

La pression atmosphérique : un jeu d'enfants ?

par
Thierry Castermans
Pierre Gillis
Soizic Melin

Physique expérimentale et biologique
Eurêkalia
Centre de Didactique des Sciences

UMH
UNIVERSITE DE MONS-HAINAUT

Document réalisé dans le cadre de la recherche en éducation 65/00
« Eveil à l'observation et à la pratique expérimentale en physique »

Direction de la recherche en éducation et du pilotage interréseaux
Ministère de la Communauté Française
Site internet <http://www.agers.cfwb.be>

2001

Magique ? ... Non, atmosphérique !

Introduction

Ces notes ont été rédigées dans le but d'aider les instituteurs et institutrices de 6^{ème} primaire à préparer les séances de laboratoires sur le thème « *l'air et la pression atmosphérique* ».

La totalité de ces notes ne sera probablement pas utile pour les élèves mais nous les avons rédigées de la manière la plus complète possible : elles répondent non seulement aux questions les plus «classiques» que se posent les enfants mais aussi, à quelques questions plus spécifiques.

Dans ces notes vous trouverez :

I. Une motivation à l'étude de ce thème

II. Les séances de laboratoire

Pour chaque expérience, ces notes reprennent :

- Le défi
- Le but visé
- Le matériel
- Les conseils que vous pouvez donner aux enfants s'ils rencontrent des difficultés lors de la préparation de l'expérience
- Les observations faites lors de l'expérience
- L'interprétation du phénomène
- Une conclusion

III. Pour en « savoir plus »

Cette rubrique dépasse assez souvent le cadre du cours d'éveil scientifique au niveau primaire. Cependant, elle nous a semblé nécessaire car nous pensons qu'elle vous permettra

non seulement d'aller plus loin dans la compréhension des phénomènes, mais aussi d'être plus à même de répondre à d'éventuelles questions « embarrassantes ». Si vous n'en voyez pas l'utilité, il n'est bien évidemment pas nécessaire de rentrer dans tous les détails en classe, mais il est toujours bon de prévoir plus que nécessaire...

IV. Extraits des écrits des élèves

Les enfants ont rédigé un petit « rapport » de laboratoire après chaque séance. Nous avons repris quelques extraits qui nous semblent assez représentatifs de l'ensemble des écrits.

V. La liste du matériel

Le matériel nécessaire pour réaliser ces séances de laboratoire, ainsi que l'endroit où vous pouvez vous le procurer (à très faible coût).

VI. La liste des compétences

Liste des socles de compétences du ministère de la Communauté Française (mai 1999) que les enfants devraient acquérir, dans la mesure du possible, lors de ces séances.

VII. La bibliographie

Cette liste comprend les ouvrages utilisés pour réaliser ces notes, des références de livres ou de revues bien adaptés pour le niveau primaire ainsi que des adresses de sites Internet qui pourraient vous être utiles.

I. Motivation

Bien que l'air soit présent partout, les enfants ignorent souvent sa présence.

En effet, sauf lorsqu'il se déplace (courant d'air, vent, fuite dans un ballon, sèche-cheveux, ventilateur ...), l'air est difficilement détectable.

Pourtant l'air fait partie du quotidien de tout un chacun et sans sa présence, respirer, gonfler un ballon, allumer une bougie, faire voler les avions, permettre aux aéroglisseurs de se déplacer ou effectuer certains tours de magie , ... serait impossible.

Initier les enfants à la compréhension de l'air et de ses nombreuses manifestations, leur permettra de mieux appréhender l'environnement dans lequel ils vivent.

II. Les séances de laboratoire

But de ces séances :

Pour les enfants de moins de 12 ans, il est difficile d'imaginer qu'il y a « quelque chose » dans une bouteille « vide ».

Les psychologues appellent cela le « primat de la perception » : l'enfant éprouve des difficultés à concevoir ce qui ne se perçoit pas, et tout particulièrement ce qui ne se voit pas. Ainsi, l'air surtout lorsqu'il est immobile, n'est pas reconnu par les enfants en âge d'école primaire, comme étant de la matière.

Le but de ces séances sera donc de :

- faire prendre conscience aux enfants de la présence constante de l'air autour de nous ;
- leur faire découvrir les effets (parfois surprenants) de la pression atmosphérique.

PREMIÈRE SÉANCE

Le but de cette séance : faire prendre conscience aux enfants de la présence constante de l'air.

Fiche n°1

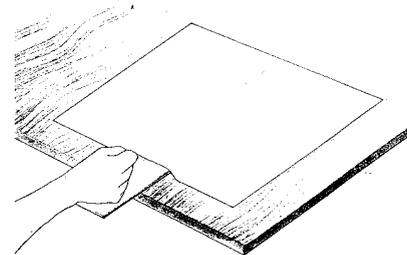
Le défi : est-il possible, avec une latte, de soulever brusquement, une grande feuille de journal posée sur une table ?

Le but : Permettre aux enfants de prendre conscience que «quelque chose» appuie sur la feuille de papier.

Le matériel : Une feuille de journal – une latte – une table.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Place la feuille de journal bien à plat sur la table.
- Glisse, entre la feuille et la table, les trois-quarts de ta latte.
- Donne avec ton poing un coup sec sur l'extrémité accessible de la latte.
- Es-tu parvenu(e) à soulever la feuille comme voulu ?



Constatation :

La feuille ne se soulève presque pas, elle reste même collée à la table !

Explication :

« Quelque chose » d'invisible appuie sur la feuille de papier. Ce « quelque chose » est la masse d'air qui se trouve au-dessus de la feuille. Cette masse appuie sur la feuille et l'empêche de se soulever.

Conclusion : Bien qu'invisible, l'air est présent au-dessus de la feuille de papier et nous empêche de la soulever dans les conditions de l'expérience.

Fiche n°2

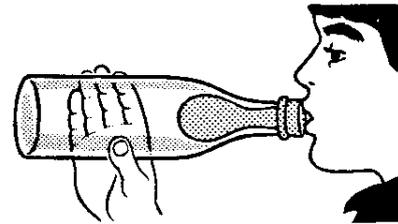
Le défi : Est-il toujours possible de gonfler facilement un ballon de baudruche ?

Le but : Permettre aux enfants de prendre conscience qu'il y a «quelque chose» dans la bouteille.

Le matériel : Une bouteille en plastique (1,5 l) – un ballon de baudruche.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Enfonce le ballon à l'intérieur de la bouteille.
- Fixe-le (comme sur le dessin ci-contre) sur le goulot de la bouteille.
- Souffle dans le ballon.
- Le ballon se gonfle-t-il facilement ?



Constatation :

Même en soufflant très fort, le ballon ne se gonfle presque pas !

Explication :

La bouteille contient de l'air et celui-ci occupe tout le volume de la bouteille. Quand nous soufflons dans le ballon, celui-ci se gonfle légèrement. Le volume disponible à l'intérieur de la bouteille diminue, l'air qui se trouve dans cette partie est alors comprimé. On dit qu'il est soumis à une certaine « pression ». Cette pression dépend de nos capacités physiologiques, des caractéristiques de la bouteille et du ballon. On ne sait plus gonfler le ballon lorsque cette pression devient trop importante.

Conclusion : La bouteille contient de l'air, c'est lui qui nous empêche de gonfler le ballon.

Fiche n°3

Le défi : Comment gonfler, de deux manières différentes, un ballon sans souffler dedans ?

Le but : Le but est le même que pour la fiche n°2 : une nouvelle fois, montrer qu'il existe « quelque chose » dans la bouteille, même si elle semble vide !

Première manière :

Le matériel : Un ballon de baudruche – une bouteille en plastique (eau ...) de 50 cl ou 1,5 l.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Place le ballon sur le goulot de la bouteille (le ballon à l'extérieur cette fois).
- Presse la bouteille.
- Que fait le ballon ?



Constatation : Le ballon se gonfle légèrement.

Explication : Quand nous comprimons la bouteille, nous diminuons le volume disponible pour l'air qui s'y trouve, alors que la quantité d'air reste la même. On dit alors que la pression de l'air dans la bouteille augmente (voir le paragraphe «en savoir plus » le modèle avec les boules de néoprène). Comme la membrane du ballon est élastique, l'air peut sortir de la bouteille et trouver la place qui lui manquait dans le ballon : celui-ci se gonfle donc légèrement.

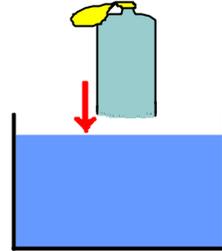


Deuxième manière:

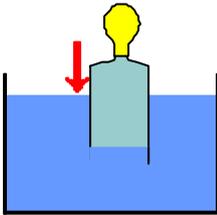
Le matériel : Un ballon – une bouteille dont nous avons enlevé le fond – un aquarium contenant de l'eau.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Place le ballon sur le goulot de la bouteille.
- Descends la bouteille à mi-hauteur dans l'eau, la partie ouverte en premier lieu.
- Que fait le ballon ?



Constatation : Le ballon se gonfle légèrement.



Explication : Nous enfonçons la bouteille dans l'eau. La bouteille se remplit d'une petite quantité d'eau. Le volume disponible pour l'air diminue. L'air «chassé» sort alors de la bouteille et trouve la place qui lui manquait dans le ballon.

Vous pouvez vous reporter au paragraphe « En savoir plus » si vous le souhaitez.

Conclusion : Dans ces deux derniers cas, une partie de l'air contenu dans la bouteille permet de gonfler légèrement le ballon.

Conclusion de cette première séance :

Ces quatre expériences nous ont permis de mettre en évidence que nous sommes constamment entourés d'air : comme les poissons baignent dans l'eau, nous « baignons » constamment dans l'air ! L'air est présent partout : dans la pièce où nous nous trouvons, sur la feuille de journal, à l'intérieur de la bouteille, ...

DEUXIEME SEANCE

Le but de cette séance : Par le biais de la « magie », visualiser les effets de la pression exercée par l'air.

Fiche n°4

Cette fiche propose deux expériences équivalentes. Vous pouvez bien évidemment n'en réaliser qu'une seule avec vos élèves.

Les défis :

1. « Plonger » un mouchoir en papier dans un aquarium rempli d'eau et le ressortir sec.
2. Faire « couler », sans le toucher, un bouchon en liège .

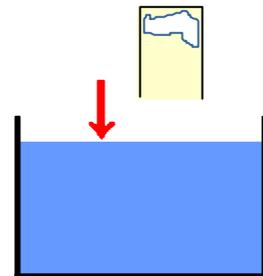
Le but : par le biais de la « magie », montrer que l'air est présent et peut, dans certaines limites, être comprimé.

Premier défi :

Le matériel : Un mouchoir en papier – un aquarium contenant de l'eau - un récipient plus petit pouvant contenir le mouchoir en papier (un verre par exemple).

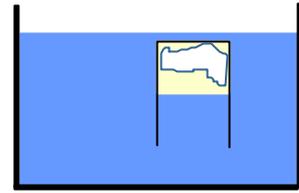
Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Déplie et chiffonne légèrement le mouchoir en papier.
- Coince-le ensuite dans le fond du petit récipient.
- Retourne ce récipient et enfonce-le verticalement dans l'eau jusqu'à ce qu'il soit complètement immergé.
- Sors le récipient de l'eau, et reprends le mouchoir en main. Comment est-il ?



Constatation : Le mouchoir qui semblait plongé dans l'eau, en ressort sec !

Explication : Il y a de l'air dans le récipient contenant le mouchoir. Cet air occupe un certain volume. Quand nous enfonçons ce récipient (ouverture vers le bas) dans l'eau, le volume d'air est comprimé. Le niveau d'eau « monte » dans le récipient. Cependant il y a toujours une « poche d'air » (cette poche est d'autant plus petite que le récipient est enfoncé plus profondément dans l'eau). Si cette poche reste suffisamment grande pour contenir le mouchoir, celui-ci ne se mouille pas !



Remarque : Extrait de « La main à la pâte »

« Les enfants ont beaucoup de difficultés à imaginer que le mouchoir reste sec alors que le récipient qui le contient s'enfonce dans l'eau : il ne peut en ressortir que mouillé.

Certains disent que « le mouchoir sec est mouillé ». Il faut leur donner un mouchoir mouillé pour qu'ils puissent faire la différence.

Les enfants ont beaucoup de difficultés à bousculer leurs représentations premières. Alors qu'ils avaient expérimenté que le mouchoir était sec avec le récipient complètement enfoncé dans l'eau, ils ne peuvent s'empêcher de dessiner ce récipient seulement enfoncé à moitié dans l'eau.

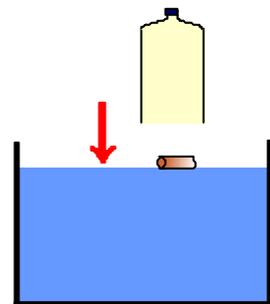
Les mots et les dessins utilisés dans les rapports montrent que les représentations initiales ont la vie plus dure que l'observation. »

Deuxième défi :

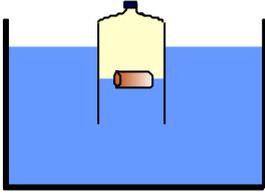
Le matériel : Un bouchon en liège – un aquarium contenant de l'eau – une petite bouteille d'eau en plastique (le même récipient que dans le premier défi irait tout aussi bien, mais l'idée supplémentaire est de percer un petit trou dans la bouteille - ou de dévisser le bouchon - et d'en approcher la main, afin de sentir le « petit courant d'air »).

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Dépose le bouchon à la surface de l'eau.
- Retourne la bouteille juste au-dessus du bouchon et enfonce-la dans l'eau.
- Que fait le bouchon ?

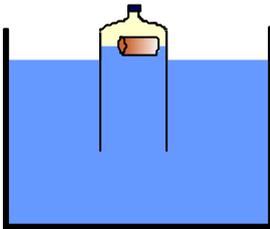
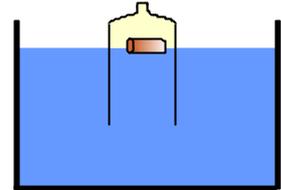


Constatation : Le bouchon en liège semble couler dans l'eau !



Explication : Le bouchon flotte à la surface de l'eau. Pour les mêmes raisons que celles citées lors du premier défi, le niveau de l'eau ne remonte pas complètement dans le récipient. Donc, si nous ne regardons pas attentivement, nous avons l'impression que le bouchon coule. En fait, il flotte toujours à la surface mais le niveau d'eau est plus bas.

Si nous dévissons le bouchon, nous sentons un léger courant d'air sortir de la bouteille et nous voyons le bouchon remonter au niveau de départ.



Comment faire « monter » le bouchon en liège plus haut que le niveau de l'eau dans l'aquarium ?
En aspirant l'air qui se trouve dans la bouteille et en remettant le bouchon de la bouteille le plus vite possible.

Il existe une autre technique pour faire « monter » le bouchon plus haut que le niveau de l'eau dans l'aquarium : dévissez le bouchon. Ensuite enfoncez au maximum la bouteille, remettez le bouchon en serrant bien. Et finalement, soulevez la bouteille.

