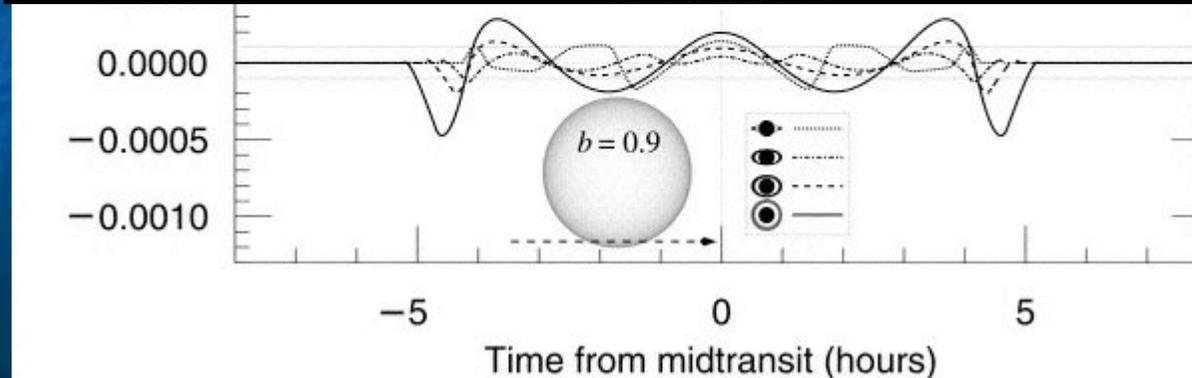
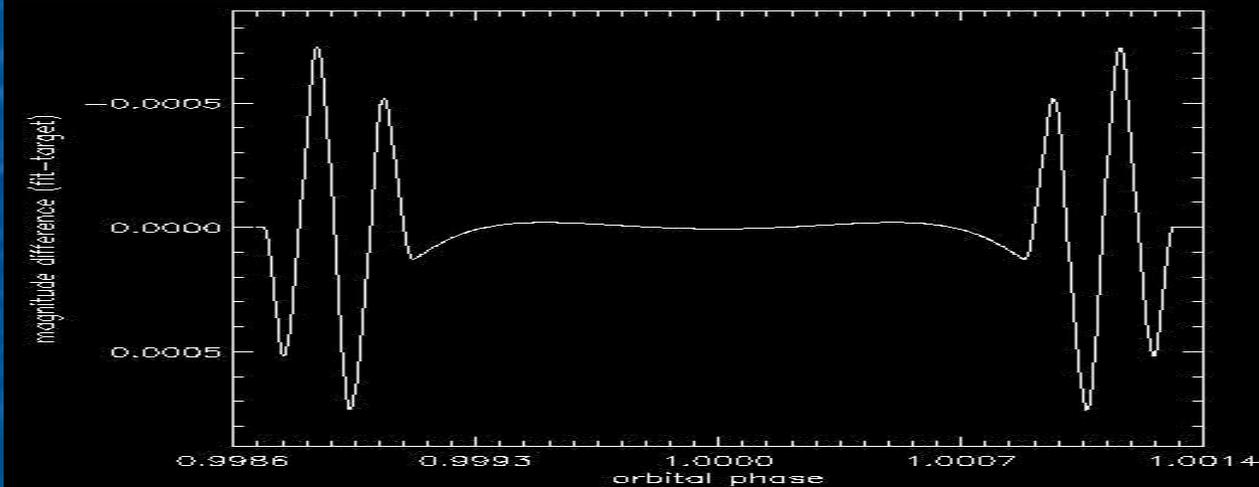
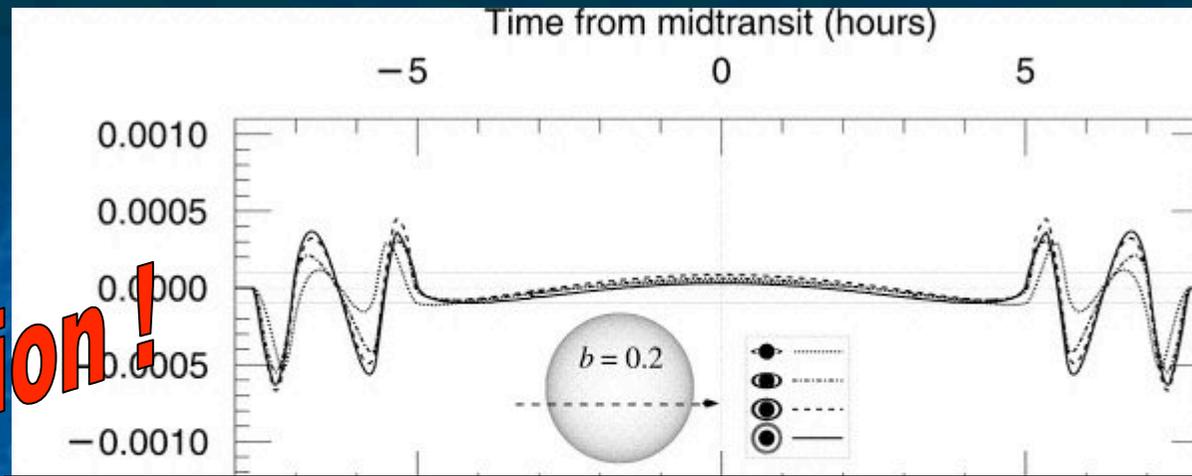
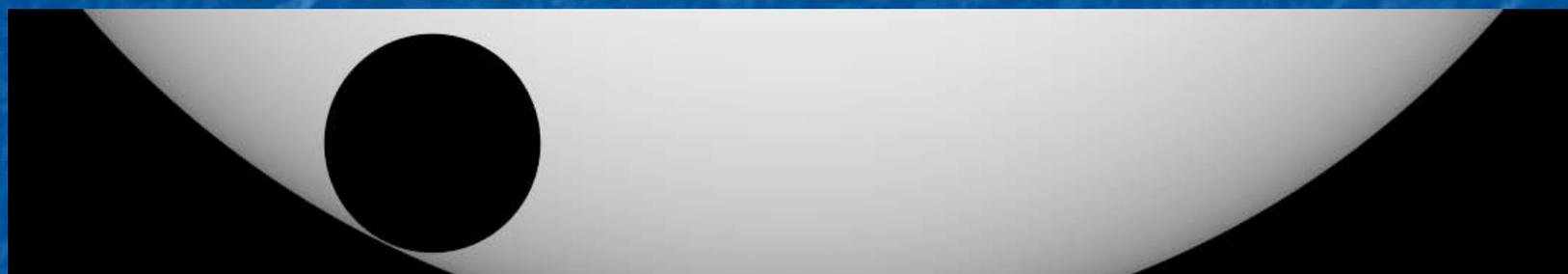
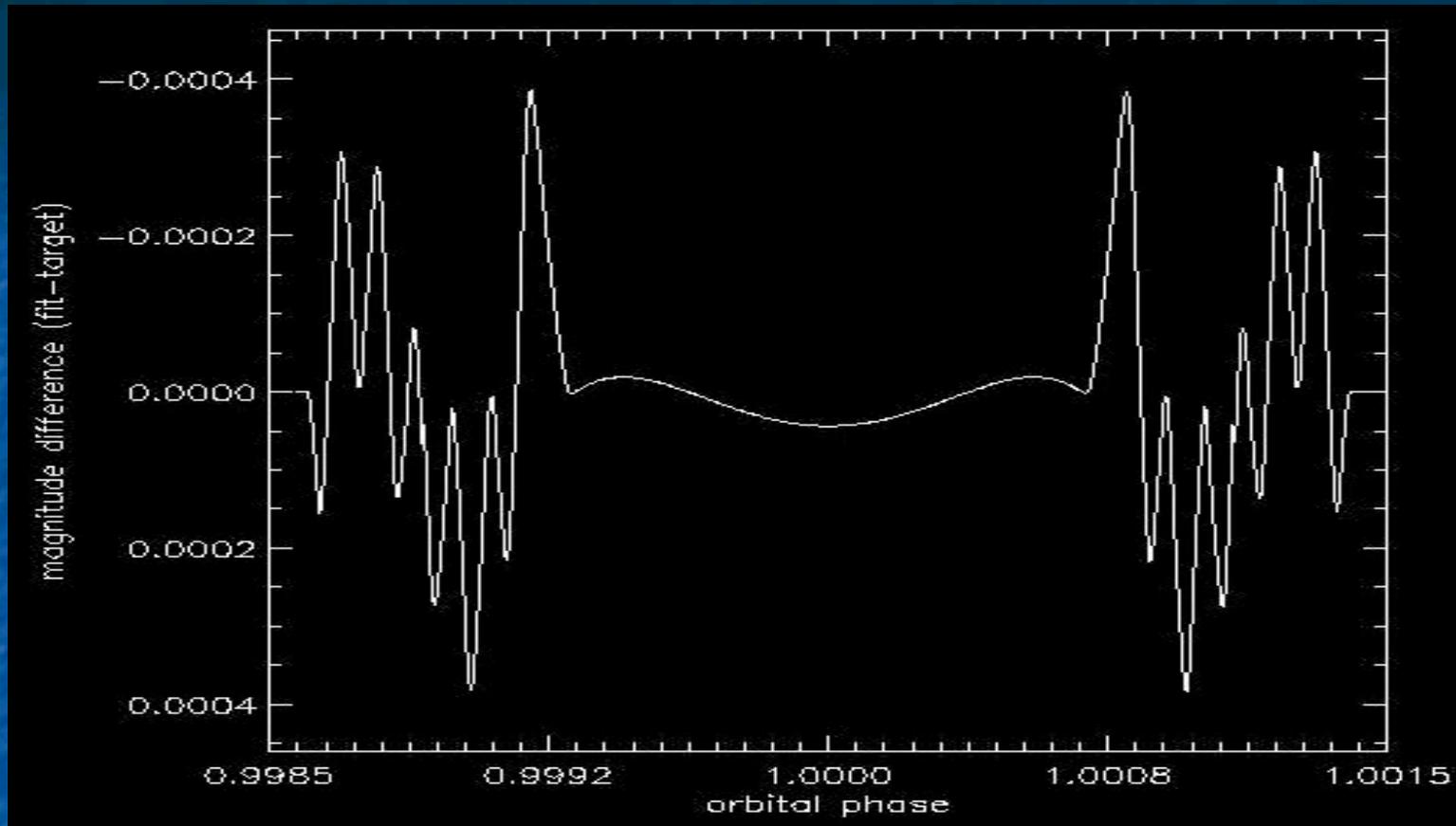


