

TP de Physique (Chapitre M12) : Loi de Mariotte

Objectifs : - Vérifier par une série de mesure la loi de Mariotte.

Le 14 octobre 2012, Félix Baumgartner a utilisé un ballon stratosphérique gonflé avec de l'hélium (gaz moins dense que l'air) pour parvenir à une altitude de 39,45 km et a ensuite effectué un saut en chute libre depuis la stratosphère.

L'ascension avec un ballon stratosphérique classique se divise en deux parties, la première phase s'effectue à masse constante (tout se passe comme si le ballon était hermétiquement fermé), lors de l'ascension, on remarque alors que le volume de celui-ci augmente. La montée se poursuit jusqu'à ce que l'enveloppe soit pleine. Toute augmentation de volume supplémentaire provoque un rejet de gaz par les ouvertures inférieures, appelées manches d'évacuation (2^{ème} phase).



Photographie du ballon de Felix Baumgartner au moment du décollage.

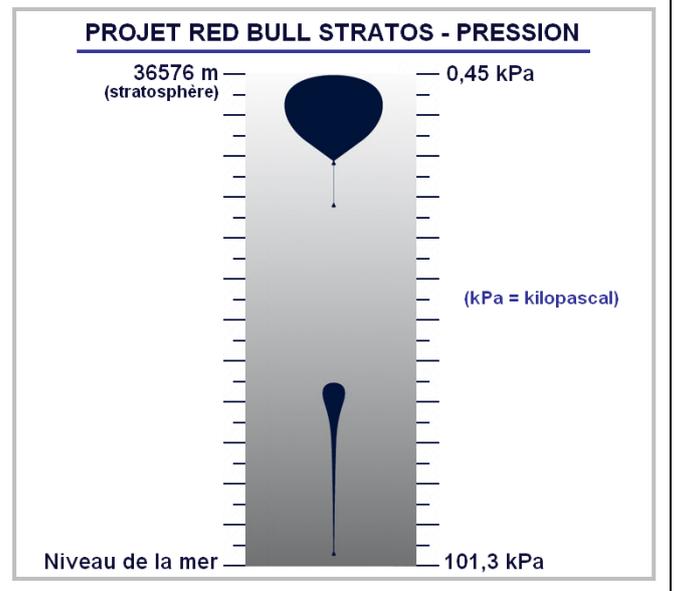


Vue d'artiste du ballon au sommet de sa trajectoire (39,45 km). Tout le volume de l'enveloppe est occupé

Quel est le lien entre le volume d'un gaz et la pression lors de la première phase du vol ascensionnel ?

Document 1 : Pression et volume du ballon stratosphérique

- Sur le schéma ci-contre, on représente le ballon stratosphérique de Félix Baumgartner. Ce ballon est représenté sur le schéma pour différentes altitudes.
- Pour une altitude donnée, la pression à l'intérieur du ballon est égale à la pression extérieure. La pression à l'intérieur du ballon et son volume sont indiqués sur le schéma.
- L'unité officielle de la pression est le pascal (Pa).



Document N°2/ Loi de Mariotte

À température constante et pour une quantité de matière donnée de gaz, le volume V occupé est inversement proportionnel à la pression P . Le produit de la pression par le volume reste constant.

$$P \times V = \text{constante}$$

1/ En vous aidant du document N°1 et du contexte :

- indiquer si le nombre de molécules de gaz (hélium) à l'intérieur du ballon stratosphérique varie lors de la première partie de la phase ascensionnelle.
- indiquer comment évolue la pression à l'intérieur du ballon, lors de la première partie de la phase ascensionnelle, préciser aussi l'évolution du volume du ballon.

MESURES

2/ A l'aide du matériel indiqué ci-dessous, proposer un protocole expérimentale permettant de vérifier la loi de Mariotte. Une série de mesures, le tracé d'un graphique ainsi que l'interprétation des résultats obtenus sont attendus.

Matériel :

- seringue
- tuyau souple
- capteur de pression
- interface sysam + ordinateur

APPEL N°1	Appeler le professeur pour lui présenter votre protocole ou en cas de difficulté.
------------------	--

3/ Réaliser le protocole expérimental proposé en indiquant vos résultats dans le tableau ci-dessous. Attention aux unités qui devront être celles du système international d'unités !

..... (.....)									
..... (.....)									

4/ L'air emprisonnée ne se trouve pas que dans la seringue : il y en a un volume petit mais non négligeable dans le tuyau reliant la seringue au capteur. Estimer par des mesures et par un calcul le volume occupé par l'air dans le tuyau afin de modifier les volumes de gaz considérés précédemment.

5/ A l'aide du logiciel Latis pro, entrer les valeurs obtenues dans la partie « **tableur** », puis tracer une courbe judicieusement choisie permettant de vérifier la loi de Mariotte. Modéliser votre courbe afin d'obtenir la valeur de la constante citée dans la loi de Mariotte. Imprimer la courbe avec sa modélisation et indiquer la valeur de la constante trouvée. Attention cette constante possède une unité.

POUR ALLER PLUS LOIN :

6/ Quelle condition ne respecte-t-on pas si on applique la loi de Mariotte à l'exemple du ballon stratosphérique lors de la première partie de la phase ascensionnelle?

Document N°3/ Variations de la température dans la troposphère

On peut modéliser l'évolution de la température en fonction de l'altitude de manière relativement simple. On définit un gradient thermique constant de $-6,5^{\circ}\text{C}$ par kilomètre de manière linéaire jusqu'à la limite supérieure de la troposphère soit environ 10 km d'altitude où la température cesse de décroître pour atteindre une valeur moyenne de **-56°C dans les régions tempérées.**

Exemple de variation de température pour une température au niveau de la mer égale à 15°C :

TEMPÉRATURE EN °C
Décroissance en fonction de l'altitude

Document N°4/ Evolution de la pression en fonction de la température et de l'altitude

Il existe une formule quasi exacte de la variation de la pression P en fonction de l'altitude dans la troposphère :

$$P = P_0 \times \exp\left(\frac{-\gamma g}{2C_p T_0} z\right)$$

- P est la pression (en Pa),
- P_0 est la pression au sol (en Pa),
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ est l'accélération de la pesanteur,
- z est l'altitude par rapport au sol (en m),
- $C_p = 1006 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ est la capacité calorifique de l'air,
- T_0 est la température au sol (en K)

Cette formule permet de calculer avec précision l'évolution de la pression en tenant compte de l'altitude et des variations de la température au sol.

Remarque : le Kelvin de symbole K est l'unité du système international de température. Pour passer des degrés Celsius au Kelvin, il suffit d'ajouter 273,15.

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

7/ En considérant une température au sol noté T_0 (en $^{\circ}\text{C}$ ou en K), indiquer la fonction mathématique permettant de déterminer la température T (en $^{\circ}\text{C}$ ou en K) en fonction de l'altitude z (en km) au sein de la troposphère.

8/ Déterminer la valeur de la pression P et de la température T au sommet de l'Everest (8848m) si la température et la pression au niveau de la mer sont respectivement 25°C et 1013 hPa.