

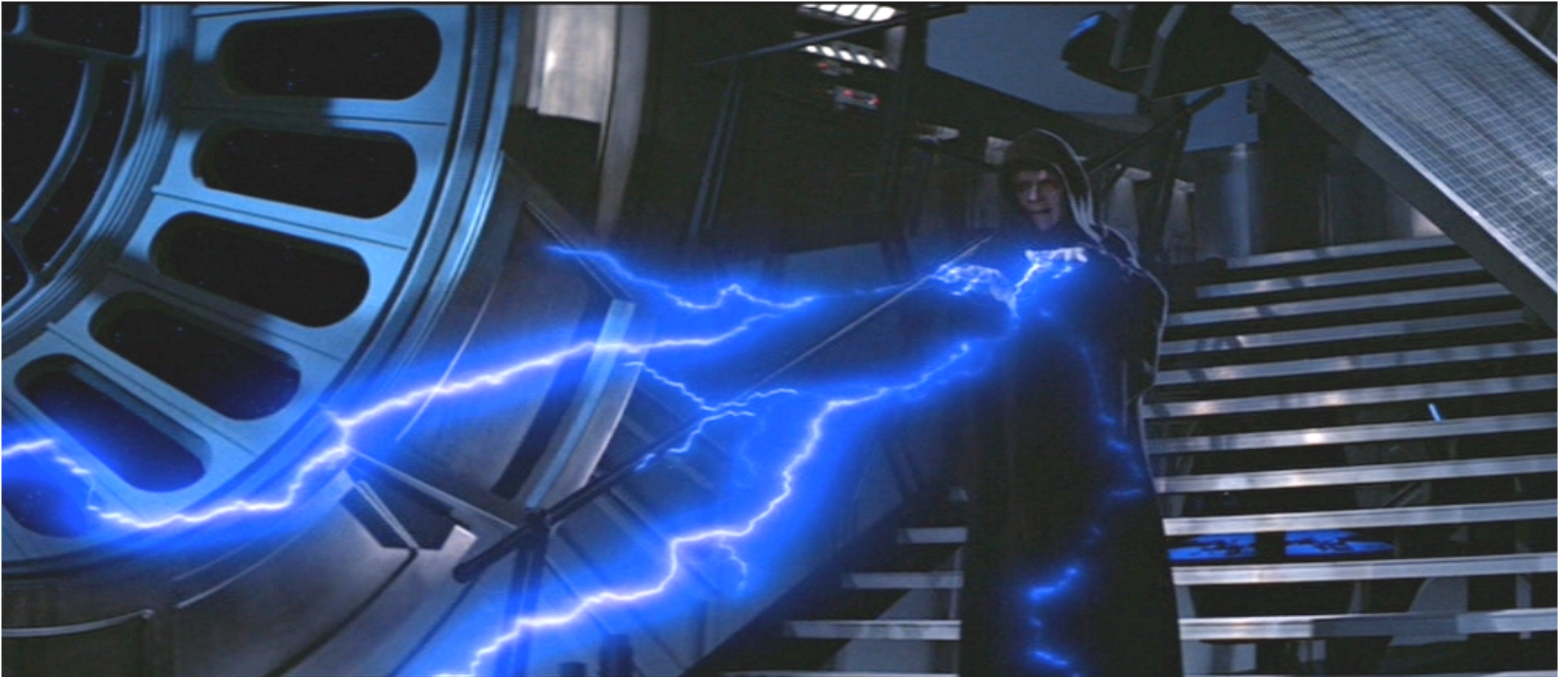
# Faire de la physique avec Star Wars !

**R. Lehoucq, CEA-Saclay/SAP**

1. La Force
2. Le sabre-laser
3. L'Etoile de la Mort
4. Les véhicules
5. La planète Tatooine

# La Force

« C'est un champ d'énergie créé par tous les êtres vivants.  
Il nous entoure et nous pénètre. Il lie la galaxie toute entière. »  
Obi-Wan Kenobi.





Sur cette image, à quoi voit-on que Luke utilise la Force ?

## Qu'évoque la Force ?

- La Quintessence, dont Aristote rempli les cieux et qui complète les quatre autres éléments (Air, Terre, Eau et Feu).

La physique aristotélicienne n'a plus cours depuis le XVII<sup>e</sup> siècle...

- L'éther du XIX<sup>e</sup> siècle.

Son existence fut invalidée par l'expérience de Michelson et Morley (1887).

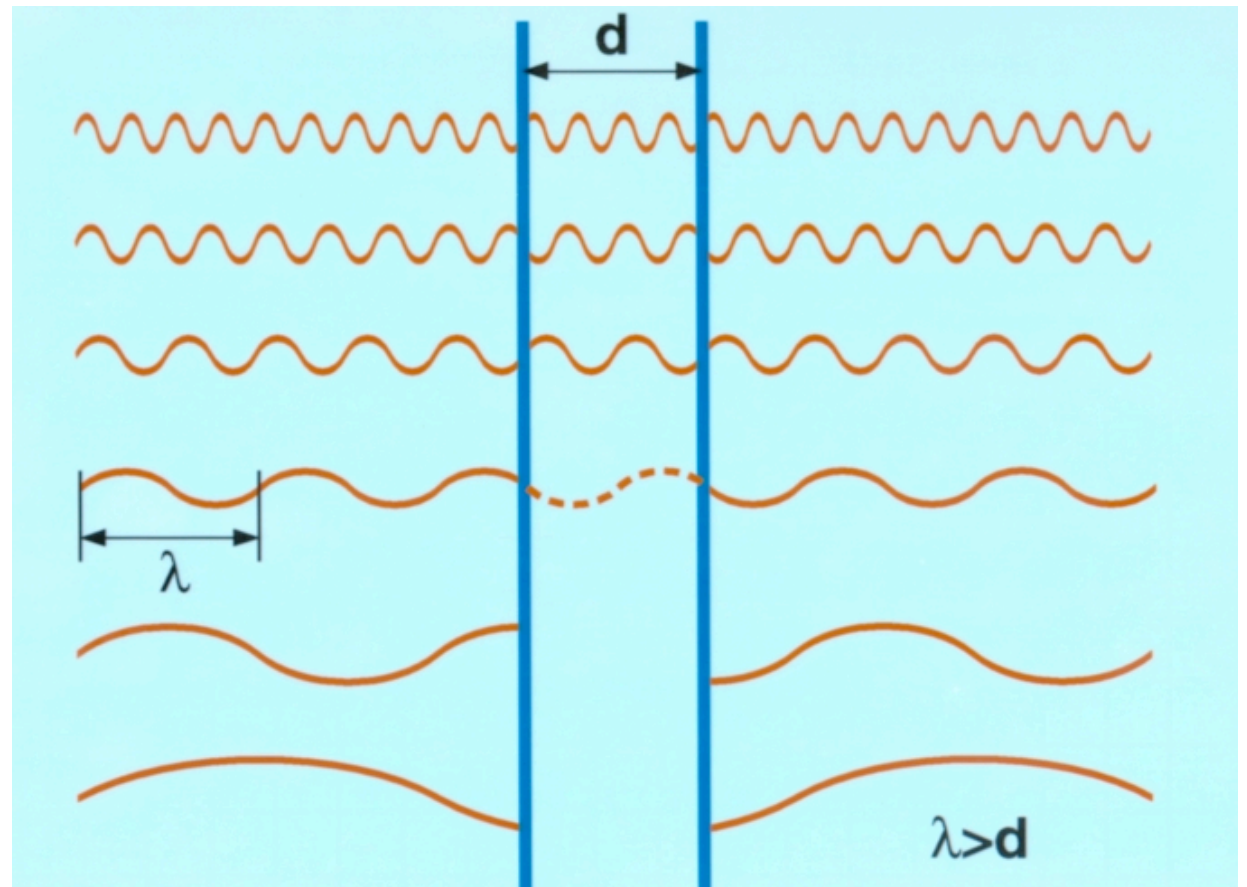
- La constante cosmologique...

