

POURQUOI LA GRAVITÉ S'ACHARNE- T-ELLE SUR SANDRA BULLOCK ?



P&I Faculté
de physique et ingénierie
Université de Strasbourg
Jardin des sciences
Université de Strasbourg

Module « Physique & Cinéma » Leçon 4



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a large white projection screen at the far end. The screen displays the text '1. L'espace : un milieu hostile' in a black, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is dimly lit, typical of a cinema or theater setting.

1. L'espace : un milieu hostile

1. L'espace : un milieu hostile

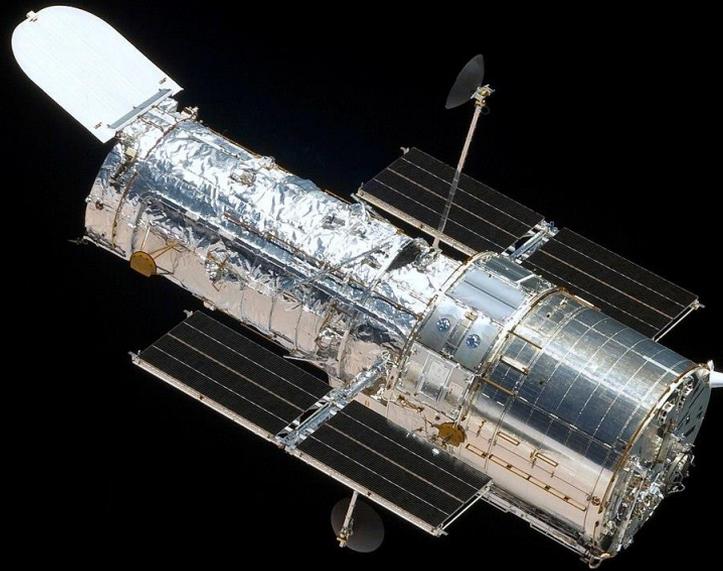


Gravity (2013)
« Maintenance du télescope Hubble »



1. L'espace : un milieu hostile

Référence : extérieur du télescope Hubble
Altitude = 600 km (thermosphère)



1. L'espace : un milieu hostile

C'est quoi Hubble ?



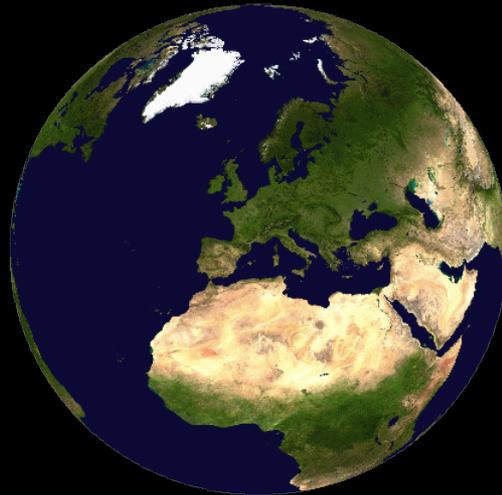
- Télescope de 11 tonnes pour observer l'espace (lumière visible, infra-rouge & ultra-violet)
- En orbite depuis 1990, moulttes maintenances
- Orientable dans l'espace & alimenté par des panneaux solaires rotatifs
- En retraite actuellement (dernière opération de maintenance en 2007) et sera remplacé par le télescope James-Webb en 2021.



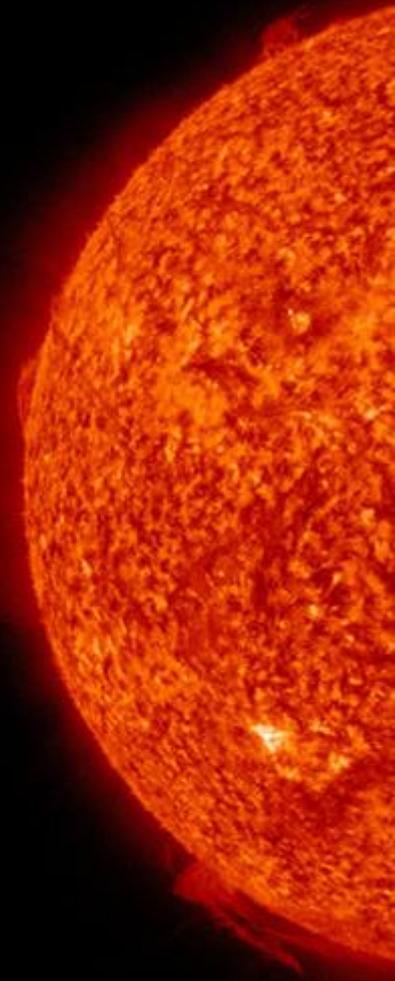
1. L'espace : un milieu hostile

Température

-150°C



+150°C



1. L'espace : un milieu hostile

Le « vide »

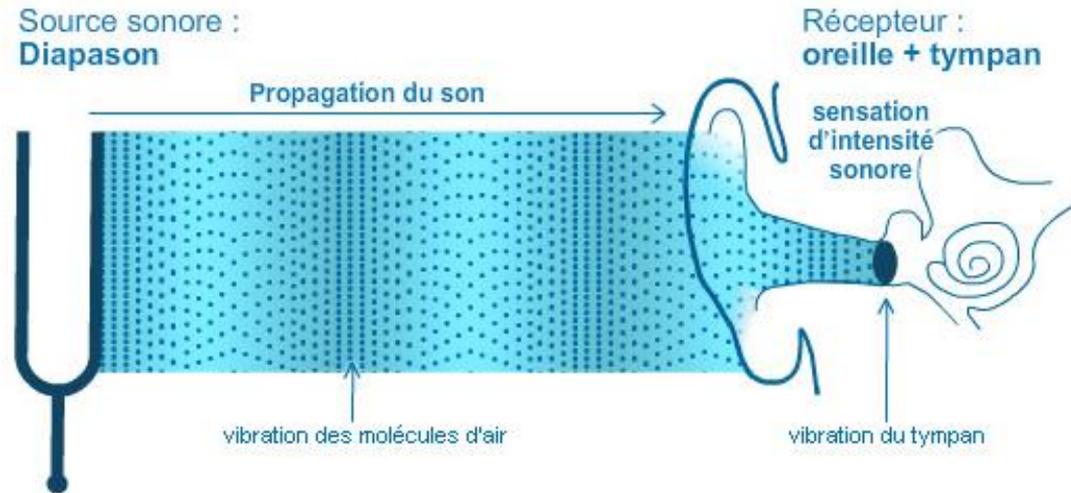
- **Pression $\approx 10^{-11}$ Pa**
(10 millions de milliards de fois plus petite que celle au niveau de la mer)
- **Masse volumique de l'air $\approx 10^{-12}$ kg/m³**
(mille milliards de fois plus petit que celle au niveau de la mer)



1. L'espace : un milieu hostile

Propagation du son

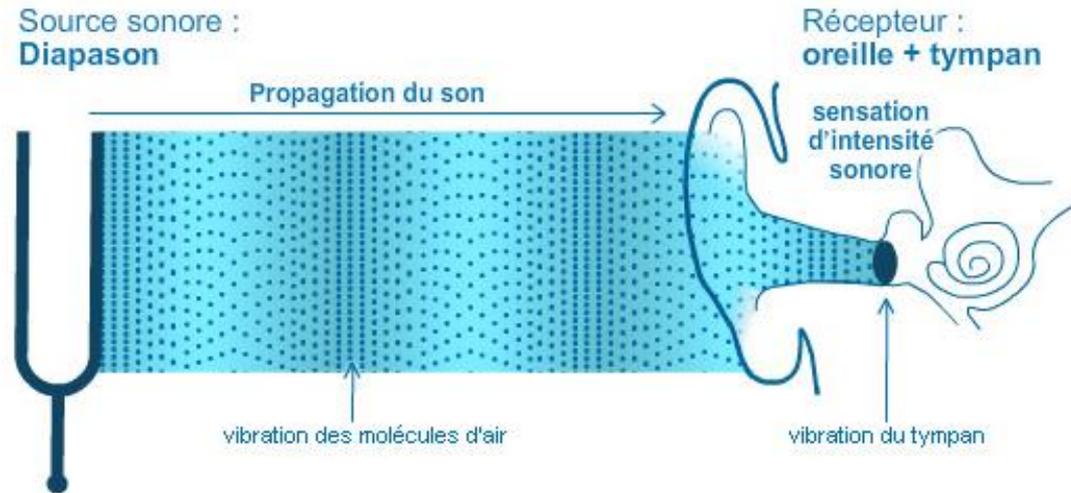
*En présence
d'une vraie
atmosphérique*



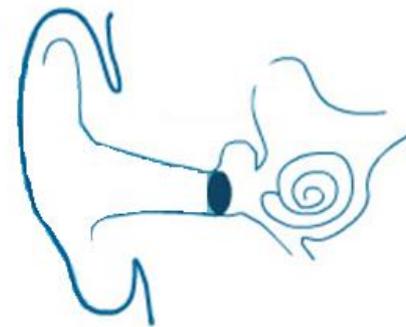
1. L'espace : un milieu hostile

Propagation du son

*En présence
d'une vraie
atmosphérique*



*En absence
d'atmosphère*



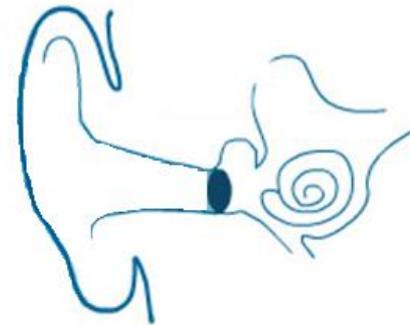
1. L'espace : un milieu hostile

Propagation du son



Petite
expérience

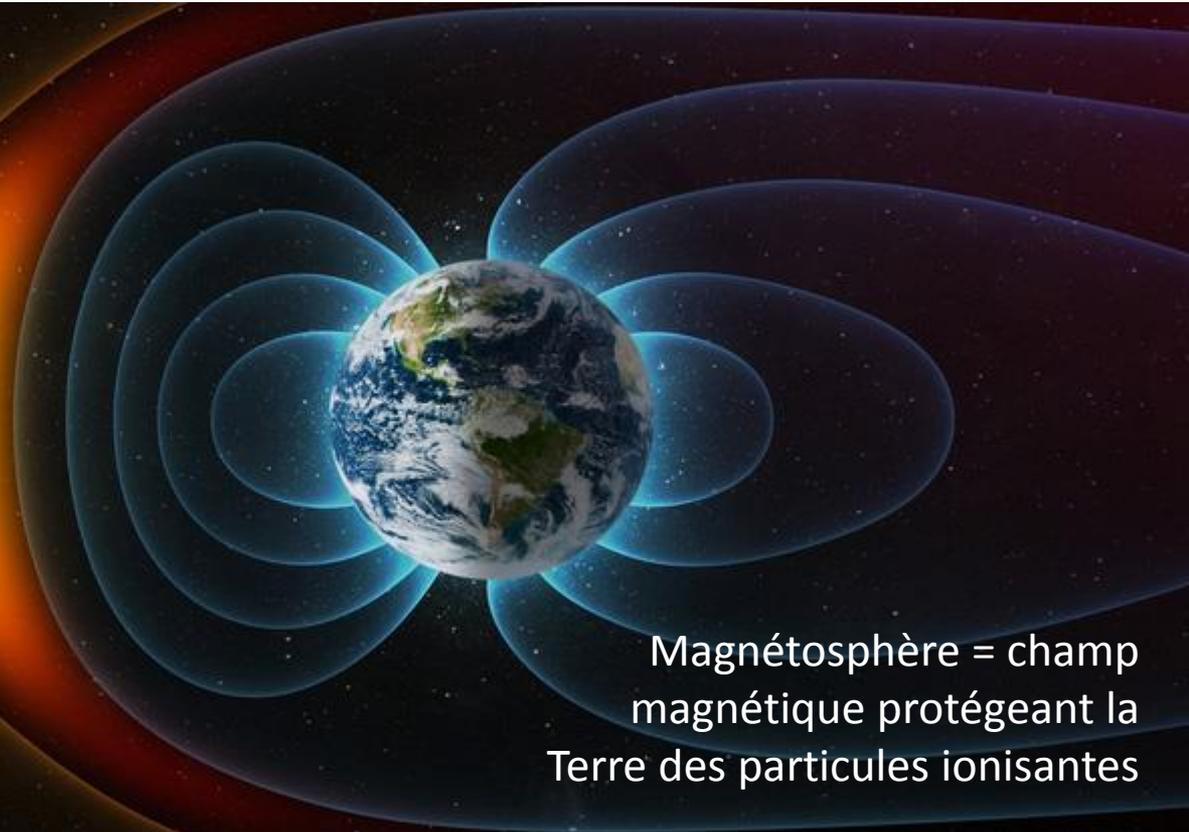
*En absence
d'atmosphère*



1. L'espace : un milieu hostile

Le vent solaire

Vent solaire = flux de particules ionisantes provenant du Soleil



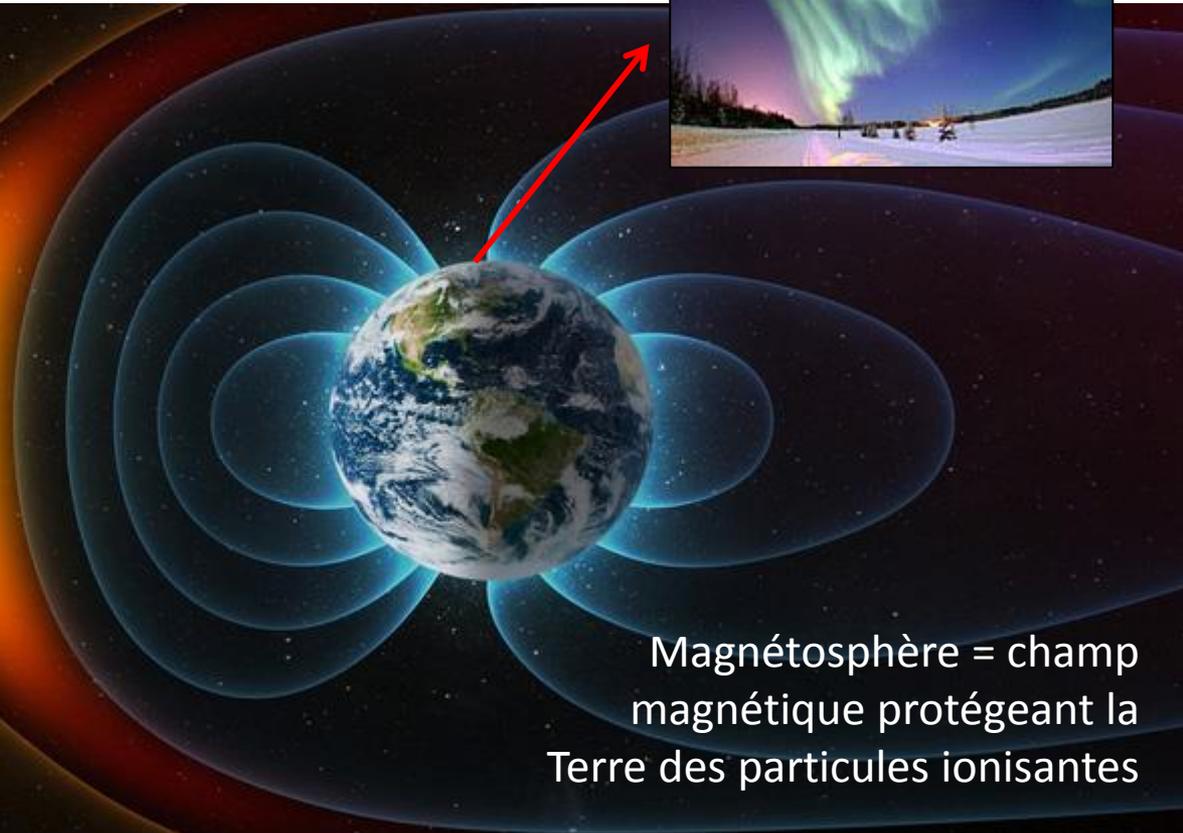
Magnétosphère = champ magnétique protégeant la Terre des particules ionisantes



1. L'espace : un milieu hostile

Le vent solaire

Vent solaire = flux de particules ionisantes provenant du Soleil



Magnétosphère = champ magnétique protégeant la Terre des particules ionisantes

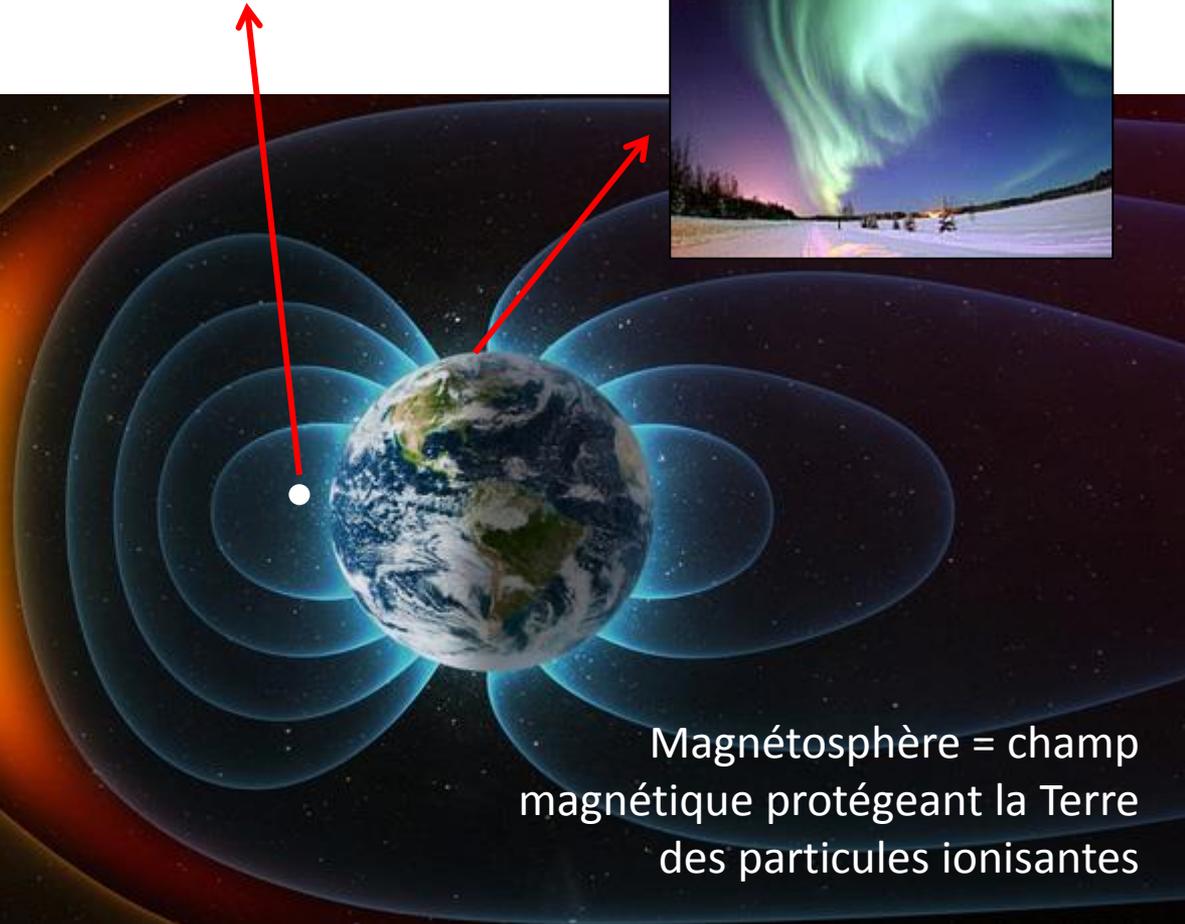


1. L'espace : un milieu hostile

Le vent solaire

Vent solaire = flux de particules ionisantes provenant du Soleil

Télescope Hubble



Magnétosphère = champ magnétique protégeant la Terre des particules ionisantes



1. L'espace : un milieu hostile

Comment se protéger lors de sortie extra-véhiculaire ?



