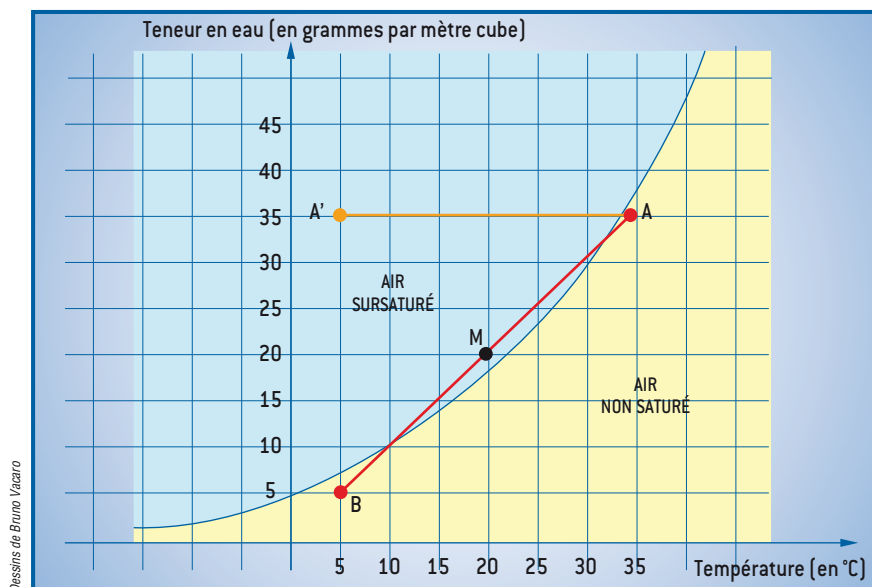




2. LA COURBE DE SATURATION en vapeur d'eau sépare la phase gazeuse (en jaune) de la phase sursaturée (en bleu) où la vapeur d'eau se condense. Une masse d'air à 34 °C et contenant 35 grammes d'eau par mètre cube n'est pas saturée (point A). Si par exemple on la refroidit jusqu'à 5 °C (segment AA'), elle franchit le seuil de saturation et la vapeur d'eau se condense. Si on mélange l'air à 34 °C avec une même masse d'air non saturé à 5 °C et contenant 5 grammes d'eau par mètre cube (point B), le point représentatif du mélange sera au milieu M du segment AB, c'est-à-dire dans la phase sursaturée : un brouillard aura été créé par le mélange de deux masses d'air non saturé.

finale de 21 °C et moins, c'est-à-dire une température de l'air ambiant de 8 °C et moins. Une température supérieure nécessite d'élever son hygrométrie : pour un air ambiant à 14 °C, il faut une teneur en eau d'au moins 8 grammes par mètre cube, soit environ 65 pour cent d'humidité, pour que l'expiration produise un brouillard.

En pratique, les estimations précédentes se révèlent fausses, car la proportion du mélange, sans doute très inférieure à 50 pour cent d'air expiré, est difficilement contrôlable. Toujours est-il que le point représentatif d'un tel mélange est forcément sur le segment reliant, sur le diagramme, les points correspondant à l'air expiré et à l'air ambiant.

En jouant sur la puissance de son souffle, on peut se déplacer sur ce segment : un souffle léger (peu d'air expiré dans le mélange) ne donnera lieu à aucune condensation, tandis qu'un souffle plus puissant (plus d'air expiré dans le mélange) provoquera la formation de brouillard. La forme convexe de la courbe de saturation autorise d'ailleurs une situation étonnante : en mélangeant deux airs non saturés et de températures distinctes, il est possible d'obtenir un air dont l'hygrométrie est supérieure à 100 pour cent, donc où se forme un brouillard.

On peut retrouver ces brouillards de mélange à proximité de surfaces d'eau plus chaude que l'air ambiant. Ces surfaces réchauffent et humidifient l'air qui les surmonte ; ce dernier, devenu moins dense, s'élève et peut former un brouillard. C'est souvent le cas en hiver au-dessus de sources thermales chaudes ou de piscines chauffées, ou chez soi au-dessus d'une soupe ou d'un café bien chauds !

