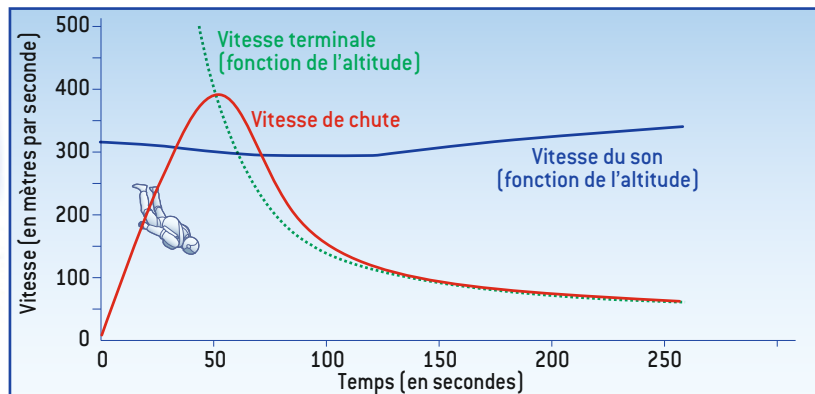




2. DANS LE SAUT EN CHUTE LIBRE DE FELIX BAUMGARTNER, la vitesse était initialement nulle. Elle a ensuite augmenté jusqu'à ce que la traînée aérodynamique devienne suffisamment intense pour freiner la chute. Puis la vitesse a diminué jusqu'à atteindre la

vitesse limite de chute [qui dépend de la densité de l'air, donc de l'altitude]. F. Baumgartner a, durant cette phase, dépassé la vitesse du son. Après avoir atteint la vitesse limite de chute, il a ouvert son parachute.

c'est plus de trois tonnes qu'il a fallu soulever. Pour assurer une vitesse d'ascension suffisante, le volume d'hélium utilisé était en fait de 5 100 mètres cubes, c'est-à-dire le double du nécessaire pour la sustentation.

Avec sa forme peu profilée, le ballon subit de plein fouet la traînée aérodynamique de l'air. Cette dernière est proportionnelle au produit du carré de la vitesse par la masse volumique de l'air et la section frontale du ballon. Soumis à son poids et à la poussée d'Archimède, le ballon accélère jusqu'à atteindre une vitesse telle que la traînée compense la force résultante.

Avec un diamètre initial de ballon d'environ 40 mètres [à en croire les photographies] et un coefficient de traînée égal à 1, on trouve une vitesse d'ascension de l'ordre de six mètres par seconde. Malgré la diminution de la masse volumique de l'air avec l'altitude, partiellement compensée par l'augmentation de la taille du ballon, cette vitesse d'ascension reste à peu près constante avant de s'effondrer lorsqu'on s'approche de l'extension maximale du ballon.

Au bout d'environ deux heures et demie d'ascension, parvenu dans la stratosphère, c'est le moment pour le parachutiste d'ouvrir la porte de sa capsule et de sauter. Comme lors de la montée, les forces mises en jeu sur lui sont le poids et la traînée [la poussée d'Archimède est très faible, l'air étant beaucoup moins dense que le parachutiste].

Dans les premiers instants de la chute, la traînée est négligeable par rapport au poids, qui est de l'ordre de 1 150 newtons. À cette altitude, en considérant un plongeon tête vers l'avant, la force de traînée, en newtons, vaut environ 6×10^{-4} fois le carré de la vitesse exprimée en mètres par seconde. On est donc pratiquement dans le cas idéal de la chute libre sans frottement : la vitesse croît proportionnellement au temps t écoulé, tandis que la distance parcourue est égale à $\frac{1}{2}gt^2$, où g est l'accélération de la pesanteur.

La vitesse de chute augmente, puis diminue

Les chiffres font frémir : au bout de 30 secondes, la vitesse est déjà de 300 mètres par seconde et plus de 4 kilomètres ont été parcourus. En l'absence d'atmosphère, F. Baumgartner atteindrait le sol au bout d'une minute supplémentaire, à la vitesse de 870 mètres par seconde !

En réalité, la vitesse de chute n'augmente pas indéfiniment. Sous le double effet de l'augmentation de la vitesse et de celle de la densité de l'air lors de la descente, la force de traînée croît très vite. La vitesse atteint un maximum de 373 mètres par seconde après environ 50 secondes, au moment précis où la traînée devient égale au poids. Ainsi, même à plus de 30 kilomètres d'altitude, où l'air

LES AUTEURS



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

SUR LE WEB

Sites de la mission *Stratos* : <https://www.redbullcontentpool.com/content/stratos>, <http://www.redbullstratos.com/>

Un blog contenant des estimations quantitatives : http://theengineerspulse.blogspot.ca/2012/10/mechanical-analysis-of-baumgartners_15.html

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



est 100 fois moins dense qu'au niveau du sol, la traînée n'est plus du tout négligeable.

Une fois atteint le maximum de vitesse, la traînée dépasse le poids et l'homme sauteur se met à décélérer assez fortement. Il faut attendre environ 2 minutes et 30 secondes, vers 10 kilomètres d'altitude, soit l'entrée dans la troposphère, pour que la traînée et le poids se compensent et que le sauteur atteigne sa vitesse limite de chute (autour de 60 mètres par seconde), comme tout parachutiste ordinaire !

Pour promouvoir cet exploit, on mentionne souvent que F. Baumgartner aurait franchi le mur du son : c'est tout à fait exact, mais aussi un peu trompeur. Dans un gaz donné, la vitesse du son ne dépend que de la température T . Plus précisément, dans l'air, elle est de l'ordre de $20 \sqrt{T}$ mètres

par seconde. À la température ambiante (20°C , soit 293 kelvins), on retrouve les 340 mètres par seconde bien connus. Paradoxalement, la vitesse du son diminue avec l'altitude dans la troposphère, puisque T chute, avant de remonter un peu dans la stratosphère : à 30 kilomètres d'altitude, elle n'est cependant que de 305 mètres par seconde.

Le mur du son a été franchi, mais il était mou

Il est donc incontestable que F. Baumgartner a franchi le mur du son (voir la figure 2). Cependant, la densité à ces altitudes demeure si faible qu'il est peu probable que cela ait créé une onde de choc notable, donc qu'il y ait eu une signature sonique importante.

Il est par ailleurs mentionné que ce saut pourra alimenter la réflexion sur les procédures de survie des astronautes lors d'un retour sur Terre : au lieu d'attendre la destruction de leur vaisseau spatial dans les hautes couches de l'atmosphère, ne peuvent-ils pas sauter et revenir sur Terre comme F. Baumgartner ?

Du point de vue technique, le scaphandre et le parachute sont au point, mais il reste une grande différence : F. Baumgartner sautait sans vitesse initiale, alors que des astronautes auraient la vitesse de leur vaisseau (de l'ordre de sept kilomètres par seconde pour une navette en orbite basse), vitesse à laquelle les forces de traînée compliqueraient considérablement l'éjection et exerceraient des contraintes très fortes sur les scaphandres. ■

universcience présente

les conférences

entrée libre

Les jeudis 17, 24, 31 janvier et 7, 14, 21 février à 19 h

théma **Les uns et les autres**

CYCLE "L'autre en nous"

Notre corps intègre des éléments étrangers : gènes provenant d'autres espèces, millions de bactéries en symbiose, fœtus chez la mère, organe d'un autre chez le greffé. Comment se redéfinit notre identité quand l'autre est en nous ?

Avec le soutien

SCIENCE VIE

programme complet sur www.universcience.fr