Géométrie dans la rue : mesure d'un bâtiment avec les étudiants

Claude Archer(*)

Résumé.
« Mais Monsieur, un triangle dans la rue ce n'est pas la même chose que sur le papier ». Cette remarque d'un étudiant résume bien le fossé qu'il peut y avoir entre la géométrie en classe et sa signification pratique. Si un étudiant arrive à résoudre des triangles sur une feuille de 10 cm, ne croyez pas pour autant qu'une fois face à un bâtiment, il acceptera que sa méthode puisse lui donner sa hauteur réelle. Un triangle suspendu dans les airs à 30 mètres, inaccessible et dont on ne peut pas tracer les côtés à la craie, c'est effectivement de l'abstraction pure. Le défi relevé par les étudiants de l'Institut Cooremans à Bruxelles est le suivant : un géomètre professionnel prête son matériel et par équipes de cinq ils doivent calculer la hauteur du paratonnerre de l'école. La base étant inaccessible, des triangulations seront nécessaires. Voici le récit de la mise en œuvre de ce projet et des obstacles rencontrés. Nous le complétons par une réflexion sur l'enseignement par ce type de projet.

1. Contexte pédagogique

Une école supérieure de commerce à Bruxelles. Des étudiants qui commencent un diplôme de 3 ans en sciences administratives. À quoi peut bien leur servir un cours de Mathématiques ? Nouvel engagé, je ne pouvais malheureusement pas compter sur mon prédécesseur pour m'éclairer : « Va voir sur Internet, il y a plein de choses » fut sa réponse, version moderne de « Va te faire … ». Apparemment personne ne se souvenait du rôle de ce cours qui ne semblait coordonné à aucun autre. La surprise suivante est venue du niveau des étudiants. Parler d'une Haute École de commerce à des collègues français, évoque immédiatement pour vous HEC et les grandes écoles françaises. Chers collègues détrompez-vous, si l'école dont je vous parle forme effectivement des ingénieurs commerciaux, ce n'est pas de ce public que je vais vous entretenir. Mes étudiants constituent un public bien différent. Leurs niveaux en Mathématiques sont des plus hétéroclites. Si certains maîtrisent encore l'analyse des fonctions, beaucoup d'autres ne voient plus du tout comment ils pourraient résoudre une équation du premier degré. Majoritairement issus de milieux modestes, beaucoup ont très peu confiance en eux-mêmes et aucune confiance en leurs capacités mathématiques.

Les Maths, c'est utile, promis juré !

J'ai d'abord vainement tenté de leur montrer des applications pour les convaincre de l'utilité des Mathématiques. Par exemple, en partant des équations de droite dans le plan, montrer qu'il y a moyen d'ajuster une droite à des données observées (régression linéaire). Par un changement de variable, leur montrer qu'il y avait

(*) Haute école Francisco Ferrer. E-mail : claudearcher@yahoo.fr

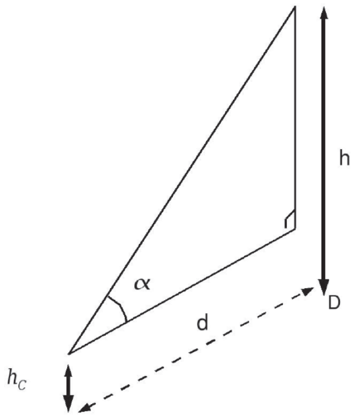
moyen d'ajuster des exponentielles, des polynômes à des données observées (régression non linéaire). Comme récompense, on fait ensuite des extrapolations ou des interpolations sur l'évolution des populations, la date de floraison d'une fleur au printemps, etc. Pour être honnête, l'aspect concret de ces applications ne leur a pas sauté aux yeux. Je ne me sentais pas très fier de ces leçons. Pire, une étudiante fragile psychologiquement était régulièrement prise de crises de nerfs dès qu'elle perdait le fil de mes explications. J'ai été un peu traumatisé de la voir se rouler par terre, renverser son banc et se frapper la tête. Il fallait que je trouve un moyen de les intéresser, de les impliquer et de leur redonner confiance dans leurs capacités mathématiques. De plus la formation de ces étudiants ne contenait que deux cours de Mathématiques. Pourquoi ne pas se faire plaisir au lieu de respecter un programme qui n'avait pas de suite dans leur formation ?

