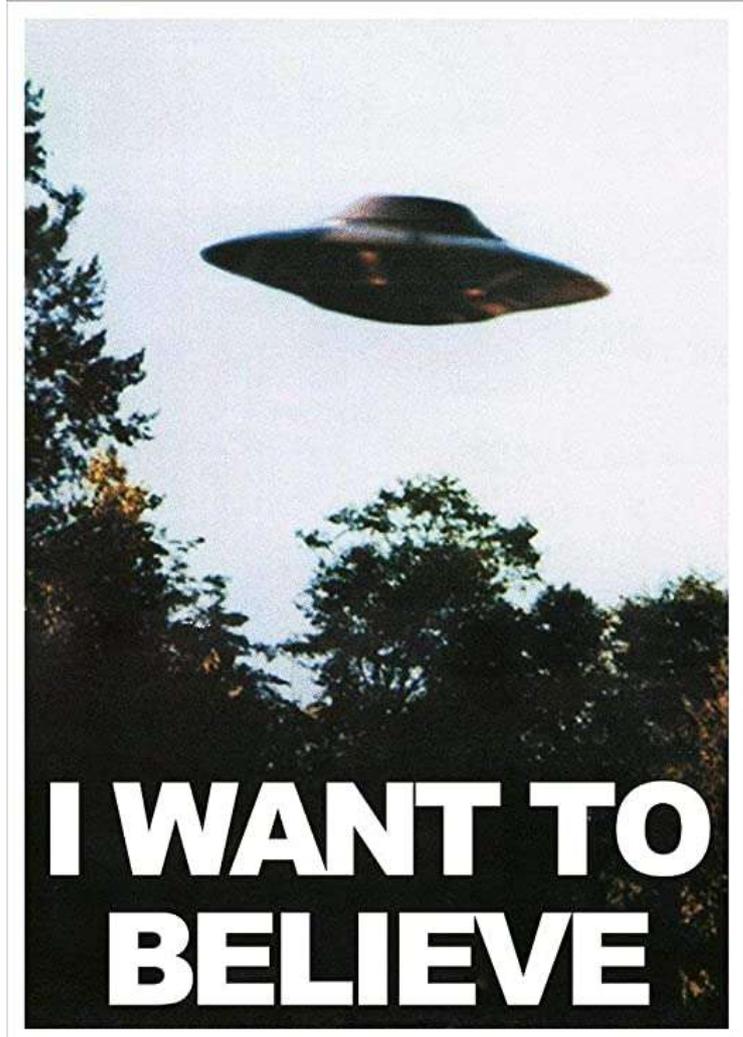


Le Physicien & les Extra-Terrestres...



Le Physicien & les Extra-Terrestres...



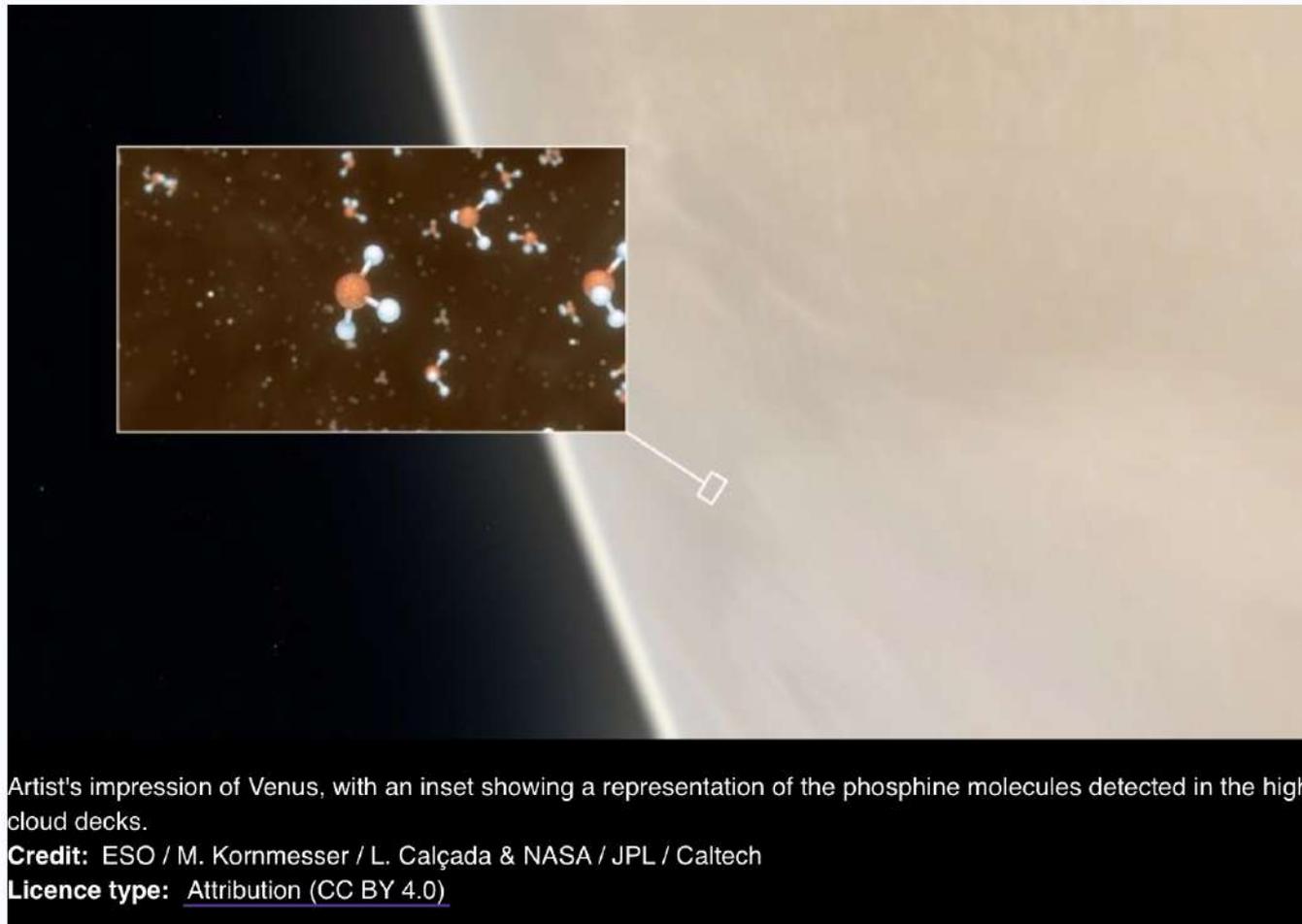
De la « vie » sur Venus ?



<https://ras.ac.uk/news-and-press/news/hints-life-venus>

Home | News & Press | Journals | Events | Library | Awards & Grants | Education & Outreach | About the RAS | A&G | Membership |

| Hints of life on Venus



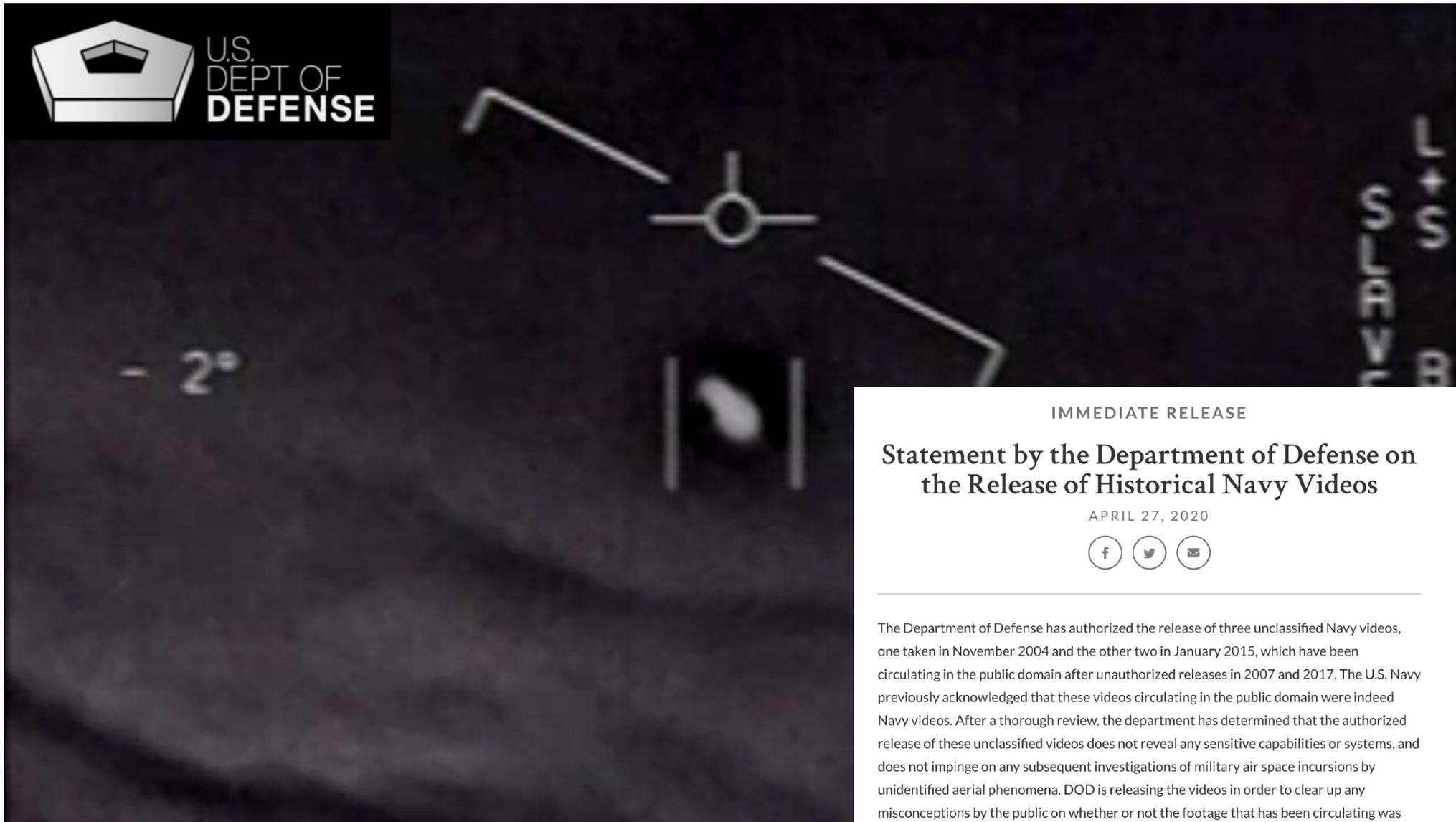
Artist's impression of Venus, with an inset showing a representation of the phosphine molecules detected in the high cloud decks.

Credit: ESO / M. Kornmesser / L. Calçada & NASA / JPL / Caltech

Licence type: [Attribution \(CC BY 4.0\)](#)



Des « OVNIS » selon le Pentagone (Avril 2020)



<https://www.defense.gov/Newsroom/Releases/Release/Article/2165713/statement-by-the-department-of-defense-on-the-release-of-historical-navy-videos/>

The Department of Defense has authorized the release of three unclassified Navy videos, one taken in November 2004 and the other two in January 2015, which have been circulating in the public domain after unauthorized releases in 2007 and 2017. The U.S. Navy previously acknowledged that these videos circulating in the public domain were indeed Navy videos. After a thorough review, the department has determined that the authorized release of these unclassified videos does not reveal any sensitive capabilities or systems, and does not impinge on any subsequent investigations of military air space incursions by unidentified aerial phenomena. DOD is releasing the videos in order to clear up any misconceptions by the public on whether or not the footage that has been circulating was real, or whether or not there is more to the videos. The aerial phenomena observed in the videos remain characterized as "unidentified." The released videos can be found at the Naval Air Systems Command FOIA Reading Room: <https://www.navair.navy.mil/foia/documents>.

Des « OVNIS » selon le Pentagone (Avril 2020)



IMMEDIATE RELEASE

Statement by the Department of Defense on the Release of Historical Navy Videos

APRIL 27, 2020



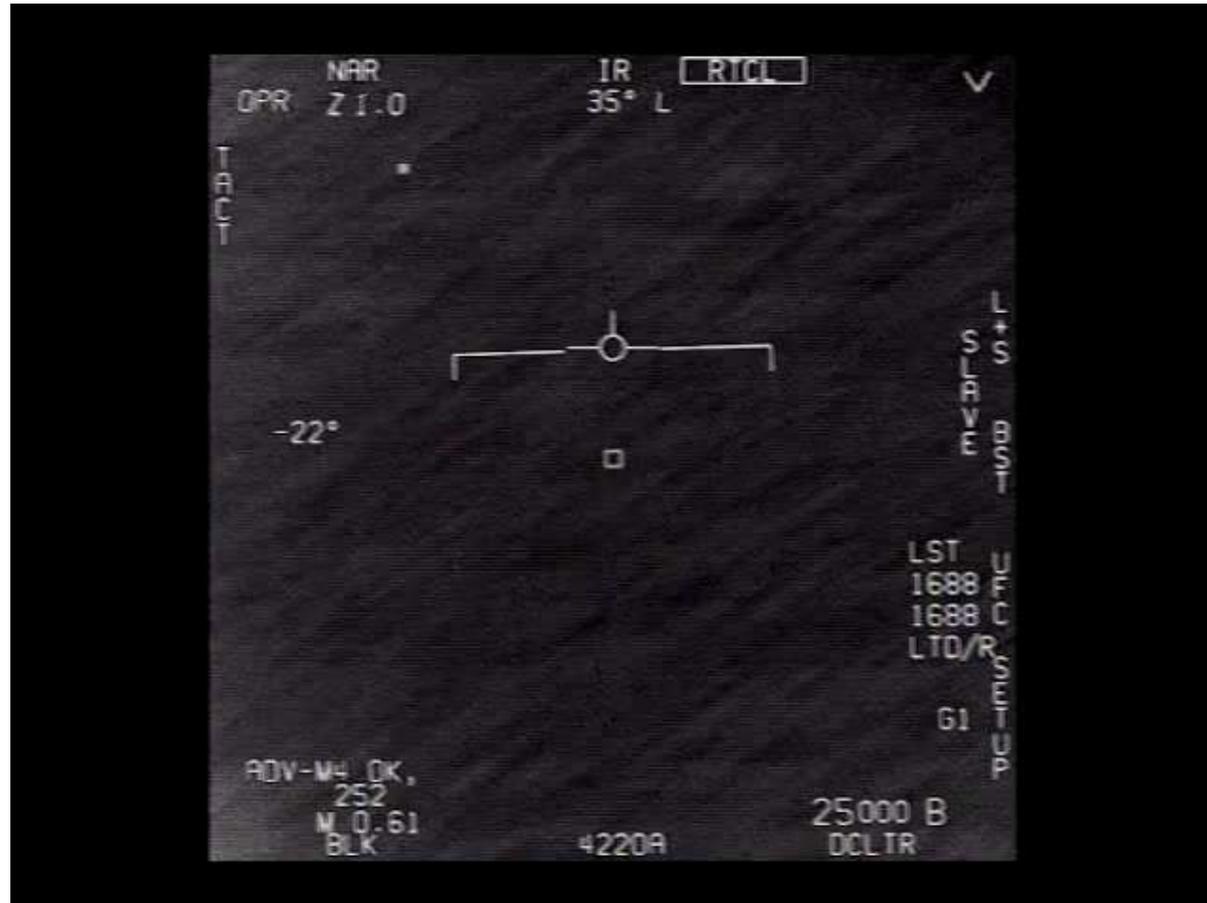
The Department of Defense has authorized the release of three unclassified Navy videos, one taken in November 2004 and the other two in January 2015, which have been circulating in the public domain after unauthorized releases in 2007 and 2017. The U.S. Navy previously acknowledged that these videos circulating in the public domain were indeed Navy videos. After a thorough review, the department has determined that the authorized release of these unclassified videos does not reveal any sensitive capabilities or systems, and does not impinge on any subsequent investigations of military air space incursions by unidentified aerial phenomena. DOD is releasing the videos in order to clear up any misconceptions by the public on whether or not the footage that has been circulating was real, or whether or not there is more to the videos. The aerial phenomena observed in the videos remain characterized as "unidentified." The released videos can be found at the Naval Air Systems Command FOIA Reading Room: <https://www.navair.navy.mil/foia/documents>.

