

## Science et arts en MPS

Martine Bühler

### Dispositif

L'expérience que nous décrivons a pris place dans le cadre de l'enseignement d'exploration « Méthodes et Pratiques Scientifiques » introduit dans le nouveau cursus des secondes de lycée. Rappelons que ces enseignements durent 1 h 30 par semaine et DOIVENT être pluridisciplinaires, avec une grande liberté d'organisation (atelier annuel ou semestriel, professeur fixe ou pas...).

Le groupe comportait 32 élèves, tous de la même classe. Nous étions deux professeurs volontaires (mathématiques et SVT), ayant chacune 1h30 dans leur service. Cela permettait d'intervenir à deux avec la classe entière ou de séparer la classe en deux groupes, pour des TP de SVT et de maths. Il était prévu qu'un professeur de physique-chimie se joigne à l'équipe mais, faute de volontaire, nous avons travaillé à deux. Avec le recul, cela nous est apparu bénéfique, car les moyens horaires auraient été les mêmes à trois et chaque enseignante serait intervenue deux semaines sur trois, ce qui aurait rendu le suivi et la continuité pédagogique plus difficiles. L'équipe était formée depuis le mois de juin, ce qui a permis un travail de réflexion à l'avance. Le professeur de SVT avait également la classe dans sa matière, les allers-retours MPS-SVT en ont été facilités. Le thème « Maths et arts » a été organisé sur un semestre.

Il est à noter que nous n'avons pas laissé beaucoup d'autonomie aux élèves, ce qui a sans doute été un défaut constant dans notre travail.

### Introduction du thème

Les élèves ont été mis par groupes de quatre au CDI, chaque groupe ayant à rechercher pour une des civilisations données (Égypte ancienne, renaissance, aborigènes, etc.) les techniques, supports, représentations et thèmes utilisés à l'époque pour les représentations picturales (voir le tableau en annexe sur le site de l'APMEP\*). Ceci avec les ressources du CDI d'abord, puis avec la possibilité de compléter par des recherches sur Internet. Nous avons pris soin au préalable de vérifier qu'il y avait au CDI des ressources adéquates et avons également utilisé notre documentation personnelle. Nous avons ainsi fourni à chaque groupe plusieurs livres du CDI.

Cette séance a bien fonctionné. La suivante a été consacrée à la synthèse (commencée en fait à la première séance). Puis la collègue de SVT a fait émerger par dialogue avec la classe la problématique : « En quoi la science est-elle intervenue dans l'art de la peinture à la Renaissance ? ». Un élève a d'ailleurs fait une remarque intéressante sur l'influence réciproque de la géométrie et de la peinture.

Nous avons ensuite présenté un diaporama avec des tableaux de la période gothique et de la Renaissance (voir site de l'APMEP). Un des tableaux avait été étudié en cours d'histoire, le hasard du calendrier nous ayant amené à travailler sur ce thème en même temps que l'enseignante

*Martine Bühler enseigne au lycée Flora Tristan à Noisy-le-Grand (93). Elle est membre du groupe M. :A.T.H. de l'IREM Paris 7.*

\* Dans cet article, les documents mis en ligne le sont sur le site de l'APMEP, rubrique PLOT, sommaire PLOT 38.

d'histoire. Nous montrions chaque tableau sans indication de nom du peintre ou d'époque au départ, laissant les élèves nous donner thème et époque en argumentant. Ils ont constaté que l'impression de profondeur était donnée par des lignes convergentes, et souvent par des sols dalés. Le diaporama expliquait également l'astucieuse expérience de Brunelleschi, fondatrice de la perspective : un tableau est d'abord réalisé à l'envers, sur une planchette percée d'un petit trou. Par le petit trou, on peut voir le tableau dans un miroir tenu de l'autre main. Si on se place à l'endroit d'où le tableau a été dessiné, l'image du tableau dans le miroir se superpose parfaitement au bâtiment réel (Brunelleschi a en effet pris soin de choisir un bâtiment symétrique !).

