

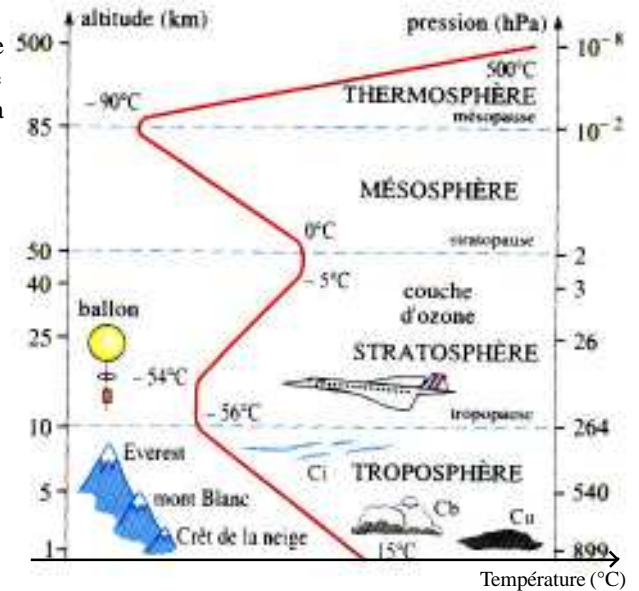
NOTION DE PRESSION

1. ATMOSPHERE, ATMOSPHERE.

Vue depuis l'espace lointain, la couche d'air qui entoure la Terre, l'atmosphère apparaît comme une très mince pellicule bleutée. Son épaisseur n'est pas facile à définir. On retiendra, à titre d'exemple, que l'épaisseur de l'atmosphère de la Terre équivaut à l'épaisseur de la peau d'une pomme par rapport à la pomme. Les molécules qui la constituent s'amasent à proximité de la surface sous l'effet de la pesanteur: 99 % des molécules de l'atmosphère se trouvent en-dessous de 40 km d'altitude. Au-dessus de cette altitude, une fois passée la célèbre couche d'ozone, on pénètre progressivement dans le vide spatial.

1.1. LES MOLECULES DE L'AIR.

L'atmosphère n'a donc pas de limite tranchée, si ce n'est celle que rencontrent les véhicules spatiaux en phase de rentrée dans l'atmosphère: à grande vitesse (20 fois la vitesse du son), le choc contre les molécules de l'air, même très raréfiées, produit un échauffement tel, qu'il faut, pour le supporter, des "boucliers thermiques" protecteurs, en céramique. Les avions supersoniques, qui restent au sein de l'atmosphère, se heurtent aussi, après avoir passé le mur du son, au "mur de la chaleur" dû à l'impact des molécules de l'air.

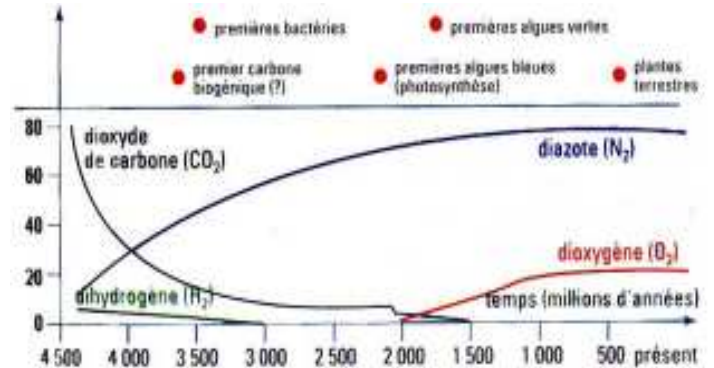
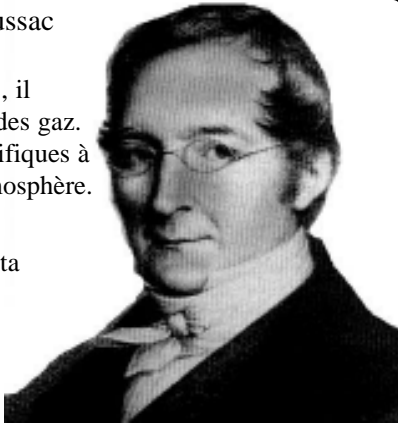


Louis - Joseph Gay - Lussac
(1778 - 1850)

Physicien et chimiste français, il énonça la loi de la dilatation des gaz. Il fut l'un des premiers scientifiques à étudier les propriétés de l'atmosphère.

