

Avant-propos

C'est probablement une déformation professionnelle (je suis professeur de physique-chimie au lycée) et j'aurais du mal à dire exactement quand ça a commencé mais il ne se passe pas une journée sans que je ne voie ou que je ne recherche les lois physiques qui gouvernent les événements de ma vie quotidienne.

Dans l'après-midi qui a précédé ces quelques lignes, j'ai dû faire la vaisselle.

Tâche ingrate s'il en est mais l'espace laissé par le jet d'eau du robinet au fond de l'évier et la variation de son diamètre avec la force du jet, la formation de la mousse et l'entraînement des graisses, la déviation de la lumière à la traversée d'un verre avec parfois la chance de voir apparaître des couleurs, la déformation des objets vus à travers le bac de rinçage rempli d'eau m'ont fait passer le temps et sont quelques exemples de la façon dont je vois le monde qui m'entoure.

J'ai trouvé récemment une excellente illustration de cette perception du quotidien. Il s'agit d'un dessin d'Abstruse Goose (et je me demande bien si son prénom est Abstruse ou Goose, ou même si ces deux mots constituent bien un nom) dont le titre est *This is how scientists see the world (Voilà comment les scientifiques voient le monde)*¹.

Ce dessin se compose de deux cases : sur la première on voit un lapin qui mange une carotte au bord d'une rivière, par une belle journée ensoleillée.

La rivière court vers une montagne dans le lointain. À proximité du lapin, quelques arbres et au premier plan une fougère alors que dans le ciel volent des oiseaux.

Finalement, rien de compliqué dans ce dessin, quelques traits de crayon dressant une scène bucolique.

En dessous de cette première case, il y en a une autre. Le dessin est le même mais il est maintenant rempli d'équations fondamentales de Physique (un peu de biochimie aussi, je le concède).

De vos études secondaires vous devriez pouvoir reconnaître la loi universelle de la gravitation de Sir Isaac Newton, ou encore l'oxydation du glucose dans le processus de respiration, peut-être même identifieriez-vous les quatre équations si fondamentales de James Clerk Maxwell (même si pour celles-ci, il faudra avoir un peu fréquenté les bancs de l'université ou des classes préparatoires et poursuivi l'étude de la Physique après le baccalauréat).

1. <http://abstrusegoose.com/275>

Les oiseaux sont toujours présents mais ils subissent maintenant une pluie de particules élémentaires d'origine probablement cosmique, un bombardement de neutrons, d'électrons, de muons et autres pions, tandis qu'on peut lire dans le cercle figurant le Soleil les équations de fusion thermonucléaire à l'origine de son énergie gigantesque. Au beau milieu du dessin figure l'équation d'Erwin Schrödinger (hélas plus connu pour son chat mort-vivant que pour cette équation si élégante), une des pierres angulaires de la mécanique quantique.

Voilà exactement comment la Physique (avec une majuscule pour cette grande dame) décrit le monde : en recherchant les lois qui le gouvernent, en les traduisant dans le langage universel des mathématiques et finalement en permettant de saisir une réalité complexe grâce à quelques signes et quelques lettres¹.

Les découvertes en Physique nécessitent maintenant du matériel complexe et évolué, un laboratoire bien équipé et des chercheurs motivés.

Cependant chacun peut faire des expériences à la maison, avec peu de choses on peut retrouver, illustrer et surtout comprendre certains des grands principes qui régissent le monde qui nous entoure.

C'est précisément ce que je propose dans ce livre.

Je vais vous soumettre des expériences que vous pourrez mener à la table du salon (ou de la cuisine si vous préférez) mais qui, contrairement à ce que l'on peut lire dans tant d'ouvrages, ne s'arrêtent pas à l'aspect qualitatif de la manipulation.

Chacune des expériences, ou presque, a pour objectif d'établir un lien mathématique entre les grandeurs observées (et ainsi décrire simplement la loi les unissant) ou bien celui de déterminer une grandeur fondamentale, comme par exemple la vitesse du son dans l'air, la masse de la Terre ou encore le rayon de la Lune.

J'ai testé et vérifié chacune de ces expériences chez moi, avec les moyens du bord.

Certaines expériences ont en plus été soumises à la sagacité de mes élèves, de la seconde à la terminale scientifique.

Si certains d'entre eux lisent ces quelques lignes, qu'ils soient ici remerciés pour leur implication ou pour leur absence d'intérêt le cas échéant car cette dernière situation est un moteur puissant de renouvellement des idées (enfin ça, c'est ce que j'écris avec le recul parce que sur le coup, c'est surtout extrêmement décevant).

