

L'expérience de CLÉMENT & DESORMES automatisée

par Alain ARBOUET
Lycée René Cassin - 64100 Bayonne

RAPPEL [1]

CLÉMENT (Nicholas), physicien et chimiste français (Dijon 1779 - Paris 1841). Son œuvre, souvent réalisée en association avec son beau-père et ami Charles Bernard DESORMES, a fini par être attribuée à CLÉMENT DESORMES. On lui doit d'importants travaux sur l'alun et l'acide sulfurique, ainsi que sur les chaleurs spécifiques des gaz.

Nommé professeur au Conservatoire des arts et métiers, il joua un grand rôle dans le développement de la chimie industrielle (compagnie de Saint Gobain).

DESORMES (Charles Bernard) chimiste et industriel français (Dijon 1777 - Verberie Oise 1862). Il est surtout connu pour sa participation aux travaux de son gendre et ami Nicholas CLÉMENT [1].

Quelle belle histoire...

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Montage

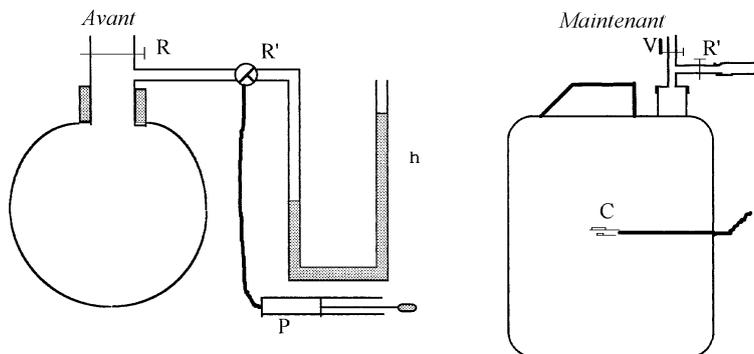


Figure 1

Il faut une bonbonne volumineuse, possédant un gros robinet (R), une pompe à vélo (P) et un manomètre à eau.

A défaut de belle bonbonne en verre avec tubulure de cuivre soudée et robinet à large ouverture, un bidon de 10 L en plastique convient. La pompe à vélo n'est pas nécessaire, je souffle avec la bouche directement dans de la feuille anglaise directement reliée au robinet (R') lui-même relié à un tube en cuivre fixé sur le bouchon du bidon. La vanne V est une vanne quart de tour (18 F.).

Les deux capteurs (pression et température) sont en C reliés par du câble téléphonique.

Expérience

On comprime d'abord l'air (δp de l'ordre de 15 cm d'eau = 15 hPa).

L'air de la pompe (ou de la bouche) ayant une température supérieure à la température ambiante, on attend le retour à l'équilibre thermique, la pression baissant alors légèrement.

On ouvre et on ferme la vanne, la pression chute instantanément à la pression atmosphérique puis elle remonte lentement !

Cette expérience est très simple et c'est l'une des plus belles que je connaisse ; les élèves sont toujours perplexes. En général sur quarante, pas un ne va vous dire pourquoi la pression remonte à moins de tomber sur un impétueux plein d'idées mais qui déchantera vite quand vous lui aurez donné la pompe à vélo...

La semaine après par contre ceux qui auront compris vous referons la manip par exemple en Kholle et vous en ferons l'analyse théorique et l'exploitation.

ÉTUDE THÉORIQUE

On considère d'abord les n moles qui sont dans la bonbonne à $t = 0$.

Elles passent d'un état $T_0, p_0 + \delta p$ à l'état $T_0 - \delta T, p_0$.

Elles ont subi une détente élémentaire (car $\delta p \ll p_0$) et rapide donc sans échange de chaleur avec le milieu extérieur.

$$\delta Q = 0 \quad \text{donc} \quad (1 - \gamma) dp/p + \gamma dT/T = 0$$

$$\text{soit} \quad (1 - \gamma) [p_0 - (p_0 + \delta p)]/p_0 + \gamma [(T_0 - \delta T) - T_0]/T_0 = 0$$

$$\text{donc} \quad (1 - \gamma) \delta p/p_0 = \gamma \delta T/T_0 \quad (1)$$

On considère d'autre part les $(n - \delta n)$ moles qui sont restées dans la bonbonne après la fermeture du robinet.

Elles passent d'un état $T_0 - \delta T$, p_0 à l'état T_0 , $p_0 + \delta' p$.

Elles subissent un réchauffement isochore élémentaire (car $\delta T \ll T$), la pression augmente de $\delta' p$.

$$\text{Donc} \quad dp/p = dT/T$$

$$\text{soit} \quad [(p_0 + \delta' p) - p_0]/p_0 = [T_0 - (T_0 - \delta T)]/T_0$$

$$\text{donc} \quad \delta' p/p_0 = \delta T/T_0 \quad (2)$$

De (1) et (2) il vient donc :

$$\gamma = \frac{\delta p}{\delta p - \delta' p}$$

On peut donc mesurer le rapport des capacités thermiques à pression et à volume constant et montrer facilement que ce rapport est supérieur à 1 (Théorème de Reech).