Remarque : Ces expériences montrent que l'air peut être comprimé. Nous savons tous qu'il existe une limite à cette compression : quand nous poussons sur le piston de la pompe de bicyclette (ou d'une seringue) en maintenant la sortie obturée, après un certain temps, nous sentons une certaine résistance voir une opposition franche en fin de parcours : l'air a atteint sa limite de compression.

Conclusion :

L'air occupe donc un certain volume.
Cependant, il peut être comprimé.

Fiche n°5

Le défi : Retourner complètement un verre contenant de l'eau - sans en renverser son contenu ! - à l'aide d'un morceau de carton. Attention, il est interdit de tenir le carton !

Le but : Montrer que l'air ambiant exerce également une force de pression du bas vers le haut.

Le matériel : Un morceau de carton (+/- 10 cm de côté, une carte postale par exemple) – un verre – de l'eau.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Remplis le verre d'eau.
- Dépose le carton sur le dessus du verre.
- Retourne le verre en maintenant le carton en place.
- Lâche le morceau de carton. Que constates-tu ?
- Recommence la même opération sans remplir complètement le verre. Que constates-tu ?



Constatation : Le morceau de carton reste « collé » au verre, et l'eau ne s'écoule pas !

Explication :

Il y a en fait, deux raisons pour lesquelles cette expérience « marche » bien :

- La pression atmosphérique : l'air ambiant de la pièce « appuie » sur le carton. Nous comprenons facilement que l'air appuie du haut vers le bas sur les objets (voir l'expérience avec la feuille de papier journal de la première expérience). Il est plus difficile d'admettre que cette pression atmosphérique donne aussi lieu à des forces qui s'exercent du bas vers le haut, ce qui est pourtant le cas !
- Il faut savoir qu'il existe une autre raison, souvent oubliée, qui explique pourquoi le carton « colle » : les forces d'adhésion qui existent entre l'eau et le carton. Ce sont ces forces d'adhésion qui nous permettent, en humectant notre doigt de salive, de tourner les pages récalcitrantes d'un livre ou d'ouvrir le sachet plastique d'emballage du supermarché. Pour être le plus rigoureux possible, nous pensons qu'il ne faut pas « escamoter » cet aspect de la question.

Pour ces deux raisons, le carton reste fixé au verre et empêche l'eau de tomber.

Contrairement à ce que disent les manuels, le carton est maintenu même si le verre n'est pas complètement rempli. Essayez !

Conclusion : L'air exerce une force de pression qui s'exerce non seulement du haut vers le bas, mais aussi du bas vers le haut.

Fiche n°6 (facultative)

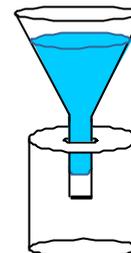
Le défi : réaliser un « bouchon d'eau » dans un entonnoir.

Le but : comme pour l'expérience n° 5 montrer que l'air exerce aussi une force de poussée dirigée du bas vers le haut.

Le matériel : un entonnoir – un petit récipient fermé, dont le capuchon, bien ajusté, est percé d'un trou prévu pour laisser entrer le goulot de l'entonnoir – de l'eau.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Coince l'entonnoir dans l'orifice prévu dans le capuchon du bocal.
- Verse doucement un peu d'eau dans l'entonnoir.
- Observe ce qui se passe.



Constatation : L'eau reste dans le goulot de l'entonnoir, et elle ne coule pas dans le récipient !

Explication :

L'eau, versée dans l'entonnoir, comprime l'air qui se trouve en-dessous dans le bocal.

L'air contenu dans le récipient, exerce une force de pression dirigée vers le haut sur l'eau.

Quand il y a équilibre entre les forces qui s'exercent vers le bas et celles qui s'exercent vers le haut, l'eau ne descend plus dans le récipient.

Remarques pratiques :

Il est préférable de prendre un petit récipient (+/- 50 ml) et non pas une bouteille d'eau de 1,5 l. En effet, un petit récipient contient peu d'air à comprimer, quand nous le comprimons, il « réagit » très vite et empêche l'eau de couler dans le récipient. Si vous voulez aller plus loin dans la compréhension du phénomène, reportez-vous au paragraphe « Pour en savoir plus ».

Il est aussi préférable de prendre un entonnoir avec un goulot très étroit (+/- 3 ou 4 mm de diamètre) : si le diamètre est trop large, il peut se former un tourbillon en son centre lorsque nous versons l'eau. Ce tourbillon permet à l'air du récipient de s'échapper et l'eau s'écoule dans le récipient.

Si nous passons une paille dans le goulot de l'entonnoir, l'eau s'écoule. En effet, l'air peut sortir du récipient par le couloir créé par la paille et n'exerce donc plus de force de pression sur l'eau.

Conclusion :

L'air contenu dans le récipient exerce une force de pression sur l'eau qui se trouve au-dessus. Cette pression empêche l'eau de couler dans le récipient.

Fiche n°7

Le défi : Maintenir un petit morceau de carton en l'air sans le tenir avec les doigts.

Le but : Montrer que l'air ambiant exerce une force de pression qui s'exerce dans toutes les directions.

Le matériel : Un petit morceau de carton – une paille.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Coupe un morceau de carton de +/- 3 centimètres de côté.
- Applique le carton sur l'extrémité de la paille et aspire de l'autre côté.
- Lâche le carton. Que constates-tu ?

Constatation : Le morceau de carton reste « collé » à la paille aussi longtemps que nous aspirons.



Explication :

Au départ, la pression est la même dans la paille et dans la pièce. Quand nous aspirons l'air contenu dans la paille, la pression à l'intérieur de celle-ci diminue. La pression atmosphérique est donc supérieure à celle qui est dans la paille, c'est cette différence de pression qui maintient le morceau de carton « collé » sur la paille.

Conclusion : L'air ambiant exerce une force de pression qui s'exerce dans toutes les directions.

Application pratique :

En buvant du coca à la paille, nous mettons à profit l'action de la pression atmosphérique. Quand nous aspirons l'air qui se trouve dans la paille, la pression dans la paille et dans la bouche est inférieure à la pression atmosphérique ; l'air extérieur (dans la pièce) pousse sur la surface du coca, le fait monter dans la paille, et nous permet de le boire !

Question d'élève : « Et si la cannette de coca est fermée hermétiquement (le trou laisse passer uniquement la paille et ne permet pas le passage de l'air) ... est-ce que l'on peut encore boire le coca ? »

La réponse est : non. En effet, l'air ambiant ne pouvant plus pousser sur la surface du coca, celui-ci ne peut monter dans la paille !

Fiche n°8

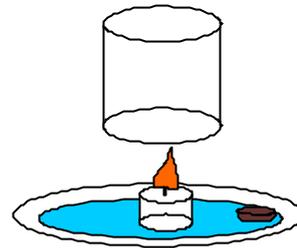
1^{er} défi : Prendre une pièce de monnaie posée dans un fond d'eau sans se mouiller les doigts.

Le but : Montrer ce qui se passe quand la pression atmosphérique est plus importante que la pression dans le bocal.

Le matériel : Une bougie (chauffe-plat) – des allumettes – une assiette - un verre pouvant contenir la bougie – une pièce de monnaie.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Verse un peu d'eau dans l'assiette.
- Pose la bougie et la pièce de monnaie dans le fond de cette assiette.
- Allume la bougie.
- Coiffe complètement la bougie (et rien qu'elle) avec le verre retourné et attends quelques instants.
- Que fait l'eau ?



Constatation : La bougie s'éteint après un certain temps (dans le cas de notre verre : +/- 15 secondes) et le niveau d'eau monte dans le verre, alors qu'il baisse dans l'assiette. Après un certain temps, la pièce de monnaie se trouve au sec et nous pouvons la prendre sans nous mouiller les doigts !

Explication :

L'explication proposée par certains manuels est la suivante :

La bougie a besoin d'oxygène pour brûler. Cet oxygène se trouve dans l'air. Quand tout l'oxygène, présent dans le verre, est consommé, la combustion s'arrête, la bougie s'éteint.

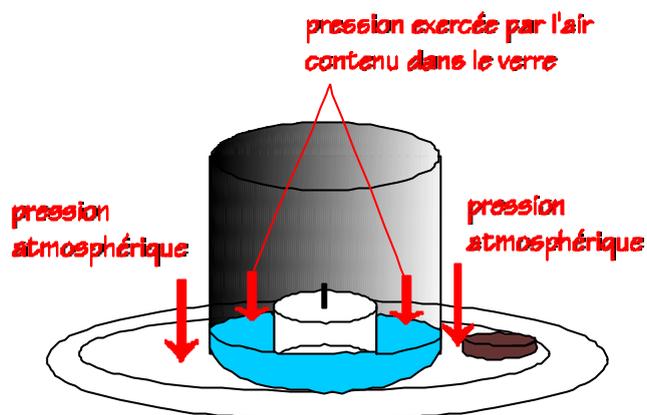
Pendant la combustion, la quantité d'oxygène diminue donc, mais un autre gaz, le CO₂ (dioxyde de carbone) est dégagé suivant la réaction : $C + O_2 \rightarrow CO_2$ (le carbone – C - provient de la stéarine de la bougie). Ce gaz (CO₂) se dissout très bien dans l'eau, il n'occupe donc pas la place laissée par l'oxygène. Cette augmentation du volume libre provoque une diminution de la pression dans le verre.

La pression de l'air de la pièce sur la surface libre de l'eau est alors supérieure à la pression à l'intérieur du verre : l'eau est donc poussée vers l'intérieur du verre.

Il est cependant possible d'obtenir le même résultat en ébouillantant un verre que l'on retourne rapidement dans l'eau (comme précédemment mais sans bougie cette fois).

Il existe donc une deuxième raison pour laquelle l'eau monte dans le verre, la voici :

L'air qui se trouve à l'intérieur du verre est chauffé quand la bougie brûle. La pression dans l'air augmente alors et une partie de l'air sort donc du verre. Quand la bougie s'éteint, l'air se refroidit, la pression diminue et l'eau peut s'introduire dans le verre, poussée par la pression plus grande de l'air extérieur (pression atmosphérique).



Remarque :

Il est possible d'utiliser des verres de tailles différentes et de chronométrer les différents temps correspondants (réalisation de graphiques).

Conclusion :

Après la combustion de la bougie, la pression à l'intérieur du verre est inférieure à celle qui règne dans la pièce.

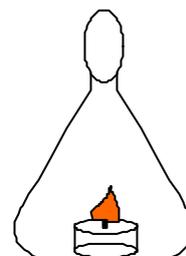
2^{ème} défi : Faire entrer un œuf dur (sans sa coquille) dans une carafe dont le diamètre du goulot est légèrement inférieur au diamètre de l'œuf.

Le but : (identique à celui du 1^{er} défi) Montrer ce qui se passe lorsque la pression atmosphérique devient plus importante que la pression qui s'exerce dans la carafe.

Le matériel : Une bougie (chauffe-plat) – des allumettes – un œuf cuit dur (sans sa coquille) – une carafe dont le diamètre du goulot est légèrement inférieur au diamètre de l'œuf.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Dépose la bougie allumée dans le fond de la carafe.
- Dépose l'œuf sur le goulot de la carafe.
- Attends quelques instants et observe attentivement ce qui se passe.



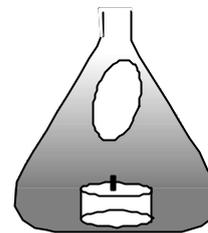
Constatation :

Après un certain temps, la bougie s'éteint, l'œuf sautille deux ou trois fois sur le goulot, et tombe « tout seul » dans la carafe !

Explication :

Avant de commencer l'expérience, la pression atmosphérique qui règne dans la pièce et celle qui règne dans la carafe sont identiques.

Lorsque la bougie brûle dans la carafe, l'air qui s'y trouve se réchauffe. En chauffant, cet air se dilate, il prend dès lors d'avantage de place et une partie sort par le goulot : l'œuf sautille.



Ensuite, la bougie s'éteint, l'air dans la carafe se refroidit et occupe alors moins de place. Il y a donc de la place libre à l'intérieur de la carafe.

La pression de l'air qui se trouve dans la carafe est alors plus faible que la pression atmosphérique. Cette différence donne naissance à une force qui pousse l'œuf dans la carafe.

Conclusion de cette séance :

De ces sept expériences, nous avons appris quelques « propriétés » de l'air :

- *nous pouvons comprimer l'air (mouchoir et bouchon).*
- *l'air exerce une force de pression dans toutes les directions et dans tous les sens (verre retourné, paille, entonnoir).*
- *les variations de volume ou de température modifient la pression (pièce de monnaie, œuf).*
- *la différence de pression entre deux enceintes différentes peut avoir des effets surprenants (pièce de monnaie, œuf).*

TROISIEME SEANCE

Le but de cette séance : comprendre le mécanisme de la respiration et pouvoir estimer la quantité d'air quotidienne expulsée par nos poumons.

Fiche n°9

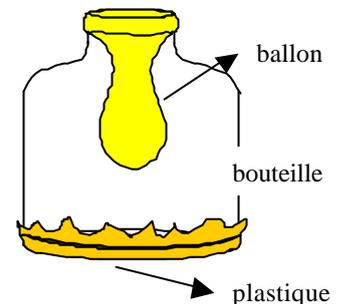
Le défi : Imaginer et construire, avec un matériel très rudimentaire, un modèle qui pourrait montrer les grandes étapes de la respiration.

Le but : Visualiser le fonctionnement des poumons

Le matériel : Une bouteille en plastique (eau...) 1,5 l – un ballon – une membrane en plastique (découpée dans un sac d'emballage de grande surface, ou sac de congélation) – un élastique.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

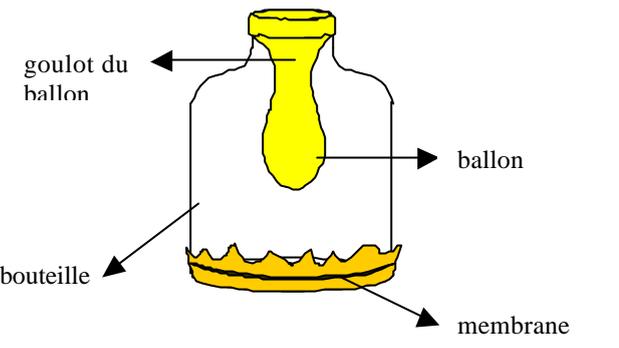
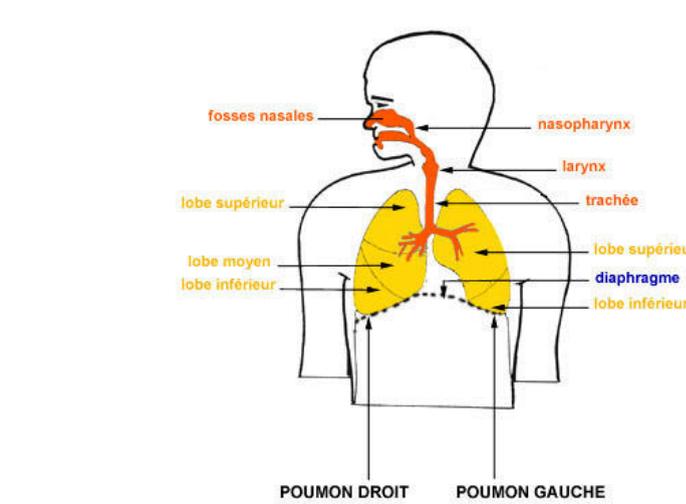
- Découpe le fond de la bouteille.
- Remplace ce fond par la membrane plastique que tu attaches solidement, au moyen d'un élastique mais de telle manière que tu puisses la déformer en tirant ou en poussant dessus.
- Fixe le ballon sur le goulot de la bouteille.
- Tire et pousse sur la membrane et observe les réactions du ballon.