Un défi stimulant : la hauteur du sommet du paratonnerre

Ma belle-mère, professeur de lycée, m'avait raconté le succès des leçons où les étudiants mesuraient la hauteur de l'école par son ombre au sol. Selon la légende, Thalès de Milet aurait fait de même avec la pyramide de Gizeh. Un collègue de néerlandais se souvenait de son admiration pour le calcul du rayon de la terre par Érathosthène en utilisant l'ombre mesurée à la même heure en deux villes éloignées. N'ayant pas en hiver et en Belgique, les conditions d'ensoleillement, je projetais de mesurer la hauteur de l'école en mesurant au rapporteur des angles de visée. Avec un tube en pvc et un fil à plomb accrochés à une planche graduée en angles, je proposais aux étudiants de relever le défi. Voici comment se présente notre établissement, l'Institut Cooremans et la place Anneessens sur laquelle il se trouve. Quelle est la hauteur du sommet du paratonnerre (le point noir en haut de la photo en figure 1) ?

Figure 1 : L'Institut Cooremans et la place Anneessens

Pour déduire cette hauteur h à partir d'un angle de visée α, il faut pouvoir, au sol, mesurer la distance d entre le point d'où l'on vise et la verticale passant par le point visé. Comme il est difficile de coller son œil au sol pour viser, notre viseur (rapporteur) se trouve à la hauteur h_C par rapport au sol. À l'aide d'un fil à plomb on marque à la craie le point du sol se trouvant à la verticale du viseur. Ce point servira de point de départ pour mesurer d au sol.

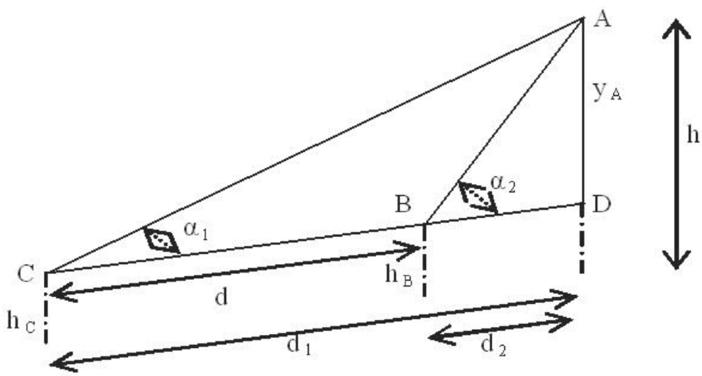


On obtiendra alors

$$h = h_C + d \cdot \tan(\alpha)$$

Cette méthode ne posa pas de problème de compréhension à mes étudiants. Elle ressemble à ce qu'aurait utilisé Thalès pour mesurer la pyramide. Mais dans notre cas, la mesure de d n'est pas accessible : le point visé n'est pas sur la façade du bâtiment, le sol du bâtiment est plus haut que le niveau de la place et l'escalier en pierre empêche l'accès à la façade. Le point D à la verticale du paratonnerre est donc un point virtuel inaccessible suspendu dans la cave de l'école. Pour s'en sortir, il nous faut remplacer la mesure directe par deux mesures indirectes et résoudre des équations du premier degré pour retrouver h.