AUTOMATISATION DE LA MANIP

Les capteurs de pression et température (C) sont dans le bidon et on enregistre $p(t)$ et $T(t)$ (on peut très bien laisser le manomètre à eau comme témoin).

On constate sur la reproduction de l'écran donnant les deux courbes que l'enregistrement de T est légèrement en retard, ceci étant sans doute dû à la différence d'inertie des deux capteurs.

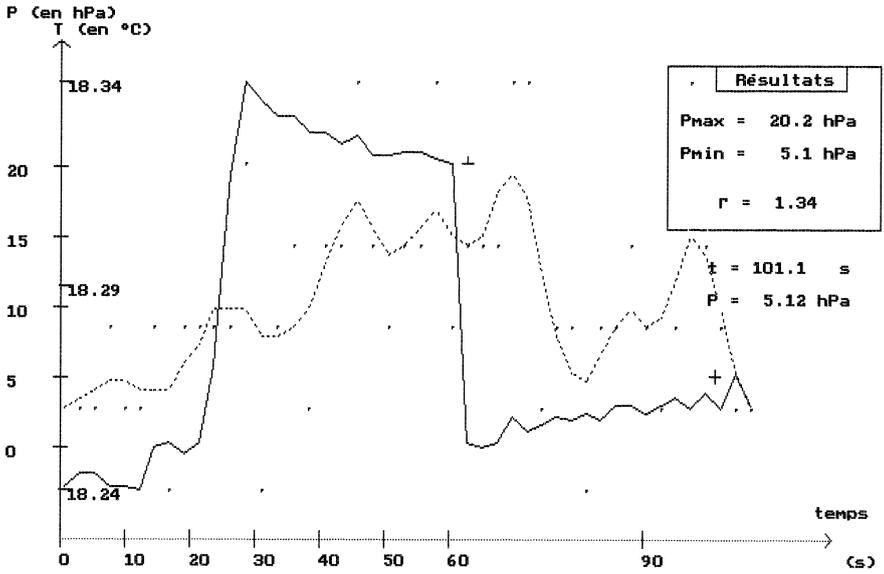


Figure 2 : Évolution pression (en -) / température en fonction du temps (en ...).

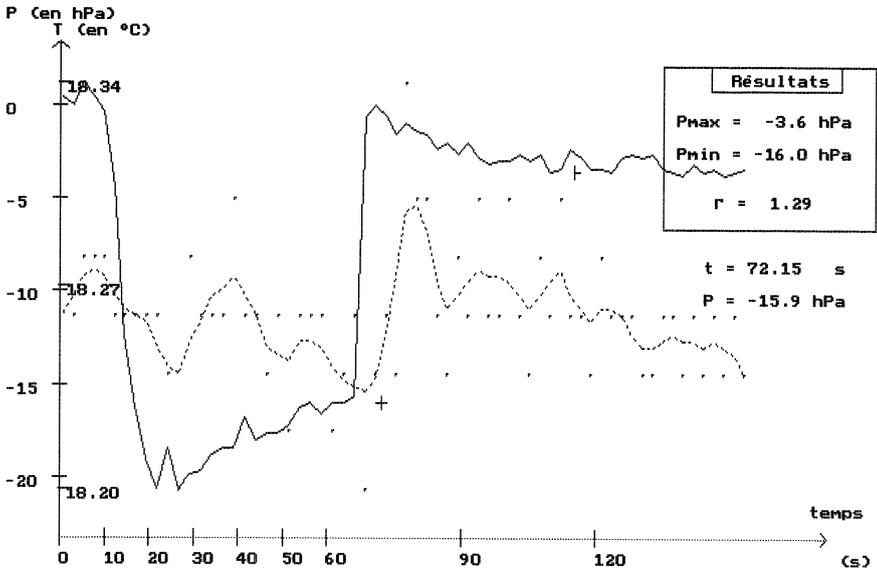


Figure 3 : Évolution pression (en -) / température en fonction du temps (en ...).

L'évolution des grandeurs p et T est tout à fait conforme à la théorie et la mesure de γ est faite automatiquement par le programme après avoir pointé δp et $\delta'p$ (notés P_{\max} et P_{\min}) sur la courbe $p(t)$.

Deux exemples de courbes sont donnés ci-joint : une manip en compression et une manip en aspiration (toujours avec la bouche). Dans les deux cas la température varie peu mais le lissage de la courbe permet de rendre le sens de variation significatif : diminution quand la pression diminue, augmentation quand la pression augmente.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Grand dictionnaire encyclopédique Larousse.