

hautes tensions sont en effet à l'origine d'une ionisation partielle de l'air et de courants électriques supplémentaires au voisinage de la ligne – que nous entendons sous forme de grésillements. Cet effet peut provoquer de petites aigrettes comme dans les feux de Saint-Elme, notamment quand l'électricien approche sa main gantée de la ligne (voir la figure page 89). Sa combinaison évite qu'il reçoive ces courants d'une autre nature.

Pour un oiseau, qui n'a pas de combinaison protectrice, un autre effet pourrait intervenir. Dans les lignes de transmission en courant alternatif, la tension le long de la ligne dessine à chaque instant une courbe sinusoïdale (voir la figure page ci-contre). Par conséquent, les deux pieds du volatile ne sont pas au même potentiel. Cette différence, qui crée un courant à travers le corps de l'animal, est-elle dangereuse ?

Lors d'un orage, si l'on se trouve debout près d'un arbre touché par la foudre, la différence de potentiel entre les deux pieds (liée à la circulation des courants dans le sol) peut dépasser le kilovolt, d'où un fort risque d'électrocution pour les humains et surtout pour les quadrupèdes comme les vaches, dont les pieds sont plus écartés.

Sur une ligne à haute tension, heureusement, la fréquence de la tension alternative est basse, d'où une longueur d'onde gigantesque : près de 6 000 kilomètres. En ordre de grandeur, la différence de potentiel entre les deux pattes de l'oiseau est égale à la tension du courant multipliée par le rapport distance entre pattes/longueur d'onde. Pour une ligne à 400 000 volts, on trouve alors une minuscule différence de potentiel, de quelques millivolts au plus. Pas de quoi griller le volatile ! ■

■ BIBLIOGRAPHIE

J. A. Redinz, *Birds on power lines*, *American Journal of Physics*, vol. 82, pp. 691-694, 2014.

G. Stix, *Working hot : life at 765 kV*, *IEEE Spectrum*, vol. 25(9), pp. 54-56, 1988.



Neurodiététique Connaître son cerveau pour mieux manger

Pourquoi faut-il connaître son cerveau pour mieux manger ? D'abord pour le nourrir convenablement. Ensuite pour éventuellement perdre quelques kilos : suivre un régime est inéluctablement voué à l'échec si on n'a pas compris le fonctionnement de ses neurones. Enfin pour apprécier, à sa juste valeur, le plaisir de manger.

96 pages - 7,50€

Disponible en kiosque
et sur www.cerveauetpsycho.fr

QUESTION AUX EXPERTS

Qu'arriverait-il sans combinaison dans l'espace ?

Rien d'agréable, mais nous n'explorierions pas ni ne gèlerions en quelques secondes !

Roland LEHOUCQ



Dans le film *Outland* (1981), des ouvriers explosent après avoir ouvert leur scaphandre dans l'espace. Dans *Mission to Mars* (1999), un astronaute relève sa visière et gèle en quelques dizaines de secondes. Nombre d'autres œuvres illustrent ce que nous savons tous : l'espace est un milieu plutôt hostile.

De fait, le sort de l'insouciant promeneur spatial qui sortirait en tenue d'été ne serait pas très enviable. L'absence d'air est le premier problème pour un humain subitement exposé au vide. En effet, le cerveau se retrouve vite à court d'oxygène, qui s'échappe du sang en raison de la faible pression ambiante. Cela entraîne une perte de conscience en une quinzaine de secondes et, peu après, la mort.

Par ailleurs, la pression régnant à l'intérieur du corps, égale à celle de l'atmosphère avant la sortie dans le vide spatial, devient très supérieure à celle du milieu extérieur, quasi nulle. D'où l'idée que le naturaliste de l'espace exploserait aussitôt.