Des « OVNIS » selon le Pentagone (Avril 2020)



<https://www.navair.navy.mil/foia/documents>

Des « OVNIS » selon le Pentagone (Avril 2020)



<https://www.navair.navy.mil/foia/documents>

2020, les 60 ans de l'ancêtre de SETI...



Our
Scientists

Core
Research

Education
& Outreach

About
Us

Donate
Now

Project Ozma (1960) → SETI (1984)

About Us

Mission

Senior Staff

Scientists

Board of Trustees

Emeritus Board

Science Advisory Board

Science Council

Council of Advisors

Carl Sagan Center

Center for Education

Center for Outreach

Become a PI or Affiliate
at the SETI Institute

Jobs

Employee Benefits

History of the SETI
Institute

Activity Reports

Contact us

Financials

For Media

Mission



The mission of the SETI Institute is to explore, understand and explain the origin and nature of life in the universe and the evolution of intelligence.

About the SETI Institute

<https://www.seti.org>

2020, les 60 ans de l'ancêtre de SETI...

cnes CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES
geipan GROUPE D'ÉTUDES ET D'INFORMATIONS SUR LES PHÉNOMÈNES AÉROSPATIAUX NON IDENTIFIÉS

Le GEIPAN | Actualités | Documentation | Recherche de cas | CAIPAN 2014 | Glossaire | Stats | Qu'ai-je vu ? | Témoigner | FAQ |

Toute l'actualité du GEIPAN

VOS QUESTIONS
J'ai observé un phénomène étrange, que dois-je faire ?
OVNI, UFO, PAN, quelle différence ?

LA CLASSIFICATION DES PHÉNOMÈNES AÉROSPATIAUX

| Type | Pourcentage | Nombre de cas |
|--|-------------|---------------|
| Phénomènes non identifiés (D) | 3.5% | 101 |
| Phénomènes parfaitement identifiés (A) | 22% | 615 |
| Phénomènes probablement identifiés (B) | 40.5% | 1134 |
| Cas inexploitable (C) | 34% | 956 |

statistiques du 22/08/19

Les Phénomènes Aérospatiaux Non Identifiés de type D publiés sur le site représentent 3.5% des cas. Cliquez sur le camembert pour obtenir des statistiques détaillées.

Les PAN D correspondent à des enquêtes qui n'ont pas permis d'avancer une explication aux observations rapportées, malgré la qualité et la consistance des données et des témoignages. Ce sont, au vrai sens du terme, des "phénomènes aérospatiaux non identifiés".

NOUVEAUX DOSSIERS

- Février 2020
2839 cas publiés au total sur le site
- Décembre 2019
2838 cas publiés au total sur le site

Publication des plus anciens cas d'observation soumis au GEPAN
Peu après sa création en 1977, le GEPAN a reçu des rapports d'observation de PAN, confiés par divers organismes officiels [...]

MISSIONS, METHODES ET RESULTATS

40 ans de GEIPAN, c'est d'abord 40 ans d'émotions dans le ciel
(Download an english version of this text)

Au départ d'une intervention GEIPAN il y a un ou plusieurs témoins qui nous confient leur « extraordinaire » d'un jour :

- Et c'est vraiment extraordinaire ... Le témoin vient au GEIPAN, car pour lui, ce qu'il a vu est inexplicable, ça échappe à son entendement. Quelle que soit l'explication qui sera donnée ensuite par le GEIPAN, au moment où le témoin vient, c'est EXTRAORDINAIRE ;
- Ils nous confient leur « extraordinaire », et c'est un acte de confiance, ce n'est pas toujours facile d'en parler... On peut passer pour « dérangé » ...Le GEIPAN assure l'anonymat des témoins.

Cette intensité d'un vécu peuple nos témoignages :

- Dans les écrits des témoins, on trouve fréquemment : « je n'ai pas rêvé. », « je vous assure que je ne bois pas », « s'il vous plaît croyez-moi », « Je n'en dors plus »,
- L'émotion est aussi dans la voix au téléphone ou dans les croquis souvent extrêmement précis.

[Lire la suite >>>]

A PROPOS DE VOTRE TÉMOIGNAGE...

<https://www.geipan.fr>

GEIPAN (CNES, 2005)

...les 90 ans du fondateur de SETI...



Richard Drake (1930-)
Project Ozma (1960) → SETI (1984)

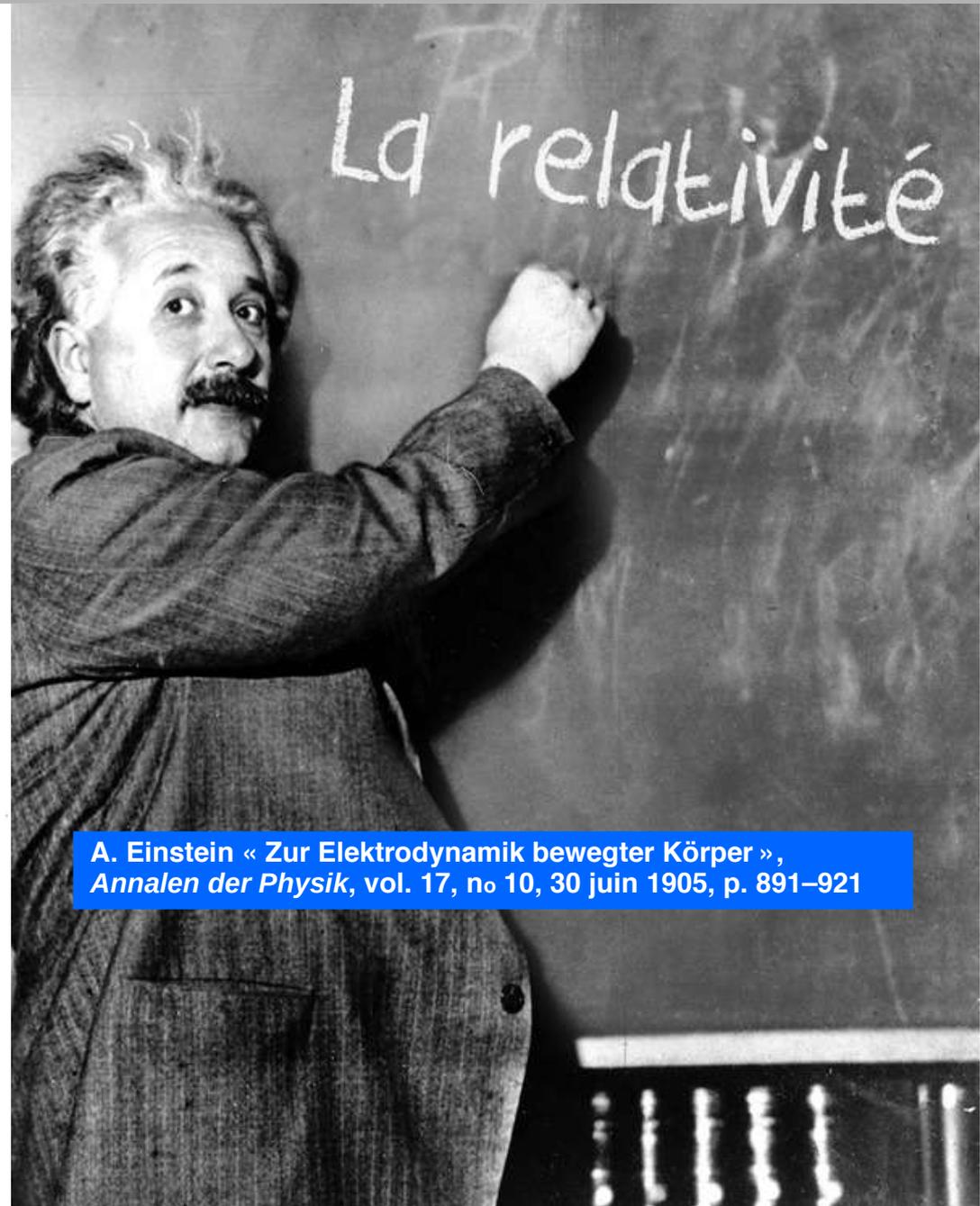


...et les 115 ans d'un fameux article d'Einstein

3. Zur Elektrodynamik bewegter Körper; von A. Einstein.

Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. Das beobachtbare Phänomen hängt hier nur ab von der Relativbewegung von Leiter und Magnet, während nach der üblichen Auffassung die beiden Fälle, daß der eine oder der andere dieser Körper der bewegte sei, streng voneinander zu trennen sind. Bewegt sich nämlich der Magnet und ruht der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten ein elektrisches Feld von gewissem Energiewerte, welches an den Orten, wo sich Teile des Leiters befinden, einen Strom erzeugt. Ruht aber der Magnet und bewegt sich der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten kein elektrisches Feld, dagegen im Leiter eine elektromotorische Kraft, welcher an sich keine Energie entspricht, die aber — Gleichheit der Relativbewegung bei den beiden ins Auge gefaßten Fällen vorausgesetzt — zu elektrischen Strömen von derselben Größe und demselben Verlaufe Veranlassung gibt, wie im ersten Falle die elektrischen Kräfte.

Beispiele ähnlicher Art, sowie die mißlungenen Versuche, eine Bewegung der Erde relativ zum „Lichtmedium“ zu konstatieren, führen zu der Vermutung, daß dem Begriffe der absoluten Ruhe nicht nur in der Mechanik, sondern auch in der Elektrodynamik keine Eigenschaften der Erscheinungen entsprechen, sondern daß vielmehr für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektrodynamischen und optischen Gesetze gelten, wie dies für die Größen erster Ordnung bereits erwiesen ist. Wir wollen diese Vermutung (deren Inhalt im folgenden „Prinzip der Relativität“ genannt werden wird) zur Voraussetzung erheben und außerdem die mit ihm nur scheinbar unverträgliche



A. Einstein « Zur Elektrodynamik bewegter Körper », *Annalen der Physik*, vol. 17, no 10, 30 juin 1905, p. 891–921

SETI & les Extra-Terrestres au cinéma

?ETI
INSTITUTE

Arrival (Denis Villeneuve, 2016)



SETI & les Extra-Terrestres au cinéma

SETI
INSTITUTE

Contact (Robert Zemeckis, 1997)

CONTACT

A message from deep space.
Who will be the first to go?
A journey to the heart of the universe.



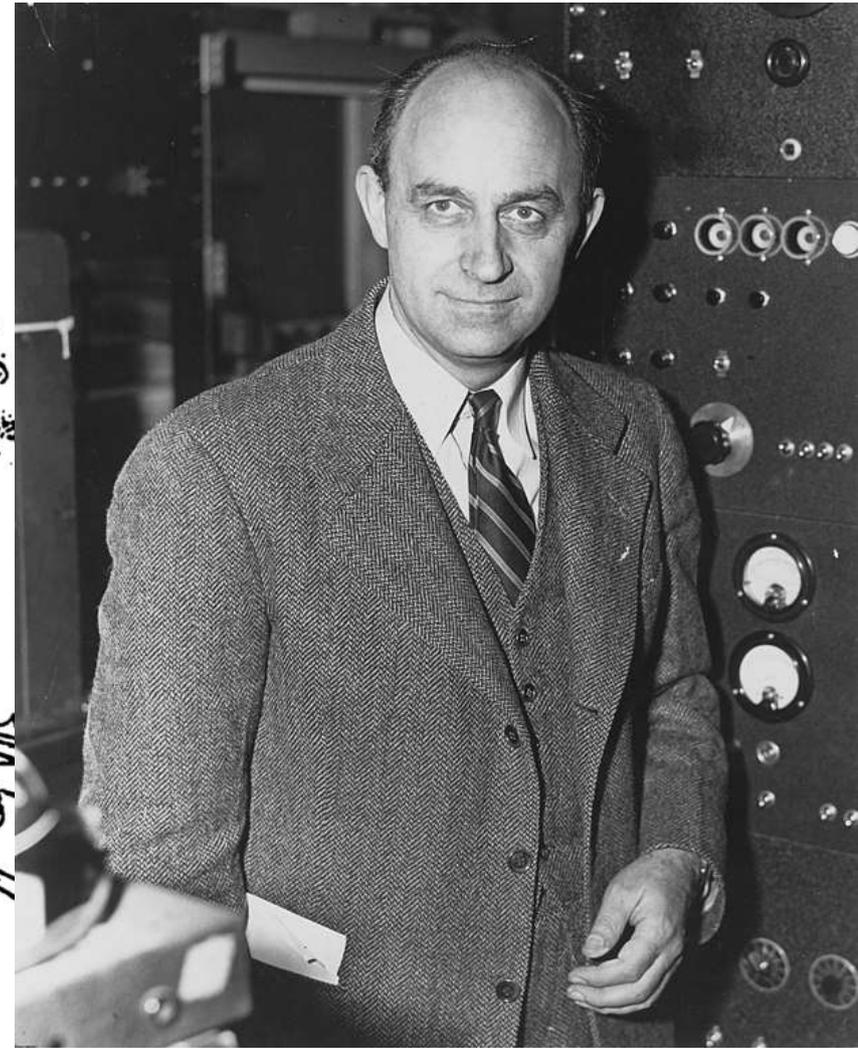
SETI & les Extra-Terrestres au cinéma



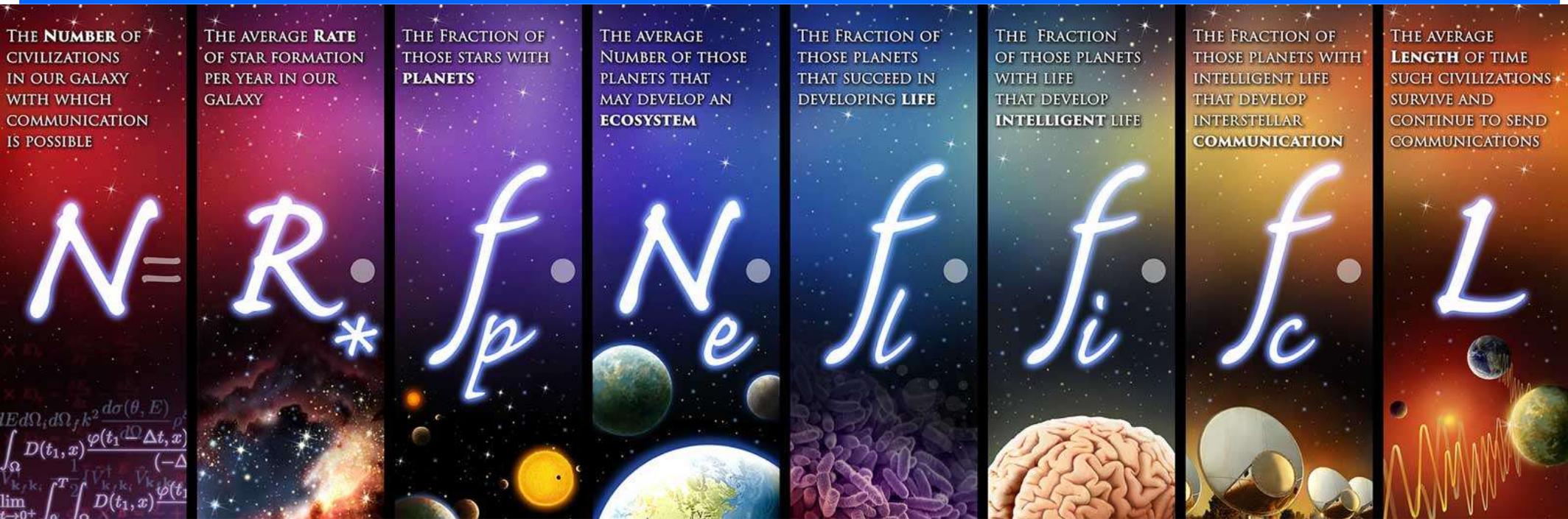
Independence Day (Roland Emmerich, 1996)