# L'énergie du vide

Expérience de Casimir (1948) : deux plaques conductrices placées dans le vide, proches l'une de l'autre, s'attirent mutuellement.

Interprétation : **force à courte portée résultant des fluctuations quantiques du vide.**

Si le vide a une énergie, il doit « peser »...

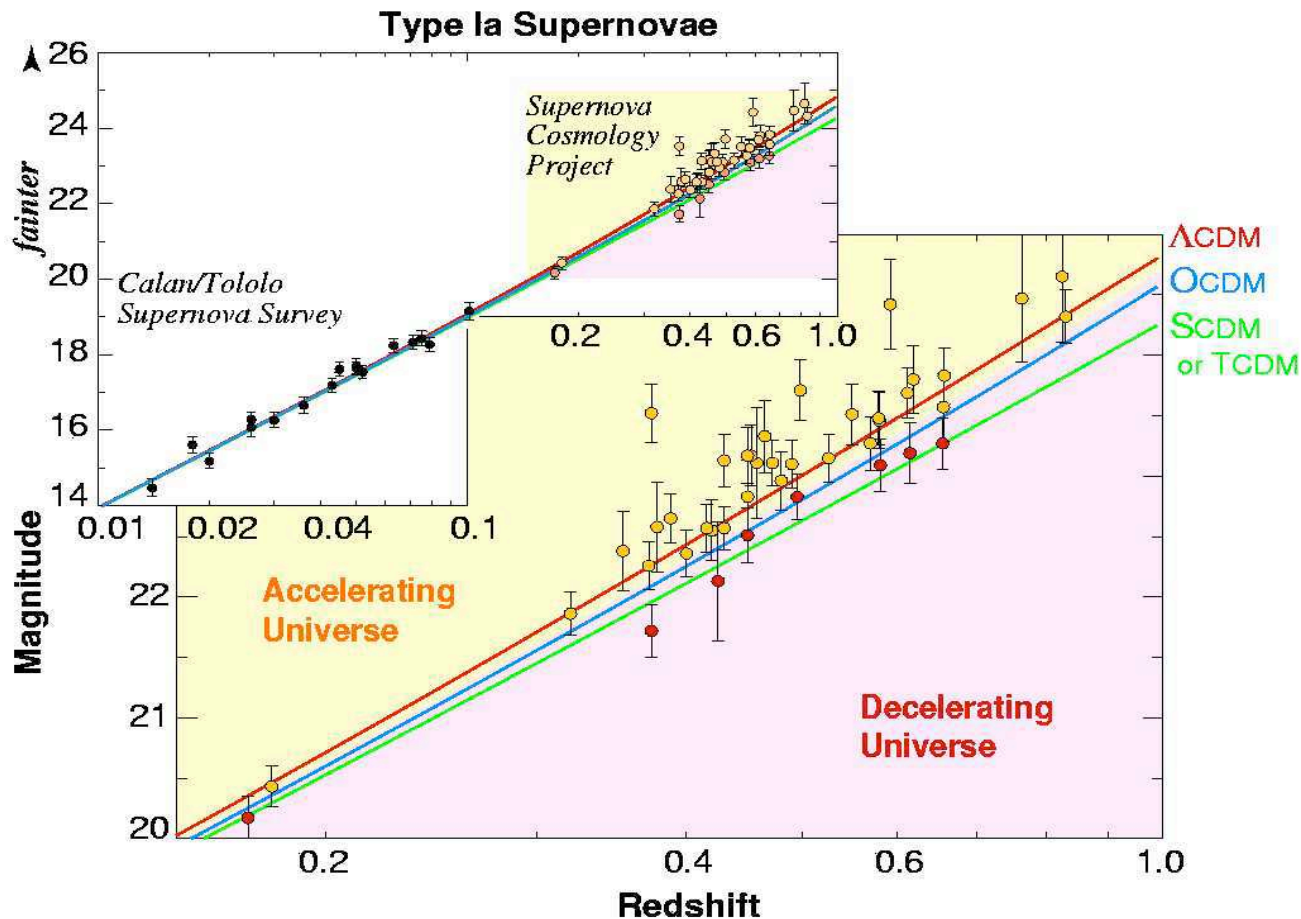


Comme deux bateaux dans un port...

# La constante cosmologique

Les galaxies lointaines s'éloignent plus lentement que prévu par la loi d'expansion de Hubble (1929). Donc **l'expansion s'est accélérée**.

Interprétation : présence d'une « énergie noire » qui représente 73% de la densité critique ( $\approx 10^{-9} \text{ J/m}^3$ ).



Pour soulever R2D2 d'1 mètre de hauteur, le Jedi doit collecter l'énergie contenue dans un cube de 9 kilomètres de côté...



