

Dossier pédagogique 2011



Calendrier 2011 - Embarcadère du Savoir Ludicosciences

www.embarcaderedusavoir.be/calendrier2011



Contact : Embarcadère du Savoir

Université de Liège - Institut Zoologique - Quai Edouard Van Beneden, 22 - 4020 Liège
Tél. : +32 (0)4/366 96 50 - Email : eds@ulg.ac.be - site web : www.embarcaderedusavoir.be

Table des matières

Biologie

Fiche 1 : Tes doigts à Toi	1
Fiche 2 : Un, deux, trois...goûtez!	5
Fiche 3 : Les algues diatomées, détectives microscopiques de nos rivières...	8

Chimie

Fiche 1 : Conductivité électrique des solutions	9
---	---

Géographie

Fiche 1 : La clé est aux intersections...	13
---	----

Mathématiques

Fiche 1 : Des calculatrices de papier	19
---------------------------------------	----

Physique

Fiche 1 : Le voyage de la lumière	25
Fiche 2 : Un bateau à réaction	27

Sciences appliquées

Fiche 1 : Comment ça vole ?	29
-----------------------------	----

Sciences spatiales

Fiche 1 : La couleur des étoiles	32
Fiche 2 : La durée du jour au fil de l'an	36
Fiche 3 : La fusée à eau	38

1-1

Fiche 1 Tes doigts à Toi

BIOLOGIE

Objectif : Découvrir les empreintes digitales et fabriquer un dactylogramme de papier.

Matériel : Une loupe, du papier, un tampon encreur, un bouchon, du feu, du ruban adhésif, des cadres de diapositives, un projecteur de diapositives.

Expérience : *INTRODUCTION*

La main est unique à bien des égards... Qui n'a pas entendu parler d'empreintes digitales ? Ces dernières sont les stries de l'épiderme au niveau des doigts. Cette expérience permet de vérifier si les empreintes digitales (digital = qui appartient aux doigts) sont identiques entre tous les doigts d'une même main et entre même doigt de différents élèves de la classe.

ACTIVITÉ 1: DÉCOUVRIR LES EMPREINTES DIGITALES

Demander à chaque élève d'observer le bout de leurs doigts au moyen d'une loupe et de noter leurs observations.

ACTIVITÉ 2: FABRICATION D'UN DACTYLOGRAMME DE PAPIER

Le **DACTYLOGRAMME** correspond aux empreintes digitales d'une personne. La dactyloscopie est l'étude des empreintes digitales permettant d'identifier une personne.

Placer les extrémités des doigts de la main sur le tampon encreur et imprimer les empreintes sur une feuille de papier (photos 1 et 2). Au moyen d'une loupe, comparer les différentes empreintes (photo 3).

Les élèves peuvent également réaliser leur propre fiche signalétique (voir page 4) avec Nom, Prénom, photo, âge et ... empreintes digitales (Photo 4).



1



2



3



4

ACTIVITÉ 3: A LA MANIÈRE DES PREMIERS CRIMINOLOGUES....

Répéter l'expérience ci-dessus mais cette fois, les extrémités des doigts sont frottées avec le bouchon brûlé (photo 5) et les empreintes imprimées au centre d'un morceau de ruban adhésif. Ce dernier sera collé par ses extrémités sur un cadre de diapositive (photo 6). L'utilisation d'un projecteur à diapositives permettra de projeter (sur un mur blanc) et de comparer les empreintes des élèves... comme les premiers criminologues ! Actuellement, les comparaisons d'empreintes sont réalisées au moyen d'ordinateurs.

On peut aussi tenter l'expérience de visualiser les empreintes digitales déposées sur un verre en les saupoudrant de mine de crayon...



5



6

Enfin, l'enseignant pourra inviter les élèves à jouer aux enquêteurs en simulant l'identification d'une empreinte (et d'autres indices) sur le lieu d'un méfait. Les élèves devront identifier le 'coupable' parmi eux en comparant les empreintes. Est-il possible de classer les empreintes en différentes catégories selon l'organisation des stries ?

Explication : Les empreintes (lignes et stries) qui caractérisent l'épiderme de nos doigts sont uniques à une personne et correspondent un peu à sa signature. Il est possible de classer les empreintes en trois catégories. Ainsi, on peut observer des arcs, des boucles et des spirales (stries formant des boucles au centre de l'empreinte)

Alternative...

On peut également réaliser un moule des empreintes : appuyer un doigt (pouce, index) dans de l'argile (pâte à modeler). Si les empreintes sont visibles à la loupe, couler dans le moule un peu de plâtre assez liquide et laisser sécher. Démouler et répéter les expériences ci-dessus...

Pour aller plus loin...

L'enseignant pourra aborder :

- l'historique de l'étude des empreintes digitales.
- l'utilisation des empreintes digitales en criminologie ou dans le domaine de la sécurité (scanner d'empreintes). Il serait intéressant de pouvoir visiter le service d'identification de la police.
- Pour étendre cette notion d'empreintes, l'enseignant pourra aborder et développer les empreintes ou traces laissées par les animaux... s'il ne s'agit pas d'empreintes digitales, les animaux (oiseaux, mammifères) laissent une trace particulière liée à la forme du pied de la patte (à longs doigts, à doigts élargis munis de griffes, à sabots, etc.).»

Fiche signalétique

Nom:
Prénom:
Age:

Photo

Pouce	Index	Majeur	Annulaire	Auriculaire

Objectif : Découvrir l'anatomie de la langue et du goût.
Dresser la cartographie du goût et découvrir la gamme des saveurs détectées par la langue.

Matériel : Une feuille (par élève), cinq verres, du sucre, du sel, du jus de citron, de l'extrait de cacao amer, de l'eau, un compte-gouttes .

Expérience : **ACTIVITÉ 1 : anatomie de la langue et du goût**

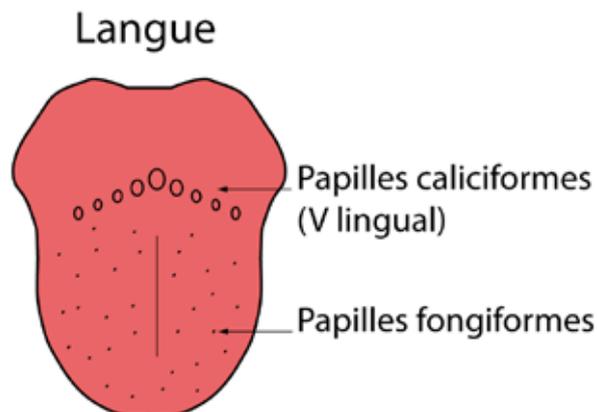
INTRODUCTION

Au coté de grandes fonctions physiologiques essentielles (respiration, etc.), nos sens nous renseignent sur le monde extérieur. La langue -masse musculaire- est l'organe sensoriel du goût dont la muqueuse rose est hérissée de papilles sensorielles.

Les papilles sont de deux types :

- les papilles caliciformes (au nombre de 9 à 12) qui forment le V lingual (fond de la langue).
- les papilles fongiformes, petites et nombreuses (plusieurs centaines) qui sont situées en avant du V lingual.

Les papilles contiennent les bourgeons gustatifs en relation avec le nerf du goût et sont sensibles à certaines substances liquides ou solides solubles dans la salive.



ACTIVITÉ PROPREMENT DITE

Chaque élève dessine la langue de son voisin et tente de visualiser les papilles.

Expérience : *ACTIVITÉ 2 : DRESSER LA CARTOGRAPHIE DU GOÛT***EXPÉRIENCE 1**

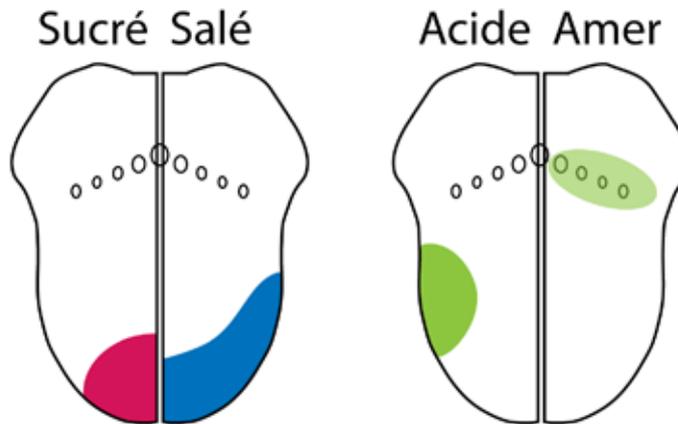
Préparer diverses solutions permettant de goûter les quatre saveurs primaires: une solution de sucre, de sel, de jus de citron et de cacao amer (photo 7). Déposer une petite goutte (au moyen d'un compte-gouttes acheté en pharmacie) d'une de ces solutions à différents endroits de la langue et noter sa sensibilité (photo 8). Veiller à bien rincer le compte-gouttes entre chaque solution ou en prévoir quatre différents. Comparer les cartes des saveurs des élèves.