Constatations :

Lorsque nous tirons la membrane vers le bas, le ballon se gonfle ; lorsque nous poussons la membrane vers le haut, le ballon se dégonfle !

Explication :

Dans le modèle	Dans notre corps
<p>La bouteille représente.....</p> <p>Le goulot du ballon représente.....</p> <p>Le ballon représente.....</p> <p>La membrane représente.....</p>	<p>la cage thoracique</p> <p>la trachée</p> <p>le poumon</p> <p>le diaphragme</p>
	
<p>Lorsque nous tirons la membrane vers le bas, nous abaissons la membrane.</p>	<p>Lorsque nos muscles se contractent, la cage thoracique se dilate, le diaphragme s'abaisse. Les poumons suivent le mouvement de la cage thoracique (par l'intermédiaire de la plèvre).</p>
<p>Le volume à l'intérieur de la bouteille augmente.</p>	<p>Le volume des poumons augmente.</p>
<p>La pression à l'intérieur de la bouteille diminue.</p>	<p>La pression à l'intérieur des poumons diminue.</p>
<p>L'air peut entrer dans le ballon.</p>	<p>L'air peut entrer par le pharynx, le larynx et la trachée : c'est l'inspiration (phénomène actif).</p>
<p>Lorsque nous poussons la membrane vers le haut, le volume diminue.</p>	<p>Quand les muscles et le diaphragme se relâchent, de par son élasticité, la cage thoracique reprend son volume initial et le diaphragme se relève. Le volume des poumons diminue.</p>
<p>La pression augmente à l'intérieur de la bouteille.</p>	<p>La pression augmente à l'intérieur des poumons.</p>
<p>L'air est expulsé du ballon.</p>	<p>L'air est chassé : c'est l'expiration (phénomène passif).</p>

Remarques :

Le modèle construit présente deux petits inconvénients : il ne modélise qu'un seul poumon et ne permet pas de voir les changements de volume de la cage thoracique.

Cependant, nous pensons que ces deux inconvénients mineurs sont peu de chose au vu des nombreuses qualités pédagogiques de ce modèle extrêmement simple à réaliser.

Toutefois, il existe un modèle plus élaboré, que vous pouvez acheter au *Centre Technique et Pédagogique de l'enseignement de la Communauté française* (+/- 80 euros) qui contient deux ballons (deux poumons) mais pour lequel le problème de la mobilité de la cage thoracique n'est pas, non plus, résolu.

Conclusion : la respiration est un mécanisme

- qui se déroule en deux étapes : l'inspiration et l'expiration
- qui est basé sur des variations de volume et donc de pression.

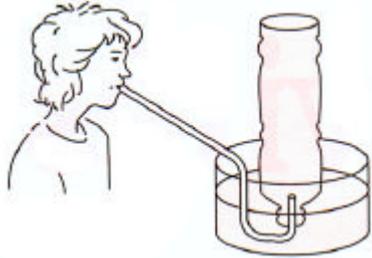
Fiche n°10

Le défi : Estimer la quantité moyenne d'air que nous inspirons ou expirons chaque jour.

Le but : Trouver une méthode qui permette de mesurer le volume (en litres) d'air ventilé par les poumons chaque jour.

Le matériel : Un aquarium rempli aux trois-quarts d'eau – une bouteille en plastique (eau...) d'1,5 l graduée à l'envers – un tuyau en plastique (de +/- 1 m) – un feutre.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Remplis à moitié le grand récipient d'eau.
 - Remplis la bouteille d'eau et visse le bouchon.
 - Renverse la bouteille dans le récipient (ou l'évier) et maintiens-la pour qu'elle reste en position verticale.
 - En la maintenant verticale, enlève le bouchon (l'eau reste dans la bouteille).
- 
- Introduis ensuite un bout de tuyau dans la bouteille en laissant l'autre bout (du tuyau) à l'extérieur du récipient.
 - Inspire normalement.
 - Souffle **normalement** dans le tuyau.
 - Fais un trait sur la bouteille pour repérer le niveau d'eau.

Constatation : le niveau d'eau dans la bouteille descend, sous l'effet de l'augmentation de la quantité d'air contenue dans la bouteille.

Explication : l'air que nous soufflons dans la bouteille chasse une partie de l'eau qui s'y trouve. Le volume d'eau chassé correspond au volume d'air soufflé.

En inspirant normalement, nous faisons entrer en moyenne à chaque inspiration de 200 à 300 ml d'air dans nos poumons.

En supposant que nous effectuons environ 12 respirations par minute, nous expulsions :

$12 \times 250 \text{ ml} = 3\,000 \text{ ml}$ soit environ 3 litres à chaque minute.

Après une heure, le volume expulsé est de $60 \times 3 \text{ l} = 180 \text{ l}$.

Après 24 heures le volume sera de $24 \times 180 \text{ l} = 4\,320 \text{ l} !!!$

Nous avons ainsi estimé le volume total d'air expiré pendant une journée !

Remarque : Il n'est pas du tout évident pour les enfants d'imaginer ce système, qui semble pourtant simple. Vous pouvez alors les mettre sur la voie en leur posant quelques questions et en attendant les réponses :

- Que voulez-vous mesurer ? Le volume d'air chassé de nos poumons.
- Voyez-vous l'air ? Non.
- Comment faire alors pour le mesurer ? Le remplacer par « quelque chose » de visible.
- Quoi par exemple ? L'eau.

- Quel récipient utiliser pour l'eau ? Un récipient transparent.
- Comment faire des mesures fiables ? En graduant la bouteille, en faisant plusieurs fois la même mesure pour en faire une moyenne.

Le rythme respiratoire n'est pas régulier :

Notre respiration dépend de nos activités :

- Quand nous dormons, nous respirons plus calmement (10 à 12 respirations par minute).
- Quand nous marchons, le rythme augmente et passe à +/- 19 respirations par minute.
- Quand nous faisons du sport, les besoins en oxygène de notre corps sont plus grands : le rythme respiratoire s'accélère et passe à +/- 6 litres d'air par minute.
- Quand nous sommes stressés, les mouvements de notre cage thoracique sont plus petits mais plus nombreux.

Et si la respiration est coupée ?

Il s'agit d'un phénomène appelé « l'apnée ».

Il existe différentes apnées :

- l'apnée involontaire du nourrisson est parfois surveillée par un appareil qui s'appelle le monitoring.
- l'apnée volontaire des sportifs : vous trouverez quelques records obtenus lors des différentes apnées le paragraphe « Pour en savoir plus ».

Conclusion : La quantité d'air qui circule chaque jour dans nos poumons est considérable, d'où l'intérêt de ventiler fréquemment les pièces dans lesquelles nous nous trouvons !

Conclusion de cette séance :

*Lorsque les muscles qui entourent la cage thoracique se contractent et que le diaphragme s'abaisse, le volume de notre cage thoracique augmente, la pression de l'air y diminue : l'air extérieur peut y entrer, c'est **l'inspiration**.*

*Quand les muscles se relâchent et le diaphragme se relève, le volume de la cage thoracique diminue et la pression augmente : l'air est expulsé, c'est **l'expiration**.*

La quantité d'air inspiré (ou expiré) est impressionnante : plusieurs milliers de litres en 24 heures !

QUATRIEME SEANCE

But de la séance : montrer que la présence de l'air est nécessaire la propulsion d'engins comme les « fusées à eau » et l'aéroglesseur.

Fiche n° 11

1^{er} défi : Construire une « fusée à air ».

Le but : montrer qu'une fusée peut se déplacer en éjectant de l'air.

Le matériel : Un long morceau de fil à coudre – une paille – un ballon – du papier collant.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Enfile la paille sur le fil.
- Attache le fil, à ses deux extrémités à deux endroits éloignés de la pièce, pour qu'il soit bien tendu (ou demande à deux personnes de le tenir tendu).
- Avec un morceau de papier collant, attache le ballon à la paille.
- Gonfle le ballon et lâche-le. Que fait le ballon ?



Constatation : Le ballon avance le long du fil en se dégonflant.

Explication : Quand nous gonflons le ballon, la pression de l'air est plus forte dans le ballon que dans la pièce. Si nous ne fermons pas le ballon, l'air qui s'y trouve a donc tendance à en sortir et le ballon avance dans l'autre sens.

Conclusion : l'augmentation de pression à l'intérieur du ballon, non fermé, permet à celui-ci de se déplacer.

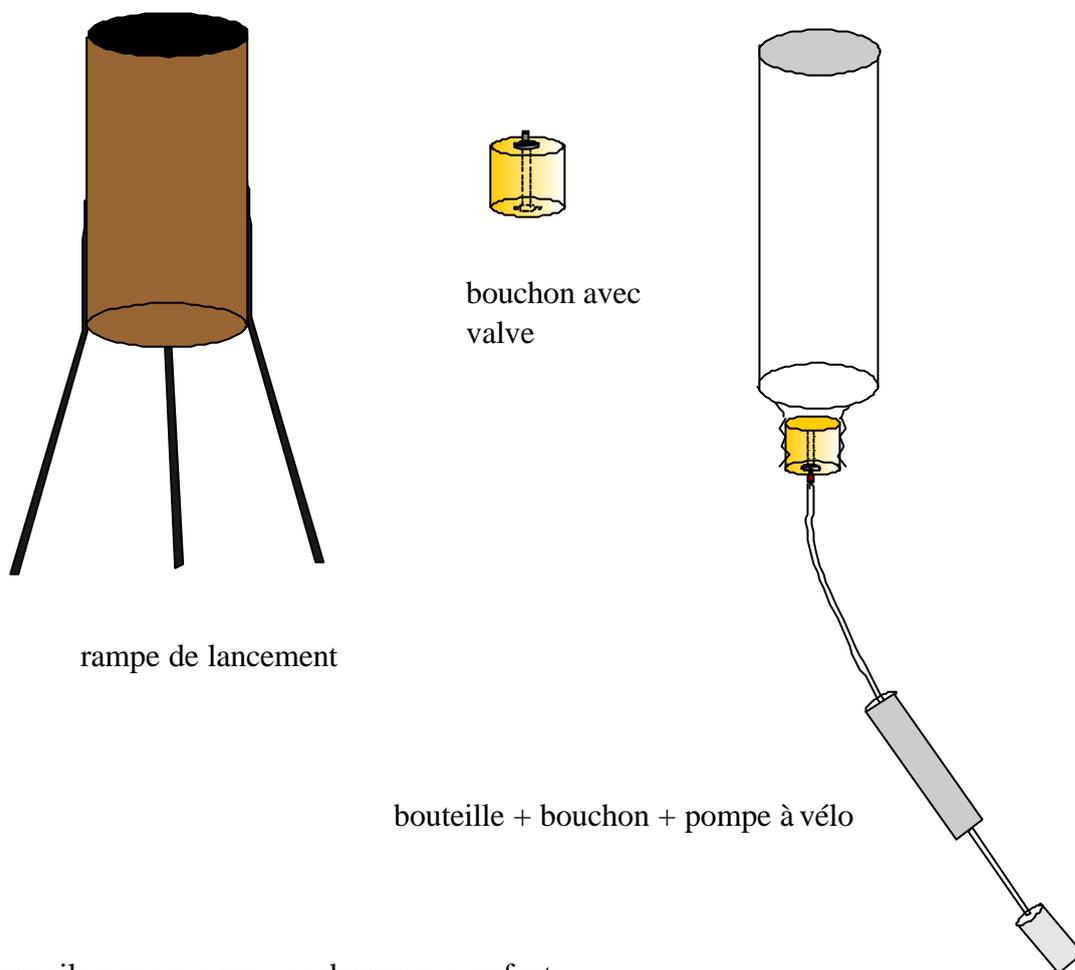
Remarque : les vraies fusées n'ont pas besoin d'air pour se déplacer dans l'espace : elles fonctionnent à l'aide d'un moteur à combustion interne qui ne nécessite pas d'air extérieur.

2^{ème} défi : Construire une « fusée à l'eau ».

Le lancement de fusées à eau doit être effectué en présence d'un adulte. La pression de l'air dans le corps de la fusée est importante (5 à 10 bar voir tableau comparatif page 34) et la vitesse au décollage est grande, ce qui pourrait blesser une personne ou causer des dégâts matériels. Il est donc important que le lancement s'effectue en zone dégagée.

Le but : (identique au 1^{er} défi) Montrer comment une fusée peut décoller et se déplacer en éjectant de l'eau et de l'air.

Le matériel : Une bouteille en plastique de boisson gazeuse – un bouchon en liège bien adapté au goulot – une valve (ancien modèle) de chambre à air de bicyclette – une chignole - une pompe de bicyclette – de l'eau – un morceau de tuyau en plastique assez large (genre gouttière) monté sur pieds.



Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Perce un trou dans le bouchon en liège pour y placer la valve de manière bien étanche.
- Insère la valve dans le bouchon (attention aux doigts !).
- Verse quelques centilitres (+/- 5 à 10 cm) d'eau dans le fond de la bouteille. Enfonce le bouchon et adapte la pompe.
- Emporte la fusée dehors, aussi loin que possible des immeubles et fils électriques.
- Place-la, le goulot dirigé vers le bas, dans le tuyau qui servira de rampe de lancement.
- « Gonfle » la fusée avec la pompe jusqu'au moment où

Constatation : le bouchon cède, l'eau est éjectée et la fusée s'élève assez haut jusqu'à plusieurs dizaines de mètres et ensuite retombe.

Explication : Lorsque nous actionnons la pompe, nous prenons de l'air à l'extérieur et nous l'envoyons dans la bouteille ; la quantité d'air à l'intérieur de la bouteille augmente, de même que la pression. A un moment donné, la pression devient suffisante pour expulser le bouchon : l'eau et l'air en surplus sont éjectés vers le bas et la fusée s'élève vers le ciel !

Remarque : L'expérience fonctionnerait aussi sans eau mais l'eau permet d'obtenir un résultat plus spectaculaire (l'eau étant plus dense que l'air).

Les vraies fusées fonctionnent sur le même principe : elles éjectent les gaz de combustion par leur tuyère, ce qui leur permet de se déplacer.

Conclusion : l'augmentation de pression à l'intérieur de la bouteille permet à celle-ci de se déplacer.