1 – Introduction : des problèmes de Fermi aux ET



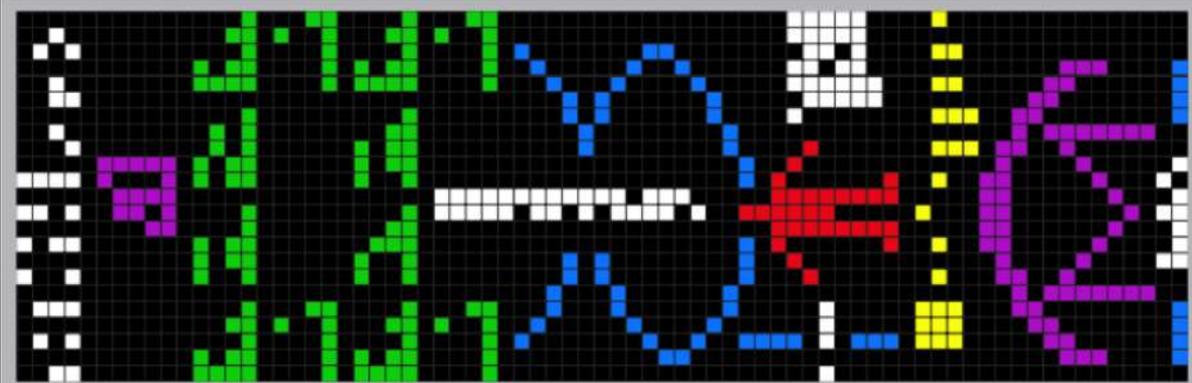
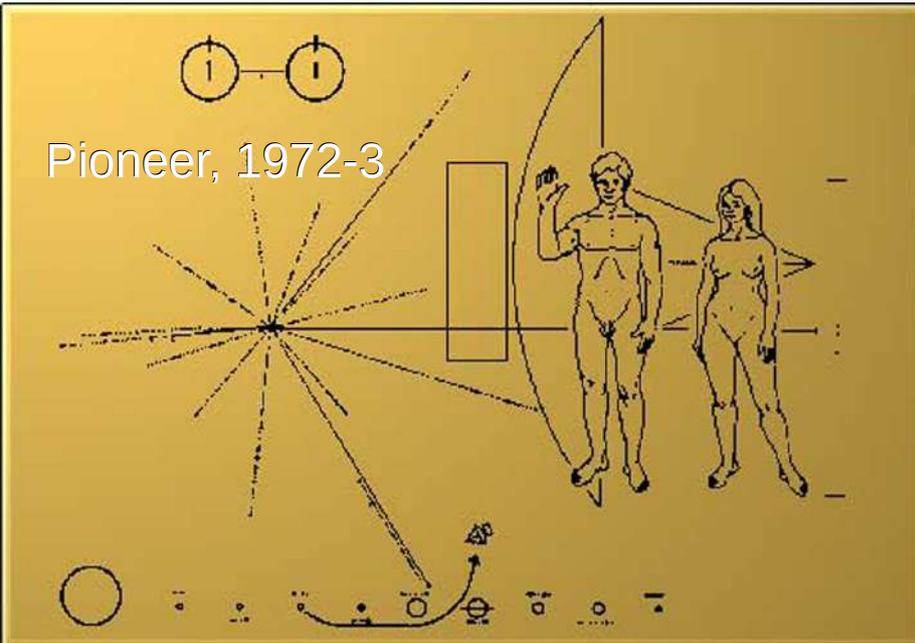
2 – Les Aliens : combien ?



Drake, 1961

Pioneer, 1972-3

ARECIBO, 1974

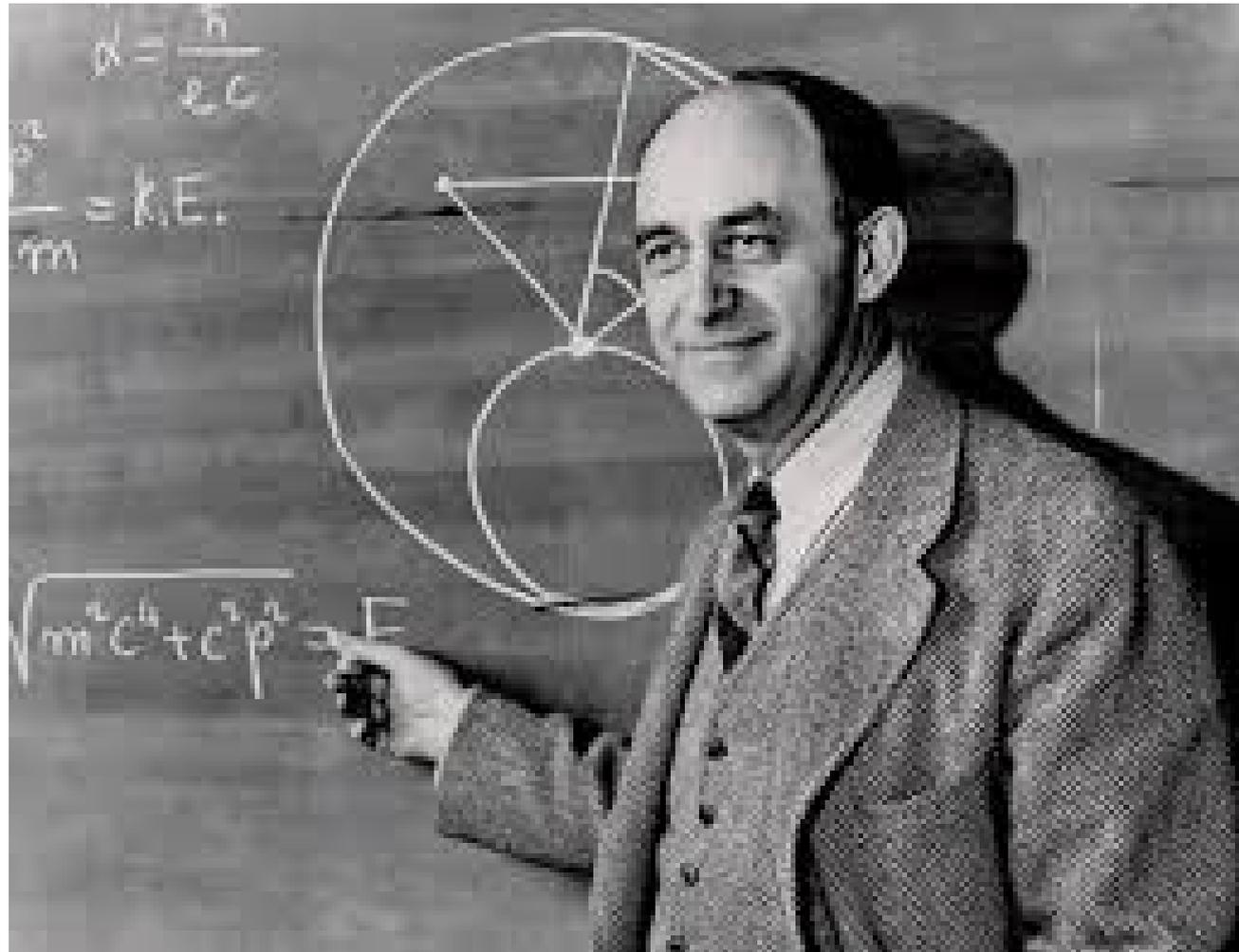
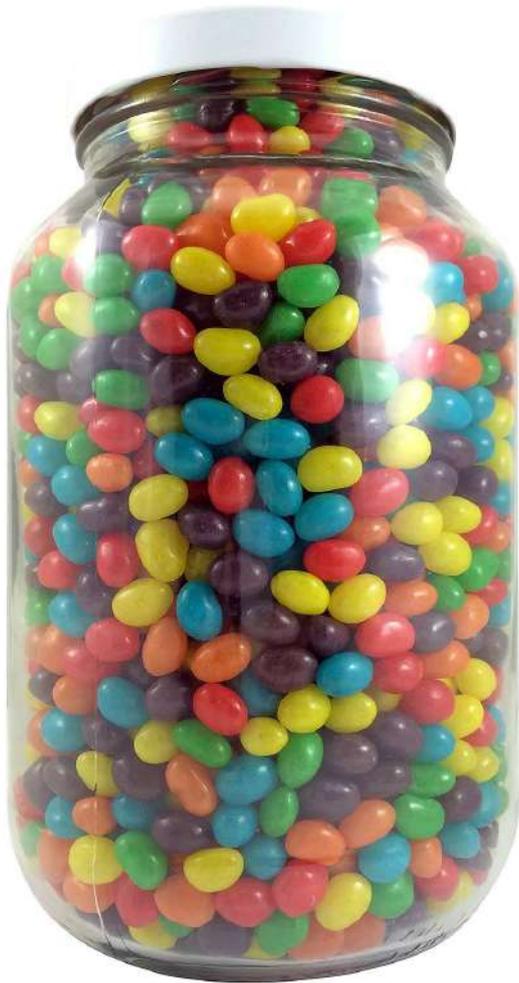


3 – Les Aliens : Comment y aller ?



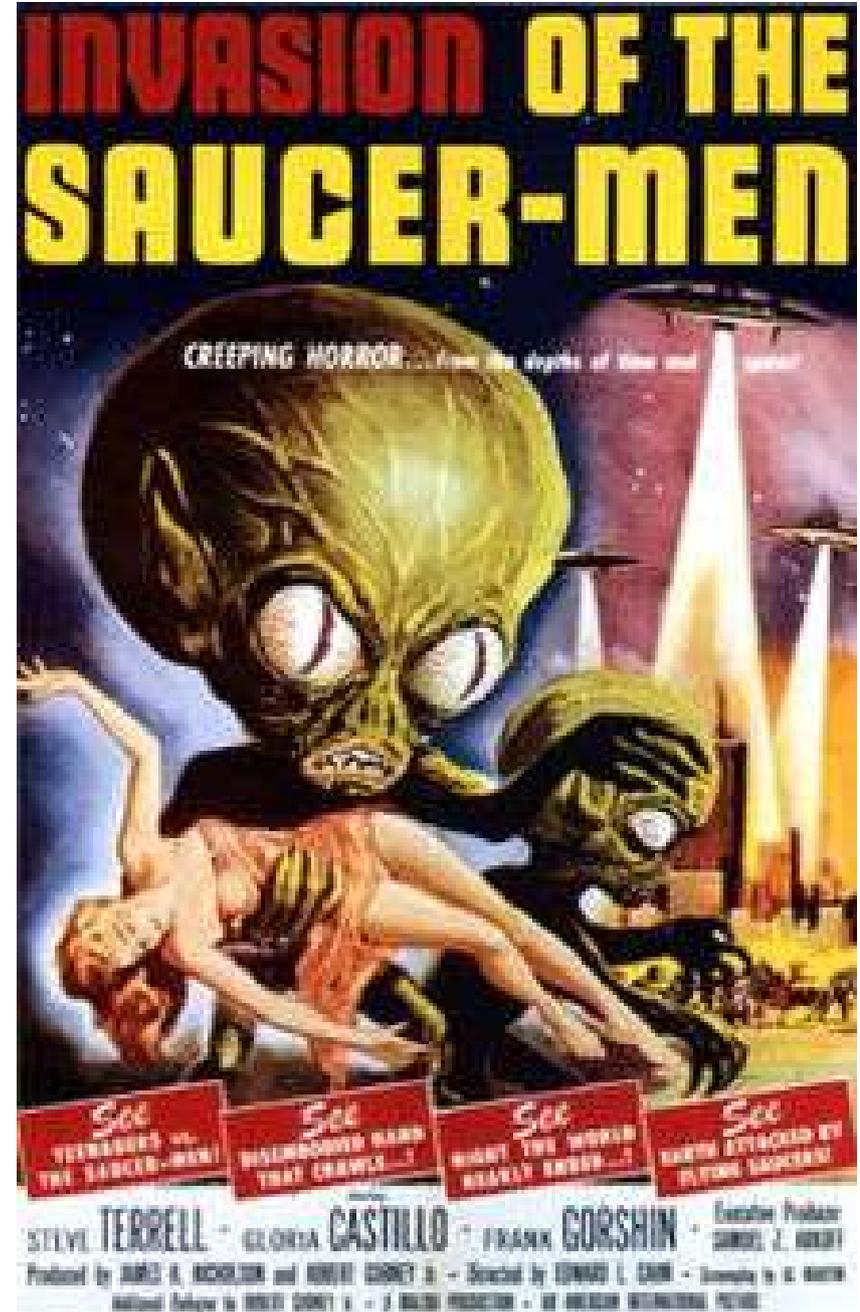
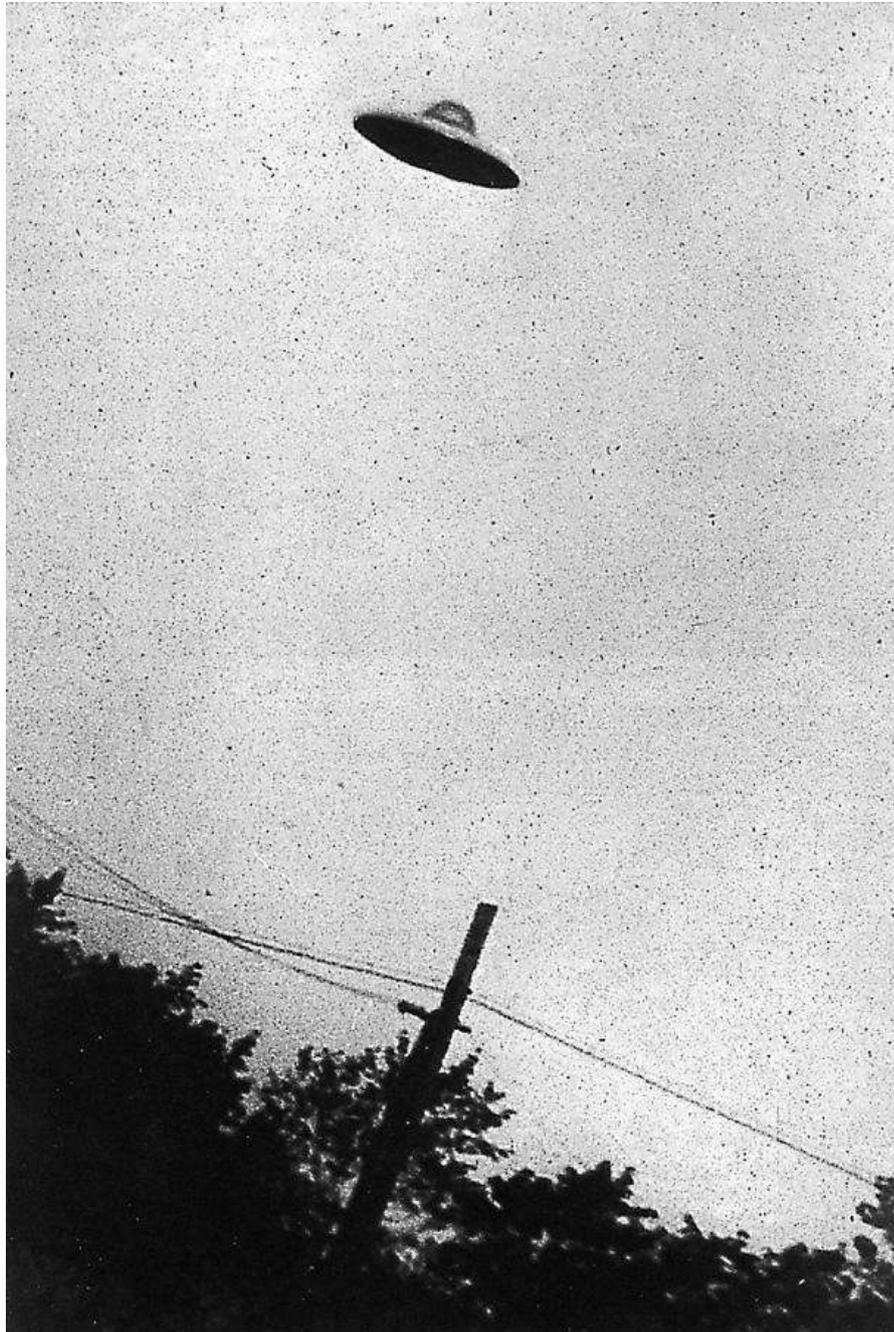
Le Physicien & les Extra-Terrestres

Physique
pour Tous !