En réalité, les tissus, notamment la peau, sont assez résistants pour s'accommoder d'une telle surpression. Le corps n'explose donc pas, mais il gonfle bel et bien. C'est ce qu'a constaté le pilote américain Joe Kittinger, qui a atteint l'altitude record de 30 480 mètres lors d'un vol en ballon en 1960. Durant l'ascension, le gant droit de sa combinaison s'est percé. Sa main a doublé de volume, en raison de la faible pression externe. Elle est revenue à la normale quelques heures après l'atterrissage.

À l'intérieur du corps, c'est une autre histoire. Les vaisseaux sanguins les plus fins peuvent éclater. La dilatation de l'air interne met certains organes à rude épreuve : elle endommage gravement les alvéoles pulmonaires (de petits « sacs » où se déroulent les échanges gazeux avec le sang) et menace les tympans. Le diaphragme risque d'être poussé vers le haut par l'expansion des gaz piégés dans l'estomac. Une carie ou un plombage mal réalisés peuvent aussi contenir de petites poches d'air, dont la dilatation causerait de vives douleurs, voire l'éclatement de la dent.

Liquides en ébullition

Outre la dilatation de ses gaz, l'ébullition de ses liquides menace le spationaute déshabillé. La température d'ébullition dépend en effet de la pression. Au sommet du mont Blanc, où la pression est deux fois moindre qu'au niveau de la mer, l'eau bout à seulement 85 °C. Placé dans le vide, un liquide bout quelle que soit sa température. C'est ce qu'illustre la mésaventure vécue en 1965 par le porteur d'une combinaison pressurisée, testée dans une chambre à vide du centre spatial Johnson de la Nasa, au Texas. La combinaison s'est accidentellement percée et son porteur a perdu conscience en 14 secondes. Une fois la pression de la chambre revenue à la normale, il a fini par retrouver ses esprits sans dommage. Au débriefing, il a rapporté que son dernier souvenir conscient était l'ébullition de sa salive !

Heureusement, le cas du sang est différent : pompé par le cœur, il est toujours en surpression par rapport à l'extérieur. Tant que le cœur bat, le précieux liquide n'entre pas en ébullition à l'intérieur du corps humain.

À l'inverse, l'intrépide aventurier qui bondirait du vaisseau spatial sans combinaison se transformerait-il instantanément en Mr Freeze ? Exposé au vide, il perdrait de l'énergie sous forme de rayonnement infrarouge. Il éprouverait une sensation de froid, amplifiée par l'évaporation de la sueur à la surface de sa peau : le changement d'état de l'eau consomme de l'énergie, au détriment du corps. L'infortuné finirait par geler, mais certainement pas en moins d'une minute comme dans *Mission to Mars* ! Dans un air hivernal glacé, où le vent et l'humidité renforcent les pertes thermiques, la congélation d'un corps humain prend des heures. Dans le vide, où seul le rayonnement agit, il faut encore plus longtemps.

Si les humains meurent vite dans l'espace, d'autres animaux sont capables d'y survivre. Ainsi, des tardigrades, de minuscules animaux proches des arthropodes, sont rentrés sains et saufs après une exposition prolongée au vide orbital. On comprend encore mal leur résistance et nous avons beaucoup à en apprendre sur l'adaptation au vide. Peut-être seront-ils, avant les humains, les premiers voyageurs interstellaires ? ■

Roland LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay.

SCIENCE & GASTRONOMIE

La cerise dans le gâteau

Dans un clafoutis traditionnel, les fruits, moins denses que la préparation dans laquelle ils baignent, montent en surface. Leur farinage ne fait rien à l'affaire !

Hervé THIS



La question des fruits qui sédimentent ou remontent dans les gâteaux a suscité d'innombrables « précisions culinaires », ces idées populaires que l'on s'est longtemps transmises sans justification. Ainsi, pour éviter que les fruits ne tombent au fond des préparations ou se retrouvent en surface, il faudrait les fariner et les placer la veille dans la préparation, avant de cuire. Voire !