Il s'intéressa également au magnétisme terrestre et inventa l'alcoomètre centésimal.

En 1804, il fait la première ascension en ballon, d'abord avec Biot pour étudier le magnétisme terrestre, ensuite seul pour mesurer les variations de température et d'humidité. Il collecte plusieurs échantillons d'air à différentes altitudes, jusqu'à environ 8 000 m, avant d'être temporairement rendu aveugle par l'explosion de son laboratoire (attention au potassium !!).



L'atmosphère n'a pas toujours eu la même composition chimique qu'aujourd'hui. Son oxygène, en particulier, a été injecté par les premiers êtres vivants, capables de photosynthèse, qui l'ont peuplée.

On ne parle pas des molécules "d'air" mais des molécules "de l'air" car l'air est un mélange de nombreuses espèces chimiques à l'état de gaz... et souvent aussi des poussières et des particules diverses. Le diazote (N_2) et le dioxygène (O_2) sont les constituants principaux (respectivement $\frac{4}{5}$ et $\frac{1}{5}$ en volume), mais les gaz inertes, l'ozone, le gaz carbonique ou la vapeur d'eau, quoique présents en quantités infimes, jouent des rôles importants.

1.2. LE BLEU DU CIEL.

Même si l'on ne peut voir les molécules, les couleurs du ciel sont des indications de leur taille approximative - qui est très petite. Chacune des molécules de l'air capte, puis réémet dans toutes les directions (on parle de "diffusion") le rayonnement lumineux provenant du Soleil. Parce que les molécules de diazote (N_2) et de dioxygène (O_2) sont très petites (de l'ordre de quelques angströms), elles diffusent surtout les couleurs de petites longueurs d'onde, c'est-à-dire le violet plus que le bleu ou le rouge. L'œil humain étant peu sensible au violet, il perçoit surtout du bleu.

La lumière rouge, moins diffusée que le bleu, est capable de traverser une plus grande épaisseur d'air. C'est elle que l'on observe au lever et au coucher du Soleil. Si les molécules de l'air étaient plus grosses, d'autres couleurs du spectre (jaune, orange ou rouge) seraient diffusées, voire même toutes les couleurs du spectre, ce qui donnerait une impression de blanc. En fait, la lumière devient blanche lorsqu'elle est diffusée par des objets plus gros que les molécules, comme les gouttelettes d'eau présentes dans un nuage.

2. DESCRIPTION D'UN GAZ A L'ECHELLE MICROSCOPIQUE.

Un gaz est constitué de molécules en agitation permanente. Les molécules sont dispersées et chacune peut parcourir une distance assez grande avant d'en rencontrer une autre: la vitesse moyenne des molécules est de quelques centaines de mètres par seconde (la vitesse moyenne des molécules de dioxygène et de diazote de l'air que nous respirons est de 500 m.s^{-1} environ).

Après chaque choc (dans les conditions usuelles, le nombre de chocs subis par une molécule d'un gaz pendant 1 seconde est de l'ordre de 10^8 à 10^9), les molécules changent de direction de façon imprévisible.

Le mouvement brownien des particules de fumée illustre cette structure dispersée, désordonnée et en agitation permanente de la matière dans l'état gazeux.

Ainsi, les gaz, dont les molécules sont dispersées et agitées occupent tout le volume qui leur est offert: ils sont **expansibles**.

Les molécules étant dispersées, elles peuvent être rapprochées: les gaz sont **compressibles**.

Il n'est pas possible de décrire l'état d'un gaz par l'étude des mouvements individuels des molécules, parce que leur nombre est extrêmement grand et qu'elles sont animées de mouvements différents.

Cette agitation incessante de milliards de milliards de molécules fait qu'il serait inutile de tenter de les décrire une par une: à quoi bon mesurer la masse ou la vitesse d'une molécule ? En revanche, certaines grandeurs physiques, la pression et la température par exemple, qui sont d'une certaine façon des "effets secondaires" de l'agitation moléculaire, caractérisent bien les gaz et sont assez faciles à mesurer.