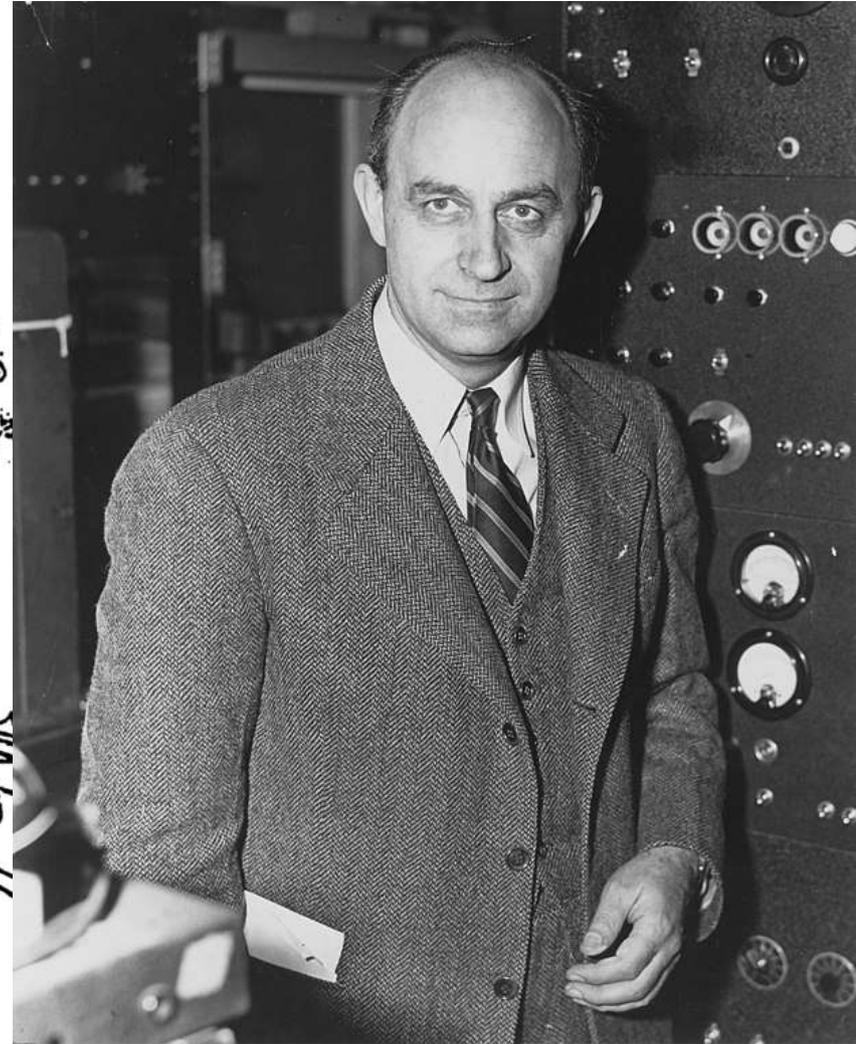


1 – Introduction : des problèmes de Fermi aux ET

1 - Fermi et son « paradoxe »



1 - Fermi et son « paradoxe »



Drawing by Alan Dunn; © 1950, 1978
The New Yorker Magazine, Inc.

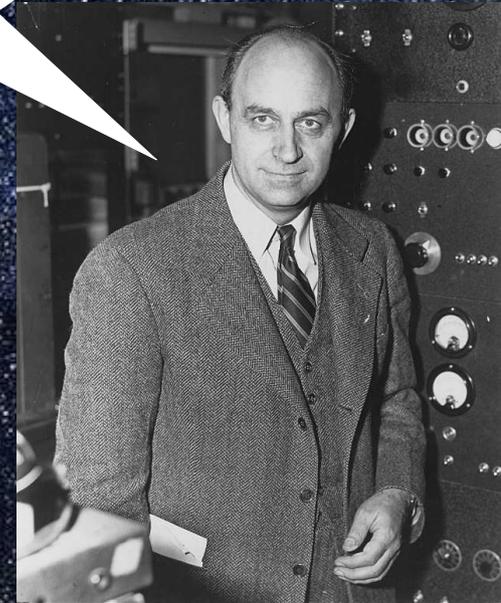
Enrico Fermi, Laboratoire National de Los Alamos – 1950

« ...a very reasonable theory since it accounted for two separate phenomena : the reports of flying saucers as well as the disappearance of the trash cans ».

1 - Fermi et son « paradoxe »



Where is everybody ?



Enrico Fermi, Laboratoire Los Alamos – 1950

« **Where is everybody ?** » → estimation du nombre de civilisations « intelligentes »



1 – Le « Paradoxe » de Fermi



Enrico Fermi, Laboratoire Los Alamos – 1950

Les arguments d'origine :

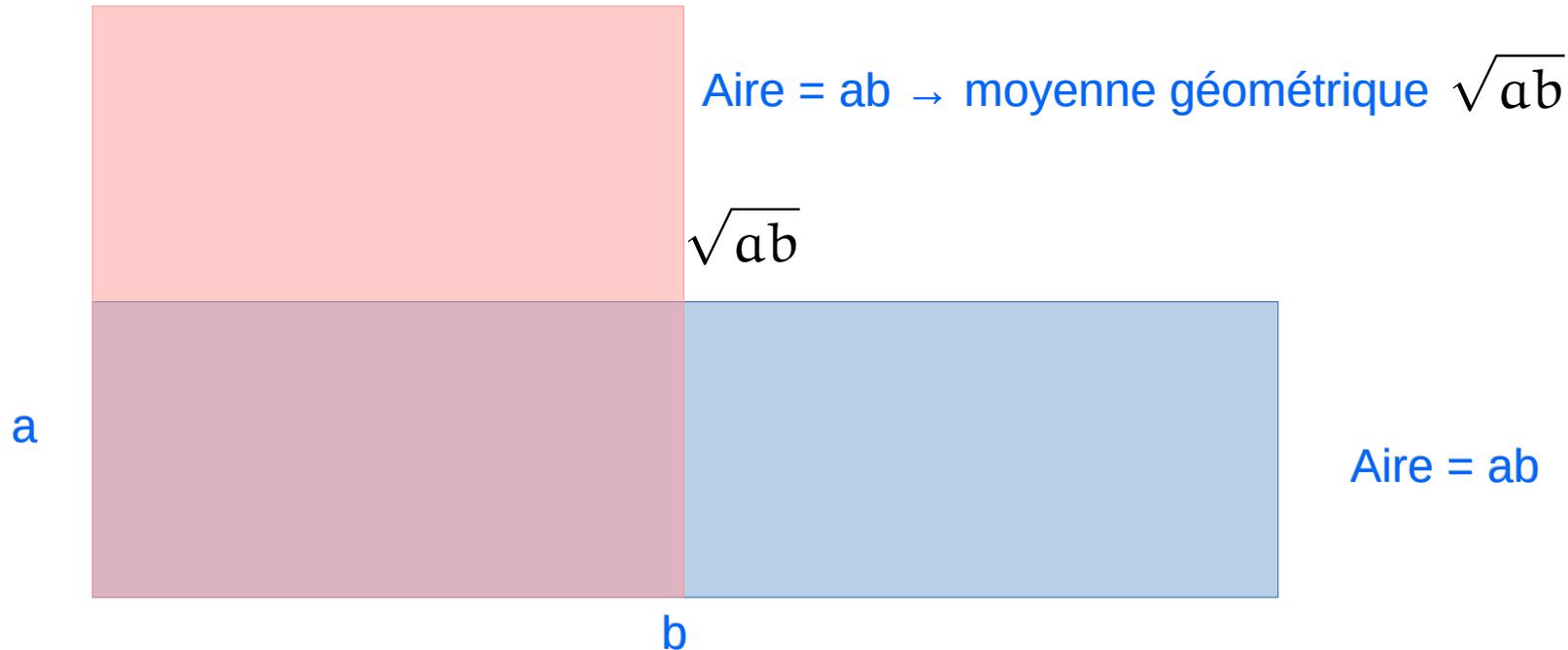
- Uniquement dans la Galaxie (temps de voyage)
- des milliards d'étoiles dans la Galaxie similaires au Soleil
- Certaines sont entourées de planètes semblables à la Terre
- Beaucoup sont plus vieilles que le Soleil et la Terre
 - donc ont pu développé une vie intelligente avant nous
- Certaines maîtrisent le voyage interstellaire...
 - En quelques millions d'années, on pourrait traverser la Voie Lactée...
- La Terre aurait dû être visitée par des civilisations « aliens » ou au moins avoir reçu des sondes

**Résultat de Fermi sur le nombre de civilisations
« pouvant nous visiter » $N \gg 1$**



1 - Fermi et les « Ordres de grandeur »

Arriver à estimer à peu près n'importe quoi !



Combien de clowns dans une Mini Cooper ?

$$1 < n_{\text{clowns}} < 100$$

$\rightarrow n_{\text{clowns}} \sim \sqrt{1 \times 100} = 10$ – Moyenne géométrique

Avec la moyenne arithmétique $n_{\text{clowns}} \sim (100+1)/2 \sim 50$

1 - Fermi et les « Ordres de grandeur »

Jongler avec de grands nombres

$$1000000 = 10^6$$

$$1000000000000 = 10^{12}$$

$$(3 \times 10^4) \times (2 \times 10^5) = (2 \times 3) \times 10^{4+5} = 6 \times 10^9$$

$$(10^2)^3 = 10^{2 \times 3} = 10^6$$

$$10^4 / 10^2 = 10^{4-2} = 10^2$$



Faire quelques approximations...

...pour calculer sans calculatrice

$$3 \times 3 \sim 10$$

$$9/4 \sim 2$$

$$\pi \sim 3$$



1 - Fermi et ses fameux « problèmes »



Combien d'accordeurs de pianos à Chicago ?

1) Chicago a autant d'accordeurs de piano que ceux qui peuvent en vivre

2) Population totale $\sim 3 \times 10^6$ personnes à l'époque

3) Combien de personnes/foyers
Avec 4 personnes/foyers $\rightarrow 750\,000$

4) Entre 10 % et 50 % possède un piano $\rightarrow 1/5$
150000 pianos à Chicago

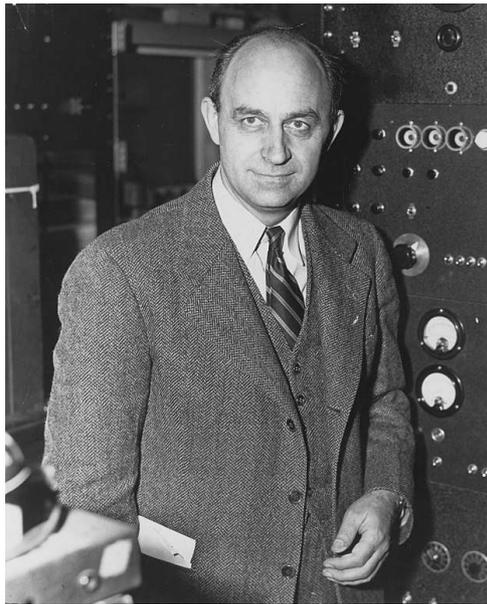
5) Chaque piano doit être accordé tous les ans
150000 accordages/an

6) Chaque accordeur peut s'occuper de 4 pianos/jour, et travaille 5 jours/semaine et 2 semaines de vacances

\rightarrow Chaque accordeur peut faire 1000 accordages/an

Résumé : Chaque année, il y a besoin de 150000 accordages. Chaque accordeur peut en faire 1000/an, donc on a besoin de 150 accordeurs !

En tout cas $N_{\text{accordeurs}} \gg 10$ et $N_{\text{accordeurs}} \ll 2000$



1 - Fermi et les « Ordres de grandeur »

Comment représenter une dette de 2000 milliards d'€ ?

Quelle est l'épaisseur d'un billet ?

0.1mm (cheveu) < 1 billet < 0.5mm

→ $e_{\text{billet}} \sim \sqrt{0.1 \times 0.5} \sim 0.2 \text{ mm} \rightarrow 0.1 \text{ mm}$

Quelle est l'épaisseur d'une liasse de 500 billets ?

