

Prenons de la hauteur !

Lise Malrieu

Un grand classique revisité...

Ou : comment conjuguer la propriété de Thalès et les statistiques...

Deux classes de 4^{ème} sympathiques couplées à une furieuse envie de me lancer, moi aussi, dans les applications concrètes de notre chère propriété de Thalès, un vague sentiment de culpabilité de n'avoir jamais organisé cela en 6 ans de carrière... et hop, je me lance !

Le but : mesurer la hauteur du collège.

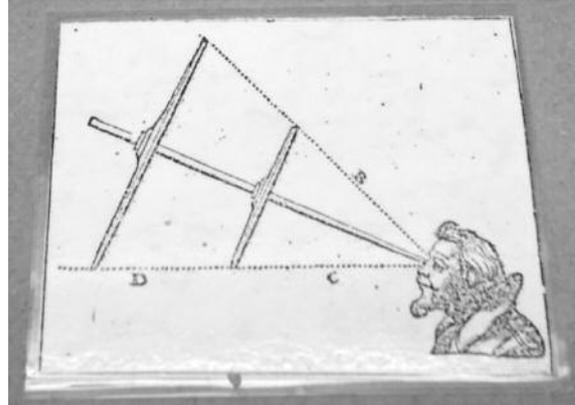
Phase 1 : je cogite...

J'attends sagement la fin du chapitre sur la propriété de Thalès. Mes élèves se montrent intéressés par les exercices de modélisation fondés sur des utilisations historiques et me posent beaucoup de questions : « Depuis quand sait-on mesurer des distances avec la propriété de Thalès ? Qui a eu l'idée le premier ? Est-ce que c'est précis ? Comment ont-ils imaginé les instruments de mesure ?,... » Tout cela se présente donc sous les meilleurs augures.

La mise en œuvre me paraît assez facile, finalement. J'ai même peur que ce soit un peu trop vite expédié. Qu'est-ce qui pourrait rendre cette activité expérimentale plus enrichissante ? Allez, je suis une scientifique, je me lance dans une démarche scientifique : je cherche d'autres méthodes pour pouvoir comparer et commenter les différents résultats obtenus.

J'élimine la trigonométrie : nous n'avons pas encore étudié ce chapitre, placé en fin d'année dans la progression commune des 4^{ème}.

Par contre, je repère la formule de chute



libre, rappelée dans le manuel des élèves, qui a l'avantage de faire travailler sur les grandeurs quotients.

Comment concevoir une expérience concurrente à partir de cette formule ?

Évidemment, pas question de faire monter un élève sur le toit pour lancer un objet. Je rabats donc mes ambitions à mesurer la hauteur d'une fenêtre de l'étage.

- Que lancer ?

La formule de chute libre s'applique à la chute d'un objet dans le vide. Pour limiter l'influence des frottements de l'air, il faudrait donc un objet lourd, aérodynamique... et pas fragile du tout puisqu'il va s'écraser sur le bitume de la cour de récréation.

- Comment chronométrer la durée de chute ?

Grâce à la formule, j'estime la durée de chute autour de 1 s. Un chronomètre précis sera donc indispensable. C'est le moment de tenter l'interdisciplinarité avec Laurence, ma collègue d'EPS.

- Comment rendre ce chronométrage fiable ?

Ça me paraît le plus difficile à réaliser. Il faudrait faire l'expérience plusieurs fois

Lise Malrieu est professeur de mathématiques en temps partiel au Collège Camille Guérin, St Meen le Grand et à l'IUFM de Rennes. Elle est aussi membre de l'équipe PLOT.

et garder le « meilleur résultat »... mais comment reconnaître le « meilleur résultat » ? L'idéal serait de pouvoir chronométrer cette chute de façon quasi-exacte avant de tenter l'expérience avec mes élèves. A ce stade de ma réflexion, je ne vois guère de solution satisfaisante ; je me tourne donc vers Roro, le collègue de sciences physiques avec qui j'anime le Club Sciences du collège, et qui a le grand mérite d'avoir le sens pratique (lui).