Explication : Le goût d'une boisson ou d'un aliment est le résultat d'une combinaison subtile et complexe entre le goût (langue) et l'odorat (nerf olfactif). La gamme des saveurs détectés par la langue est fort limitée et se réduit à 4 saveurs primaires : sucré, salé, acide et amer.

Chacune de ces saveurs correspond à une zone sensible de la langue mais il n'y aurait pas de zone définie universelle... à chacun de tester la carte de sa propre langue !

- La saveur 'amer' est plutôt goûtée au niveau des papilles caliciformes et du V lingual.
- La saveur acide est plutôt détectée sur les bords de la langue.
- Les saveurs sucrée et salée plutôt vers l'avant de la langue.



Expérience : EXPÉRIENCE 2

Préparer des solutions de plus en plus concentrées d'une saveur (comme le sucre).

Demander aux élèves de goûter chaque solution (de la moins concentrée à la plus concentrée) et de noter pour quelle solution une saveur est goûtée.

Comparer les résultats de la classe entre eux en construisant un tableau comme celui ci-dessous.

Solution A	Solution B	Solution C	Solution D	Solution E
Goût ultra-sensible	Goût très sensible	Goût moyennement sensible	Goût peu sensible	Goût très peu sensible

Explication : La comparaison des résultats de la classe montre que la sensibilité du goût peut être différente en fonction des élèves. Un aliment peut donc avoir une saveur plus ou moins forte d'une personne à une autre !

Pour aller plus loin...

L'enseignant pourra aborder :

- la différence entre les saveurs primaires et les saveurs complexes des aliments qui nécessite les nerfs olfactifs (comme animation, l'enseignant pourra initier les élèves à des mélanges de saveurs)
- les problèmes liés à la perte de goût (agueusie) ou une altération du goût (dysgueusie). Les élèves auront certainement remarqué qu'un rhume (et le 'nez bouché') altère les saveurs des aliments.

Objectif : Comment mesurer la *pollution* des rivières

Matériel : Les documents que l'enseignant aura imprimés au préalable : paysage de vallée (fiche 1), *diatomées* à étudier et à colorier (fiche 2a, b, c et d), tableau d'identification des diatomées (fiche 3), des crayons de couleur.

Expérience : L'activité proprement dite ainsi que les explications sont disponibles dans les annexes qui suivent. Vous pourrez y retrouver un dossier à destination de l'élève ainsi qu'un autre à destination de l'enseignant.



1-1

Fiche 1 Conductivité électrique des solutions

CHIMIE

Objectif : Comprendre pourquoi l'eau devient conductrice de l'électricité lorsqu'on y dissout des *sels*.

Matériel : Une lampe «tactile» avec ampoules LED (disponible dans la plupart des Grandes Surfaces au rayon électricité/lampes de poches; photo 11), 3 piles AAA, 20 à 30 cm de fil électrique souple à deux *conducteurs* côte-à-côte, un gobelet en plastique transparent, une languette de plastique (0,5 x 1 cm), différents types de sels et de solutions (sel de cuisine, sucre en poudre, sel de bain, bicarbonate de soude, alcool de pharmacie, vinaigre, jus de fruits, limonade, coca, eau de distribution, eaux minérales, eau distillée, ...)



11

(©Houssier Claude)

Expérience : Séparer partiellement les deux conducteurs et dénuder leurs extrémités sur une longueur de 4-5 mm d'un côté, de 5 cm de l'autre.

Placer les 3 piles AAA à l'intérieur du support de la lampe LED tactile ; allumer la lampe par pression sur sa fenêtre.

Interrompre le circuit de la lampe à l'aide d'une petite languette de plastique (0,5 x 1 cm) placée entre la borne négative de la pile et le ressort ; placer les 2 extrémités des fils dénudés sur 5 mm, de part et d'autre de la languette (figure 1 et photo 12) de manière à faire contact avec le ressort d'une part, avec la face du pôle négatif de la pile d'autre part

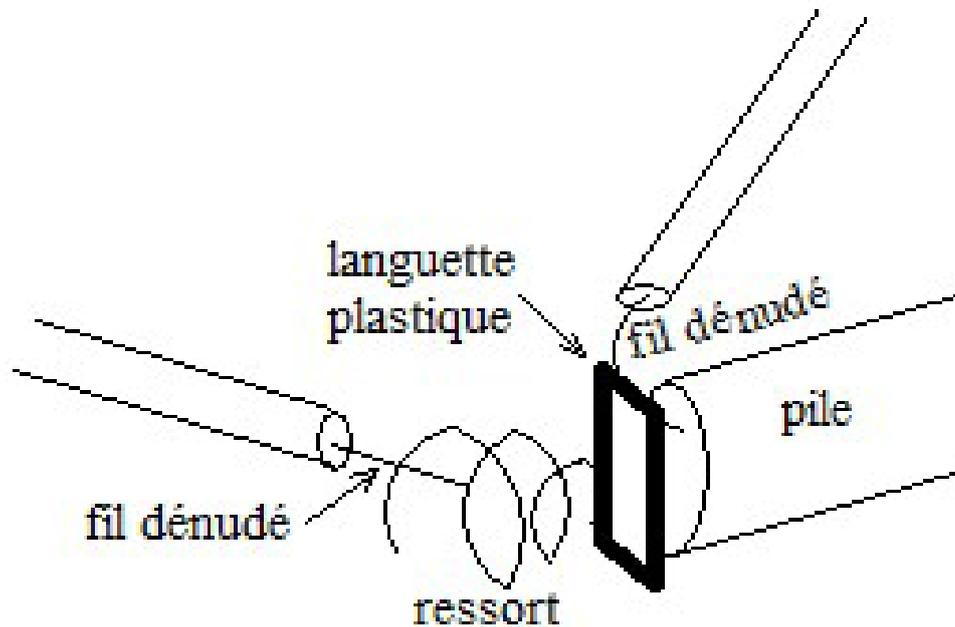


Figure 1



(© Houssier Claude)

Vérifier que les LED s'allument lorsque les autres extrémités des fils sont mis en contact.

Remplir le gobelet d'eau de distribution ; y plonger les deux extrémités des fils dénudés sur 5 cm sans qu'ils se touchent ; observer le niveau d'éclairage des LED.

Ajouter une cuillerée à soupe de sel de cuisine et agiter jusqu'à dissolution complète ; observer l'éclairage des LED (photo 13).



(© Houssier Claude)

Noter dans un tableau à deux colonnes le type d'expérience (colonne de gauche) et le niveau d'éclairage des LED (colonne de droite) ; 5 signes + indique un éclairage fort, par exemple lorsque les fils sont mis en contact, 1 signe + un éclairage faible et 1 signe - l'absence d'éclairage.

Après chaque expérience, rincer le gobelet plusieurs fois à l'eau de distribution et vérifier le niveau d'éclairage des LED par rapport à la 1ère expérience.

Répéter les expériences avec les différentes substances dissoutes dans l'eau ou utilisées directement à l'état liquide et noter les observations dans le tableau

Exemple de tableau

Expérience	Niveau de luminosité des LED
Fils écartés	-
extrémité des fils en contact	+ + + + +
eau de distribution	+
solution aqueuse de sel de cuisine	+ + + +
solution aqueuse de vinaigre	++
solution aqueuse de sucre	+

Explication : Le courant électrique conduit par les fils électriques est constitué d'un flux d'électrons, particules chargées d'électricité négative.

Les sels dissous dans l'eau, se séparent, se dissocient, en particules chargées appelées ions qui conduisent le courant dans la solution.

