

TESTER L'IMPESANTEUR

Grégory Manzanares

Reproduire l'impesanteur sur Terre en réalisant une manipulation d'une grande simplicité pour expliquer pourquoi les astronautes, situés à seulement 400 km de la surface de la Terre, se trouvent en microgravité dans la station spatiale internationale.

Comment tester l'impesanteur avec nos élèves ? Si tout le monde a déjà vu des vidéos d'astronautes faire des pirouettes en microgravité, c'est une notion qui est difficile d'expérimenter sur Terre.

Pourtant il existe un moyen simple de le faire tester aux élèves.

Pourquoi les astronautes de l'ISS flottent-ils ?

Située à seulement 400 km de la Terre, l'ISS n'est pas assez éloignée pour négliger la gravité terrestre. C'est d'ailleurs cette même gravité qui maintient la station en orbite. L'intensité du champ de gravitation¹ à l'intérieur y est seulement inférieure de 11 % par rapport à la surface de la Terre.

Alors pourquoi les astronautes flottent-ils ? Comme tout satellite, on peut imaginer que la station tombe perpétuellement, attirée par la gravité terrestre, en décrivant une trajectoire courbe. C'est la fameuse expérience de pensée du « canon de Newton ».

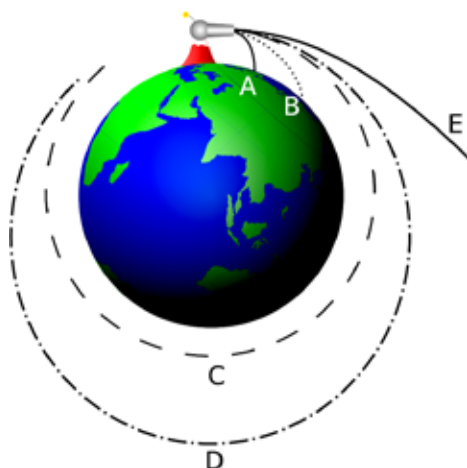


Fig.1. L'expérience du canon de Newton (Brian Brondel / Wikipédia).

La station et ses occupants étant tous en orbite, il s'agit d'une situation de chute libre. Dans le référentiel ISS, les astronautes ne subissent aucune accélération et sont donc en impesanteur.

¹ Quand on parle de pesanteur à la surface de la Terre, on tient compte de l'accélération centrifuge due à la rotation de notre planète. Ici, on ne calcule que l'intensité du champ de gravitation qui provient de l'attraction de la Terre supposée sphérique.

Un peu de calcul

La loi de l'attraction universelle permet de calculer l'intensité du champ de gravitation à l'altitude de l'ISS :

$$F = G \times m \times m_T / d^2$$

Avec

G la constante gravitationnelle $6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

m_T la masse de la Terre = $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

et d le rayon terrestre + l'altitude moyenne de l'ISS = $(6371 + 400) \cdot 10^3 \text{ m}$

On trouve $F = m \times 8,7$ soit $g_{(ISS)} = 8,7 \text{ N/kg}$

Comme $g_{(Terre)} = 9,8 \text{ N/kg}$, $g_{(ISS)} / g_{(Terre)} = 0,89$ soit une diminution de $1 - 0,89 = 0,11$ ou 11 %

Reproduire l'impesanteur sur Terre

Il existe un moyen pour les astronautes de s'entraîner en impesanteur sur Terre : le vol parabolique !

Quand on lance un objet en négligeant les frottements de l'air, celui-ci décrit une trajectoire parabolique. C'est l'expérience de chute libre. Lors d'un vol parabolique, on va placer un avion sur une trajectoire la plus proche possible de cette parabole afin que les occupants soient en situation d'impesanteur.

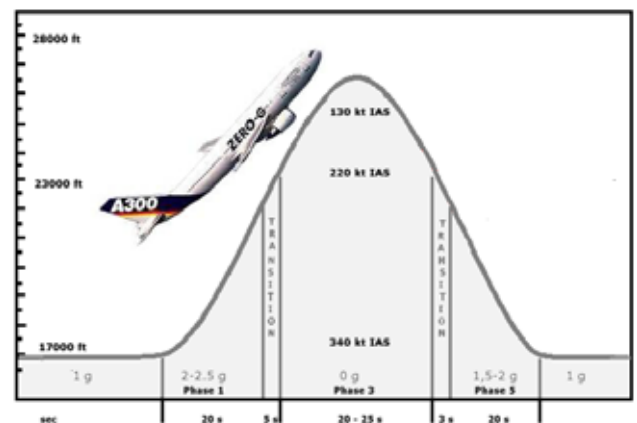


Fig.2. Les phases d'un vol parabolique (crédit Dr Wessmann / Wikipedia).

Les pilotes² vont d'abord faire cabrer l'avion pour atteindre l'angle de montée désiré. Ensuite les moteurs sont presque coupés (une légère poussée est maintenue pour compenser les frottements de l'air). Pendant une vingtaine de secondes, les occupants et le matériel sont alors en situation de quasi impesanteur. Puis les pilotes remettent les gaz pour reprendre une trajectoire horizontale avant de recommencer les cycles.

² Trois pilotes sont nécessaires pour avoir une trajectoire parfaite.



Fig.3. Expérimentations scientifiques dans l'A300 ZERO-G (créé dit : CNES Novespace).

Faire l'expérience avec nos élèves

Le but de l'expérience est de reproduire le principe de l'avion ZERO-G.

Matériel

- une boîte solide en plastique (type Tupperware) ;
- une caméra de sport (type Go-Pro). Un modèle d'entrée de gamme autour de 30 € est largement suffisant. Je vous conseille celles avec un nombre élevé d'images par seconde (120 fps, 240 fps) afin de pouvoir faire de beaux ralentis ;
- un moyen de fixation (fil de fer et perceuse, scratch double face, élastiques etc.) ;
- quelques figurines.



Fig.4. Le matériel nécessaire.

Mise en place

Commencez par fixer solidement la caméra à l'intérieur de la boîte. Ici 2 trous et du fil de fer ont été utilisés. Du scotch d'électricien a été ajouté à l'extérieur afin de ne pas se blesser avec les extrémités du fil.



Fig.5. Installation de la caméra.

Placez vos figurines à l'intérieur et fermez le couvercle. Des élastiques ou des bandes velcros peuvent être ajoutées à l'extérieur de la boîte pour éviter toute ouverture intempestive du couvercle.

Il ne reste plus qu'à activer la caméra et lancer la boîte, soit en l'air, soit entre 2 élèves. À partir du moment où la boîte quitte les mains, elle se retrouve en chute libre et les figurines sont en situation d'impesanteur.

Fig.6. Le vol Zéro-G.



Vous pouvez ensuite éditer les meilleurs passages avec un logiciel de montage libre comme shotcut (<https://shotcut.org/>) afin de réaliser une vidéo.

La vidéo est visible ici :

<https://nc.chercan.fr/s/9pta3NxaFPQDg5r>