Le diaporama citait également le texte d'Alberti présentant le tableau comme « une fenêtre ouverte sur le monde » ; il évoquait aussi Van Eyck, car l'enseignante de SVT voulait travailler sur les pigments et la peinture à l'huile et enfin Dürer, dont nous avons montré des gravures et la « fenêtre de Dürer ». Nous avons également rappelé des éléments vus en histoire, sur la position sociale du peintre, la place exceptionnelle de Florence, le changement de commanditaires...

**TP1 de maths** (*en demi-classe ; en SVT, l'autre groupe extrait des pigments et opère une chromatographie*)

Utilisation par les élèves d'une fenêtre de Dürer artisanale (un œilleton et une plaque de plexiglas maintenue par des tasseaux sciés). Les élèves sont en binômes ; nous disposons de huit fenêtres de Dürer fabriquées par l'OP du lycée. Les élèves utilisent le montage pour dessiner au feu-

tre sur le plexiglas le carrelage de la paillasse de la salle de SVT vu à travers l'œilleton. Puis, ils remettent à plat la fenêtre et prolongent les lignes obtenues, qui convergent en un point K, dont on voit en remettant la plaque en place, qu'il est le projeté de l'œilleton sur le tableau.

Nous énonçons les premières règles de perspective, obtenues de manière empirique :

- La représentation d'une droite est une droite.
- Les droites au sol perpendiculaires au plan du tableau ont des représentations convergentes en un point K, projeté orthogonal de l'œil sur le tableau (avec explication du vocabulaire).
- Les représentations de droites parallèles à la ligne de terre (définie auparavant) et équidistantes sont des droites parallèles à la ligne de terre, mais non équidistantes.

Se pose alors la question : comment espacer ces parallèles ? Les élèves évoquent la possibilité de multiplier leur écartement réel par un nombre plus petit que 1. Je donne la règle des deux-tiers (chaque rangée du carrelage est dessinée avec une largeur égale aux deux tiers de la rangée précédente) et distribue l'exercice de l'annexe 1 (voir page 18).

Tout le monde termine le I. Mais certains trouvent les trois points alignés et d'autres pas ! Une seule solution pour trancher de manière sûre : la démonstration. C'est l'objet du II, que tous commencent mais peu finissent. L'exercice doit être terminé à la maison pour la prochaine séance en classe entière (donc deux semaines plus tard, après l'échange des groupes).

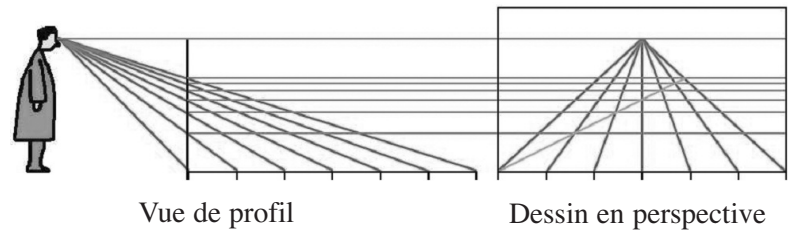
## Séance en classe entière

Nous corrigeons les questions 2 et 3 (que peu d'élèves ont cherchées à la maison...). Il a fallu expliquer pourquoi le non-alignement des points était gênant, car les élèves ignoraient que, dans un dallage à dalles carrées, les diagonales étaient « alignées ».

Nous avons alors montré de nouveau « l'Annonciation » de Lorenzetti, ainsi que la « Présentation au temple » de Giovanni di Paolo, pour laquelle le tracé des diagonales (tracées en insérant l'image du tableau dans *Geogebra*) montre qu'elles « tournent » (ce qu'aucun élève n'avait remarqué à la première projection). Une animation *Geogebra* montre que l'application de la règle des deux-tiers donne des diagonales qui tournent, quel que soit l'écartement choisi au départ entre la première parallèle et la ligne de terre.

