

## LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK  
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

# LE NEC PLUS ULTRA DE LA CHUTE LIBRE

La situation où un objet tombe sous la seule influence de la gravitation, sans perturbations externes, est impossible à réaliser, même en orbite autour de la Terre. Mais la mission spatiale *Microscope* s'en approche en compensant les forces résiduelles.

**L**e 2 avril 2018, la station spatiale chinoise *Tiangong-1* se désintégraît dans l'atmosphère après une interminable chute. Depuis mi-2016 et la coupure des communications avec les opérateurs au sol, il n'était plus possible de maintenir son altitude en actionnant à distance ses moteurs. Moralité: même à 400 kilomètres d'altitude, la station n'était pas en parfaite chute libre le long de son orbite, mais subissait, outre la gravité, des forces résiduelles qui la freinaient et qui l'ont finalement fait tomber vers le sol.

Cet événement illustre une question qui se pose aussi dans d'autres contextes: comment s'approcher au mieux d'une chute libre, c'est-à-dire d'un mouvement dû uniquement à la gravitation? Y répondre est crucial par exemple pour vérifier avec précision un principe fondamental de la physique, le «principe

d'équivalence», qui implique que tous les corps chutent de la même façon.

Depuis Galilée, en effet, les physiciens cherchent à tester avec la meilleure précision possible si des corps de compositions différentes tombent de la même façon dans le vide. Comme Newton l'a ensuite compris, cela revient à vérifier l'égalité entre la «masse pesante», qui caractérise la manière dont un corps est attiré gravitationnellement par d'autres corps, et la «masse inerte», qui caractérise la difficulté qu'il y a à modifier sa vitesse en lui appliquant une force.

## COMPARER LA CHUTE D'UNE PLUME ET CELLE D'UNE BILLE

À l'air libre, une telle expérience est vouée à l'échec: à cause du frottement de l'air, une plume tombe bien plus lentement qu'une bille de plomb. Ainsi, avec une feuille de papier de format A4 faisant 80 grammes par mètre carré qui tombe à

Dans l'air, deux objets différents chutent rarement de la même façon: la traînée aérodynamique a une grande influence.



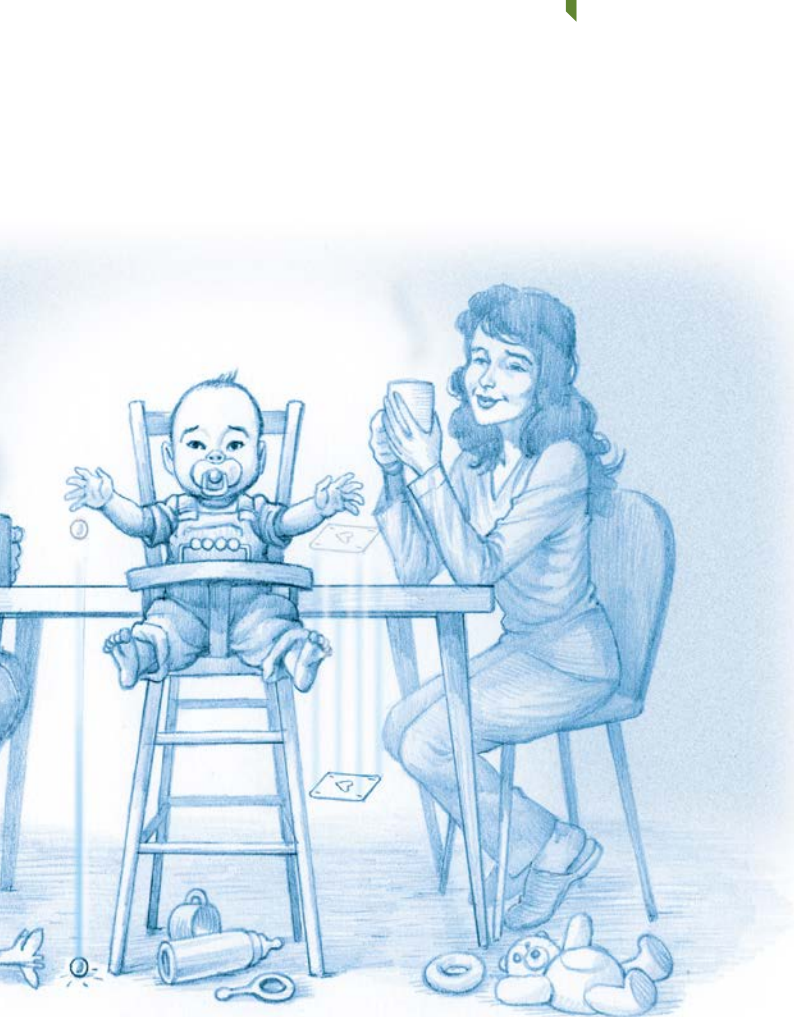
plat, la traînée aérodynamique compense le poids pour une vitesse de chute de l'ordre de 1 mètre par seconde, une valeur atteinte et dépassée en un dixième de seconde par des objets plus compacts.