## Le sabre-laser



Quelques problèmes :

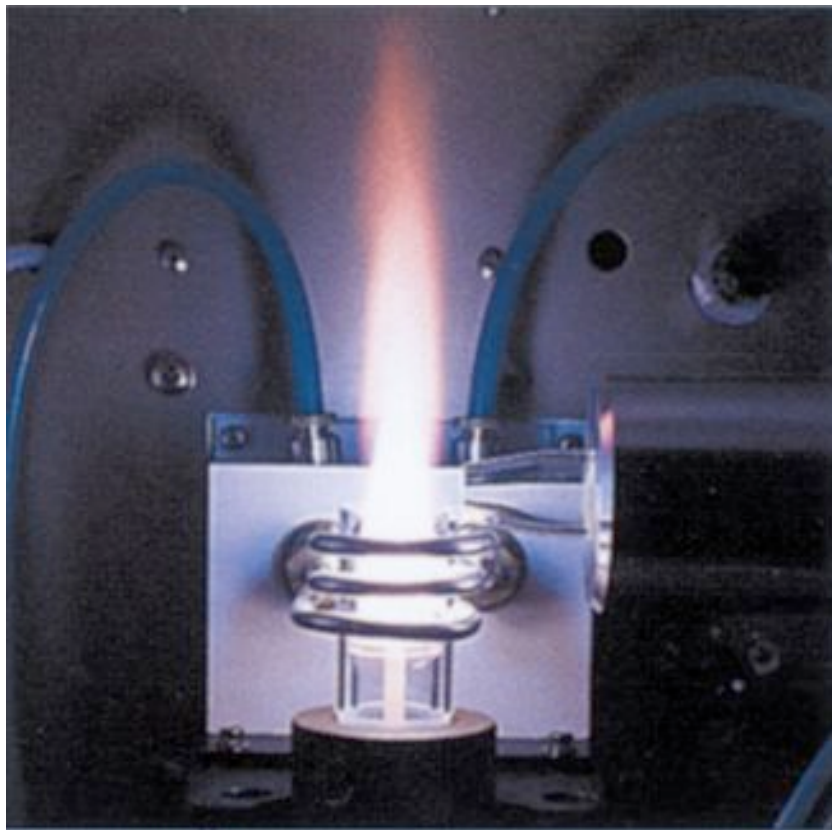
- Des « lames » de lumière ne peuvent se toucher.
- Comment limiter la longueur de la lame ? (support ou lentille...)
- Comment produire l'énergie nécessaire dans un faible volume ?

# Un sabre plasma ?

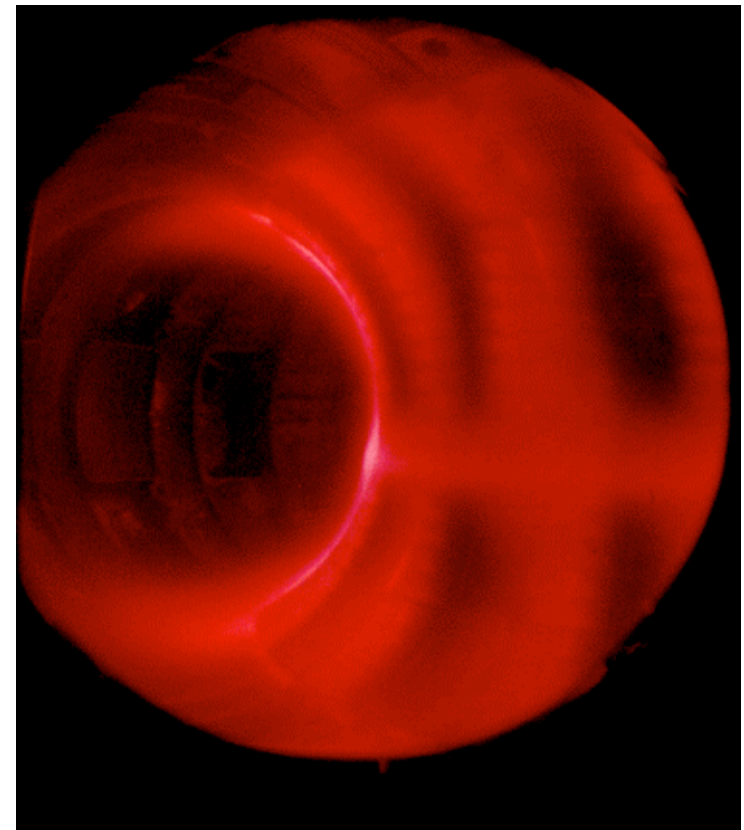
Plasma : gaz fortement chauffé ou excité; les atomes sont ionisés.

Exemples courants : Soleil, éclair, tube néon.

Avantages : la couleur du sabre dépend de la température et du gaz.  
le plasma peut être confiné par un champ magnétique.



Torche à plasma  
10 000 °C et 100 kW...



Confinement magnétique  
dans un tokamak.