2. Premiers essais : de Thalès à Roméo et Juliette



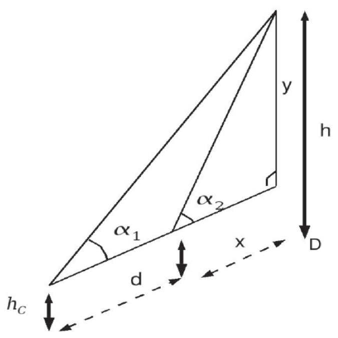
Pour motiver ce principe en classe, imaginons que Roméo cherche une échelle pour monter au balcon de la belle Juliette situé au point A. Il doit connaître la hauteur h de ce balcon. Malheureusement entre la façade et le point B il y a des rosiers pleins

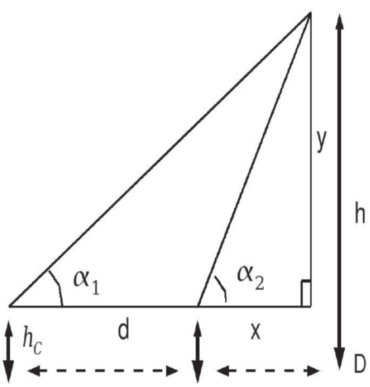
d'épines qui empêchent Roméo de s'approcher de la façade. Il peut calculer l'angle de visée du balcon à partir du point C (angle α_1) et à partir de B (angle α_2). En mesurant d au sol on montrera plus loin qu'on peut déduire la hauteur h à partir des deux angles de visée.
Malheureusement, on n'arrive pas facilement à déposer en B le viseur à la même hauteur h_B qu'en C (h_C). Par ailleurs comme la distance d se mesure au sol, entre les projections de B et de C, un sol qui n'est pas plat empêche une mesure exacte.

Simplifications

Pour moi comme pour les étudiants, il n'était pas évident de tenir compte d'emblée de toutes ces difficultés. Pour des distances d de l'ordre de 10 mètres sur la place de l'école, et une différence de hauteur de 10 cm, l'erreur commise sur d est inférieure au millimètre. On peut donc sans crainte simplifier notre problème en considérant que $h_C = h_B$ et que le sol est plat.

À gauche on insiste sur la vue du problème en deux dimensions avec deux inconnues, les mesures h et x (x représente le d_2 de la figure précédente).





Comme $h = y + h_C$, il est plus facile de se concentrer uniquement sur les triangles avec y et x comme inconnues. En exprimant y successivement dans le grand et le petit triangle on obtient les équations :

$$\begin{cases} y = (d+x)\cdot\tan(\alpha_1) \\ y = x\cdot\tan(\alpha_2) \end{cases} \qquad (1)$$

qui se ramènent à l'équation du premier degré

$$x\cdot\tan(\alpha_2) = (d+x)\cdot\tan(\alpha_1) \Leftrightarrow x\cdot\tan(\alpha_2) = d\cdot\tan(\alpha_1) + x\cdot\tan(\alpha_1)$$
$$\Leftrightarrow x\cdot\tan(\alpha_2) - x\cdot\tan(\alpha_1) = d\cdot\tan(\alpha_1) \Leftrightarrow x = d\cdot\tan(\alpha_1)/(\tan(\alpha_2)-\tan(\alpha_1))$$

et finalement

$$y = x\cdot\tan(\alpha_2) = \frac{d\cdot\tan(\alpha_1)\cdot\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_2)-\tan(\alpha_1)}$$

et

$$h = y + h_C.$$

Retrouver le théorème d'Al-Kashi

Pour la suite, il est important de remarquer que le même raisonnement permet de trouver les côtés d'un triangle qui n'est pas rectangle (théorème d'Al-Kashi pour les Français, « Pythagore généralisé » pour les Belges). Vu que mes étudiants ne connaissent pas ce résultat, il est utile de le retrouver par la méthode qu'ils viennent d'utiliser (Roméo).
On obtiendra cette fois-ci

$$x = \frac{d \cdot \tan(\alpha_1)}{\tan(\alpha_1) + \tan(\alpha_2)}$$

qui permet d'obtenir :

$$c_2 = \frac{x}{\cos(\alpha_2)} \text{ et } c_1 = \frac{d - x}{\cos(\alpha_1)} \qquad (2)$$