En savoir plus sur l'origine de la conductivité électrique des solutions aqueuses

Certaines substances chimiques, lorsqu'elles sont dissoutes dans l'eau se dissocient en ions ; ces ions peuvent se déplacer librement dans la solution et donc conduire le courant lorsqu'un potentiel est appliqué au moyen d'électrodes (ici les extrémités dénudées des fils électriques).

c'est le cas:

- du sel de cuisine qui donne des ions sodium Na^+ et des ions chlorure Cl^-
- du sel de bain qui donne des ions sodium Na^+ , des ions chlorure Cl^- et des ions carbonate $\text{CO}_3^{=}$
- du vinaigre qui donne une faible quantité d'ions H^+ et d'ions acétate $\text{CH}_3\text{-COO}^-$

Certaines substances ne se dissocient pas dans l'eau et ne permettent donc pas la conduction du courant électrique ; c'est le cas du sucre, de l'alcool de pharmacie (alcool éthylique dénaturé).

L'eau pure contient une très faible quantité d'ions H^+ et OH^- et conduit donc très faiblement le courant.

L'eau de distribution contient des quantités variables de certains sels générant notamment des ions calcium et carbonate ; la teneur en sels de l'eau de mer dépend de l'endroit où on la prélève.

Objectif : Comprendre le principe de la navigation par *satellites* (par exemple GPS ou Galileo)

Matériel : Cette activité nécessite un espace suffisant (une dizaine de m²) bordé par un mur et des groupes de 5 élèves.
Par groupe : plusieurs panneaux (trois dans notre exemple) sur lesquels inscrire un symbole et à apposer contre un mur, deux mètres-rubans de 5 mètres, une craie, une feuille et un bic.

Expérience : *Préparation*

L'activité se déroule préférentiellement dans la cour de récréation ou dans la salle de sport, près d'un mur. L'enseignant appose tout d'abord contre le mur, à un mètre d'intervalle, plusieurs panneaux arborant chacun un symbole, les chiffres 0, 1 et 2 dans notre exemple (figure 2). Il marque également des repères à un mètre à gauche du panneau le plus à gauche et à un mètre à droite du panneau le plus à droite. Il répète ces étapes autant de fois qu'il pourra constituer des groupes de cinq élèves dans sa classe (deux par mètre-ruban et un pour lire les instructions et noter les réponses).

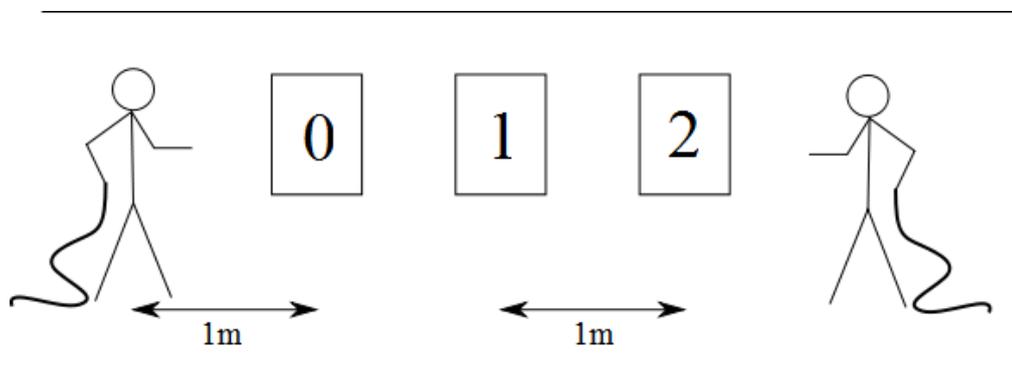


Figure 2

ACTIVITÉ

Deux élèves se placent à hauteur des repères préalablement marqués par l'enseignant de part et d'autre des panneaux. Ils devront, durant toute la durée de l'activité, maintenir une extrémité de chaque mètre-ruban contre le mur à cet endroit. Deux autres élèves tendent les mètres-rubans. Le cinquième élève (l'élève instructeur) leur donne des instructions pour qu'ils se placent à un certain point du mètre-ruban et donc à une certaine distance de leurs camarades (photo 14). Il dispose pour cela du tableau suivant (à adapter notamment en fonction des panneaux choisis; tableau 1).



Position	Longueur de gauche [m]	Longueur de droite [m]
1	3,16	1,41
2	1,80	3,35
3	2,06	2,06
4	2,83	2,83

Tableau 1

Une fois les élèves maniant le mètre-ruban placés au bon endroit (photos 15 et 16), ils doivent se déplacer l'un vers l'autre en suivant un arc de cercle (photos 17 et 18, figure 3).

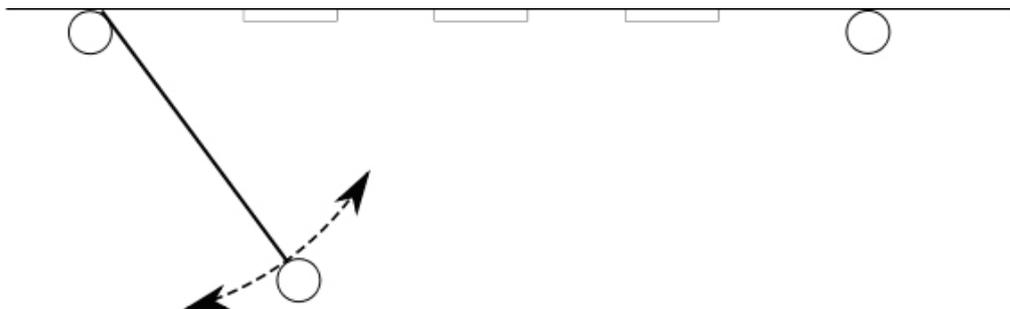
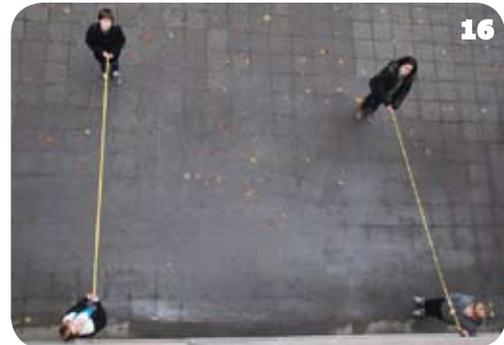
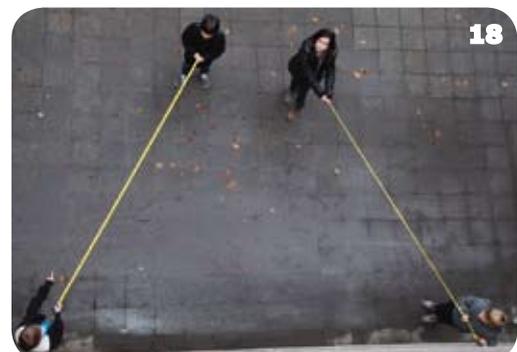


Figure 3



L'élève instructeur trace une croix au sol à l'endroit où les deux élèves se sont rejoints. Il s'agit de la position recherchée. A cet endroit, l'élève-instructeur se tourne vers le mur et prend note du symbole face auquel il se trouve (photos 19 et 20, figure 4).

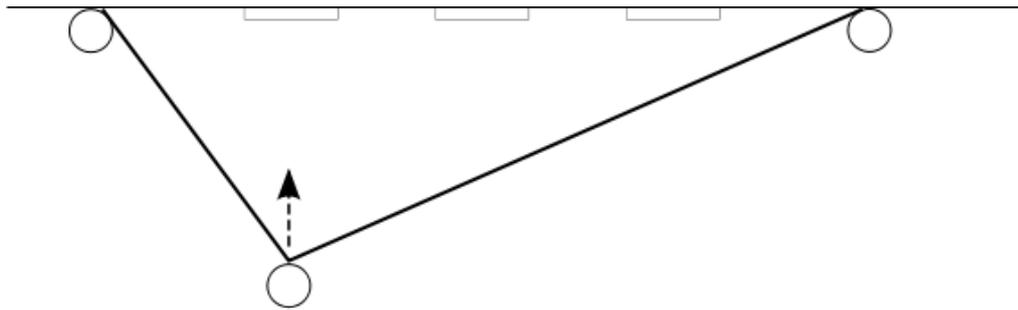


Figure 4



19



20

Le groupe recommence la procédure pour chaque couple de distances indiqué dans le tableau. Une fois réunis, les différents symboles forment un code secret, la clé de l'activité ! (Le code secret peut servir à donner accès à une récompense au premier groupe l'ayant composé ou à chaque groupe. Il peut par exemple s'agir de gourmandises enfermées dans un coffre ou une mallette équipés d'une serrure à code.)