Alberti critique d'ailleurs cette méthode des deux-tiers. Remettant alors la fenêtre en place sur la paillasse, nous démontrons collectivement la règle de convergence des représentations des droites perpendiculaires au tableau : en matérialisant les droites joignant l'œil à divers points de la droite par des ficelles, nous faisons apparaître le plan défini par l'œil et la droite à représenter, puis le matérialisons par un carton. L'écriture collective dans le cahier est laborieuse.

Ensuite, j'ai demandé aux élèves (après avoir remis le perspectographe en place sur le bureau) de dessiner le tableau, l'œil, les droites parallèles à la ligne de terre, les droites joignant l'œil à une de ces parallèles, **de profil**. Nous avons ainsi établi la règle d'Alberti qui donne le fameux écartement entre les parallèles à la ligne de terre.



Distribution de l'exercice sur la règle d'Alberti (annexe 2 page 18). Mais le manque de soin apporté au dessin fait que les diagonales ne convergent pas comme elles le devraient (quand les élèves ont tracé effectivement les diagonales et pas d'autres droites !). J'ai alors montré une animation *Geogebra* montrant la convergence des diagonales. La séance s'est arrêtée à ce moment-là.

### TP2 de maths (en SVT : variation des couleurs selon le pH)

Nous avons rappelé oralement les règles de dessin d'un dallage carré en perspective, puis j'ai distribué la feuille de l'annexe 3 (page 19) comportant un dallage tracé avec la règle d'Alberti et les diagonales à tracer. Cette fois-ci, les élèves ont mieux repéré et tracé avec plus de soin les diagonales ; ils ont donc pu énoncer la règle de convergence des diagonales et repérer le point de distance. Toujours en matérialisant les droites par des ficelles et les plans par une plaque de plexiglas, nous avons démontré la règle collectivement. Nous avons écrit la démonstration dans le cahier, en nous aidant d'un exercice sur feuille (voir annexe 4 page 19). Puis nous avons fait un bilan de nos connaissances :

- Nous savons représenter un pavage à dalles carrées : on place le point de fuite principal, les représentations des droites perpendiculaires au plan du tableau, le point de distance, puis les diagonales du pavage, enfin les parallèles à la ligne de terre.

- Réciproquement, si nous disposons d'un tableau peint en respectant les règles de la perspective et comportant un pavage à dalles carrées, nous pouvons repérer sur le tableau la projection de l'œil du peintre (en traçant les représentations des droites perpendiculaires au plan du tableau), puis le point de distance en traçant les représentations des diagonales.

J'ai alors distribué un document représentant la « Vierge au Chancelier Rolin » en demandant aux élèves de tracer les droites nécessaires pour obtenir le point de fuite principal, le point de distance et la distance du peintre au tableau (voir page de couverture). En fait, ce n'est pas si facile que cela et ne marche pas très bien, car les droites à tracer ne sont pas très nettes sur la reproduction. L'an prochain, j'utiliserai plutôt un tableau de Crivelli représentant une Annonciation, sur lequel le dallage est très net, et que j'avais déjà utilisé pour une activité de ce type en classe littéraire, pour l'option « Mathématiques ». Les élèves ont néanmoins repéré les deux points importants et mesuré sur la reproduction la distance entre l'œil du peintre et le tableau, mais ils ont éprouvé des difficultés pour calculer la distance réelle en utilisant la proportionnalité et les dimensions réelles du tableau.

À la fin de la séance, je leur ai donné un exercice de dallage à compléter (à télécharger sur le site de l'APMEP), avec repérage de point de fuite et de point de distance, extrait des exemples d'exercices pour le bac L (programme 2002).

**TP3 de mathématiques** (en SVT : fabrication de peinture à l'huile à partir de pigments naturels)

J'ai rappelé les règles de construction d'un pavage à dalles carrées à l'aide d'une animation *Geogebra* et j'ai distribué aux élèves l'annexe 5 (page 20). Les élèves devaient construire la représentation d'un tel pavage en choisissant le point de fuite, le point de distance, la largeur du pavage sur la ligne de terre. On voit ici en comparant les différents dessins obtenus l'influence de ces choix sur le résultat obtenu.