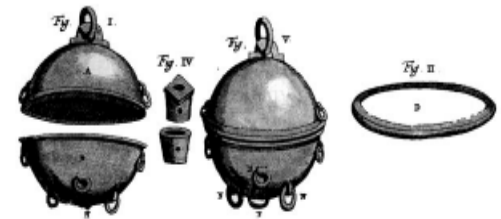
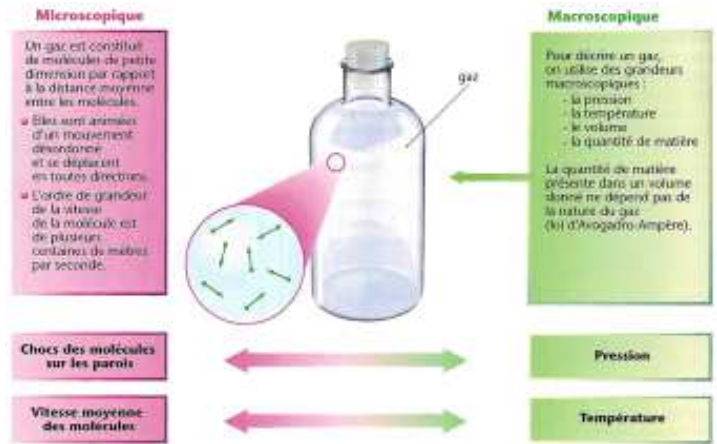
3. ETAT GAZEUX ET PRESSION D'UN GAZ.

Invisible et impalpable, l'air est évidemment difficile à étudier: comment faire pour le peser, ou mesurer le nombre de molécules qu'il contient ? Le problème sembla sans solution jusqu'au XVII^e siècle. A l'époque, on croyait que la nature avait "horreur du vide" et ne laissait aucun espace entre ses molécules et ses atomes: on va voir qu'il fallait renoncer à cette idée avant de pouvoir commencer à mesurer l'air. Les premiers physiciens vont se passionner pour la question et mettre au point l'outil qui va donner la réponse: la pompe à vide. A côté de l'étude des mouvements des planètes, l'expérimentation sur l'air est devenue l'autre grand thème scientifique de l'époque. Les premières pompes à vide sont contemporaines des premiers télescopes et microscopes.

Les premières expériences, très spectaculaires et donnant lieu à de véritables shows publics, consistent à faire le vide dans une sphère constituée de deux demi-sphères métalliques (les hémisphères de Magdebourg), accolées mais sans aucun lien entre elles. La pression atmosphérique qui s'exerce sur els demi-sphères est si forte que huit chevaux (ou plus) ne parviennent pas à les détacher... malgré la mauvaise qualité des pompes de l'époque. Ce n'est pas le vide qui aspire les deux hémisphères de métal, c'est l'air extérieur qui appuie

sur leur surface au point de les rendre inséparables. En somme, si nous ne ressentons pas la pression atmosphérique, c'est que l'intérieur de notre corps est lui aussi à la pression atmosphérique. Un homme exposé au vide sans scaphandre, exploserait immédiatement !!!

De même, dans la cloche à vide, l'air se raréfie et la pression diminue. Le ballon augmente de volume quand la pression de l'air à l'intérieur de l'enveloppe est notablement supérieure à celle de l'air extérieur.

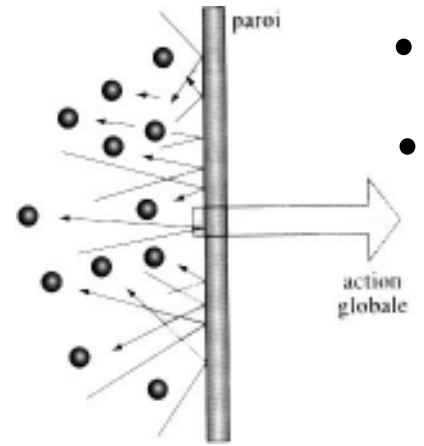


3.1. LES FORCES PRESSANTES.

Considérons un ballon de baudruche gonflé avec de l'air. Pourquoi a-t-il une forme bien déterminée alors que, s'il n'est pas gonflé, il reste flasque et sans forme ?

On explique facilement la forme caractéristique du ballon gonflé en admettant que sur chaque élément de surface interne du ballon, l'air intérieur exerce une force, appelée force pressante, qui contribue à lui donner une certaine rigidité. Cette force pressante résulte du bombardement de l'élément de surface par les molécules des gaz constituant l'air.

Cette force pressante qu'exerce un gaz sur un élément de surface en contact avec lui est perpendiculaire à cette surface. Elle est orientée du gaz vers la surface.