Principe de l'activité

Cette activité illustre le principe de la navigation par satellites en ce sens qu'elle amène les élèves à se positionner en des points a priori inconnus mais à des distances données de points connus. En effet ils se placent successivement aux positions définies par l'intersection des deux mètres-rubans dont une extrémité est fixe (figure 5). Ils notent alors les symboles (chiffres, lettres, etc.) apposés sur le mur face auxquels ils se trouvent afin de composer le code secret, « 2011 » dans notre exemple.

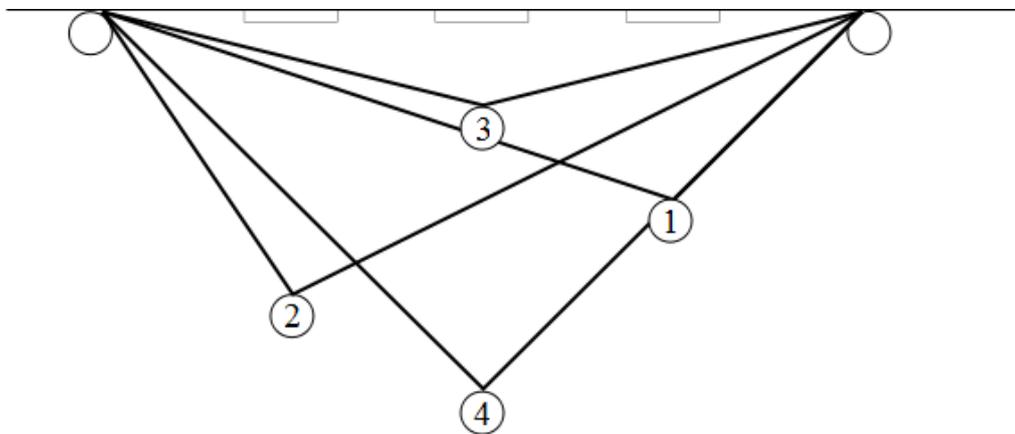


Figure 5

Explication : Pour le GPS, le récepteur sur Terre détermine sa position sur base des distances qui le sépare de plusieurs satellites. Il obtient la position des satellites et les distances qui l'en sépare sur base d'informations transmises par les satellites eux-mêmes.

Éléments de navigation par satellites (par exemple GPS ou Galileo)

Le **Global Positioning System** désigne non pas uniquement l'appareil que nous tenons en main (le récepteur) mais l'ensemble de l'infrastructure lui permettant de nous donner notre position. Il s'agit d'un système de positionnement (ou navigation) par satellites.

Le GPS, en plus des récepteurs, comprend pas moins d'une trentaine de satellites transmettant continuellement des signaux lisibles par les récepteurs. Il comprend également six stations au sol permettant de communiquer avec les satellites.



(©ESA)

Il existe différentes manières d'utiliser les signaux pour calculer une position et autant de types de récepteurs différents. Les plus simples et les plus courants appliquent la méthode dite de trilatération. Ces récepteurs mesurent le temps nécessaire aux signaux pour parcourir la distance les séparant du satellite qui les a émis. Ce temps est ensuite multiplié par la vitesse des signaux afin d'obtenir la distance séparant le récepteur du satellite.

Les récepteurs ont besoin de recevoir simultanément les signaux d'un nombre minimum de 4 satellites. Trois satellites permettent de déterminer l'intersection de 3 sphères centrées sur ces satellites. C'est ce qu'on appelle la trilatération (figure 6). Un satellite supplémentaire est nécessaire afin de vérifier que le récepteur et les satellites sont bien synchronisés, c'est à dire vérifier que l'horloge interne du récepteur est bien « à la même heure » que celles des satellites.

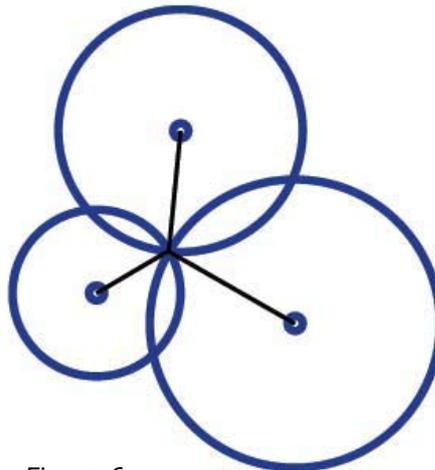


Figure 6

Pour en savoir plus...

- Une bande dessinée attractive sur Galileo réalisée par Thales Alenia Space (http://www.thalesaleniaspace-media.com/Galileo_fr/index.html)
- Le site de l'Unité de Géomatique de l'ULg (<http://www.geo.ulg.ac.be>)

Objectif : Le but de cette activité est de construire des « calculatrices de papier » permettant de tester, au choix, un critère de divisibilité (une calculatrice par critère). L'élève pourra ainsi aisément se construire des calechettes de papiers afin de connaître le reste d'une division par les diviseurs les plus courants ($d=3,4,5,7,9,\dots$)

Matériel : une feuille de papier, un crayon, une règle

Expérience : *INTRODUCTION THÉORIQUE À DESTINATION DE L'ENSEIGNANT*

Pour rappel, pour tout diviseur d non nul, tout nombre naturel n se décompose sous la forme $n=q.d+r$ où q et r sont respectivement le quotient et le reste de la division euclidienne de n par d . Si on impose au reste r d'être compris entre 0 et $d-1$, alors les nombres q et r ainsi obtenus sont uniques (et c'est dans ce cas précis que l'on parle de division euclidienne).

Par exemple, si $d=7$ et $n=45$, on trouve $45=6.7+3$. Ainsi, dans cette division par 7, le quotient vaut 6 et le reste vaut 3. En particulier, n est divisible par d lorsque le reste r de la division de n par d est nul; autrement dit, si n est un multiple de d . Par exemple, 42 est divisible par 7.

Le but de l'activité est de concevoir un procédé systématique qui, par simple inspection des chiffres constituant la représentation décimale d'un entier n , permet de décider si celui-ci est ou non divisible par d . Dans l'exemple ci-dessous d est égal à 4 mais le procédé pourra être adapté à tout autre diviseur (division par 5, 6, 7, 9, 11, etc.). Nous avons choisi 4 afin d'avoir une machine facilement représentable.

Pour rappel, la représentation décimale d'un nombre est l'écriture utilisée par tout un chacun pour représenter les nombres entiers en utilisant les puissances de dix (chiffre des unités, des dizaines, des centaines, etc.).

Nous allons décrire le fonctionnement d'une machine (en fait, un automate déterministe) dont le but est de lire la représentation décimale d'un nombre n fourni en entrée, chiffre par chiffre, de la gauche vers la droite, et de fournir en fin de lecture, le reste de la division de n par 4. Ainsi, par simple lecture du nombre et sans effectuer le moindre calcul, la machine fournit le reste de la division. Décrivons le fonctionnement d'une telle machine (figure 7), comme celle représentée ci-dessous :