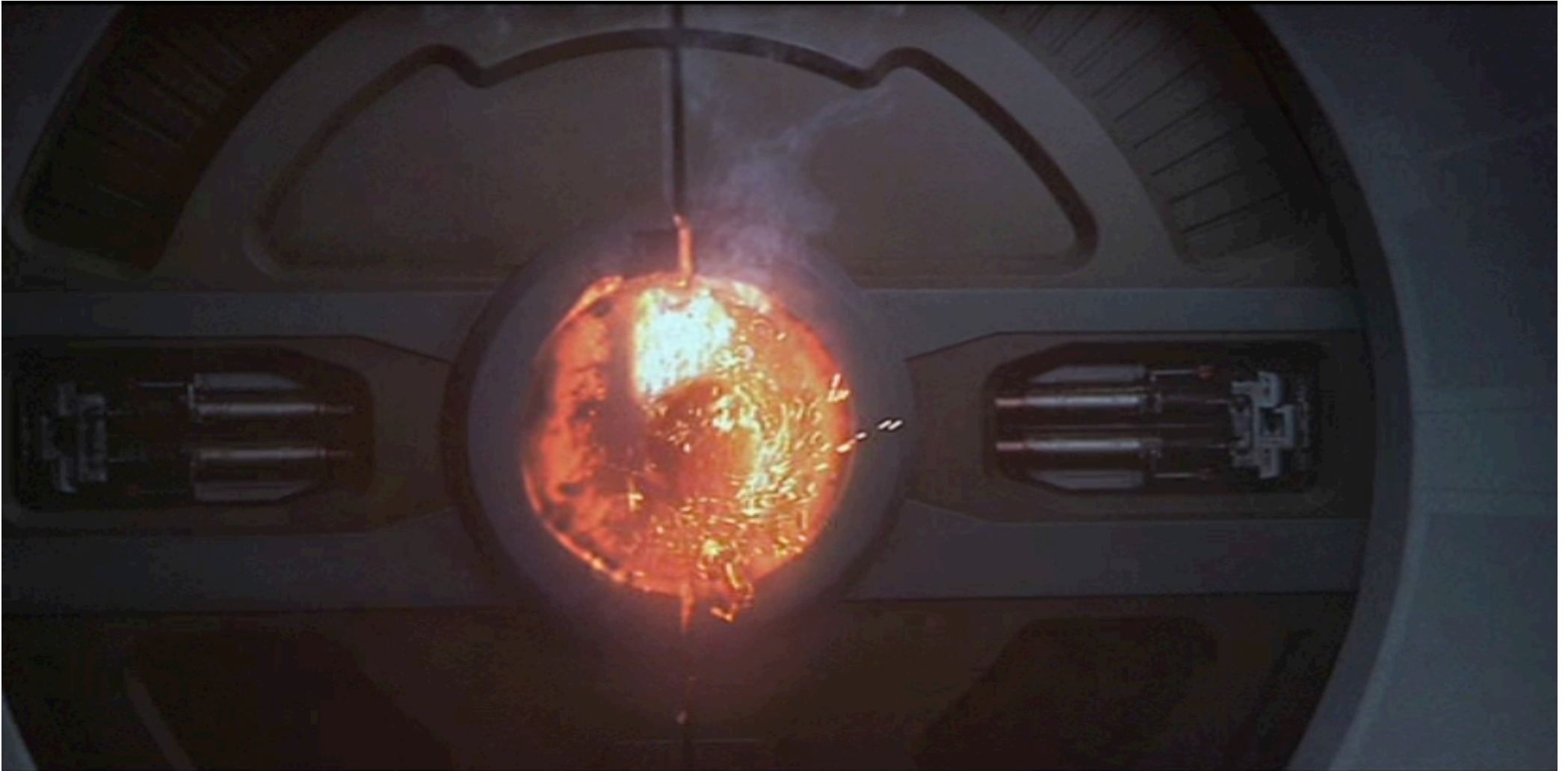
Quelle puissance fournit un sabre-laser ?



Objectif : faire fondre une (grosse) porte d'acier en 3 secondes...



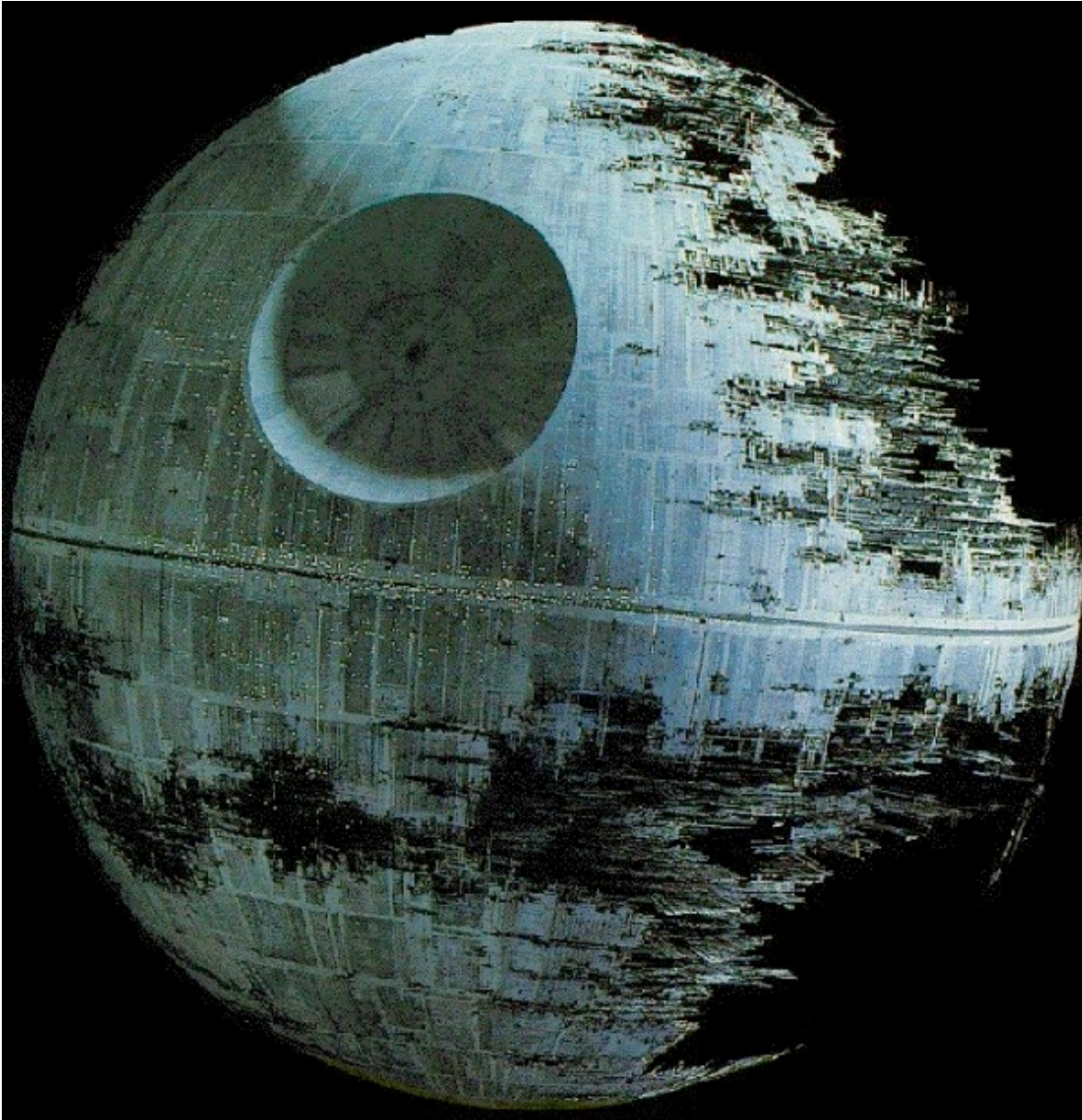
Propriétés de l'acier :  $d \approx 8$ ,  $T_f \approx 1500 \text{ °C}$ ,  $C_p \approx 620 \text{ J/kg/K}$ ,  $L_f \approx 250 \text{ kJ/kg}$



Puissance nécessaire  $\approx 3 \text{ GW}$  !

# L'Étoile de la Mort

- Quelle est sa taille ?
- Quelle est l'énergie de son « turbo-laser » ?
- D'où vient son énergie ?



