

APPAREIL MOUVEMENT MOLECULAIRE

Réf. 012 027

1. Objet :

L'appareil est conçu pour illustrer l'agitation thermique des molécules d'un gaz et montrer la variation de la densité de l'air en fonction de l'altitude. Il modélise la loi de Boyle-Mariotte et fait une très bonne approche de la loi des gaz parfaits.

2. Description :

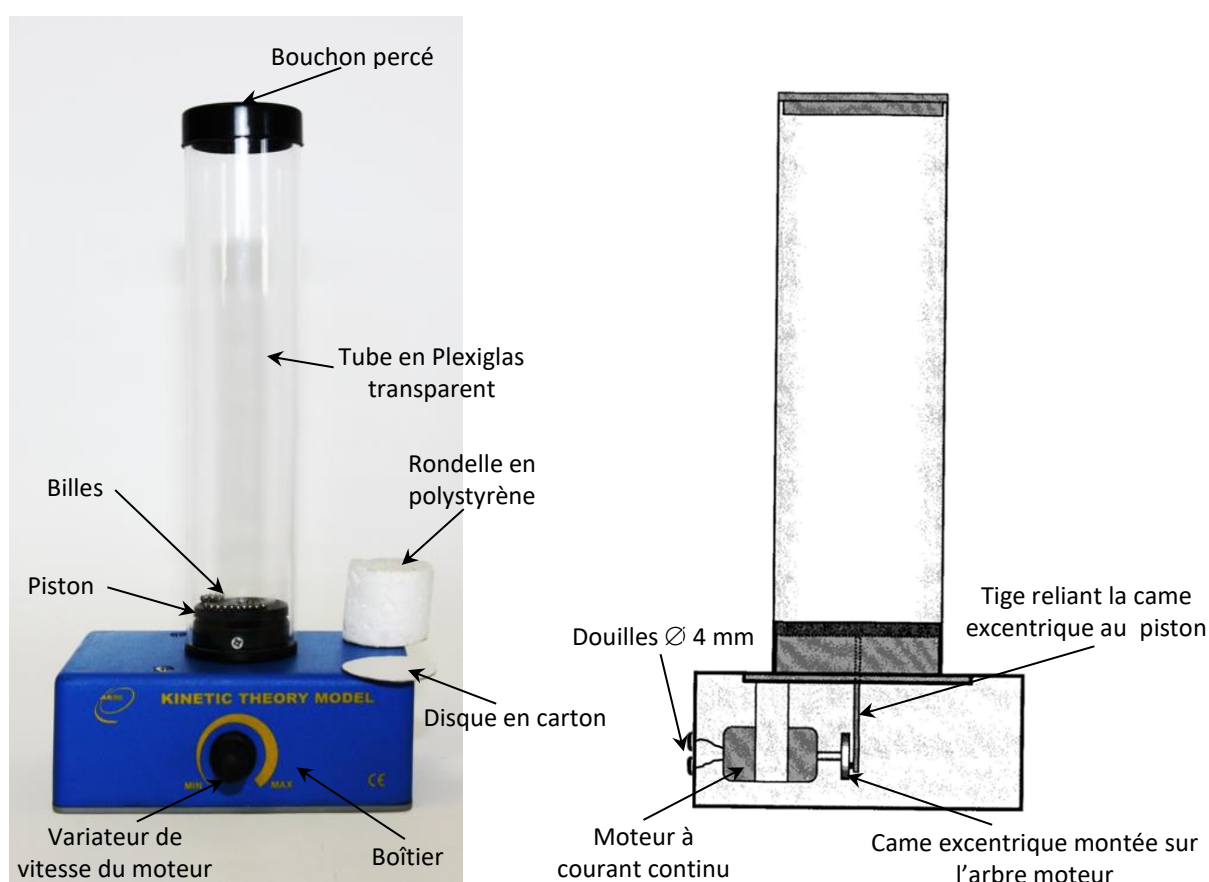


Photo et schéma de l'appareil modélisant la "cinétique des gaz"

L'appareil est constitué d'un tube cylindrique en plexiglas transparent monté sur un support circulaire et maintenu fermement avec l'aide de vis de serrage. Le support circulaire, à son tour, est monté sur un boîtier stable. Un piston est monté au-dessus du support circulaire ; il est relié à une came excentrique fixée sur l'arbre du moteur (voir le schéma). Moteur à courant continu à basse tension est fixé dans le boîtier sur un support en plastique. Ce boîtier est également équipé d'une paire de douilles bananes femelles de diamètre 4 mm pour connecter le moteur à une tension d'alimentation continue de 6 V. Dans la partie inférieure du boîtier, des pieds en caoutchouc résistants sont montés pour assurer la stabilité de l'appareil, en cours de fonctionnement. Lorsque le moteur fonctionne, la came excentrique tourne. Cette rotation a

pour effet de générer un mouvement de translation oscillant du piston par la tige de liaison. Le résultat des oscillations du piston est l'agitation de billes métalliques sphériques disposées dessus dans le cylindre transparent.