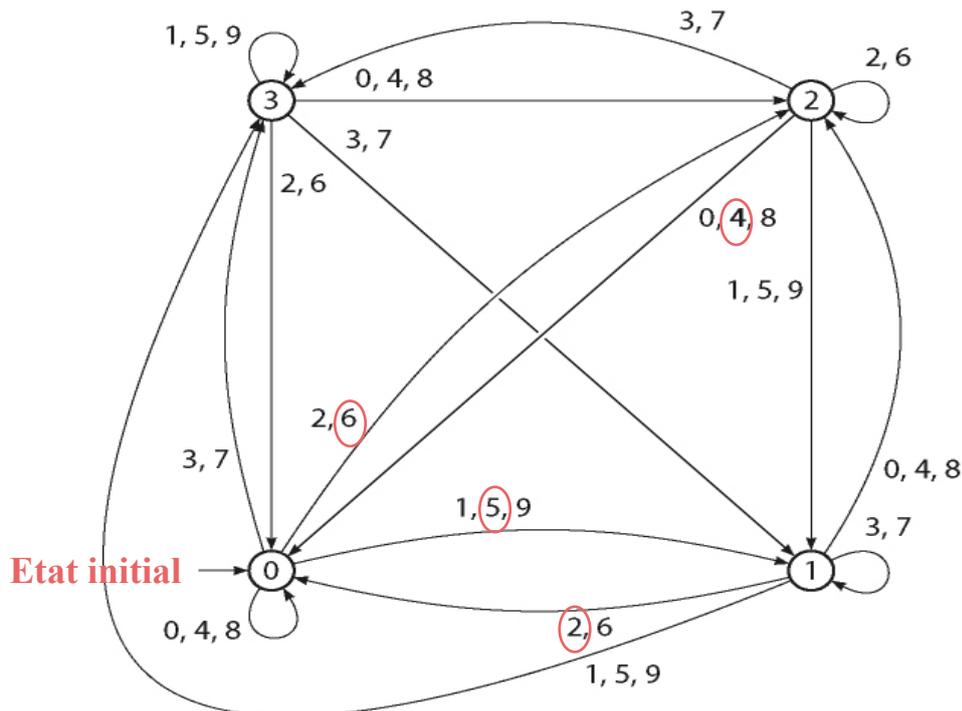


Figure 7

Fournissons à l'automate ci-dessus la représentation d'un nombre comme, par exemple, 5264. L'automate est construit pour lire de telles représentations et la lecture d'une représentation débute toujours dans l'état initial marqué d'une flèche entrante. Cet état initial est l'unique cercle marqué d'un zéro.

Si on inspecte les arcs (i.e., les flèches) sortant de cet état 0, une seule flèche possède le label « 5 » (chiffre le plus à gauche de la représentation). En suivant cet arc, on aboutit dans l'état marqué 1. A présent depuis l'état marqué 1, on lit le deuxième chiffre du nombre fourni en entrée, à savoir « 2 » et l'on revient en suivant l'arc de label « 2 » dans l'état initial marqué 0. Maintenant, depuis cet état 0, la lecture d'un « 6 » amène dans l'état marqué 2 et enfin, depuis cet état, la lecture du « 4 » final permet d'arriver dans l'état 0.

On peut imaginer jouer avec un unique jeton placé en début de partie sur la case marquée d'un zéro et les déplacements du jeton sont régis par la suite de chiffres fournie en entrée et par les arcs pouvant être empruntés depuis la position courante. En fin de partie, la position occupée par le jeton détermine le reste de la division du nombre utilisé pour réaliser les mouvements.

Autrement dit, quand on fournit la représentation d'un nombre à l'automate, la machine passe par une succession d'états en fonction des chiffres lus (un par un, de la gauche vers la droite). Par exemple, la lecture de « 1476 » donne la suite d'états suivante : on démarre de l'état marqué 0, puis on aboutit dans l'état 1, puis 2, puis 3 et enfin, 0.

Lorsque la lecture de la représentation d'un entier est achevée, l'état atteint donne en fait le reste de la division de cet entier par 4. Par conséquent, un nombre est divisible par 4 si la lecture de sa représentation décimale fournit, dans l'automate, un chemin qui débute dans l'état marqué et aboutit in fine dans ce même état marqué 0. Le reste de la division de 5264 par 4 est égal à 0. Si on avait choisi 5265, le reste de la division de ce nombre par 4 aurait été égal à 1.

Lorsque que la valeur du diviseur augmente, les automates obtenus sont de grande taille (i.e., possèdent un grand nombre d'états) et ne sont pas facilement représentables sur une feuille de papier (de nombreux arcs se coupent et la lecture en devient difficile). Dès lors, il est plus simple de considérer uniquement une table de transition (il s'agit d'une description explicite des états et des différentes flèches tout à fait équivalente à l'automate décrit plus haut). Pour l'automate décrit à la figure ci-dessus (figure 8), cette table est la suivante.

Etat de départ	Chiffre lu	Etat atteint
0	0 ou 4 ou 8	0
0	1 ou 5 ou 9	1
0	2 ou 6	2
0	3 ou 7	3
1	0 ou 4 ou 8	2
1	1 ou 5 ou 9	3
1	2 ou 6	0
1	3 ou 7	1
2	0 ou 4 ou 8	0
2	1 ou 5 ou 9	1
2	2 ou 6	2
2	3 ou 7	3
3	0 ou 4 ou 8	2
3	1 ou 5 ou 9	3
3	2 ou 6	0
3	3 ou 7	1

Figure 8

L'activité proprement dite

Pour construire une « calculatrice de papier » permettant de déterminer le reste d'une division par d , les étapes sont les suivantes :

Choisir un diviseur d .

Sur une feuille de papier, tracer 4 colonnes :
état de départ m , chiffre lu c , calcul intermédiaire $10.m+c$,
état atteint (reste de la division de $10.m+c$ par d).

Avec un peu d'entraînement, une telle table se construit très vite.

N.B: il peut être plus simple de distribuer les feuilles avec les colonnes déjà imprimées, cela permettra aux élèves de fabriquer plus facilement leur calculette.

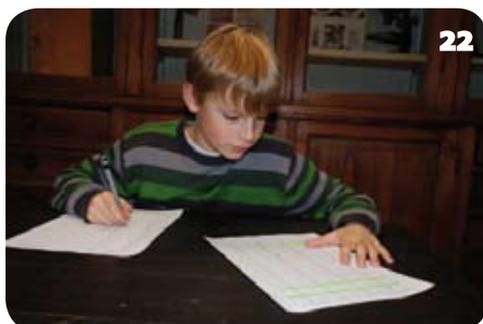
Pour remplir les deux premières colonnes, les valeurs possibles pour m sont tous les entiers compris entre 0 et $d-1$ et les valeurs possibles pour c sont tous les chiffres de 0 à 9. La table contiendra donc $10.d$ lignes.

Une fois la table construite, la lecture de la représentation d'un entier n débute dans l'état 0. Ensuite, on se déplace d'état en état en suivant les chiffres présents dans cette représentation (de gauche à droite) et les mouvements prescrits par la table construite au point 3. L'état finalement atteint est le reste de la division de n par d .

Par exemple, si $d=4$ et que l'on considère le cas $m=3$ et le chiffre $c=7$. On a tout d'abord $10.m+c=10.3+7=37$; ensuite, la division de 37 par 4 donne $37=9.4+1$.

Etat de départ m	Chiffre lu c	$10.m+c$	Reste=état atteint
0	5	$10.0+5=5$	1
...
3	7	$10.3+7=37$	1
...

Il est ainsi possible de réaliser plusieurs calculatrices de papier (pour $d=4,5,7,8,9,\dots$) que les élèves pourront garder dans leurs classeurs et utiliser durant toute l'année.



22



23

Utilisation de la table

On peut par exemple utiliser la table pour déterminer le reste de la division de « 763 » par 4 (photo 24). Si on débute dans l'état 0, la lecture du chiffre « 7 » mène à l'état 3(1). De ce dernier, la lecture du chiffre « 6 » mène à l'état 0 (2) et de celui-ci, la lecture du chiffre « 3 » final aboutit dans l'état 3(3). Ainsi le reste de la division de 763 par 4 vaut 3. Une fois le reste connu, l'élève peut aisément effectuer la division de 763 par 4 : $763 = 760 + 3 = 190 + 3/4 = 190 + 0,75 = 190,75$.

Etat de départ - M	Chiffre lu - C	10xM + C	Reste - Etat suivant
0	0	0	0
0	1	1	1
0	2	2	2
0	3	3	3
0	4	4	0
0	5	5	1
0	6	6	2
0	7	7	3
0	8	8	0
0	9	9	1
1	0	10	2
1	1	11	3
1	2	12	0
1	3	13	1
1	4	14	2
1	5	15	3
1	6	16	0
1	7	17	1
1	8	18	2
1	9	19	3
2	0	20	0
2	1	21	1
2	2	22	2
2	3	23	3
2	4	24	0
2	5	25	1
2	6	26	2
2	7	27	3
2	8	28	0
2	9	29	1
3	0	30	2
3	1	31	3
3	2	32	0
3	3	33	1
3	4	34	2
3	5	35	3
3	6	36	0
3	7	37	1
3	8	38	2
3	9	39	3

Remarques

Il est frappant de constater que tout critère de divisibilité, aussi compliqué soit-il, se traduit par une propriété syntaxique « simple » des représentations des entiers dans le système décimal usuel. Le terme simple doit être interprété comme faisant référence aux machines utilisées, à savoir, nos « calculatrices de papier » représentées par des automates ou des tables de transition.

