

Une fusée à eau pour prendre son envol en EPI

BENOÎT PASCAL ^[1], ANTHONY PICHARD ^[2]

L'EPI « fusée à eau » est facile à mettre en place avec les sciences physiques ; il est motivant pour les élèves et demande peu de moyens. Comment faire décoller les fusées à eau et les propulser le plus haut possible ? Comment mesurer l'altitude atteinte ? Retour sur une expérience simple à reproduire au collège.

Les EPI (enseignement pratique interdisciplinaire) sont obligatoires à la rentrée 2016. Pour les disciplines scientifiques, ces enseignements servent à officialiser les projets en co-animation. C'est le cas de la 3^e prépa professionnelle du collège E. Chevreul de l'Haÿ-les-Roses. À l'origine, la co-animation entre la physique et la technologie a été mise en place pour faciliter les moments de manipulation avec des élèves difficiles à tenir en travaux pratiques. Le projet devait avoir un lien fort entre les deux matières et répondre aux deux programmes. C'est ainsi que les fusées à eau ont été choisies, simples, faciles à mettre en place, peu coûteuses et très attrayantes pour les élèves.

Organisation de l'année

Pour construire la progression, les professeurs ont fait le choix d'avoir un objectif de fin d'année : faire décoller des fusées à eau lors des portes ouvertes. Puis, les professeurs ont préprogrammé des leçons en fonction de l'avancement des élèves afin de savoir à quel moment les notions du programme devaient être vues. Nous verrons plus loin les leçons qui seront associées à la co-animation.

Séance 1

Début septembre, les professeurs présentent le projet aux élèves et posent la problématique. « Comment fabriquer une fusée à eau et la tester ? » Pour impulser le projet, le professeur de technologie explique le mode opératoire. La base de lancement est un bouchon de liège dans lequel une valve de voiture sera insérée en force. L'étanchéité est assurée par l'adhérence du bouchon de liège au goulot de la bouteille

mots-clés

énergie,
EPI

de soda. Puis, après avoir questionné les élèves, le professeur de physique explique le principe de propulsion de la fusée à eau. L'eau est chassée par l'air sous pression dans la bouteille. Les élèves doivent dès la première séance faire un tableau comparatif des fonctionnements entre les fusées à eau et les fusées spatiales à partir de leurs propres connaissances.

Séances 2 et 3

Une fois les prérequis évalués, les élèves doivent chercher par eux-mêmes comment fabriquer la fusée. Ils disposent chacun d'une feuille blanche pour dessiner « leur » fusée à eau. En fin de séance, lors de la mise en commun, les professeurs listent les éléments à fabriquer pour concevoir la première fusée à eau. Deux éléments sont à fabriquer : les ailerons et la coiffe de la fusée. La semaine suivante, les élèves doivent apporter une bouteille de soda de 2 L. Les professeurs fournissent du carton et des moyens de collage. Les élèves doivent alors décider par binôme de la forme des ailerons qui devront faire tenir la fusée debout et du moyen de collage. Souvent, des élèves utilisent un pistolet à colle chaude, ce qui fait fondre les bouteilles en PET. Il est important de laisser les élèves se tromper afin qu'ils comprennent leur erreur. Lors des deux séances de fabrication, beaucoup de binômes referont plus de deux fois leur fusée, car leurs ailerons ne seront pas assez solides pour rester attachés à la bouteille lorsque celle-ci sera remplie d'eau.

Séance 4

Les élèves sont fin prêts pour faire décoller leur premier prototype de fusée à eau. Afin de respecter le principe d'apprentissage par erreur ou tâtonnement, seules les consignes de sécurité sont données. Chaque binôme doit faire son mélange air-eau. On constate que la majorité des groupes remplit quasiment à ras bord leur bouteille. Lors du décollage de la première fusée avec très peu d'air et beaucoup d'eau, beaucoup d'élèves sont déçus. Après une rapide analyse, et le rappel par le professeur de physique concernant le mélange air-eau, les élèves décident d'eux-mêmes de retirer de l'eau. À la fin de la séance, les élèves concluent qu'il serait intéressant de connaître le mélange optimum air-eau afin de faire partir la fusée le plus haut possible.

