lucide lors des lectures et la gestion de ses ressources physiques est donc primordiale.

Les premiers binômes arrivent à grandes foulées. À peine le temps de reprendre son souffle, quelques consignes rapides et pas une minute à perdre, ils demandent boussole, crayons et gomme et démarrent la construction de l'itinéraire. Les professeurs laissent les élèves se plonger dans la résolution du problème pendant cinq minutes avant de leur donner d'éventuels conseils. Dans la première dyade composée d'Eric et Noah, Eric est un élève plutôt passif en classe. C'est pourtant lui qui répond à son camarade qui demande : « Y a l'échelle ? » L'utilisation de l'échelle est ensuite bien effectuée : « 1 cm représente 50 mètres donc ça fait 3 cm sur le plan. » Sous l'effet de l'émulation et du spectacle de leurs camarades au travail, les différents groupes s'installent et se mettent immédiatement à chercher. Une coopération s'installe au sein des binômes mais aussi entre eux. Les quatrièmes ne réalisent pas qu'ils n'ont pas les



Figure 7 : le parcours vert, une épreuve à quatre mains !

mêmes parcours. Pourtant, ils ne cherchent pas à demander les réponses à leurs camarades. Concentrés sur leur objectif : effectuer le meilleur temps de course, ils s'entraident sur l'utilisation de la boussole.

La frustration liée à la perte de temps si la résolution est trop longue se relève chez plusieurs compétiteurs. Alexis s'énerve ainsi de ne pas parvenir à construire son itinéraire. La première construction est fautive car le tracé sort du plan, il recommence donc pour ne pas pénaliser son temps de course. Simon, lui, est un élève décrocheur sauf en EPS. Son binôme, également en difficulté, est l'un des seuls élèves vus cette journée à ne pas s'investir dans l'épreuve. Simon le « supplie » de l'aider à tracer le parcours. Sans réussite. Alors que lui-même n'avait pas été très investi en classe et était absent pendant plusieurs séances, il se plonge dans le problème, observe les informations, se montre

très patient et attentif lorsque nous reprenons avec lui les éléments travaillés en classe sur la boussole et l'échelle. Concentré sur son objectif et sans aide de son coéquipier, il cherche à comprendre les explications. Quelques minutes plus tard, il court seul poinçonner les trois bonnes balises. Nahel, au profil semblable à celui de Simon, se révèle très concentré dès qu'il a la boussole en main, comme il l'avait été en classe, et réussit son épreuve. Vient ensuite le duo Eloïse et Imen. Eloïse est une élève en difficulté, souvent passive en classe. Imen est plus à l'aise. Sur le terrain, cette dernière ne se rappelle plus comment placer sa boussole sur la carte. Eloïse lui vient en aide. Pour utiliser l'échelle, les rôles s'inversent et à elles deux, elles parviennent à construire l'itinéraire. Célia est en binôme avec Océane. La première est souvent passive en classe, elle tarde à réaliser les tâches proposées. Alors que nous prenons des photos des mains des élèves au travail sur les cartes [figu-

CARTE ET BOUSSOLE AU SERVICE  
DE LA COURSE D'ORIENTATION

re 7], elle nous interpelle : « Vous pouvez me prendre en photo pour prouver pour que je travaille en maths. ». Elle collabore efficacement avec Océane et toutes les deux parviennent à repartir rapidement avec un parcours juste.

L'activité mathématique des élèves sur cette épreuve est pour une très grande majorité très satisfaisante, elle est motivée par l'enjeu sportif.

*b) Analyse des résultats sportifs sur le parcours vert*

L'épreuve de course d'orientation est composée de trois parcours à terminer en un temps limité faisant appel à des connaissances et compétences différentes : projet-distance sur parcours noir, précision sur le rouge et navigation avec lecture d'azimut sur le vert. Les groupes d'élèves, en binôme et exceptionnel-

lement en trinôme, effectuent leur parcours dans un ordre imposé. En particulier, ils commencent ou finissent par le vert. Les tableaux ci-dessous indiquent les résultats de vingt-deux groupes soit deux classes de quatrième parmi les cinq du collège.

Les relevés font apparaître que dix binômes sont parvenus à construire leur itinéraire sur leur carte et à aller sur les postes dans le temps imparti. Deux autres dyades avaient construit leur itinéraire mais ne sont pas parvenus à aller poinçonner leur troisième balise, faute de temps. Parmi les sept autres groupes, cinq sont parvenus à une construction juste mais n'ont pas suivi correctement leur itinéraire pour le dernier poste. Seuls deux binômes ont fait une erreur de construction. Pour les deux groupes ayant fait deux erreurs, ce sont cette fois les constructions qui sont fausses, suite à un problème d'échelle et de report d'azimut.