La combinaison spatiale



1. L'espace : un milieu hostile



Gravity (2013)
« Défeuillage »



1. L'espace : un milieu hostile

Combinaison spatiale américaine pour sortie extra-véhiculaire

Maximum Absorbency
Garment (MAG)



Couche très absorbante

Liquid Cooling and Ventilation
Garment (LCVG)



Evacuation de la chaleur corporelle
+ respiration de la peau

Extravehicular Mobility Unit
(EMU)



Air pressurisé (0,3 bars)
100% oxygène



1. L'espace : un milieu hostile



Palier de décompression obligatoire
avant de sortir ou de rentrer

Extravehicular Mobility Unit
(EMU)

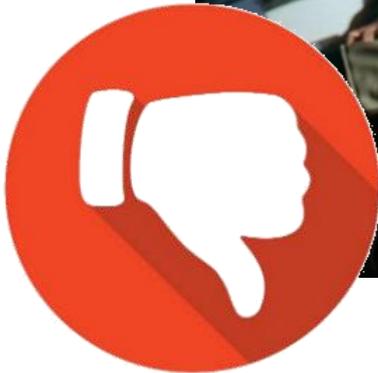


Air pressurisé (0,3 bars)
100% oxygène



1. L'espace : un milieu hostile

Combinaison non adaptée à la sortie extra-véhiculaire dans le reste du film



1. L'espace : un milieu hostile



Tout nu dans l'espace, de quoi mourrait-on ?



Superman 4 (1987)

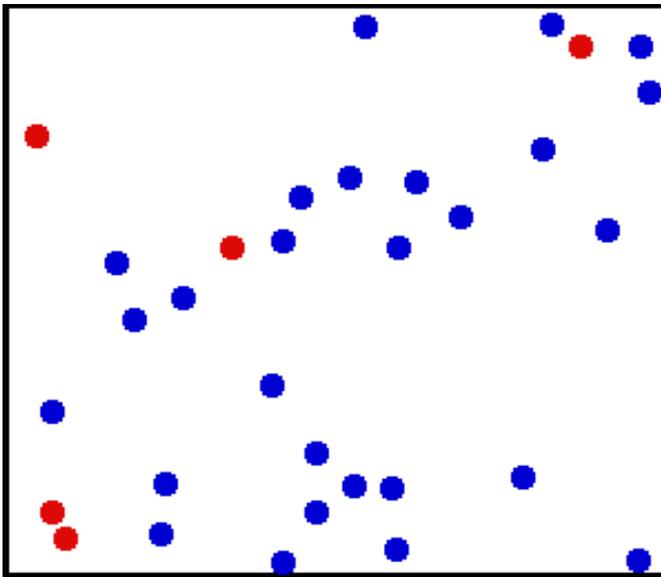
1. Mourir de froid ou de chaud
2. Mourir explosé
3. Mourir d'un manque d'oxygène
4. Mourir d'ennui



1. L'espace : un milieu hostile

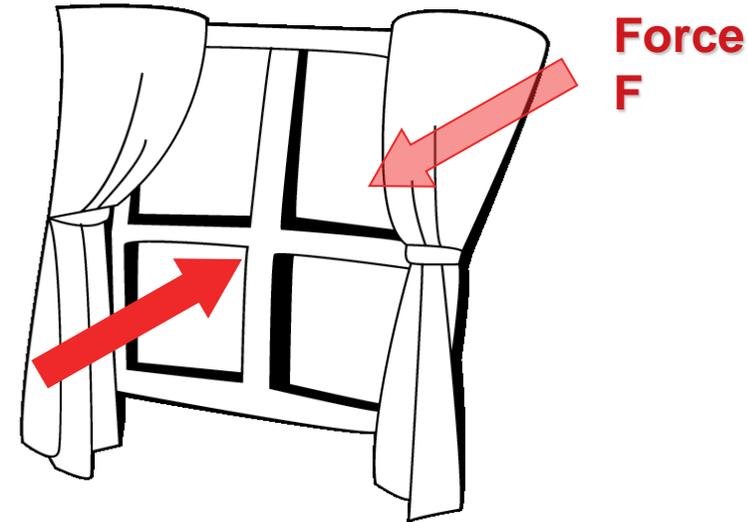
Pression

- Due aux mouvements des molécules atmosphériques



$$\text{Pression} = \frac{\text{Force}}{\text{Surface}}$$

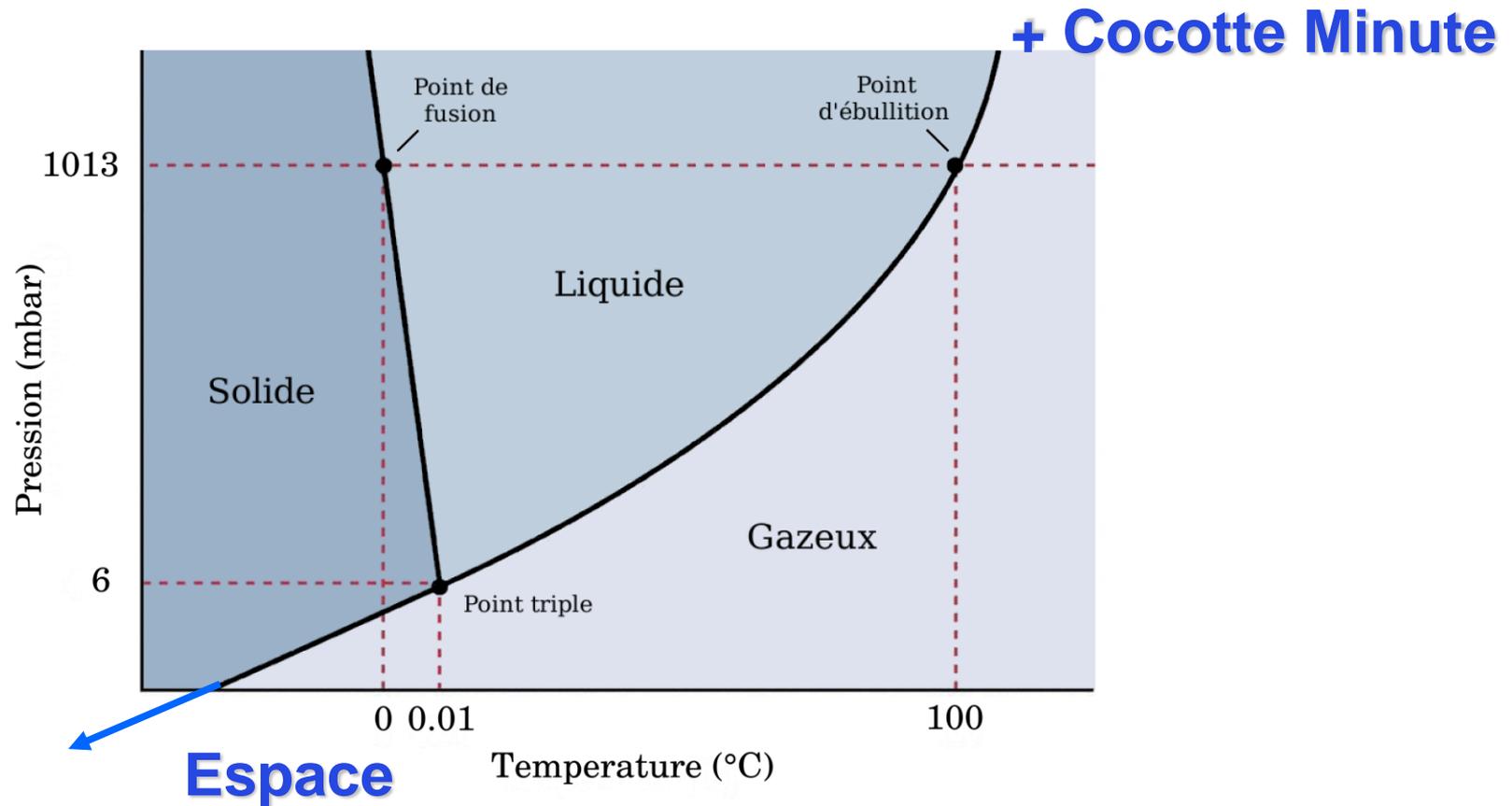
**Force $F = 10^5 \text{ Pa} \times 1 \text{ m}^2 = 10^5 \text{ N}$
correspond à 10 Tonnes !**



1. L'espace : un milieu hostile

Pression

- l'eau (sur la peau, muqueuses) s'évapore/gèle...



1. L'espace : un milieu hostile

Pression

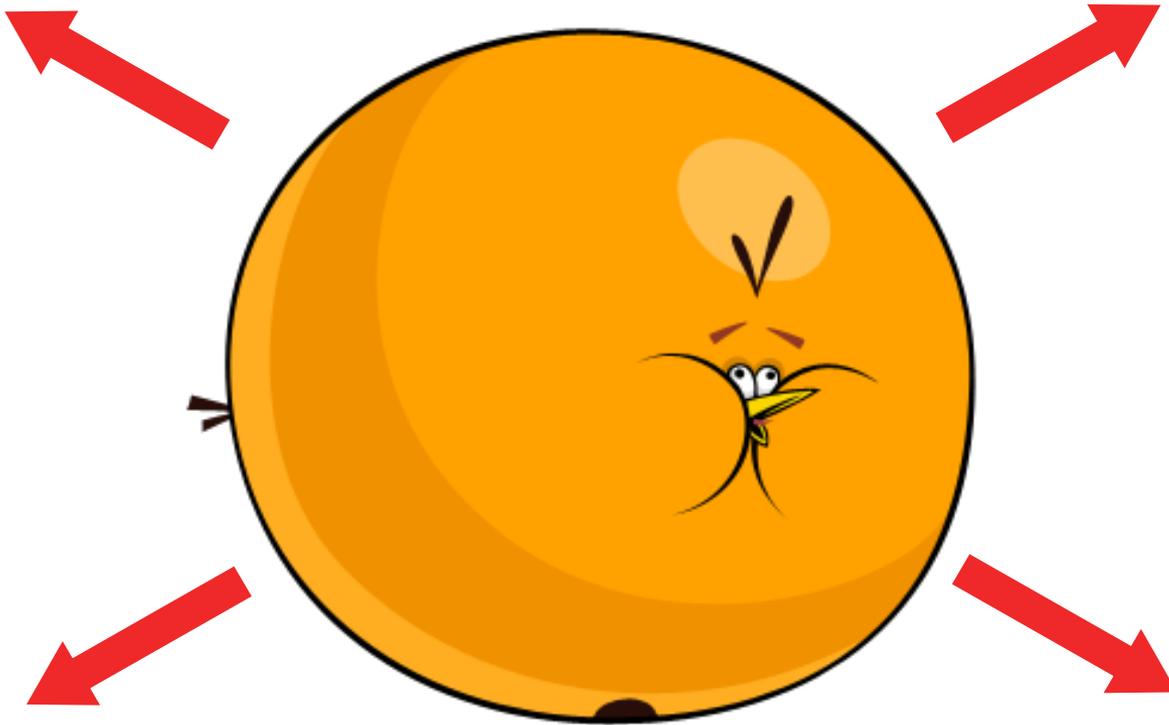
- Peau (très) élastique + bulles de gaz dans le corps
→ pas d'explosion mais **doublement du volume !**



1. L'espace : un milieu hostile

Pression

- Peau (très) élastique + bulles de gaz dans le corps
→ pas d'explosion mais **doublément du volume !**

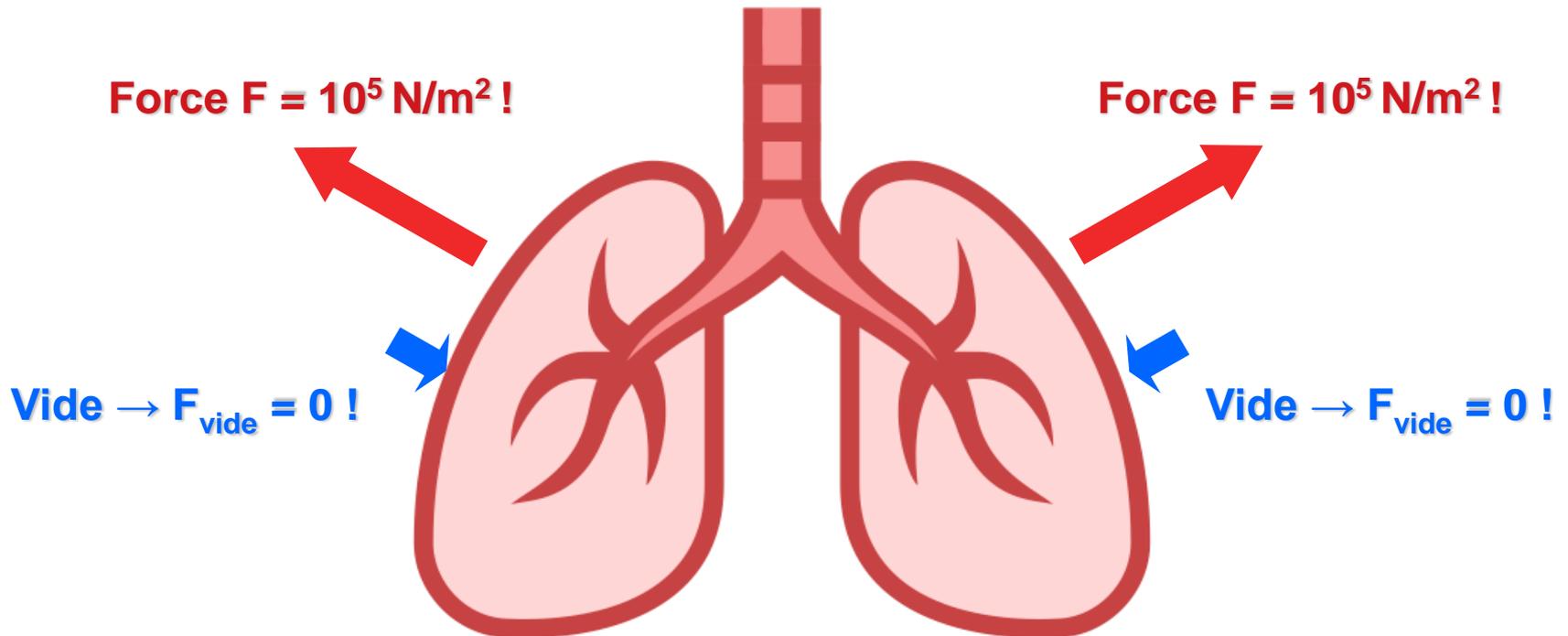


1. L'espace : un milieu hostile

Pression

- Dans le vide, $P \sim 0 \rightarrow$ mais $P \sim P_{\text{atmosphérique}}$ dans les poumons !

\rightarrow Ne pas retenir sa respiration !



\rightarrow les poumons risquent d'exploser...



1. L'espace : un milieu hostile

1

Condition de survie numéro 1

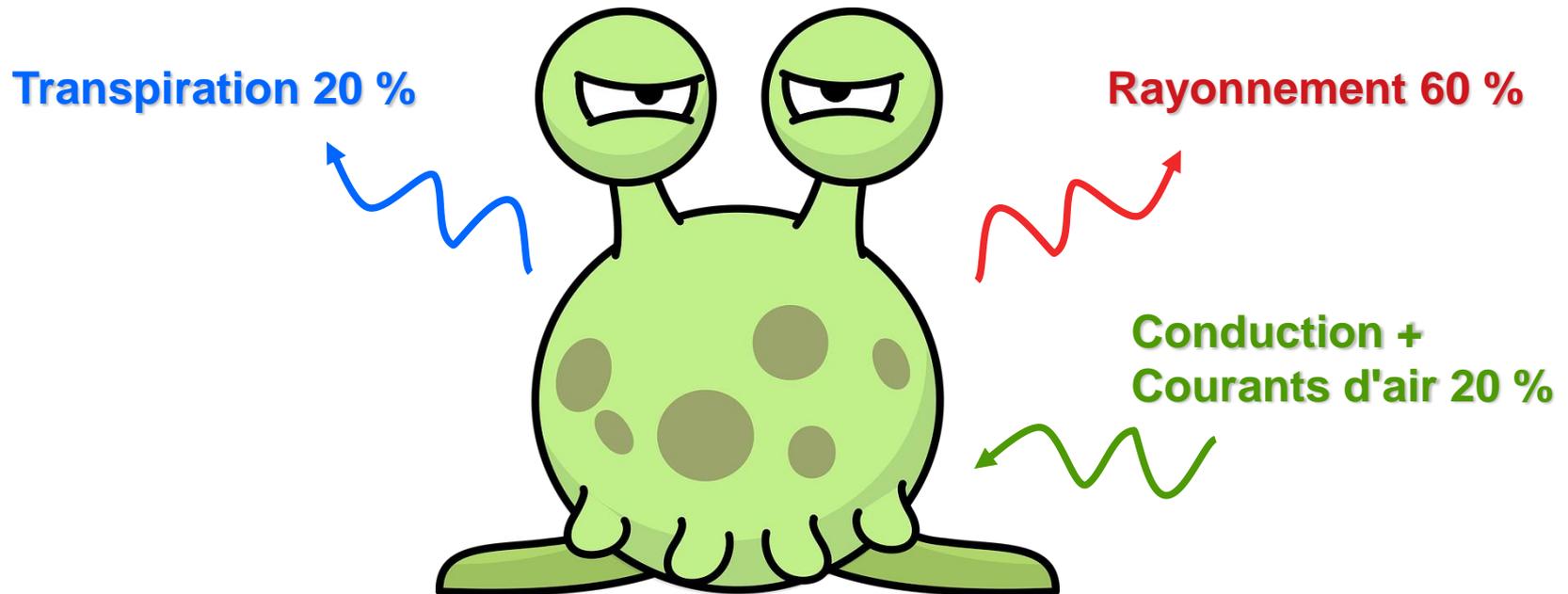
- Ne pas retenir sa respiration



1. L'espace : un milieu hostile

Température

- Entre -150°C et $+150^{\circ}\text{C}$ (position du Soleil)



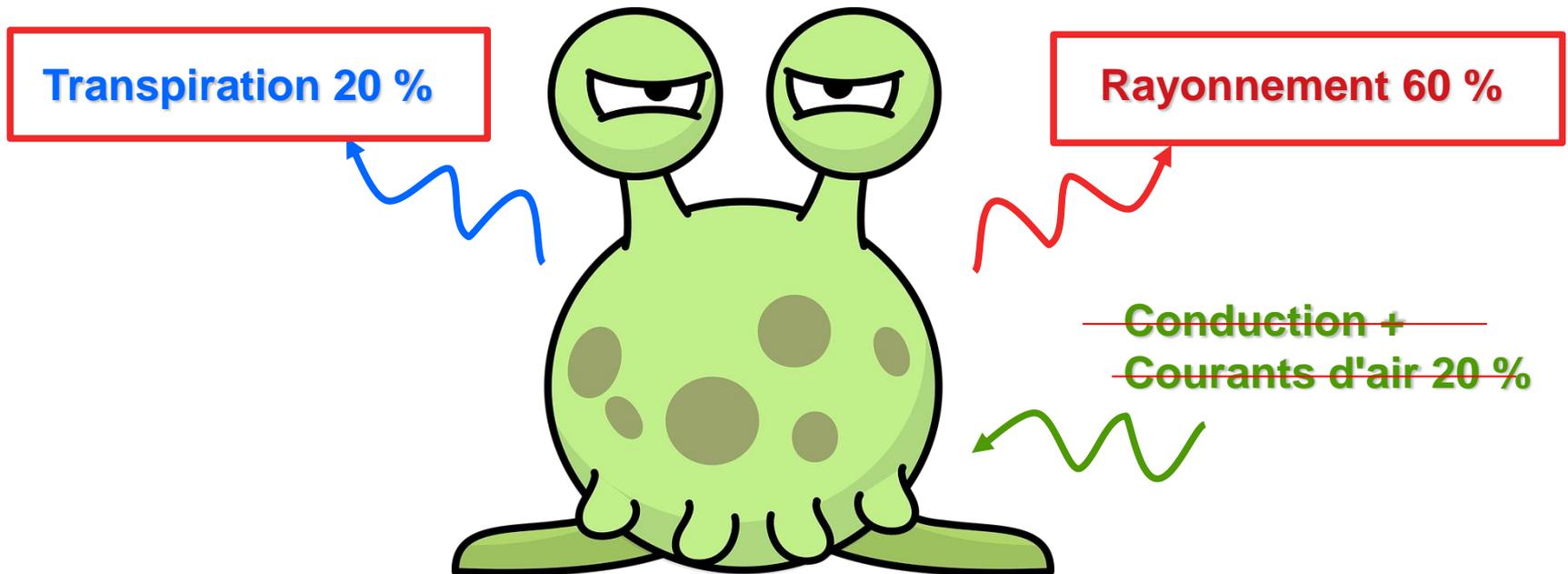
- Vide \rightarrow pas de conduction/courants d'air \rightarrow **refroidissement (très) lent**



1. L'espace : un milieu hostile

Température

- Entre -150°C et $+150^{\circ}\text{C}$ (position du Soleil)



- Vide \rightarrow pas de conduction/courants d'air \rightarrow **refroidissement (très) lent**



1. L'espace : un milieu hostile

Température

- Entre -150° et $+150^{\circ}$ (selon position du Soleil)



- Vide \rightarrow pas de conduction/courants d'air \rightarrow **refroidissement (très) lent**



1. L'espace : un milieu hostile

2

Condition de survie numéro 2

- Etre bien couvert...