Attention!



- Un objet à 6 écrans

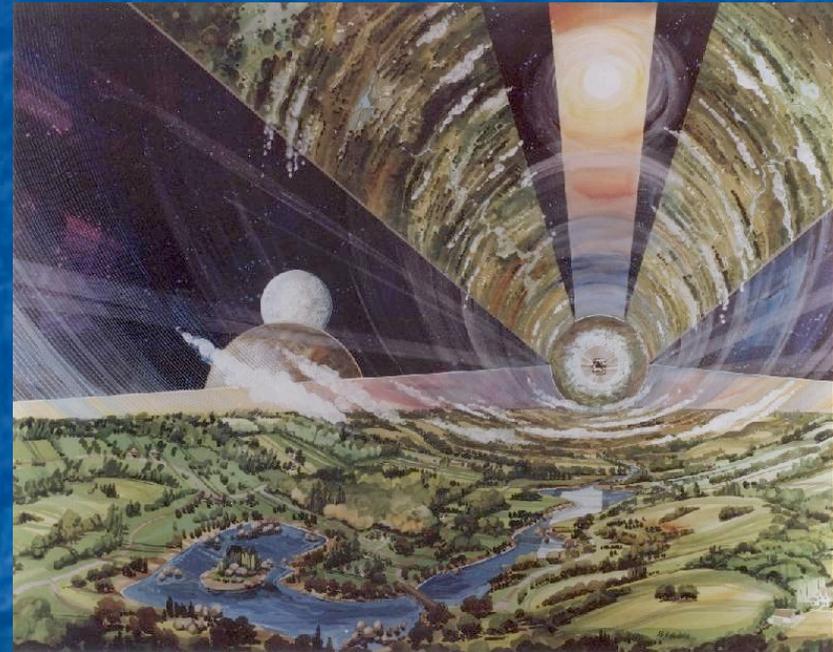
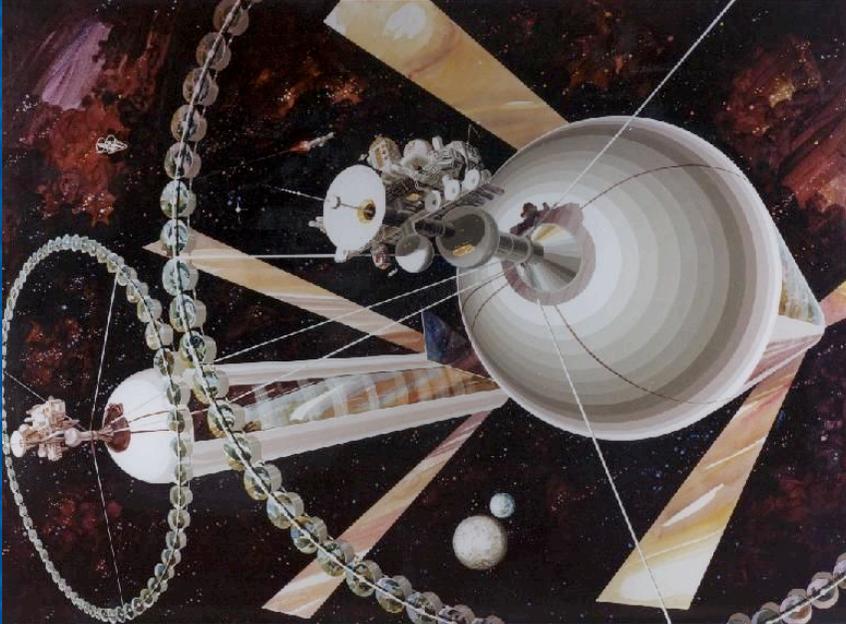