	3 balises justes	2 balises justes	1 balise juste	Aucune juste
Nombre de groupes	10	9	2	1

Causes des erreurs si 2 balises justes	manipulation de la boussole et/ou de l'échelle	Bon itinéraire mais manque de temps pour finir l'épreuve	Bon itinéraire tracé mais mal suivi sur le terrain
Nombre de groupes	2	2	5

Causes des erreurs si 1 balise juste	manipulation de la boussole et/ou de l'échelle	Bon itinéraire mais manque de temps pour finir l'épreuve	Bon itinéraire tracé mais mal suivi sur le terrain
Nombre de groupes	2	0	0

Causes des erreurs si 0 balise juste	manipulation de la boussole et/ou de l'échelle	Bon itinéraire mais manque de temps pour finir l'épreuve	Bon itinéraire tracé mais mal suivi sur le terrain
Nombre de groupes	0	1	0

En conclusion, quatre binômes sur vingt-deux ne sont pas parvenus à construire un itinéraire dans des conditions de milieu inconnu en utilisant les compétences mathématiques sur la boussole et échelle.

### Conclusion

L'épreuve du parcours vert a donc mis en évidence plusieurs avantages du traitement interdisciplinaire. Les enjeux en EPS ont motivé les élèves à améliorer leurs compétences mathématiques sur l'utilisation de la boussole en amont de l'épreuve. Sur le terrain, malgré leurs difficultés en mathématiques relevées en salle, l'envie de réussir leur course a amené les orienteurs à développer des stratégies nouvelles pour construire leur itinéraire sur le terrain. Nous avons assisté à de la co-construction quasi systématique mais très rarement à des formes de confrontation ou de délégation, pour reprendre l'étude des inter-actions entre élèves dans les contextes de travail dyadique, réalisée par Clément Jourand [16, p.40]. Cet aspect nous apparaît très positif du point de vue de l'acquisition de compétences mathématiques car chaque élève a pu les développer. En EPS, l'étude de la navigation de la boussole en concertation avec les professeurs de mathématiques a également permis d'enrichir les situations en abordant la navigation sur le terrain.

Comme nous l'avons déjà constaté lors de nos précédents travaux en géométrie pratique, l'utilisation d'un instrument — la boussole — a initialement permis à certains élèves, habituellement passifs, d'entrer dans la tâche. Le maniement de cet instrument a comme l'indique Bruno Lebouvier, contribué à la « transformation des pratiquants » [20, p.20]. S'appuyant sur les travaux de Vygotsky et Léontiev, il rappelle que « l'appropriation des objets est médiatrice de la culture » [20, p.20]. Dans les expériences relatées ci-dessus, la mise à disposition de la bous-

sole a permis échanges entre élèves et développement de nouvelles compétences.

La carte de CO est un autre objet utilisé lors de cet enseignement conjoint. En mathématiques, les cartes topographiques contenant la zone de la Balme près de notre collège se sont avérées être un support particulièrement motivant pour les quatrièmes pour plusieurs raisons. D'une part, elles font partie de leur environnement donc les problèmes sont ressentis comme plus concrets et prennent du sens. D'autre part, elles leur permettent de reconnaître la zone de l'épreuve finale d'EPS, source de motivation. Pourtant, les notions mises en jeu sont assez complexes. En effet, ces situations développent la compétence mathématique « représenter ». Les lectures des cartes effectuées en classe ont également mobilisé les compétences de représentation du milieu à la charge habituellement du professeur d'EPS, sur bien des aspects proches de la compétence mathématique. La zone d'entraînement à la CO en EPS ne permettant pas de lecture de lignes de niveaux, les exercices du cours de mathématiques ont donc permis de s'initier à des situations plus complexes. Les professeurs d'EPS et de mathématiques ont bien souvent parlé d'une seule voix et chacun a tiré bénéfice de cette relation étroite et finalement évidente plus le projet avançait.

