



2. EN MILIEU INDUSTRIEL, où l'air comprimé est aisément disponible, les ouvriers confrontés à des températures élevées peuvent être équipés d'une combinaison refroidie à l'aide d'un tube à vortex.

pératures d'un corps chaud mis en contact avec un corps froid nous est familière, nul n'a jamais vu des différences de température apparaître spontanément au sein d'un corps de température initiale uniforme !

En réalité, le processus n'a ici rien de spontané. Les flux d'air chaud et froid s'échappent du tube à vortex à une pression proche de la pression atmosphérique, tandis que l'air injecté l'est à une pression de plusieurs atmosphères (entre deux et huit environ). En d'autres termes, le dispositif ne fonctionne que parce que l'on a préalablement comprimé l'air, donc fourni un travail.

Le tube à vortex apparaît alors pour ce qu'il est vraiment : un réfrigérateur (ou une pompe à chaleur) qui prélève de l'énergie à l'air froid pour la transférer à l'air chaud, grâce à un apport extérieur d'énergie. De ce point de vue, le tube à vortex est d'une efficacité médiocre : sa puissance de réfrigération (jusqu'à trois kilowatts quand même) atteint à peine le cinquième de la puissance fournie, alors que les machines thermiques ordinaires arrivent à échanger trois fois plus d'énergie que celle fournie.

Toutefois, les économies d'énergie ne sont pas tout et le tube à vortex a prouvé

son intérêt dans l'industrie : simple, compact, léger, silencieux, il n'utilise pas de fluide réfrigérant (et polluant). Il n'y a aucune pièce mobile, d'où un entretien réduit ; pas d'électricité, donc moins de risques d'étincelles. L'air comprimé étant aisément disponible en milieu industriel, le tube de Ranque-Hilsch est très commode pour refroidir des dispositifs électroniques, des machines-outils en fonctionnement ou la combinaison d'ouvriers soumis à des températures extrêmes (voir les figures 1 et 2).

Un mécanisme pas totalement élucidé

Comment une différence de température naît-elle dans le tube à vortex ? Le refroidissement dû à la détente de l'air n'est pas suffisant pour expliquer l'effet : on n'atteint pas $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ en laissant de l'air sous pression s'échapper d'un tuyau. En outre, des expériences ont montré un effet du même type avec de l'eau. L'explication du phénomène fait l'objet d'âpres discussions entre physiciens.

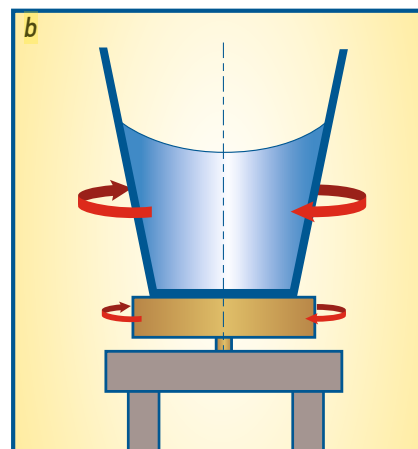
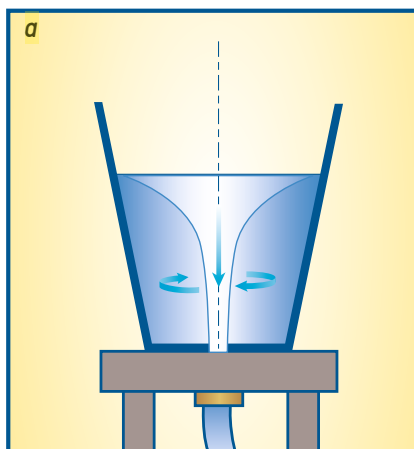
Pourquoi cette difficulté ? La principale raison est que la vitesse de l'écoulement est proche de la vitesse du son. Or cette vitesse macroscopique est du même ordre que les vitesses microscopiques associées

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://idphys.free.fr>

Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr



3. QUAND UN SEAU REMPLI D'EAU se vide par un trou central percé au fond (a), un tourbillon se forme, la vitesse de rotation de l'eau étant maximale près de l'axe, minimale au niveau des parois. Dans la zone d'injection de l'air comprimé dans un tube à vortex, l'écoulement est analogue. À l'autre extrémité du tube, l'écoulement ressemble plus à celui de l'eau d'un seau mis en rotation constante autour de son axe (b), où l'eau tourne en bloc, c'est-à-dire avec une vitesse angulaire uniforme, la vitesse de translation du fluide étant maximale au niveau de la paroi et nulle au niveau de l'axe.

✓ BIBLIOGRAPHIE

S. Eiamsa-ard et P. Promvongse,
Review of Ranque-Hilsch
effects in vortex tubes,
*Renewable and Sustainable
Energy Reviews*, vol. 12(7),
pp. 1822-1842, 2008.

A. Gutsol et J. A. Bakke,
A new vortex method of plasma
insulation and explanation
of the Ranque effect,
*Journal of Physics D : Applied
Physics*, vol. 31(6),
pp. 704-711, 1998.

à l'agitation thermique à température ambiante, c'est-à-dire les vitesses désordonnées des molécules dans l'air ambiant. L'analyse de l'effet Ranque-Hilsch doit donc prendre en compte tant les effets macroscopiques d'écoulement que les phénomènes microscopiques. L'étude est rendue plus délicate encore par le fait que l'écoulement est complexe et fortement turbulent.

Toutefois, l'un des scénarios possibles, avancé en 1997 par le physicien russe Alexander Gutsol, est le suivant. À l'entrée du tube, les molécules injectées sont vite entraînées dans un mouvement tourbillonnaire. Dans ce gaz en rotation, les molécules dont les vitesses tangentielles sont les plus faibles subissent une force centrifuge moins intense que les autres. Ces molécules tendent donc à se rappro-

cher de l'axe, tandis que les plus rapides sont au contraire poussées vers les parois du tube. À mesure que l'air avance le long du tube, les molécules se séparent donc en fonction de leurs énergies cinétiques : les plus rapides (les plus chaudes) se retrouvent sur la périphérie et les plus lentes (les plus froides) vers l'axe.

En sortie de tube, on obtient ainsi un mouvement de rotation d'ensemble, un écoulement où l'air tourne en bloc comme de l'eau dans un seau mis en rotation autour de son axe (voir la figure 3). Le frottement sur les parois décélère quelque peu le fluide périphérique et le réchauffe, tandis que l'expansion du fluide central dans le vide relatif régnant près de l'axe le refroidit. Ce scénario est plausible, mais est-il le bon ? L'avenir nous le dira... peut-être.



Ce livre est un recueil des articles que l'auteur a publiés dans la rubrique Art et pathologies du magazine *Cerveau & Psycho*.

Dans cet ouvrage, l'auteur s'interroge sur les liens cachés entre une œuvre d'art – une peinture, une sculpture, une composition musicale ou une œuvre littéraire – et une maladie de l'esprit que présentait son auteur.

Examinant divers chefs-d'œuvre avec un regard de psychologue, neurologue, voire psychiatre, Sebastian Dieguez analyse plus d'une vingtaine d'œuvres (Dostoïevski, Maupassant, Monet, Ravel, De Chirico, Proust, Van Gogh....).

075101 • 176 pages • 25 euros

Disponible en librairie ou sur www.pourlascience.fr