

## GAZ PARFAITS - TP

### 1. Expérience de Clément-Desormes

- On utilise un récipient de volume invariable  $V_0$  (de l'ordre de 10 L) renfermant de l'air et comportant :
  - ◊ un manomètre électronique (ou à dénivellation de liquide) ;
  - ◊ un robinet R d'accès à l'atmosphère isotherme (température  $T_0$ , pression  $p_0$ ) ;
  - ◊ une pompe à main.
- Fermer R (le récipient contient alors  $n_1$  moles de molécules d'air) et actionner la pompe pour augmenter lentement (de manière isotherme) la pression du gaz (assimilé à un gaz parfait).

Noter alors la surpression (ou dépression)  $\Delta p_1 = p_1 - p_0$  ; au besoin, si la valeur affichée n'est pas stable parce que la température a varié, attendre la stabilisation par rééquilibrage thermique.

- ◊ remarque : il faut une surpression très inférieure à  $p_0$ , mais non négligeable (il y a une bonne marge de manœuvre puisque  $p_0 \approx 10^5$  Pa) ; des variations de 0,1 à 1 % sont raisonnables.
- ◊ remarque : les manomètres électroniques usuels sont un peu moins précis mais plus faciles à manipuler.
- Ouvrir R, juste le temps de constater que la dénivellation du manomètre s'annule quasi-instantanément, puis le refermer sans attendre. Ceci correspond à une évolution adiabatique, considérée mécaniquement quasi-réversible pour les forces pressantes, donc vérifiant la loi de Laplace.
- Attendre ensuite qu'une surpression (ou dépression) réapparaisse progressivement (par rééquilibrage thermique, nettement plus lent) et se stabilise ; noter alors sa valeur  $\Delta p_2 = p_2 - p_0$ .
- Décrire les différentes transformations mises en jeu et préciser les états (pression, température, nombre de moles de molécules) de l'air occupant le volume  $V_0$ . En particulier : délimiter clairement le système thermodynamique (fermé) étudié.

Représenter graphiquement, en coordonnées de Clapeyron, les transformations élémentaires subies par le gaz, puis déterminer  $\gamma$  en fonction de  $\Delta p_1$  et  $\Delta p_2$ . Effectuer l'application numérique et conclure.

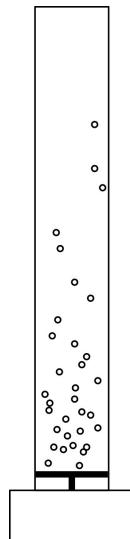
### 2. Facteur de Boltzmann

- Dans un tube cylindrique vertical, muni à la base d'un piston manœuvré par un moteur, on agite "aléatoirement" un nombre  $N$  de billes de masse  $m$  ;  $N \approx 50$  est raisonnable (la manipulation peut être approfondie en mélangeant plusieurs sortes de billes).

Pour un réglage donné du moteur, après avoir soigneusement placé à côté du tube un dispositif indiquant l'échelle, photographier la répartition des billes dans quelques positions aléatoires (la manipulation devient d'autant plus précise qu'un grand nombre de groupes de TP cumulent leurs résultats ; une centaine d'images est souhaitable).

- ◊ remarque : selon le matériel disponible, les photographies peuvent être réalisées avec une "webcam", ou un appareil photo numérique sur pied (puis transférées sur l'ordinateur) ; le dispositif indiquant l'échelle peut être un papier gradué placé derrière, ou des élastiques régulièrement espacés placés autour...

- Pour chaque photographie, compter les nombres  $\Delta N(z)$  de billes observées dans les différentes tranches de hauteur  $\Delta z$  (des intervalles de 2 cm sont raisonnables) ; puis renormaliser éventuellement les nombres obtenus si le total ne correspond pas à  $N$ .



◊ remarque : sur les photographies, une bille peut être cachée derrière une autre, ce qui donne un total inférieur à  $N$ , ou des reflets sur le tube peuvent être pris pour de vraies billes, ce qui donne un total supérieur à  $N$  ; la renormalisation a pour effet de compenser à peu près ces erreurs en moyenne.

• Tracer la courbe de variation de  $\Delta N(z)$  et vérifier qu'on retrouve une dépendance exponentielle conforme à l'allure du facteur de Boltzmann : la température ne décrit "rien de plus" que de l'agitation thermique.

◊ remarque : la température ainsi "simulée" est par contre illusoire car ce dispositif n'est bien évidemment pas en équilibre thermique avec tout son environnement ; il y a uniquement un pseudo équilibre thermique entre les billes et l'agitation du piston (équilibre mal respecté au voisinage immédiat du piston).

## GAZ PARFAITS - TP

### Matériel

#### Pour chaque groupe “Clément-Desormes” (3 groupes)

1 montage avec robinet/pompe  
1 manomètre électronique avec raccord court (ou à dénivellation de liquide)

#### Pour chaque groupe “Boltzmann” (1 montage pour 5 groupes)

1 montage “agitateur de billes”  
1 stroboscope  
1 appareil photo numérique (avec câble pour transférer et analyser sur ordinateur)  
(ou un CD avec photographies préenregistrées)