Commençons par les résultats expérimentaux. D'abord, les cerises peuvent-elles être farinées efficacement ? Les cerises semblent être des fruits très lisses, sur lesquels rien ne semble devoir adhérer. L'expérience qui consiste à plonger des cerises dans de la farine et d'autres dans du sucre montre que le farinage se fait bien. Nous savons qu'une goutte d'eau déposée sur de la farine roule : la farine, dont les grains sont entourés de lipides, est plutôt hydrophobe, comme la cire des cuticules, d'où l'efficacité du farinage.

Puis nous avons préparé des clafoutis, en mêlant des œufs, du lait, du sucre, de la farine, selon les proportions idoines. Dans cette préparation, nous avons placé des cerises et observé qu'elles se disposaient en surface (elles flottaient) avant la cuisson ; aussi se trouvaient-elles dans la partie supérieure des clafoutis après la cuisson.

Le farinage contrecarre-t-il cette remontée des fruits ? Nous avons divisé le moule en deux moitiés par une cloison, et déposé des cerises farinées d'un côté de la cloison et des cerises non farinées de l'autre côté. Nous avons versé la préparation pour clafoutis sur les fruits, puis enfourné le gâteau.

Après cuisson, les fruits étaient tous dans la partie supérieure des deux compartiments : les cerises, farinées ou non, avaient toutes monté vers la surface.

Pourquoi les cerises avaient-elles une densité inférieure à celle des préparations ? En première approximation, une cerise est faite d'eau et de sucre, tout comme l'appareil à clafoutis, dont l'eau est apportée par le lait et l'œuf. La farine, plus dense que l'eau comme le prouve l'expérience consistant à en verser dans de l'eau pure, augmente la densité du gâteau. Il en est de même des protéines de l'œuf (un œuf frais tombe au fond d'une bassine pleine d'eau).

L'œuf et la farine influent ainsi sur la densité de la pâte, mais considérons d'abord la question de la concentration en sucre. Si nous préparons deux sirops de sucre, l'un léger et l'autre très concentré, nous pouvons observer que les cerises entières, avec noyau, sédimentent dans le sirop léger, mais flottent dans le sirop concentré.

Quelle est l'influence du noyau ? Si nous préparons un sirop de concentration telle que des cerises entières, avec noyau, soient de même densité, alors on voit que des cerises dénoyautées coulent et que les noyaux, au contraire, flottent : les noyaux, moins denses que les cerises, augmentent la flottabilité.

En fin de compte, sauf pour des préparations de gâteaux si visqueuses que tout mouvement est impossible, la question de la sédimentation éventuelle des fruits se ramène donc à une question de densité, et non de farinage. On observera que des fruits confits sont bien plus concentrés en

sucre que des fruits frais : leur densité est donc supérieure et ils sédimentent.

Lors de la cuisson, plusieurs phénomènes peuvent, toutefois, modifier leur position. D'une part, des cerises ou des fruits confits pourraient être emportés par les mouvements de la préparation lors de la cuisson et redistribués dans le gâteau, mais ce n'est pas le cas ici.

D'autre part, l'évaporation joue un rôle. Nous avons examiné l'évaporation de l'eau, liquide qui fait partie de la préparation : elle est d'environ 10 % pour de l'eau pure. Ainsi, la concentration d'un sirop ou d'une préparation pour gâteaux change avec la cuisson. Des fruits qui sédimentaient peuvent se mettre à flotter, la densité du gâteau ayant augmenté. L'inverse — une diminution de la densité de la pâte — n'aura pas lieu, sauf si la préparation a été foisonnée par incorporation d'air, ou si elle se gonfle de bulles de vapeur, formée par l'évaporation de l'eau de la préparation pour le gâteau, au contact du fond du moule.

Finalement, la clef du mystère tient en un mot : densité !



Hervé THIS, physico-chimiste, est directeur du Centre international de gastronomie moléculaire AgroParisTech-Inra et directeur scientifique de la fondation Science & culture alimentaire (Académie des sciences).



Retrouvez la rubrique
Science & gastronomie sur
www.pourlascience.fr