A la suite de l'étude des concepts mathématiques et en complément de l'EPI, l'utilisation des bases de données géographiques du site GEOPORTAIL et du logiciel OPENRUNNER peut permettre à l'élève d'explorer les instruments modernes à disposition des randonneurs et orienteurs lors d'une séance informatique ou de manière autonome. Parmi les outils de mesures disponibles sur le site de l'IGN, nous trouvons la mesure de distances, l'établissement d'un profil altimétrique ou la mesure d'un azimut. OPENRUNNER est un calculateur de trajet gratuit, il offre la possibilité

de visualiser jusqu'à cinq parcours simultanément. En outre, il fournit un profil beaucoup plus détaillé et permet de s'initier à la comparaison d'itinéraires, l'une des activités essentielles de la pratique de l'orientation. Ces outils numériques nous semblent un excellent outil pour le professeur pour fabriquer des

situations étudiées en classe comme nous l'avons montré précédemment. En revanche, leur utilisation par l'élève ne nous semble pas recommandée au début d'un EPI sur la course d'orientation car, le résultat pourrait primer sur la méthode et l'empêcher de comprendre les notions en jeu.

### Bibliographie

- [1] BERGET A., *Topographie*, Paris, Librairie Larousse, 1900.
- [2] BILAS M. et DUPONCHEL, D. (dir.), *Méthodes en pratiques, Mathématiques, classe de sixième*, Lille : CRDP Nord Pas de Calais, 2011.
- [3] BRIOT C. et VACQUANT, C., *Éléments de géométrie descriptive*, 4<sup>ème</sup> édition, Paris : librairie Hachette et C<sup>ie</sup>, 1875.
- [4] CHEVALLARD Yves, conférence donnée à l'IUFM d'Aix-Marseille le 25 octobre 2000 : *Les mathématiques et le monde : dépasser « l'horreur instrumentale »*. dernière consultation le 19 octobre 2013, disponible à l'adresse : [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php?id\\_article=12](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php?id_article=12)
- [5] CHOLLET, T. et MINEUR, P., *Traité de géométrie descriptive*, Paris : Vuibert et Nony Editeurs, 1909.
- [6] COLMEZ, F. et DENYS, B. (dir.), *Éducation à l'espace, perceptions, explorations, conceptualisations*, Paris : IREM DE PARIS groupe MAG, 2014.
- [7] F. J., *Éléments de géométrie descriptive*, 3<sup>ème</sup> édition, Tours, A. Mame & Fils et Paris : Poussielgue Frères, 1887.
- [8] F. I. C., *Manuel d'arpentage pour les écoles primaires*, Tours : A. Mame et fils, 1882.
- [9] F. J - O.P., *Arpentage, levé des plans et nivellement*, Tours, A. Mame et fils et Paris : Poussielgue Frères, 1875.
- [10] FOGAROLO, D. et STRYJAK, G., *Course d'orientation au collège et au lycée*, (première édition septembre 2001), Paris : éditions Revue EPS, 2006.
- [11] GUEORGIU, T., « La CO, le sport scolaire par excellence ! », dans *ContrePied, Hors-série n°17*, p. 32, 2017.
- [12] GUILMIN, A., *Cours de mathématiques appliquées levé de plans, arpentage, nivellement, notions de géométrie descriptive*, Paris, Durand, 1861. (consultable sur gallica).
- [13] HADAMARD, J., *Leçons de géométrie élémentaire, géométrie dans l'espace*, 8<sup>ème</sup> édition, vol. 2, Paris : Armand Colin, 1947.
- [14] HUE, Th. et VAGNIER, N., *Géométrie plane, arpentage et levé de plan*. Paris : Delagrave, 1893.
- [15] JOURAND, C. « Inter-actions entre élèves selon les contextes », dans *ContrePied, Hors-série n°17*, 2017, pp. 40-41.
- [16] JOURAND, C. « Matérialité et formes d'interaction entre élèves : une étude empirique lors de leçons d'EPS en course d'orientation », in *eJRIEPS 37*, 2016, pp. 30-57.

[17] KRUGER, L., *Mathématiques, classe de 6<sup>e</sup>, collection Theron et Cossart*, Paris : Bordas, 1959

[18] LAUSSE DAT, A., 1861, *Leçons sur L'art de lever les plans*, Paris : Mallet-Bachelier, imprimeur-libraire, 1861.

[19] LAUSSE DAT, A., *Recherche sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques*, Paris : Gauthiers-Villars, imprimeur-libraire, 1898.

[20] LE BOUVIER, B. « Des outils pour performer, apprendre et enseigner », dans *Contre-Pied, Hors-série n°17*, 2017, pp. 20-21.