Je leur ai alors distribué des modèles de pavage (à télécharger sur le site de l'APMEP) : ils choisissaient celui qu'ils voulaient, repéraient le dallage carré sous-jacent et le reproduisaient en perspective, toujours en choisissant eux-mêmes points de fuite et de distance, et largeur initiale des dalles.

Ils ont beaucoup aimé cette activité, qui s'est mieux déroulée que je ne l'espérais ; certains ont dessiné les quatre modèles. L'idée était de s'entraîner pour la production finale : chaque groupe devant réaliser sur une grande feuille de dessin un pavage en perspective et le peindre avec la peinture fabriquée en SVT. Une élève m'a demandé si elle pouvait chercher des idées de pavage sur internet pour cette réalisation, mais ne l'a finalement pas fait.

Les deux dernières séances ont été consacrées à la réalisation de cette production, qui devait comporter également des explications sur la fabrication de peinture et la construction de pavages.

**Bilan** : nous avons certes laissé peu d'autonomie aux élèves. Nous disposions de peu de séances (le premier thème ayant pris plus de temps que prévu) et souhaitions arriver en SVT à la fabrication effective de peinture à l'huile et en mathématiques aux règles de la perspective centrale. Les élèves se sont intéressés aux activités, aussi bien géométriques que de

fabrication de peinture. Cependant, si le travail en mathématiques et SVT a été souvent correctement fait, ils ont en général apporté très peu de soin à la peinture des pavages, alors que nous pensions que c'était un des aspects « ludiques » de ces activités. De même, leurs choix de couleurs n'était pas toujours très heureux.

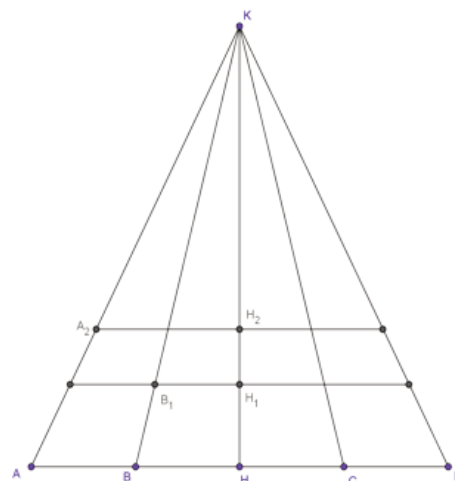


## Annexe 1 : la règle des deux-tiers

### Partie I : reproduction d'un carrelage en perspective avec la règle des deux-tiers.

1. Reproduire la figure ci-dessus sur le cahier de MPS avec les indications suivantes :

- \*  $AB = BH = HC = CD = 4$  cm.
- \*  $(KH)$  est perpendiculaire à  $(AD)$  et  $KH=16$  cm.
- \*  $(B_1H_1)$  est parallèle à  $(AD)$  ainsi que  $(A_2H_2)$ .
- \*  $H_1H_2 = \frac{2}{3}HH_1$



- Pour la longueur du segment  $[HH_1]$ , chaque membre du groupe prendra une des quatre mesures suivantes : 2,7 cm, 3 cm, 3,6 cm, 4 cm.
2. Compléter la figure en reproduisant deux rangées du carrelage en appliquant la règle des deux-tiers.
3. Les points A,  $B_1$  et  $H_2$  sont-ils alignés ?  
Les diagonales du carrelage sont-elles « droites » ?

On choisit comme repère  $(H, \vec{i}, \vec{j})$  (unité : 1 cm), le vecteur  $\vec{i}$  étant colinéaire et de même sens que  $\overrightarrow{HD}$ , et le vecteur  $\vec{j}$  étant colinéaire et de même sens que  $\overrightarrow{HK}$ .