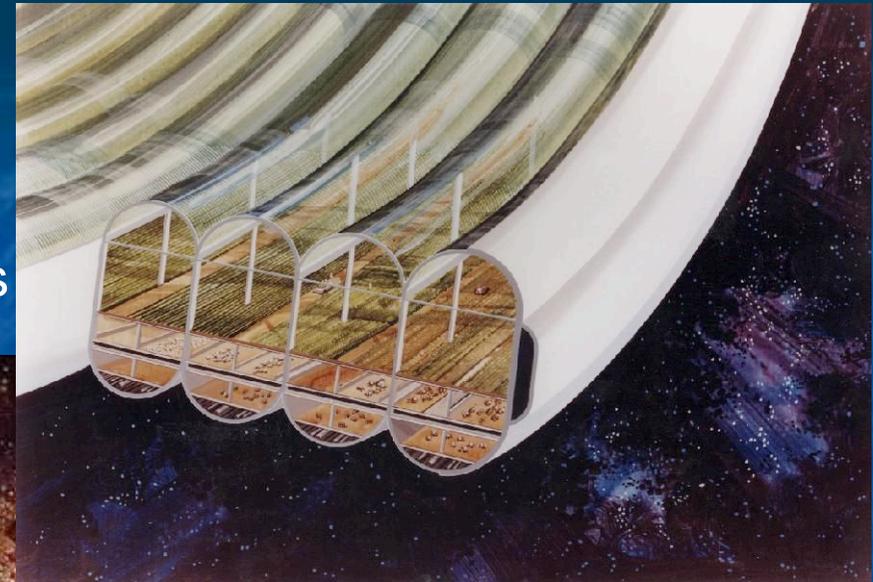
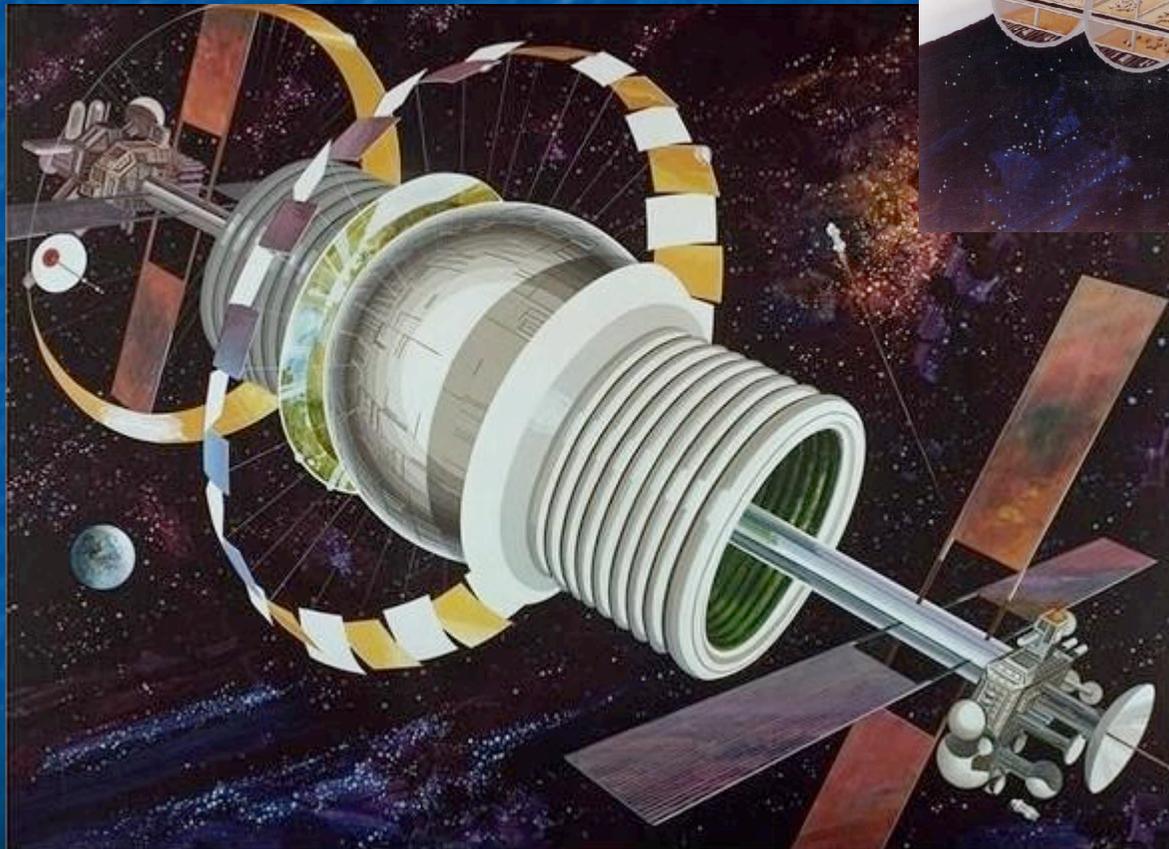
- Plusieurs 'rebonds' en début et fin de transit.
- Ambiguïté possible ? Planète avec plusieurs anneaux concentriques ?
- Mais ces objets sont sûrement en rotation -> levée de l'ambiguïté.

- Conclusion tirée de ces exemples:
  - Un objet non sphérique génère une courbe *non fittable* par une planète (sphère ou *oblate*) surtout si l'objet est en rotation (sinon ambiguïté possible)
  - Précision requise  $10^{-4}$  (Soleil et objet de la taille de Jupiter ou Saturne)
  - Autres formes possibles ? tore, barre (transit à fond plat)

Habitats de O'Neill: cylindres 32 à jusqu'à 200km de long –  
Etudes NASA (1976 NASA Study on Space Manufacturing)