1. L'espace : un milieu hostile

Température

- Entre -150° et $+150^{\circ}$ (position du Soleil)



1. L'espace : un milieu hostile

Température

- Entre -150° et $+150^{\circ}$ (position du Soleil)



- Flux lumineux x 1,5 + pas de protection de l'atmosphère terrestre (UV)
→ Coups de Soleil !!



1. L'espace : un milieu hostile

3

Condition de survie numéro 3

- Des lunettes de soleil + crème solaire !



1. L'espace : un milieu hostile

Air/Oxygène

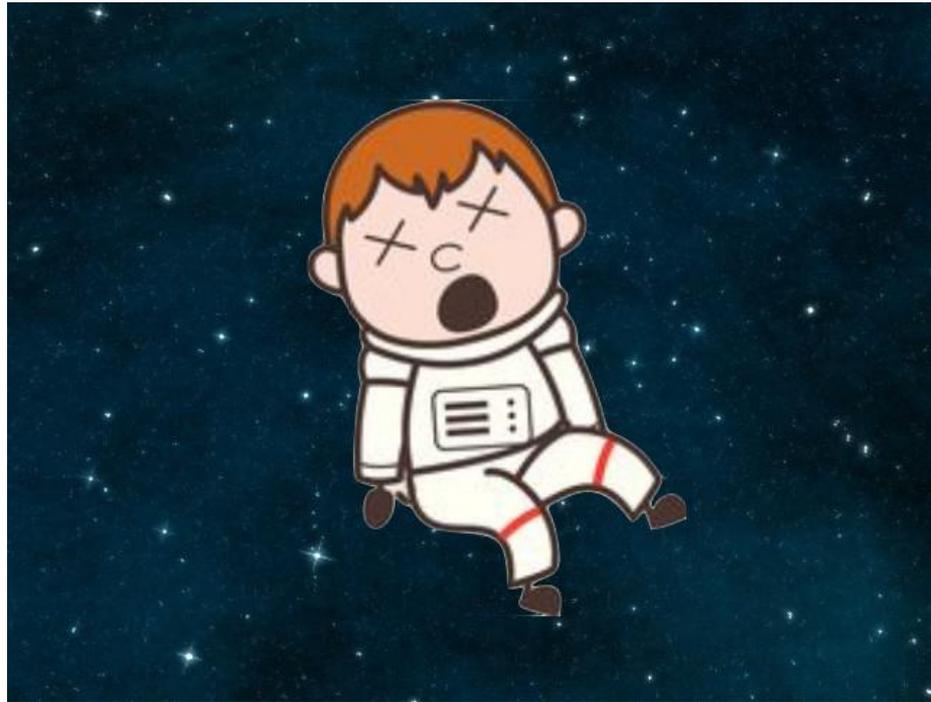
- Volume oxygène dans le sang ~ 15 secondes → évanouissement
- Mort après 1-2 minutes...



1. L'espace : un milieu hostile

Air/Oxygène

- Volume oxygène dans le sang ~ 15 secondes → évanouissement
- Mort après 1-2 minutes...

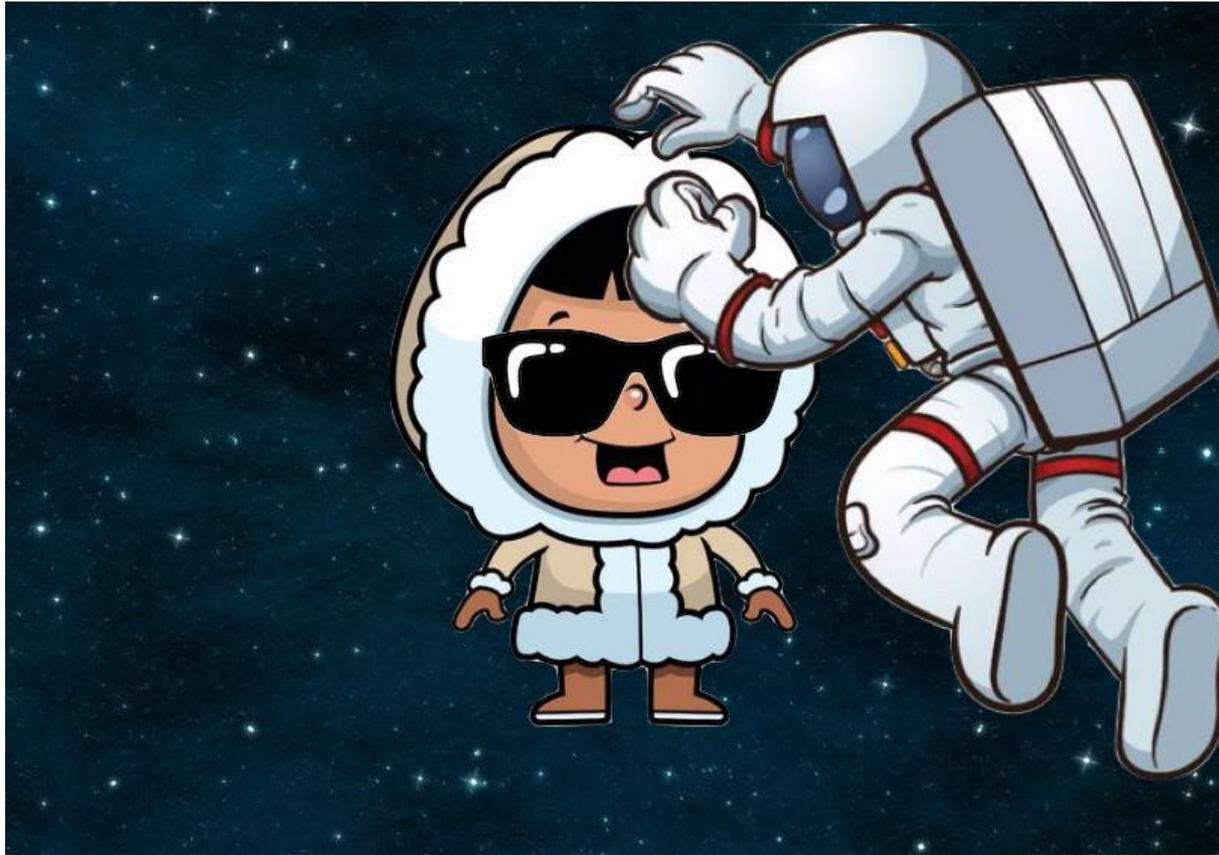


1. L'espace : un milieu hostile

4

Condition de survie numéro 4

- Avoir des copains pas trop loin !



1. L'espace : un milieu hostile

1

Condition de survie numéro 1

- Ne pas retenir sa respiration

2

Condition de survie numéro 2

- Etre bien couvert...

3

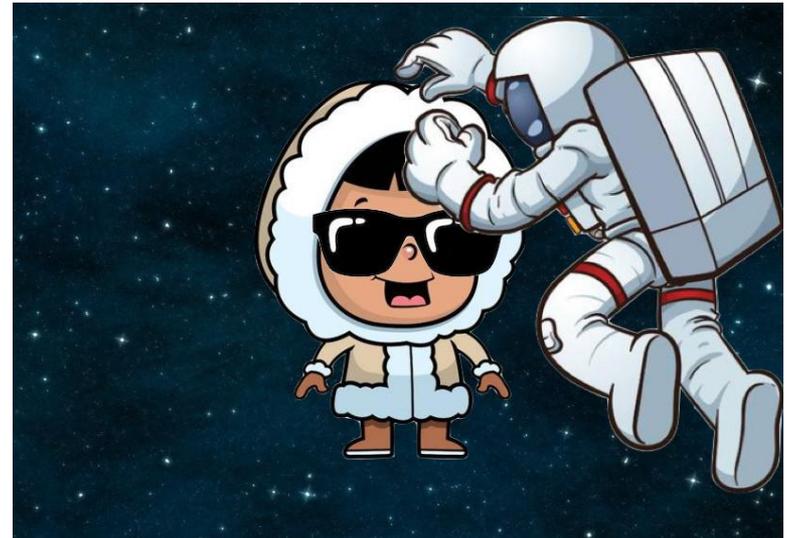
Condition de survie numéro 3

- Des lunettes de soleil + crème solaire !

4

Condition de survie numéro 4

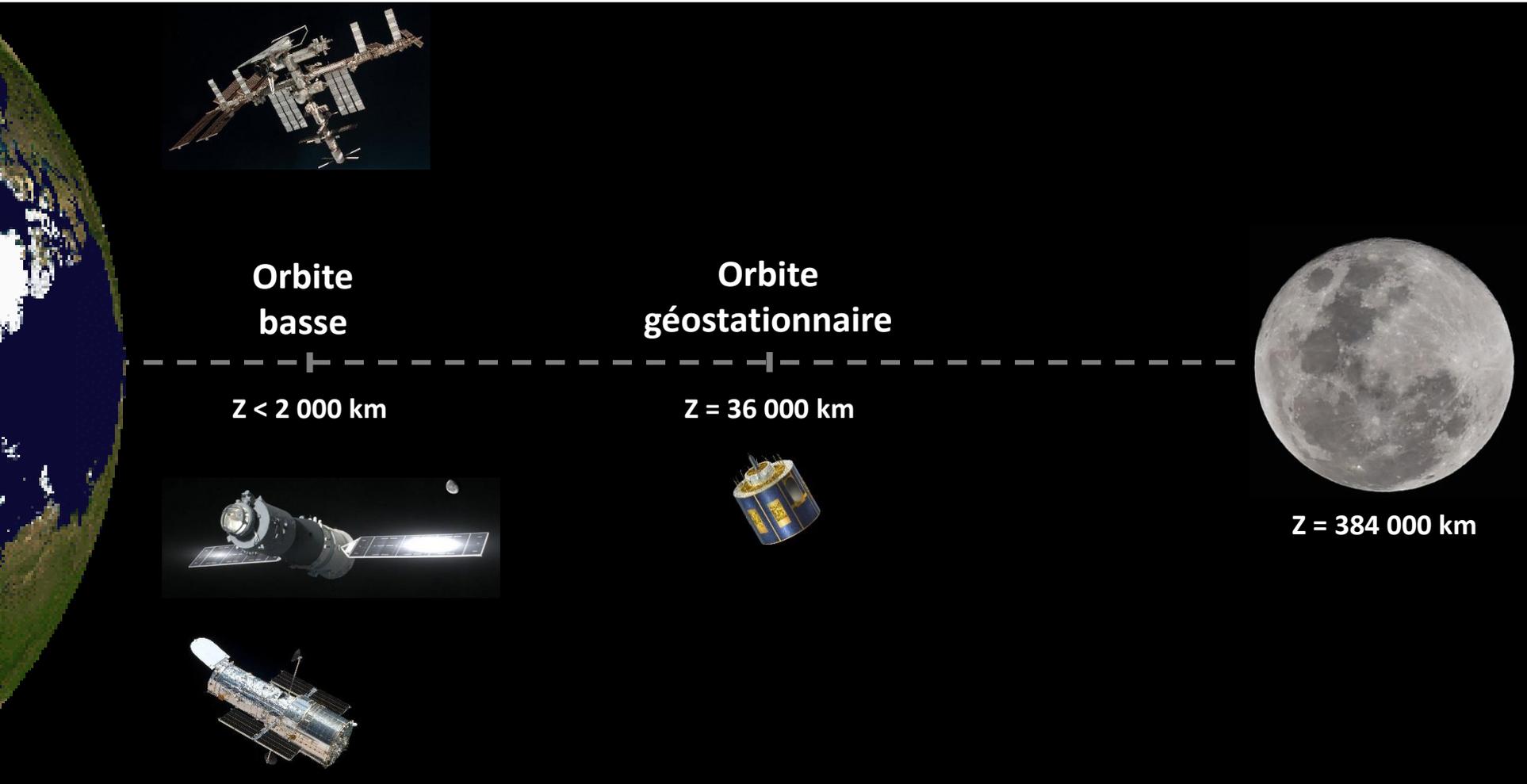
- Avoir des copains pas trop loin !



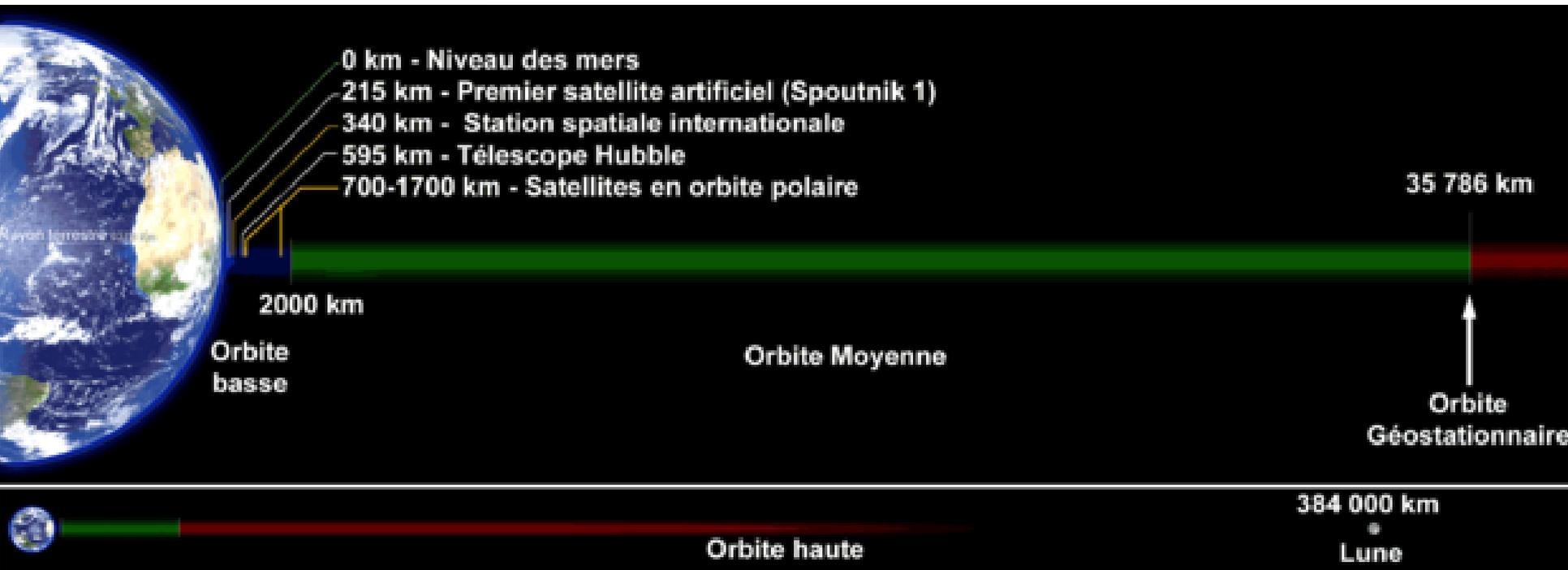
A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a large white projection screen at the front. The screen displays the text '2. Orbite des satellites' in a black, sans-serif font. The theater walls are dark, and the lighting is focused on the screen.

2. Orbite des satellites

2. Orbite des satellites



2. Orbite des satellites



2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite



$$\text{Poids} = m_{\text{Satellite}} \times g$$

Le satellite est en chute libre

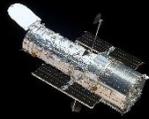
avec g intensité du champ de pesanteur terrestre = ???? m/s^2



2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite

Le satellite est en chute libre



$$\text{Poids} = m_{\text{Satellite}} \times G \times \frac{m_{\text{Terre}}}{(R_{\text{Terre}} + z)^2}$$

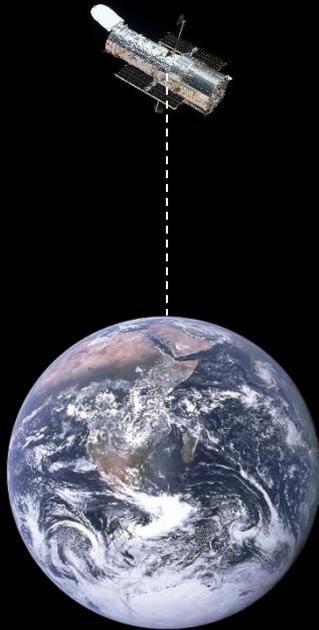


avec G constante universelle de gravitation
 $= 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$