Mimas (392 km de diamètre)



Taille = 1/12 de celle d'Endor !



Cette image permet-elle de fixer la taille relative de l'Etoile de la Mort ?

# Quelle est la taille d'Endor ?

- **Mouvements aisés :**

Gravité proche de celle de la Terre.

- **Respiration sans appareillage :**

Atmosphère suffisamment dense.

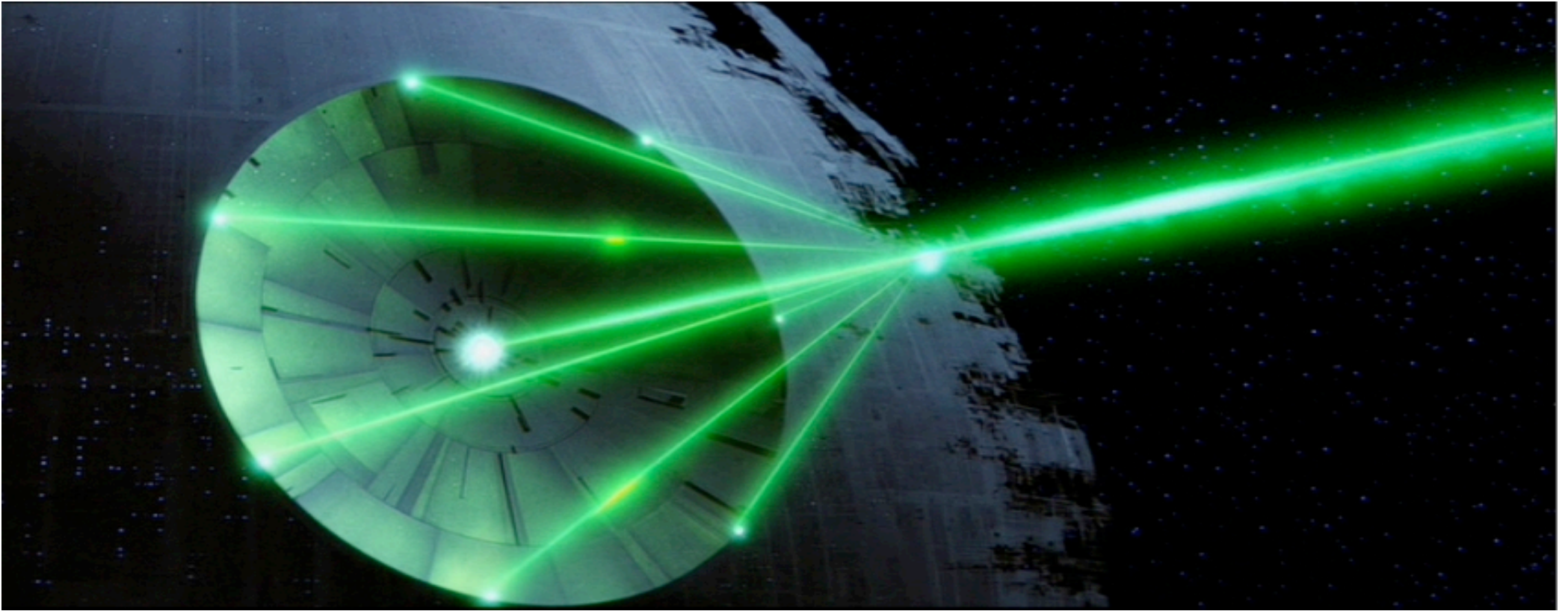
- **Présence de vie indigène :**

Retenir une atmosphère 2-3  $10^9$  ans.

$$R_{\text{Endor}} \approx 70\% R_{\text{Terre}}$$

Etoile de la Mort  $\approx 375$  km

Un peu plus gros que Pallas...



Il faut compenser l'énergie de liaison gravitationnelle ( $\propto -M^2/R$ )

Pour une planète terrestre  $|E_G| \approx 2 \cdot 10^{32}$  joules

L'humanité produit  $5 \cdot 10^{20}$  joules/an...

Le Soleil rayonne  $3,9 \cdot 10^{26}$  joules/seconde...



Il faut aussi fournir l'énergie cinétique ( $\propto Mv^2$ )

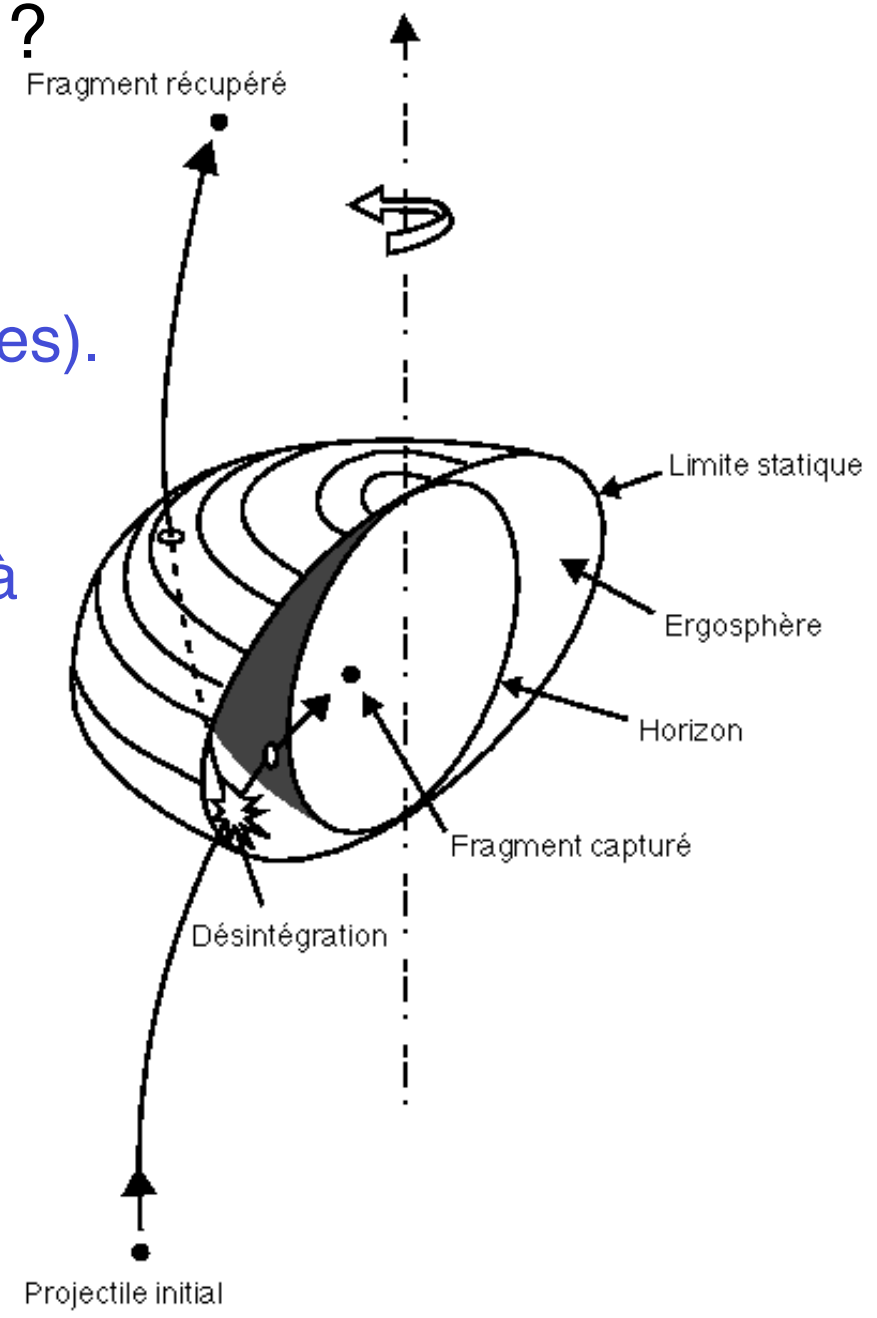
On mesure  $v \approx 10\,000$  km/s, soit  $E_c \approx 6 \cdot 10^{37}$  joules