→ $e_{\text{liasse}} \sim 5\text{cm}$

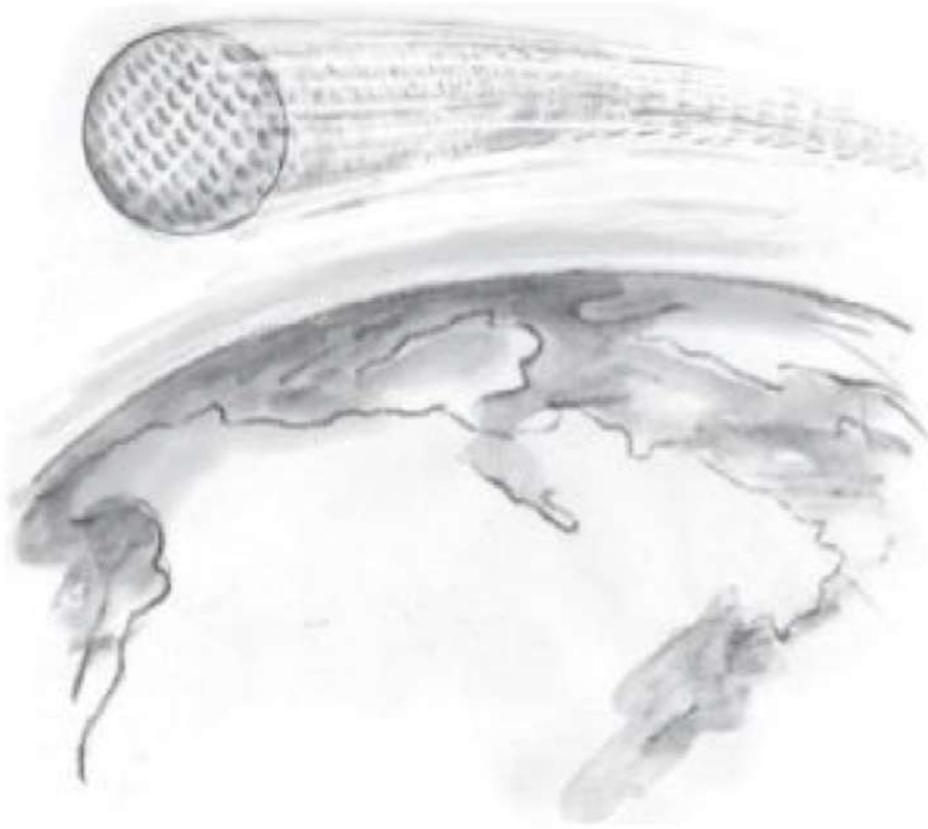
Pour un million de billets $\sim 10^6 \times (5\text{cm}/500) \sim 10^4\text{cm} = 100\text{m}$

Pour un milliard de billets $\sim 100\text{m} \times 10^3 = 100\text{km}$

Pour mille milliards de billets (trillion) $\sim 10^5 \text{ km}$



1 - Fermi et les « Ordres de grandeur »



Une balle de golf ~ 4cm de diamètre
Circonférence de la Terre ?
1 fuseau horaire / 24h ~ 1000-3000 km
donc ~ 1700km
→ Circonférence ~40000km = 4×10^9 cm
→ au total environ 10^9 balles de golf...



Entre 1/an et 1/jour → moyenne ~ 20/jour
70 millions de français

→ $1400 \times 10^6 = 1.4 \times 10^9$ cornichons
→ Prenons des **gros** ~ 10cm = 0.1m
→ 1.4×10^8 m = 1.4×10^6 km

De la Terre à la Lune et retour !



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

• Unités du Système International et Dimensions

- Notation : $[X]$ = « dimension de la quantité X »
- Longueur $[L]$ - m mètre
- Masse $[M]$ – kg kilogramme
- Temps $[t]$ – s seconde
- Température $[T]$ – K Kelvin → Température « zéro absolu » Kelvin = $-273,15^{\circ}\text{C}$

Il y a d'autres dimensions/unités

- Quantité de matière $[n]$ – mol Nombre de moles
- Intensité Electrique $[i]$ - A Ampère
- Intensité lumineuse $[I]$ – Cd Candela

Une même « dimension » peut avoir plusieurs unités
→ Longueur : km, m, cm, mm...

Mais aussi : mille marin, année-lumière, parsec...

- masse : mg, g, kg, tonne...
- Température : $^{\circ}\text{C}$, K(elvin),...



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

Retrouver la dimension d'une quantité :

- Surface $[S] = L^2$

- Volume $[V] = L^3$

- Vitesse $[v] = L/T = L.T^{-1}$

- Accélération $[a] = \left[\frac{\Delta v}{\Delta t} \right] = L.T^{-2}$

- Force $[F] = [m.a] = M.L.T^{-2}$

- Pression $[P] = \text{force/surface} = M.L^{-1}.T^{-2}$

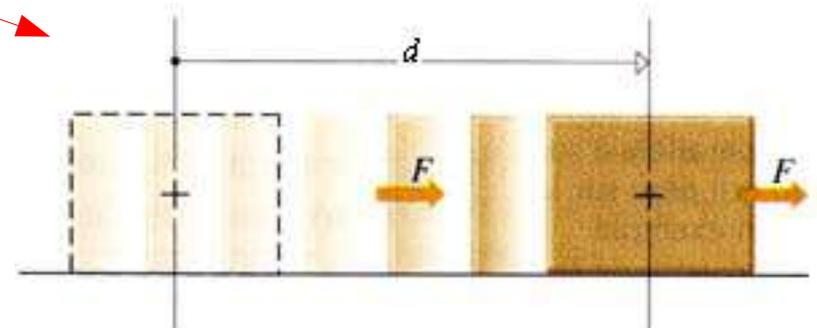
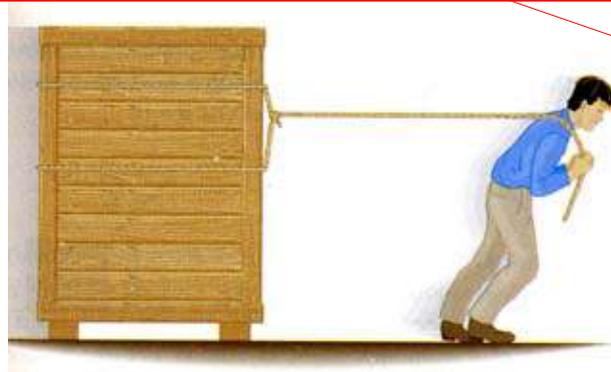
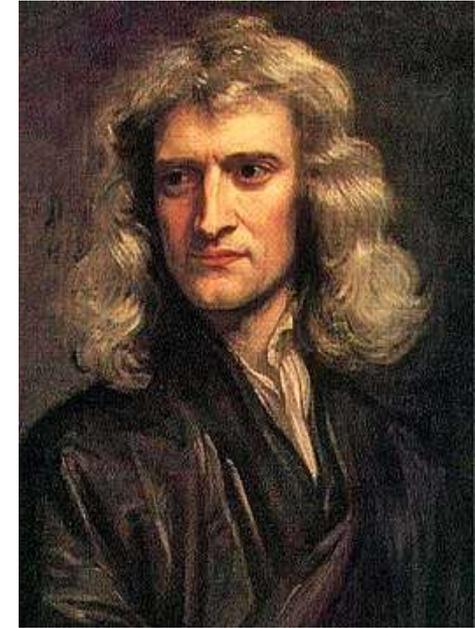
- Energie $[E] = \text{force} \times \text{longueur} = M.L^2.T^{-2}$

Somme des forces
appliquées (N)

Accélération de
l'objet en m/s^2

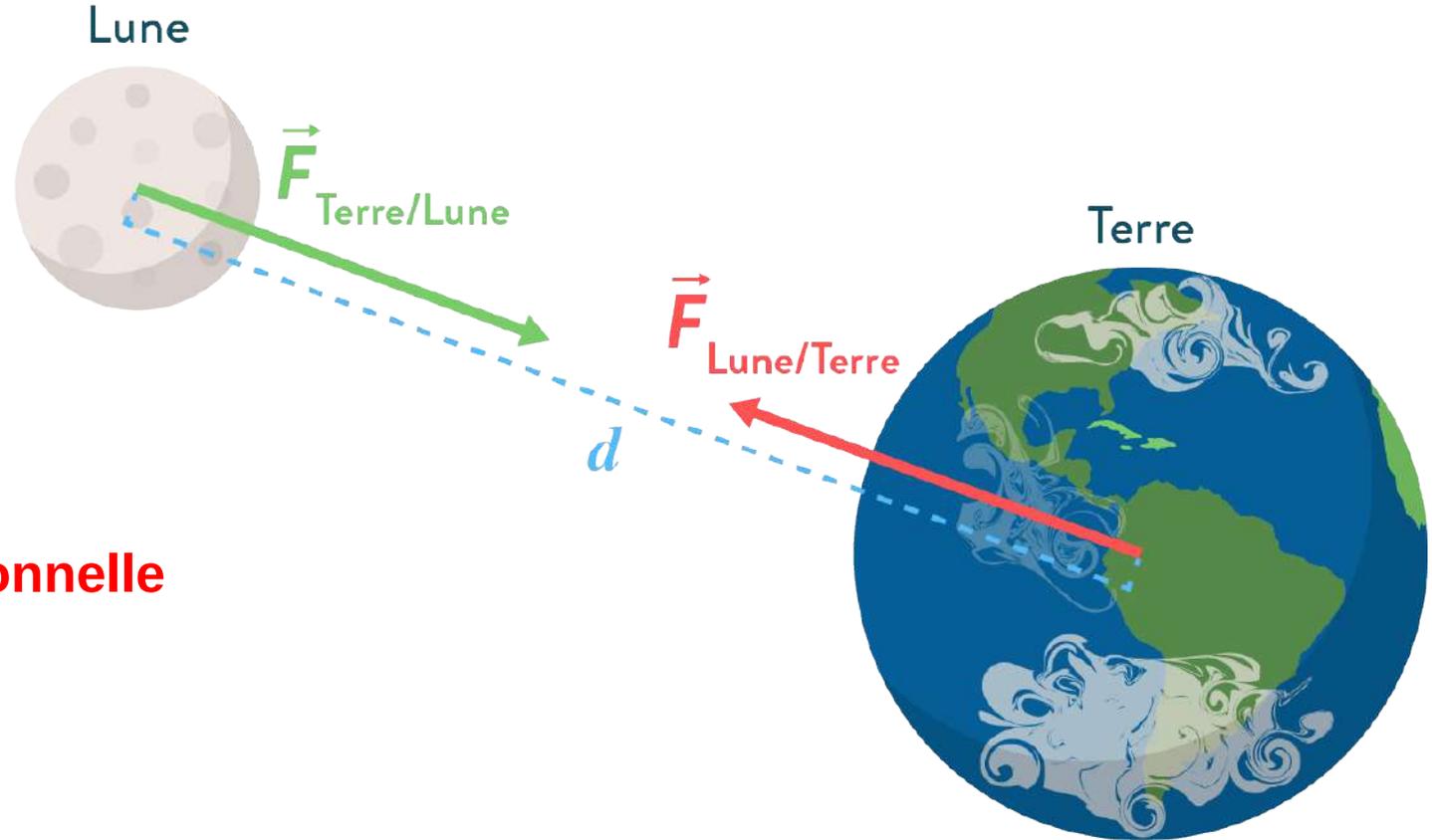
$$\sum f = m \cdot a$$

Masse de l'objet en
kilogramme (kg)



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

- Force/Energie Gravitationnelle



Constante Gravitationnelle
 $G \sim 7 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$

$$F_{\text{Terre/Moi}} = G \frac{M_T m}{r^2} = m \times \underbrace{a}_{\frac{GM_T}{r^2}} \Rightarrow \left[\frac{GmM_T}{r} \right] = [F \times \text{distance}] = [\text{Energie}]$$

$$\text{Energie de cohésion gravitationnelle} \sim \frac{GM_T^2}{R}$$

1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

- **Energie cinétique**

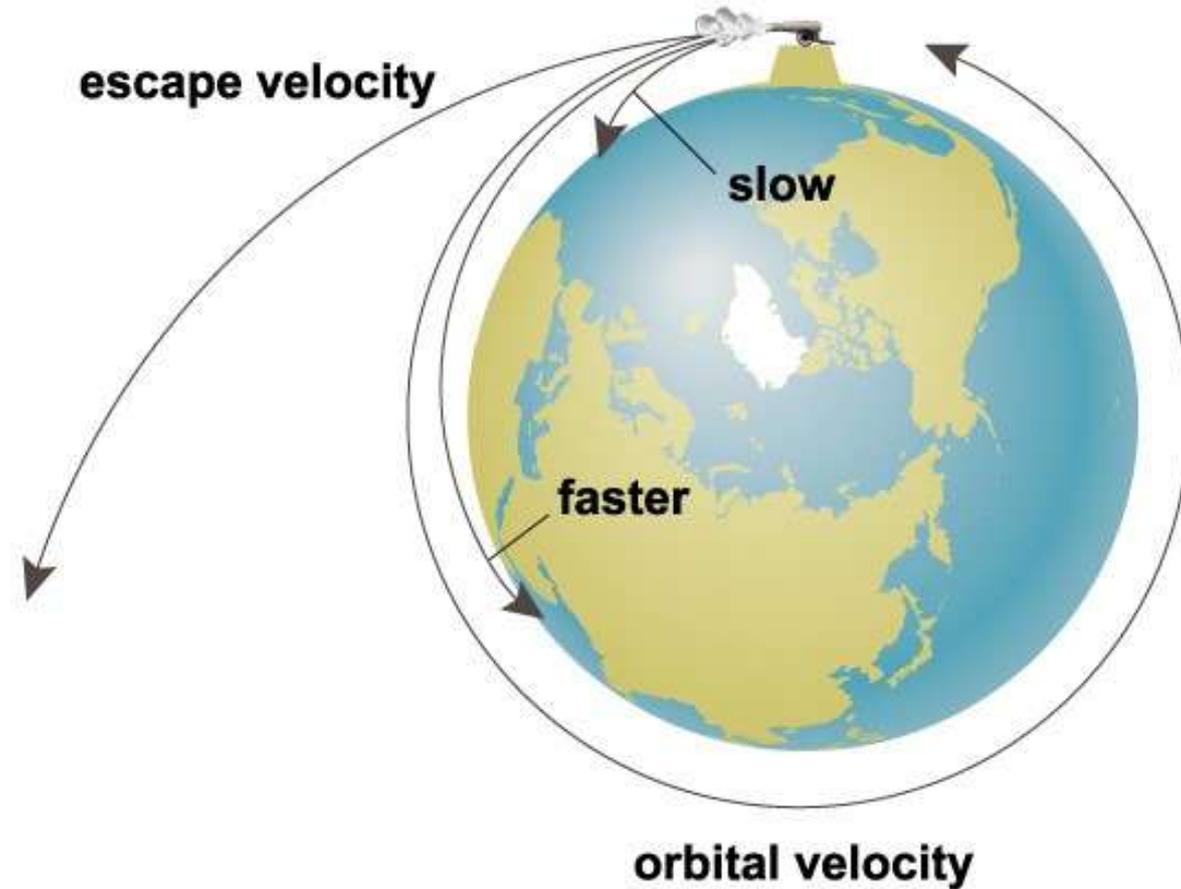


$$[\text{Energie}] = [\text{ma} \times \text{distance}] = \left[m \frac{\text{vitesse}}{\text{temps}} \text{distance} \right] = \left[mv \frac{\text{distance}}{\text{temps}} \right] \sim \frac{1}{2} [mv^2]$$