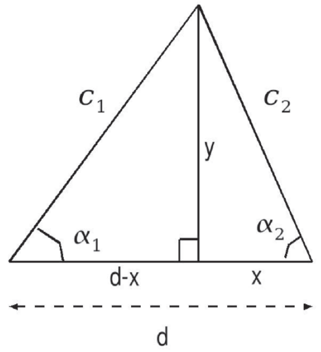
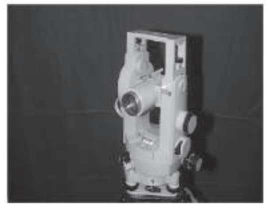


Figure 2 : Une alternative à Al-Kashi

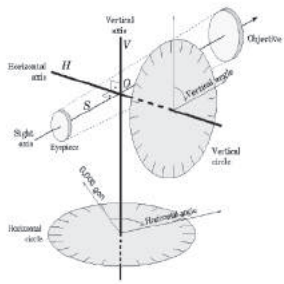
Le Miracle

C'est en expliquant cela en classe que tout à coup, l'étudiante fragile m'interrompt pour déclarer : « On va utiliser un théodolite ». Décontenancé (je n'avais jamais entendu ce terme), je m'apprêtais à faire la sourde oreille pour masquer mon ignorance. Cependant, vu que cette étudiante avait involontairement déclenché ce projet, je lui demandai de préciser son propos. À ce moment (miracle) l'étudiante, pour une fois très sûre d'elle, m'explique que son père est géomètre et possède des appareils de mesure. Je propose de le contacter et de lui demander de venir expliquer son métier en classe. Celui-ci acceptera immédiatement. Mieux, il acceptera de venir avec son matériel déclassé pour que les étudiants puissent manipuler un théodolite.

3. Le théodolite



Vous avez sans doute déjà croisé dans une rue ou près d'un chantier, un géomètre en train de coller son œil à un appareil posé sur trépied : cet appareil est le théodolite. Il s'agit d'une sorte de télescope (lunette grossissante) qui pivote verticalement autour d'un axe, lui même posé sur un plateau que l'on peut tourner horizontalement. Ces deux directions de rotation permettent de viser n'importe quel point avec la lunette. Deux vis permettent d'ajuster le plateau à l'horizontale (niveau à bulle).
Dans la lunette, deux cadrans gradués (en grades) indiquent la variation de l'angle « en hauteur » (angle vertical) et la variation latérale (angle horizontal) par rapport à des directions de référence. Un cadran supplémentaire permet d'ajuster la visée au dixième de grade.



4. La méthode des géomètres de terrain

La méthode « Roméo et Juliette » se retrouve dans la plupart des livres mathématiques qui abordent le sujet. Malheureusement, c'est une fable didactique. Les géomètres ne l'utilisent pas car :

1. bien souvent (le long d'une rue), il n'y a pas de recul et la base *d* du triangle sera trop petite ;
2. les droites de visée verticale (d'angle α_1 et α_2) se coupent avec un angle assez faible. Une petite erreur angulaire aura pour conséquence de décaler fortement leur point de rencontre. Ce point d'intersection s'éloignera fort du point réellement visé ;
3. le nombre de mesures étant minimal, elles sont indépendantes. Il n'y a pas moyen d'utiliser l'une d'elles pour corriger l'erreur faite sur l'une des autres.

À la place, les géomètres utilisent une double triangulation avec quatre angles au lieu de deux (voir schéma). Je peux donc tout recommencer et Roméo se retourne dans sa tombe. Il me faudra consacrer quatre nouvelles heures de cours pour que les étudiants maîtrisent sur papier cette nouvelle méthode. En effet, elle nécessite une visualisation du problème en trois dimensions. Utiliser de la corde en classe n'est pas superflu pour leur faire voir ces droites virtuelles suspendues dans les airs.