La force de traînée est proportionnelle au carré de la vitesse de l'objet par rapport à l'air, à la masse volumique de l'air et à la surface que présente l'objet dans la direction du mouvement. Comment la diminuer?

Une solution est de réduire la masse volumique de l'air, autrement dit de faire le vide. Le gain est alors considérable: sans atteindre les valeurs de l'ultravide ( $10^{-7}$  Pascal) réservées généralement à des cavités

## L'EXPÉRIENCE CLASSIQUE

**U**ne expérience simple, pratiquée depuis plus de trois siècles, illustre le fait que tous les corps chutent de la même façon si l'on s'affranchit des forces non gravitationnelles. On fait le vide dans un tube de verre vertical contenant une plume et une bille de plomb (ou tout autre objet compact, une pièce de monnaie par exemple). On retourne rapidement le tube, de façon que ces deux objets se retrouvent en haut du tube, et l'on constate qu'ils chutent de façon identique : ils arrivent en bas du tube en même temps. Mais une telle expérience ne permet pas de faire des tests précis de l'universalité de la chute libre.



de petite taille, les pompes et les étanchéités actuelles permettent de mettre sous basse pression des volumes importants.

Il y a quelques années, le physicien et vulgarisateur britannique Brian Cox a ainsi réalisé une version spectaculaire d'expérience de chute libre dans une chambre à vide de la Nasa haute de plus d'une trentaine de mètres et où l'on peut réduire la pression jusqu'à  $1/10\,000$  pascal, soit 1 milliardième d'atmosphère : lâchées en même temps d'environ 10 mètres de haut, une plume de paon et une boule de bowling ont bien atteint le sol simultanément.

Pour des expériences plus précises, les physiciens disposent de la tour de

chute libre à Brême, en Allemagne, haute de 146 mètres. Dans un cylindre faisant 110 mètres de hauteur, on abaisse la pression à moins de 10 pascals. La masse volumique de l'air atteint alors 0,12 gramme par mètre cube ! Dans ces conditions, la capsule d'expérience (plus de 300 kilogrammes, 80 centimètres de diamètre) chute en 4,74 secondes, et sa décélération due à la traînée fait moins de  $10^{-5}g$  (g étant l'accélération de la pesanteur).

Malgré cette performance et la longue durée de la chute, commode pour réaliser des expériences, ce n'est pas satisfaisant pour les scientifiques qui testent la chute libre.

Pour faire mieux, il faut aller dans l'espace. Sur la Lune par exemple. En juillet 1971, l'astronaute David Scott y fit une petite démonstration de chute libre en lâchant un marteau et une plume de faucon, arrivés au sol plus lentement que sur Terre, mais en même temps. Cependant, la Lune manque encore d'infrastructures !

Près de la Terre, alors ? À une altitude de 250 kilomètres, la masse volumique de l'atmosphère tombe à  $7 \times 10^{-8}$  gramme par mètre cube ; et à 820 kilomètres d'altitude, elle est de  $3 \times 10^{-11}$  gramme par mètre cube – des valeurs difficilement atteignables sur Terre. Mieux encore : en ➤

Les auteurs ont récemment publié :  
**En avant la physique !**,  
une sélection de leurs chroniques (Belin, 2017).

