

UNE CHANDELLE DANS L'ESPACE

Hugues Chicoine, tpi CFEI CFII, 2001-2007

On ne trouvera pas, dans la littérature de la NASA sur la sécurité incendie, sur le feu ou sur la combustion, le discours typique de certains auteurs occupés de sécurité publique et qui puisent dans une rhétorique douteuse, généralisante, strictement métaphorique.

Une locution populaire : « Le feu couve » est empreinte d'une étonnante vérité. Le feu est toujours le résultat d'une « incubation », et, lorsqu'il « éclot », il est déjà formé, puissant et en état de se reproduire¹.

On utilise souvent la chandelle pour illustrer le phénomène de la combustion en phase gazeuse, une expérience simple et commune. Le principe de la convection fait partie des mécanismes dont on se sert pour expliquer le processus de combustion dans sa durée, c'est-à-dire aussi longtemps qu'il y aura de la cire à brûler – ou de la paraffine. La convection, c'est aussi une poussée hydrostatique, ou la *propriété d'un corps gazeux qui lui permet de remonter et de demeurer librement en suspens dans un fluide compressible tel que l'atmosphère*². Ce phénomène participe aux processus de transferts de masse et de chaleur nécessaires au maintien de la flamme avec sa forme et sa couleur. Dans des conditions de pression réduite et de microgravité, la flamme présente des caractéristiques différentes : d'ogivale elle devient oblongue ou hémisphérique (plus proche de la sphère), elle est bleue et ne vacille pas³.

Avec ces apparentes configurations, d'autres singularités furent observables au cours des expériences en microgravité ; la zone de réaction combustive est plus éloignée de la mèche (la distance de la flamme à la mèche de la chandelle est de 5 mm en pression réduite ou en microgravité au lieu de 1 mm dans des conditions normales). La flamme éclaire moins, elle est moins chaude, et par conséquent la chandelle brûle plus lentement.

Ainsi, la chimie et la cinétique de la réaction de combustion sont altérées en microgravité, de sorte que la propagation de la flamme ne se fera pas nécessairement vers le haut (mais dans le sens contraire de la rotation du vaisseau) et la radiation pourrait bien devenir le mode de transfert dominant d'un processus de combustion ralenti mais néanmoins alimenté et régi par le système de ventilation de l'habitacle et son atmosphère artificielle et étanche à l'extérieur.

Dans deux cas au moins, la rotation du vaisseau et la dynamique du système de ventilation de l'habitat artificiel peuvent compenser en partie pour l'absence de convection et créer des

¹ FAURE, A. et BELTRAMELLI, R. (1952) *Le feu*, coll. Que sais-je ?, PUF, Paris, 1^{ière} éd., p.5.

NOTE : En fait, cet ouvrage ne consacre que quinze pages au feu, et onze pages portent sur les brûlures. Le reste, environ 90 pages, fait le point sur la lutte contre les incendies. Faure est présenté à titre de Docteur en Droit et Administrateur civil au Ministère de l'Intérieur, et Beltramelli à titre de Chef du Régiment de Sapeurs-Pompiers et Inspecteur général adjoint de la Protection Civile.

² VILLENEUVE, G.-O. (1980) *Glossaire de météorologie et de climatologie*. Québec : Presses de l'Université Laval.

conditions imprévisibles, appeler des modalités de détection novatrices et des moyens de suppression adaptés. Le tableau ci-dessous illustre graphiquement les différences constatées entre la flamme d'une chandelle sur terre et celle d'une chandelle dans un vaisseau spatial, moins la rotation et les effets du système de ventilation.