Au cas où un étudiant ne verrait pas l'intérêt qu'il y a à mesurer la hauteur de cette antenne de paratonnerre, le géomètre m'a fourni une bonne réplique. Pour les téléphones mobiles, des antennes relais se trouvent un peu partout sur les toits des bâtiments. Les opérateurs téléphoniques doivent connaître la position exacte de ces antennes pour trouver la direction d'où provient le signal du GSM (le mobile). Si Roméo avait su cela ! Les théodolites sont aussi utilisés dans les travaux publics (construction du métro, alignement des quais, etc.).

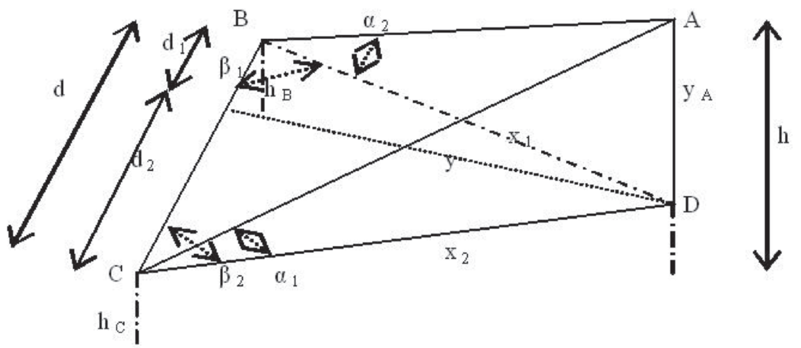


Figure 3 : La méthode des géomètres (cas où B et C sont à la même hauteur)

Au lieu de faire une deuxième mesure en avançant dans la direction du point visé, on se déplace latéralement (de B en C). On obtient la hauteur h en deux étapes ;

1. vu d'avion, notre schéma est un triangle de base BC avec les angles horizontaux β_1 et β_2 qui lui sont adjacents. La résolution de ce triangle (Al-Kashi ou Roméo) permet de trouver les longueurs x_1 et x_2 de ses côtés ;
2. ensuite en connaissant x_2 et en mesurant l'angle vertical α_1, la résolution du triangle CDA est immédiate : $y_A = x_2 \cdot \tan(\alpha_1)$ et finalement $h = h_c + y_A$.

Simplifications

Pour que les étudiants puissent la maîtriser, cette méthode doit être un peu simplifiée. Dans la figure 3, le sol est horizontal et le théodolite est à la même hauteur en B et en C. Ainsi, il existe un plan horizontal BCD (parallèle au sol) contenant les côtés de longueur x_1 et x_2. La hauteur h peut donc s'obtenir d'une deuxième manière en utilisant le triangle BDA : $h = h_B + x_1 \cdot \tan(\alpha_2)$.