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

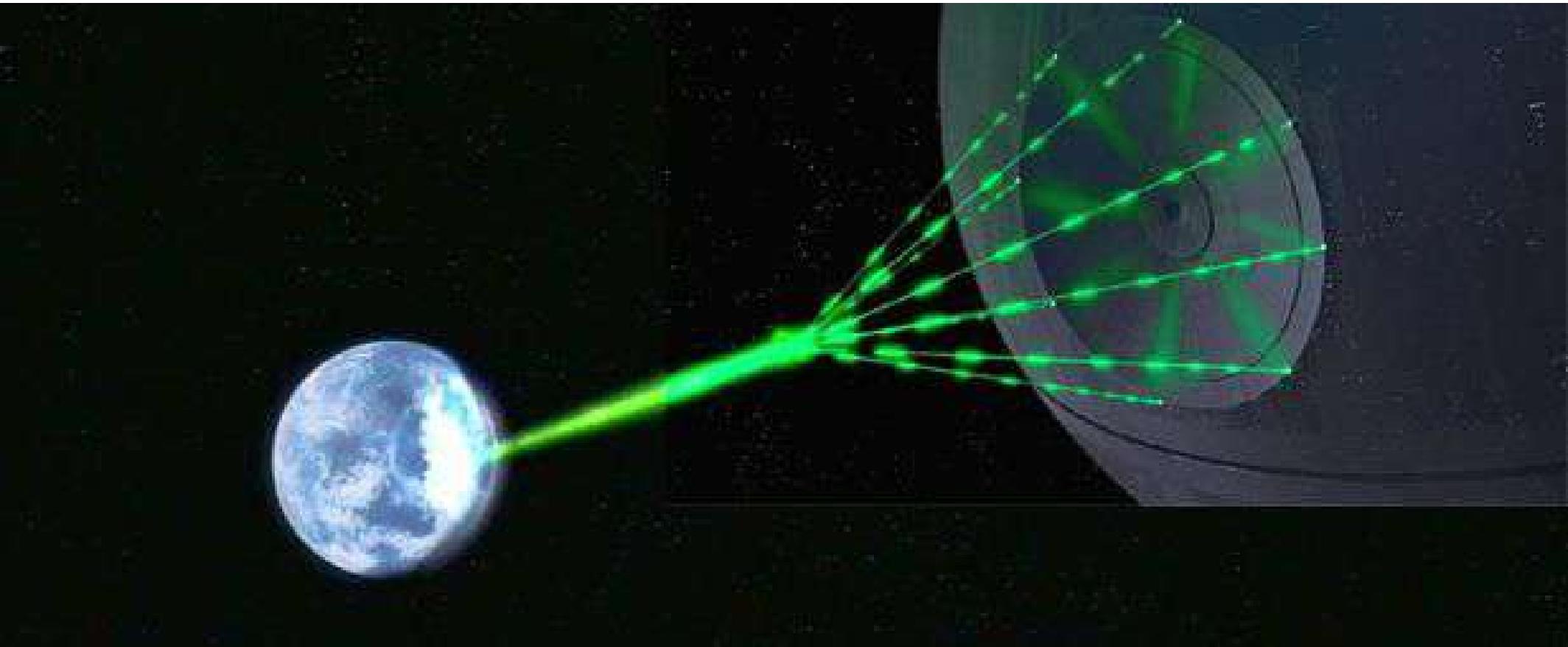
- **Vitesse de libération**



Energie Cinétique > Energie (potentielle) Gravitationnelle

$$mv^2 \gtrsim G \frac{M_T m}{r} \Rightarrow v \gtrsim \sqrt{\frac{GM_T}{r}} \approx 10 \text{ km/s}$$

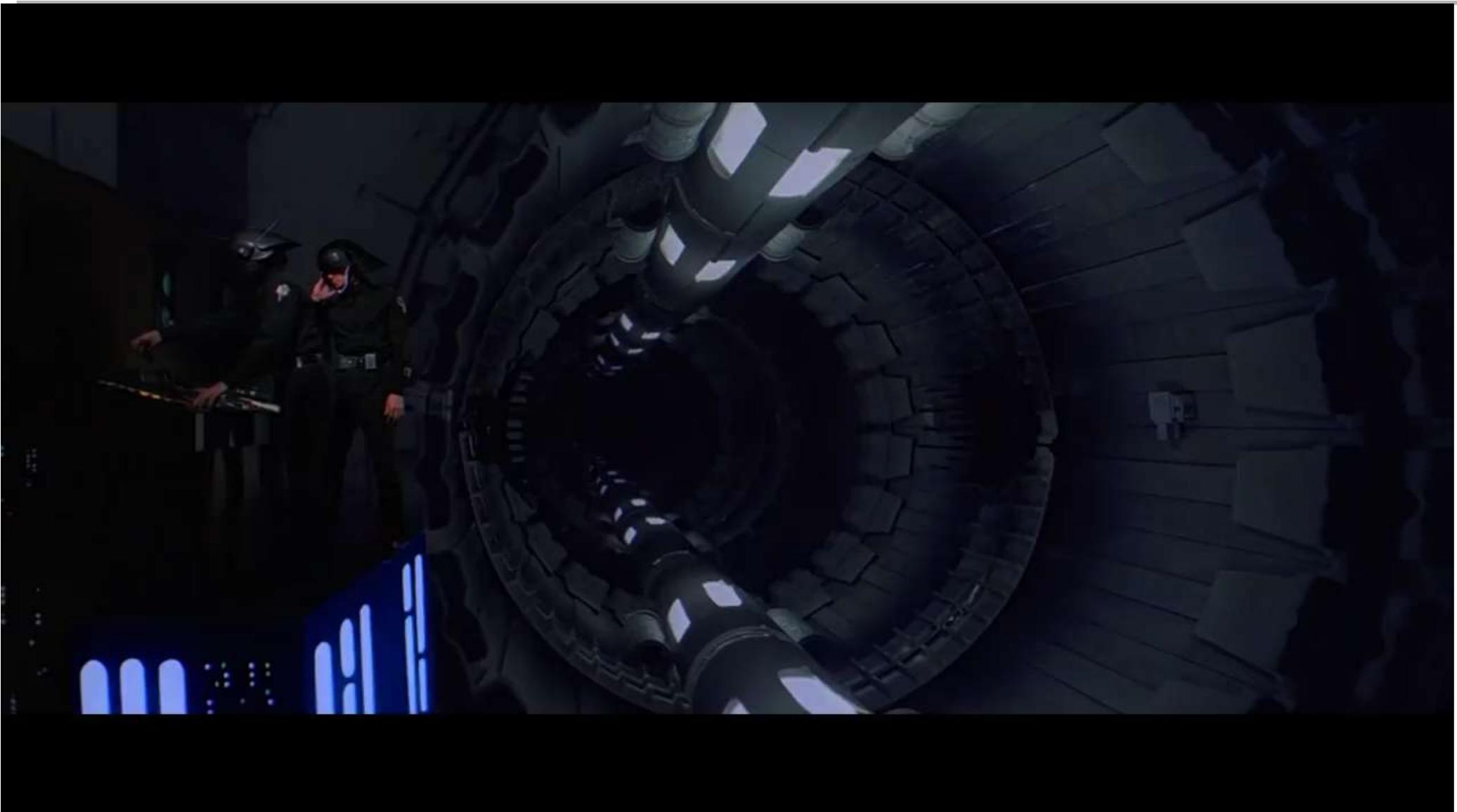
1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique



Star Wars Episode IV : un nouvel espoir (Georges Lucas, 1977)



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

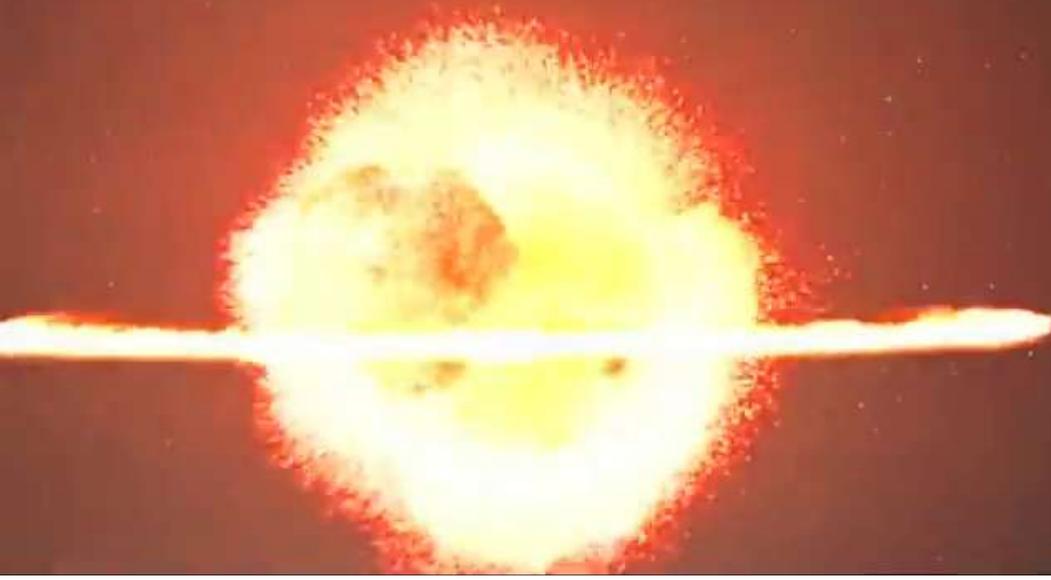


<https://www.youtube.com/watch?v=UhKIb0PV9uY>



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

Quelle énergie pour détruire une planète ?



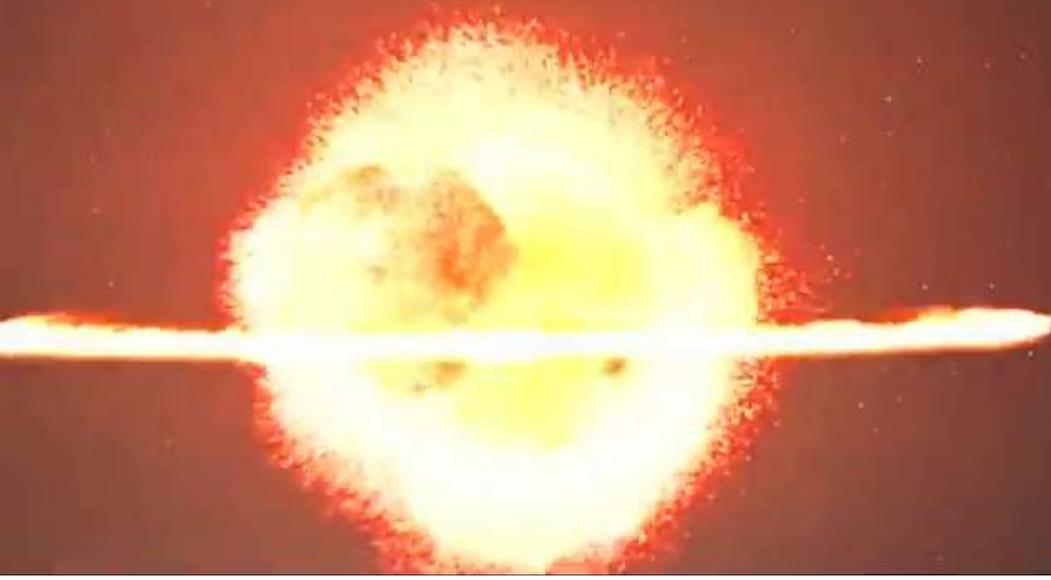
Plusieurs raisonnements possibles !

- Couleur jaune ↔ Température
- Energie pour « désassembler » une planète



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

Quelle énergie pour détruire une planète ?



Fournir une énergie $> E_{\text{cohésion}}$

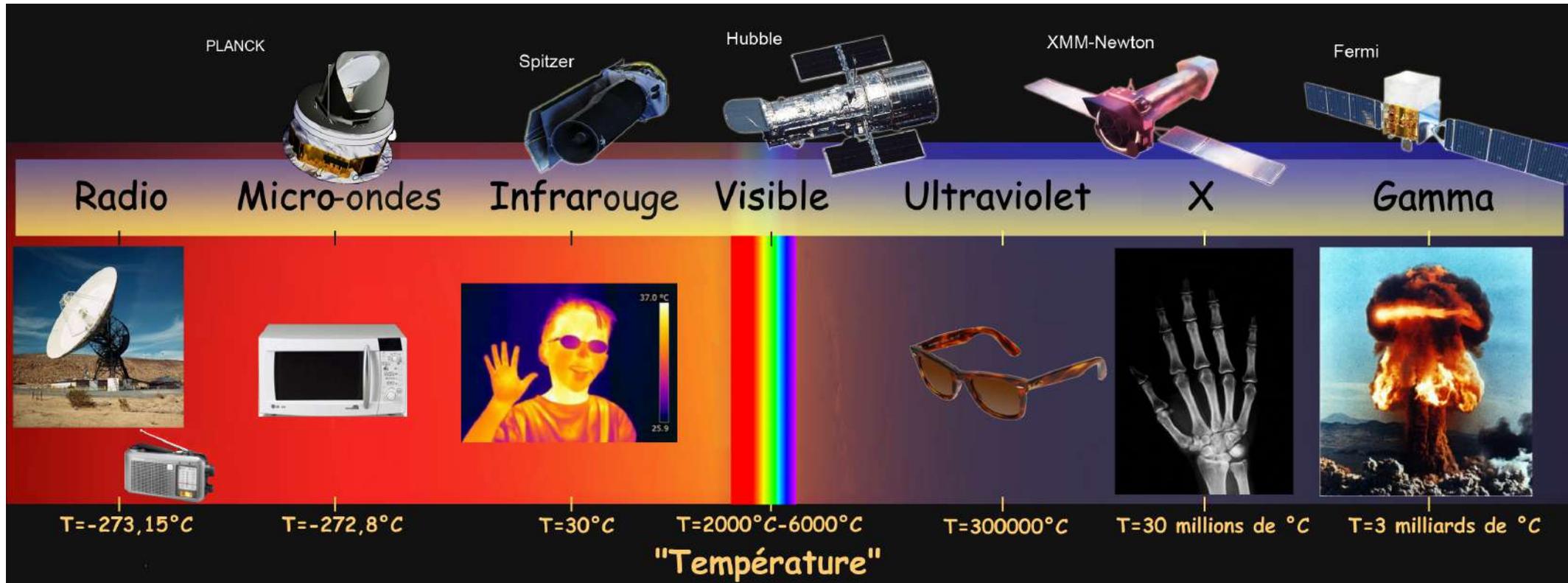
$$E_{\text{cohésion}} \sim \frac{GM_T^2}{R} \approx \frac{7 \times 10^{-11} \times (6 \times 10^{24})^2}{6 \times 10^6} \approx 4 \times 10^{32} \text{ J}$$

avec 1 kT TNT $\sim 4 \times 10^{12}$ J

$E_{\text{cohésion}} \sim 10^{20}$ kT de TNT



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique



Chauffer et obtenir une couleur jaune-rouge ?

$$T_{\text{explosion}} \sim 2000^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Energie} \sim \text{Masse} \times (\text{Energie/ kg/}1^{\circ}\text{C}) \times [\text{Variation de } T]$$

$$\text{Masse} \sim M_{\text{Terre}}$$

$$\text{Variation de } T = \text{de } T_{\text{Planète}} \text{ à } T_{\text{explosion}} \gg T_{\text{Planète}}$$



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique



Chauffer et obtenir une couleur jaune-rouge ?