J'espère que ces expériences vous paraîtront suffisamment originales pour vous y impliquer et y consacrer le temps nécessaire.

1. Il y a une version détournée de ce dessin qui s'appelle *This is how literature majors see the world* (*Voilà comment les littéraires voient le monde*) mais elle trouvera sa place dans un autre ouvrage.

Leur présentation, elle, n'est pas vraiment originale : une brève introduction précise le contexte, la situation étudiée et la question soulevée. Elle est suivie de la liste du matériel nécessaire ou conseillé (et qui doit être très facile à se procurer, souvenez-vous) et enfin quelques informations utiles complètent l'ensemble.

Une seconde partie contient la réponse, c'est-à-dire le schéma ou la photographie du montage expérimental, les mesures que j'ai obtenues et la loi mathématique que j'ai pu établir ou vérifier ou encore la grandeur que je cherchais à déterminer.

Une dernière partie, intitulée *Pour aller plus loin*, permet d'élargir la réponse, de la rapprocher d'un autre domaine, de donner l'origine de certaines informations fournies dans la première partie ou bien propose une autre expérience à mener pour compléter ou approfondir celle déjà réalisée.

J'ai dû organiser toutes ces expériences en grandes catégories classiques : *Mouvements et forces*, *Autour du son*, *Optique et Lumière* et une quatrième catégorie un peu fourre-tout que j'ai appelée, avec beaucoup d'originalité, *Divers* et qui regroupe quelques manipulations traitant notamment des fluides et du magnétisme.

Enfin dans une dernière section, appelée *Sources, références et autres...*, je présente quelques sites ou ouvrages de référence sur lesquels je me suis appuyé et qui permettront au lecteur de poursuivre ses investigations. S'y trouve également une brève revue des possibilités qu'offre un smartphone en termes de capteurs. Un concentré technologique dont il serait dommage de se priver en salle de classe par exemple.

J'ai passé plusieurs mois à structurer, à vérifier, à développer ces expériences pour les partager avec vous. À rechercher des articles scientifiques de référence détaillant ou approfondissant ces expériences. Dans ce travail de longue haleine, j'ai pu compter sur l'aide précieuse de mon ancien Maître de stage, relecteur attentif, minutieux et rigoureux. Un ami fidèle grâce à qui j'ai pu étoffer et détailler plusieurs passages. C'est lors de discussions passionnantes et fructueuses qu'ont émergé certains des développements donnés dans la partie *Pour aller plus loin*. Pour tout ça et bien plus, je te remercie Gérard.

Je remercie également et bien évidemment mon épouse, première lectrice de ma prose, elle qui m'a décidé à me lancer dans l'écriture de cet ouvrage malgré mes réticences, qui m'a soutenu, encouragé et qui a surtout supporté les différents essais que j'ai menés à la maison, au détriment de la tapisserie à refaire ou du plafond à repeindre. Je t'aime Chérie.

Merci enfin à mes fils de m'avoir prêté leurs jouets : *Lego*[®], *Meccano*[®], billes, guitares et autres barreaux aimantés. J'ai tout remis en place les gars.

Allez, passons à la Physique !

J'espère que vous aurez autant d'intérêt et de plaisir à faire, à refaire et bien sûr à améliorer ces expériences que j'en ai eues à les rédiger, à les tester et à les soumettre année après année à mes élèves.

Et si le cœur vous en dit, n'hésitez pas à déposer vos propres résultats et améliorations à cette adresse : PeserLaTerre@gmail.com.

Je serai ravi de vous lire.

Mouvements et forces

*Où il est question d'amortisseur de voiture, de balles de golf, de maladroites sur la Lune,
de bac de rangement, de masse de la Terre ou encore d'oiseaux méchants...*

1

Profondeur moyenne de l'océan Pacifique avec un bac de rangement

En utilisant les informations enregistrées lors du terrible tsunami engendré par le tremblement de terre survenu au Japon en mars 2011 et un bac en plastique, il est possible de déterminer la profondeur moyenne de l'océan Pacifique.

De quoi rentabiliser le temps passé à déambuler dans un grand magasin suédois.



Matériel Un bac de rangement en plastique rectangulaire d'environ $40 \times 25 \times 15$ cm
Un chronomètre (les smartphones sont nombreux à proposer cette fonction)
Un réglet
De l'eau



Information 1 La distance séparant le Japon des côtes du Chili est proche de 17×10^3 km d'après *Google Maps*. Il aura fallu 22 h 15 pour que la perturbation créée par le tremblement de terre au Japon atteigne le Chili.