Il suggère de filmer l'objet au caméscope puis de passer image par image au magnétoscope. Sachant qu'un caméscope enregistre x images par seconde, en comptant les images, on en déduirait la hauteur cherchée. Malheureusement, nous ne disposons pas d'un magnétoscope acceptant de passer une vidéo image par image.

Alors, en route pour les statistiques ! Nous allons réaliser suffisamment de chronométrages pour obtenir un résultat significatif à défaut d'être exact.

Phase 2 : je réquisitionne des collègues de sciences physiques et d'EPS.

Très coopératifs tous les deux, mes collègues cherchent à me faciliter la tâche au maximum.

Laurence fournira les chronomètres, le décimètre à ruban pour les mesures et propose des balles en plastique bien lourdes pour l'expérience de chute libre.

Roro organise une répétition générale pour anticiper les problèmes et limiter les aléas le jour J. Grand bien lui en a pris !

L'expérience de chute libre s'avère délicate à mettre en oeuvre si on veut des résultats un tant soit peu précis... Le chronométreur a beaucoup de mal à gérer la manipulation de son chronomètre et à regarder en même temps quand le lanceur lâche la balle et quand elle arrive au sol.

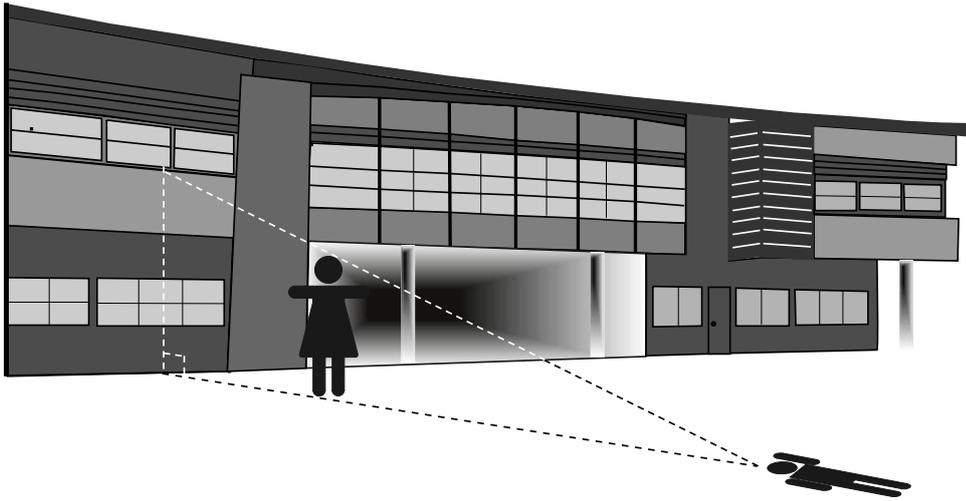
Un signal auditif paraît plus efficace. Nous convenons que le lanceur dit : « Top ! » au moment où il lâche la balle ; le chronométreur, de dos pour ne pas être influencé et tenté de regarder, déclenche alors son chronomètre et l'arrête quand il entend le son de la balle s'écrasant au sol. Nous obtenons ainsi des chronométrages d'une bonne précision.

Phase 3 : place aux élèves !

En guise de travail personnel, je demande à chaque élève de concevoir une expérience permettant de mesurer la hauteur de l'unique bâtiment du collège.

Le cours suivant, nous mettons en commun nos idées. La plupart des élèves ont pensé à la propriété de Thalès, ce qui m'a conforté dans l'idée qu'ils l'avaient bien assimilée. Certains suggèrent de se procurer ou de fabriquer un instrument utilisé dans un des exercices de schématisation faits en classe. Je fais appel aux bricoleurs de la classe mais, étrangement, nous tombons vite d'accord pour réaliser l'expérience matériellement la plus simple : un





élève couché par terre, un autre debout (voir schéma ci-dessus).