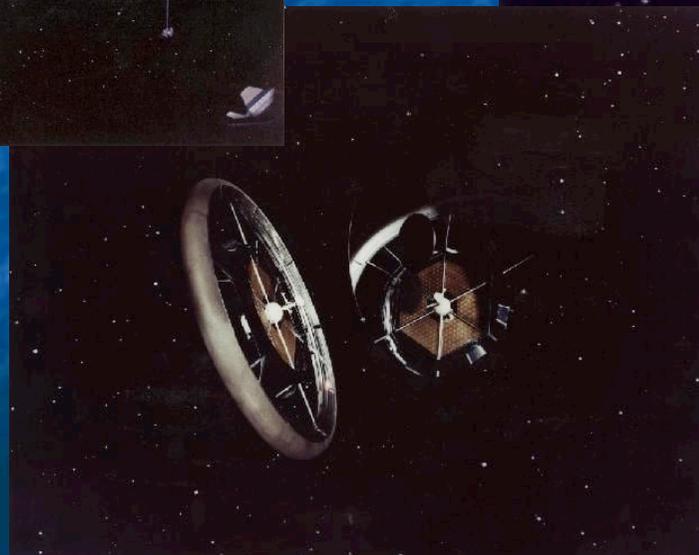
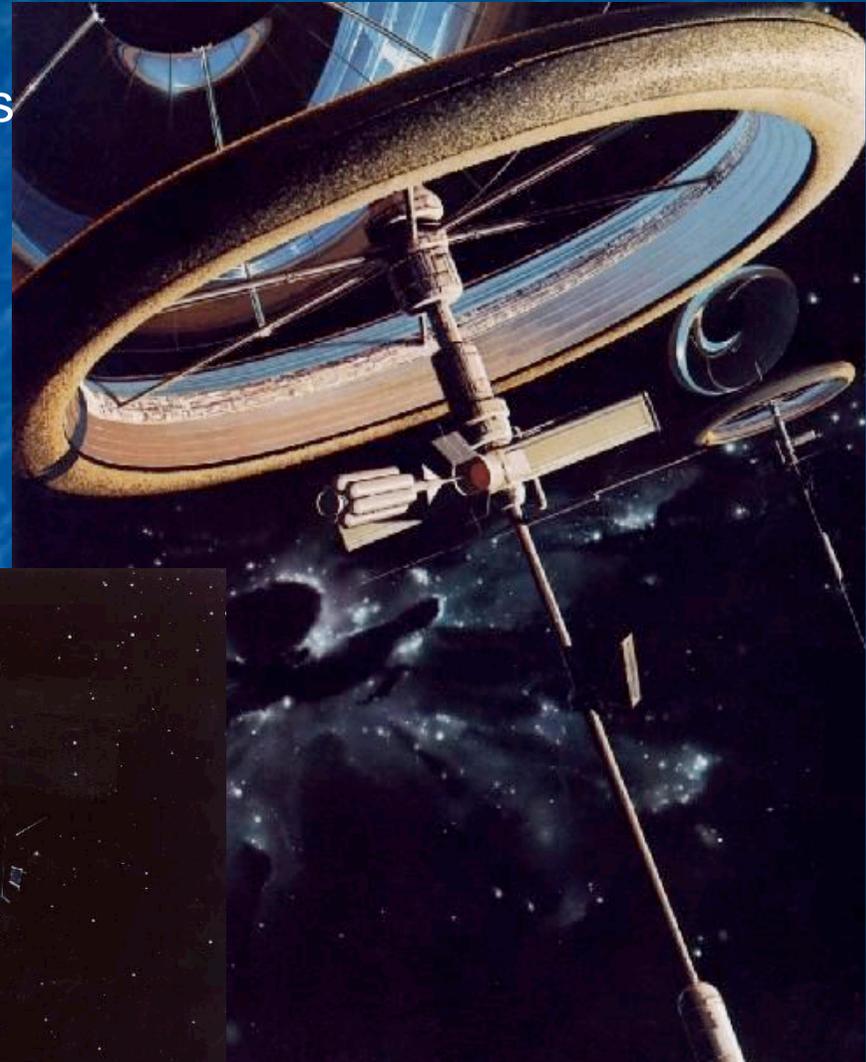
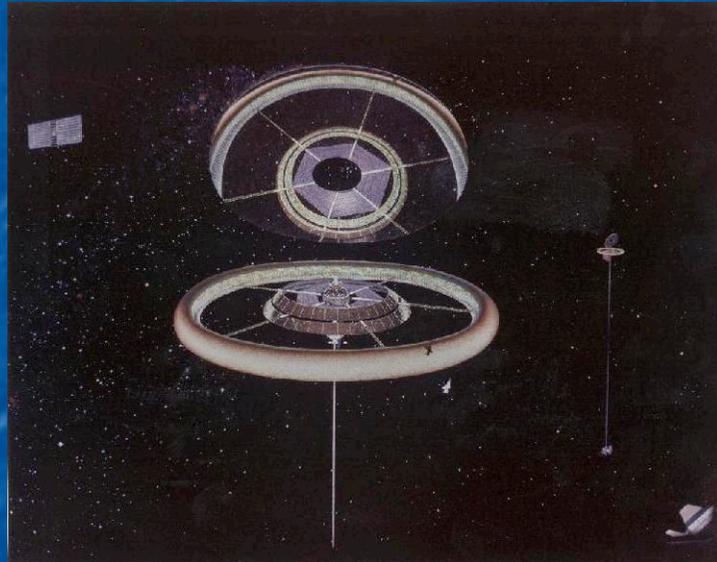


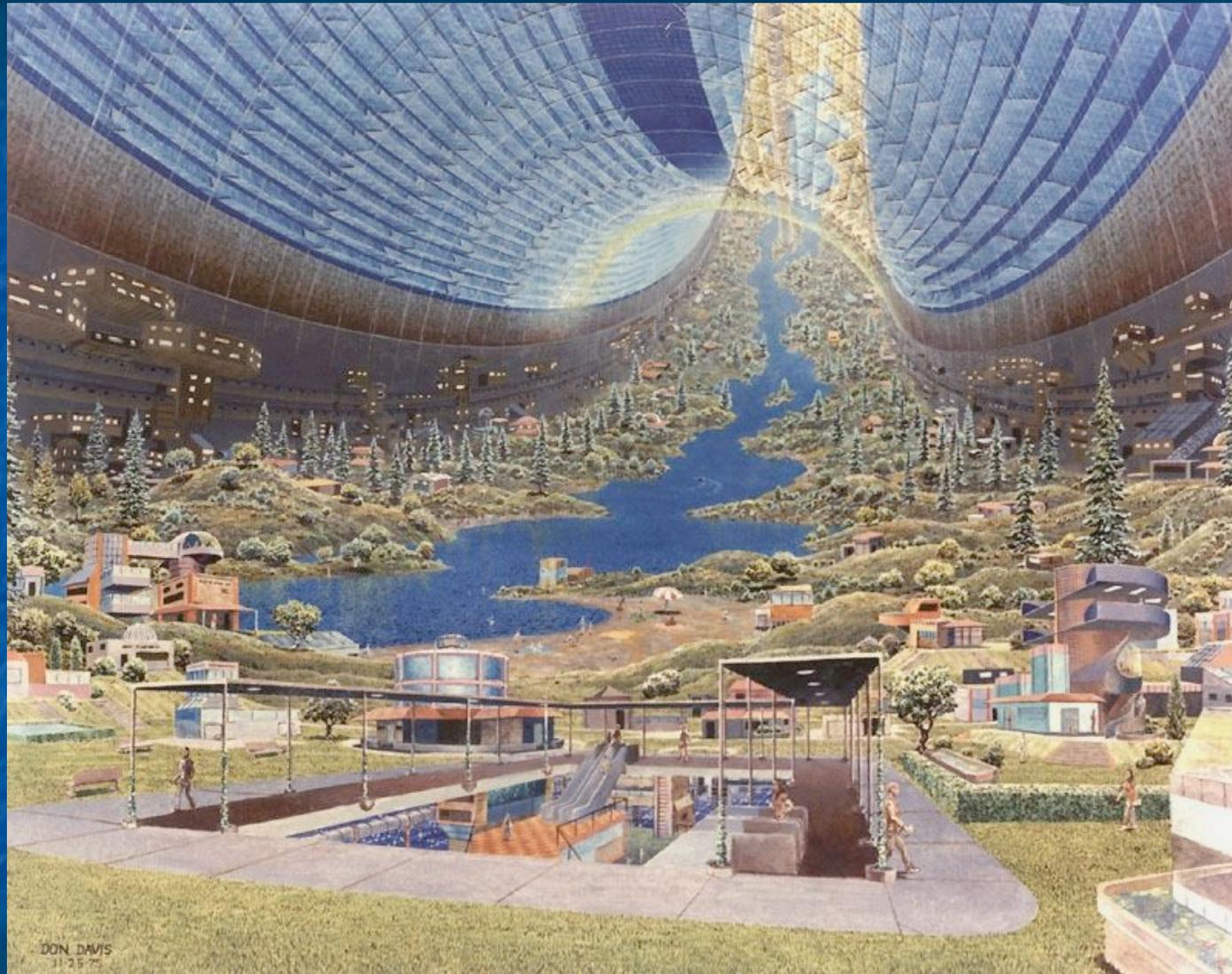
Bernal sphere (70's)  
Etudes NASA (1976 NASA Study  
on Space Manufacturing)  
1,6 km de diamètre, 10000 personnes