Des avions aux machines à brouillard

Le même mécanisme permet aussi de comprendre pourquoi les avions laissent parfois des traînées blanches dans le ciel. La combustion du carburant dans les réacteurs produit, entre autres, de la vapeur d'eau. Le gaz chaud éjecté par les tuyères se mélange avec l'air ambiant et se refroidit. Dans les conditions atmosphériques usuelles, ce mélange sera à l'origine d'un brouillard entre 8 et 19 kilomètres d'altitude pour de l'air ambiant saturé, et entre 10 et 14 kilomètres d'altitude pour de l'air sec : ne sont donc concernés que les avions de ligne en vol de croisière.

En dehors de ces domaines, même si l'air ambiant est saturé, la quantité d'eau ajoutée par le réacteur n'est pas

LES AUTEURS



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

BIBLIOGRAPHIE

E. Vitz, *Fog machines, vapors, and phase diagrams*, *J. of Chem. Educ.*, vol. 85(10), pp. 1385-1388, 2008.

J.-P. Chalon, *Combien pèse un nuage*, EDP Sciences, 2002.

Les nuages d'intérieur de l'artiste Berndnaut Smilde : <http://www.berndnaut.nl/works.htm>

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





3. LES BROUILLARDS de mélange créés dans les spectacles contiennent non seulement de l'eau, mais aussi de la glycérine ou du propylène glycol, deux composés non toxiques qui permettent de ralentir l'évaporation des gouttelettes et ainsi d'obtenir un brouillard plus persistant.

suffisante pour compenser son refroidissement avec l'air ambiant. Pour ces traînées dites de condensation, les turbulences atmosphériques continuent de brasser les masses d'air après le passage de l'avion. Si l'air ambiant est peu humide, les traînées disparaissent rapidement à cause de l'évaporation des gouttelettes. En revanche, lorsque l'air ambiant est légèrement sursaturé, les traînées peuvent persister assez longtemps.

Revenons sur terre pour retrouver les brouillards de mélange dans les « machines à brouillard » utilisées pour faire de la brume dans certains spectacles (*voir la figure 3*). Dans ces machines, un « jus à brouillard » est vaporisé et éjecté sous pression. Sa température est de l'ordre de 120 °C, soit autant que dans une cocotte-minute, donc avec le même résultat que lorsqu'on retire la

soupape de ladite cocotte : le mélange avec l'air ambiant produit de la fumée.

Mais comment éviter la disparition rapide de ce brouillard lorsqu'il s'éloigne de son point d'éjection ? On utilise pour cela un mélange d'eau et de glycérine ou de propylène glycol, deux composés moins volatils que l'eau (et non toxiques, comme en témoigne leur emploi dans l'industrie alimentaire). L'évaporation des gouttelettes en est fortement ralentie et le brouillard est beaucoup plus persistant. Il permet de rendre visibles les faisceaux des projecteurs dans les spectacles, de créer des ambiances au cinéma... Plus original, l'artiste néerlandais Berndnaut Smilde se sert de ces machines pour faire apparaître (après une méticuleuse préparation) un nuage plus vrai que nature au sein d'une pièce fermée, faisant ainsi du tableau *Le Poison* (1939) de René Magritte une réalité. ■



www.pourlascience.fr

Restez en contact
avec l'actualité scientifique.

Retrouvez *Pour la Science* partout sur le web :