Fiche n° 12

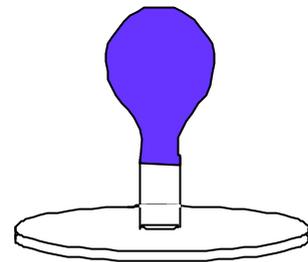
Le but : Comprendre le principe de fonctionnement de l'aéroglesseur.

Le défi : Construire un petit aéroglesseur.

Le matériel : Un disque en verre (de +/- 10 cm de diamètre et de +/- 3 mm d'épaisseur découpé dans un magasin de bricolage) percé en son centre d'un trou très fin (quelques mm de diamètre, pour cela, utilisez une mèche pour le verre et déposez à l'endroit où vous voulez forer, une goutte de pétrole) – un petit morceau de tuyau en plastique rigide (de 2 ou 3 cm de longueur) – un ballon de baudruche – de la colle « deux composants »

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Colle le morceau de tuyau en plastique sur le disque de verre (en centrant le tuyau sur le trou percé dans le disque).
- Gonfle le ballon de baudruche.
- Attache-le sur le morceau de tuyau de manière à ce qu'il puisse se dégonfler progressivement.
- Dépose l'engin sur une surface horizontale, propre et lisse. Donne une petite impulsion sur le disque et observe ses réactions.



Constatations : Pendant que le ballon se dégonfle, le disque posé sur la surface lisse se soulève et se déplace très facilement. Quand le ballon est complètement dégonflé, le disque se repose sur la table et ne se déplace plus.

Explication : L'air à l'intérieur du ballon se trouve à une pression supérieure à la pression atmosphérique (pression de l'air dans la pièce) : l'air sort du ballon et forme un « coussin d'air » sous le disque en verre. Le disque ne repose donc plus directement sur la table mais sur le « coussin d'air ». Lors des déplacements, les frottements entre le disque et la table sont donc fortement diminués et le disque se déplace beaucoup plus facilement. Lorsque le ballon est complètement dégonflé, il n'y a plus d'air qui en sort et le coussin d'air disparaît : les frottements entre le disque et la table s'opposent au mouvement du disque.

Conclusion : L'augmentation de pression à l'intérieur du ballon provoque un écoulement d'air à la sortie du ballon : le disque se soulève et peut se déplacer facilement.

Conclusion de cette séance :

Ces trois expériences illustrent le même principe : quand la pression dans l'air augmente, celui-ci a tendance à s'échapper vers des zones où la pression est plus faible. Cet effet permet le vol de nos deux « fusées » ou le déplacement de l'aéroglesseur.

CINQUIEME SEANCE

Vous pouvez imaginer une séance qui aurait comme thème la météorologie. Dans cette séance, vous pourriez étudier le fonctionnement du thermomètre, du pluviomètre, de l'anémomètre et ... du baromètre. Nous vous proposons l'étude de ce dernier dans la fiche n°13.

Fiche n° 13

Attention : L'appareil que nous vous proposons de construire maintenant n'est pas un appareil qui, contrairement à ce que disent les manuels, permet de réaliser des mesures précises. Cependant, nous avons pensé qu'il était bon de le reprendre dans ces fiches car il permet aux enfants de visualiser de manière simple le principe de fonctionnement d'un baromètre.

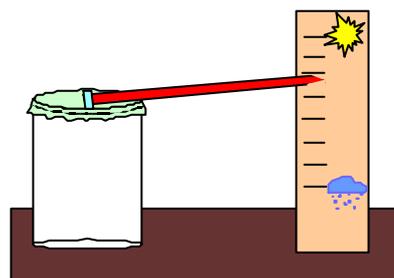
Le défi : Imaginer un appareil qui permette de constater les variations de la pression atmosphérique.

Le but : Comprendre le principe de fonctionnement du baromètre.

Le matériel : Un verre – une paille – une membrane élastique (sachet plastique de grandes surfaces) – un élastique – des ciseaux – un morceau de carton – un bic – un peu de pâte à modeler – du papier collant.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

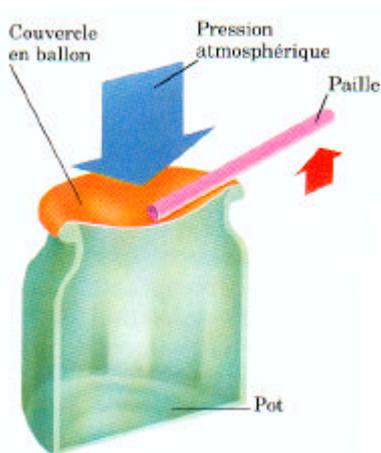
- Découpe un cercle dans la feuille plastique (pour recouvrir complètement le dessus du verre).
- Fixe-le, sur le dessus du verre avec l'élastique.
- Dépose le verre sur un peu de pâte à modeler.
- Découpe une des deux extrémités de la paille de manière à former un bout pointu.



- Au centre de la feuille plastique, attache le bord non découpé de la paille avec du papier collant.
- Place le morceau de carton derrière l'extrémité libre de la paille ; attache-le avec un peu de pâte à modeler pour qu'il ne bouge pas.

Constatation : Suivant le temps qu'il fait, l'extrémité libre de la paille devrait monter ou descendre. Nous notons « devrait » car le résultat n'est pas toujours significatif.

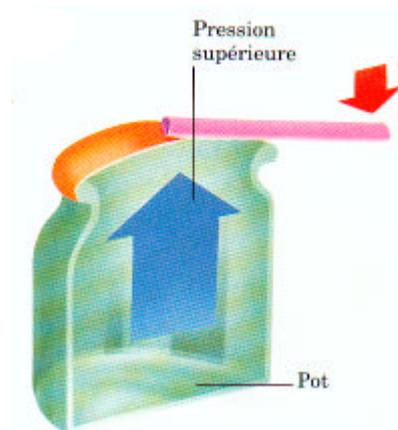
Explication :



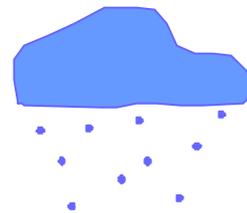
Quand la pression atmosphérique est plus grande que la pression de l'air à l'intérieur du pot, la membrane s'incurve vers l'intérieur du pot, l'extrémité attachée de la paille suit ce mouvement : l'extrémité libre de la paille va donc se déplacer vers le haut de l'échelle graduée : les météorologues parlent d'anticyclone.



L'anticyclone est souvent annonciateur de beau temps.



Quand la pression atmosphérique est plus petite que la pression de l'air à l'intérieur du pot, la membrane en plastique se bombe vers l'extérieur, l'extrémité attachée de la paille suit ce mouvement : l'extrémité libre de la paille va se déplacer vers le bas de l'échelle graduée) : les météorologues parlent de dépression.



La dépression amène souvent des nuages et la pluie.

Conclusion :

Les variations de pression atmosphérique permettent de faire des prévisions météorologiques. L'appareil qui permet de mesurer ces variations est le baromètre.

III. Pour en savoir plus ...

1. Quelques informations sur l'atmosphère :

Le mot atmosphère provient du grec :

- atmos : vapeur
- sphaira : corps rond

L'atmosphère est la couche d'air qui entoure le globe terrestre.

L'origine de notre atmosphère remonte à l'époque de la formation de la Terre ; il y a près de 5 milliards d'années.

L'origine de l'atmosphère terrestre :

Après une formation très mouvementée, la terre se refroidit peu à peu et d'énormes quantités de méthane, d'ammoniac, de vapeur d'eau et de gaz carbonique sont expulsées du centre de la Terre vers l'extérieur pour constituer la première atmosphère de la Terre. Cette atmosphère, agissant comme une serre, permet de réduire la perte de chaleur de la Terre vers l'espace, et notre planète demeure ainsi assez chaude pour que puisse y naître la vie. Sa température se situe alors probablement entre 15 et 30°C.

Ensuite, il y a environ 4,5 milliards d'années, la vapeur d'eau se condense pour former les océans. Le gaz carbonique est absorbé par les océans, se combine à des minéraux, et est utilisé par les premiers êtres vivants ; l'azote reste dans l'atmosphère parce qu'il réagit peu avec les autres éléments.

Il y a encore 3 milliards d'années, l'atmosphère contient peu d'oxygène. Des réactions chimiques entre le méthane, l'ammoniac, l'eau et le rayonnement solaire donnent naissance à la couche d'ozone qui joue un rôle important dans la vie sur Terre, en empêchant une grande partie des rayons ultraviolets, rayons nuisibles à la vie, d'atteindre le sol.

Ce sont les premières plantes apparues il y a 2 milliards d'années, qui transforment une grande partie du gaz carbonique en oxygène ; ce processus se produit toujours à l'heure actuelle. L'atmosphère contient environ 78% d'azote et 21% d'oxygène et d'autres éléments en faible quantité.

Composition de l'atmosphère

Azote (N ₂)	78%
Oxygène (O ₂)	21%
Argon (Ar)	0,93%
Vapeur d'eau (H ₂ O)	0 à 4%
Gaz carbonique (CO ₂)	0,033%
Néon (Ne)	0,0018%
Krypton (Kr)	0,000114%
Hydrogène (H)	0,00005%
Oxyde d'azote (N ₂ O)	0,00005%

...

Le CO₂ se dissout facilement dans l'eau (expérience avec la bougie et la pièce de monnaie) : un litre d'eau dissout un litre de CO₂ (boisson pétillante).

L'ozone est un gaz composé d'oxygène (O_3) de forte odeur. Le trou dans la couche d'ozone est en fait une région dans laquelle la quantité d'ozone est en diminution ; ce trou se trouve quasi en permanence au-dessus de l'Antarctique.

On évalue à 10^{44} (44 zéros après le 1) le nombre de molécules présentent dans l'atmosphère...

Toutes ces molécules sont soumises à la pesanteur qui les empêche de se disperser dans l'espace. Elles sont en outre animées d'un mouvement à grande vitesse, de l'ordre de 500 m/s qui leur permet de ne pas s'accumuler à la surface de la Terre.

Il en résulte que la moitié de la masse de l'atmosphère se trouve dans les 5 premiers kilomètres d'altitude, alors qu'il faut s'élever jusqu'à 20 km pour atteindre 90% de la masse totale de l'atmosphère.

L'épaisseur de l'atmosphère est fine : si l'on ramène la Terre aux dimensions d'une pomme, son atmosphère serait comparable à la pelure du fruit !

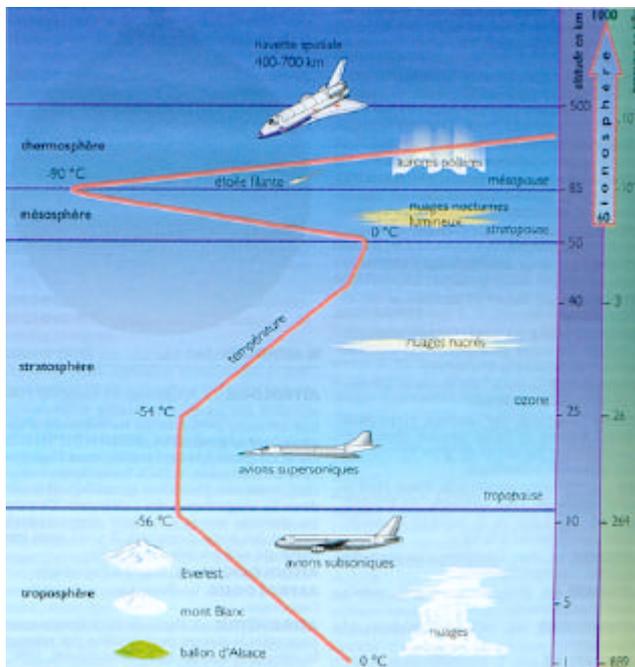
L'atmosphère est plus épaisse à l'équateur (13 à 16 km) qu'aux pôles (7 à 8 km).

Vue de l'espace, elle ressemble à un halo de lumière bleu foncé enveloppant délicatement notre planète.

Elle joue plusieurs rôles :

- elle fournit l'air que nous respirons ;
- elle permet une température relativement clémente sur Terre ;
- sa couche d'ozone nous protège contre le rayonnement solaire nocif.

Structure de l'atmosphère terrestre



Extrait du Petit Larousse Illustré 2000

L'atmosphère terrestre vue de l'espace



goggle

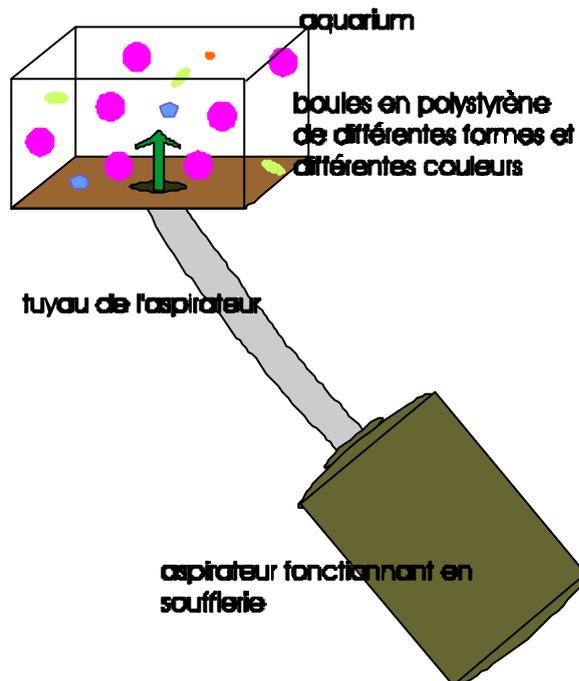
2. La pression dans les gaz

Nous vous proposons de réaliser un modèle assez simple qui vous permettra d'étudier les paramètres qui influencent la pression dans un gaz. Pour construire ce modèle, il faudra « bricoler » un peu.

Le matériel nécessaire comprend : un aquarium, du carton fort, un cutter, des petites boules de polystyrène de formes ou de couleurs différentes et un aspirateur.

Voici comment procéder :

- Prenez un aquarium (de préférence en plastique car il est plus facile à manipuler).
- Découpez, dans du carton fort, un rectangle adapté aux dimensions de l'aquarium et qui lui constituera le «fond».
- Découpez-y un disque de même diamètre que celui du tuyau de l'aspirateur (un peu plus petit pour que le tuyau puisse être bien fixé).
- Placez dans l'aquarium quelques boules en polystyrène (de différentes couleurs et différentes formes) : elles représentent les différentes molécules qui se trouvent dans l'air. Vous pouvez même conserver les proportions des différents gaz (à savoir 78% d'azote, 21% d'oxygène ...).
- Placez le «fond», raccordez le tuyau à l'aspirateur sur le côté soufflerie et branchez l'aspirateur sur sa prise de courant.



Quand vous mettez la soufflerie en marche, les boules de polystyrène s'agitent dans toutes les directions et dans tous les sens. Certaines ne rencontrent pas d'obstacle, d'autres se cognent entre elles, d'autres encore viennent percuter les parois de l'aquarium.