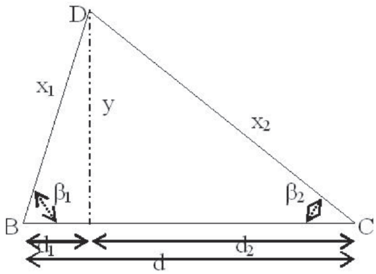


Figure 4 : Vue d'avion

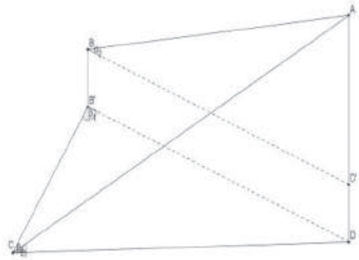


Figure 5 : Cas général

Cas général

Dans le cas général où B et C ne sont pas à la même hauteur, le point D n'existe pas. Il n'y a pas de plan horizontal contenant un triangle de base BC et d'angles β_1 et β_2. Ce triangle (figure 4) n'existe que comme « vue d'avion ». Les côtés de longueurs x_1 et x_2 n'ont pas d'intersection commune. Néanmoins x_1 et x_2 peuvent se calculer mais y_A n'est plus unique. Il y a d'une part $y_{A1} = x_2 \cdot \tan(\alpha_1)$ qui mesure la différence de hauteur entre C et A et d'autre part $y_{A2} = x_1 \cdot \tan(\alpha_2)$ qui mesure la différence de hauteur entre B et A. Ces deux mesures diffèrent si les points C et B ne sont plus à la même hauteur. Que le sol soit plat ou non n'a plus la moindre importance, mais on perd en même temps l'opportunité de vérifier la cohérence des deux mesures. Pour connaître la différence de hauteur entre C et B les géomètres effectuent une mesure supplémentaire. Quand le théodolite est en B, une deuxième personne se place en C avec une règle graduée verticale. Avec la lunette du théodolite, on vise à l'horizontale la règle graduée. La hauteur lue par la lunette sur la règle graduée donne la différence de hauteur δ entre le point B et le sol en C. Cette fois $\delta - h_C$ nous donne la différence de hauteur entre B et C et y_{A2} doit être égal à $y_{A1} + \delta - h_C$.

5. De la théorie à la pratique

Préparatifs

Les étudiants se répartissent par équipes de 5. Le défi est le suivant : quelle sera l'équipe qui trouvera la meilleure estimation de la hauteur du paratonnerre ? Ensuite, ils devront rédiger un rapport de géomètre pour expliquer leur démarche et leurs résultats. Le rapport doit réexpliquer la méthode pour qu'elle soit accessible à quelqu'un d'extérieur. Ils semblent apprécier cette compétition et choisissent des noms exotiques à leurs équipes. Pour qu'en deux heures de cours, les étudiants puissent utiliser le théodolite et n'oublier aucune mesure, il faut préparer soigneusement cette sortie.

- Il s'agit d'abord d'expliquer le fonctionnement du théodolite, d'expliquer la graduation en grades (un angle droit, c'est 100 grades et pas 90). À cette fin, je téléphone régulièrement au géomètre pour obtenir les explications nécessaires. Le jour dit, je distribue un papier explicatif sur le fonctionnement du théodolite.

- Décider de ce que l'on mesure. J'ai choisi de comparer la hauteur du paratonnerre obtenue par la méthode « Roméo » à celle obtenue par la méthode des géomètres. Comme cette dernière produit deux mesures, on obtiendra au total trois mesures de la même hauteur. Il sera intéressant de voir si on réobtient trois fois la même valeur. Ils ont répété l'exercice pour la hauteur de la verrière de l'école. Ce fut une erreur car le manque de temps m'a forcé à finir les mesures rapidement sans que tous puissent y participer. Il en résulta à la fin un désintérêt de la part des étudiants inactifs.
- Ensuite, il s'agit de simuler sur papier, en classe, l'exercice auquel ils seront confrontés en extérieur. Dessiner explicitement le bâtiment, la place et les endroits où on placera le théodolite. Commentaire entendu : « Monsieur, on va vraiment aller dehors pour faire le cours de math ? ».
- Enfin, organiser la répartition des rôles dans l'équipe et organiser une feuille de rapport (qui mesure, qui note ?). Après quelques mesures notées en vrac sur leur cahier, il leur devient impossible de se souvenir de ce qu'elles signifiaient. Une bonne méthode consiste à réutiliser le dessin en perspective de la situation (fait en classe), d'y donner un nom aux angles et distances (d, α, …) et de placer leurs valeurs à côté de cette liste de noms.

Comme élément de motivation, je leur ai proposé qu'un tiers des points de l'examen soit attribué à ce travail de groupe. Obtenir à l'avance un tiers des points, ça les motive !