$T_{\text{Planète}} \sim 2000^{\circ}\text{C}$

Energie \sim Masse \times (Energie/ kg/1°C) \times [Variation de T] = $M_{\text{eau}} c_{\text{eau}} \Delta T$

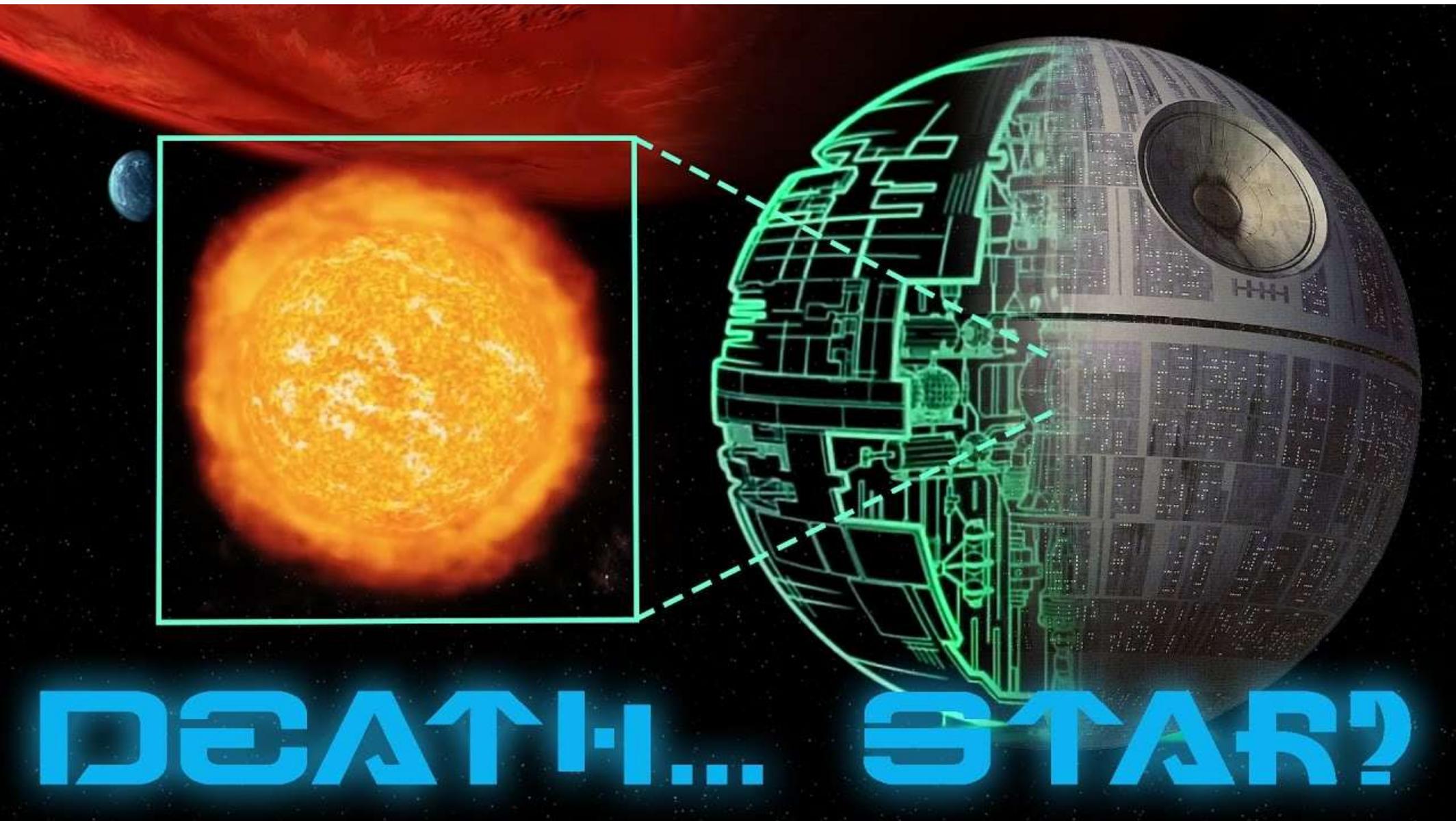
Chauffer 1L d'eau avec bouilloire de 2kW \sim 3min $\rightarrow E = 2000 \text{ J/s} \times (3 \times 60)\text{s} = 1 \text{ kg } c_{\text{eau}} (100-20)$

$\rightarrow c_{\text{eau}} \sim 4500 \text{ J/kg/K}$

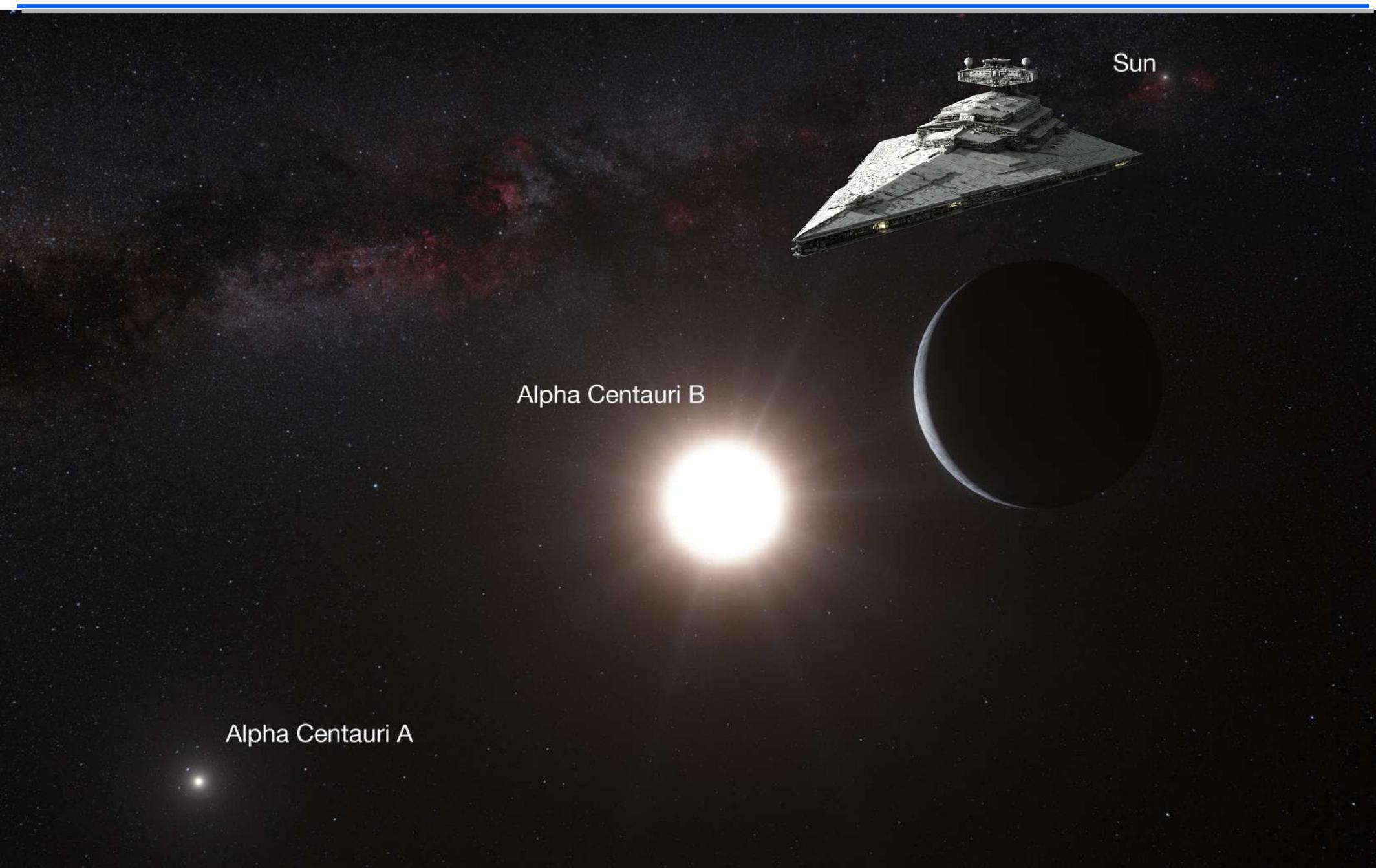
$\rightarrow E \sim 5 \times 10^3 \text{ J} \rightarrow$ en moyenne 10^{32} J soit $2.5 \times 10^{19} \text{ kT}$ de TNT



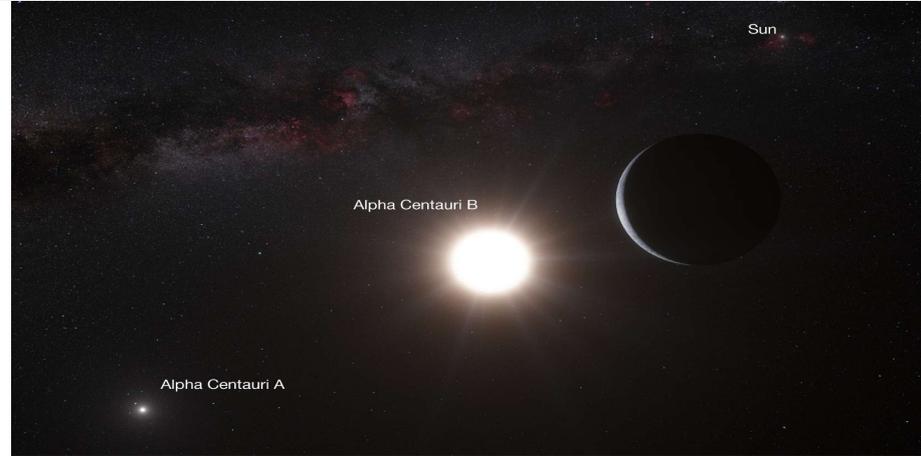
1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique



Prenons $E \sim M v^2 \rightarrow$ il faut estimer M et v



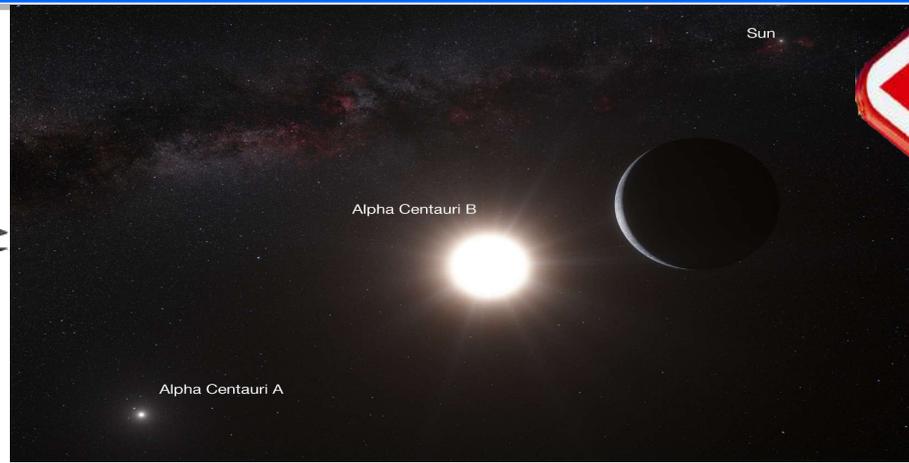
entre 100 et 10^5 tonnes $\rightarrow M_{\text{vaisseau}} \sim 10^7 \text{ kg} = 10^4 \text{ tonnes}$

$v \sim 4 \text{ al} / 10\text{-}40 \text{ ans} \sim 0.1 c_{\text{lumière}}$

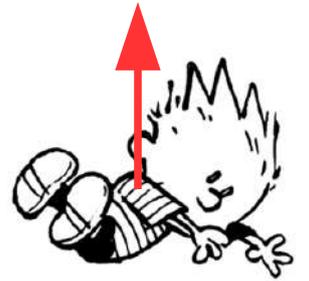
$\rightarrow E \sim 10^{21} \text{ J} \rightarrow$ **Combien de carburant faut-il ??**



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique



$$F \sim \rho S v^2$$



Combien de carburant ?

- Frottement de l'air F dépend de Surface et ρ = Masse volumique de l'air
- alors forcément $F \sim \rho S v^2$

Explication $[F] = M/L/T^2 = M/L^3 \times L^2 \times L^2/T^2 = [\rho] [S] [v^2]$

- Puissance $P = \text{Energie}/\text{Temps} = \text{Force} \times \text{distance}/\text{temps} = F \times v \sim \rho S v^3$
- Avec $S \sim 1\text{-}20\text{m}^2$, $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$ et $v \sim 100 \text{ km/h}$ On calcule $P \sim 10^5 \text{ W}$ (ou J/s)

pour une consommation de $10\text{l}/100 \text{ km}$, soit 10l/h (à 100 km/h) ?

- $1\text{l} = 1\text{kg}$ de carburant donne Energie = $10^5 \text{ J/s} \times 3600\text{s} \sim 10^7 \text{ Joule/kg}$ soit $1\text{-}10 \text{ GJ/tonne}$

Pour $E \sim 10^{21} \text{ J} \rightarrow M_{\text{carburant}} \sim 10^{12} \text{ tonnes}$

Donc $M_{\text{carburant}} \sim 10^8 \times M_{\text{vaisseau}} !!$



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique



Réservoir externe ~700 tonnes
Boosters ~70 tonnes
Navette ~70 tonnes

$M_{\text{carburant}} \sim 10 \times M_{\text{vaisseau}}$
juste pour une mise en orbite...



1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

Q. Jl R. astr. Soc. (1975) **16**, 128–135

An Explanation for the Absence of Extraterrestrials on Earth

Michael H.Hart

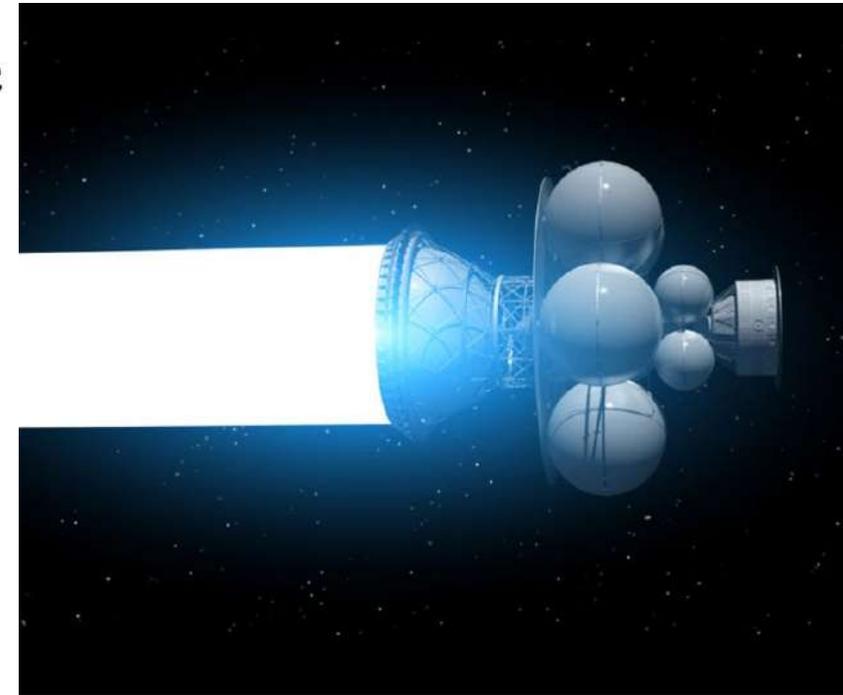
(Advanced Study Program, National Center for Atmospheric Research*,
Boulder, Colorado 80303)

(Received 1974 December 6)

SUMMARY

We observe that no intelligent beings from outer space are now present on Earth. It is suggested that this fact can best be explained by the hypothesis that there are no other advanced civilizations in our Galaxy. Reasons are given for rejecting all alternative explanations of the absence of extraterrestrials from Earth.

$$M_{\text{carburant}} \sim 10 \times M_{\text{vaisseau}}$$



DAEDALUS (1973-1978)
 $v \sim 0.1 c$

1 - Les « Ordres de grandeur » et la Physique

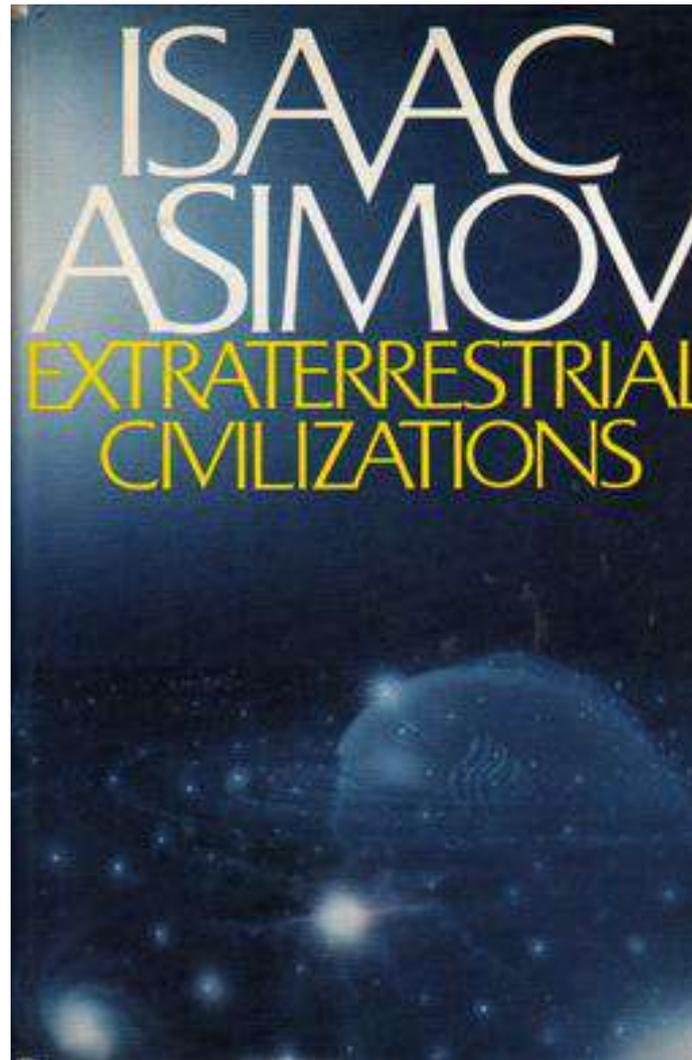


Réaliste dans un futur « proche » ?