2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite

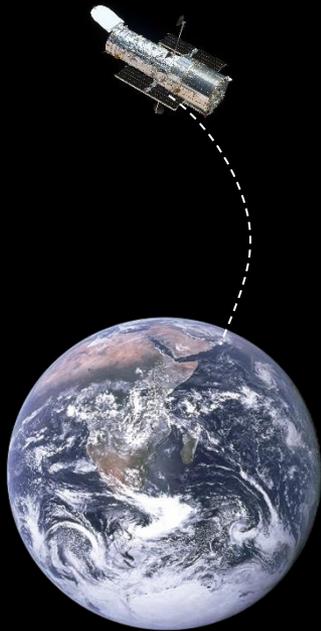


Cas 1 : le satellite est placé dans l'espace sans vitesse initiale

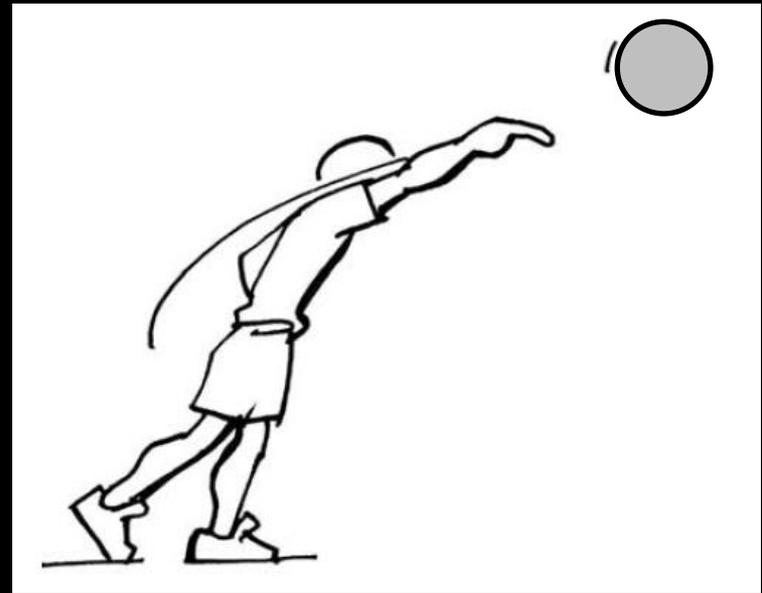


2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite

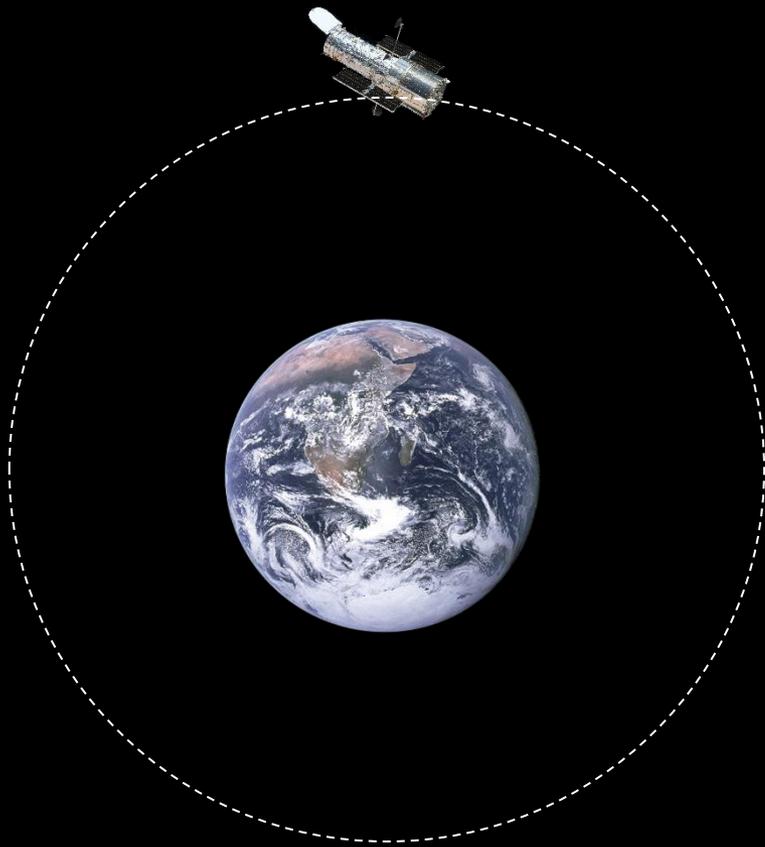


Cas 2 : le satellite est lancé avec une vitesse faible



2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite



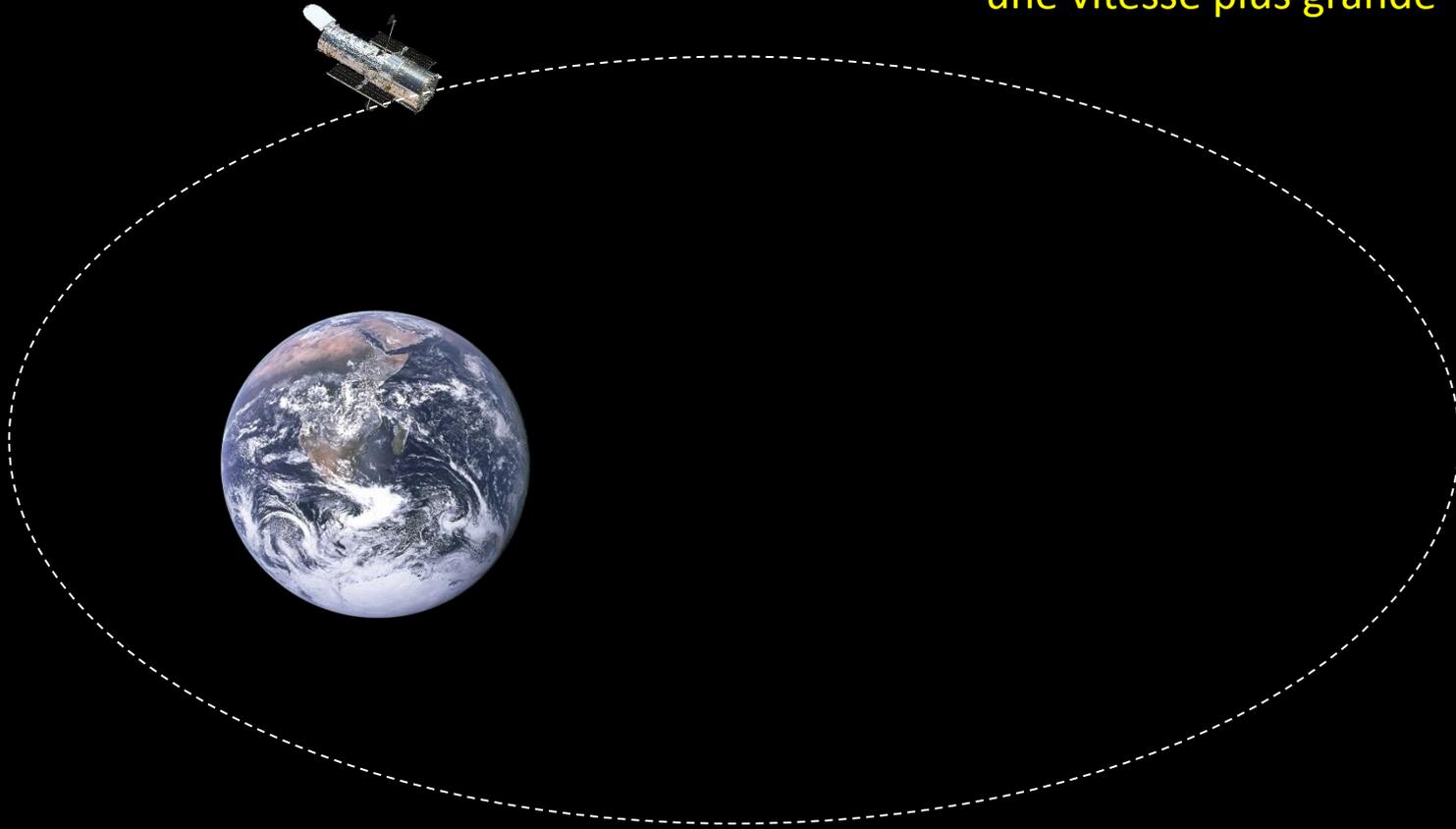
Cas 3 : le satellite est lancé avec une vitesse suffisante pour faire le tour de la Terre



2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite

Cas 4 : le satellite est lancé avec une vitesse plus grande

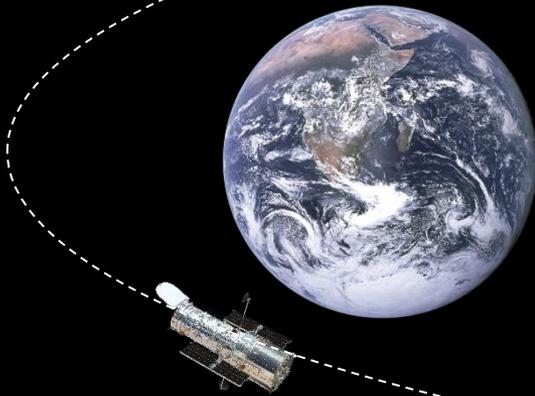


2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite

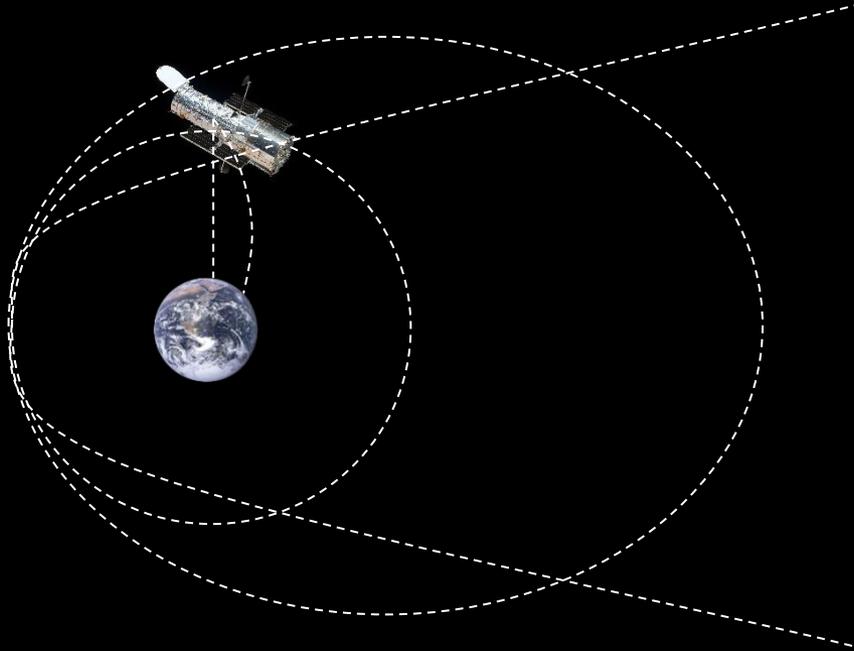
Cas 5 : le satellite est lancé avec une vitesse trop grande

(supérieure à la vitesse de libération)



2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite



Résumé

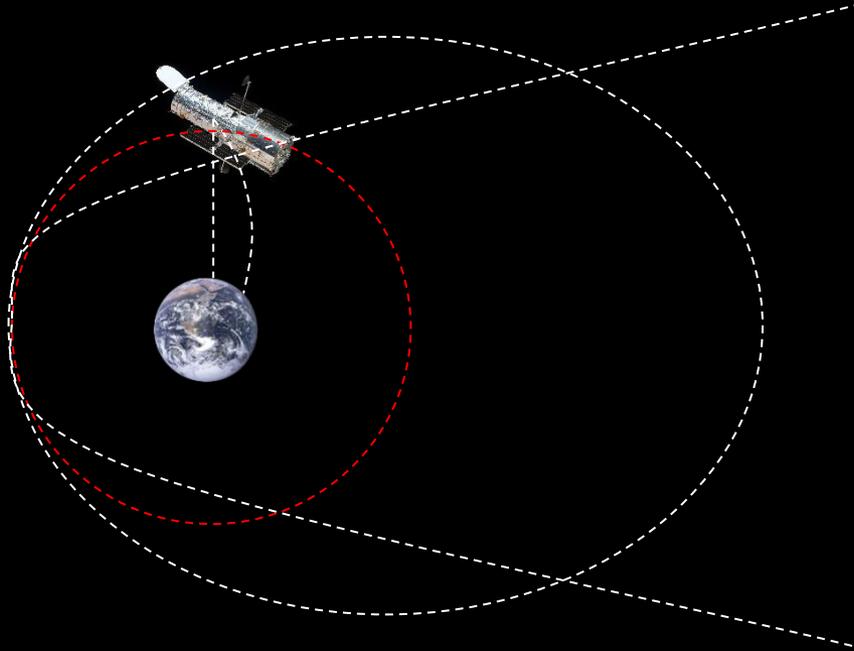
Plusieurs trajectoires possibles :

1. La ligne droite
2. La parabole
3. Le cercle
4. L'ellipse
5. L'hyperbole



2. Orbite des satellites

Orbite d'un satellite



Résumé

Plusieurs trajectoires possibles :

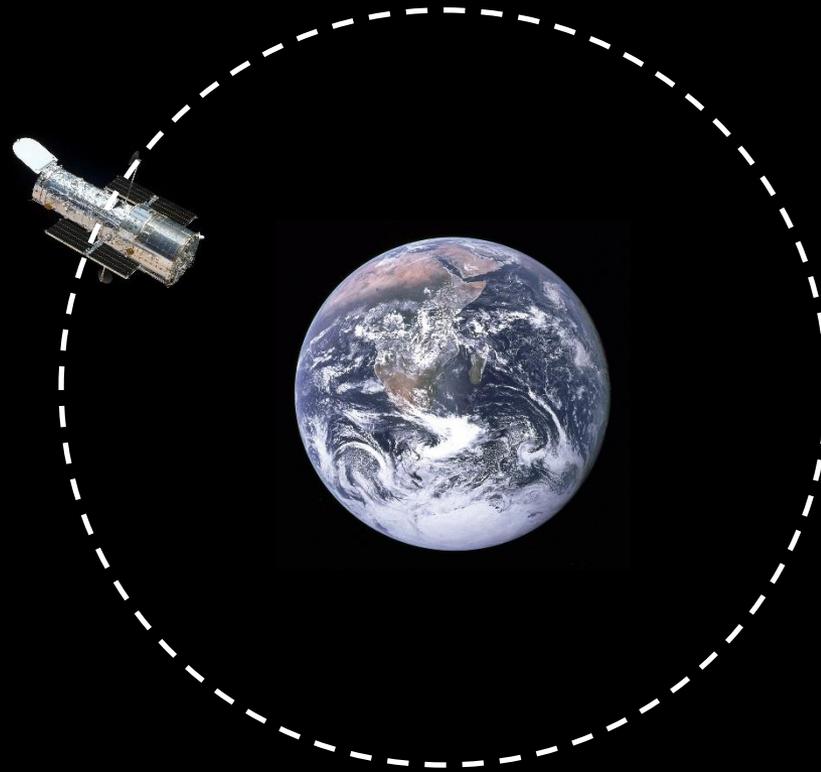
1. La ligne droite
2. La parabole
3. Le cercle
4. L'ellipse
5. L'hyperbole



2. Orbite des satellites

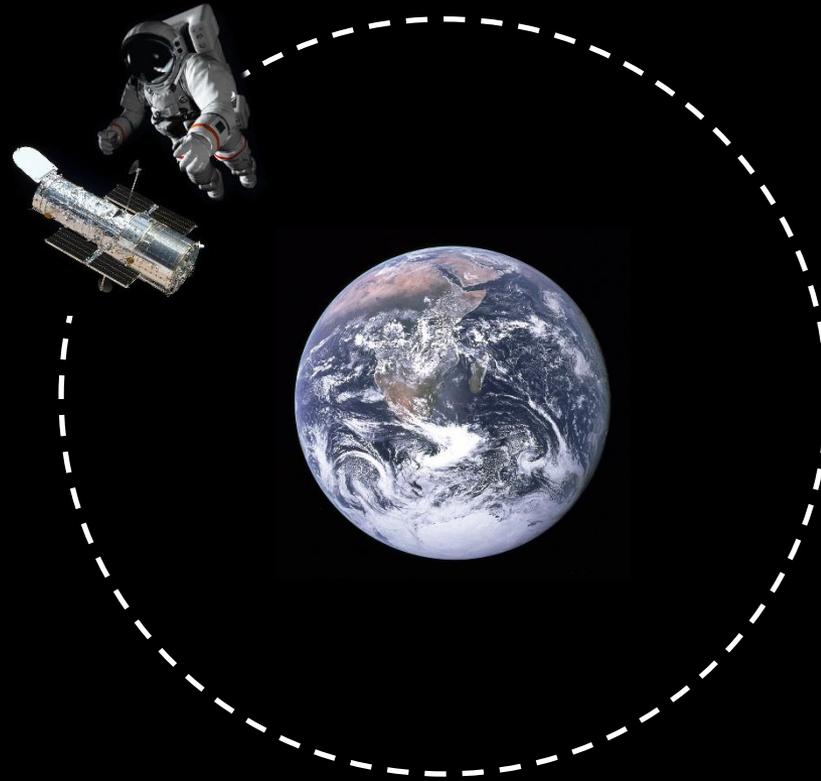
Orbite de Hubble

Altitude = 600 km



2. Orbite des satellites

Orbite de Hubble



Altitude = 600 km



2. Orbite des satellites

Orbite en 3D de Hubble



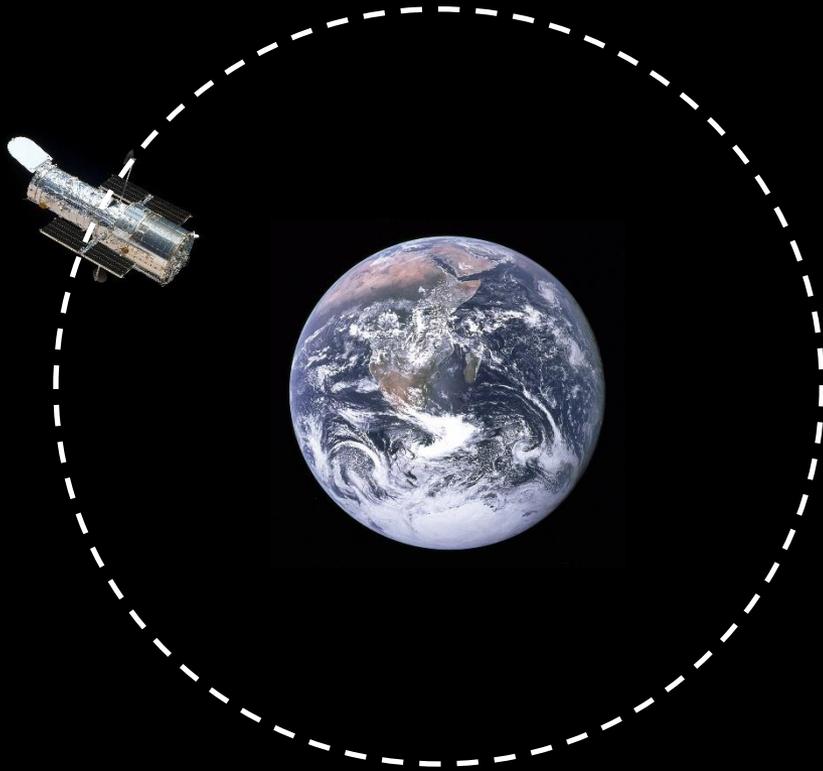
Les lois de Newton ne contraignent pas :

- Le sens de rotation
- Le plan passant par le centre de la Terre dans lequel tourne le satellite



2. Orbite des satellites

Orbite de Hubble



La vitesse $v = \sqrt{\frac{G \times M_{Terre}}{R_{Terre} + z}}$

La période $T = \frac{2\pi(R_{Terre} + z)}{v}$

- Chute libre : la masse du satellite n'intervient pas.
- Les 2 grandeurs ne dépendent que de l'altitude z .



2. Orbite des satellites



avec

- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
- $R_{\text{Terre}} = 6\,371\,000 \text{ m}$
- $M_{\text{Terre}} = 5,9736 \times 10^{24} \text{ kg}$
- $Z = 600\,000 \text{ m}$

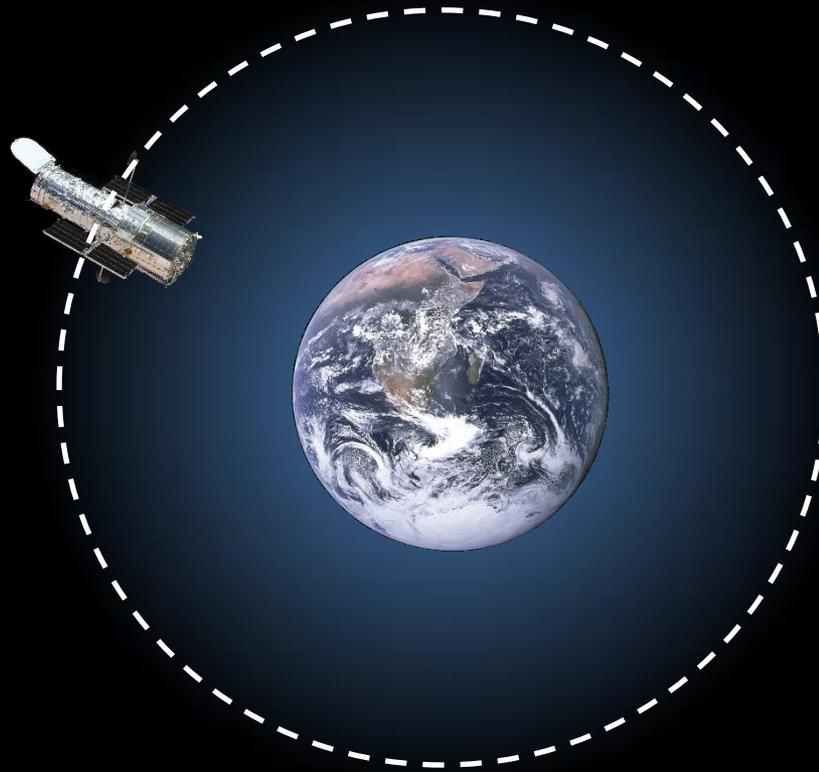
$$v = \sqrt{\frac{G \times M_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}} + z}} = 7\,560 \text{ m/s} = \mathbf{27\,217 \text{ km/h}}$$

$$T = \frac{2\pi(R_{\text{Terre}} + z)}{v} = 5\,794 \text{ s} = \mathbf{97 \text{ min}}$$



2. Orbite des satellites

Véritable orbite de Hubble



La présence de l'air n'est pas négligeable.