Deux élèves suggèrent de tendre un décimètre à ruban depuis le toit du bâtiment... Je n'y avais même pas pensé ! Gros moment de solitude intérieure... J'argumente sur le fait qu'à notre époque, nous avons de nombreux moyens technologiques et objets bien conçus pour nous rendre la vie plus facile, mais que, voilà quelques siècles, ce n'était pas le cas (ouf, personne ne m'a fait remarquer par la suite que les chronomètres au centième de seconde près n'existaient pas non plus il y a quelques siècles). Je conclus en promettant aux élèves d'utiliser cette méthode à la fin, en guise de mesure de référence.

Phase 4 : j'organise la séance.

Nous programmons la séance le même jour dans les deux classes. Les élèves doivent amener leur calculatrice et leur matériel de géométrie.

Lors de la séance précédente, je distribue les documents de compte-rendu (voir fiches sur le site*). Je présente l'expérience de chute libre, nous discutons de l'intérêt de mener de front des expériences concurrentes, puis nous travaillons sur la formule pour qu'elle soit assimilée. Au départ un peu déçus de ne pas monter sur le toit du collège, les élèves comprennent la nécessité de se

limiter à mesurer la hauteur d'une fenêtre de l'étage.

Enfin, nous complétons ensemble le 1) de chaque fiche : préparation de l'expérience.

Phase 5 : jour J... je gère

« En Bretagne, il fait beau plusieurs fois par jour » dit un célèbre dicton local... mais ce n'est pas toujours quand on le souhaiterait... je me vois donc contrainte de reporter la séance avec la classe de 4^{ème} A.

Le travail de réflexion en amont a été efficace : nous n'avons rencontré aucun problème majeur.

Expérience 1 : avec la propriété de Thalès.

Les 4^{ème} B se montrent quasi-autonomes : ils s'organisent seuls, s'installent, font des remarques sur l'alignement, mesurent, vérifient, ...

Les 4^{ème} A, plus scolaires, attendent que je mette tout en place et font des chichis : personne ne veut s'allonger par terre, ni s'impliquer plus que le strict minimum. Cette expérience prend très peu de temps à réaliser ; heureusement, car la plupart des élèves sont nécessairement spectateurs.

Expérience 2 : chute libre.

Ça se passe bien avec les deux classes, même si la manipulation du chronomètre

* Le lecteur peut consulter ces fiches sur le site de l'APMEP, rubrique Publications/PLOT

n'est pas évidente pour tout le monde. Un élève s'installe à la fenêtre avec cinq balles, un autre est chargé de les récupérer et de les remonter au lanceur au milieu de l'expérience. Les autres se mettent par groupes de 5. Chaque groupe dispose de quelques instants pour se familiariser avec le chronomètre et c'est parti !

Un élève de chaque groupe tourne le dos au lanceur et déclenche son chronomètre au fameux « Top ! ». Le groupe note ensuite son premier résultat dans le tableau préparé sur la fiche 2. En tout, nous effectuons l'expérience 10 fois, chaque élève effectuant deux chronométrages, et obtenons ainsi 50 résultats. Je suis très étonnée (sur le moment) de constater que les groupes se mettent en concurrence : chaque groupe veut être



« meilleur » que les autres (et les critères adoptés sont tous plus fantaisistes les uns que les autres, puisqu'ils ne savent pas combien il « faut » trouver ; la plupart cherchent à obtenir un temps moins long

que leurs voisins...).

L'avantage, c'est que les élèves se montrent silencieux et attentifs pour ne pas gêner « leur » chronomètreur ; l'inconvénient, c'est que certains cherchent à perturber les chronomètreurs des autres groupes et je suis obligée d'intervenir. Bref, un retour sur l'intérêt de la mutualisation des résultats sera indispensable pendant la synthèse de notre travail !

Phase 6 : exploitation des résultats.

