

Devoir maison 1

Mesure de la pression atmosphérique

Toute prévision météorologique est basée sur un modèle fiable de l'atmosphère, rendant compte en particulier de la pression, de la température et de l'hygrométrie (humidité de l'air) en différents points de l'espace.

Le saviez-vous ?

Torricelli, en 1643-1644, a retourné dans une cuvette de mercure des tubes de diamètres différents remplis du même liquide pour constater que le niveau de mercure obtenu était toujours le même quel que soit le diamètre des tubes : 760 millimètres.

En 1648, Pascal a démontré, en faisant gravir au tube de Torricelli le Puy de Dôme, que la pression diminue avec l'altitude et que le bout du tube est rempli de... vide !

Mesurer la pression en météorologie

L'instrument de mesure de la pression atmosphérique est le baromètre. Les météorologistes appliquent des normes définies par l'Organisation météorologique mondiale pour pouvoir comparer les mesures de pression entre elles. Elles sont ainsi ramenées au niveau de la mer et les baromètres sont calés pour indiquer la pression au niveau de la mer.

Il existe plusieurs types de baromètres :

- Le baromètre à mercure – de plus en plus rare du fait de la législation sur le mercure – indique la pression exacte du lieu. Il faut corriger cette pression de l'altitude pour obtenir la pression au niveau de la mer.
- Le baromètre anéroïde contient une ou plusieurs capsules à vide (capsule de Vidie) qui s'écrase plus ou moins en fonction de la pression. Cette variation est amplifiée par un mécanisme déplaçant une aiguille sur un cadran.
- Les baromètres utilisés par Météo-France sont des baromètres numériques compensés en température. En effet, le capteur étant sujet à dilatation en fonction de la température, la mesure de pression est corrigée grâce à un capteur de température.

En météorologie, on mesure aussi la variation de la pression avec l'altitude avec un capteur placé sous un ballon : c'est le radiosondage. C'est la connaissance fine des variations horizontales et verticales de la pression atmosphérique qui permet de déterminer les mouvements de l'atmosphère.



Baromètre anéroïde



Ballon-sonde

Variation horizontale de la pression atmosphérique

Au niveau de la mer, la pression moyenne est de 1 013,25 hPa.

En France métropolitaine, entre 1951 et 2012, on a relevé 951,8 hPa le 25 février 1989 à la Pointe de La Hague (Manche) et 1048,9 hPa à la pointe de Chemoulin (Loire-Atlantique) le 3 mars 1990.

Document 8. Extraits (<http://www.meteofrance.fr/>)

1) Baromètre à mercure (à faire en priorité)

1) Expliquer l'expérience menée par Torricelli. On en donnera un schéma et on s'appuiera sur un calcul pour retrouver la valeur de 760 mm donnée dans le document 8. Pourquoi le diamètre du tube ne change-t-il pas la hauteur de mercure ?

2) Commenter l'extrait suivant du document 8 : « le bout du tube est rempli de... vide ! ».

3) Déterminer la valeur de la pression au sommet du Puy de Dôme d'altitude $z_p = 1465m$. Quelle serait alors la hauteur de la colonne de mercure ?

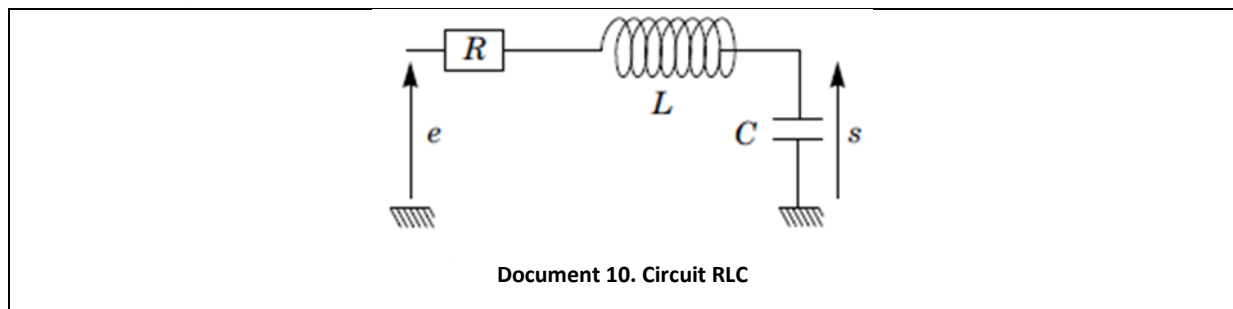
2) Ballon sonde

Le ballon-sonde est le moyen le plus simple et le plus économique d'envoyer une charge dans les différentes couches de l'atmosphère. Les ballons météorologiques, embarquant du matériel scientifique de mesure, explorent par exemple toute la troposphère et la basse stratosphère.

