



J.-E. McCONNELL/LOOK AND LEARN/BRIDGEMAN IMAGES ©

<https://lejournel.cnrs.fr/articles/le-principe-dequivalence-a-lepreuve>

L'expérience de Galilée sur la chute des corps à la tour de Pise est, semble-t-il, une légende. En revanche Giambattista Riccioli (1598 - 1671) relate dans *Almagestum Novum* (1651) les expériences de chute qu'il a effectuées à Bologne, à la Torre degli Asinelli : « on trouva que deux globes d'argile, de même dimension, dont l'un, évidé, ne pesait que dix onces, tandis que l'autre plein, en pesait vingt, qui partaient au même moment du sommet de la tour, arrivaient au sol à des moments différents. Et que, notamment, le plus léger restait de quinze pieds en arrière.

Mais comme, même parmi le reste des corps, les uns ont de la pesanteur, et les autres de la légèreté, il est évident que la cause qui agit sur eux tous, c'est la différence que présentent les corps non-composés ; car selon que les corps auront plus ou moins de ces éléments primitifs ; car tout le reste n'est qu'une conséquence des premiers principes ; et c'est là précisément, avons-nous dit, ce qu'auraient dû faire ceux qui expliquent le pesant par le plein, et le léger par le vide. [...]

Par suite encore il n'y aura plus de corps qui soit léger absolument, s'il est vrai que tous les corps tombent avec plus de vitesse, parce qu'ils sont composés de parties plus grandes, ou de parties plus nombreuses, ou même parce qu'ils sont pleins.

Aristote. *Traité du ciel* (traduction de Jules Saint-Hilaire. 1866).

Aussi, s'il [Galilée] pouvait - et devait - s'attendre à ce que les corps plus ou moins lourds tombent avec des vitesses tout autres que celles, proportionnelles à leurs poids, qu'ils auraient dû avoir selon Aristote, [...] il y avait quelque chose qu'il ne pouvait admettre ; ce quelque chose, c'était leur chute simultanée. Et c'est là la dernière raison pour laquelle Galilée n'a pas fait l'expérience de Pise ; et ne l'a même pas imaginée.

Alexandre Koyré.

"En ce temps-ci (1589-1590), il fut convaincu que l'investigation des effets de la nature exige nécessairement une connaissance vraie de la nature du mouvement, conformément à l'axiome la fois philosophique et vulgaire ignorato

motu ignoratur natura (celui qui ignore ce qu'est le mouvement, ignore ce qu'est la nature) ; c'est alors que, à la grande indignation de tous les philosophes, il démontra - à l'aide d'expériences, de preuves et de raisonnements exacts - la fausseté de très nombreuses conclusions d'Aristote sur la nature du mouvement ; conclusions qui, jusqu'alors, étaient tenues pour parfaitement claires et indubitables. Ainsi, entre autres, celle que les vitesses de mobiles de même matière, mais inégalement lourds et se mouvant à travers le même milieu, ne suivent aucunement la proportion de leur gravité, ainsi qu'il est dit par Aristote, mais se meuvent tous avec la même vitesse. Ce qu'il démontra par des expériences répétées, faites du sommet du clocher de Pise, en présence de tous les autres professeurs et philosophes de toute l'Université. (Il démontra aussi) que les vitesses d'un même mobile tombant à travers différents milieux ne suivent pas non plus la proportion inverse de la densité de ces milieux, en inférant ceci à partir de conséquences manifestement absurdes et contraires à l'expérience sensible."

V. Viviani. *Racconto storico della vita di Galilei.* 1654.



Galilée instruisant Viviani. Tito Lessi (1892)

Museo Galileo - Istituto e Museo di Storia della Scienza. Firenze.

Simplicio : Aristote a démontré que, dans un même milieu, des objets de masses différentes tombent à des vitesses différentes et que ces vitesses sont proportionnelles aux masses des objets. [...] Vous n'avez tout de même pas l'intention de nous prouver qu'une boule de liège tombe à la même vitesse qu'une boule de plomb ? [...]

Salviati : Je doute fort qu'Aristote se base sur une expérience pour affirmer cela. [...]

Simplicio : Ses propres paroles montrent pourtant qu'il a observé le phénomène, puisqu'il dit « Nous voyons que le plus lourd... ». Ce « nous voyons » fait allusion à une expérience.