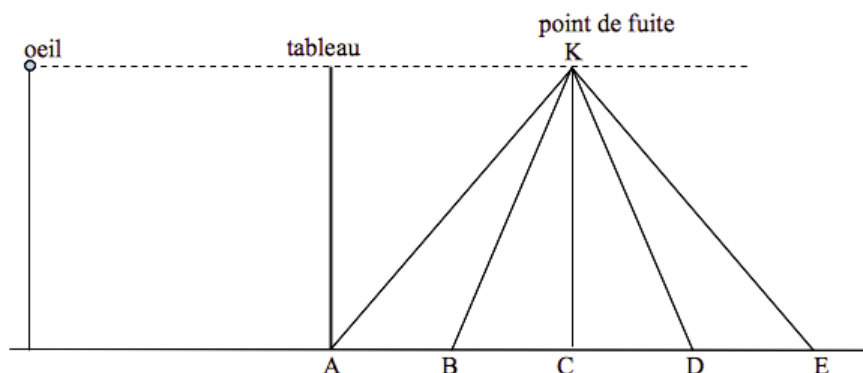
1. Donner les coordonnées des points H, K, A, B,  $H_1$  et  $H_2$ .
2. a. Déterminer l'équation réduite de la droite  $(BK)$ .
- b. Déterminer les coordonnées du point  $B_1$ .
3. Les points A,  $B_1$ ,  $H_2$  sont-ils alignés ?

### Partie II : calculs dans un repère.

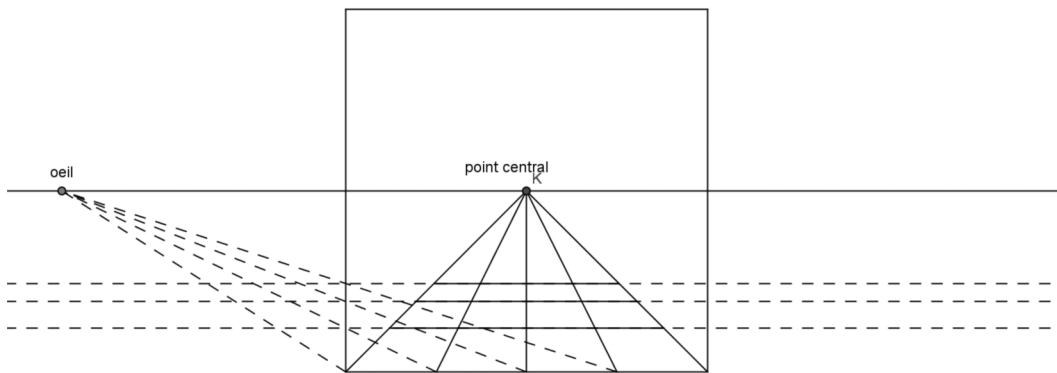
Les calculs seront faits d'abord avec  $HH_1 = 4$  cm, puis avec  $HH_1 = 3$  cm.

## Annexe 2 : règle d'Alberti

- 1) Compléter le « dallage » en traçant les droites joignant l'« œil » aux sections de la ligne de base. Marquer les intersections avec le « tableau », puis tracer les parallèles à la ligne de base passant par ces points.
- 2) Tracer plusieurs diagonales successives du pavage obtenu. Que peut-on constater ?