Si l'on reprend l'exemple de la division par 4, puisque 100 est divisible par 4, seuls les deux derniers chiffres de la représentation de n déterminent le reste de la division de n par 4. Cela se traduit, dans l'automate repris à la figure ci-dessus, par le fait que lire une même suite de deux chiffres depuis un état quelconque aboutit toujours au même état. Par exemple, lire dans l'ordre les chiffres « 3 » puis « 7 » depuis l'état 0, 1, 2 ou 3 mène toujours à l'état 1.

Cette activité peut aussi déboucher sur la présentation de systèmes de numération construits sur d'autres bases (base 2, base 3,...) qui sont d'ailleurs parfois utilisés dans les premières années de l'école primaire pour introduire les systèmes de position (3 jetons rouges valent un bleu et 3 bleus valent un jaune, etc.).

Un autre exemple

Considérons la division par $d=7$,

Etat de départ m	Chiffre lu c	$10.m+c$	Reste=état atteint
0	0	0	0
0	1	1	1
0	2	2	2
0	3	3	3
0	4	4	4
0	5	5	5
0	6	6	6
0	7	7	0
0	8	8	1
0	9	9	2
1	0	10	3
1	1	11	4
1	2	12	5
1	3	13	6
1	4	14	0
1	5	15	1
1	6	16	2
1	7	17	3
1	8	18	4
1	9	19	5
2	0	20	6
2	1	21	0
2	2	22	1
2	3	23	2
...
6	8	68	5
6	9	69	6

Bibliographie

- E. Charlier, Sur quelle base compter ?, réflexions, Université de Liège
http://reflexions.ulg.ac.be/cms/c_23086/sur-quelle-base-compter
- P. Lecomte, Des ordinateurs de papier pour expliquer les lois de l'informatique, Mathématique et Pédagogie 81 (1991).
- M. Rigo, Automates et systèmes de numération, Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 73, 257-270. <http://hdl.handle.net/2268/15920>

Fiche réalisée par Monsieur Michel Rigo.

Vous souhaitez en savoir plus sur les activités « Math à modeler »?

Rendez-vous sur le site web www.discmath.ulg.ac.be/mam

Contact :

Michel RIGO, Université de Liège, Département de Mathématiques

Grande Traverse 12 (B37), 4000 Liège

M.Rigo@ulg.ac.be

1-1

Fiche 1 Le voyage de la lumière

Objectif : Par le biais de petites expériences, découvrir quelques propriétés de la lumière (propagation dans l'air et dans d'autres milieux, notions d'ombre, d'ombre portée, de pénombre et de réfraction).

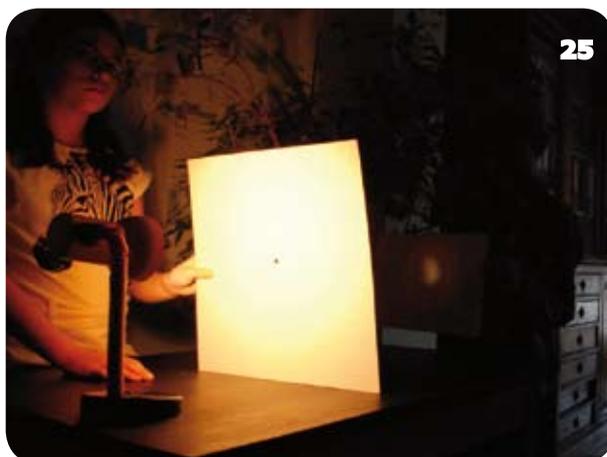
Matériel : 1 lampe forte, 1 morceau de carton (40 x 40 cm), des objets de formes différentes, un écran (papier blanc), 2 verres transparents, de l'eau, une pièce de monnaie, une paille, autres liquides transparents (huile,...)

Expérience : **1. OMBRE ET LUMIÈRE**

Placer le carton, dans lequel on a fait un petit trou, devant la lampe.
Observer le rayon de lumière de l'autre côté du carton (photo 25).
Intercaler des objets entre la lampe et l'écran (photo 26).
Repérer l'ombre et l'ombre portée!

Explication : La lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène et transparent. Comme la lumière se propage en ligne droite elle crée une ombre quand elle rencontre un obstacle. La lumière ne tourne pas. Si elle rencontre un obstacle, elle ne pourra pas éclairer directement derrière. La zone que la lumière ne peut pas éclairer s'appelle l'*ombre*. Les ombres se situent du côté opposé aux sources de lumière.

Lorsque la zone d'ombre se projette sur une surface, on parle d'*ombre portée* (photo 26). Si la source lumineuse est très petite, l'ombre portée a des contours très nets. Si elle est grande, l'ombre portée a des contours flous. La zone entre l'ombre portée et la lumière s'appelle la pénombre. Cette zone ne reçoit qu'une partie de la lumière de la source.



Expérience : 2. LA RÉFRACTION

- a. Placer la paille dans le verre d'eau (photo 27). Que peut-on observer?
 b. Placer la pièce dans le verre vide. Se reculer jusqu'au moment où le bord cache la pièce.
 Remplir le verre d'eau (photo 28),
 Regarder de nouveau du même endroit (photo 29).
 La pièce est maintenant visible!
 Essayer avec d'autres liquides transparents.



Explication : La lumière voyage toujours en ligne droite...à moins qu'elle ne passe d'un milieu à l'autre. On peut alors la voir changer de direction. Cette déviation s'appelle la *réfraction*. Elle se produit parce que la lumière voyage à des vitesses différentes dans chaque substance ou milieu. La lumière voyage le plus vite dans l'espace ou dans le vide. Un peu moins vite dans l'eau ou le verre.

Objectif : Comprendre le principe du moteur à réaction

Matériel : Une perforatrice de bureau, une carte de visite, une paire de ciseaux, un peu de paraffine (e.g. pour fermer les pots de confiture), une poêle, une source de chaleur, un récipient avec de l'eau, de l'huile, une aiguille à coudre avec un chas relativement grand.

Expérience : Au moyen d'une perforatrice, faire un trou dans la carte de visite (photo 30). Découper autour du trou la forme d'un bateau et un canal étroit qui relie le trou à l'arrière du bateau (photos 31 et 32). Plonger le bateau pendant deux minutes dans la paraffine fondue (photos 33 et 34). Retirer le bateau de la paraffine et laisser celle-ci refroidir (photo 35). Poser le bateau sur l'eau. Plonger le chas de l'aiguille dans l'huile et déposer celle-ci dans le trou du bateau (photo 36). Le bateau file droit devant!!! (photo 37)





Explication : Lorsque l'huile est déposée à l'aide du chas de l'aiguille dans le trou du bateau, elle va s'étendre instantanément sur la surface de l'eau. Le canal du bateau va canaliser son expansion vers l'arrière. Par réaction, cela va provoquer une poussée du bateau vers l'avant.

Bibliographie

- A. Roy, Jeu et loisirs de la jeunesse, Librairie Larousse (1956), 8-9.

1-1

Fiche 1 Comment ça vole ?

Objectif : Comprendre pourquoi un avion tient en l'air

Matériel : 3 feuilles de papier, une attache trombone, une aiguille à tricoter et un sèche-cheveux.

Expérience : *Expérience 1*
Un élève tient 2 feuilles de papier par le haut, parallèlement, à environ 5 centimètres l'une de l'autre (figure 9).
Un autre élève positionne le sèche-cheveux au-dessus de l'ouverture puis le met en marche (photo 38).
Que peut-on observer ?

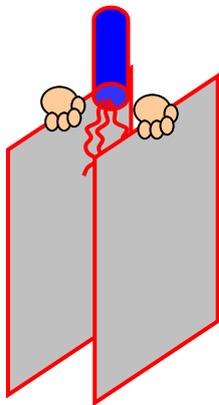


Figure 9



Explication : Il s'agit d'une illustration de l'effet de Bernoulli. Il faut savoir que l'air exerce une pression (ou poussée sur une surface), même au repos : il s'agit de la pression atmosphérique. L'eau exerce aussi une telle pression, c'est ce que les plongeurs ressentent sous la surface de la mer.
L'air et l'eau sont tous deux des fluides. Un fluide peut ou bien exercer une pression (c'est-à-dire une poussée sur une surface) ou bien avoir une vitesse.

