

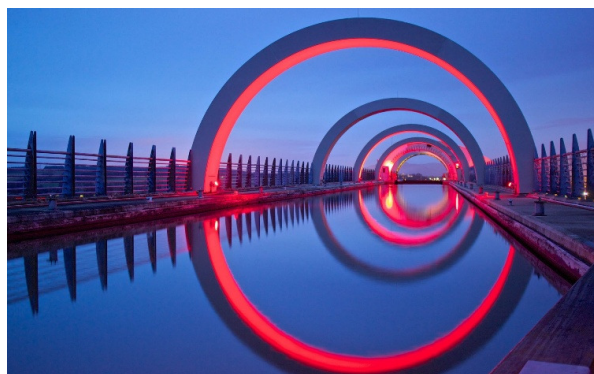
LA ROUE DE FALKIRK À TAMFOURHILL

Christelle KUNC

Déplacements au fil de l'eau

Lorsque cette jolie photo « Microsoft » est apparue sur mon fond d'écran, j'ai voulu en savoir plus.

Il s'agit en fait de la roue de Falkirk à Tamfourhill en Ecosse.



En regardant cette photo, prise au crépuscule, on ne peut pas deviner qu'au bout de ces anneaux, ce paisible canal permet de rejoindre une voie navigable située en contrebas, 24m plus bas, dans la campagne verdoyante à l'aide d'une machine spectaculaire : il s'agit du seul ascenseur à bateaux entièrement rotatif au monde. Auparavant, l'Union canal et le canal de Forth et Clyde étaient reliés par un système d'écluses en escalier de 11 voies, dont la traversée prenait près d'une journée. Depuis son ouverture en 2002, il faut environ 5 min.

Installés dans le dernier tronçon de cet aqueduc, les bateaux confortablement installés à l'horizontale dans une télécabine de type « baignoire », vont être portés par des bras pivotant autour d'un essieu de 3,60m dans le sens des aiguilles d'une montre, pour passer d'un niveau à l'autre, dans les deux sens.

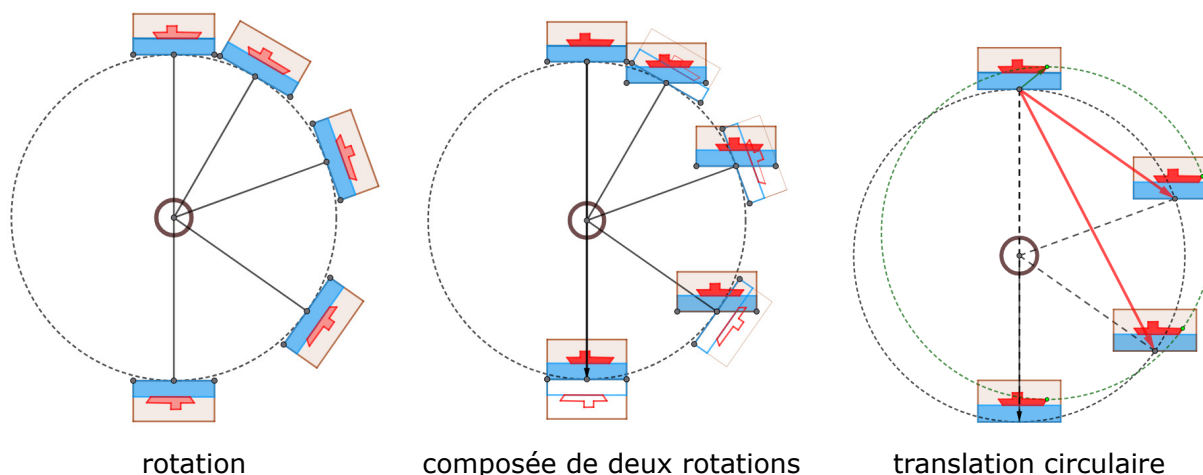


Voici deux photos offertes par une adhérente voyageuse illustrant cette réussite d'ingénierie qui mérite vraiment le détour.

Mais que peut-on dire du déplacement suivi par un bateau passant d'un canal à l'autre ?