Le tube cylindrique est obturé par un capuchon percé d'un trou. Ainsi la pression dans le tube reste constante quelle que soit la position du piston. Une rondelle en polystyrène peut être utilisée pour illustrer le concept de pression quand elle est introduite à l'intérieur du tube. Un disque en carton est destiné à surcharger la rondelle en polystyrène pour modéliser la loi de Boyle-Mariotte.

La tension d'alimentation de l'appareil est 6 volts DC pour un fonctionnement satisfaisant. Un variateur de vitesse permet d'amplifier ou de diminuer l'agitation des billes.

Cet appareil est utile pour illustrer de différents concepts liés à la théorie cinétique des gaz. Certains de ces concepts sont:

- a. Mouvement des molécules dans les gaz et le concept du mouvement brownien.
- b. Concept de la pression et la diminution de la pression atmosphérique avec l'augmentation de l'altitude.
- c. La loi de Boyle-Mariotte.
- d. Répartition de vitesses entre les molécules.
- e. Concept d'agitation moléculaire.

3. Protocole expérimental :

1. Placez l'appareil sur la surface horizontale.
2. Déboucher le tube en plexiglas et disposer les billes métalliques sur le piston. Refermer le tube de plexiglas.
3. Relier les douilles de $\varnothing$ 4 mm à un générateur de tension continue délivrant une tension de 6 V avec des fils de connexion en respectant les polarités.
4. La rotation du moteur entraîne le piston dans un mouvement oscillant. L'énergie mécanique est transférée aux billes qui s'agitent (transmission de l'énergie cinétique du piston vers les billes). Cela conduit à un mouvement vif et aléatoire des billes. On peut effectivement observer les billes se mouvoir de façon aléatoire. Le mouvement des billes, bien qu'étant aléatoire, est pas exactement semblable au mouvement des molécules d'un gaz. En effet ces billes sont soumises à la gravité et leurs collisions entre elles ou sur la paroi du tube de plexiglas ne sont pas parfaitement élastiques (leur énergie cinétique n'est donc pas conservée). Mais, pour des raisons pratiques, les caractéristiques de leur mouvement sont très similaires à celle de molécules d'un gaz.
La perte de l'énergie cinétique des billes en raison de collisions est compensée par l'énergie cinétique apportée par le piston oscillant quand elles rentrent en contact avec lui.

Ainsi le mouvement des sphères faiblira quand l'énergie fournie par le piston sera moindre et croîtra quand l'énergie fournie sera plus grande. Les billes en mouvement

peuvent donc être traitées comme ayant une énergie mécanique moyenne uniforme (analogue aux molécules de gaz à température constante).