Lorsque le sèche-cheveux est mis en route, l'air est mis en mouvement d'un côté de chaque feuille et reste au repos de l'autre côté. (Figure 10)

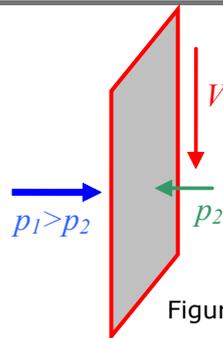


Figure 10

Grace au sèche-cheveux, l'air qui se trouve entre les feuilles a une certaine vitesse. Dans ce cas, la pression (ou poussée sur les feuilles de papier) qu'il peut exercer est plus petite que s'il est au repos (à l'extérieur des feuilles). Comme la pression (ou poussée) à l'extérieur des feuilles est plus importante qu'à l'intérieur, celle-ci se rapprochent (photo 39 et figure 11)

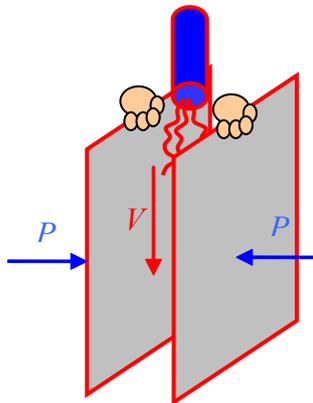


Figure 11



Expérience : Expérience 2

Prendre une feuille de papier A4 et la percée au milieu de sa largeur, à 10 cm et à 26 cm d'un bord (Attention les trous doivent être suffisamment large pour que l'aiguille à tricoter coulisse facilement, figure 12).

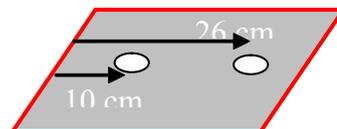


Figure 12

Recourber la feuille sur elle-même avec le trou à 10 cm face au dessus, attacher les 2 bords libres à l'aide de l'attache trombone.

Ensuite, passer l'aiguille à tricoter dans les 2 trous et la maintenir verticalement. «L'aile», ainsi formée, doit descendre le long de l'aiguille (photo 40). Enfin, placer le sèche-cheveux horizontalement devant la partie courbée de l'aile et le mettre en marche.

Que peut-on observer ?



40



41

- E**xplication : Cette expérience explique pourquoi une aile d'avion maintient l'avion en l'air à cause de la vitesse de l'avion.
- a) A cause de la vitesse de l'avion, l'air voit un vent venant de face avec une vitesse V ; cette vitesse est donnée par le sèche-cheveux.
 - b) La forme de l'air est telle que l'air au-dessus doit accélérer pour passer et que l'air au-dessous doit décélérer pour passer.
 - c) Comme la vitesse de l'air est plus élevée au-dessus qu'au-dessous de l'aile, la pression est plus élevée au-dessous (voir expérience précédente).
 - d) Comme la pression au-dessous est plus élevée, elle pousse l'aile vers le haut (et l'avion avec l'aile) (photo 41).

Objectif : Découvrir la couleur des étoiles et comprendre leur origine.

Matériel : Une paire de jumelles, une boussole, une lampe torche recouverte de cellophane rouge, une carte du ciel d'hiver (facultatif).

Expérience : Par une belle nuit étoilée d'hiver, sans nuage et sans Lune (lors d'une classe verte par exemple ou en devoir), s'habiller très chaudement et sortir dehors observer les étoiles.
Se Munir d'une paire de jumelles et d'une lampe torche rouge.
Utiliser la boussole pour repérer le Sud, l'horizon dans cette direction doit être bien dégagé (pas de grosse maison ou d'arbres hauts).
Après 15 minutes, la vue commence à bien s'habituer à l'obscurité (essayer de s'éloigner autant que possible des lumières gênantes).
Repérer les étoiles les plus brillantes dans cette région du ciel et essayer, lorsque c'est possible, de découvrir leur nom sur la carte du ciel (annexe). Pour cela, on peut s'aider des figures que forment les étoiles lorsqu'elles sont reliées entre elles comme sur la carte du ciel. C'est ce qu'on appelle les constellations.



L'une de ces constellations est facile à repérer (figure 13). Elle passe plein Sud en première partie de nuit en janvier et février. Elle présente, au centre, trois étoiles parfaitement alignées et équidistantes. Il s'agit de la fameuse constellation d'Orion, les trois étoiles alignées formant la ceinture de ce personnage mythique. Noter que les constellations sont des figures imaginaires inventées par les hommes il y a très longtemps. Les étoiles d'une même constellation n'ont en fait aucun lien physique entre-elles.



Figure 13

De quelle couleur sont les deux étoiles les plus brillantes de la constellation d'Orion ?

D'où vient la couleur des étoiles ?

De quelle couleur est notre étoile? Comment s'appelle-t-elle?

Explication : Dans la constellation d'Orion, l'étoile qui représente l'épaule droite du chasseur s'appelle Bételgeuse. C'est une belle étoile de couleur orange-rouge. L'étoile qui représente le pied gauche du chasseur s'appelle Rigel et est bien différente ! Elle jette des éclats bleutés dans le ciel nocturne tout comme l'étoile Bellatrix qui représente l'épaule gauche d'Orion.

Il y a une autre étoile dont la couleur est connue de tous... c'est notre étoile, le Soleil ! Et tout le monde sait que sa couleur est jaune.

La plupart des gens pensent que toutes les étoiles sont blanches, sans couleur. Un dicton bien connu dit que « la nuit tous les chats sont gris » ! Cela vient du fait que l'œil humain est très peu sensible aux couleurs lorsque la lumière n'est pas assez forte, comme par exemple pendant la nuit. La plupart des étoiles étant faiblement lumineuses, on ne voit pas leur couleur. Par contre, lorsqu'on prend le temps d'observer le ciel nocturne plus en détail, on s'aperçoit que les étoiles les plus brillantes du ciel (ou les planètes) ont une couleur.

En effet, pour les astres les plus brillants, il y a assez de lumière qui arrive dans l'œil pour exciter les cellules de la rétine qui sont sensibles à la couleur (Pour plus de détails sur la vision, voir la fiche de janvier 2010 Ouvrons l'œil!) On constate que les enfants, qui ont des yeux encore en très bon état, sont bien plus sensibles aux couleurs durant la nuit que les adultes et voient donc mieux la couleur des étoiles. Comparer la vision d'un adulte et celle d'un enfant! On peut aussi s'aider des jumelles. Avec celle-ci, on voit plus facilement la couleur des étoiles, même des étoiles plus faiblement lumineuses car elles collectent beaucoup plus de lumière que l'œil nu.

Mais pourquoi les étoiles ont-elles des couleurs différentes ?

Ce qui fait que les étoiles montrent différentes couleurs resta longtemps un mystère jusqu'à il y a deux siècles, quand les physiciens eurent suffisamment de compréhension de la lumière et des propriétés de la matière aux très hautes températures.

Tout d'abord, rappelons que les étoiles sont des soleils très lointains. Notre Soleil est une gigantesque sphère de gaz très chaude. Le gaz qui le compose est majoritairement composé d'hydrogène et d'hélium (les deux atomes les plus simples de l'univers), ils représentent ensemble 99,9% des atomes du Soleil. Au cœur du Soleil, il y a des réactions de fusion nucléaire qui transforment l'hydrogène en hélium en dégageant énormément d'énergie qui, à la sortie du Soleil, se propage notamment sous forme de lumière visible et de chaleur.

En fait, la couleur d'une étoile est due à sa température en surface. Ainsi, le Soleil avec une température d'environ 6000 °C nous apparaît de couleur jaune. Toutes les étoiles n'ont pas la même température. Cela dépend en effet principalement (mais pas uniquement) de la masse de l'étoile et aussi de son état d'évolution (son âge). Les étoiles massives (plusieurs fois la masse du Soleil) sont très lumineuses et très chaudes. On estime que Rigel a 20 fois la masse Soleil et a une température de plus de 10.000 °C qui lui donne sa couleur bleutée. L'étoile Bellatrix, qui est l'épaule gauche de Orion, a également une belle couleur bleue, sa température avoisine les 25000°C !