Force de frottement.

L'altitude décroît avec le temps (quelques km par an actuellement)

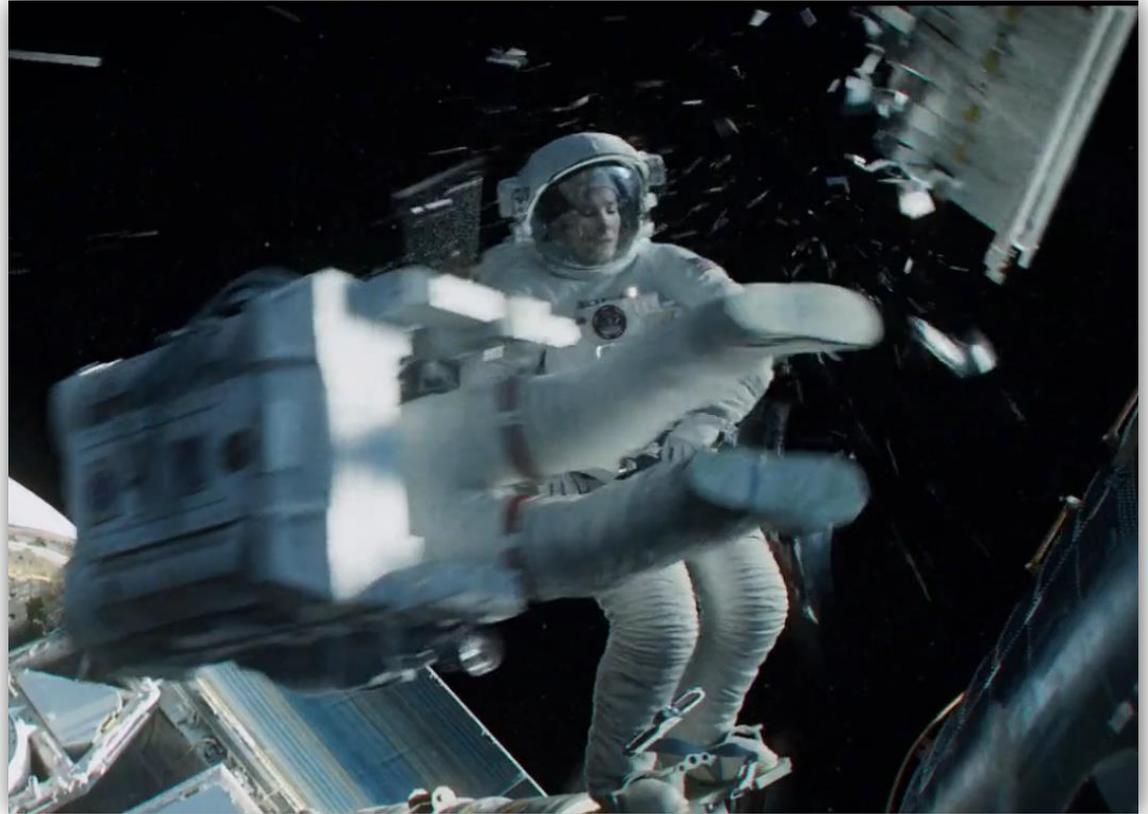
Rentrée dans l'atmosphère ~ 2030



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a large white projection screen at the far end. The screen displays the text '3. Débris spatiaux et collision' in a black, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall lighting is dim, focusing attention on the screen.

3. Débris spatiaux et collision

3. Débris spatiaux et collision



Gravity (2013)
« Première collision avec les débris »



3. Débris spatiaux et collision



Selon vous, quel est le nombre de débris dont la taille est supérieure à une balle de golf qui circulent dans l'orbite basse de la Terre ?



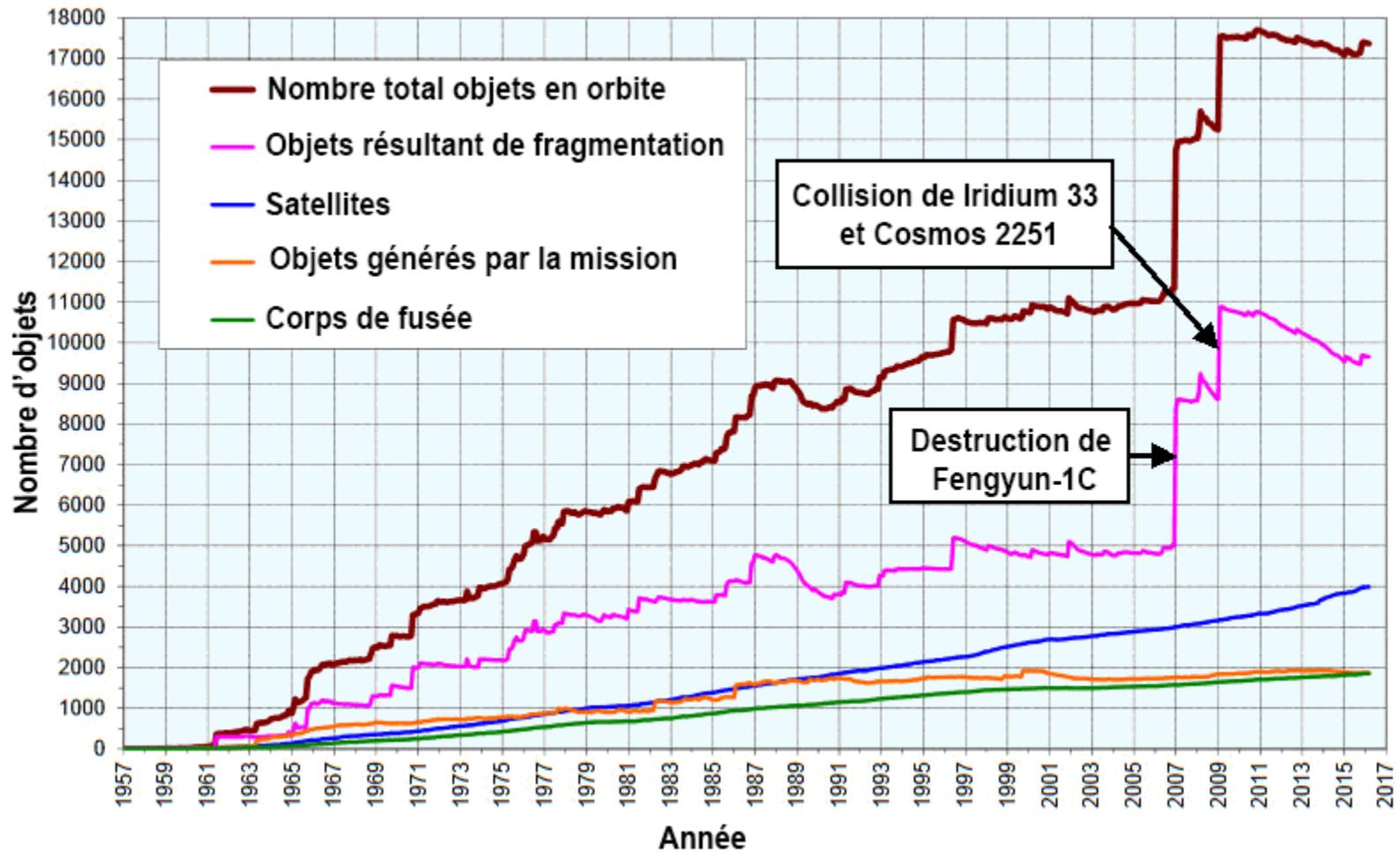
1. 100
2. 1 000
3. 10 000
4. 100 000



3. Débris spatiaux et collision



3. Débris spatiaux et collision



3. Débris spatiaux et collision

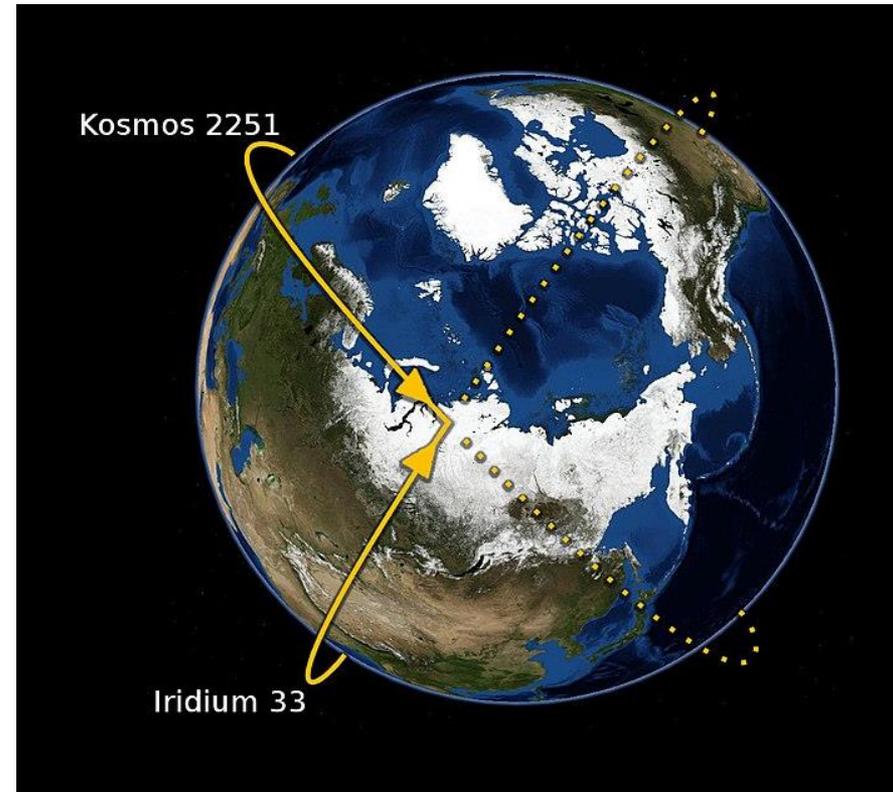
Explosion de 2009



Kosmos-2251 (900 kg)
satellite de
télécommunications
militaires russe



Iridium 33 (560 kg)
pour téléphonie
par Satellite



Collision accidentelle
le 10 février 2009



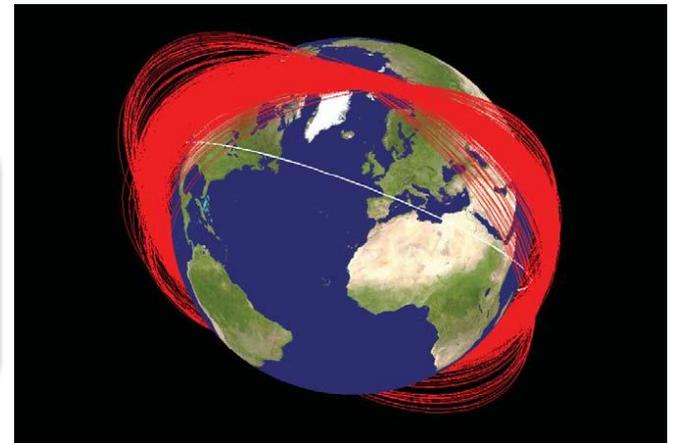
3. Débris spatiaux et collision

Explosion de 2007



- Fengyun-1C = satellite météorologique chinois mis en orbite en 1999.
- 11 janvier 2007 : essai chinois d'un missile anti-satellite sur le satellite Fengyun-1C.
- 150 000 débris produits dont seulement 2 000 peuvent être traçables.

Événement qui a servi de base pour le scénario de « Gravity ».



3. Débris spatiaux et collision

Danger selon la taille des débris

- < 0,1 mm : éraflure de la surface du satellite
- < 1 cm : perforation des surfaces
- < 10 cm : dégâts majeurs



Perforation de 6,4 mm dans le radiateur de la navette spatiale Endeavour

Débris dont la taille est supérieure à une balle de golf peuvent être suivis depuis la Terre.



Syndrome de Kessler (1978)

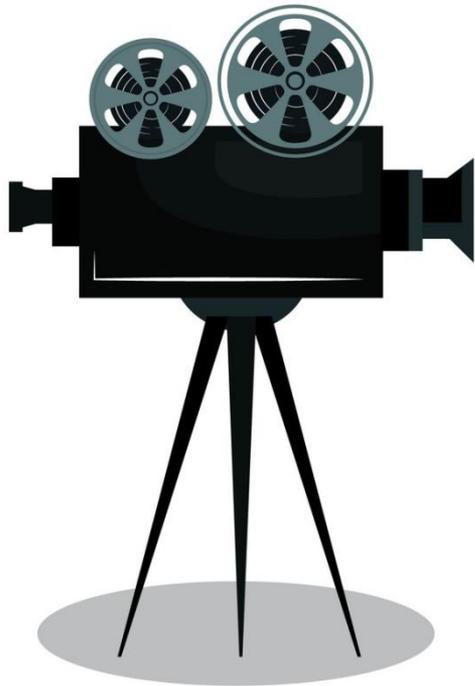
Si le nombre de débris dépasse un certain seuil, les débris en se heurtant entre eux créent une réaction en chaîne.

→ l'orbite basse serait impraticable

A la base du scénario de « Gravity ».



3. Débris spatiaux et collision



Gravity (2013)
« Les 90 min de Georges »



3. Débris spatiaux et collision



George : Mettez votre chrono à 90 minutes.

Sandra : Pourquoi 90 ?

Georges : Houston a mesuré la vitesse des débris à 80 000 km/h [50 000 miles/h]. Sur la base de notre orbite actuelle, je nous donne 1h30 avant que l'on se reprenne une branlée.



3. Débris spatiaux et collision

Orbite d'un débris à une vitesse de 80 000 km/h

Supérieure à la vitesse de libération

$$V_{\text{libération}} = \sqrt{\frac{2 \times G \times M_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}}}} = 11\,200 \text{ m/s} = 40\,320 \text{ km/h}$$

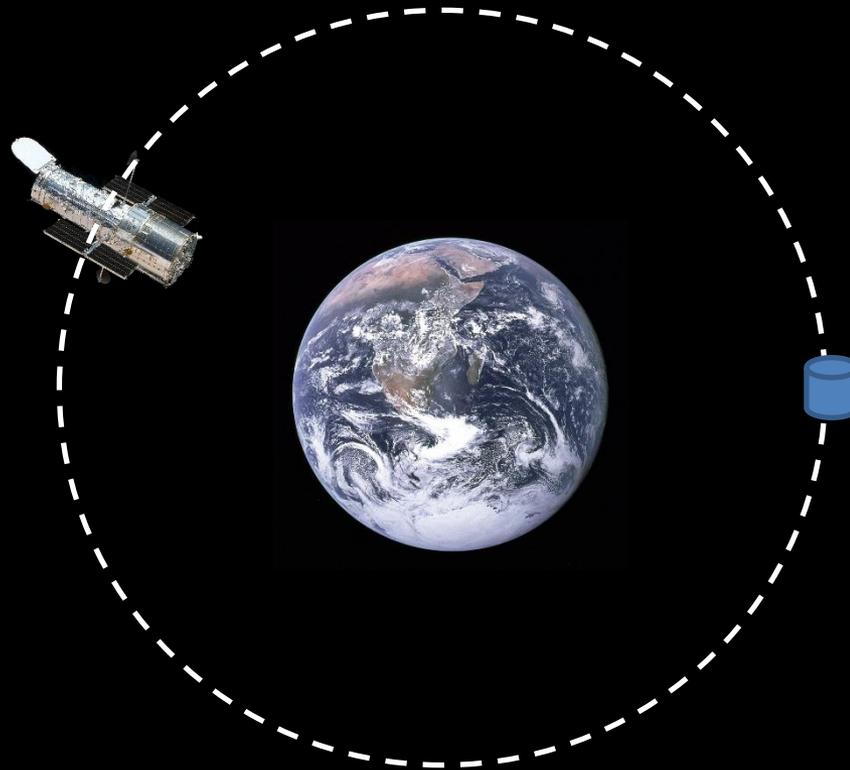


3. Débris spatiaux et collision

Débris qui ont une période de 90 min

Hypothèse 1 : même plan de rotation que Hubble + même sens de rotation que Hubble