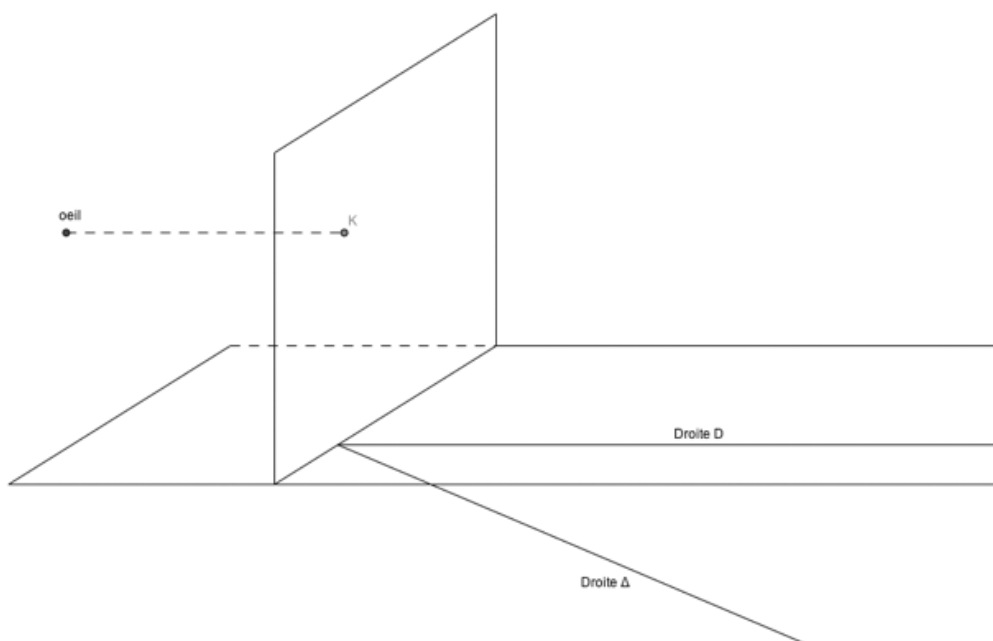


Annexe 3



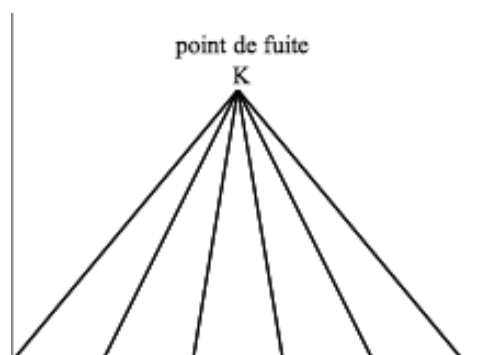
Annexe 4 : démonstration sur le point de distance

1. Sur la figure ci-dessous, indiquez la ligne de terre.  
 K est le projeté orthogonal de l'œil sur le plan du tableau.  
 La droite D est perpendiculaire au plan du tableau.  
 La droite  $\Delta$  est parallèle au sol et fait un angle de  $45^\circ$  avec la droite D.
2. Tracez la ligne d'horizon. Indiquez les angles droits.
3. Tracez la droite  $\Delta'$  parallèle à  $\Delta$  passant par l'œil.  $\Delta'$  et la ligne d'horizon se trouvent toutes deux dans le plan parallèle au sol passant par O (O est l'œil) ;  
 $\Delta'$  coupe la ligne d'horizon en un point F. Marquez ce point sur la figure. Quelle est la nature du triangle OKF ? Que peut-on en déduire pour la distance KF ?

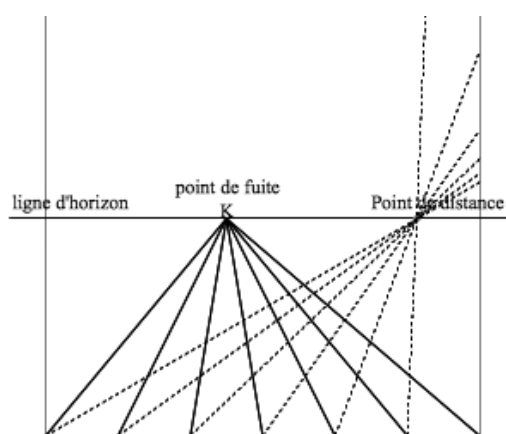


## Annexe 5 : méthode de Piero del Francesca

1. Tracer la ligne de terre, le point de fuite principal K et les représentations des droites perpendiculaires au plan du tableau :



2. Tracer la ligne d'horizon.  
Placer un des points de distance.



3. Tracer les parallèles à la ligne de terre.

