



# Réponses au conte de Noël

De nombreux élèves m'ont écrit et tous ont bien compris quelle réponse attendaient l'arbitre et son collègue : la relation liant l'altitude et la pression atmosphérique, relation permettant de déterminer la hauteur de l'immeuble en mesurant, à l'aide du baromètre, la pression atmosphérique au pied puis en haut de celui-ci.

FÉLICITATIONS A TOUS !



Mme D'Anna

# Ce n'est pas rien !

En effet, l'idée d'utiliser cette relation pour mesurer une hauteur a été émise pour la première fois par Blaise Pascal en 1647 !

Blaise Pascal est ce génie qualifié d'effrayant par François-René de Chateaubriand, né en juin 19 juin 1623 à Clermont-Ferrand en Auvergne.

A la fois, philosophe et théologien, il est l'auteur des Provinciales et des fameuses Pensées, mais aussi, mathématicien (le théorème et le triangle de Pascal, c'est lui).

Il est également physicien : il mène des travaux sur la réalité du vide et la pression atmosphérique, en s'appuyant sur de multiples expérimentations à l'aide de toutes sortes d'instruments, et établit la théorie générale de l'équilibre des liquides ; il est à l'origine de l'invention de la presse hydraulique, basée sur le principe qui porte son nom et qui veut que, dans un fluide incompressible en équilibre, les pressions se transmettent intégralement.

Il est, enfin, un inventeur de talent : afin d'aider son père, commissaire à la levée des impôts, dans ses calculs fastidieux, il met au point la Pascaline, une des premières machines à calculer.

En hommage à Blaise Pascal :

l'unité S.I. de pression porte son nom ainsi qu'un langage de programmation en informatique ;

l'Université de Clermont-Ferrand II porte également son nom ainsi que de nombreux lycées français (dans l'académie d'Aix-Marseille, c'est un lycée professionnel de Marseille qui a cet honneur) ;

de 1969 à 1994, la France a émis un billet de 500 francs à son effigie ;

depuis 1984, l'Académie des Sciences décerne chaque année un Prix Blaise Pascal destiné à promouvoir les recherches en mathématiques appliquées aux Sciences de l'ingénieur et à l'industrie et récompensant un chercheur, âgé au plus de 40 ans, pour un travail remarquable réalisé en France sur la conception et l'analyse mathématique de méthodes numériques déterministes ou stochastiques utiles pour la résolution des équations aux dérivées partielles.

## L'hypothèse de Blaise Pascal

L'air atmosphérique, comme tous les corps, est attiré par la Terre et le poids de cet air est à l'origine de la pression atmosphérique. En gagnant de l'altitude, la pression atmosphérique diminue puisque l'épaisseur de la colonne d'air s'amincit.

## Confirmation de l'hypothèse

Blaise Pascal réalise une première expérience à l'aide d'un baromètre, à Paris, au sommet de la tour Saint-Jacques à 52 mètres au-dessus de la chaussée, une hauteur suffisante qui lui permet de vérifier que la pression atmosphérique varie avec l'altitude.

Il pense ensuite à une montagne qu'il connaît, le Puy de Dôme, et s'adresse à son beau-frère, Florin Périer, qui habite en Auvergne, afin qu'il réalise la même expérience à différentes altitudes. C'est fait le 19 septembre 1648 et les résultats sont convaincants : la pression atmosphérique diminue à mesure que l'on monte en altitude.

En se servant de cette diminution de la pression atmosphérique on peut déterminer une différence d'altitude entre le sommet d'une montagne (pour notre conte, d'un immeuble) et un point de référence d'altitude connue.

Cette méthode dite de nivellement barométrique nécessite donc l'ascension de la montagne (de l'immeuble) puisqu'elle impose deux mesures de pression simultanées, au sommet et à la base de la montagne (de l'immeuble).

Elle nécessite également une relation, appelée formule de nivellement barométrique, qui permette de convertir la différence observée de pression en une différence d'altitude.

## Quelques unes des réponses reçues

### Celle d'Emma Biancucchi, élève de Seconde (S5)

Bonjour Mme D'Anna,

Comme je crois au Père Noël, je vais tenter de répondre à la question du conte de Noël.

Je pense que l'arbitre et son collègue souhaitaient obtenir une réponse dans laquelle l'étudiant utiliserait les fonctions du baromètre.

On sait que cet instrument sert à mesurer la pression atmosphérique et sert également d'altimètre.

Le baromètre donne la valeur de la pression atmosphérique qui correspond à l'altitude où il se trouve.

Donc on peut émettre l'hypothèse qu'en mesurant la pression atmosphérique en bas de l'immeuble et en haut de l'immeuble on peut en déduire sa hauteur.