Retour dans la salle de classe.

Expérience 1 : sur la fiche 1.

Je vérifie que tout le monde a noté les mesures obtenues sur le terrain et je laisse quelques minutes aux élèves pour calculer la hauteur de la fenêtre avec la propriété de Thalès. La plupart y arrive dans un temps record !

Expérience 2 : sur la fiche 2.

Le plus long consiste à mutualiser nos résultats ; un élève de chaque groupe dicte aux autres les résultats obtenus par son groupe.

Très naturellement, nous éliminons les valeurs aberrantes (plus de 1,5 s), dues à une manipulation maladroite du chronomètre. Que faire des autres valeurs ? Laquelle garder ? La valeur exacte fait-elle partie des résultats recensés ? Les élèves hésitent, ceux qui veulent garder la plus petite valeur sont largement contredits, l'idée de prendre une valeur là où il y en a la plus forte densité émerge... tous conviennent alors qu'on n'arrive pas à avoir une vue d'ensemble qui, seule, nous permettrait de trancher. Je propose alors de ranger ces valeurs dans un tableau d'effectifs (voir 3) fiche 2 sur le site).

La discussion peut alors reprendre : certains pensent à la moyenne des valeurs et un débat s'installe entre moyenne simple et moyenne pondérée, qui sort heureuse-

ment vainqueur assez vite.

D'autres, sans avoir les mots pour le dire rigoureusement, pensent à une médiane. Enfin, certains élèves proposent de prendre la valeur correspondant au plus grand effectif.

Je tranche en expliquant aux élèves qu'on ne pourra pas être sûrs d'obtenir la valeur exacte mais que, comme chaque enseignant le sait bien, la moyenne (pondérée) converge vers cette valeur exacte. Les élèves semblent convaincus qu'avec environ 50 chronométrages, nous aurons déjà une moyenne significative.

Il ne reste plus qu'à calculer cette moyenne et je me débats avec les modes « statistiques » des calculatrices de mes élèves... j'aurais dû penser au tableur (d'autant plus qu'avec les 4^{ème} B, je n'ai pas eu le temps de terminer ce calcul, demandé en travail maison).

Nous calculons ensuite, grâce à la formule, la hauteur de la fenêtre.

Pour terminer, nous mesurons la hauteur de ladite fenêtre directement, à l'aide du décimètre à ruban et d'une équerre de tableau pour vérifier que le décimètre est bien perpendiculaire au sol. Nous comparons ensuite nos résultats à cette hauteur, que nous prenons comme valeur de référence.

Quels résultats ?

Je dois honteusement dire que, n'ayant pas prévu à l'époque d'écrire un article sur ce sujet, je n'ai malheureusement conservé aucune des valeurs mesurées ce jour-là. Je me contenterai donc de comparer les résultats obtenus entre les deux classes et surtout entre les deux expériences.

Pas de surprise : les 4^{ème} B, plus motivés et débrouillards, ont remporté la palme

pour les deux expériences. Ce sont aussi eux qui ont le plus apprécié cette séance peu « scolaire ».

Pas de miracle non plus, malgré toutes nos précautions : l'expérience de chute libre a donné, dans les deux classes, une hauteur beaucoup moins précise que celle fondée sur la propriété de Thalès. La formule n'est déjà pas exacte pour la chute dans l'air, les aléas techniques sont trop importants, la précision des chronomètres insuffisante (un centième de seconde d'écart sur une durée d'une seconde, et c'est déjà quasiment 10 cm d'erreur sur la hauteur).

Avec la propriété de Thalès, les 4^{ème} B ont obtenu la bonne hauteur à 3 cm près et les 4^{ème} A à une dizaine de centimètres près...

J'en ai profité pour glorifier l'ingéniosité de tous ceux qui ont utilisé cette méthode voilà quelques siècles, et montrer, une fois de plus, que les mathématiques peuvent être concrètes et vivantes !