**Puissance du générateur : quelques  $10^5$  soleils !**

Pourquoi l'explosion d'Alderande a-t-elle un plan de symétrie ?

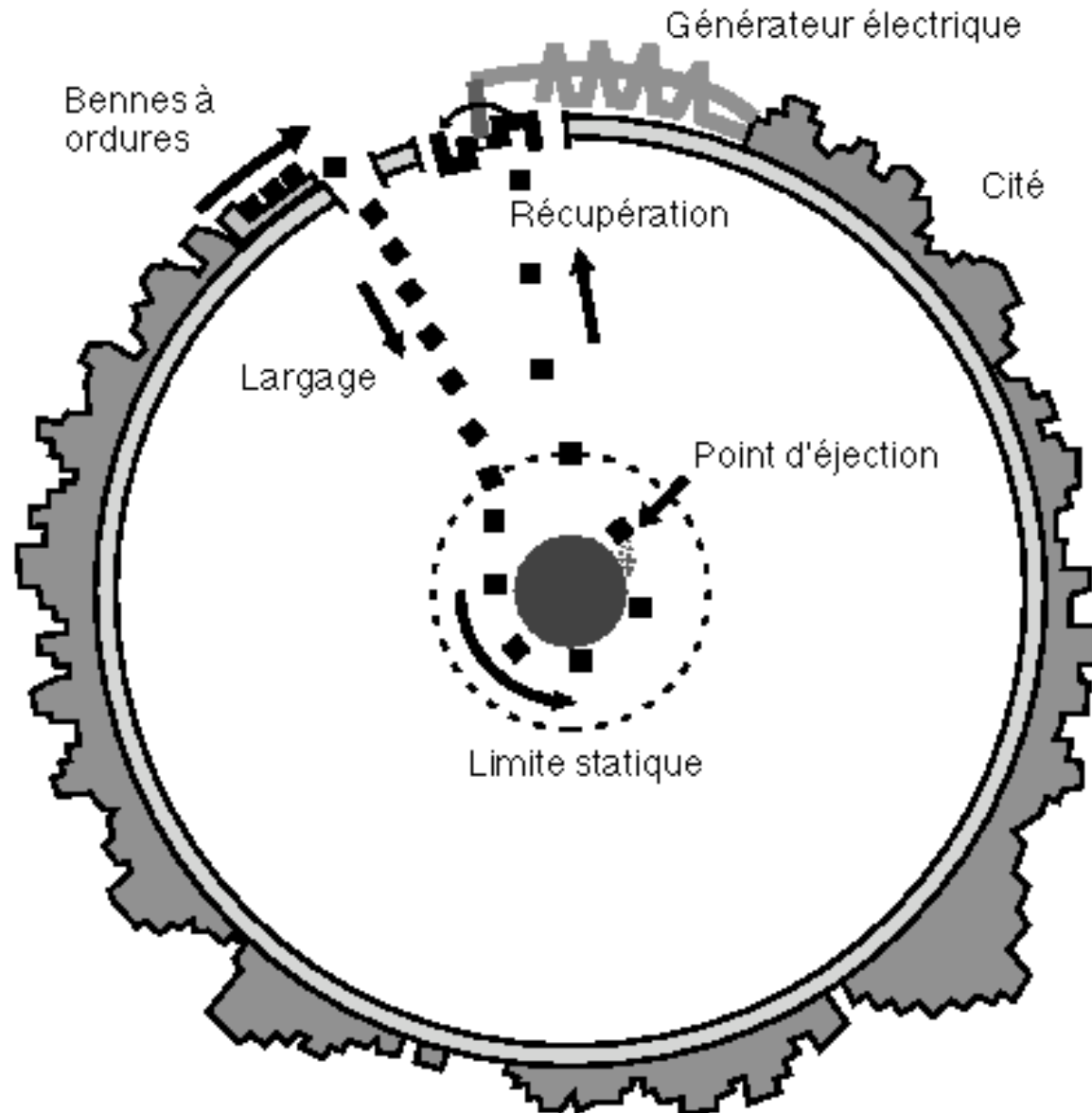
# D'où vient cette fabuleuse énergie ?

- Pas de la fusion (rendement 0,7%)  
C'est bon pour les étoiles, nettement plus grosses (ici, il faudrait  $\approx 30$  masses solaires).
- De l'annihilation matière-antimatière ?  
Il faudrait utiliser une masse équivalente à 3 fois celle de l'Etoile de la Mort, mise en contact avec son « anti-Etoile ».  
Comment stocker cela ?
- D'un petit trou noir central ?





Un trou noir d'un mètre de diamètre ( $\approx 100$  masses terrestres) qui tourne 600 000 fois par seconde: de quoi faire 10 tirs.