3.2. QU'EST-CE-QU'UNE PRESSION ?

Observation.

L'objet posé sur le sable tige vers le bas s'y enfonce. Il reste à la surface du sable s'il y est posé tige vers le haut.

Une punaise s'enfonce aisément dans le mur, mais non... un clou présenté par sa tête !!

Des skis ou des raquettes sont nécessaires pour ne pas s'enfoncer dans la neige.

Interprétation.

L'effet de la force, appliquée perpendiculairement à une surface déformable, est d'autant plus grande que l'aire selon laquelle cette force est répartie est plus petite.

Définition.

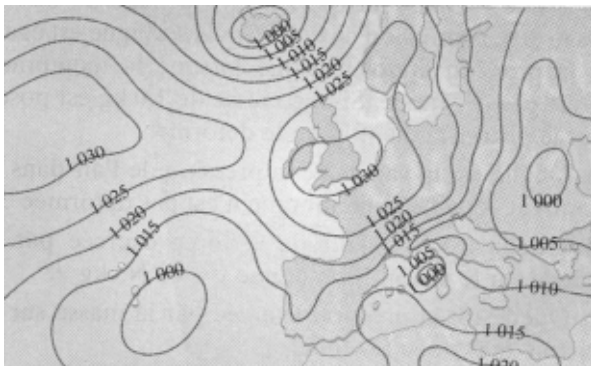
Lorsqu'une force de valeur F , exercée perpendiculairement sur la surface d'un objet, s'y trouve répartie suivant l'aire S , la surface de l'objet est soumise à la pression P , telle que:

$$P = \frac{F}{S}$$

F F valeur de la force (N)
 P S aire de répartition (m^2)
 S P pression (Pa).

L'unité officielle est le pascal (symbole Pa). On utilise dans la vie quotidienne d'autres unités:

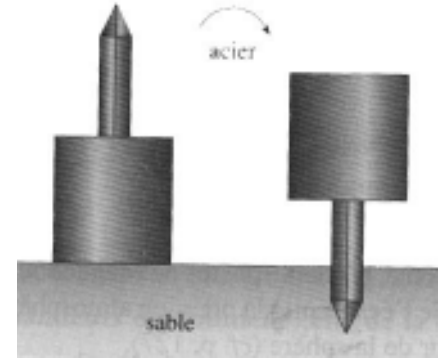
- la pression du pneu s'exprime en bar;
- les cartes météorologiques des pressions en hectoPascal.




Un **anticyclone** est une zone de hautes pressions: la pression réduite y est supérieure à la pression atmosphérique moyenne. Plus on s'approche du centre de l'anticyclone, plus la pression augmente. Dans l'hémisphère nord, les vents tournent dans le sens des aiguilles d'une montre autour des anticyclones; c'est le contraire dans l'hémisphère Sud. Les anticyclones sont en général synonymes de beau temps.

Une **dépression** est une zone de faibles pressions (inférieures à 1013 hPa). Plus on s'approche de son centre, plus la pression diminue. Le sens des vents est inversé par rapport à un anticyclone.

Un **cyclone** est une dépression isolée quasi-circulaire, de plusieurs centaines de kilomètres de diamètre. La pression au centre de cyclone peut être très faible, inférieure à 900 hPa; c'est l'oeil du cyclone, où l'air est calme. En revanche, des vents violents (plus de 120 km/h) soufflent autour de l'oeil.



Blaise Pascal
(1623 - 1662)
Mathématicien, physicien et
écrivain français.



Dès l'âge de 16 ans, il écrit plusieurs traités de mathématique. En 1642, il invente une machine à calculer.

Il répète en 1648, l'expérience de Torricelli (mise en évidence de la pression atmosphérique) à plusieurs altitudes. Il rédige ensuite plusieurs ouvrages sur le vide et la pesanteur de l'air.

A la fin de sa vie, il écrit plusieurs ouvrages littéraires dont les plus connus sont *Les Provinciales* et *Les Pensées*.