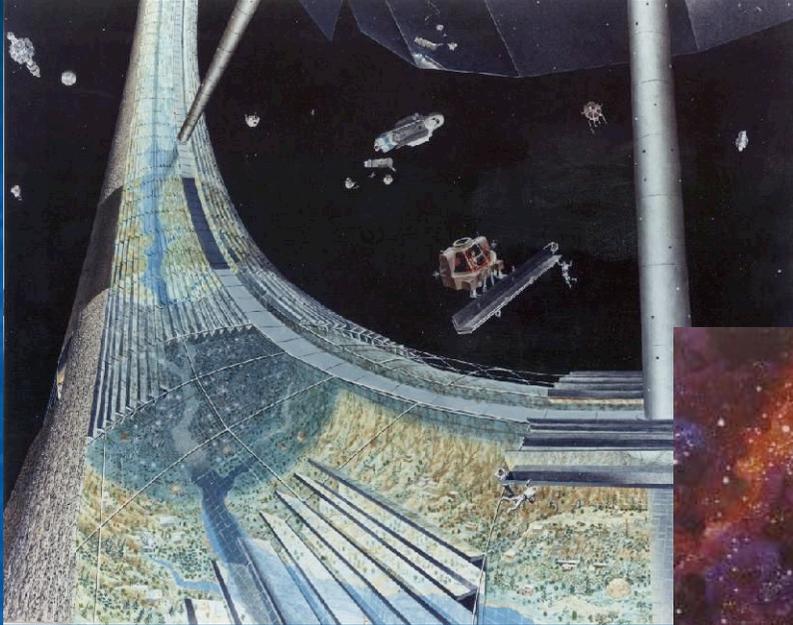
Stanford Torus: 1975 NASA Summer Study, avec Stanford University  
([Space Settlements: A Design Study, NASA Publication SP-413](#))

1,6 km de diamètre, 10000 personnes





Torus: intérieur...

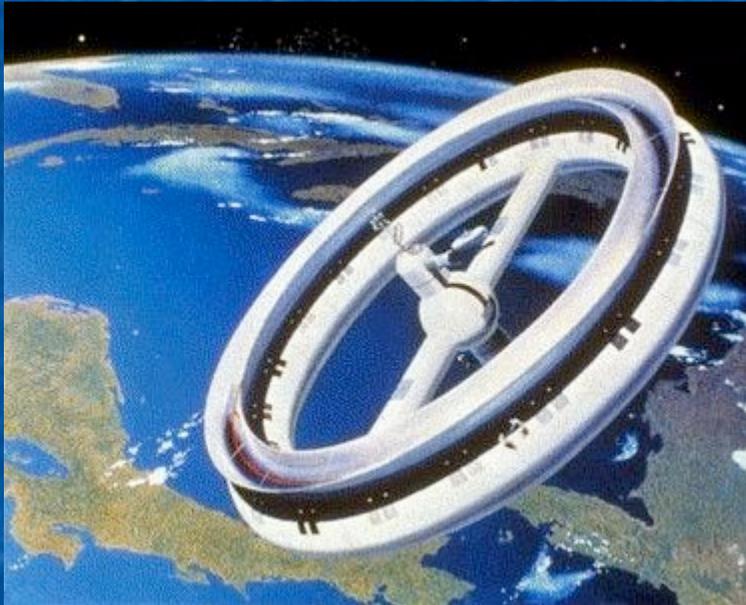


Torus: construction

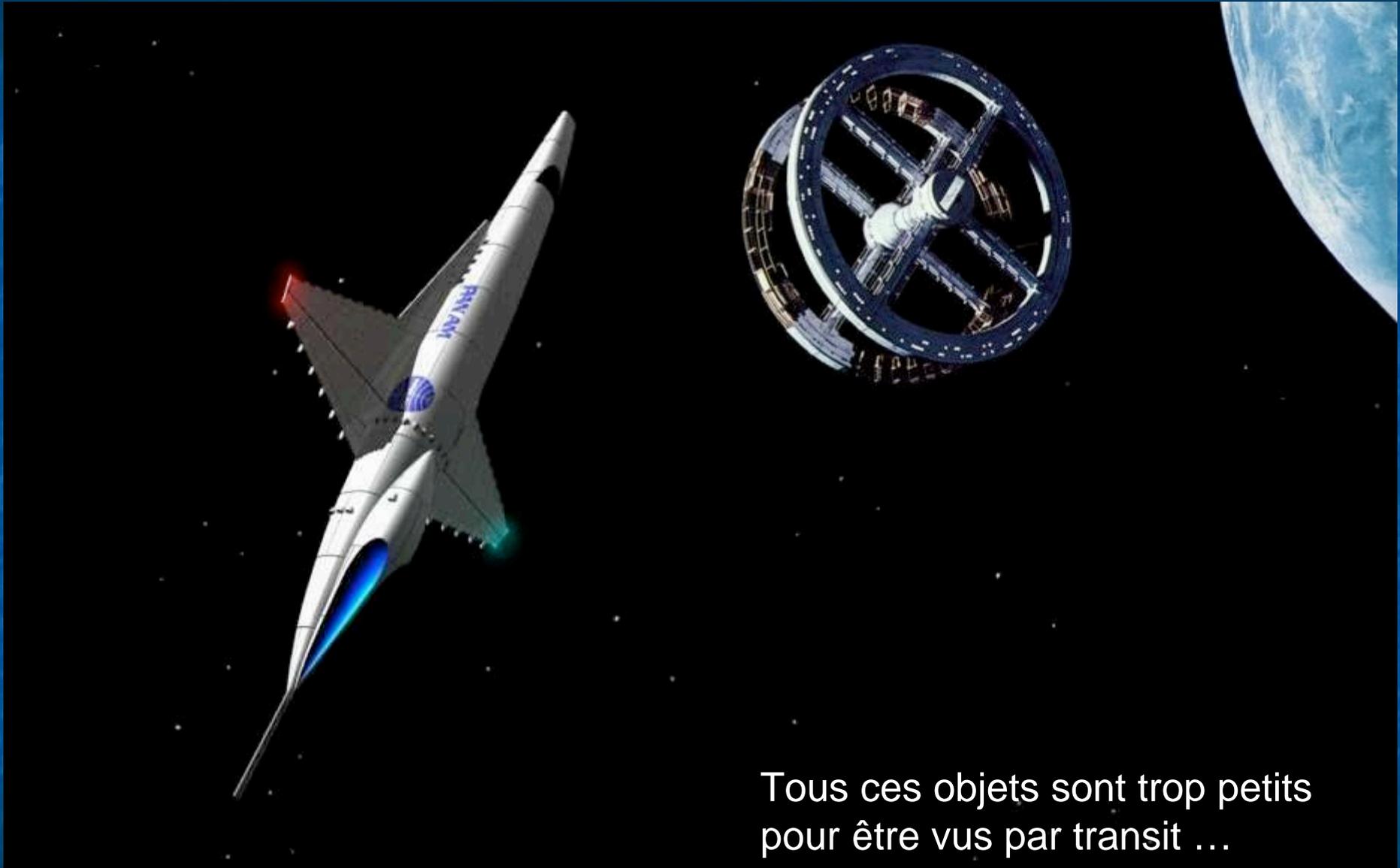
et intérieur....



