

"S'il te plaît, raconte-moi l'apesanteur !"

Pourquoi ?

- obtenir les mêmes conditions d'**apesanteur** que celles subies par un astronaute en mission orbitale
- plus court mais moins cher.



Comment ?

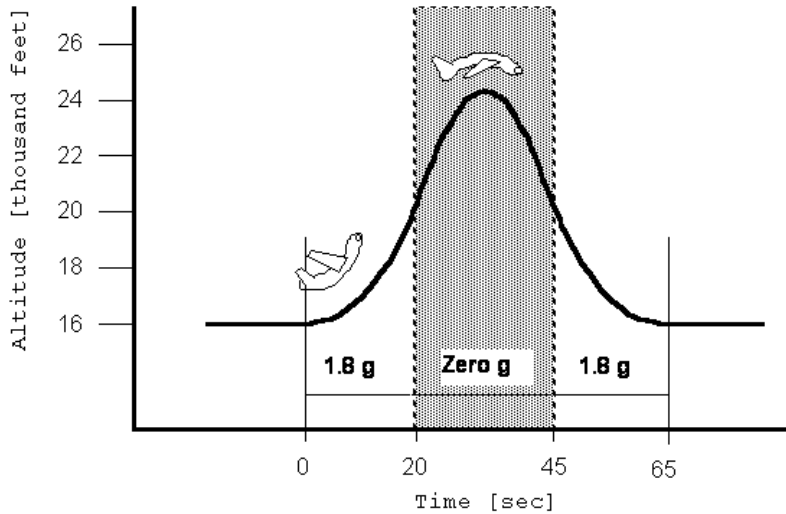
- l'avion se "laisse tomber" et tout ce qu'il contient tombe à la même vitesse

Principe d' Equivalence

=> à l'intérieur de l'avion, on "flotte".



"Qu'est-ce qu'un vol parabolique ?"



3 phases :

Phase 1 :

- vol horizontal, à 8000 mètres (1g),
- l'avion accélère vers le haut : à 45° , 20 s (1,8g)

les objets pèsent 2 fois plus lourd



"Qu'est-ce qu'un vol parabolique ?"



Phase 2 :

- le pilote freine pour que les forces qui agissent sur l'appareil s'annulent, sauf son poids.

chute libre et micropesanteur (0.01g)

Un objet dans la cabine "n'a plus de poids".

- l'avion continue à monter, puis pique du nez

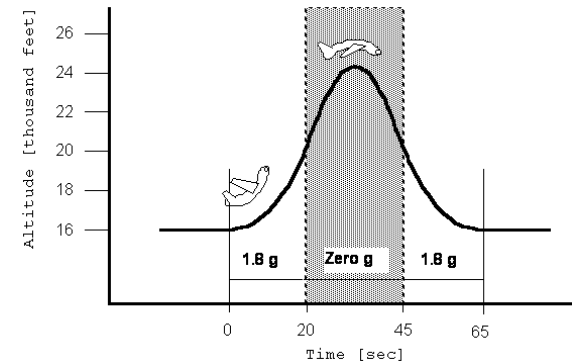


"Qu'est-ce qu'un vol parabolique ?"

Phase 3 :

- inclinaison de descente jusqu'à 45° => les moteurs à fond
- accélération pendant 20 secondes (1,8g)
- vol horizontal (1g) : prêt pour une nouvelle parabole !

les objets "récupèrent" leur poids initial



Une parabole permet d'obtenir 20 secondes de micropesanteur.

Lors de la campagne, une **trentaine de paraboles** sont réalisées, pour une durée totale de vol de 2 à 3 heures.



Principe d'Equivalence

Sur Terre, un objet possède un poids car il est attiré par la Terre. Il subit une accélération de 1g.

Prenons une masse de 1 kg.

$$F = \frac{Gm_g M_T}{r^2} \quad \text{Newton}$$

Accélération mesuré

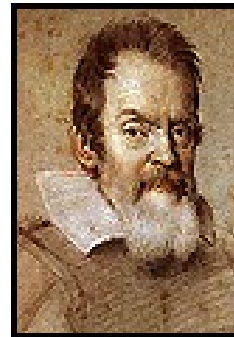
1g 10N

2g 20N

0g 0N

Pesanteur

Microgravité



De Galilée...

XVI^e siècle :

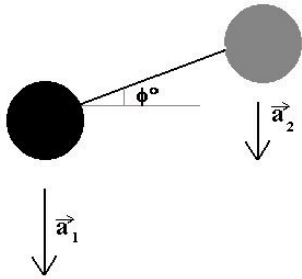
deux corps en chute libre tombent avec la même accélération

En jetant deux sphères de nature différente du haut de la tour de Pise :

les deux objets ont atteint le sol **au même moment.**



Principe d'Equivalence



$$\vec{F} = m_i \cdot \vec{a} = m_g \cdot \vec{g}$$

$$m_i = m_g \Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$$

... à Einstein...

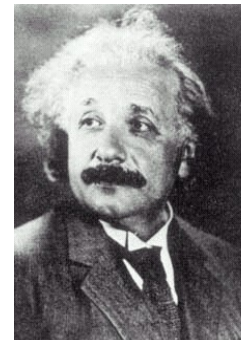
Si on lâche une haltère, sa **vitesse angulaire** par rapport au centre de masse restera **constante** lors de la chute. Cela signifie que si on la lâche suivant un certain angle par rapport à la verticale, en ne donnant aucune impulsion (vitesse angulaire nulle), l'haltère gardera l'angle de départ tout au long de sa chute.