2.a) Liaison radiosonde – récepteur (à faire en priorité)

Le ballon-sonde communique avec la station météo grâce à une radiosonde qui émet un signal électromagnétique de haute fréquence (onde UHF) de valeur $f = 100MHz$. Le signal reçu par un cadre récepteur est amplifié puis envoyé via un câble coaxial vers un dispositif qui effectue son analyse. On étudie ici le circuit amplificateur.

Le signal obtenu aux bornes du cadre récepteur puis amplifié est envoyé sur un circuit (voir document 10).



4) Donner l'expression de la fonction de transfert de ce montage. On notera

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad ; \quad 2m = R\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{1}{Q}$$

Que représentent ces grandeurs ? Quelle est la nature de ce montage ? On ajuste les valeurs de R , L et C afin que la fréquence f du signal d'entrée satisfasse à la condition suivante : $f = f_0$. On considère cette condition réalisée dans la suite de cette partie.

5) Quel est l'influence de Q dans un filtre du second ordre ? Quel est l'intérêt de réaliser la condition précédente ?

6) La valeur de l'inductance est $L = 0,10\mu H$, calculer la valeur de C permettant d'obtenir la condition précédente.

7) Exprimer le gain du montage en fonction valeurs de R , L et C puis en fonction de Q .

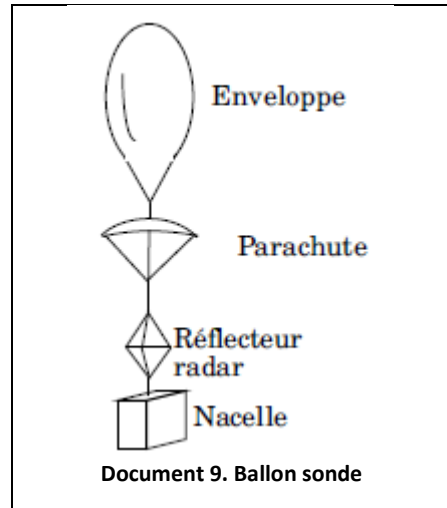
8) Donner la valeur de R permettant d'obtenir un gain de 20 dB.

9) Tracer le diagramme de Bode du filtre précédent.

2.b) Le ballon stratosphérique ouvert (pour ceux qui veulent aller plus loin)

On considère le ballon-sonde, représenté sur le document 9 ci-contre, composé :

- d'une enveloppe supposée sphérique, de volume $V = 100\text{m}^3$ (correspondant à un diamètre de l'ordre de 6m, ouverte sur l'extérieur par des manches d'évacuation situées à la base du ballon ;
- d'un parachute permettant de ralentir la descente du ballon à la fin de la mission ;
- d'un réflecteur radar rendant plus facile le suivi à distance du ballon ;
- d'une nacelle, contenant les appareils de mesure, le système de télécommunication et de positionnement GPS.



Dans ce type de ballon, l'enveloppe est indéformable et garde un volume V constant. Le ballon étant ouvert à sa base, la pression à l'intérieur du ballon est identique à tout moment à celle qui règne à l'extérieur. Au moment du lancement, le ballon est gonflé à l'hélium. On se place dans le modèle de l'atmosphère isotherme. On suppose que la température à l'intérieur du ballon reste constante, égale à la température extérieure T_0 . La masse m de l'ensemble {enveloppe + parachute + réflecteur + nacelle} reste constante au cours du vol. Le volume du ballon est assimilé à celui de son enveloppe.

10) Déterminer la masse m_{gaz} de gaz contenue dans l'enveloppe au décollage.

11) Rappeler l'expression de la poussée d'Archimède.

12) Effectuer un bilan des forces précis s'exerçant sur le ballon au moment du décollage. En déduire une condition sur m pour que le ballon décolle effectivement. Faire l'application numérique.

On considère dans la suite $m = 10\text{kg}$.

13) Expliquer ce qui se passe dans le ballon au cours de son ascension.

14) Le plafond est atteint lorsque le ballon est à son altitude maximale. À quelle condition le ballon plafonne-t-il ? Estimer alors l'altitude maximale atteinte par le ballon-sonde.

Dès que le plafond est atteint, un système de largage libère le ballon de son enveloppe. Le ballon entame alors sa descente, ralentie par le parachute. Une fois retrouvés au sol, les appareils de mesure pourront servir une nouvelle fois pour une prochaine mission.

Données :

- Accélération de la pesanteur : $g = 9,81\text{ m.s}^{-2}$
- Constante des gaz parfait : $R = 8,31\text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$
- Masse molaire de l'air : $M_a = 28,8\text{ g.mol}^{-1}$
- Pression de l'air à $z = 0$: $P_0 = 1,013 \times 10^5\text{ Pa}$
- Température de l'air à $z = 0$: $T_0 = 300\text{ K}$
- Masse volumique du mercure dans les conditions standard : $\mu_{\text{Hg}} = 1,35 \cdot 10^4\text{ kg.m}^{-3}$