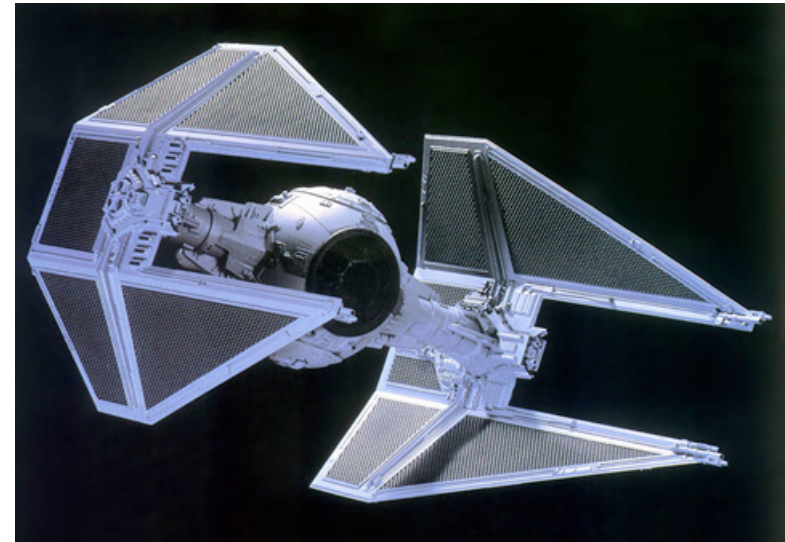


Problème...

# Les véhicules



Quadrupode blindé



Chasseur TIE



Barges

# Le lanspeeder



Coussin d'air ?

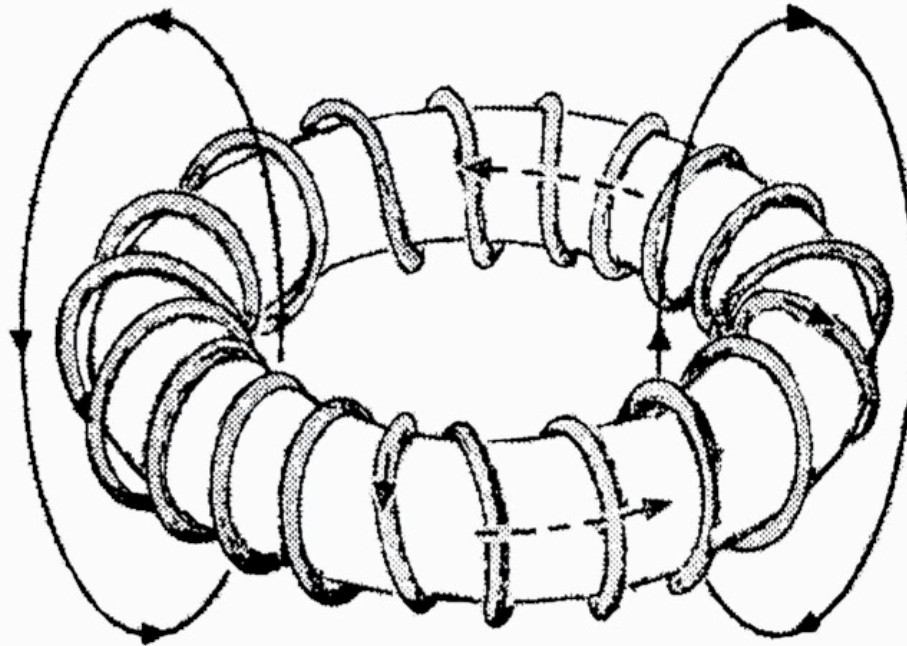
# Lévitation magnétique ?



Champ électrique  $\leftrightarrow$  champ gravitationnel  
Champ magnétique  $\leftrightarrow$  champ gravito-magnétique

Charges  
Courants

Induction gravitationnelle : effet d'un courant de masse, variable dans le temps.



En pratique : matière nucléaire ( $10^{18}$  kg/m<sup>3</sup>) accélérée à  $10^{11}$  m/s<sup>2</sup> !

# La planète Tatooine

Une planète autour d'une étoile double ?

Pourquoi pas, 60% des étoiles vivent en couple !

Les deux soleils de Tatooine semblent voisins du nôtre.



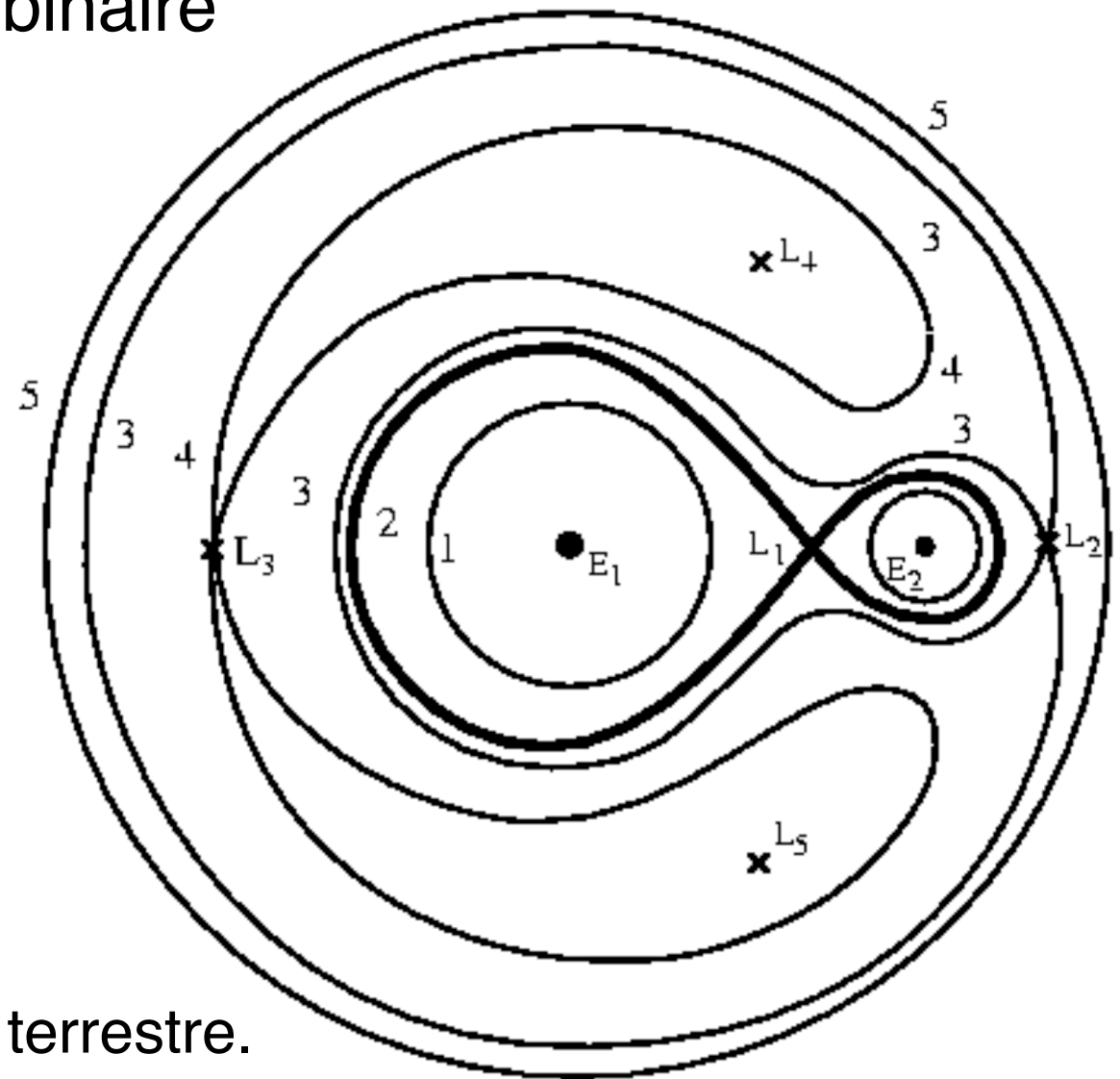
Quelle est l'orbite de Tatooine ?