Rejoignez-nous sur Facebook

<http://bit.ly/pls-facebook>



Suivez-nous sur Twitter

<http://twitter.com/PourLaScience>



Abonnez-vous à nos flux RSS

<http://bit.ly/pls-rss>



Recevez nos lettres d'information

<http://bit.ly/pls-newsletters>



Visitez notre site Internet

<http://www.pourlascience.fr>

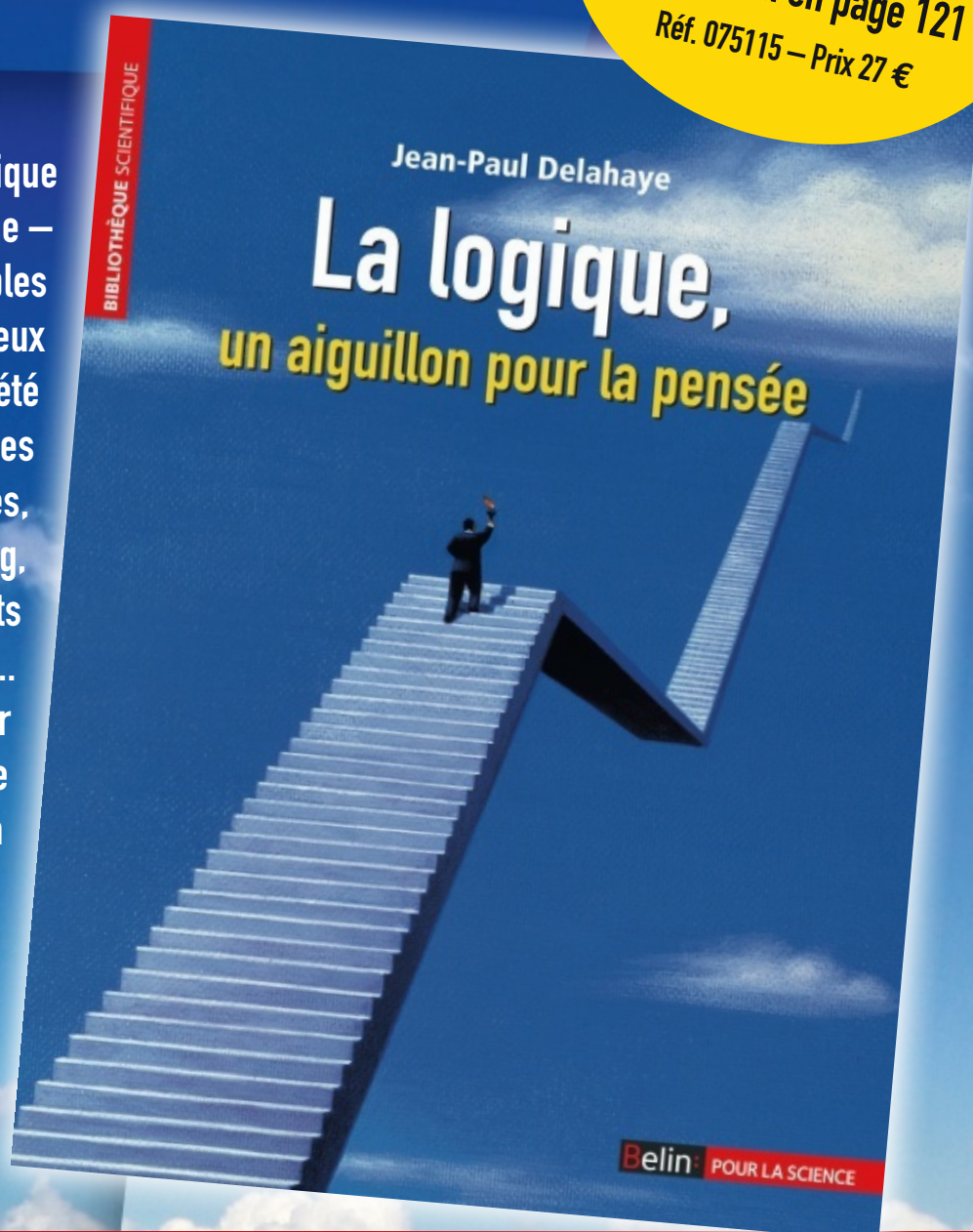
La logique, un aiguillon pour la pensée

Jean-Paul Delahaye

Commandez ce livre
dès maintenant grâce
au bulletin en page 121
Réf. 075115 – Prix 27 €

La logique
– prise au sens large –
a connu d'incroyables
progrès depuis deux
siècles : l'infinie variété
des infinis, les étranges
hyperensembles,
l'indécidabilité de Turing,
les déconcertants
paradoxes probabilistes...
Cet ouvrage sur
la logique moderne
des sciences intéressera
autant mathématiciens
que philosophes et curieux,
intrigués par le monde
abstrait des raisonnements !

Éditions Belin/Pour la Science 2012
200 pages – 27 euros – ISBN 978-2-8424-5115-8



Disponible en librairie et sur www.pourlascience.fr/librairie