Air dans un pneu de V.T.T.	7×10^5 Pa
Air dans un pneu d'automobile.	$3,5 \times 10^5$ Pa
Pression atmosphérique à l'altitude de 2 000 m.	750 hPa
Gaz dans une lampe à incandescence éteinte.	100 hPa
Tube de télévision.	10^{-5} hPa

3.3. L'INSTRUMENT DE MESURE.

Un manomètre est un appareil permettant de mesurer la pression d'un gaz. On distingue:

Les plus courants sont les *manomètres à déformation* dans lesquels, sous l'effet de la pression, une tubulure métallique se déforme, entraînant la rotation d'une aiguille. Ce sont des manomètres de ce type qui permettent de vérifier la pression des pneus d'un véhicule.

Les manomètres à *capteur piézo-électrique* dans lesquels la pression subie par un cristal fait apparaître une tension électrique.

La plupart de ces manomètres sont des manomètres *différentiels*. Ils indiquent une valeur nulle quand la pression du gaz dans la capsule manométrique est égale à celle de l'air atmosphérique. La pression du gaz est alors égale à 10^5 Pa environ. Si un manomètre différentiel indique 5 bars, soit 5×10^5 Pa, la pression du gaz est en fait égale à 6 bars, soit 6×10^5 Pa.

Il existe certains capteurs de pression *absolus*, c'est-à-dire qu'ils indiquent alors la vraie valeur de la pression.

3.3. LA PRESSION ATMOSPHERIQUE.

Dispositif.

On remplit un ballon avec du chlorure d'hydrogène sec, puis on le ferme avec un bouchon percé d'un tube en verre. Un tube de caoutchouc fermé par un épingle isole le gaz d'un cristalliseur rempli d'eau à laquelle on a ajouté quelques gouttes d'hélianthine.

On ouvre la pince.

Observation.

Un jet d'eau se forme à l'intérieur du ballon.

Interprétation.

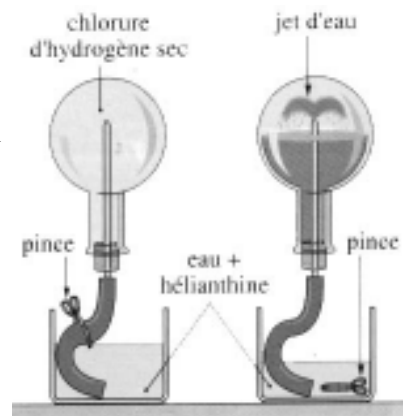
Le chlorure d'hydrogène se met rapidement en solution et, par conséquent, une dépression se crée dans le ballon. La surface de l'eau du cristalliseur est soumise à la pression atmosphérique. Sous l'effet de la différence de pression ainsi engendrée entre l'intérieur et l'extérieur du ballon, l'eau se précipite dans le ballon.

Valeur de la pression atmosphérique.

La pression atmosphérique peut varier de quelques pourcents autour de la valeur $P = 1,0 \times 10^5$ Pa, soit $P = 1,0$ bar. Pour des raisons historiques on appelle pression atmosphérique normale la valeur:

$$P_0 = 101\,325 \text{ Pa.}$$

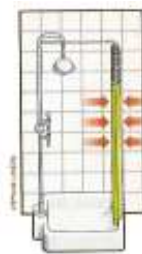
Cette valeur, posée par définition, n'est pas entachée d'imprécision.



POURQUOI LE RIDEAU DE DOUCHE EST-IL ASPIRÉ À L'INTÉRIEUR ?

Vous êtes dans la douche, le rideau est sagement à sa place. Vous ouvrez le robinet, l'eau jaillit ... et ce satané rideau vient se coller à votre jambe ou votre bras !

Pourquoi le bougre se déplace-t-il toujours vers l'intérieur ? Le coupable principal a été identifié: l'effet Bernouilli: dans sa chute, l'eau du jet déplace une couche d'air, ce qui crée dans la douche un discret courant d'air de forme complexe, une sorte de tourbillon d'axe horizontal. Or, d'après le mathématicien suisse Daniel Bernouilli (1700 - 1782), plus l'air glisse vite sur une surface, moins il exerce de pression sur celle-ci. Les deux faces du rideau de douche ne subissent donc pas la même pression puisque seule celle de l'intérieur est balayée par ce petit souffle. Le rideau est plus poussé vers l'intérieur de la douche qu'en sens inverse, et vient affectueusement se coller à vous, pour votre plus grand énervement.



Le rideau subit une pression de l'air extérieur, supérieure sur ses deux faces.



L'eau de la douche crée un courant d'air (en bleu) qui abaisse la pression sur la face interne. Le rideau est poussé.