Einstein a étendu ce principe d'équivalence au titre de postulat :

«**La masse inertielle d'un corps est égale à sa masse gravitationnelle** ».

On ne sait pas distinguer **accélération** et force de **gravité**.

--> pierre angulaire de sa théorie de la **Relativité Générale**. *Albert Einstein*



Principe d'Equivalence

... et au-delà ?

Certaines théories modernes prédisent une

violation de ce principe.

Deux corps en chute libre ne tomberaient donc pas à la même vitesse !

=> **accélération angulaire du système !**

$$m_i \neq m_g$$

$$\vec{a} = \vec{g} \times \frac{m_g}{m_i}$$

But de notre expérience : **décélérer cette accélération angulaire.**

Pas d'effets spectaculaires :

- les expériences modernes ont toujours été en accord avec le Principe d'Equivalence.

Mais leur **précision est limitée...**

- par la durée de la chute
- par les importants frottements de l'air



Pourquoi un vol parabolique ?

Notre expérience est très simple,
mais effets minimes => conditions opératoires
draconiennes :

Des **frottements négligeables**.

Un **temps de chute** relativement **long**.

Une **précision** de la mesure extrêmement
importante.

Labo ordinaire sur Terre : **impossible** car les frottements augmentent avec la vitesse par rapport à l'air.

Vol parabolique : - l'air dans l'habitacle tombe à la même vitesse que l'avion !

=> **frottements** sont absolument
insignifiants

- le **temps de chute** est de **22 secondes** !

une tour de Pise de 2 km !

- **méthode de mesure** suffisamment précise ?

interféromètre laser basé sur l'effet
Sagnac.

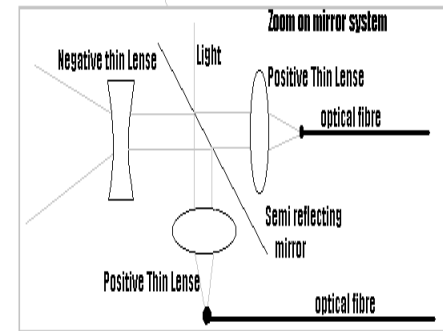
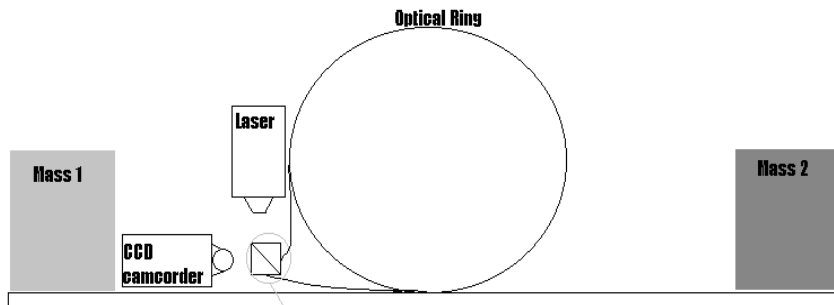


Effet Sagnac

Mesurer une **accélération angulaire** avec une **précision extrême**.

=> interféromètre à effet Sagnac

Il s'agit d'un dispositif expérimental permettant l'analyse d'une **figure d'interférence** produite par un faisceau laser.



- le faisceau est coupé en deux par un miroir semi-transparent
- le **trajet** suivi par les rayons est **circulaire** (sens différents)

=> **déphasage** entre les rayons est sensible à l'accélération angulaire du dispositif

Cet effet correspond à un **effet Doppler rotationnel** (Sagnac, 1913)

$$\delta\phi = \frac{8\pi\Omega A}{\lambda v}$$



Interféromètre laser

Observer la figure d'interférence en permanence : **caméra** numérique

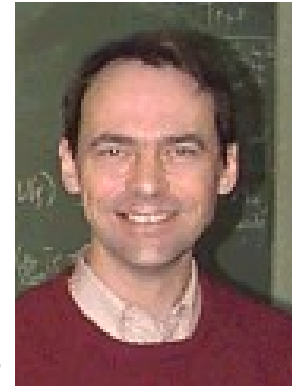
: détecter une **translation des raies d'interférences** qui trahirait l'accélération angulaire recherchée

- translation soudaines : bruit
 - chocs
 - changement de longueur d'onde du laser
- déplacement lent et régulier : effet recherché



UFO et l'équipe

Caisson fermé : mousse de protection, cage de Faraday. **MERCI !!!**



Mr Govaerts,
notre promoteur



L' **UFO** (OVNI en anglais)



Résumé

Vol parabolique :

3 phases (1g -> 2g -> 0g -> 2g -> 1g)

Principe d ' Equivalence

Galilée, Einstein et au-delà :

les corps tombent-ils à la même vitesse ?

Notre expérience

pas de frottements, long temps de chute
besoin de précision

Interféromètre laser à effet

Sagnac



Conclusion

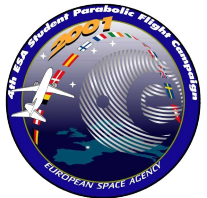
Mesures :

- pas une quantité précise
- **limite supérieure**

permettre une **meilleure précision**

- durée de la chute
- absence significative de frottements.

Enfin, il implique de **belles équations physiques**, non ?



<http://users.skynet.be/Equimass>