Pas de collision

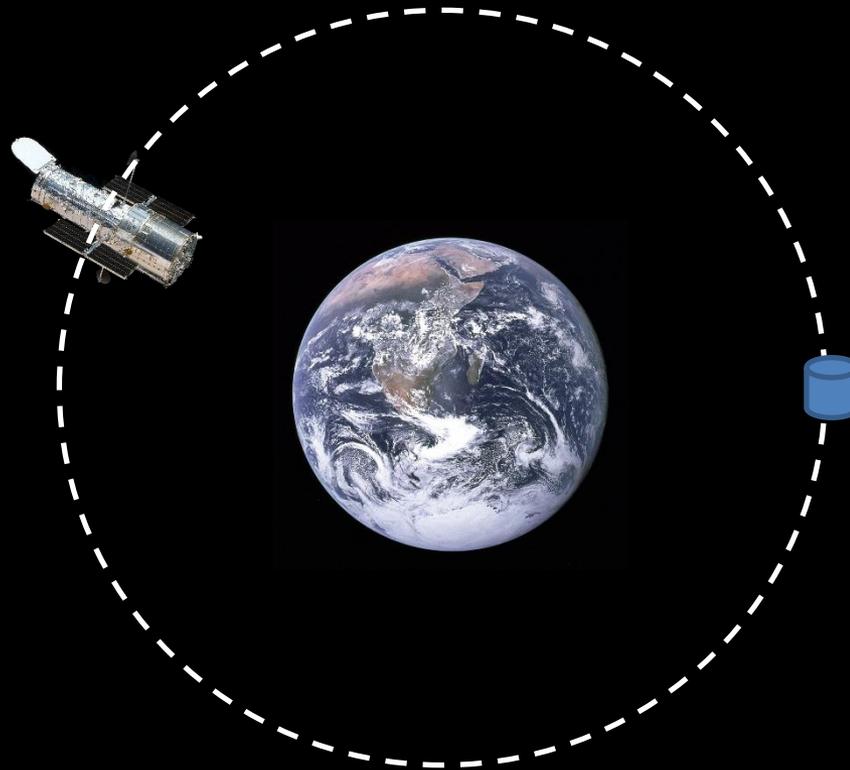


3. Débris spatiaux et collision

Débris qui ont une période de 90 min

Hypothèse 2 : même plan de rotation que Hubble + sens de rotation contraire

**Collision
toutes les
45 minutes**

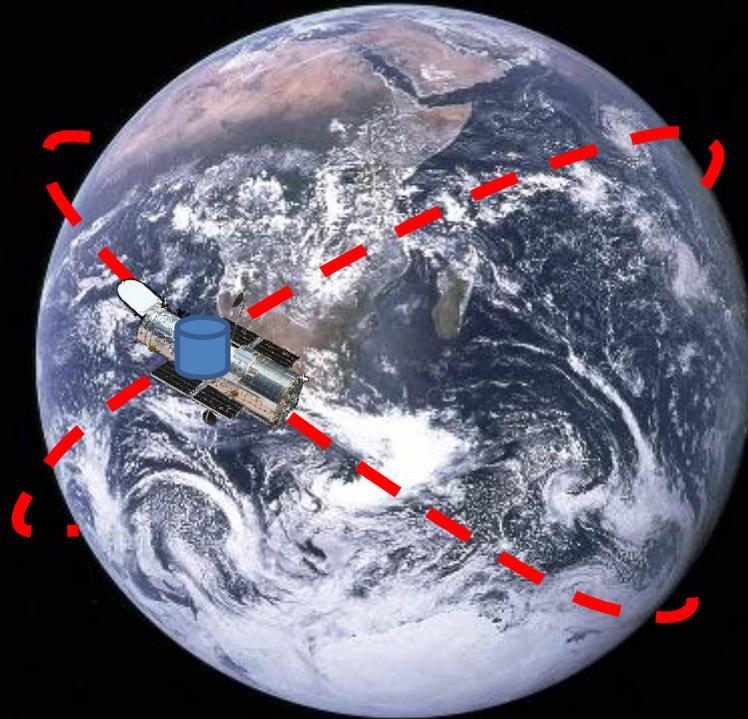


3. Débris spatiaux et collision

Débris qui ont une période de 90 min

Hypothèse 3 : plan de rotation différent de celui de Hubble

**Collision
toutes les
45 minutes**

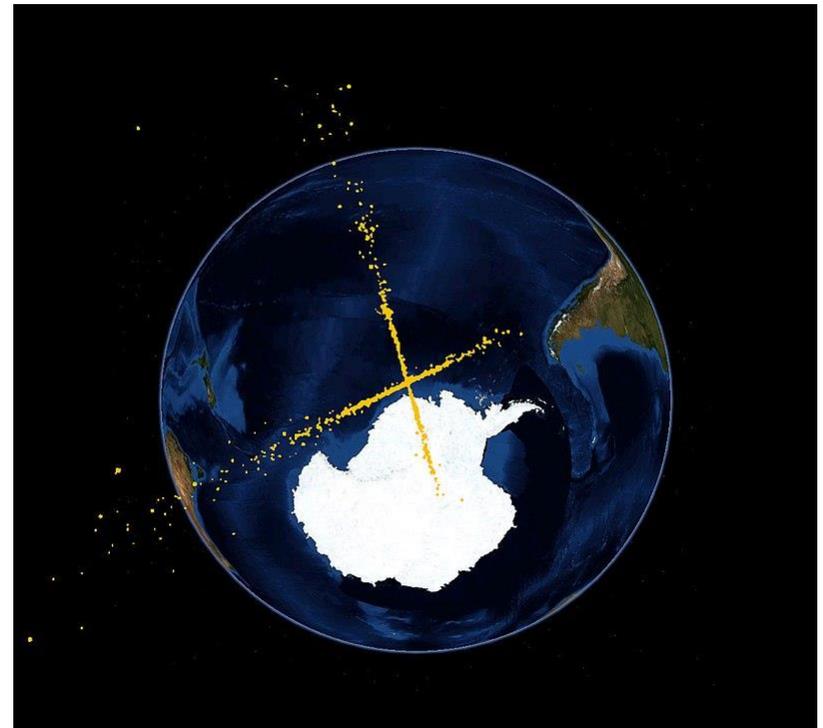


3. Débris spatiaux et collision

Hypothèse de la vitesse et de l'orbite unique est fausse
Retour sur l'explosion de 2009



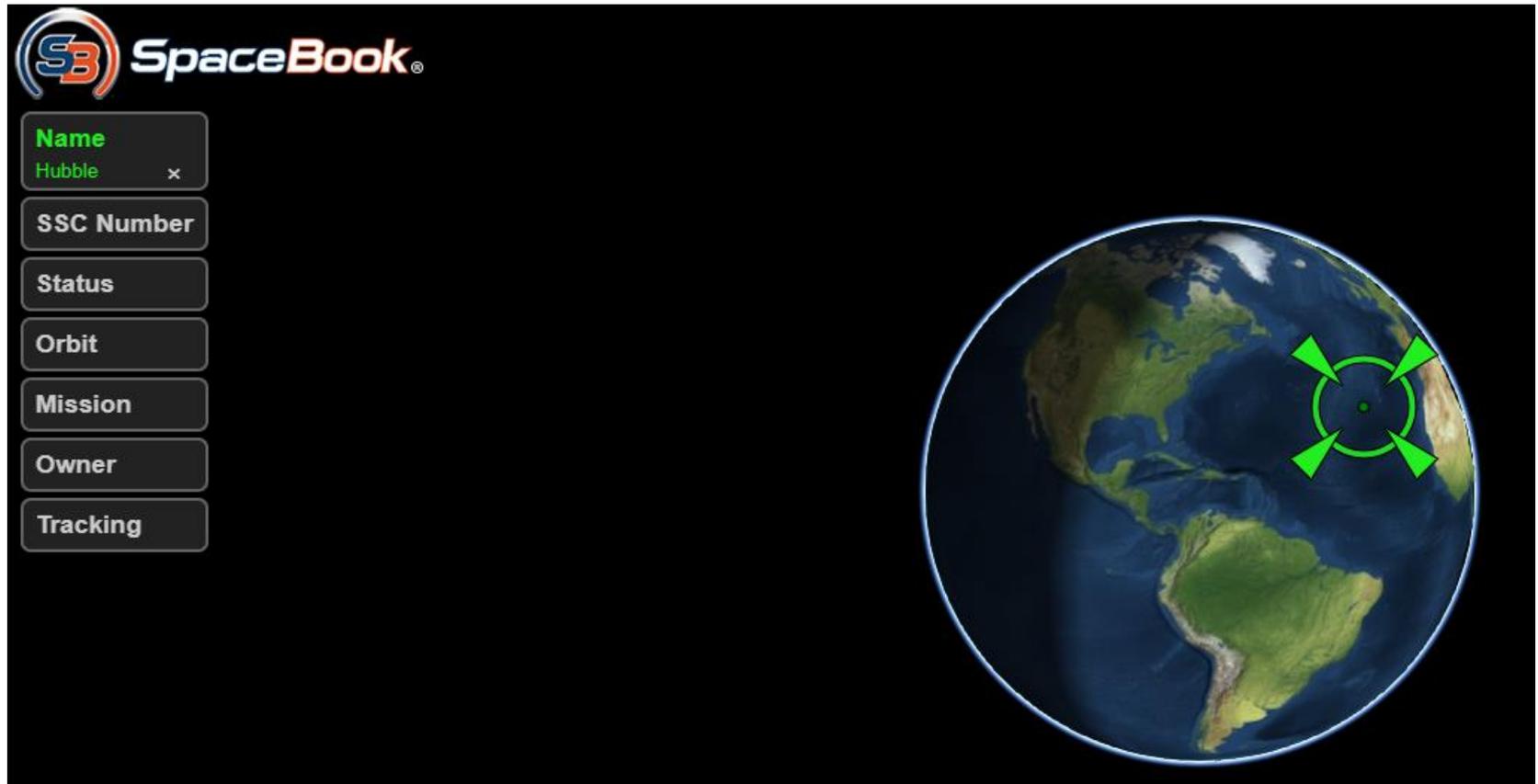
20 min après la collision



50 min après la collision



3. Débris spatiaux et collision



Utilisation du logiciel SpaceBook : <http://apps.agi.com/SatelliteViewer/>



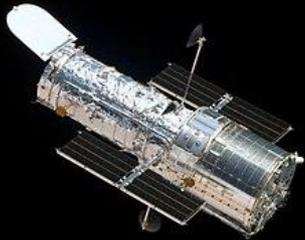
A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a stage. The stage is dark, and a large, bright white screen is centered at the front. The screen displays the text "4. Déplacement dans l'espace" in a black, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is dimly lit, typical of a cinema or theater setting.

4. Déplacement dans l'espace

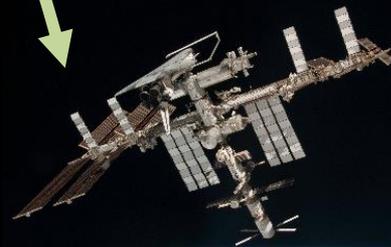
4. Déplacement dans l'espace

Dans le film Gravity, Sandra Bullock doit passer par 3 engins spatiaux.

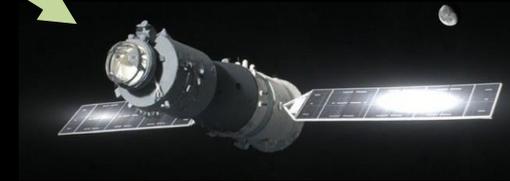
Différence d'altitude → Différence de vitesse



Télescope Hubble
Altitude : 600 km
Vitesse : 27 217 km/h



Station Spatiale Internationale (ISS)
Altitude : 400 km
Vitesse = 27 615 km/h



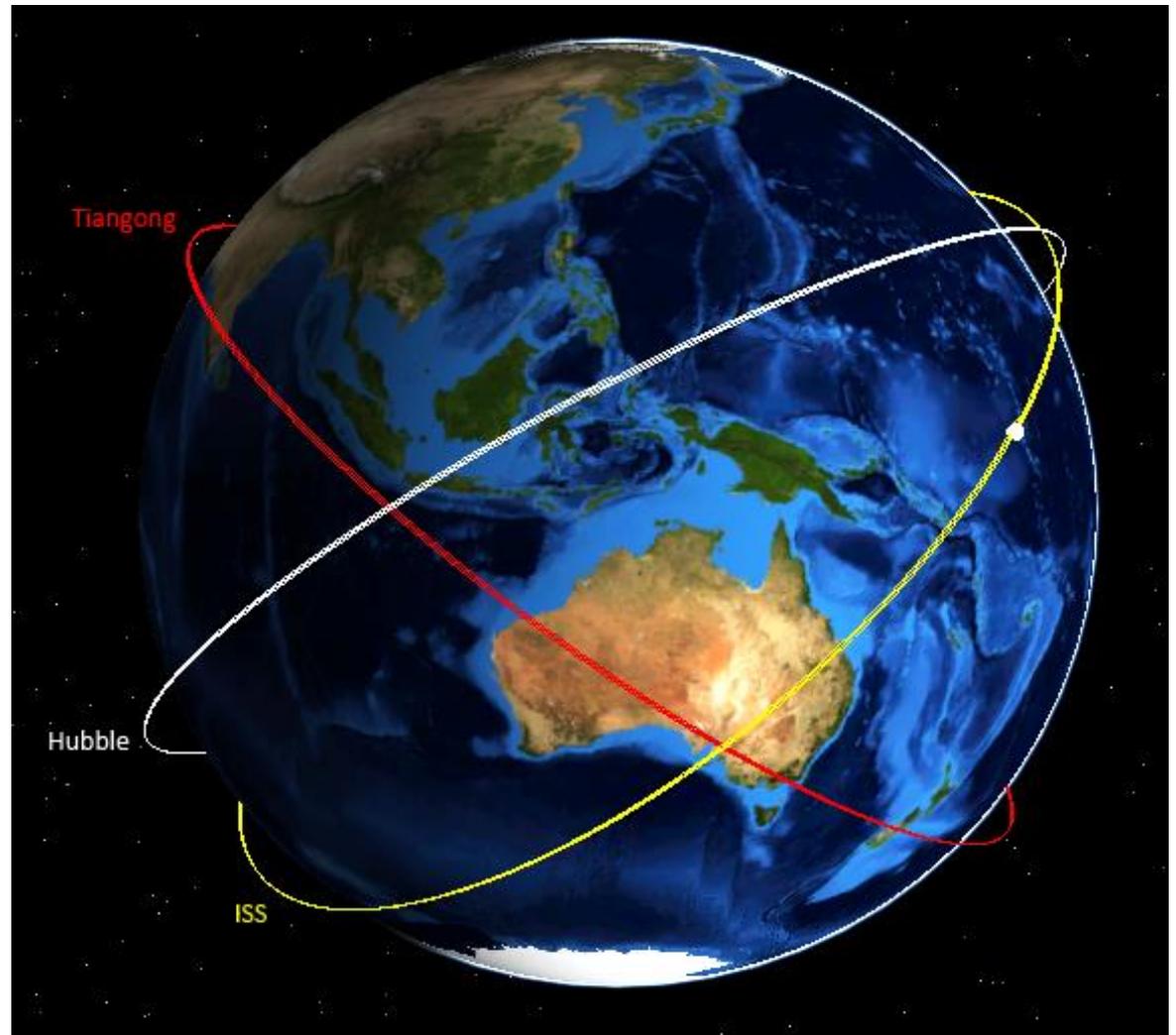
Tiangong 1
Altitude : 370 km
Vitesse = 27 677 km/h



4. Déplacement dans l'espace

Les orbites des 3 dispositifs spatiaux ne sont pas contenues dans le même plan.

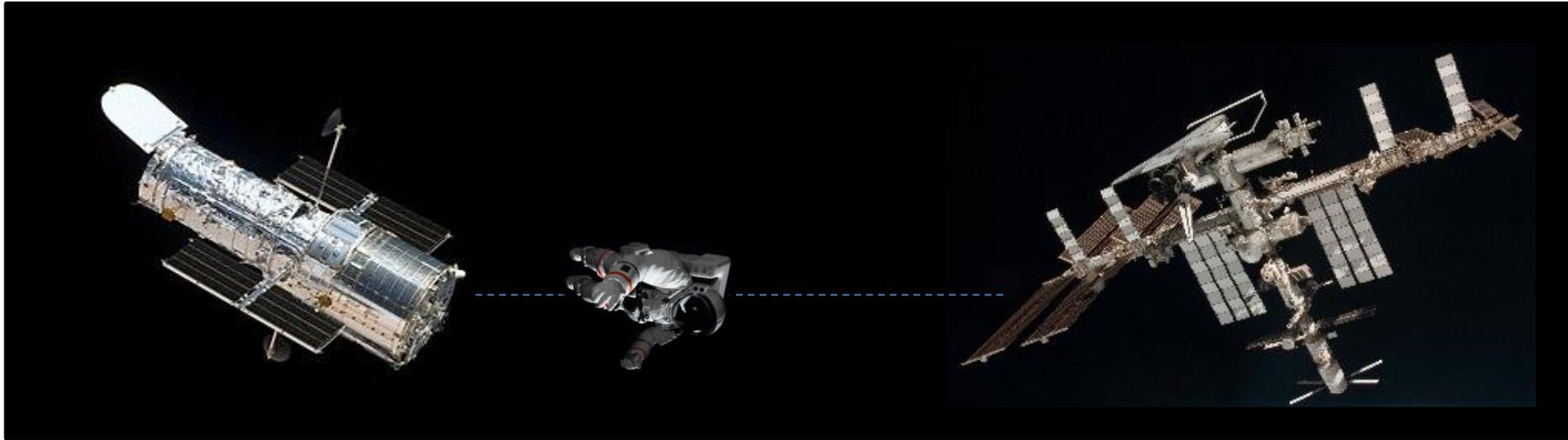
Les 3 satellites sont rarement à proximité des uns des autres.



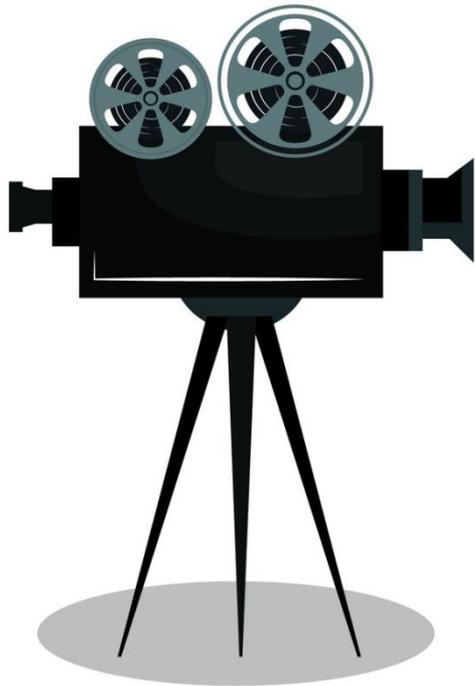
4. Déplacement dans l'espace

Comment se déplacer ? On utilise les lois de la mécanique :

- On vise le point de destination.
- On prend appui pour donner l'impulsion initiale.
- Pendant le trajet, on croise les doigts pour avoir bien visé.



4. Déplacement dans l'espace



2001 l'odyssée de l'espace (1968)



4. Déplacement dans l'espace

Comment se déplacer ? On utilise le MMU (Manned Maneuvering Unit)



- Masse : 148 kg
- Réservoir d'azote comprimé
- Ejection d'azote par le biais de 25 tuyères
- Variation de vitesse max : 90 km/h
- Autonomie : sortie extra-véhiculaire de 6h
- Plus utilisé depuis 1986 (trop dangereux).
- Remplacé par le SAFER (Simplified Aid For EVA Rescue) : système plus léger et à n'utiliser qu'en cas de secours.



4. Déplacement dans l'espace

« Le MMU » dans Gravity (2013)

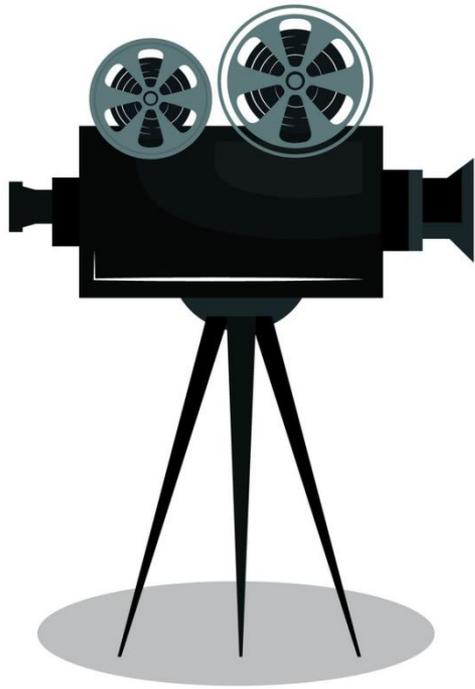


4. Déplacement dans l'espace

Comment se déplacer ? On utilise ce que l'on a sous la main.



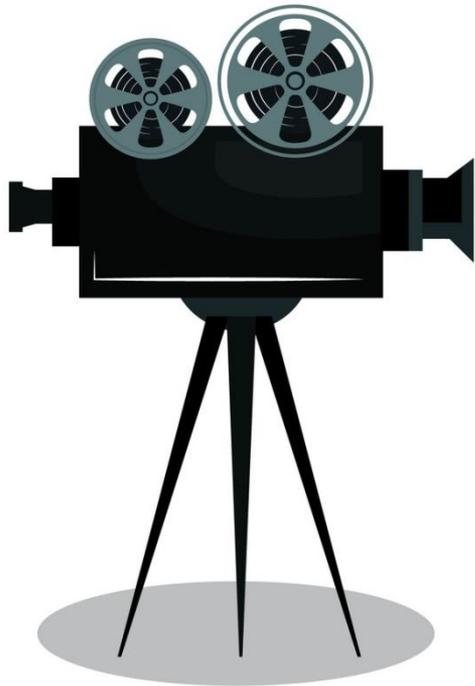
4. Déplacement dans l'espace



Gravity (2013)
« L'extincteur »



4. Déplacement dans l'espace



Total Recall (2012)



4. Déplacement dans l'espace



GI Joe Episode 26 saison 2 (1986)



4. Déplacement dans l'espace



Gravity (2013)
« Le sacrifice de Georges »



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of plush, red upholstered seats, receding towards a stage. The stage is dark, and a large, bright white screen is centered at the front. The text '5. Les incendies en apesanteur' is displayed on the screen in a black, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is dimly lit, typical of a cinema or theater.