Par contre je ne connais pas la formule pour y aboutir. Mais je suis sûre qu'elle existe.

### Celle de Thomas Silva, élève de Première Scientifique (PS1)

1) Poser le baromètre au sol au niveau de la base du bâtiment et relever la mesure (hPa1) .

2) Faire la même chose en haut du bâtiment (hPa2).

3) Soustraire la première mesure à la deuxième ce qui nous donne la différence de pression entre le bas et le haut du bâtiment ( $hPa1 - hPa2 = hPa3$ ).

4) On sait que la pression diminue d'environ 1 hPa à chaque fois que l'on monte de 8,5 m pour une température et une altitude moyenne.

5) Il ne reste plus qu'à multiplier la différence de pression entre le bas et le haut par 8,5 pour obtenir la taille du bâtiment ( $8,5 \times hPa3$ ).

# Celle d'Amandine Dho, élève de Seconde (S5)

## Mesurer la hauteur d'un immeuble avec un baromètre

### Le baromètre

Le baromètre est un instrument de mesure de la pression atmosphérique.

### La pression

La pression exercée par un gaz sur une surface est le rapport de la valeur de la force pressante exercée sur cette surface sur l'aire de cette surface.

$$Pression = \frac{Force}{Surface}$$

Dans le système international d'unités, la pression s'exprime en pascal(s) (Pa), la valeur de la force en newton(s) (N) et la surface en mètre(s)-carré(s) (m<sup>2</sup>).

### La pression atmosphérique

Dans le cas de la pression atmosphérique, la force exercée est le poids de la colonne d'air sur la surface de base de la colonne.

Soient P la valeur du poids exercé par la colonne d'air sur une surface ( $P = m * g$ ),

H la hauteur de la colonne d'air

S l'aire de la surface de base de la colonne d'air (sur laquelle la pression s'exerce)

V le volume de la colonne d'air ( $V = H * S$ )

m la masse de la colonne d'air

$\rho$  la masse volumique de l'air ( $m = \rho * V$ )

$$Pression = \frac{\text{valeur du poids de la colonne d'air}}{S} = \frac{m * g}{S} = \frac{\rho * V * g}{S} = \frac{\rho * H * S * g}{S} = \rho * H * g$$

### Application : mesure de la hauteur de l'immeuble

La différence de pression entre le haut et le bas d'un immeuble de hauteur h peut s'exprimer ainsi :

$$Pression \text{ au sol} - pression \text{ en haut de l'immeuble} = \rho * H * g - \rho * (H - h) * g = \rho * h * g$$

$$\text{donc } h = \frac{\text{pression au sol} - \text{pression en haut de l'immeuble}}{\rho * g}$$

Donc si on évalue la différence de pression entre le haut de l'immeuble et le sol, on peut évaluer la hauteur h de l'immeuble.

## Celle d'Alice Quenelle, élève de Première Scientifique (PS1)

La réponse au conte de Noël.

Le baromètre est un outil qui permet de mesurer la pression atmosphérique et cette dernière varie avec l'altitude.

La pression diminue lorsqu'on s'élève, mais de moins en moins vite à mesure que l'on monte.

Elle dépend aussi du profil de température qui règne au-dessus du lieu où on la mesure.

Il faut donc mesurer la pression atmosphérique en haut de l'immeuble, puis au niveau du sol au bas de l'immeuble et pour trouver la hauteur  $z$  de l'immeuble il fut utiliser la formule :

$$z = \frac{R T_m}{M g} \cdot \ln \frac{p_0}{p}$$

où  $\ln$  est la fonction logarithme népérien et où les autres paramètres sont décrits ci-dessous et sont issus du site

[http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1\\_\\_Conna\\_tre\\_la\\_stratosph\\_re/pression\\_et\\_altitude\\_218.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1__Conna_tre_la_stratosph_re/pression_et_altitude_218.html)

$z$  en mètre(s) (m) = altitude

$p_0$  en hectopascal(s) (hPa) = pression au niveau du sol

$p$  en hectopascal(s) (hPa) = pression à l'altitude  $z$

$R$  = constante des gaz parfaits = 8,314 S.I.

$g$  en mètre(s) par seconde au carré ( $m.s^{-2}$ ) = accélération de la pesanteur = 9,81  $m.s^{-2}$

$T_m$  en kelvin(s) (K) = température moyenne entre  $T_0$ , la température au sol, et  $T_z$ , la température à l'altitude  $z$ , =  $(T_0 + T_z) / 2$

$M$  = masse molaire de l'air = 28,96  $g.mol^{-1}$  ( pour de l'air sec )