5. On observe qu'il y a une hauteur maximale $h_{\max}$ qui peut être atteinte par des billes. Par ailleurs, en partant du piston pour aller jusqu'à cette hauteur maximale, on observe que le nombre de billes qui atteigne une hauteur h va en décroissant quand h croît de 0 à $h_{\max}$. Autrement dit, la densité des billes décroît quand h augmente. Cela démontre l'amincissement de l'atmosphère avec l'augmentation de l'altitude. La situation est similaire à celle des molécules d'air sur la terre qui sont également sous l'influence de la gravité.
6. Augmenter la vitesse du moteur. Cela entraîne un accroissement de la fréquence des oscillations du piston. Ainsi on a une agitation plus importante des billes car l'énergie transférée aux billes est plus grande. En conséquence, la hauteur maximale atteinte par les billes en mouvement ainsi que la hauteur maximale $h_{\max}$ par quelques billes augmentera. Réduire la vitesse du moteur. Par analogie, en comprenant le concept de transmission d'énergie entre le piston et les billes, il est facile d'affirmer que le contraire de ce qui vient d'être décrit se produit.
7. Arrêtez l'appareil en coupant l'alimentation. Ouvrir le tube en plexiglas et introduire une rondelle en polystyrène. Elle va tomber au fond du tube emprisonnant les billes entre elle et le piston. Dès que l'appareil est sous tension, la rondelle en polystyrène commence à monter sous l'effet du mouvement aléatoire des billes. La rondelle en polystyrène monte à un niveau, où son poids est juste équilibré par la force « pressante », dirigée vers le haut, exercée par les billes en raison de leur mouvement. Ce mouvement des billes simule la pression (égale à la force exercée par les billes en mouvement par unité de surface) qui est analogue à la pression d'un gaz. En diminuant la vitesse du moteur, l'agitation moléculaire diminue, diminuant ainsi la pression exercée par les billes sur la rondelle en polystyrène. En conséquence, la rondelle va descendre en dessous de la position précédente. De même, par l'augmentation de la tension d'alimentation, l'agitation moléculaire sera plus grande et la rondelle va monter au-delà de sa position précédente. De ce que l'on vient de voir, Il est évident que plus le mouvement (donc l'énergie) des billes (ou molécules d'un gaz) est grand, plus la pression exercée par elles sur les parois est également grande.
8. Pour illustrer la loi de Boyle-Mariotte, le moteur étant à l'arrêt, réduire le nombre de billes à l'intérieur le tube en plexiglas de moitié. Mettre l'appareil sous tension après l'introduction de la rondelle en polystyrène et après que le tube ait été bouché. Régler la vitesse l'aide du variateur de vitesse de sorte que le la hauteur moyenne à laquelle monte le piston soit perceptible et significative. Avec un crayon, marquer cette hauteur moyenne. Cette position correspond au volume à la pression exercée par les billes (la force pressante des billes sur la rondelle compense le poids de la rondelle).

Mettre hors tension, ouvrir le tube et introduire la rondelle en carton qui vient alors appuyer sur la rondelle en polystyrène. Boucher le tube.

9. Remettre l'appareil sous tension (sans toucher au variateur de vitesse). La rondelle atteint alors une hauteur moyenne inférieure à la précédente. La force pressante exercée par les billes qui compense le poids de la rondelle en polystyrène et du disque en carton a donc augmenté. La pression sur la base de la rondelle est donc plus grande. L'augmentation de

la pression, à température constante et pour une quantité de gaz constante, a pour effet de diminuer le volume. C'est l'illustration de la loi de Boyle-Mariotte.

10. Pour approcher la loi des gaz parfaits, le moteur étant à l'arrêt, enlever le disque en carton, reboucher le tube et mettre l'appareil sous tension. Vérifier que la rondelle en polystyrène atteint la même hauteur moyenne que précédemment.
Mettre hors tension, ouvrir le tube, sortir la rondelle en polystyrène et réintroduire les billes qui avaient été enlevées. Remettre la rondelle sur les billes et reboucher le tube.
Mettre l'appareil sous tension (sans toucher au variateur de vitesse). La rondelle en polystyrène se stabilise au-delà de la position marquée d'un trait. Marquer la seconde position de la rondelle. Cette deuxième position montre l'augmentation du volume à pression constante due à l'augmentation du nombre de molécules (en effet le poids de la rondelle n'ayant pas changé, à l'équilibre, la force pressante des billes sur la rondelle n'a pas changée).
Mettre hors tension, ouvrir le tube et mettre le disque en carton sur la rondelle. Boucher le tube.
Remettre l'appareil sous tension (sans toucher au variateur de vitesse). La hauteur moyenne à laquelle la rondelle monte diminue. Ainsi l'augmentation de la pression entraîne une diminution de volume. Cette expérience montre, qu'à température constante, la pression, le volume et la quantité de gaz constante sont liés. C'est une approche significative de la loi des gaz parfaits



Exemple d'une expérience possible : la modélisation de la loi de Boyle-Mariotte

4. Précautions :

1. L'appareil est strictement destiné à un usage intérieur.
2. Appareil doit être placé sur une surface horizontale avant utilisation.
Une surface inégale ou inclinée peut entraîner un mauvais fonctionnement de l'appareil.
L'appareil doit toujours être utilisé avec le tube en plexiglas coiffé de son capuchon.
L'appareil doit être connecté à une alimentation de tension continue de 6 V et il doit être prêt pour un usage donné avant d'être mis sous tension. Toutes les interventions sur l'appareil doivent être faites hors tension.

5. Nous contacter :

Ce matériel est garanti 2 ans. Pour toutes questions, contacter :

sav@sciencethic.com

www.sciencethic.com