[21] PUISSANT, L., *Principes du figuré du terrain et du lavis sur les plans et cartes topographiques (...) et comparaison des différents modes*, Paris : Janet et Cotelte libraires, 1827.

[22] RAGE, J. ET HAYER, N., *La course d'orientation en situation*, Paris : éditions EP&S, 2017.

Documents pédagogiques & officielles :

[D1] Bo spécial n° 6 du 28 aout 2008, Programmes du collège – programme de l'enseignement des mathématiques

[D2] Bo spécial n° 10 du 26 novembre 2015, Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4)

### Sitographie

Didactique et Pédagogie de la Course d'Orientation, site de Johann Rage

<http://uv2s.univ-perp.fr/co/generique.html>

dernière consultation le 25 aout 2017

Site EPS Académie de Grenoble- Enseigner la CO en collège

<http://www.ac-grenoble.fr/eps/2015/fc-enseigner-la-co-en-college/>

dernière consultation le 25 octobre 2017

Une série de quizz testant les connaissances sur la CO

<http://quizzco.univ-perp.fr/index.html>

dernière consultation le 25 aout 2017

Astuces pratiques : lire les courbes de niveau

<https://www.astuces-pratiques.fr/high-tech/lire-les-courbes-de-niveau-sur-carte-ign>

dernière consultation le 31 aout 2017

Une vidéo de 3 minutes : comprendre les courbes de niveau

<http://www.ign.fr/node/1258>

dernière consultation le 31 aout 2017

Serveur éducatif dédié à l'information géographique

<http://seig.ensg.ign.fr/>

dernière consultation le 31 aout 2017

Site du logiciel openrunner : planification ou recherche de parcours

<http://www.openrunner.com/>

dernière consultation le 28 octobre 2017

<http://www.cspa.fr/medias/files/comment-utiliser-openrunner.pdf>

dernière consultation le 28 octobre 2017

**ANNEXE 1***Titre de l'EPI, problématique et durées***Titre :** Carte et boussole au service de la course**Niveau de présentation :** Quatrième**Thématique :** transition écologique et développement durable**Problématique :** De nos jours, les GPS et autres applications sur les téléphones portables nous géo-localisent, tracent notre itinéraire et calculent les temps de trajet pour aller à un point précis. Mais avons-nous réellement besoin d'une telle technologie pour nous repérer et évaluer les distances à parcourir ? Quels sont les outils à notre disposition qui ne seront pas coûteux en énergie ?

Dans un premier temps, vous étudierez les échelles et légendes des cartes IGN afin de calculer des temps de trajet en fonction de votre moyen de transport (marche, course VTT) et de faire des représentations à l'échelle de profils de terrain.

Dans un deuxième temps vous étudierez un instrument : la boussole. Qu'est-ce qui la compose, à quoi sert-elle et comment est-elle utilisée pour se repérer et établir des trajets judicieux ?

Enfin vous mettrez en pratique ces études en milieu naturel.

**Disciplines :** mathématiques et EPS**Durée de la séquence :** 29 H 30 heures (8 h en maths - 20 h en EPS- 1 h 30 de CO)**Activités proposées en mathématiques :**

- Reproduction à l'échelle de profils de terrain après études des courbes de niveau ;
- Manipulation de la boussole dans des exercices d'angles.
- Calculs de distances à l'aide du théorème de Pythagore.

**Connaissances et compétences travaillées en mathématiques :**

- *Espace et géométrie* : représenter l'espace ( attendus de fin de cycle), utiliser, produire et mettre en relation des représentations de solides et de situations spatiales ainsi que développer sa vision de l'espace les exemples de situations : mise en relation de diverses représentations de solides à travers l'étude des vues, notamment les vues de dessus et dessous ; utilisation du théorème de Pythagore dans des situations variées du plan et de l'espace associé aux compétences : raisonner et représenter.
- *organisation et gestion de données, fonctions* : résoudre des problèmes de proportionnalité, (problèmes de recherches de quatrième proportionnelle) associée aux compétences : modéliser et calculer, raisonner
- *grandeurs et mesures* : mesures et construction d'angles ( cycle 3); échelle d'une carte associée à la compétence : modéliser.