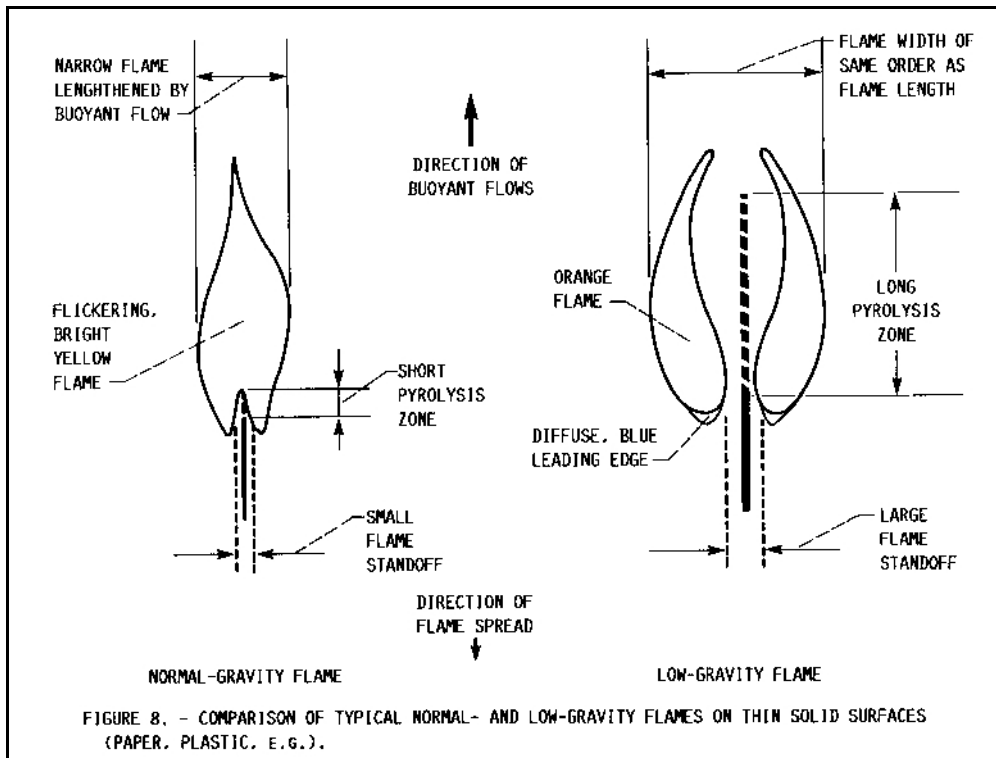


Figure ci-haut [8] : Comparaison d'une flamme normale avec une flamme en microgravité⁴

Légende

<p><i>Narrow flame lengthened by buoyant flow :</i> Flamme étroite allongée par l'effet de la poussée hydrostatique</p> <p><i>Direction of buoyant flows:</i> Direction de la poussée hydrostatique (flèche vers le haut)</p> <p><i>Flickering, bright yellow flame :</i> Flamme vacillante d'un jaune brillant</p> <p><i>Short pyrolytic zone :</i> Zone pyrolytique courte</p> <p><i>Small flame standoff :</i> Évasement étroit de la flamme à sa base</p>	<p><i>Flame width of same order as flame length :</i> La largeur et la hauteur de la flamme sont du même ordre de grandeur [la convection -- les flux thermiques autres que la radiation, seraient régis par le mouvement de rotation du vaisseau et par le système de ventilation]</p> <p><i>Orange flame :</i> Flamme de couleur orange</p> <p><i>Long pyrolytic zone :</i> Zone pyrolytique allongée</p> <p><i>Large flame standoff :</i> Évasement de la flamme à sa base</p> <p><i>Diffuse, blue leading edge :</i> Amorce de la flamme diffuse et bleue.</p>
<p><i>Direction of flame spread :</i> Progression de la flamme (flèche vers le bas).</p>	

³ ROSS, H.D., T'EN, J.S., et DIETRICH, D.L. (1991) « Observations of candle flames in low pressure and low gravity », annexé à FRIEDMAN, R., SACKSTEDER, R., et URBAN, D. *Risks, designs, and research for fire safety in spacecraft*, NASA Technical Memorandum 105317.

⁴ Comparison of typical normal- and low-gravity flames on thin solid surfaces (paper, plastic, e.g.), dans : FRIEDMAN, Robert et OLSON, S.L. *Fire safety applications for spacecraft*, conference proceedings 467, Aircraft Fire Safety, North Atlantic Treaty Organization, Advisory Group for Aerospace research & Development, Neuilly-sur-Seine, p.12.