- Ecart angulaire faible ( $\approx 3-4$  diamètres apparents,  $2^\circ$  environ)
- Forme sphérique (pas d'effet de marée visible entre étoiles)

# Orbites dans un système binaire

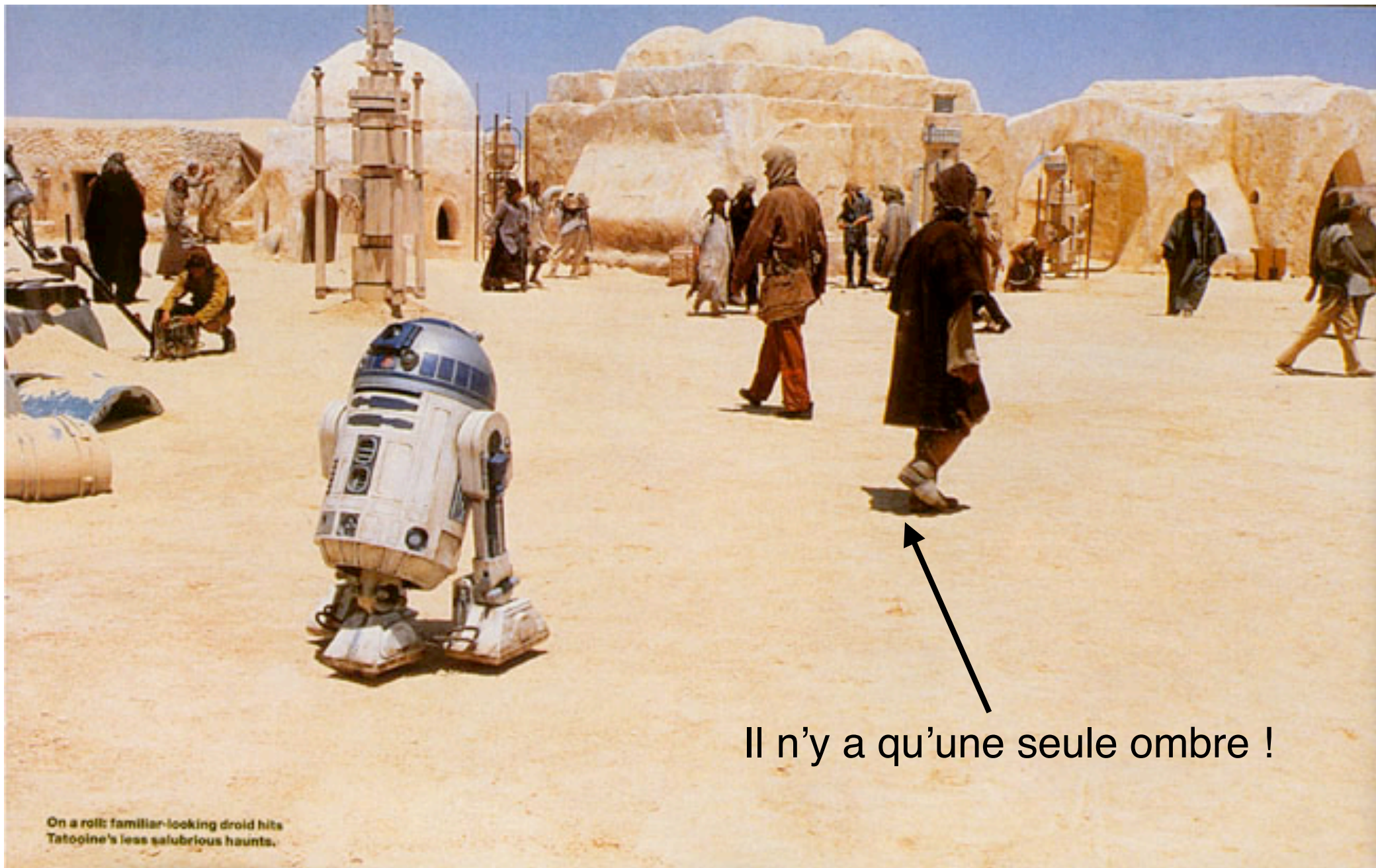
Solution la plus raisonnable :  
L'orbite de Tatoonie englobe les deux soleils à la fois,  
distants de 10 millions de km.

Elle ne doit pas être trop  
proche, ni trop loin, pour que la  
vie puisse s'y développer.  
Par ex. à 200 millions de km  
(soit 1,34 u.a.).



Flux lumineux  $\approx 1,1$  fois le flux terrestre.  
Année de Tatoonie  $\approx 1,1$  années.  
Intéressants effets de marée...

Faillie de dernière minute...



On a roll: familiar-looking droid hits  
Tatooine's less salubrious haunts.

Il n'y a qu'une seule ombre !





## Page de pub !

- D'où viennent les pouvoirs de Superman ?  
EDP Sciences, 2003
- Mais où est donc le temple du Soleil ?  
Flammarion, 2003
- SF, la science mène l'enquête.  
Le Pommier, avril 2007