5. Les incendies en apesanteur

5. Les incendies en apesanteur

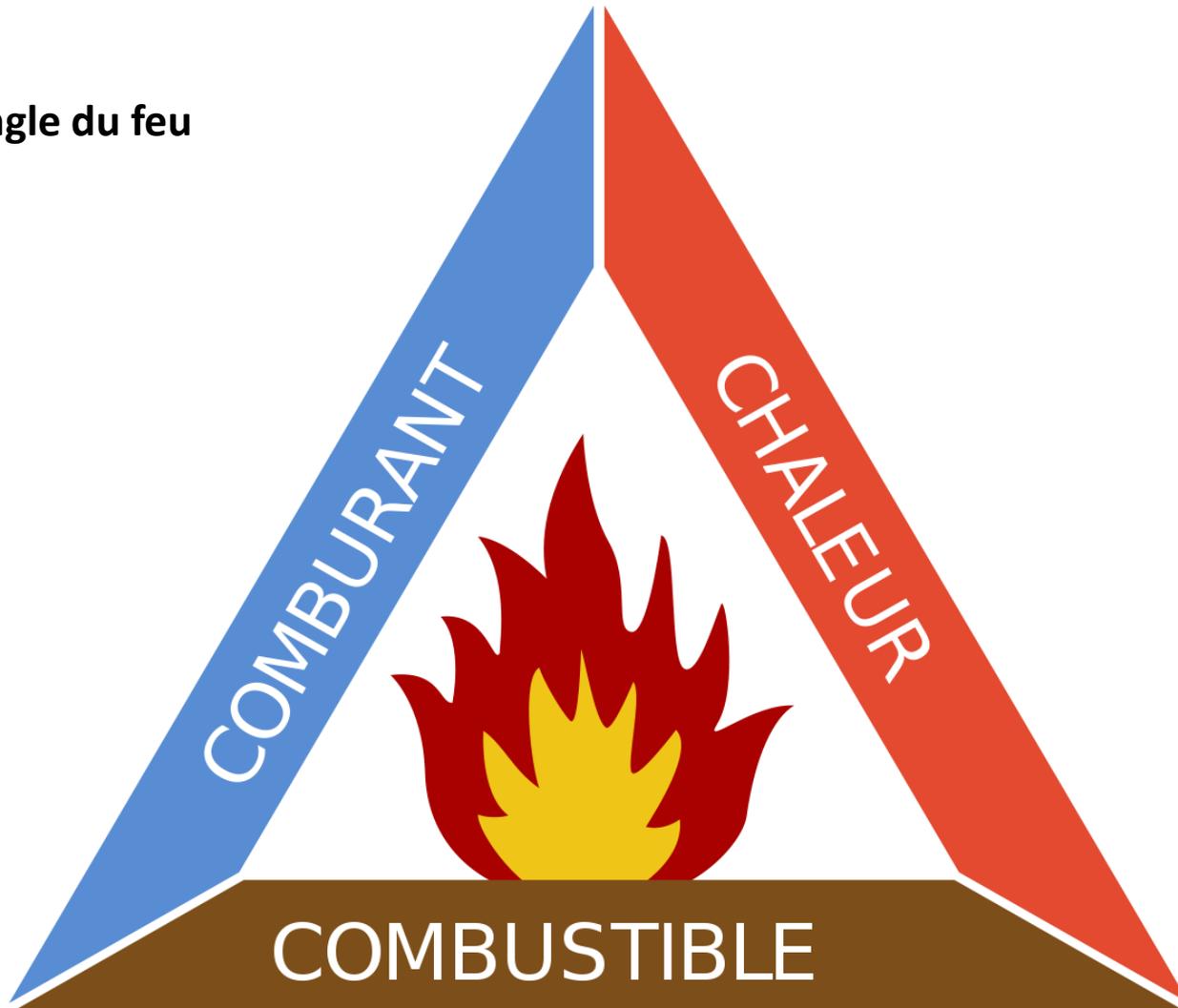


Gravity (2013)
« Feu dans l'ISS »

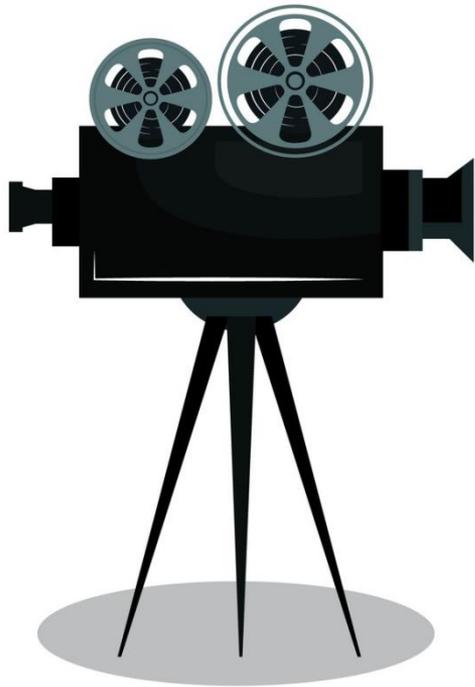


5. Les incendies en apesanteur

Le triangle du feu



5. Les incendies en apesanteur



StarTrek (2009)



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre Les réactions

- La chaleur fait fondre la cire solide.

Zone bleue



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre Les réactions

- Gazéification de la cire à 600°C : production d'acide stéarique et de chaleur
- La chaleur fait fondre la cire solide.

Zone bleue



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre Les réactions

- Montée de la cire fondue dans la mèche
- Gazéification de la cire à 600°C : production d'acide stéarique et de chaleur
- La chaleur fait fondre la cire solide.

Zone sombre

Zone bleue



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre Les réactions

- Montée de la cire fondue dans la mèche
- Gazéification de la cire à 600°C : production d'acide stéarique et de chaleur
- La chaleur fait fondre la cire solide.

Zone sombre

Zone bleue

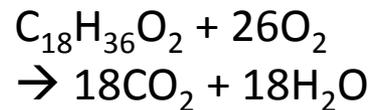


5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre Les réactions

- Réaction de combustion :

Zone brillante



Réaction incomplète à 1000°C :
l'acide n'est pas totalement
consommé



5. Les incendies en apesanteur

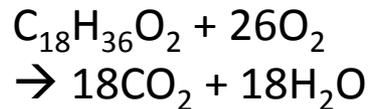
La flamme d'une bougie sur Terre Les réactions

- Réaction de combustion complète. Température inférieure à 1000°C

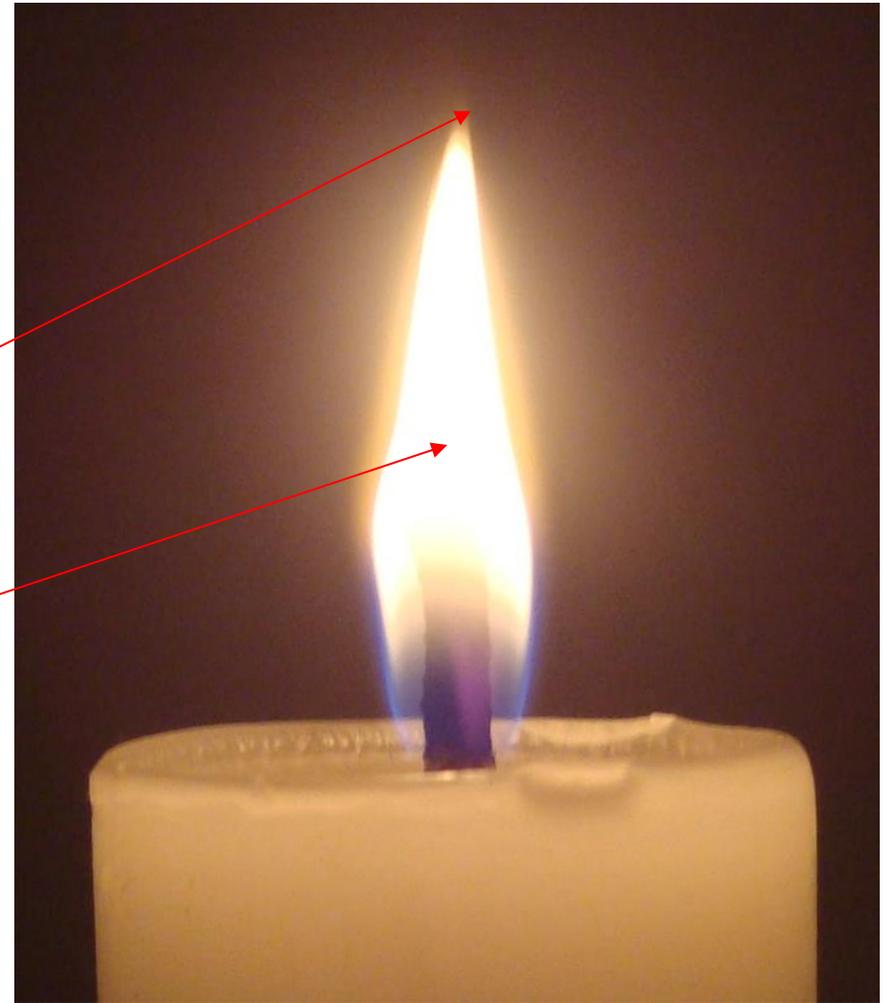
**Zone peu
brillante**

- Réaction de combustion :

Zone brillante



Réaction incomplète à 1000°C :
l'acide n'est pas totalement
consommé



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre Les couleurs

- **Phénomène de fluorescence pour la partie du bas**
Durant la combustion, les électrons sont excités et retournent à leur état stable en émettant une lumière bleue.



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre

Les couleurs

- **Phénomène d'incandescence**

pour la partie supérieure

Pour une température correspond une couleur

→ jaune / orange

- **Phénomène de fluorescence pour la partie du bas**

Durant la combustion, les électrons sont excités et retournent à leur état stable émettant une lumière b



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre

Les couleurs

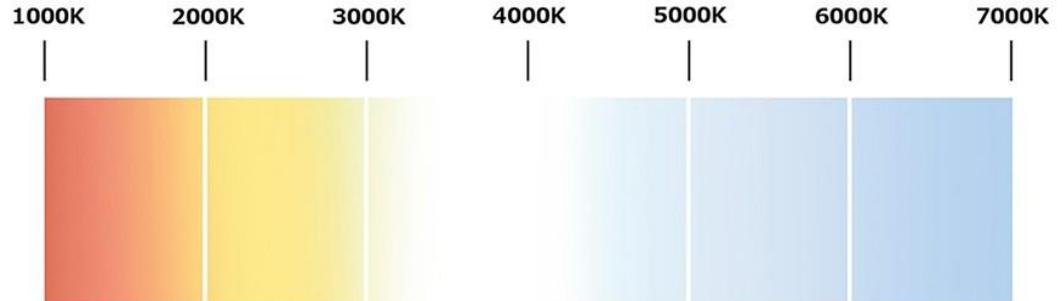


- **Phénomène d'incandescence**

pour la partie supérieure

Pour une température correspond une couleur

→ jaune / orange



- **Phénomène de fluorescence pour la partie du bas**

Durant la combustion, les électrons sont excités et retournent à leur état stable en émettant une lumière bleue.



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie sur Terre
La forme

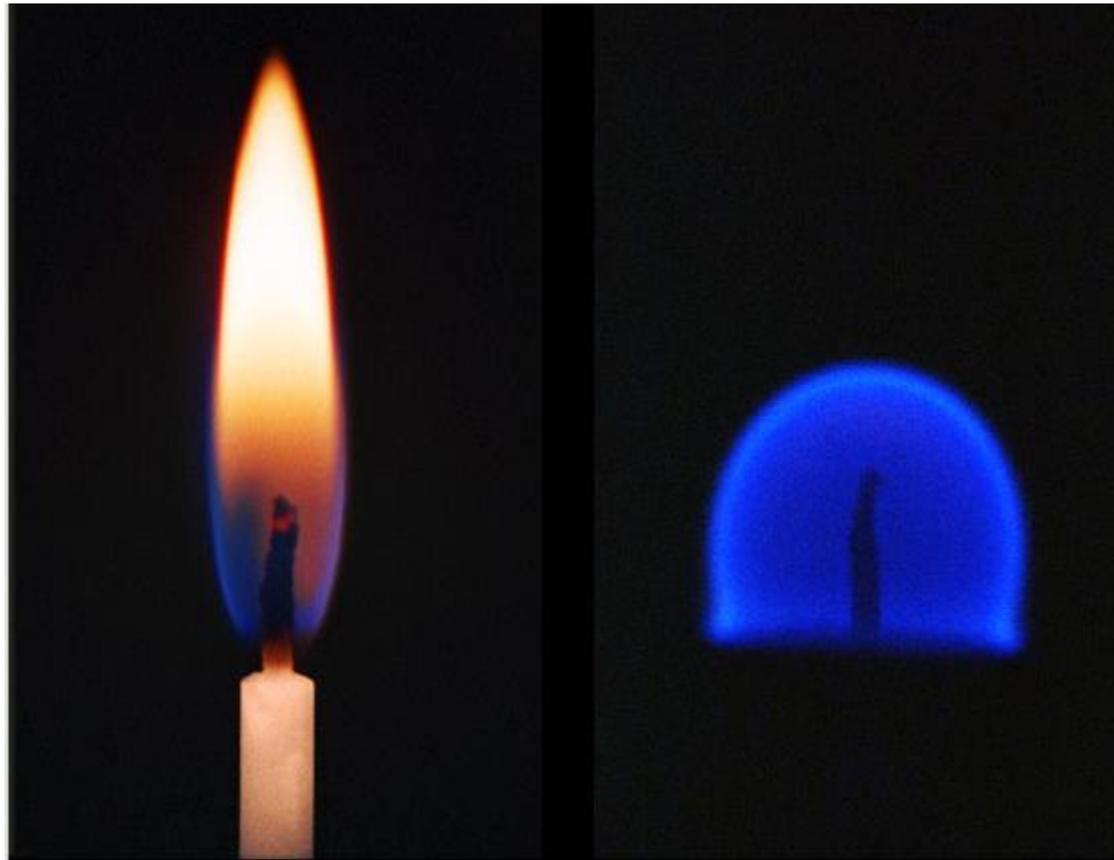
Les gaz chauds sont moins
denses et montent.



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une
bougie sur Terre

La flamme d'une
bougie en apesanteur



5. Les incendies en apesanteur

La flamme d'une bougie en apesanteur

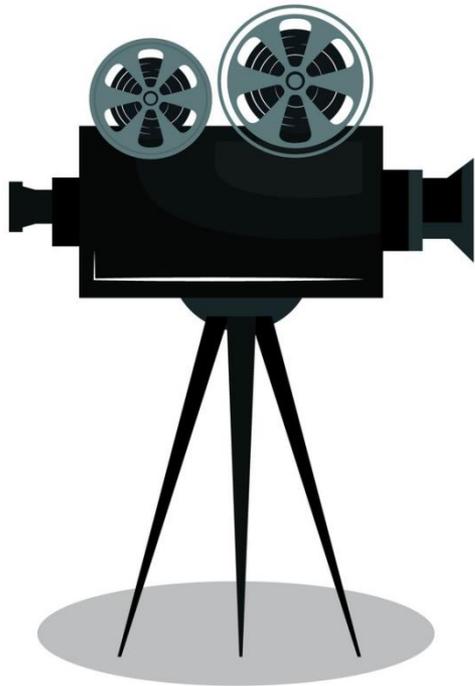
- Forme sphérique
- La combustion a lieu à l'interface avec l'air
- Faible apport d'air, faible température (couleur bleu)



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a stage. A large, bright white screen is centered at the end of the stage, displaying the text "6. Rentrée dans l'atmosphère terrestre" in a black, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall lighting is dim, focusing on the screen.

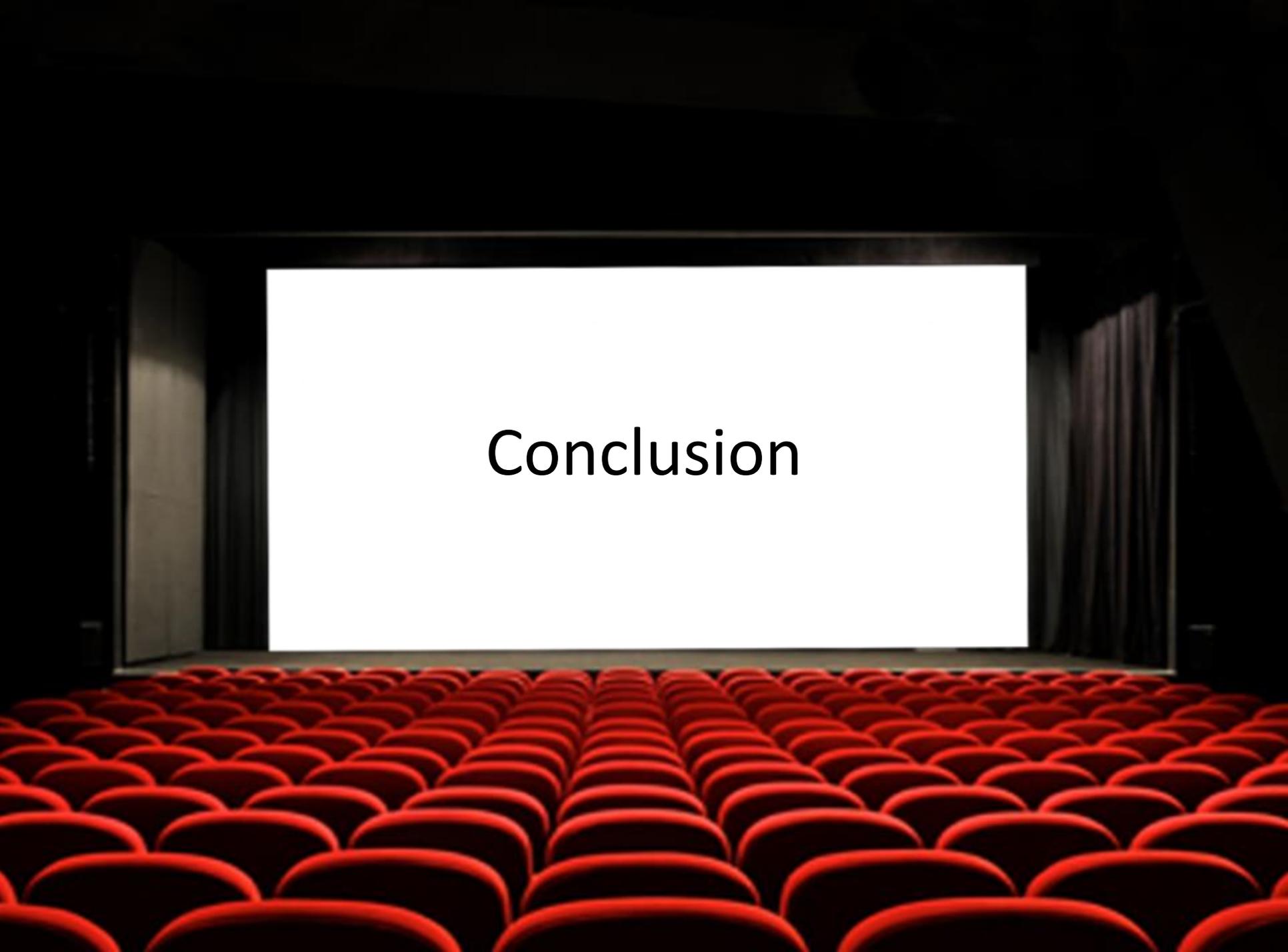
6. Rentrée dans
l'atmosphère
terrestre

6. Rentrée dans l'atmosphère terrestre



Gravity (2013)
« Rentrée dans l'atmosphère »



A photograph of a theater interior. The foreground is filled with rows of red upholstered seats, receding towards a large, bright white screen at the far end of the stage. The word "Conclusion" is centered on the screen in a black, sans-serif font. The theater walls are dark, and the overall atmosphere is quiet and focused.