Première proposition par Werner von Braun en 1952



75 m de diamètre,  
un tour en 22s,  
gravité: 0.3 g

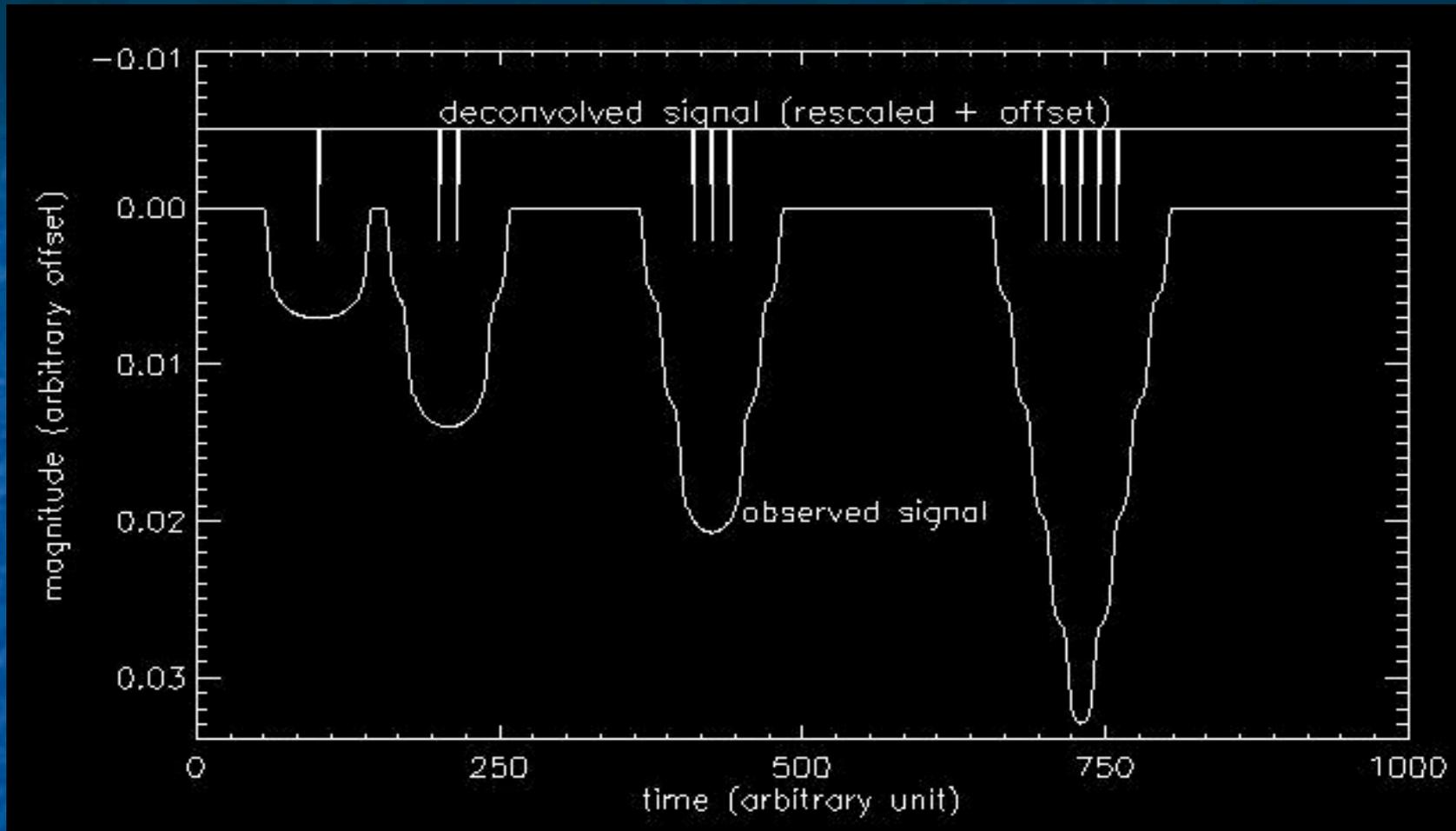


Tous ces objets sont trop petits  
pour être vus par transit ...

## ■ Transits multiples

- Flottille de plusieurs objets
- Arrangement en série de nombres premiers, ou bien en puissance de 2, etc.
- Alternance entre ces 2 positions après plusieurs rotations
- Minimum 2 objets: intervalle de temps entre 2 entrées
- Configurations hors équilibres gravitationnels (sinon 3 objets avec L4 L5)!
- Objets de la taille de Saturne ou Jupiter:  $10^{-2}$  d'atténuation de l'étoile
- Objets de la taille de la Terre:  $10^{-4}$  d'atténuation de l'étoile
- *La volonté de communication serait évidente!*





- Codage temporel (intra- et inter- paquets)
- Message binaire, éventuellement déconvoluable
- Objets plus petits => plus de bits, mais détectabilité moins bonne

- Conclusion de cette partie

- Transits multiples:

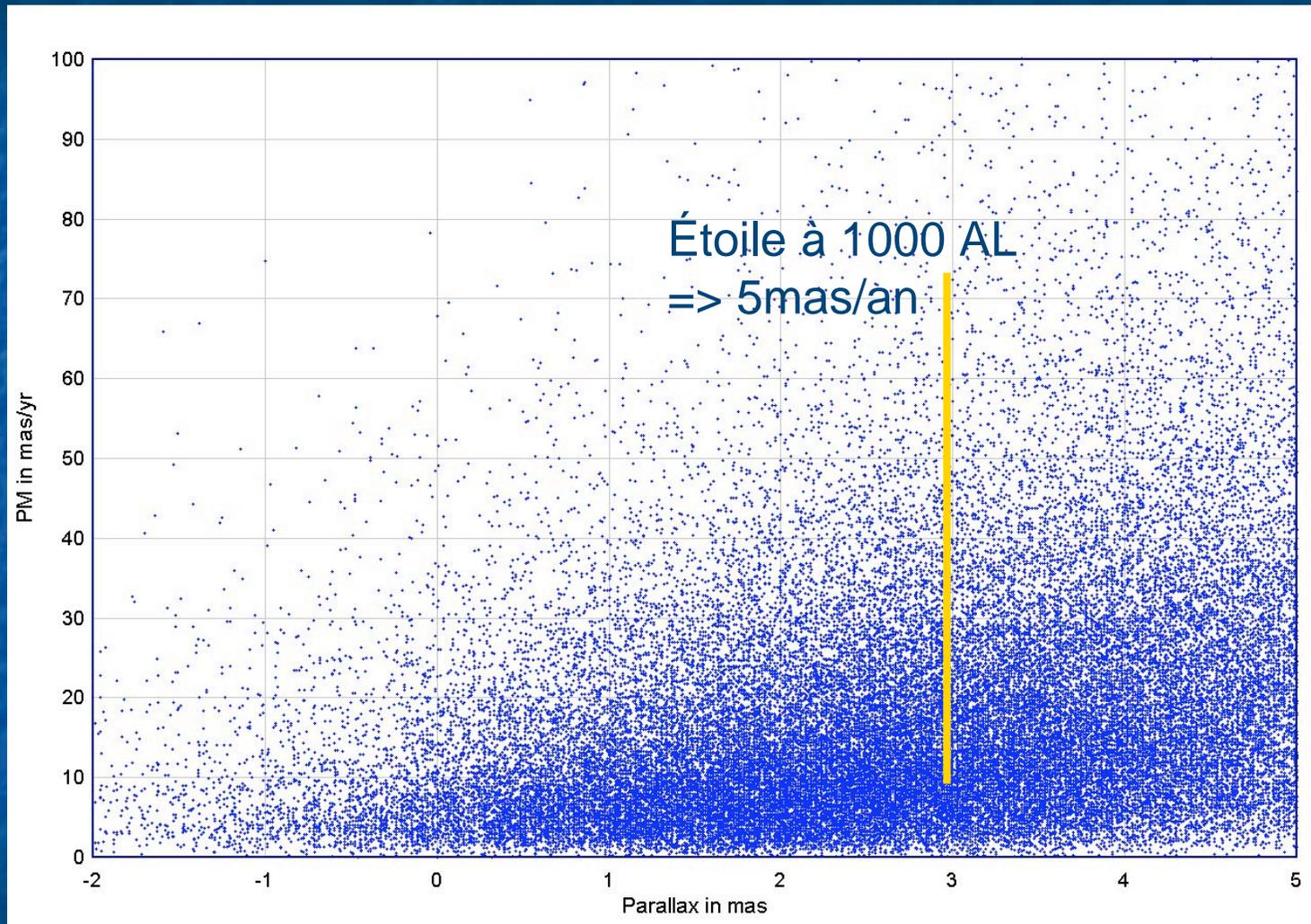
- Signaux binaires (transit/pas de transit)
    - Évidence de la volonté de communication