Nous pensons que ceci est une bonne manière de visualiser l'air : l'air est un mélange de gaz constitué de minuscules particules invisibles, et qui s'agitent continuellement dans toutes les directions.

La pression exercée par les boules de polystyrène sur les parois de l'aquarium dépend du nombre de chocs par unité de surface et par unité de temps.

De même, dans l'air les particules s'agitent et cognent contre toutes les surfaces placées sur leurs trajectoires. Il est possible de « compter » le nombre de chocs qui se produisent sur une surface et pendant un certain temps. La pression dans l'air augmente avec ce nombre. Cette pression est appelée la « pression atmosphérique » (due aux mouvements des particules d'air qui forment l'atmosphère).

Pouvons-nous modifier la pression qui règne dans l'aquarium ?

- Oui, si la soufflerie est plus forte, les boules de polystyrène s'agitent davantage, le nombre de chocs augmente : la pression à l'intérieur de l'aquarium augmente.
- Si la soufflerie est moins forte, les boules de polystyrène s'agitent moins, le nombre de chocs diminue : la pression à l'intérieur de l'aquarium diminue.

Dans l'air, la vitesse (et donc le nombre de chocs) des particules varie en fonction de la température :

- *quand la température diminue, les particules s'agitent moins, la pression atmosphérique diminue;*
- *quand la température augmente, les particules s'agitent davantage, la pression atmosphérique augmente.*

Quand nous déplaçons le fond de l'aquarium pour modifier l'espace disponible aux boules de polystyrène, la pression varie-t-elle ?

- Oui, quand nous déplaçons le fond mobile vers l'intérieur de l'aquarium, nous diminuons le volume disponible pour les boules de polystyrène, les particules se cognent donc plus fréquemment entre elles ou rencontrent plus souvent les parois de l'aquarium. Donc le nombre de chocs par unité de surface et unité de temps augmente : la pression à l'intérieur de l'aquarium augmente. Nous sentons d'ailleurs très bien cette pression supplémentaire sur la main : le fond de l'aquarium a tendance à vouloir redescendre (voir le dessin ci-dessus), il faut exercer une force supplémentaire pour le maintenir dans sa position.
- Si nous augmentons le volume disponible (en descendant le couvercle), les boules de polystyrène se touchent ou percutent moins souvent les parois de l'aquarium, la pression diminue.

Quand nous emprisonnons une quantité d'air dans un petit volume, les chocs seront nombreux et donc la pression importante. Par contre, si nous emprisonnons la même quantité d'air dans un grand volume, le nombre de chocs sera moins important et donc la pression plus faible.

Il existe une loi qui lie la pression au volume : à température constante, le produit de la pression (notée p) et du volume (noté v) est une constante (ne varie pas).

Ce que l'on peut écrire simplement, à température constante :

$$p \times v = Cte$$

Cette formule montre que :

- si le volume diminue dans certaines proportions, la pression augmente dans les mêmes proportions.

- si le volume augmente dans certaines proportions, la pression diminue dans les mêmes proportions.
- une petite variation de volume entraînera une grande variation de pression (c'est pour cette raison qu'il vaut mieux prendre un petit récipient – dans la manipulation de la fiche 6)

Nous pensons que ce modèle, assez simple, permet aux enfants de visualiser de manière concrète, l'agitation des particules dans l'atmosphère ainsi que les paramètres (volume et température) qui peuvent l'influencer .

Remarque :

Les corpuscules se déplacent dans l'air à la vitesse moyenne d'environ 500 m/s soit 1800 km/h.

Les enfants vous demanderont peut-être « alors, pourquoi est-ce que le parfum qui s'échappe d'une bouteille ne se répand pas tout de suite à l'autre bout de la pièce ? ». Vous connaissez maintenant la réponse : les corpuscules ne se déplacent pas en ligne droite, ils se cognent constamment les uns aux autres.

3. L'appareil qui mesure la pression atmosphérique est le baromètre

Il existe plusieurs types de baromètres :

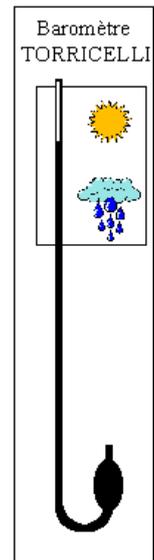
Le baromètre à mercure est le plus simple des baromètres, il a été inventé par Torricelli.

Ce baromètre est encore utilisé de nos jours, il est constitué d'un tube fermé à une extrémité, encombrant (+/- 1 m de long), rempli de mercure (produit toxique pour l'homme et l'environnement) et fragile.

Selon la pression atmosphérique, le niveau de mercure varie dans le tube.

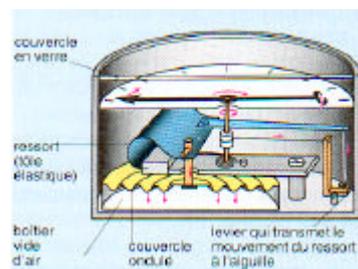
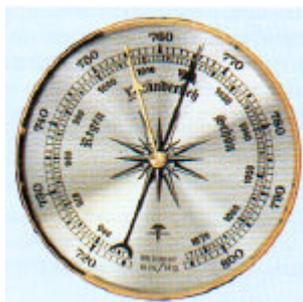
Il faut alors repérer ce niveau pour connaître la valeur de la pression atmosphérique.

La pression atmosphérique se mesure en millimètres de mercure (symbole : mm de Hg).



Le baromètre métallique

L'élément essentiel de cet appareil est une boîte métallique vide d'air. Plus l'air presse sur le couvercle, plus celui-ci s'incurve. Un ressort lui fait reprendre sa forme initiale quand la pression revient à sa valeur initiale. Le déplacement du couvercle provoque la rotation d'une aiguille devant le cadran, celle-ci indique la valeur de la pression atmosphérique.



La pression se mesure en bar (symbole : bar) ou en millibar : 10^{-3} bar (symbole : mbar).

Le baromètre électronique :

Ces appareils peuvent afficher plusieurs grandeurs : la tendance de la pression atmosphérique (par symbole), avertisseur d'orage, les prévisions météo (par icônes). Mais aussi les températures, l'heure, la date,



Il existe une troisième unité de pression équivalente aux deux autres : le Pascal (symbole : Pa) ou l'hectopascal qui vaut 100 Pa (symbole : hPa)

Au niveau de la mer, la pression atmosphérique vaut 760mm de Hg (ou +/- 10 m d'eau)
101 300 Pa, soit 1013 hPa, soit 1013 mbar.

La pression atmosphérique varie avec l'altitude

Si nous avons un baromètre suffisamment sensible, nous pourrions constater une différence de pression atmosphérique entre le bas et le haut d'un immeuble ! En effet la pression atmosphérique varie avec l'altitude.

Ainsi, au niveau de la mer la pression atmosphérique est de l'ordre de 1013 hPa mais à une altitude de 5500 m elle ne vaut plus alors que 507 hPa.

Au sommet de l'Everest (point culminant de la Terre) c'est-à-dire à 8800 m d'altitude, elle vaut seulement 314 hPa.

Pour comprendre cette diminution de la pression quand l'altitude augmente, vous pouvez faire une analogie avec la « pile de crêpes » : la crêpe qui se trouve tout en dessous de la pile est soumise au poids de toutes les crêpes qui se trouvent au-dessus d'elle. Elle est donc soumise à une pression « importante ». Par contre, la crêpe qui se trouve à mi-hauteur est soumise à un poids deux fois plus faible et donc à une pression moindre. Quant à la deuxième crêpe de la pile, elle n'est soumise qu'au poids de la crêpe précédente et donc à une pression encore plus faible.

La pression atmosphérique varie avec la température

Nous savons que le Soleil ne chauffe pas de la même façon les différents endroits de la Terre. Il y a donc des régions plus chaudes, d'autres plus froides.

La pression n'est pas la même dans une zone d'air froid et dans une zone d'air chaud.

Une zone dans laquelle la pression atmosphérique est importante s'appelle un anticyclone.

Un anticyclone est signe de beau temps.

Une zone dans laquelle la pression atmosphérique est moins importante s'appelle une dépression.

Une dépression annonce souvent des nuages et de la pluie.

Dans les conditions extrêmes, la valeur de la pression atmosphérique peut varier entre 880 hPa et 1080 hPa.

Le tableau ci-dessous vous donne quelques valeurs de la pression atmosphérique suivant la météo :

Pression en mm Hg	Pression en hPa	Tendance
730	973	Tempête
750	1000	Pluie-vent
760	1013	Variable
770	1026	Beau temps
790	1053	Très sec

Les vents sont constitués de déplacements d'air d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression.

Dans notre vie courante :

Quand nous ouvrons brusquement une porte, l'air qui se trouve devant n'a pas le temps de se déplacer : nous créons ainsi de ce côté de la porte une surpression et de l'autre (du côté de la main) une sous pression.

Les trains à grande vitesse qui rentrent dans les tunnels (ou qui se croisent) créent aussi des surpressions. C'est pourquoi il faut construire des wagons qui ont des fenêtres ou des portes étanches qui résistent aux variations de pressions.

4. L'appareil qui mesure les pressions des gaz enfermés est le manomètre

Voici quelques valeurs de (sur)pression données de manière à avoir une idée de l'ordre de grandeur.

tente gonflable	0,003 bar
pneu motocyclette	1,5 à 2,0 bar
bicyclette	2 bar
voiture	1,6 à 2,2 bar
camion	3,5 à 5 bar
aérosol	max 10 bar
bouteille d'oxygène	150 bar
bouteille d'air comprimé (plongée)	200 bar



5. La respiration

Comment respirons-nous ?

Voir fiche n°9

Et si l'oxygène vient à manquer ... que se passe-t-il ?

L'oxygène est un gaz indispensable aux êtres vivants, il constitue 21% de l'atmosphère. Si ce taux tombe à 17%, nous commençons à avoir des vertiges, à 9% nous nous évanouissons et

entre 7 et 3% c'est la mort par asphyxie. Les premiers passagers des ballons dirigeables ont bien souvent payé de leur vie ces constatations.

Et si la respiration est coupée ?

Il s'agit d'un phénomène appelé « l'apnée ».

Il existe différentes apnées :

L'apnée involontaire du nourrisson qui peut être mortelle.

L'apnée des sportifs : voici quelques records mondiaux obtenus lors des différentes apnées :

	Profondeur	Date	Temps d'immersion
<u>Descente « no limits »</u>			
L'apnéiste descend à l'aide d'un poids (la gueuse) et remonte à l'aide d'un ballon			
Pipin	-162 m	01 / 2000	3 min 12 s
<u>Apnée libre</u>			
L'apnéiste descend et remonte tout seul, sans palmes, mais en tirant avec les bras sur le câble			
P. Frolla	-73 m	08 / 2000	1 min 56 s
<u>Apnée statique</u>			
L'apnéiste s'immerge à faible profondeur sans bouger, le but étant d'augmenter le temps total d'immersion sans inhalation d'oxygène			
A. Le Sauce		04 / 1995	7 min 35 s
<u>Apnée dynamique avec palmes</u>			
L'apnéiste s'immerge à faible profondeur, le but étant de parcourir la plus grande distance possible			
A. Le Sauce	164 m	1993	

Comment respirent les animaux ?

Les animaux terrestres :

- respiration pulmonaire
- respiration cutanée (ver de terre, grenouille) : c'est la peau fine, richement vascularisée et humide qui réalise les échanges gazeux.
- respiration trachéenne (sauterelle) : insectes chez qui de fins canaux assurent le transport de l'air inspiré et de l'air expiré (mouvement bien visible de l'abdomen chez la sauterelle)

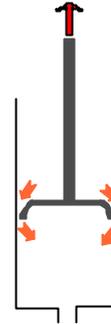
Les animaux aquatiques mettent en œuvre deux stratégies :

- soit, ils respirent comme les animaux terrestres
 - lors de la remontée à la surface (baleine, dauphin)
 - en utilisant un « tuba » (larve de moustique)
- soit, ils réalisent leurs échanges gazeux avec l'eau grâce
 - aux branchies (poisson, crustacés)
 - à la peau (grenouille)

6. La pompe de bicyclette

L'élément essentiel de la pompe de bicyclette est le piston. Ce piston est constitué d'une rondelle de cuir ou de plastique à bord souple.
Le fonctionnement de la pompe de bicyclette se déroule en deux étapes.

Lorsque nous tirons sur la poignée, le piston monte dans le corps de la pompe. En remontant, le bord souple s'incurve et la rondelle se déforme, l'air qui se trouvait au-dessus du piston passe dans la partie inférieure du corps de la pompe et remplit celui-ci.



Lorsque nous poussons sur la poignée, le piston descend, l'air est chassé vers le bas de la pompe. Le volume diminue, la pression augmente et l'air « plaque » le bord souple de la rondelle vers les parois de la pompe (assurant l'étanchéité de celle-ci). L'air comprimé (si nous lâchons le piston il remonte tout seul) finit par être chassé de la pompe vers la chambre à air du pneumatique.



7. La marmite à pression

La cocotte-minute est munie d'un couvercle quasi-hermétique (il laisse passer une petite partie de la vapeur par la soupape). Quand l'eau est chauffée, la température augmente, et donc la pression augmente à l'intérieur. L'eau comprimée se met à bouillir vers 120 ou 130° C (au lieu de 100°C normalement). La cuisson est plus rapide que dans une simple casserole et les minéraux et les vitamines demeurent intacts.



8. Réponse à une question posée par un élève concernant le sous-marin

Nous avons repris ici une manipulation qui permet de répondre à une question posée par un élève : « il y a de l'air comprimé dans un sous-marin, à quoi sert-il ? »
Le principe de descente et de remontée du sous-marin ne s'explique pas par la notion de pression atmosphérique mais par celle de la poussée d'Archimède.

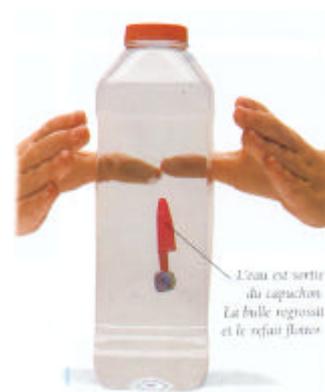
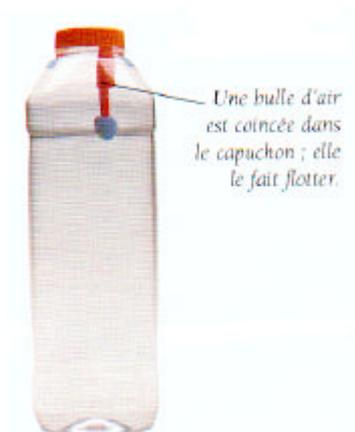
Le but : comprendre comment le sous-marin peut plonger et faire surface à volonté.

Le défi : faire monter et descendre, dans l'eau, un petit objet creux. Mais sans le toucher ...

Le matériel : une bouteille en plastique - un capuchon de bic - de la pâte à modeler - de l'eau - un verre.