Plaçons-nous dans le plan longitudinal.

Si les positions finales et initiales des bacs semblent symétriques par rapport au centre de l'essieu, le bateau n'effectue pas une rotation (demi-tour) puisqu'il reste toujours horizontal et ne se retrouve pas «la tête en bas» ! Pour le décrire mathématiquement, il faudrait composer à chaque instant deux rotations de centres différents, l'une permettant de suivre la trajectoire circulaire, l'autre de conserver la position horizontale.



Un mouvement de translation circulaire d'un objet est un mouvement plan où tous les points de l'objet ont des trajectoires qui sont des cercles de même rayon mais de centres différents. Ici, chaque point du bateau décrit un cercle (en vert) obtenu par la translation d'un vecteur qui transforme le point d'attache à la roue en ce point.

Nouveaux programmes de cycle 4

Une étude des textes des nouveaux programmes du cycle 4 concernant les transformations du plan nous permet de constater plusieurs points.

Focus sur le demi-tour

Dans ces textes, la symétrie centrale est désormais plutôt nommée **demi-tour**, et ce n'est pas un détail. En effet, tous les enseignants de mathématiques ont pu constater que le mot « symétrie » renvoie toujours naturellement l'élève vers la symétrie axiale ou orthogonale, étudiée en premier, dès l'école primaire. Si la symétrie axiale est associée au mouvement du pliage, ou à l'image du miroir, la symétrie centrale doit être associée à l'image d'une rotation autour d'un point de 180° , soit un demi-tour, manipulation que l'élève doit effectuer pour mettre en place une bonne image mentale. J'espère que cette proposition de vocabulaire (déjà utilisée par un certain nombre d'enseignants) trouvera sa place dans les choix didactiques de nos collègues.

Dans le même ordre d'idée, je soulève la difficulté pour les élèves de comprendre le demi-tour lorsqu'il est introduit comme composée de deux symétries axiales d'axes perpendiculaires, activité retrouvée régulièrement ces dernières années dans les classes. Si cela tient la route mathématiquement et pourrait sembler intéressant puisque cela utilise des prérequis sur la symétrie axiale, j'ai pu constater qu'à la suite de cette introduction la mise en place de l'image mentale du demi-tour chez l'élève ne se fait pas bien.

Pour que l'élève puisse identifier correctement un demi-tour, et ne pas le confondre avec la symétrie axiale, il semble plus efficace de l'introduire en effectuant le bon mouvement : **l'élève doit voir un motif tourner de 180° autour d'un point !**

Pistes :

montrer le mouvement dans une vidéo, un manège qui tourne, retourner des cartes à jouer, etc...

Pour la construction, utiliser des cercles comme supports peuvent faciliter l'utilisation du compas.

Vous trouverez ci-dessous une ancienne activité proposée dans la brochure de Géométrie 5e rédigée par l'IREM de Lorraine en 1997 et qui illustre ce choix d'introduction. Après avoir fait tourner un motif floral à l'aide d'un calque, les élèves sont invités à compléter les deux figures suivantes.

(Suggestion : on pourra remplacer « figure symétrique » par « figure obtenue par demi-tour »)

2 Tous les cercles de la *figure 1* ont pour centre **O**.
En utilisant seulement ta règle non graduée, construis la figure symétrique de la fleur par rapport au point **O**.

3 En raison de la rotation de la Terre autour de l'axe des pôles, chaque étoile du ciel semble décrire un cercle centré sur l'étoile polaire (pour les habitants de l'hémisphère nord). Ce cercle est parcouru en **24 heures** (à quelques minutes près).
La *figure 2* indique la position de la grande Ourse en janvier vers **6 heures** du matin.
Dessine la position occupée par la Grande Ourse vers **18 heures**, en janvier.

Quid de la rotation

Dans le programme de 2018, les élèves devaient « comprendre l'effet d'une translation, d'une symétrie axiale et centrale, d'une rotation et d'une homothétie d'une figure . [...] Les définitions ponctuelles d'une rotation, d'une translation et d'une homothétie ne figur[ai]ent pas au programme ».