Information 2 Si on note v la vitesse de propagation d'une vague et h la profondeur de l'eau, on peut écrire que $\frac{v^2}{h} = \text{constante}$ dans les conditions de cette étude.

À vous de jouer

- Proposer une ou plusieurs manipulations qui permettront d'obtenir la profondeur moyenne de l'océan Pacifique en utilisant le matériel mis à disposition.
- Mettre en œuvre votre idée et comparer votre résultat avec la valeur classiquement admise de 4,3 km.

Réponse

Puisque la distance Japon-Chili et le temps de propagation sont donnés, il vient assez naturellement à l'idée de déterminer la vitesse de propagation du tsunami. En effet la vitesse est directement liée à la profondeur h de l'eau d'après l'information 2.

Ainsi si on connaît v et la constante, alors on pourra déterminer h .

Pour déterminer cette constante qui nous manque, c'est là qu'il faut utiliser le matériel disponible. On verse de l'eau dans le bac et on mesure la profondeur h correspondante.

En levant légèrement l'une des extrémités et en la laissant retomber, on crée une vague qui va se déplacer à la surface de l'eau, se réfléchir et parcourir ainsi plusieurs fois la longueur ℓ du bac avant de s'atténuer.

On peut mesurer le temps t nécessaire pour parcourir plusieurs fois ℓ , par exemple 4ℓ .

On peut alors calculer v par $v = \frac{4\ell}{t}$ pour différentes valeurs de h .

Reste finalement à calculer $\frac{v^2}{h}$ pour obtenir la constante.

Résultats J'ai utilisé une cuve de longueur $\ell = 36$ cm. Voilà les résultats que j'obtiens.

h (cm)	0,8	3,3	4,1	2,0	1,5	1,0
v (m/s)	0,28	0,55	0,62	0,45	0,37	0,31
v^2/h (m/s ²)	9,8	9,2	9,4	10,1	9,1	9,6

J'obtiens ici une valeur moyenne de 9,5 m/s².

On calcule la vitesse du tsunami :

Ce qui conduit à $v = \frac{17 \cdot 10^6}{22 \times 3600 + 15 \times 60} = 212$ m/s.

Ainsi $h = \frac{v^2}{\text{constante}} = \frac{212^2}{9,5} = 4,7$ km.

Ce résultat est proche de la valeur communément admise.

L'écart est proche de 9 %. Ça peut paraître beaucoup mais il est tout de même extrêmement satisfaisant de se dire qu'un simple bac de rangement nous a permis d'estimer la profondeur de l'océan Pacifique.

Et en plus, une fois le bac sec, on peut même y ranger les objets qui traînent !

Pour aller plus loin

L'étude de la propagation des vagues à la surface de l'eau est complexe mais dans certaines conditions (justement celles de cette expérience) le lien entre la vitesse de propagation (v) et la profondeur (h) ne fait intervenir que l'intensité de la pesanteur g , qui s'exprime en m/s^2 ou encore m.s^{-2} .

Un outil très puissant en physique est l'*analyse dimensionnelle*. Un nom a priori compliqué mais qui repose sur une idée simple : une égalité ne peut exister que si les expressions de part et d'autre du signe égal ont la même unité. On dit que l'expression est *homogène*.

Dans le cas présent, v est en m/s (m.s^{-1}), h est en m et g en m.s^{-2} .

Il vient rapidement que la solution la plus simple unissant ces 3 grandeurs et assurant l'homogénéité de la relation est $v^2 = g \times h$ ou encore $\frac{v^2}{h} = g$.

Sur Terre g vaut en moyenne $9,8 \text{ m/s}^2$.

C'est donc cette valeur qui est attendue lors des mesures.

Avec $9,5 \text{ m/s}^2$, je ne suis pas très loin du résultat et en multipliant les mesures je suis convaincu de diminuer encore l'écart.

D'ailleurs une façon simple d'augmenter la précision des mesures serait de filmer la propagation de la vague (c'est si facile avec un smartphone) afin de déterminer le plus justement possible la durée des allers-retours.

Il faut cependant garder à l'esprit que chaque mesure est entachée d'une incertitude, d'ailleurs le traitement des incertitudes en physique (et en chimie) remplit de nombreux ouvrages.

- 📷 Une photographie de l'encyclopédie Wikipedia montre clairement la propagation du tsunami de 2011, elle est disponible à cette adresse raccourcie : <http://tiny.cc/3e845x>