Le jour J


Nous disposons de deux heures de cours : pas assez pour que chaque équipe mesure elle-même (30 élèves). On choisit un élève qui fait la mesure pour tous. Toutes les équipes ont les même mesures, ce qui pousse certains élèves à se désintéresser de l'expérience (par moment, ils n'ont effectivement rien à faire). Disposer de trois théodolites permettrait d'éviter cela. L'année suivante, j'ai recommencé l'expérience avec une classe moins nombreuse (16 élèves) ; chaque équipe a pu cette fois manipuler le théodolite.
Manque de chance, c'est jour de marché et nous ne pouvons pas placer le théodolite aux endroits prévus. Pire, la marchande de biscuits vient placer son camion sur un emplacement de mesures et refuse de bouger. On verra que cela ne sera pas sans conséquence (une mesure sera mal interprétée). À la fin, Belgique oblige, il pleut, les élèves enrhumés rentrent et le géomètre dicte les mesures.

Analyse des résultats en classe

La semaine suivante, beaucoup ont des difficultés à relire les notes prises en extérieur (la pluie en a même effacé certaines). On récapitule ensemble les mesures prises en les insérant dans le schéma que je leur avais donné. Ensuite les étudiants commencent à travailler en équipe. Les élèves les plus faibles, très attentifs, se font aider par leurs camarades. Peu à peu, ils arrivent eux aussi à être autonomes et capables de résoudre les triangles par eux-mêmes. Surpris par leur motivation, j'ai généralement sous-estimé les plus faibles. Seuls 4 étudiants sur 30 étaient inactifs. Deux groupes resteront même une heure après la fin des cours pour continuer leur projet. Par peur que certains laissent leurs camarades faire tout le travail, j'ai redemandé d'expliquer la méthode « Roméo » lors de l'examen de fin d'année. Difficile pour l'enseignant que je suis de se défaire de sa propension à jouer l'inspecteur perpétuel.

Des mesures incohérentes ?

Rapidement, une des mesures ne semble pas correspondre à la situation sur le terrain. La « vue d'avion » contient un angle obtus qui produit une figure différente de la figure 4. Il se peut que l'angle mesuré soit en fait l'angle supplémentaire. Si l'angle est obtus, la résolution du triangle diffère de celle vue en classe (voir figure 2) car la hauteur du triangle est extérieure à celui-ci. Ceci illustre une difficulté inhérente au théodolite : en changeant d'emplacement la référence horizontale change aussi de direction. Le deuxième angle horizontal mesuré apparaît dans la lunette comme son supplémentaire. Lors des mesures en extérieur, il est donc crucial de comparer ce qu'on lit dans le cadran de visée à la situation réelle.

Une discussion en classe s'ensuit. L'écrasante majorité de la classe rejette l'angle obtus. Seul Bilal, un étudiant très faible en math, soutient le contraire.

Commission d'enquête et dénouement grâce aux photos

Pour trancher je propose de retourner en juger sur place. Sept élèves acceptent de retourner voir (l'année suivante, tout le groupe acceptera). Mais comment retrouver les points de mesure, les traces à la craie ayant été effacées par la pluie ? Je rappelle aux étudiants que des photos ont été prises. Trois étudiants viennent dans mon bureau pour inspecter les photos. Il apparaît que le point litigieux était le lieu du conflit avec la marchande (et son camion).

Figure 6 : Un camion gênant.

Figure 7 : La photo qui nous sauve.

La Figure 7 est l'initiative d'une étudiante. Elle nous sauvera en indiquant clairement l'emplacement litigieux. Dans la partie supérieure gauche de la photo, on aperçoit la base d'un réverbère. En comptant sur la photo le nombre de pavés qui la séparent du point litigieux, les étudiants ont pu retrouver celui-ci avec précision. La conclusion est sans appel : l'angle est obtus. Bilal ne comprend peut-être pas les équations du premier degré mais cela ne l'empêche pas de faire de bonnes déductions. L'année suivante, le problème se posera à nouveau (sans aucun camion à incriminer et sans photo miraculeuse). Les déductions furent un peu plus subtiles et quatre hypothèses s'affrontaient. Toute la classe participera, découpera des maquettes en papier pour chaque hypothèse et ira les comparer sur place. Encore une fois, un angle qui pour tous semblait aigu, s'est avéré être obtus.