Sagredo : Mais moi qui en fait l'essai, signor Simplicio, je vous assure qu'un boulet de canon de cent ou deux cents livres, ou plus encore, n'aura pas pris l'avance d'une palme, à son arrivée au sol, sur une balle de mousquet d'une demi-livre, même si la hauteur de chute est de cent coudées ! [...]

Simplicio : J'ai de la peine à croire qu'une larme de plomb puisse tomber aussi vite qu'un boulet de canon.

Salviati : [...] Je ne voudrais pas, signor Simplicio, qu'à l'exemple de tant d'autres, vous vous concentriez sur telle chose que j'ai dite et qui s'écarte de la vérité de l'épaisseur d'un cheveu, pour éviter de voir l'erreur aussi grosse qu'une amarre, que Aristote a commise. Aristote écrit : « Une boule de fer de cent livres tombant d'une hauteur de cent coudées, arrive au sol avant qu'une boule d'une livre soit descendue d'une seule coudée ». Je dis, moi, qu'elles arrivent en même temps. Vous n'avez qu'à faire l'expérience, et vous constaterez qu'au moment où la grosse boule touche terre, l'autre en est éloignée de deux doigts seulement. Et vous voudriez maintenant, derrière ces deux doigts, cacher les quatre-vingt-dix-neuf coudées d'Aristote, et, relevant mon erreur minime, passer sous silence son énorme erreur.

Simplicio : Quoi qu'il en soit, je n'arrive pas à croire que dans le vide, si le mouvement y était possible, un flocon de laine tomberait aussi vite qu'un morceau de plomb.

Salviati : [...] écoutez plutôt ce raisonnement qui vous éclairera. Nous recherchons ce qui arriverait à des objets de masses très différentes dans un milieu de résistance nulle. [...] Seul un espace absolument vide d'air nous permettrait de percevoir une réponse. Comme un tel espace n'existe pas, nous observerons ce qui se produit dans des milieux peu résistants, par comparaison avec des milieux plus résistants ; et si nous trouvons que des objets différents ont des vitesses de moins en moins différentes lorsque les milieux sont de plus en plus faciles à traverser, [...] alors nous pourrions admettre avec une grande probabilité, me semble-t-il, que dans le vide les vitesses seraient toutes égales. [...] L'expérience qui consiste à prendre deux objets de masses très différentes, et à les lâcher d'une certaine hauteur pour observer si leurs vitesses sont égales, comporte quelques difficultés. En effet, si la hauteur est importante, le milieu gênera beaucoup plus l'objet léger, et sur une longue distance l'objet léger demeurera alors en arrière. [...] Cependant, si l'on prend deux objets de même forme et constitués du même matériau, et que l'on diminue la masse de l'un en même temps que sa surface, il ne se produit aucune réduction de vitesse [...] J'en arrive donc à la conclusion que si l'on éliminait complètement la résistance du milieu, tous les objets tomberaient à vitesse égale.

Galilée. Discours concernant deux sciences nouvelles. 1638.

In <http://www.astronoo.com/fr/articles/coupure-galileenne.html>

Deux travaux sont proposés.

1. Un problème sans question autour de la simulation de « l'expérience imaginaire » de Pise, prenant en compte les forces de frottement.

Il s'agit évidemment d'élaborer des questions et d'y répondre. Le travail est d'abord individuel (pour la production des questions) ; une mise en commun est effectuée en petit groupe suivie de la résolution. Une mise au point est ensuite réalisée en grande groupe sous forme d'animation tableau.

Document : [chute-1.pdf] dans le dossier [pise]

On trouvera également la même situation avec des propositions de question, [chute-2.pdf], et un corrigé, [corrige.pdf].

2. Riccioli. Il s'agit de vérifier l'expérience de Riccioli (*Almagestum Novum* - 1651), avec les données nécessaires, en utilisant la méthode d'Euler. Celle-ci sera également abordée dans le chantier intitulé [Mouvement (5) – Euler].

Documents de travail : [riccioli.pdf] ; [riccioli.xlsx]

Documents d'aide : [methode.pdf]

Le travail individuel est suivi d'une mise en commun et poursuite d'élaboration en petits groupes. La mise au point en groupe entier peut se faire à l'aide des propositions des groupes avec animation tableau et du corrigé [riccioli-corrige.xlsx].

Des vidéos sont également disponibles :

[galilee.mp4] : extrait du film *Galilée ou l'amour de dieu* de Jean-Daniel Verhaeghe, 2006.

[apollo.webm] : le marteau et la plume sur la Lune.

[experimentation.mp4].