Dans le nouveau programme de cycle 4, nous ne retrouverons plus la rotation, ni l'homothétie.

Le grand retour du vecteur

En revanche, on peut noter que l'étude de la translation introduite en 4e sera complétée en 3e par la définition de son vecteur et aussi la définition ponctuelle avec le parallélogramme. La somme de deux vecteurs et la relation de Chasles sont également au programme.

Place des automatismes

On s'aperçoit que la place des automatismes est davantage précisée dans les textes des nouveaux programmes. Leur objectif est de permettre des retours réguliers sur les contenus (Cf Courbe d'Ebbinghaus et répétition espacée) pour favoriser l'apprentissage et le travail de mémorisation. Et il ne s'agit pas que de faire des calculs. Par exemple, concernant la notion du demi-tour, si elle est définie en classe de 5e, il est noté qu'il sera intéressant de proposer « des tracés à effectuer dans les automatismes de 4e ». De même, en classe de 3e, on propose en automatismes de « mobiliser les connaissances sur la symétrie axiale, le demi-tour, la translation ».

Parce que revoir une notion, ce n'est pas refaire un cours ! On pourra proposer par exemple diverses figures, frises, décors, ou montrer des mouvements, et demander aux élèves d'essayer de les identifier. De plus, de même que dans l'apprentissage de la proportionnalité, il est nécessaire de proposer des situations qui ne relèvent pas directement d'une transformation du programme, pour faire réfléchir les élèves. Dans ce cadre, notre roue de Falkirk pourrait trouver sa place en mettant l'élève en situation de raisonner sur les propriétés des transformations qu'ils connaissent.

D'autres exemples : bateaux et funiculaires

Le plan incliné d'Arzwiller

Pour illustrer la translation, il est possible de trouver dans le même esprit d'autres ascenseurs à bateau.

En Lorraine, nous avons depuis 1969 le plan incliné d'Arzwiller, situé sur le canal de la Marne au Rhin. Un peu moins spectaculaire, le mouvement fonctionne également sur le principe du contrepoids, mais cette fois il est linéaire. Ce plan incliné a remplacé un système de 17 écluses et est emprunté par 500 à 600 péniches chaque année !

La translation du chariot-bac de 900 tonnes permet de hisser doucement 44,55 m plus haut les bateaux placés perpendiculairement à la pente (de 41%).

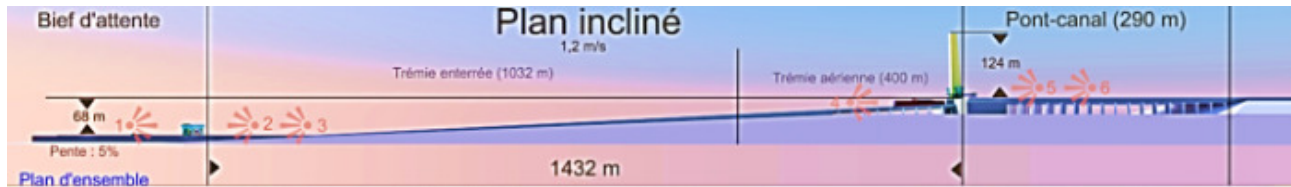


Dessin à l'entrée du site

Le point commun de ces constructions est aussi d'être peu consommatrices en énergie. C'est à l'aide d'un système de contrepoids que le caisson peut monter et descendre. Il suffit de lester ou délester le caisson de 20 tonnes d'eau de plus ou de moins que les contrepoids (450 tonnes) pour faire descendre ou monter le caisson le long de la rampe.

Pont-canal entre Charleroi et Bruxelles

Sur le même principe, et installé à la même époque (1968) nous trouvons aussi chez nos voisins belges, sur le canal Charleroi-Bruxelles un ascenseur à bateaux installé sur un long plan incliné qui compense un dénivelé de 68m. Cette fois, les bateaux installés dans le bac peuvent rester face à la pente et poursuivre leur navigation sur un pont-canal.