**Activités proposées en EPS :**

- Lecture de légendes de cartes de course d'orientation
- Application en situations réelles des calculs d'échelle
- Manipulation de la boussole et calcul d'azimut, suivre une direction imposée
- Vivre une course d'orientation en milieu naturel

**Connaissances et compétences travaillées en EPS :**

- Adapter ses déplacements à des environnements variés (domaine 1)
- Réussir un déplacement planifié dans un milieu naturel aménagé plus ou moins connu, gérer ses ressources pour réaliser en totalité un parcours sécurisé et respecter les règles de sécurité (domaine 2)
- Choisir et conduire un déplacement adapté au milieu, prévoir et gérer son déplacement et le retour au point de départ, respecter les règles de sécurité et l'environnement, analyser ses choix a posteriori de l'action et évaluer les risques (domaine 3).

## ANNEXE 2

*Références des documentations  
et exercices extraits d'ouvrages scolaires*

Principe de construction d'une ligne de niveau : Magnard, Delta maths 3<sup>ème</sup>, 222.  
 Exercice 1 : associer des courbes de niveau à un relief- application (Magnard, Delta maths 3<sup>ème</sup>, ex 40 p 222)  
 Exercice 2 : lecture de carte- tâche intermédiaire (Magnard, Delta maths 3<sup>ème</sup>, ex 41 p 222)  
 Exercice 3 : lecture de carte- tâche intermédiaire ( Magnard, Delta maths 3<sup>ème</sup>, ex 42 p 222)  
 Exercice 4 : équidistance- activité mentale (Belin, Delta mathématiques cycle 4, ex 102 p 429)  
 Exercice 5 : lecture de carte - tâche intermédiaire (Hatier, Dimensions 3<sup>ème</sup>, ex 47 p 397)  
 Autre exercice possible : associer des courbes de niveau à un relief tâche intermédiaire (Nathan, Transmath 3<sup>ème</sup>, ex 65 p 412)

## ANNEXE 3

*Activité à la boussole*

En course d'orientation, le départ est donné d'un point qui est matérialisé sur la carte par un triangle. L'arrivée se trouve à l'intérieur d'un double cercle ou plutôt au centre des deux cercles concentriques. Les balises se situent au centre des cercles simples sur un élément caractéristique du terrain (rocher, souche, muret...)

Nous avons relevé les azimuts et les distances réalisés par un coureur. À toi de retrouver le parcours qu'il a effectué sur la carte donnée page suivante.

N° balise	Azimut	Distance (m)	Élément caractéristique	Coup de pouce
1	64°	195	Angle de maison	
2	5°	150	Puits	
3	312°	185	Butte	
4	344°	262	Arbre isolé	
5	249°	245	Colline	
6	158°	440	Dépression	
Arrivée	225°	215	Carrefour	

**ANNEXE 4**

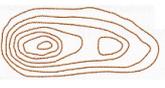
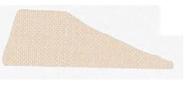
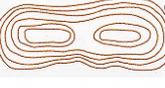
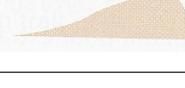
*Evaluation sur les courbes de niveau*

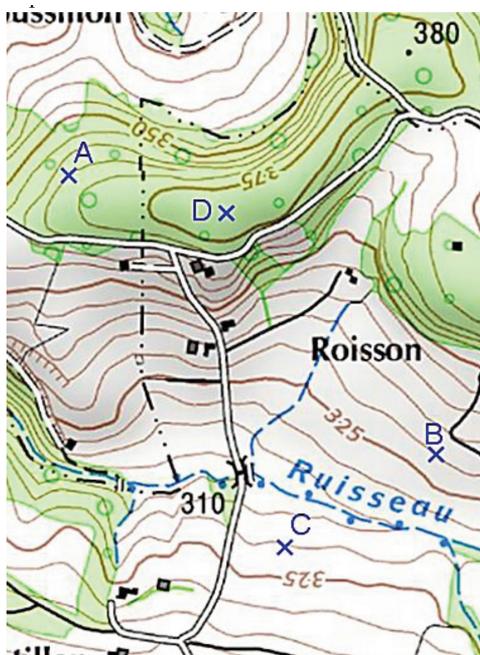
**Exercice 1 : (REPRESENTER – 3 point)**

Associer les courbes de niveau au relief qu'elles représentent.

**Exercice 2 : (REPRESENTER – 5 point)**

Indiquer sur votre copie les altitudes des points A, B, C et D puis les ranger les par ordre croissant d'altitude.

Courbes de niveau	Profil de terrain
1. 	a. 
2. 	b. 
3. 	c. 
4. 	d. 
5. 	e. 
6. 	f. 



**ANNEXE 5**

*Epreuve à la boussole*