6. Conclusions didactiques

Qualité des travaux et motivation

Tout au long du projet, l'application de la classe m'a étonné. Tous les travaux étaient de bon niveau et la moitié de qualité exemplaire (je les ai réutilisés tels quels pour donner un cours l'année suivante). Des élèves incapables de résoudre des équations du premier degré sont arrivés en un mois à maîtriser un problème complexe de niveau professionnel. Le sujet en lui-même est-il responsable d'une partie de leur motivation ? Ne nous leurrons pas, les points sont le facteur décisif qui permet d'entraîner une motivation générale et surtout des plus faibles. Néanmoins, une fois cette adhésion acquise, le projet doit avoir du sens pour entretenir leur motivation. Les points ne suffisent pas à mobiliser une énergie continue de leur part. Au final, ils se rendent compte qu'à un exercice abstrait, scolaire, correspond bien la résolution d'un problème réel. Beaucoup en doutaient au départ.

Possibilité de graduer les difficultés

Pour éviter la routine, il est bon d'ajouter d'autres problèmes comme une discussion sur la comparaison des deux méthodes (la méthode « Roméo » est-elle moins précise ?) et sur les erreurs de mesures. Il semble que seule la moitié studieuse de la classe en profite. Pousser toute la classe au même niveau demande de consacrer le double du temps à une moitié de la classe tandis que les plus avancés s'ennuient. Couper la classe en deux ? Consacrer tout mon temps aux plus faibles ? Une importante littérature existe à ce sujet mais elle sortirait du cadre de cet article. Vu les niveaux initiaux fort différents, ils ne peuvent tous parvenir au même stade. L'évaluation doit en tenir compte. Il ne faut pas minimiser la complexité du problème proposé. Lors d'une présentation du projet à Toulouse, plusieurs collègues ont contesté l'exactitude mathématique de la méthode utilisée. Il m'a fallu deux heures de discussion pour les en convaincre. Par conséquent, on peut déjà s'estimer satisfait si les étudiants les plus faibles arrivent à se réapproprier la méthode.

Lignes de force de ce type d'enseignement

Pour terminer je voudrais souligner les apports didactiques principaux de ce projet :

- La réappropriation du savoir scolaire. Le projet nécessite de la part des étudiants d'assimiler la matière en profondeur, de devoir la réexpliquer avec leur approche. Plusieurs étudiants m'ont fait remarquer que, pour une fois, ce problème ne serait pas oublié le lendemain de l'examen.
- Donner du sens au savoir scolaire. Pour beaucoup, l'école est un exercice de restitution abstraite pour un examen. Que ce savoir résulte de problèmes réels n'a rien d'évident. Beaucoup d'études ont montré que le savoir scolaire favorisait les enfants de milieux culturellement favorisés, habitués à formuler une situation dans un vocabulaire abstrait et généralisant. Tout le monde n'a pas appris à jongler avec une pensée qui se détache de la situation concrète dont elle est issue. Ce projet de géométrie avait aussi comme objectif de montrer l'utilité concrète du savoir abstrait. Les applications démontrées uniquement sur tableau ne sont pas forcément crédibles aux yeux des étudiants.
- La valorisation du travail de groupe. Souvent je demande à un étudiant du groupe de tout réexpliquer à son voisin. Je leur rappelle que la meilleure manière d'apprendre une notion, c'est de devoir l'enseigner (et ça vaut pour moi). Ce n'est pas par charité qu'ils doivent expliquer aux autres mais pour améliorer leur propre niveau. Certains étudiants sont ainsi institués « assistants du prof » et en sont très flattés.
- La valorisation des hésitations et erreurs (décrire dans le rapport les pistes abandonnées dans leur recherche). Le savoir se construit par essais et erreurs (même pour le professeur).
- Une évaluation sans surprise, déstressante, sur un sujet connu de longue date.