Voici les conseils que vous pouvez donner aux enfants :

- Remplis aux trois-quarts le verre d'eau.
- Attache la « bonne » quantité de pâte à modeler pour que le capuchon flotte comme indiqué ci-contre.
- N'oublie pas de boucher le petit trou du haut du capuchon (de manière à faire une poche hermétique pour contenir l'air).
- Remplis la bouteille d'eau.
- Dépose le capuchon du bic dans l'eau.
- Ferme la bouteille au moyen de son capuchon.
- Presse les parois de la bouteille. Libère la bouteille. Presse à nouveau...



Constatations :

Quand nous exerçons une pression avec les mains sur les parois de la bouteille, le capuchon descend dans l'eau.

Quand nous supprimons cette pression mécanique, le capuchon remonte à la surface.

Explications :

Pourquoi alourdit-on le capuchon avec de la pâte à modeler ? Tout simplement parce qu'un capuchon rempli d'air flotte horizontalement et non verticalement.

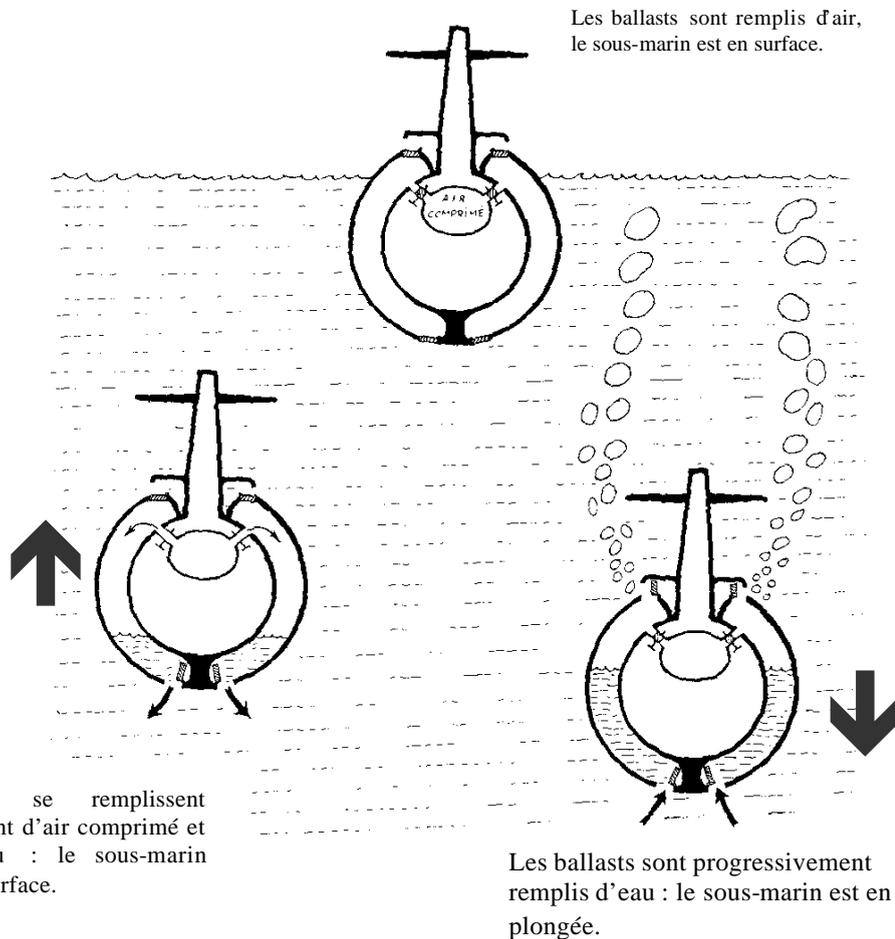
Pourquoi le capuchon s'enfonce-t-il dans l'eau quand nous appuyons sur les parois de la bouteille ?

Il existe une différence importante entre les liquides et les gaz (ici l'eau et l'air) : les liquides ne sont pas compressibles (on ne peut pas réduire leur volume en appuyant dessus), alors que les gaz peuvent être fortement comprimés.

- Quand nous appuyons sur les parois de la bouteille, l'eau qui s'y trouve dispose de moins de place. Comme elle n'est pas compressible, il faut qu'elle trouve cette place manquante ailleurs.

L'eau comprime donc l'air qui se trouve dans le haut du capuchon, et le niveau de l'eau monte à l'intérieur du capuchon. Le volume d'air contenu dans le capuchon diminue, il ne permet plus au capuchon de flotter. Le capuchon descend dans l'eau.

- Quand nous comprimons les parois de la bouteille au maximum, le volume d'air contenu dans le capuchon est minimal. Le capuchon atteint sa plus grande profondeur.
- Quand nous cessons de comprimer les parois de la bouteille, le volume d'air contenu dans le capuchon augmente, le capuchon remonte à la surface.
- Quand le volume d'air contenu dans le capuchon est maximum, le capuchon flotte à nouveau.



IV. Extraits des cahiers d'expériences

Pendant, ou à la fin, de chaque séance de laboratoire, les enfants, chacun à tour de rôle, font un rapport dans un cahier. Ils y notent leurs observations, leurs impressions, ils y font des commentaires et proposent parfois des tentatives d'explications concernant les phénomènes observés.

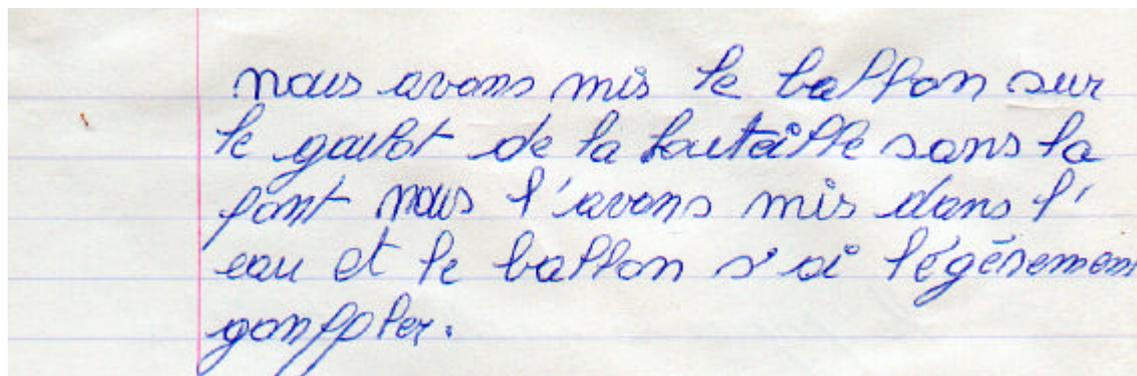
D'une manière générale, les écrits des élèves peuvent se classer en trois catégories :

- ceux qui sont tout à fait incomplets ou incompréhensibles (ils sont assez rares)
- ceux qui contiennent une description de l'expérience (les plus nombreux)
- ceux qui contiennent une description de l'expérience et une tentative d'explication (peu nombreux aussi)

En voici quelques exemples :

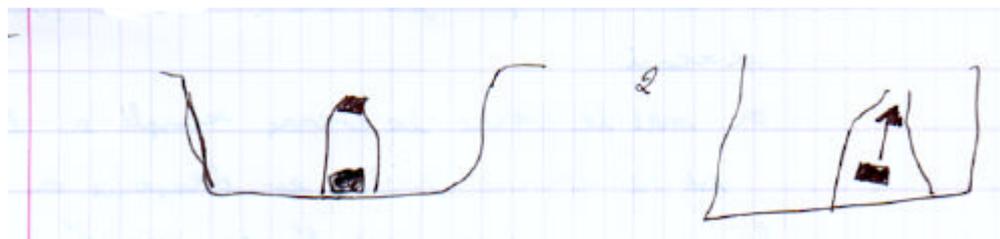
Exemples d'écrits incomplets ou incompréhensibles

Parfois l'orthographe est tellement mauvaise qu'il est difficile de comprendre le sens de la phrase.



fiche n°3, 2^{ème} défi

Ici, le dessin a été réalisé trop vite, sans soin ni commentaire.



fiche n°4, 2^{ème} défi

Ces élèves très peu nombreux sont, soit peu attirés par les sciences, soit peu soigneux et remettent un travail inachevé, soit distraits par d'autres sujets de préoccupations. Il faudrait

alors pouvoir créer des groupes plus petits de manière à pouvoir suivre chaque enfant davantage.

Exemples d'écrits contenant simplement la description de l'expérience

On prend le petit bocal plat on le remplit
légerement d'eau on place la bougie
allumée la pièce aussi - on met
alors un bocal sur la bougie et elle aspire
l'eau nous parons ensuite prendre la pièce.

fiche n°8

Nous remplissons la bouteille
Nous la retournons l'eau ne
tombe pas et puis nous mettons
un tuyau et nous soufflons
devant et l'eau s'en va



fiche n°10

Ces enfants consacrent plus de temps à la rédaction du rapport. Ils montrent un souci du détail, du soin et d'un travail complet. Ils illustrent souvent leur texte d'un dessin. Un peu plus de temps leur aurait certainement été bénéfique, le rapport aurait été plus complet avec probablement une tentative d'explication du phénomène observé.

Exemples d'écrits contenant des descriptions et des tentatives d'explications

la latte casse: parce que la feuille est
plus grande que la latte

fiche n°1

Nous constatons qu'il n'y a que le milieu qui s'élève grâce à l'élasticité statique.

fiche n°1

on constate que le ballon ne se gonfle pas (on disait que une pression empêche de le gonfler.) la pression de la bouteille est trop forte.

fiche n°2

Nous avons mis un ballon dans une bouteille en obturant le bouchon de la bouteille nous avons soufflé dans le ballon. Impossible!!!
→ il y a de l'air dans la bouteille pas de place pour le ballon.

fiche n°2

b) Comme l'air de la bouteille ne s'échappe pas le ballon ne gonfle pas.

fiche n°2

Defi 2: Nous appuyons sur la bouteille et donc le volume de la bouteille diminue et va dans le ballon

fiche n°3, 1^{er} défi

on prend la bouteille on met un ballon à l'embouchure et on appuie sur la bouteille. (la pression contenue dans la bouteille gonfle le ballon.

fiche n°3, 1^{er} défi

je mets le mouchoir dans le verre puis je le retourne est je le mets dans l'eau est en le ressortant il est sec je constate que le verre est rempli d'air donc le mouchoir est sec.

fiche n°4

Nous avons pris le petit bocal, nous l'avons touché ^{avec} le doigt à l'endroit puis nous avons mis le bout de l'entonnoir dans le trou du bocal et puis nous avons versé de l'eau dans l'entonnoir et ça ne s'écoule pas car il ya de l'air dans le bocal.

fiche n° 7

Même si parfois les justifications aux phénomènes semblent « bizarres », ou si le vocabulaire choisi n'est pas toujours approprié, la volonté de comprendre et de trouver la solution est bien présente.

Conclusion :

La participation des enfants :

D'une manière générale, les enfants étaient très intéressés par ces séances de laboratoire. Ils y ont participé de manière très active, en faisant preuve de beaucoup d'imagination et en proposant parfois des cheminements auxquels nous n'avions pas pensés. Ils ont respecté au mieux les consignes données au départ de chaque laboratoire et ont montré un souci d'honnêteté intellectuelle constant.

Le but visé a-t-il été atteint ?

Nous sommes persuadés que le but premier de ces séances, à savoir : prendre conscience de la présence de l'air, a été atteint : les enfants font très souvent référence à cette présence dans leur raisonnement.

Les conséquences des variations de pression les ont souvent amusés et parfois aussi impressionnés.

L'organisation proprement dite des séances:

Il nous semble intéressant de scinder les séances de laboratoire en trois parties :

- Première partie :
Toute la classe est réunie autour du professeur dans un endroit du local. Le professeur présente la séance sans en dévoiler tous les détails. Les enfants expliquent ce qu'ils savent, ou ne savent pas, sur le sujet. C'est la phase de la motivation.
- Deuxième partie :
Chaque groupe rejoint sa table, son matériel et se met à expérimenter. L'idéal est que les groupes ne soient pas trop près les uns des autres pour ne pas être influencés par les remarques des groupes voisins. C'est la phase de découverte, d'observation.
- Troisième partie :
Toute la classe revient au point de rencontre, autour du tableau et du professeur. C'est le moment d'échanger les informations, de comparer les préconceptions des enfants aux notions nouvelles, de corriger les erreurs, de faire un résumé, une synthèse.

Pour pouvoir faire ce cheminement, il est parfois bon de modifier la suite des manipulations prévues pour la séance et de l'adapter aux besoins en temps ou aux attentes des enfants.

V. Quel matériel utiliser et où se le procurer ?

Le matériel repris dans la liste ci-dessous est un matériel qui est très facile à trouver et très peu coûteux.

L'idéal serait que chaque groupe d'élèves possède ce matériel. Si c'est impossible, vous pouvez imaginer de faire des tournantes : un groupe commence par une manipulation, quand il l'a terminée, il échange son matériel avec son voisin ...

Une grande partie de ce matériel peut provenir de récupération et les élèves participeront volontiers à ce recyclage.

- Un aquarium *Magasin où l'on vend du matériel pour poisson ou grandes surfaces*
- 2 récipient transparents *Pots de yaourts*
- Une grande bouteille en plastique (1,5 l)
- Une grande bouteille en plastique (boisson gazeuse 1,5 l)
- Une grande bouteille en plastique dont le fond a été coupé
- Une petite bouteille en plastique (0,5 l)
- Une petite bouteille en plastique dont le fond a été coupé

- Un paquet de mouchoirs en papier
- Une feuille de journal
- Un morceau de carton (+/- 10 x 10cm)

- Un verre

- Une latte
- Un élastique
- Un capuchon de bic

- De la pâte à modeler
- Du fil à coudre (ou de la ficelle assez fine)
- Des ballons à gonfler *Grande surface ou magasin spécialisé dans l'organisation de fêtes*
- Pailles *Idem*
- Bougies chauffe-plat
- Une soucoupe
- Un morceau de sachet en plastique
- Un bouchon en liège *Provenant d'une bouteille de vin*
- Un bouchon en liège adapté au goulot de la bouteille d'eau gazeuse *En droguerie*
- Un morceau de tuyau en plastique transparent (+/- 50cm) *En droguerie*
- Une valve de bicyclette *Marchand de vélo (vieille chambre à air usagée)*

Magique ? Non, atmosphérique !

- Une pompe à bicyclette
- Un entonnoir avec un goulot étroit
- Un petit bocal fermé hermétiquement par un capuchon
- Un morceau de gouttière *Magasin de bricolage*

VI. Compétences visées lors de ces séances

Voici la liste reprenant des compétences qui devraient être acquises, au cours *d'éveil et initiation scientifique* pendant les trois dernières années du niveau primaire (*Socles de compétences – Communauté Française - mai 1999*).