Conclusion

Conclusion

POURQUOI LA GRAVITÉ S'ACHARNE-T-ELLE SUR SANDRA BULLOCK ?

- Espace = véritable milieu hostile
- Véritable cause de ses mésaventures : les débris spatiaux
- Pour survivre, Sandra doit maîtriser les lois de la gravité :
 - *Connaître les orbites des satellites autour de la Terre*
 - *Eviter les collisions avec les débris*
 - *Se déplacer d'un point à un autre dans l'espace*
 - *Survivre à un incendie en apesanteur*
 - *Rentrer sur Terre saine et sauve*



Conclusion

POURQUOI LA GRAVITÉ S'ACHARNE-T-ELLE SUR SANDRA BULLOCK ?

Nous avons relevé plusieurs erreurs scientifiques

- 1. Laissez Hubble tranquille !*
- 2. Utilisez la bonne combinaison spatiale !*
- 3. Attention aux problèmes de décompression !*
- 4. La place d'un MMU (jet pack) est dans un musée !*
- 5. Les débris ne reviennent pas toutes les 90 minutes.*
- 6. Les chocs entre astronaute et satellite sont mortels à cette vitesse.*
- 7. George n'a pas besoin de se suicider.*
- 8. Impossible de passer par les 3 satellites.*
- 9. Les flammes d'un incendie n'ont pas la même forme en apesanteur que sur Terre.*



Conclusion

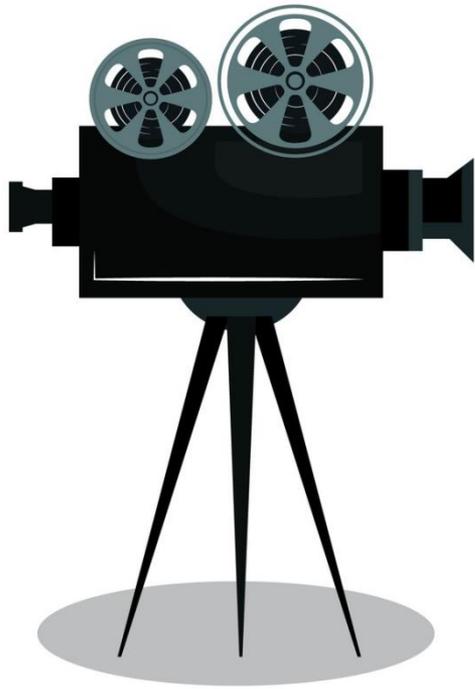
POURQUOI LA GRAVITÉ S'ACHARNE-T-ELLE SUR SANDRA BULLOCK ?

Il reste encore des erreurs

- *Système de communication entre astronautes est obsolète.*
- *Pas de black out des communications.*
- *Les larmes en apesanteur restent au niveau des yeux.*
- ...



Annnonce de la prochaine leçon



Interstellar (2014)

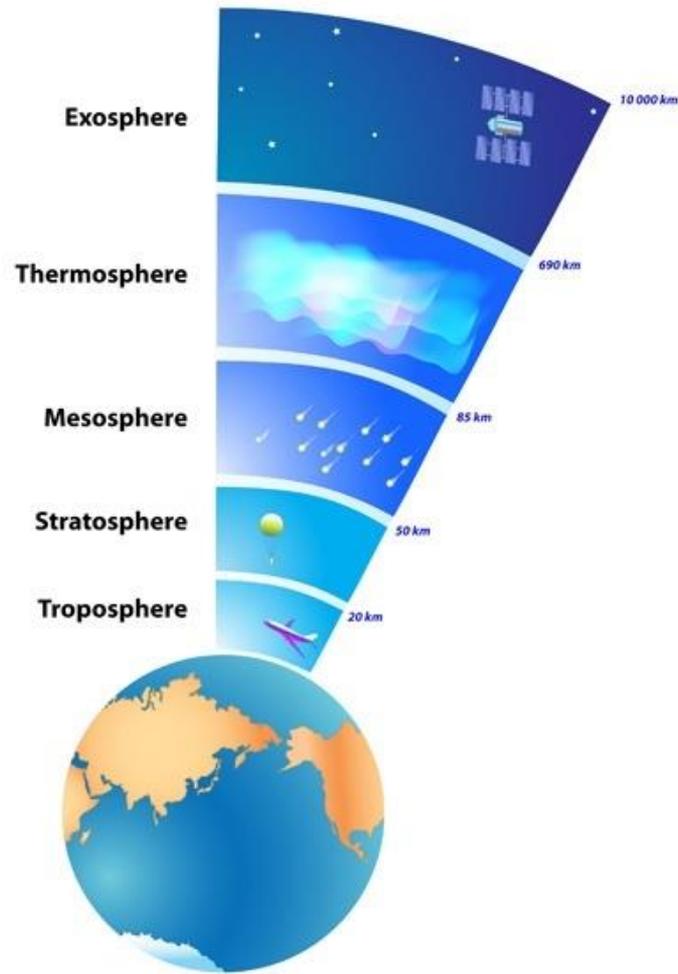




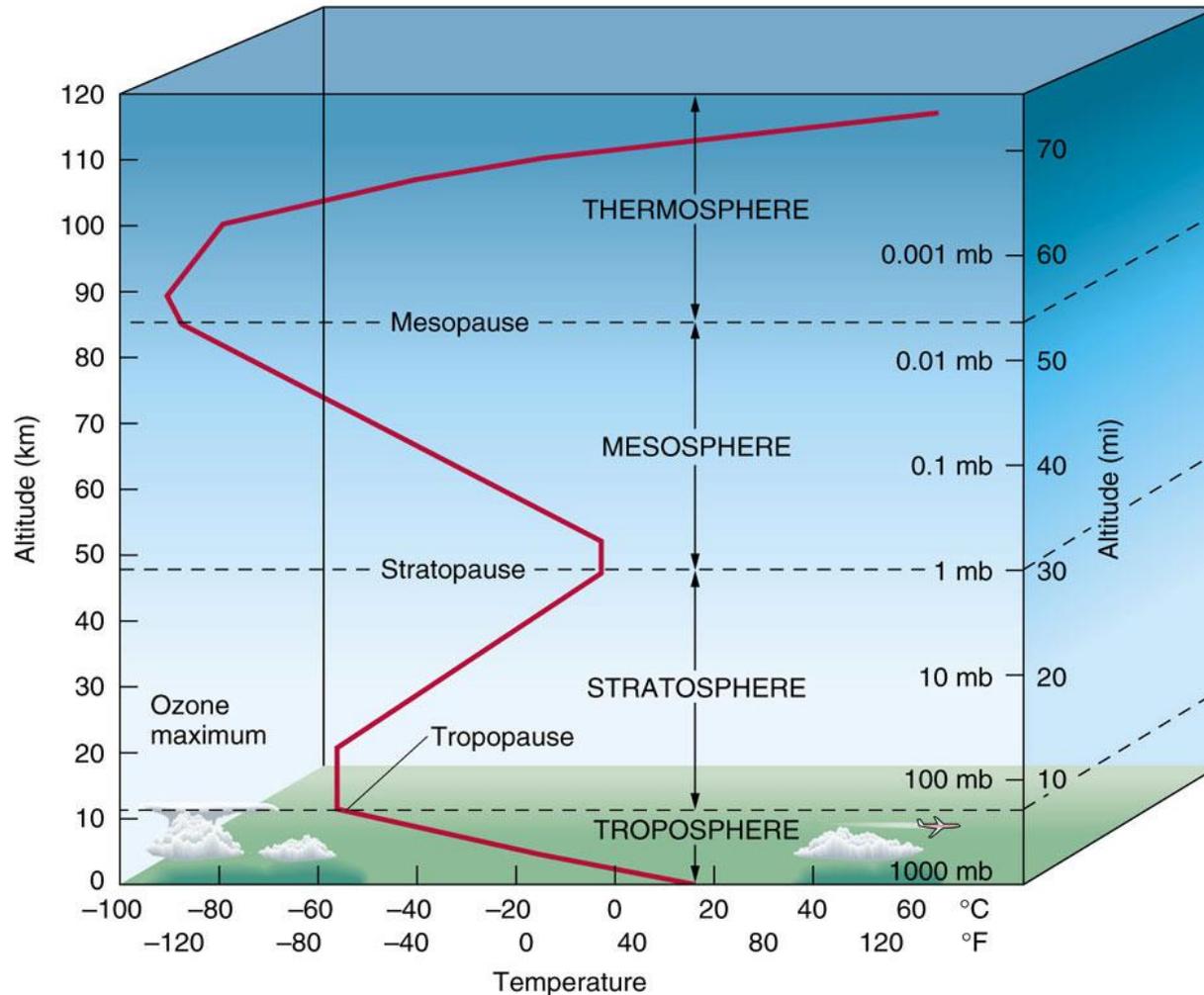
**Y-AT-IL UN
PHYSICIEN
POUR
EXPLIQUER
LE FILM
« INTERSTELLAR » ?**

**Ne manquez pas la prochaine leçon
Mardi 16 octobre**

1. L'espace : un milieu hostile



1. L'espace : un milieu hostile



Navette spatiale de la NASA



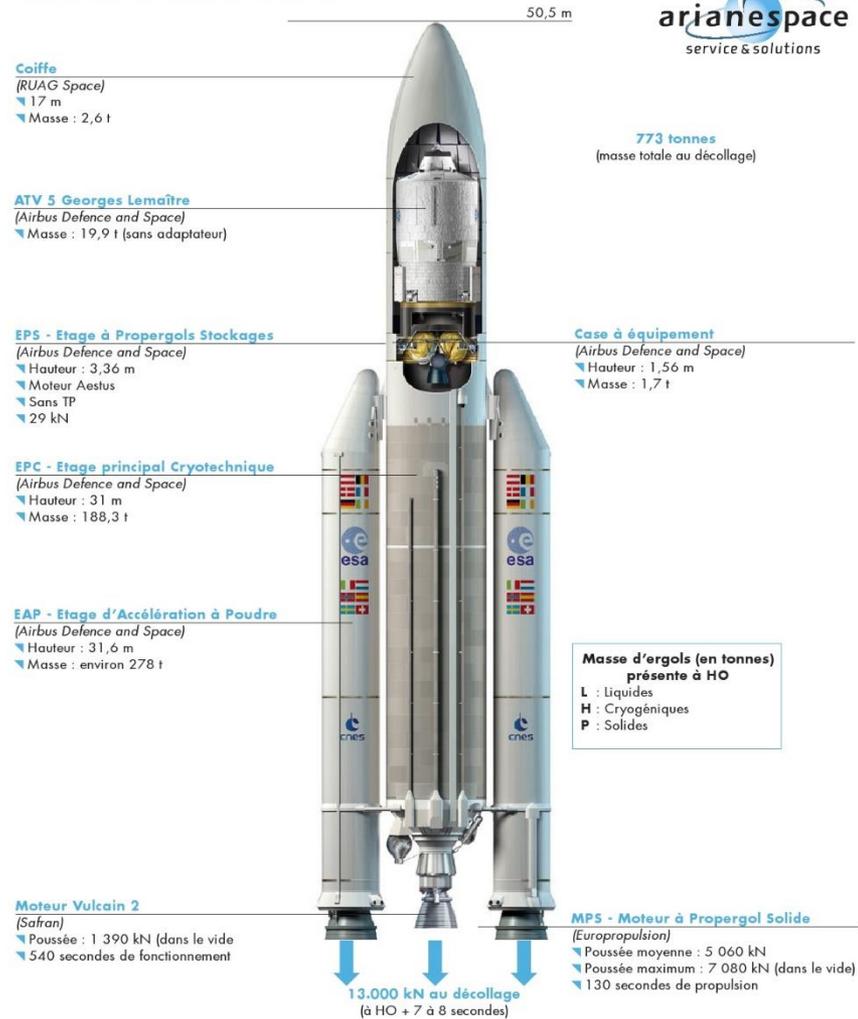
Réservoir de carburant

Propulseurs



Lanceur Ariane V

LE LANCEUR ARIANE 5-ES



1. L'espace : un milieu hostile

Combinaison spatiale américaine pour sortie extra-véhiculaire

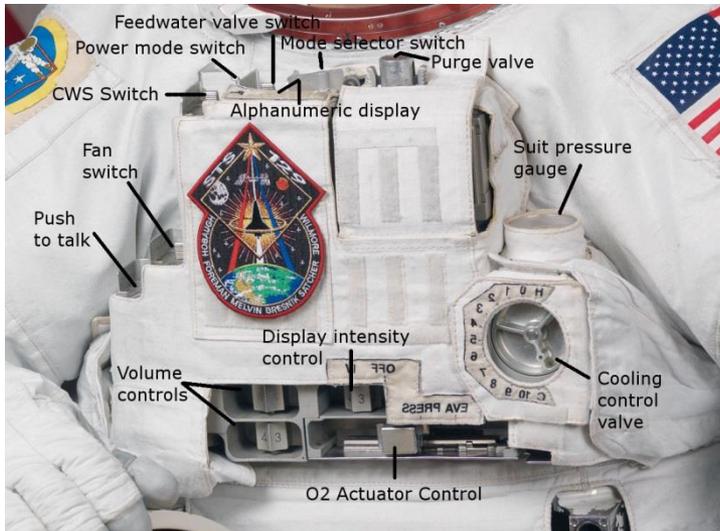


Tableau de commande de la combinaison



Casque ???



1. L'espace : un milieu hostile

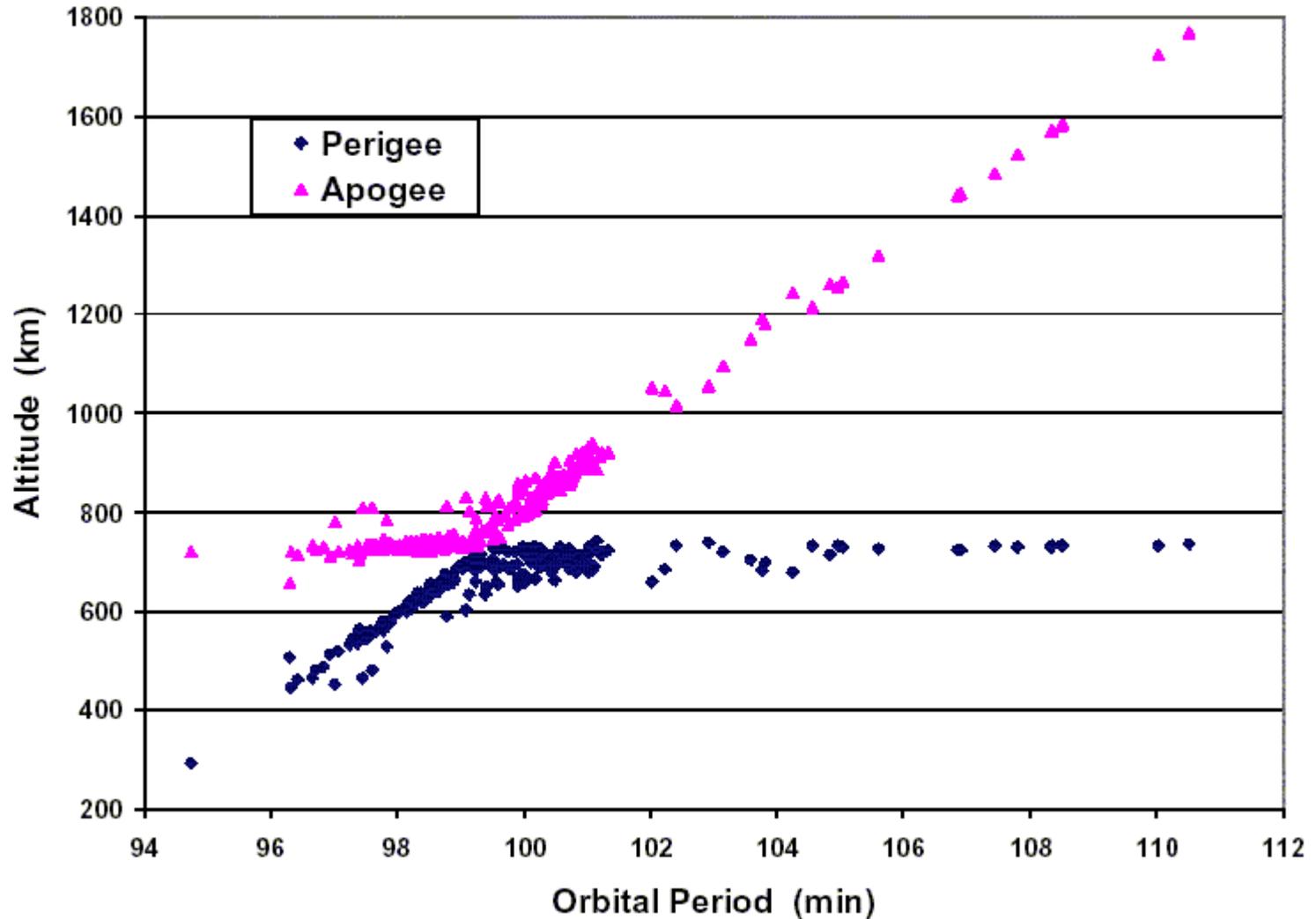
Pression

Lieu	En Pascal	En bar
A la surface de la Terre	10^{+5} Pa	1 bar
Sur la Lune	10^{-10} Pa	10^{-15} bar
Orbite basse de la Terre	10^{-11} Pa	10^{-16} bar
Vide interstellaire	10^{-17} Pa	10^{-22} bar
Vide intergalactique	10^{-24} Pa	10^{-29} bar



3. Débris spatiaux et collision

Diagramme de Gabbard



1. L'espace : un milieu hostile



Mission To Mars

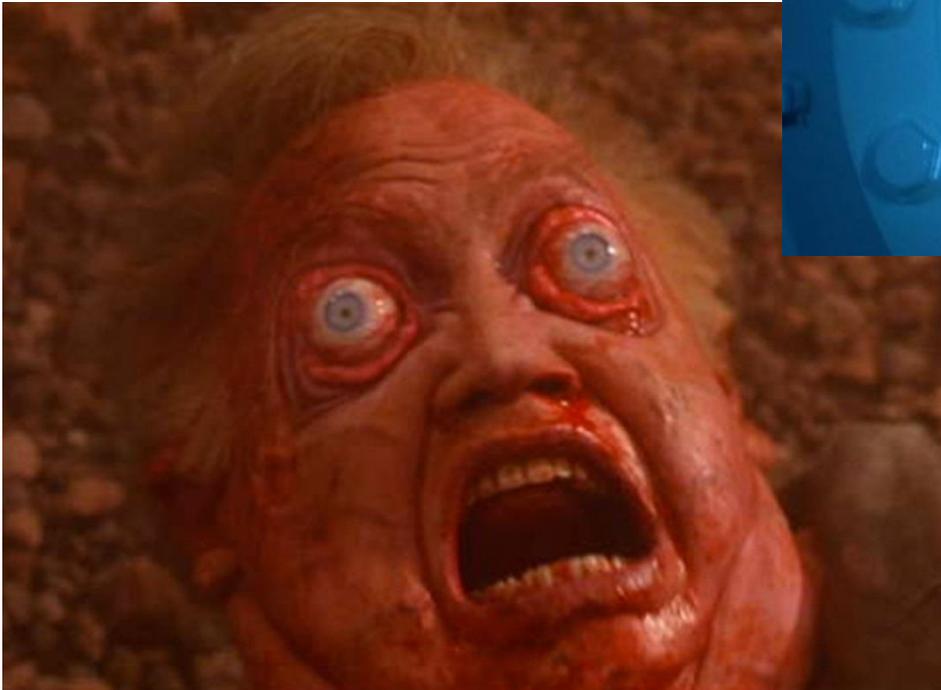


StarWars 8



1. L'espace : un milieu hostile

Permis de Tuer



Total Recall