- Transit d'objet unique non-sphérique

- Très bon S/N nécessaire pour détecter une anomalie dans le forme de l'objet en transit!
    - Donc détection d'une civilisation à son insu plutôt qu'une civilisation cherchant à communiquer ?
    - -> SETT (Search for Extraterrestrial Technology)

## 4. Comparaison de SETI par transit et par pulse laser

- Les transits sont-ils aussi efficaces que les pulses laser pour la communication interstellaire ?
  - Définition du flux d'information
    - Transit:
      - $b_t = n \Omega / T = 4 \cdot 10^{-9} \text{ bit.ster/s}$  pour un objet à 1UA
      - $b_t = 10^{-7}$  à 0.4 UA et avec 10 objets
    - Laser pulse:
      - $b_p = n \Omega / T = 2 \cdot 10^{-15} \text{ bit.ster/s}$  (Kingsley 2001)
      - Si on suppose que la vie est concentrée près des étoiles:
        - $10^6$  étoiles à 1000 AL
        - Une étoile à 1000 AL se déplace de 5'' durant le voyage du faisceau laser... Il faut donc anticiper pour viser juste !
- $b_p = 10^{-7} \text{ bit.ster/s}$  en supposant qu'ET connaît le mouvement propre de l'étoile cible (sinon,  $b_p = 10^{-13} \text{ bit.ster/s}$  !)



Données Hipparcos – Mignard 2005, com. privée

## ■ Portée des 2 méthodes

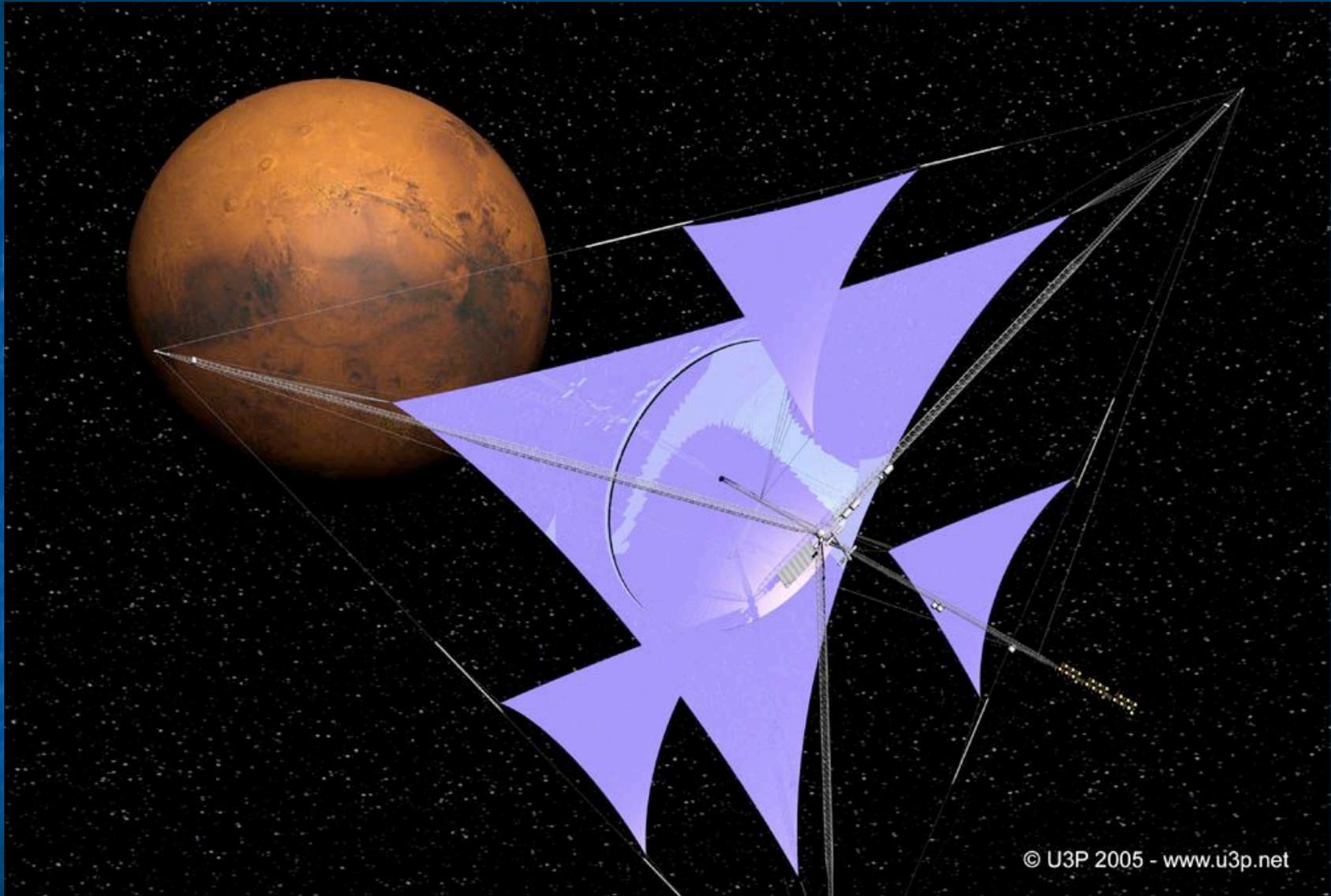
- Photométrie des transits: OGLE magnitude (presque limite) de  $I=15,7$  avec un télescope de 1.3m, sur une étoile à 8000 AL
- Avec laser  $10^{18}$ W/pulse (Kingsley 2001) à 8000 AL envoyé par télescope de 10m, 2 photons/pulse arrive dans le télescope OGLE 1.3m
  - > c'est à la limite de la détection

- Les transits sont une bonne méthode *pour se montrer ou pour attirer l'attention*
  - Couverture du ciel autour de  $10^{-7}$  bit.sr/s
  - Portée:  $> 10000$  AL
- Ensuite chercher des pulses laser, parce que les lasers sont plus efficaces en terme de *bit/sr/s*

5. Considérations élémentaires  
sur la faisabilité d'objets  
(écrans) géants

- Laser de puissance
- $6 \times 10^{14}$  W/pulse avec LMJ ou NIF (vers 2008)
- 1000 x moins que  $10^{18}$ W (Kingsley 2001)
- 1 tir/jour pleine puissance
- Humanité aujourd'hui capable de  $b_p = 10^{-13}$  *bit.ster/s*
- On peut avoir  $b_p > 10^{-13}$  *bit.ster/s* avec laser moins puissant et  $f = 1$  Hz, mais de portée plus faible...