Rencontrer et appréhender une réalité complexe

1. Faire émerger l'énigme à résoudre

- Formuler des questions à partir de l'observation d'un phénomène. (C1)

2. Identifier des indices et dégager des pistes de recherche propres à la situation

- Rechercher et identifier des indices (facteurs, des paramètres ...) susceptibles d'influencer la situation envisagée. (C2)
- Agencer des indices en vue de formuler au moins une question, une supposition ou une hypothèse. (C3)

3. Confronter les pistes perçues, préciser les critères de sélection des pistes et sélectionner selon ces critères

- Différencier les faits établis des hypothèses de travail, des réactions affectives et des jugements de valeur. (C4)

Investiguer les pistes de recherche

1. Récolter des informations par : la recherche expérimentale, les observations, la mesure

- Concevoir et adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. (C5)
- Recueillir des informations par observations qualitatives en utilisant les cinq sens et par des observations quantitatives. (C6)
- Identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat. (C7)
- Distinguer la grandeur repérée ou mesurée, de sa valeur et de l'unité dans laquelle elle s'exprime par son symbole. (C8)

2. Récolter informations par la recherche documentaire et la consultation de personnes ressources

- Repérer et noter une information issue d'un écrit à caractère scientifique. (C9)
- Repérer et noter une information issue d'un graphique, ou d'un tableau de données. (C10)

- Repérer et noter correctement une information issue d'un schéma, d'un croquis, d'une photographie ou d'un document audiovisuel. (C11)

Structurer les résultats, les communiquer, les valider, les synthétiser

1. Rassembler, organiser les informations sous une forme qui favorise la compréhension et la communication

- Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique. (C12)
- Mettre en évidence des relations entre deux variables. (C13)
- Rassembler des informations sous forme de tableau et les communiquer à l'aide d'un graphique. (C14)

2. S'interroger à propos des résultats d'une recherche, élaborer une synthèse et construire de nouvelles connaissances

- Valider les résultats de recherche, réfléchir aux pratiques mises en œuvre. (C15)
- Elaborer un concept, un principe, une loi ... (C16)
- Réinvestir dans d'autres situations les connaissances acquises. (C17)

VII. Bibliographie

- *Ardley N.* – A la découverte de la science – Editions Bordas Jeunesse – Paris 1995 ***
- *Ardley N.* – Le petit chercheur – L’air – Editions Bordas Jeunesse Paris – 1992***
- *Ardley N.* – Le petit chercheur – La météo – Editions Bordas Jeunesse Paris – 1993***
- *Auber J.* – *Berthelot A.* – *Bonrepaux A.* – *Canal J.-L.* – *Cessac J.* – *Chatelin L.* – *Fil J.* – *Flonneau J.-M.* – *Fontaine C.* – *Grillot S.* – *Gris J.* – *Hibon M.* – *Hot L.* – *Larmarque J.* – *Lemardele M.-A.* – *Lhomme R.* – *Marescot R.* – *Mousset R.* – *Paulin M.* – *Soinne R.* – *Souesme G.* – *Tavernier R.* – *Toulouse R.* – *Tryoen V.* – *Zelentsoff M.* – Piles, ampoules, boussoles – Collection Tavernier - Les guides du maître – Editions Bordas – 1984 ***
- *Beaumont E.* – La météo, pour la faire connaître aux enfants – Editions Fleurus – Paris – 1998 ***
- *Bertrand S.* – *Renauld J.* – *Mols J.* – Je construis mes apprentissages en sciences – Manuel 1-2 ; Cahier 1ère ou 2ème année ; Guide pédagogique – Editions de Boeck ***
- *Bonsall G.* – *Pay G.* – La météo – Collection Qui, Pourquoi ? – Editions Chantecler – 1973
- *Boysen G.* – *Glunde H.* – *Heise H.* – *Muckenfub H.* – *Schepers H.* – *Schlichtin H.-J.* – *Wiesmann H.-J.* – Physique – Mécanique, optique, magnétisme, chaleur – Edition Luxembourg – Cornelsen – Berlin – 1996
- *Brismée N.* – Comprendre notre planète. Temps et climat. – Editions Hemma – Espagne – 1992
- *Canal J.-L.* – *Margotin M.* – *Pierrard M.-A.* – *Tavernier R.* – Cahier d’activités – CM1 – Physique et technologie – Nouvelles collections Tavernier – Editions Bordas – 1996 ***
- *Canal J.-L.* – *Margotin M.* – *Pierrard M.-A.* – *Tavernier R.* – Cahier d’activités – CE2 - Physique et technologie – Nouvelles collections Tavernier – Editions Bordas – 1995 ***
- *Clark J.* – *Morzac L.* – L’atmosphère – Géographie en direct – Editions Gamma – Héritage – London – 1992 ***
- *Dupré J.-P.* – Méga Junior – Encyclopédie vivante Nathan – Paris – 1996 ***

- *Fleming K. – McPhan G.* – Acquiring concepts about the structure and behaviour of air : productive process or undesirable outcome ? – International seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics – Ithaca – N.Y. – 1-4 Augustus 1993
- *Hann J.* – La science – Guides pratiques de la jeunesse – Editions du Seuil – 1991***
- Nouveau manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences – Edition Unesco – 1974 ***
- *Seller M. – Mawet D.-P.* – Air, vent, vol – Atelier Science – Editions Gamma – Les Editions Ecole Active – London – 1992 ***

*** les références marquées de ce signe nous semblent particulièrement bien adaptées au niveau du primaire

Centre Technique et Pédagogique de l'Enseignement de la Communauté française

Route de Bavay, 70
7080 Frameries
Tél : 065 66 73 22
Fax : 065 66 14 21

Revues :

Space Connection-n°33, décembre 2000 articles sur les microfusées à eaux

Sites visités sur le net :

www.edres74.cur-archamps.fr (IUFM académie de Grenoble)
<http://radio-Canada.ca/jeuness:lesdebrouillards:science> (les Débrouillards)
<http://www.inrp.fr/lamap> (la main à la pâte)

CD-rom :

CD-rom «Adi»-accompagnement scolaire collège de la 6^{ème} à la 3^{ème}, Sciences Coktel
CD-rom « Comment ça marche ? » – Nathan multimédia
CD-rom « 103 découvertes » – Emme Paris – Lascaux Belgium

Liste des manipulations

Première séance (*prise de conscience*)

- N° 1 La feuille qui colle
- N° 2 Gonfler un ballon, pas toujours si facile !
- N° 3 Gonfler sans souffler (deux méthodes)

Deuxième séance (*la magie au service de l'éveil scientifique*)

- N° 4 Et maintenant, un peu de magie
- N° 5 Le verre renversé qui ne se vide pas
- N° 6 L'eau qui ne coule pas (facultative)
- N° 7 La paille et le carton
- N° 8 La pièce de monnaie et la bougie
- N° 9 L'œuf et la bougie (facultative)

Troisième séance (*la respiration*)

- N° 10 Inspirez, expirez ...
- N° 11 Estimation de notre capacité thoracique

Quatrième séance (*propulsion d'engins*)

- N° 12 Fusée à air... fusée à eau
- N° 13 L'aéroglesseur

Cinquième séance (*la météorologie*)

- N° 14 Le pluie et le beau temps

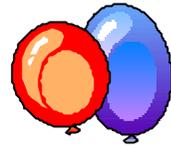


fiche n°1
L'air et la pression atmosphérique

La feuille qui colle !

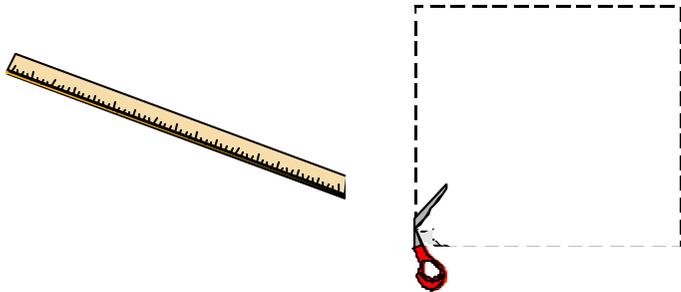
Le défi : Tu penses qu'il est facile de soulever
une feuille posée sur une table ?
Essaie la méthode que nous te proposons, tu
seras surpris(e) !





Voici le matériel mis à ta disposition :

- une latte
- une feuille de journal (ou une grande feuille de papier)



Voici les consignes que nous te proposons de suivre :

- Place la feuille de papier journal, bien à plat, sur la table.
- Intercalle entre la table et la feuille une latte que tu laisses sortir, au bord de la table, de +/- 10 cm.
- Tape d'un coup sec sur l'extrémité de la latte.
- Que fait la feuille de papier ?



Que se passe-t-il si tu refais cette même expérience avec une bouteille dont on a enlevé au préalable le fond ?

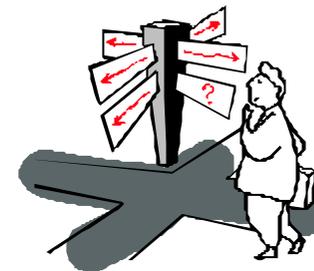
- Dessine ce que tu observes dans ce cas.
- Note tes différentes observations dans ton cahier.

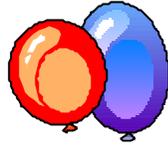


fiche n°2
L'air et la pression atmosphérique

Gonfler un ballon ... pas toujours si facile !

Le défi : Il n'est pas toujours facile de gonfler un ballon ! Nous te demandons d'essayer de le gonfler dans une bouteille...





Voici le matériel mis à ta disposition :

- un ballon de baudruche
- une bouteille (avec fond)
- une bouteille (dont le fond a été découpé)



Vas-y, suis les consignes proposées :

- Glisse un ballon dans une bouteille et tends l'ouverture de ce ballon sur le goulot de la bouteille.
- Souffle violemment dans le ballon.
- Que constates-tu ?



Fais un dessin soigné de chaque méthode et note tes observations pour chacune des deux méthodes.

1^{ère} méthode :

2^{ème} méthode :



fiche n°3
L'air et la pression atmosphérique

Gonfler sans souffler !

Le défi : Nous te demandons de trouver deux méthodes pour gonfler très légèrement un ballon sans souffler dedans !

(attention , « gonfler » ne veut pas dire remplir avec de l'eau !)





Voici le matériel mis à ta disposition :

- un ballon de baudruche
- une bouteille en plastique (eau ... de 1,5 l)
- une bouteille en plastique coupée (sans fond)
- un aquarium contenant de l'eau



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.

Tu donnes ta langue au chat ???



... alors inspire-toi des deux méthodes proposées ci-dessous pour réaliser cette expérience.

1^{ère} méthode :

- Place le ballon sur le goulot de la bouteille (à l'extérieur de la bouteille).
- Presse la bouteille.
- Que constates-tu ?

2^{ème} méthode :

- Place le ballon sur le goulot (de la même façon que pour le 1^{er} défi) de la bouteille qui n'a pas de fond.
- Plonge la bouteille verticalement jusqu'à mi-hauteur dans l'eau.
- Que constates-tu ?



1. En te servant de la bouteille et de son bouchon, imagine une manière de faire remonter le bouchon de liège au même niveau que le niveau de l'eau dans l'aquarium (attention, sans toucher le bouchon en liège et sans déplacer la bouteille).
2. Toujours en te servant de la bouteille peux-tu imaginer une manière pour faire monter le bouchon plus haut que le niveau de l'eau dans le grand récipient ?

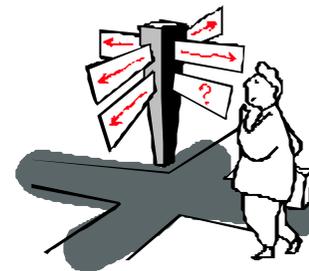


fiche n°4
L'air et la pression atmosphérique

Et maintenant, un peu de magie !

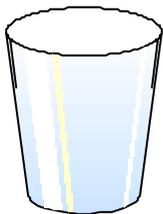
Les défis :

- 1^{er} défi :
Plonge un mouchoir en papier dans l'eau ...
mais attention, il doit en « ressortir » sec !
- 2^{ème} défi :
Tu sais qu'un bouchon de liège flotte sur l'eau, sans le toucher, ou le coincer, nous te demandons de « l'enfoncer » dans l'eau.



Voici le matériel mis à ta disposition :

- un mouchoir en papier
- un bouchon en liège
- un aquarium contenant de l'eau
- un petit récipient pouvant contenir le mouchoir en papier (un verre par exemple)
- une bouteille d'eau en plastique dont le fond a été enlevé



Comment procéder ?

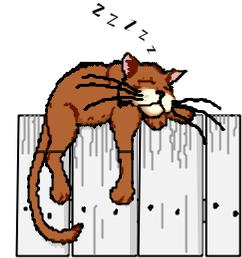
As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.

Si tu donnes ta langue au chat, voici les conseils qu'il peut te donner :



1^{er} défi :

- Remplis l'aquarium d'eau aux trois quarts.
- Coince bien, dans le fond du petit récipient, le mouchoir en papier, déplié et légèrement chiffonné (il ne doit pas tomber quand tu retournes le récipient).
- Retourne ce récipient et l'enfonce-le dans l'eau (l'ouverture en premier lieu).
- Dans quel état le mouchoir ressort-il de l'aquarium ?

2^{ème} défi :

- Remplis l'aquarium d'eau aux trois quarts.
- Dépose le bouchon à la surface de l'eau.
- Retourne la bouteille juste au-dessus du bouchon et enfonce-la dans l'eau.
- Que fait le bouchon ?



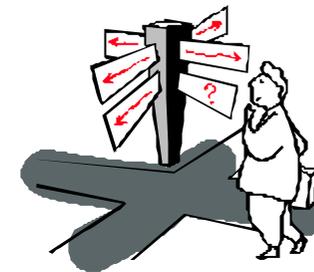


fiche n°5
L'air et la pression atmosphérique

Le verre renversé
qui ne se vide pas...

Le défi :

Comment pourrais-tu retourner
complètement un verre rempli d'eau en
te servant d'un morceau de carton , sans
renverser d'eau et sans tenir ce carton ?



Jusqu'à présent nous avons observé que l'air
exerce une force de poussée qui agit :

- du bas vers le haut
- du haut vers le bas.

Cette expérience nous montre que l'air exerce
aussi une force qui agit :

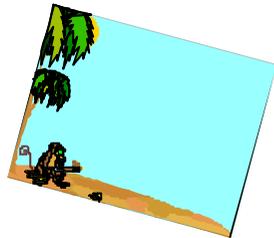
- du bas vers le haut
- du haut vers le bas.





Voici le matériel mis à ta disposition :

- un morceau de carton (+/- 10 cm de côté)
- un verre
- de l'eau



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.

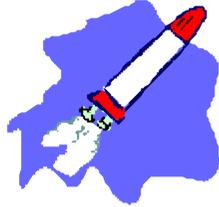
Quel travail !!



- Remplis complètement le verre d'eau.
- Dépose le carton sur le dessus du verre.
- Retourne le verre et le carton en même temps.
- Lâche le morceau de carton.
- Que constates-tu ?
- Recommence la même opération en ne remplissant pas le verre complètement.