[1] Professeur de technologie au collège E. Chevreul à l'Haÿ les Roses (94)

[2] Professeur de physique au collège E. Chevreul à l'Haÿ-les-Roses (94)

Séance 5

La séance commence par l'analyse vidéo de l'essai de la séance 4. Les élèves proposent un protocole pour définir la bonne quantité d'eau à mettre dans la bouteille. Le professeur de physique en profite pour expliquer ce qu'est un dosage. On revoit le principe de ménisque pour la lecture de la hauteur d'eau sur les éprouvettes et, plus important, le calcul du coefficient de dosage. Les professeurs en profitent pour refaire un point sur les notions mathématiques de proportionnalité. Ainsi, les professeurs illustrent concrètement l'utilité des notions mathématiques parfois floues pour les élèves. Enfin, les élèves définissent les coefficients qu'ils auront à tester.

Séances 6 et 7

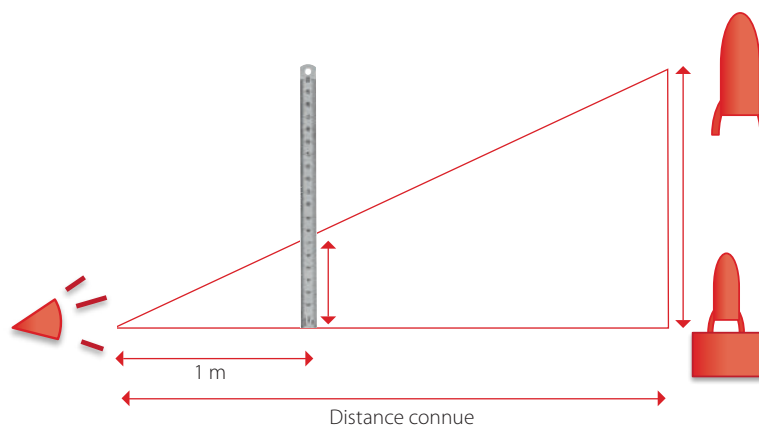
C'est la seconde séance de manipulation. Lors de la préparation de la phase de lancement des fusées, les élèves se répartissent les tâches. Pour arriver à leur fin, trois élèves filment avec leur téléphone portable les essais des fusées. Grâce à la précédente session vidéo, les élèves savent que la caméra ne doit pas bouger et qu'il faut des points fixes dans le champ de la caméra pour pouvoir comparer les hauteurs. Trois autres élèves les assistent afin de noter le nom de la vidéo avec la quantité d'eau testée. L'objectif est de pouvoir comparer les vidéos par la suite. Deux élèves réalisent les dosages, deux élèves préparent les fusées, deux autres notent les résultats ; les élèves restants feront décoller les fusées à tour de rôle.

Lors de la séance 7, les élèves refont une analyse vidéo : ils comparent et classent les vidéos grâce à des points fixes pris sur des bâtiments alentour. Les élèves expriment le besoin de connaître la hauteur exacte des essais. Le professeur de technologie fait alors un rappel du théorème de Thalès et explique comment les mathématiques vont pouvoir les aider à calculer la hauteur. Malheureusement, pour pouvoir calculer la hauteur, il manque un élément de petite taille entre la fusée et le point de prise de vue contenu dans le champ de la caméra **1**. Les élèves décident alors que, pour les futurs essais, on placera à « 1 m » de la caméra une règle dont le 0 sera sur la ligne entre l'objectif et la base de lancement des fusées à eau. Pour les futures séances d'analyses vidéos, les élèves pourront calculer la hauteur atteinte par les fusées grâce au théorème de Thalès.

Lors de l'analyse des vidéos, trois essais s'avèrent similaires. Les élèves décident de faire une quatrième série d'essais. Cette fois-ci, ils feront trois fois les mêmes essais pour faire la moyenne des hauteurs et avoir des résultats plus justes.