Betelgeuse est une étoile dite « supergéante rouge ». C'est en fait une étoile « en fin de vie » (elle a quasi épuisé tout son hydrogène) et elle a gonflé énormément. En conséquence, sa température de surface a très fortement diminué, elle n'est plus que de 2400 °C et l'étoile est de couleur rouge.

Une bonne analogie pour la couleur des étoiles est celle de la barre métallique chauffée. Si on prend une barre de métal et qu'on la chauffe de plus en plus, elle rayonnera d'abord dans l'infra-rouge (IR) qui n'est pas visible pour l'œil humain, puis le rouge profond, le rouge, l'orange, qui deviendra ensuite jaune de plus en plus brillant au fur et à mesure que la température de la barre augmente, puis blanc bleuté à très haute température avant de fondre.

Attention : la couleur des étoiles c'est l'inverse des couleurs sur les robinets : rouge pour froid et bleu pour chaud ! La couleur sur les robinets fait référence au feu (rouge) pour le chaud et à la glace (bleue) pour le froid.

Objectif : Comprendre l'origine des variations de durée de la nuit et du jour au cours de l'année ainsi que la succession des saisons.

Matériel : Un local sombre, deux lampes fortes, une tige, un marqueur, une boule (ex : sphère en frigolite).

Expérience : Placer deux lampes dos à dos.

Construire une Terre miniature en plantant la boule sur la tige.
Indiquer «pôle Nord» sur la fixation supérieure de la tige et «pôle Sud» sur la fixation inférieure.
Entre les deux pôles, tracer une ligne séparant la sphère en deux moitiés égales : c'est l'équateur (photo 44).
A mi-chemin entre l'équateur et le pôle Nord, tracez une petite croix qui indique la position de l'Europe sur la Terre (photo 45).



Incliner la Terre et la faire tourner sur son axe face à la première lampe.
Calculer le temps durant lequel le repère symbolisant l'Europe, se trouve dans l'obscurité (côté nuit).
Maintenir la Terre avec la même inclinaison et la faire tourner face à la seconde lampe.
Calculer à nouveau le temps durant lequel le repère symbolisant l'Europe se trouve dans l'obscurité.
Que peut-on observer ?

Explication : Lorsque la terre tourne sur son axe, la croix-repère passe alternativement du côté sombre et du côté clair (voir expérience sur la rotation de la terre de février 2010). Cependant, la terre est inclinée, l'inclinaison provoque des changements de durée de la nuit et du jour au cours de l'année.

Chez nous en été, la durée du jour est beaucoup plus longue que celle de la nuit (photo 46). On peut également observer que le pôle nord est éclairé. (Figure 14)

En hiver c'est l'inverse, la durée du jour est courte et celle de la nuit est longue (photo 47). Le pôle nord est dans le noir. (Figure 14)

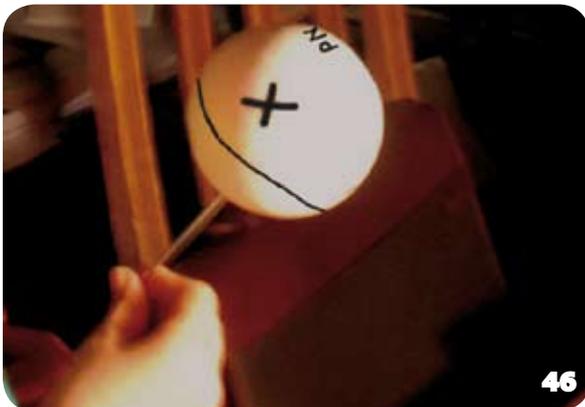


Figure 14

Fiche réalisée par Madame Yaël Nazé.
 Extrait de « Cahier d'exploration du ciel » - Yaël Nazé, 2009 (édité par Réjouissiences - ULg)
 Vous souhaitez en savoir plus ?
 Rendez-vous sur le site web de la société astronomique de Liège (SAL) www.societeastronomiquedeliege.be
 Contact : Yaël Nazé, Université de Liège, Département d'astrophysique
 allée du 6 Août 17, (B5c), 4000 Liège • ynaze@ulg.ac.be

Objectif : Construire une fusée à eau

Matériel : De l'eau, 1 bouteille en plastique vide (ayant contenu une boisson gazeuse), 1 bouchon en liège, 1 valve de chambre à air de vélo, 1 pompe de vélo, 1 morceau de gouttière ou de tuyau en plastique (assez large pour pouvoir contenir la bouteille en plastique), 1 cutter, 1 paire de ciseaux.

Expérience : Réaliser l'expérience dans un espace dégagé (loin des maisons et des câbles électriques).

Couper le bouchon en liège et percer un trou au centre du bouchon à l'aide de la paire de ciseaux. Le trou doit être suffisamment large pour pouvoir y entrer la valve de chambre à air (photos 48 et 49).

(Veiller à ce que le bouchon soit adapté à la largeur du goulot de la bouteille en plastique, de manière à pouvoir y rentrer.)



48



49

Verser 5 centimètres d'eau dans la bouteille et la fermer à l'aide du bouchon percé (photo 50).



50

Poser la gouttière sur le sol, droite ou inclinée, de manière à l'utiliser comme rampe de lancement.

Placer la bouteille-fusée dans cette gouttière, le bouchon étant placé vers le bas.

Gonfler la bouteille à l'aide de la pompe...Attention, ça décolle !!!

(photos 51 et 52)

Rester vigilant ... et attention à l'eau qui est propulsée hors de la bouteille!

(photo 53)



N.B: Pour personnaliser la fusée, vous pouvez également découper une seconde bouteille à mi-hauteur et conserver la partie supérieure et effilée qui contient le goulot. A l'aide de papier adhésif, coller cette partie à l'extrémité de la première bouteille, de manière à obtenir une extrémité fuselée. Ces deux bouteilles ainsi accolées, matérialisent une fusée. Il y a plus qu'à la décorer!!!

Explication : Lorsque l'on actionne la pompe, de l'air est envoyé à l'intérieur de la bouteille. La pression de l'air à l'intérieur de celle-ci va augmenter. Une fois la pression de l'air à l'intérieur de la bouteille suffisante, le bouchon va être expulsé et la bouteille va décoller libérant ainsi l'air comprimé et l'eau.

Fiche réalisée par Madame Yaël Nazé.

Extrait de « Cahier d'exploration du ciel » - Yaël Nazé, 2009 (édité par Réjouissances - ULg)

Vous souhaitez en savoir plus ?

Rendez-vous sur le site web de la société astronomique de Liège (SAL) www.societeastronomiquedeliege.be

Contact : Yaël Nazé, Université de Liège, Département d'astrophysique

allée du 6 Août 17, (B5c), 4000 Liège • ynaze@ulg.ac.be

Algues : organismes aquatiques ou de milieux humides, microscopiques ou visibles à l'œil nu; elles contiennent de la chlorophylle verte mais aussi d'autres substances colorées. Une classification simple distingue des algues bleues, rouges, brunes, vertes.

Dactylogramme : correspond aux empreintes digitales d'une personne (la dactyloscopie est l'étude des empreintes digitales permettant d'identifier une personne).

Diatomées : protistes microscopiques (anciennement algues) de couleur brun-jaune qui vivent dans un squelette formé par une substance proche du verre. Elles recouvrent notamment les pierres des rivières d'une couche glissante.

Moteur à réaction : repose sur la projection d'un fluide (gaz ou liquide) vers l'arrière. Par réaction, cela produit une poussée vers l'avant.

Ombre : c'est une zone (un volume) que la lumière ne peut éclairer suite à l'arrêt des rayons du soleil par un obstacle.

Ombre portée : c'est l'image sombre formée par un obstacle sur une surface suite à l'arrêt des rayons du soleil par celui-ci.

Pollution : il s'agit ici de substances qui abîment les rivières et qui proviennent des maisons par les égouts et des zones agricoles (prairies et cultures) par les pluies qui ruissellent sur les sols.

Réfraction : c'est la déviation subie par la trajectoire de la lumière lorsque celle-ci passe d'un milieu à un autre.

Satellite : se dit d'un objet qui gravite autour d'un objet plus gros que lui. Les satellites peuvent être naturels (ex : la Lune est le satellite naturel de la Terre) ou artificiels. Les satellites artificiels qui tournent autour de notre planète nous fournissent de nombreuses informations (communications, militaires, ...).

Sels : cristaux généralement solides qui une fois mis en solution dans l'eau rendent celle-ci conductrice de l'électricité.