Vérifie tes connaissances en utilisant la liste de mots ci-dessous pour compléter le texte que nous te proposons :



Voici la liste :

l'air - empêche - l'entonnoir – pression

Voici le texte :

L'eau reste dans.....

En effet, le récipient contient de.....

Cet air l'eau de descendre.

L'air contenu dans le récipient exerce une dirigée vers le haut .



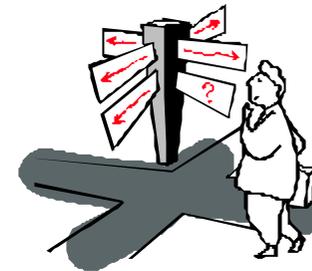
fiche n°6

L'air et la pression atmosphérique

L'eau qui ne coule pas !

Le défi : Peux-tu verser de l'eau dans un entonnoir sans que cette eau ne s'en écoule ?

Attention, tu ne peux, bien évidemment, pas boucher la sortie de l'entonnoir avec ton doigt ou autre chose !





Voici le matériel mis à ta disposition :

- un entonnoir
- un petit récipient
- son bouchon (percé d'un trou prévu pour laisser entrer le goulot de l'entonnoir)
- de l'eau.



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.

Tu manques d'inspiration ?
Et tu donnes ta langue au chat ?



- Place le bouchon pour fermer le récipient et l'entonnoir dans l'orifice prévu à cet effet.
- Verse doucement un peu d'eau dans l'entonnoir.
- Que fait cette eau ?





Cette expérience nous montre que l'air exerce une pression qui agit :

- du bas vers le haut
- du haut vers le bas
- de la gauche vers la droite
- de la droite vers la gauche

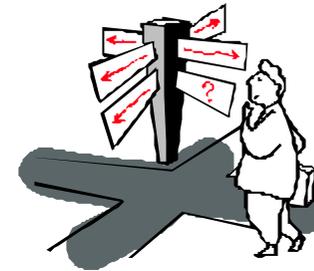


fiche n°7
L'air et la pression atmosphérique

Dans toutes les directions...

Le défi :

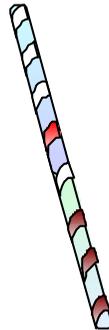
Nous te demandons de maintenir un petit morceau de carton (ou de papier) dans l'air, en te servant uniquement d'une paille.





Voici le matériel mis à ta disposition :

- un morceau de carton (+/- 2ou 3 cm de côté)
- une paille



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.

Quel travail !!



- Découpe un morceau de carton de +/- 3 centimètres de côté.
- Applique le carton sur l'extrémité de la paille en aspirant de l'autre côté.
- Que remarques-tu ?
- Tourne la tête dans toutes les directions toujours en aspirant.
- Que remarques-tu ?





Nous vous proposons un petit texte lacunaire :

Voici les mots à utiliser pour compléter ce texte :

l'eau – monter - oxygène – pression

Voici le texte à compléter :

Pour brûler, une bougie a besoin d'..... .

Quand la combustion est terminée, la dans le récipient est plus faible .

Le niveau d'eau peut alors dans le verre.

La pièce de monnaie n'est plus dans



*fiche n°8
L'air et la pression atmosphérique*

Encore un peu de magie !

Le défi :

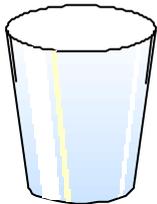
Nous te demandons de prendre la pièce de monnaie qui se trouve dans l'eau sans te mouiller les doigts, sans basculer l'assiette et sans aspirer l'eau ?





Voici le matériel mis à ta disposition :

- *une bougie (chauffe-plat)*
- *une boîte d'allumettes*
- *une assiette avec un fond d'eau*
- *une pièce de monnaie*
- *un verre*



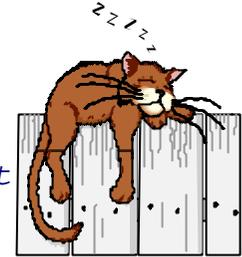
Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.



*Si tu donnes ta langue au chat
voici les conseils qu'il peut
te donner :*

- *Dépose la pièce de monnaie dans l'assiette, ajoute un fond d'eau.*
- *Dépose la bougie dans l'eau, allume-la (la flamme doit être hors de l'eau).*
- *Recouvre la bougie avec le verre et dépose celui-ci sur l'assiette.*
- *Attends quelques instants et observe ce qui se passe.*



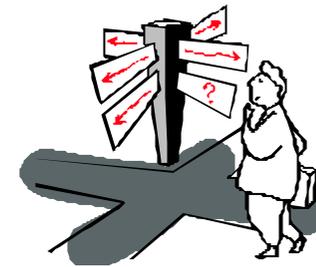


fiche n°9
L'air et la pression atmosphérique

Encore un peu de magie !

Le défi :

Nous te demandons de faire rentrer un œuf dur à l'intérieur d'une bouteille (l'œuf est légèrement plus gros que le diamètre du goulot).



Voici le matériel mis à ta disposition :

- une bougie (chauffe-plat)
- une boîte d'allumettes
- une bouteille (dont le diamètre est légèrement inférieur au diamètre de l'œuf)
- un œuf dur (sans sa coquille)



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.

Si tu donnes ta langue au chat
voici les conseils qu'il peut
te donner :



- Dépose une bougie allumée dans le fond de la bouteille.
- Dépose l'œuf au-dessus du goulot de la bouteille.
- Attends quelques instants et observe ce qui se passe.



Pour toi :

Le goulot du ballon représente :

- un poumon
- la trachée

La bouteille en plastique représente :

- la cage thoracique
- une côte

Le ballon représente :

- la cage thoracique
- un poumon

Le film plastique représente :

- la plèvre
- le diaphragme



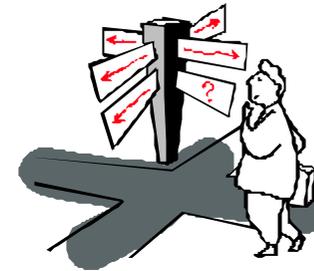
fiche n°10

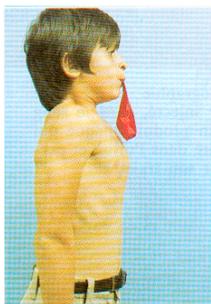
L'air et la pression atmosphérique

Connais-tu le fonctionnement de tes
poumons ?

Le défi :

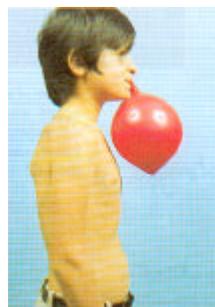
Imagine, à partir du matériel qui t'est
proposé, un modèle qui permettrait de
montrer le mécanisme de la respiration.





Voici le matériel mis à ta disposition :

- une bouteille en plastique (eau...) 1,5l sans fond
- un ballon
- une membrane en plastique
- un élastique



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.



- Fixe le ballon à l'intérieur du goulot de la bouteille.
- Place la membrane de plastique, sans la tendre, à l'endroit où se trouvait fond de la bouteille et attache-la avec l'élastique.
- Que fait le ballon quand tu tires ou que tu appuies sur la membrane en plastique ?

Décris ce que tu observes.

Ce modèle est le plus facile et le plus simple à réaliser, il a cependant un inconvénient. Lequel ?



Fais un rapide calcul :
Tu vas calculer la quantité
d'air que tu expires
(donc que tu inspires)
pendant 24 heures.

Lors d'une expiration normale tu viens d'estimer la
quantité d'air expirée à:

En supposant que tu effectues 12 expirations par minute (il
s'agit d'un chiffre moyen si tu es calme), à chaque minute,
tu chasses donc :

.....

Ce qui fait pendant une heure :.....

Et pendant une journée : !!!!

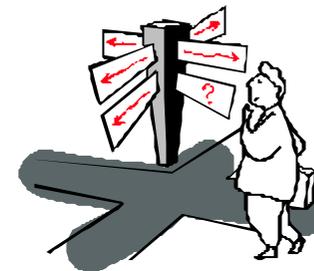


fiche n°11
l'air et la pression atmosphérique

Connais-tu la quantité d'air
(moyenne) qui passe dans tes poumons
chaque jour ?

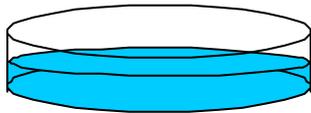
Le défi :

Nous te proposons de faire une estimation
de ta capacité thoracique moyenne.



Voici le matériel mis à ta disposition :

- un grand récipient (ou un évier)
- une bouteille en plastique (eau...)
d'1,5 l graduée
- un tuyau en plastique (de +/- 50 cm à
1 m)
- de l'eau



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est
lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te
proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.

Tu donnes ta langue au chat ??



... voici quelques conseils:

- Remplis le grand récipient d'eau à moitié.
- Remplis la bouteille d'eau et visse le
bouchon.
- Renverse la bouteille dans le récipient (ou
l'évier) et maintiens-la pour qu'elle reste
en position verticale.
- En la maintenant verticale, enlève le bouchon
(l'eau reste dans la bouteille).
- Introduis un bout de tuyau dans la bouteille
et garde l'autre bout du tuyau hors de l'eau.
- Inspire **normalement**.
- Mets le tuyau en bouche et souffle
normalement.
- Fais un trait pour repérer le niveau d'eau.
- Recommence plusieurs fois pour faire une
moyenne.





fiche n°12
L'air et la pression atmosphérique

Il vole, elle décolle...

Les défis :

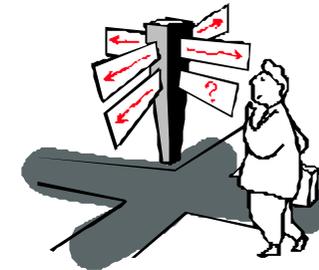
Nous te demandons de :

1^{er} défi :

faire voler un ballon horizontalement.

2^{ème} défi :

construire une fusée à eau et de la faire décoller.



Voici le matériel mis à ta disposition :

1^{er} défi :

- un long morceau de fil à coudre
- une paille
- un ballon
- du papier collant



2^{ème} défi :

- une bouteille en plastique (de boisson **gazeuse**)
- un bouchon en liège (bien adapté au goulot)
- une valve* de chambre à air de bicyclette
- une chignole
- une pompe de bicyclette
- de l'eau
- un morceau de tuyau en plastique (gouttière) assez large (pour contenir la bouteille)

* attention : il s'agit du modèle de valve qu'il est possible de démonter (vis et écrou) de la chambre à air – pas celui qui y est collé

Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.



Quel boulot !!!

1^{er} défi :

- Enfile la paille sur le fil.
- Attache le fil, en ses deux extrémités à deux endroits éloignés de la pièce, pour qu'il soit bien tendu (ou demande à deux personnes de le tenir tendu).
- Attache, avec un morceau de papier collant, le ballon à la paille.
- Gonfle le ballon et lâche-le.
- Qu' observes-tu ?

2^{ème} défi :

- Perce un trou dans le bouchon pour y placer, de façon bien étanche, la valve.
- Passe la valve dans le trou et fixe-la avec l'écrou.
- Verse quelques centimètres (+/- 5 cm) d'eau dans le fond de la bouteille. Enfonce le bouchon.
- Emporte la fusée dehors, le plus loin possible des maisons et des câbles électriques.
- Place-la dans le tuyau qui servira de rampe de lancement. Adapte la pompe.
- « Gonfle » la fusée avec la pompe en te tenant à distance (tu risques d'être mouillé).
- Que se passe-t-il ?

Fais un dessin soigné et légendé de ce qui se passe :

Pourquoi le disque se déplace-t-il si facilement ?

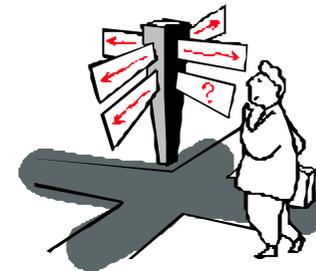
Que se passe-t-il quand le ballon est dégonflé ?



fiche n°13
L'air et la pression atmosphérique

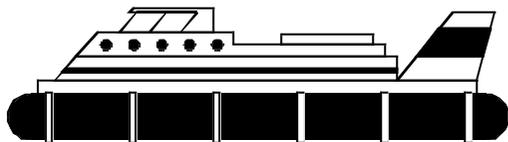
L'aéroglesseur

Le défi : Construis un aéroglesseur avec le matériel mis à ta disposition.



Voici le matériel mis à ta disposition :

- un disque en verre, percé d'un trou très fin en son centre et muni d'un tube en plastique attaché verticalement au dessus de ce trou.
- un ballon de baudruche



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.



Tu donnes ta langue au chat ???

- Gonfle le ballon.
- Attache-le sur le tube en plastique qui se trouve fixé sur le disque en verre.
- Dépose le tout sur une surface bien lisse.
- Que fait le disque si tu le pousSES légèrement ?



Renseigne-toi (interroge des adultes, fais des recherches dans les livres, sur inter-net...) pour compléter le tableau suivant :

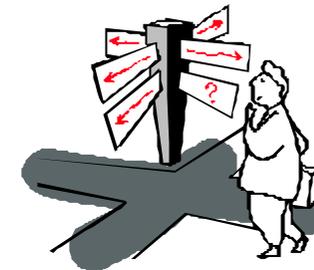
Valeurs de la pression		Tendance annoncée par les météorologues
en mm Hg	en hPa	
		tempête
		pluie-vent
		variable
		beau temps
		très sec



fiche n°14
L'air et la pression atmosphérique

La pluie et le beau temps

Le défi : Construis, avec le matériel mis à ta disposition, un appareil qui te permettra de voir les variations de la pression atmosphérique .





Voici le matériel mis à ta disposition :

- un bocal en verre
- une feuille de plastique (sachet grande surface)
- un gros élastique
- une paille
- de la pâte à modeler
- un morceau de carton
- un feutre



Comment procéder ?

As-tu une idée pour répondre au défi qui t'est lancé ?

Si oui, tu peux commencer.

Si tu ne sais pas comment procéder, nous te proposons une suite de consignes à suivre.

Suis-les scrupuleusement.

Voilà la piste suivie par le chat



La construction :

- Découpe un disque dans la feuille plastique (pour recouvrir complètement le dessus du verre).
- Fixe-le, sur le dessus du verre avec l'élastique.
- Découpe une des deux extrémités de la paille de manière à avoir un bout pointu.
- Fixe, horizontalement, avec du papier collant, le bord non découpé de la paille au centre de la feuille plastique.
- Colle un peu de pâte à modeler sous le verre et dépose le tout sur un support fixe (où tu pourras le laisser plusieurs jours).
- Place le morceau de carton derrière l'extrémité libre de la paille. Et attache-le aussi avec un peu de pâte à modeler pour qu'il ne bouge pas.

L'observation :

- En dessinant un trait sur le carton, repère, au même moment de la journée et pendant plusieurs jours la position de l'extrémité de la paille.
- Note dans un petit carnet la position de la paille et le temps qu'il fait.
- Vois-tu un lien entre les différentes positions de la paille et le temps qu'il fait dehors ?