- **Grandes structures**
- O'Neill, Stanford Torus, Bernal: qq 1 à 200 km *seulement => transits noyés dans le bruit solaire*
- -> *structure passive type voile solaire*
- Déploiement des 'grandes structures' dans l'espace: Znamya-2 en 1993 diamètre 20m
- Terre diamètre 12 000 000 m ...
- Provoque  $7 \times 10^{-5}$  d'atténuation solaire
- Humanité aujourd'hui capable de  $b_t = 0$  *bit.ster/s*



© U3P 2005 - [www.u3p.net](http://www.u3p.net)

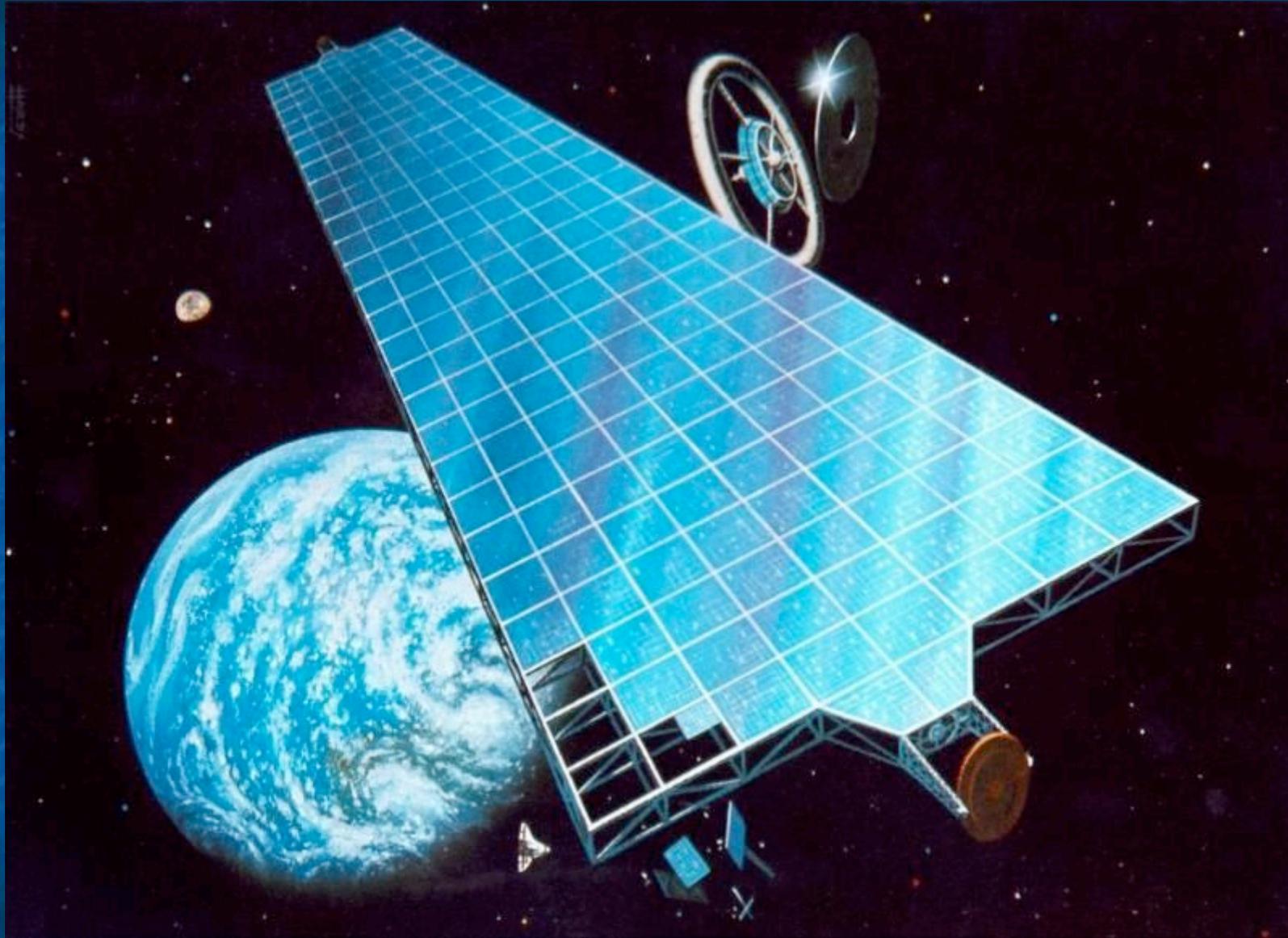
- Mini étude de faisabilité: Peut-on fabriquer une voile de 1 micron d'épaisseur et 12 000 km de diamètre (diam. terrestre) ?
- Volume équivalent: diamètre 632m



- *Astroengineering* d'un astéroïde métallique:  
94 % de Fe
- Quelle énergie pour le laminier en une feuille de 1 micron ?
  - Chauffage de 0 à 1808 K:  $7.1 \cdot 10^{14}$  Wh
  - Fusion à 1808 K:  $2.3 \cdot 10^{14}$  Wh
  - Total= $9.4 \cdot 10^{14}$  Wh = 2 ans de *production électrique* française en 2000 = de l'ordre de 1 semaine de la production mondiale d'énergie

- *Astroengineering* d'un astéroïde de silicate
- Quelle énergie pour en faire une feuille de 1 micron de Si amorphe ?
  - Chauffage + fusion:  $8 \cdot 10^{14}$  Wh
  - Énergie nécessaire: pratiquement la même que pour le Fe ! ....
- **Avantage: en faire un panneau photovoltaïque !**
  - Flux solaire 1375 Watts/m<sub>2</sub> à 1 UA  
12000km de diam font  $0.11 \cdot 10^{15}$ m<sup>2</sup>  
Soit une puissance crête reçue de  $150 \cdot 10^{15}$  W  
Rendement de 6% (Si amorphe) =  $9 \cdot 10^{15}$  W  
*En quelques minutes, le panneau produit l'énergie qu'il a fallu pour le fabriquer !*

NASA – Stanford University 1975



- Masse de l'astéroïde ferreux de 632m de diamètre:  
 $1,04 \times 10^{12}$  kg
- Production mondiale d'acier brut en 2004:  
1050 millions de tonnes =  $1.05 \times 10^{12}$  kg <http://www.ffacier.org/>
- Suggestions et calculateurs bienvenus
  - Mise en orbite depuis la Terre ?
  - Orbites possibles (précession pour signal sur  $4\pi$  sr)
  - Structure (rotation *anti-collapse*)
  - Pertes par rayonnement
  - Etc.

## Conclusions...

- « *Nous sommes sûrement la civilisation technologiquement la plus arriérée de toute la Galaxie* » (Sagan 1980)
  
- Lectures:
  - Cosmos, Carl Sagan (1980)
  - Rare Earth, Ward & Brownlee (2000)
  - Intelligent Life in the Universe, P. Ulmschneider (2003)
  
- Web:
  - <http://setileague.free.fr/>
  - [www.seti-inst.edu/](http://www.seti-inst.edu/)
  - <http://www.obs-hp.fr/~arnold/> (ou Luc Arnold sur *Google* !)
  - Etc.