Pour compléter la collection, nous pouvons aussi évoquer les ascenseurs hydrauliques à bateaux du Canal du Centre en Belgique, classés au patrimoine mondial par l'UNESCO en 1998. Grâce au principe d'Archimède et celui des vases communicants, l'énergie nécessaire au fonctionnement reste faible.

Ici, les déplacements sont tout simplement des translations verticales, de haut en bas et de bas en haut.

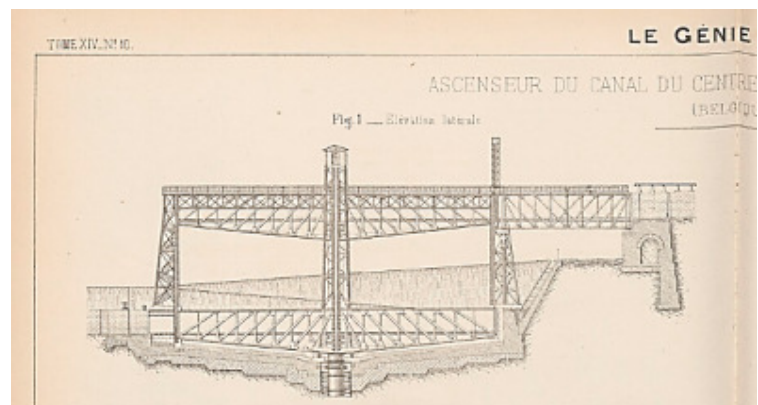


Planche publiée dans "Le Génie civil" du 5 janvier 1889

Gallica [ARK f66 bpt6k6479251w f66](#)

Funiculaire de Bom Jesus do Monte

Pour finir, j'avais envie d'évoquer un funiculaire datant de 1882 découvert au Portugal au sanctuaire de Bom Jesus près de Braga. C'est le plus ancien funiculaire du monde encore en activité qui utilise un système de contrepoids d'eau.

Avec un dénivelé de 116 m et une pente moyenne de 42%, il permet à ses passagers de ne pas grimper les 573 marches de l'escalier baroque monumental et offre de belles vues.

Deux cabines reliées par un câble circulent sur des rails inclinés. La cabine située en haut est remplie d'eau dans un réservoir situé sous son plancher. Lorsque son poids est suffisant pour la faire descendre, elle tire simultanément l'autre cabine reliée par un câble située en bas qui va alors monter. La cabine du bas est vidée, celle du haut se remplit, et le mouvement peut reprendre.





On peut voir le système d'arrivée d'eau (pompée sur place) qui permet de remplir manuellement le réservoir du funiculaire.



Ce fonctionnement écologique et silencieux, témoignage du génie technique du 19e siècle est encore en fonction de nos jours.

Pour aller plus loin...

Ces ouvrages d'art et d'ingénierie m'ont forcément évoqué l'activité du téléphérique qu'utilisent souvent nos collègues de mathématiques pour introduire la notion de translation en classe.

En plus d'illustrer de bien belles translations, on peut aussi avec ces ascenseurs à bateaux travailler les grandeurs et mesures à partir des informations trouvées sur la vitesse des déplacements, les volumes d'eau des différents sas ou leurs masses. De belles images d'engrenages ou une étude de la faible consommation énergétique pourraient inspirer nos collègues dans leurs recherches d'activités mathématiques.

Quelques vidéos qui permettent de visualiser ces déplacements et d'autres ressources :

- En Ecosse : <https://www.facebook.com/kiltalaharpe/videos/la-roue-de-falkirk-en-anglais-falkirk-wheel-est-un-ascenseur-%C3%A0-bateaux-rotatif-r/849454297043598/>
Avec les engrenages : <https://jolaberge.blogspot.com/2014/04/falkirk-wheel.html>
- En Lorraine, le plan incliné d'Arzwiller : <https://www.dailymotion.com/video/x6og48a>
- En Wallonie, ascenseur à bateaux du canal du centre : <https://www.dailymotion.com/video/x10usjh>
- Le plan incliné de Ronquières : <https://www.youtube.com/watch?v=CPLxyn4sak4>

Voilà donc quelques idées à exploiter **au fil de l'eau**.