Malgré trois essais avec des volumes d'eau identiques, les hauteurs atteintes par les fusées restent hasardeuses. Les professeurs reprennent la main sur le cours, en demandant aux élèves de se poser la question suivante : « Pourquoi nos essais sont si différents, alors qu'il y a le même volume d'eau ? ». Les élèves émettent comme hypothèse qu'il faut pomper de la même façon et le même nombre de fois. Le professeur de physique explique le principe de la pression dans la bouteille et le professeur de technologie explique comment mesurer la pression avec le manomètre de la pompe à pied. Des élèves réagissent et expliquent aux autres qu'il y a un risque que la pression ne soit pas la même d'une bouteille à l'autre « car, par exemple, à 5 bars, une bouteille peut ne pas partir, alors qu'une autre bouteille peut partir avant 5 bars ». Les élèves viennent, sans s'en rendre compte, de définir leur problème. Ils sont bloqués, car ils ne voient pas l'issue.

Le professeur de physique explique le principe de l'adhérence du bouchon et de la pression dans la bouteille. La notion d'état d'équilibre est difficile à faire comprendre, mais elle est facilement imaginable avec un schéma. Pour mieux imaginer le phénomène, le professeur de physique



1 Schéma du théorème de Thalès en application

fait faire une expérience pour mettre en évidence le point d'équilibre. On remplit un tube à essai d'eau, on pose un papier dessus, puis on retourne le tube à essai. La feuille de papier reste collée au tube à essai, mais se décolle au moindre choc, c'est-à-dire dès que l'on rompt l'état d'équilibre. Puis, le professeur de technologie explique pourquoi notre système a des niveaux d'adhérence différents entre deux essais : la profondeur d'enfoncement du bouchon dans le goulot de la bouteille et le principe de force pour enfoncer le bouchon. Plus on force pour enfoncer le bouchon, plus la force d'adhérence est importante. Puis, avec un questionnement entre les élèves et le professeur, les élèves finissent par dire qu'il faut trouver un autre moyen de faire décoller la fusée pour ne plus avoir de bouchon en liège qui assure l'étanchéité. Enfin, ils se fixent comme contrainte de ne pas trouver un moyen qui utilise le principe de l'adhérence pour faire décoller la bouteille et de trouver un système d'étanchéité entre la bouteille et la base de lancement.

Séance 9

Les professeurs décident d'envoyer les élèves rechercher sur internet des solutions de bases de lancement respectant les deux contraintes fixées précédemment. Il n'est pas nécessaire de leur faire réinventer les principes des bases de lancement, mais de trouver un ou plusieurs systèmes faciles à réaliser et compréhensibles par eux-mêmes. Cette démarche permet aux élèves de s'approprier beaucoup plus facilement la solution technique. Lors de cette séance, les élèves ont comme objectif de fournir une fiche descriptive de leur système, avec un schéma de principe, une liste de matériel, une description de 5 à 10 lignes du principe de fonctionnement sans oublier de citer leurs sources numériques.

Séance 10

Les élèves présentent leur travail à la classe entière. Puis, la classe décide de ne retenir que deux bases de lancement sur les quatre types proposés. Les élèves forment des groupes de 4-5 élèves par solution, se mettent d'accord sur les points de détails de chaque solution, fournissent une liste de matériel aux professeurs pour la séance suivante. La première solution choisie est une base dont l'étanchéité est assurée par l'appui de la bouteille de soda sur une chambre à air de vélo **2**. Le système de déclenchement se fait en tirant sur le U métallique afin de libérer la bouteille. La seconde solution est fondée sur le système d'arrosage « gardena ». Le principe est simple, on assemble un embout « gardena » sur une bouteille de soda et, en faisant descendre la bague de maintien de l'embout femelle, la fusée décolle **3**.

Séances 11, 12 et 13

Deux séances sont consacrées à la réalisation des bases de lancement. L'accent sera mis sur la répartition des rôles dans les groupes, le respect des règles de sécurité et le respect des délais de fabrication.



2 Base de lancement « chambre à air »



3 Base de lancement « gardena »

Lors de la dernière séance, les élèves se répartissent eux-mêmes les tâches comme lors des précédents essais. Ils vont devoir comparer leurs résultats et calculer les hauteurs avec le théorème de Thalès. Comme l'objectif de départ est de présenter leur travail aux portes ouvertes, les élèves vont présenter leur projet au moyen d'un logiciel de création de diaporama incluant des animations automatisées. ■