Le Physicien & les Extra-Terrestres

Physique
pour Tous !



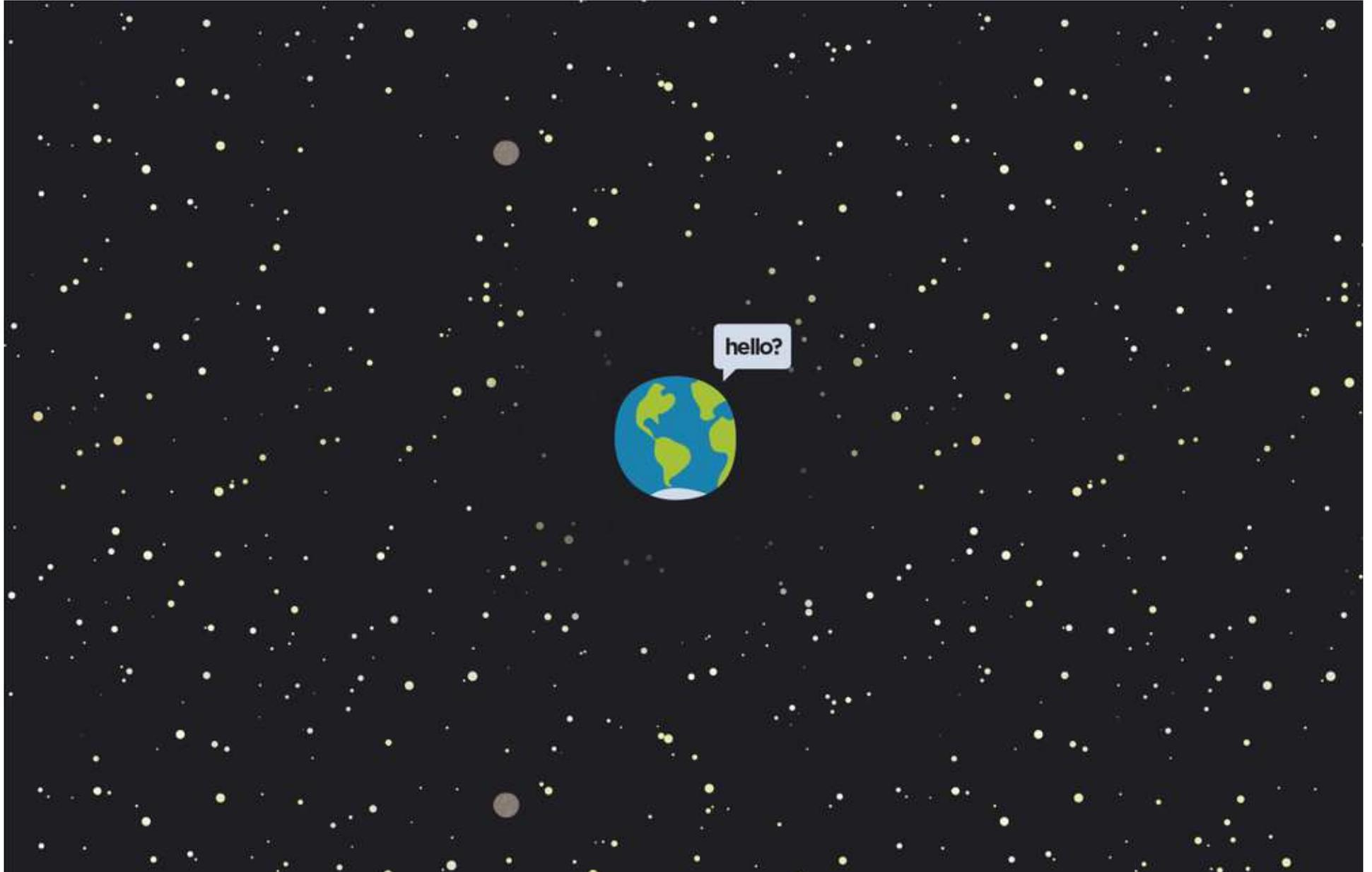
2 – Les Aliens : Combien – l'Equation de Drake

2 – L'Equation de Drake : sommes-nous seuls ?



2 – L'Equation de Drake : sommes-nous seuls ?

1 – Nous sommes seuls



2 – L'Equation de Drake : sommes-nous seuls ?

1 – Nous sommes seuls

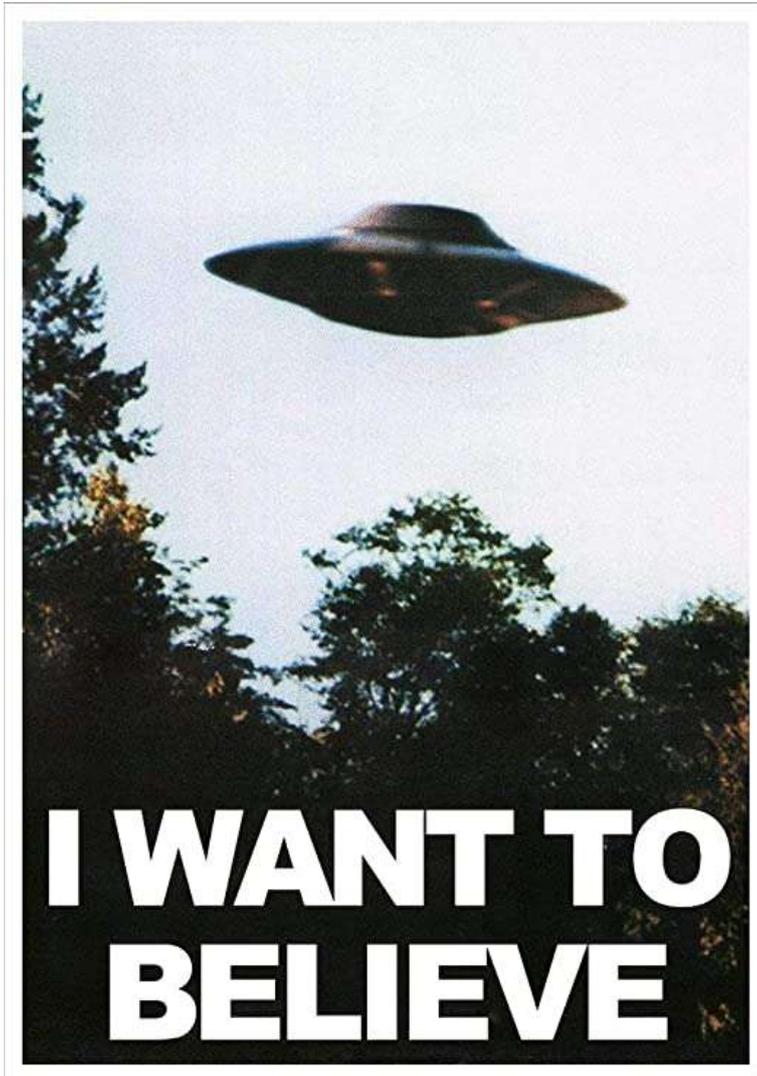
2 – Nous ne sommes pas seuls mais nous ne pouvons pas communiquer

Arrival (Denis Villeneuve, 2016)



2 – L'Equation de Drake : sommes-nous seuls ?

- 1 – Nous sommes seuls
- 2 – Nous ne sommes pas seuls mais nous ne pouvons pas communiquer
- 3 – **Nous ne sommes pas seuls et nous avons déjà été « visités »**



2 – L'Equation de Drake



$$N = R_* f_p n_e f_l f_i f_c L$$

THE NUMBER OF CIVILIZATIONS IN OUR GALAXY WITH WHICH COMMUNICATION IS POSSIBLE

$N =$

THE AVERAGE RATE OF STAR FORMATION PER YEAR IN OUR GALAXY

R_*

THE FRACTION OF THOSE STARS WITH PLANETS

f_p

THE AVERAGE NUMBER OF THOSE PLANETS THAT MAY DEVELOP AN ECOSYSTEM

N_e

THE FRACTION OF THOSE PLANETS THAT SUCCEED IN DEVELOPING LIFE

f_l

THE FRACTION OF THOSE PLANETS WITH LIFE THAT DEVELOP INTELLIGENT LIFE

f_i

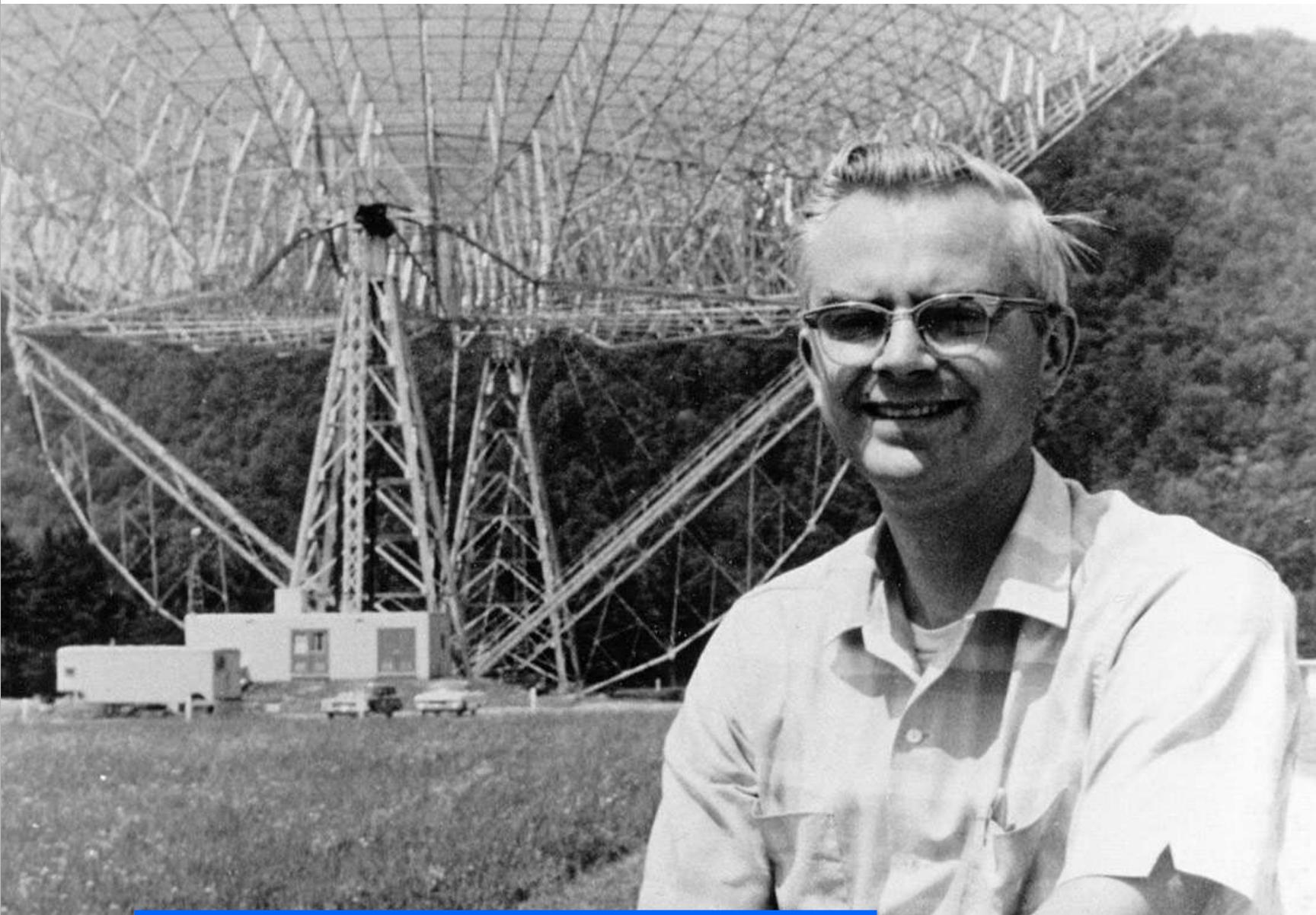
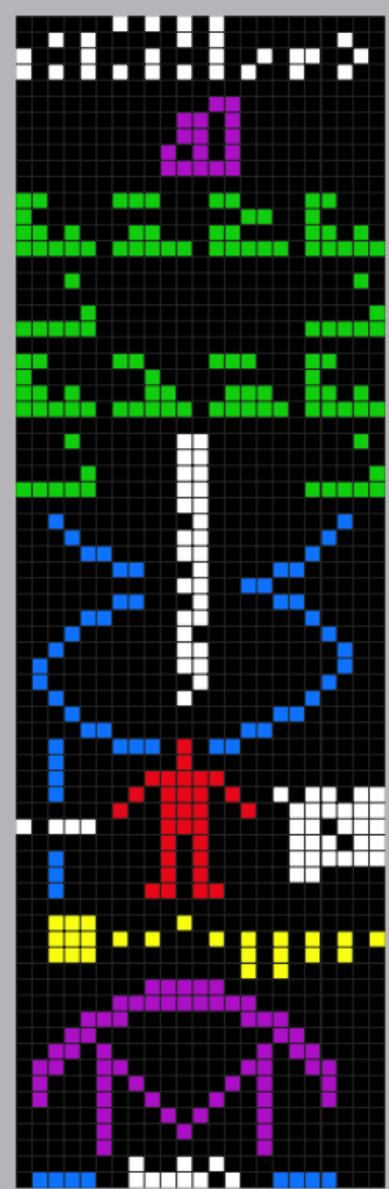
THE FRACTION OF THOSE PLANETS WITH INTELLIGENT LIFE THAT DEVELOP INTERSTELLAR COMMUNICATION

f_c

THE AVERAGE LENGTH OF TIME SUCH CIVILIZATIONS SURVIVE AND CONTINUE TO SEND COMMUNICATIONS

L

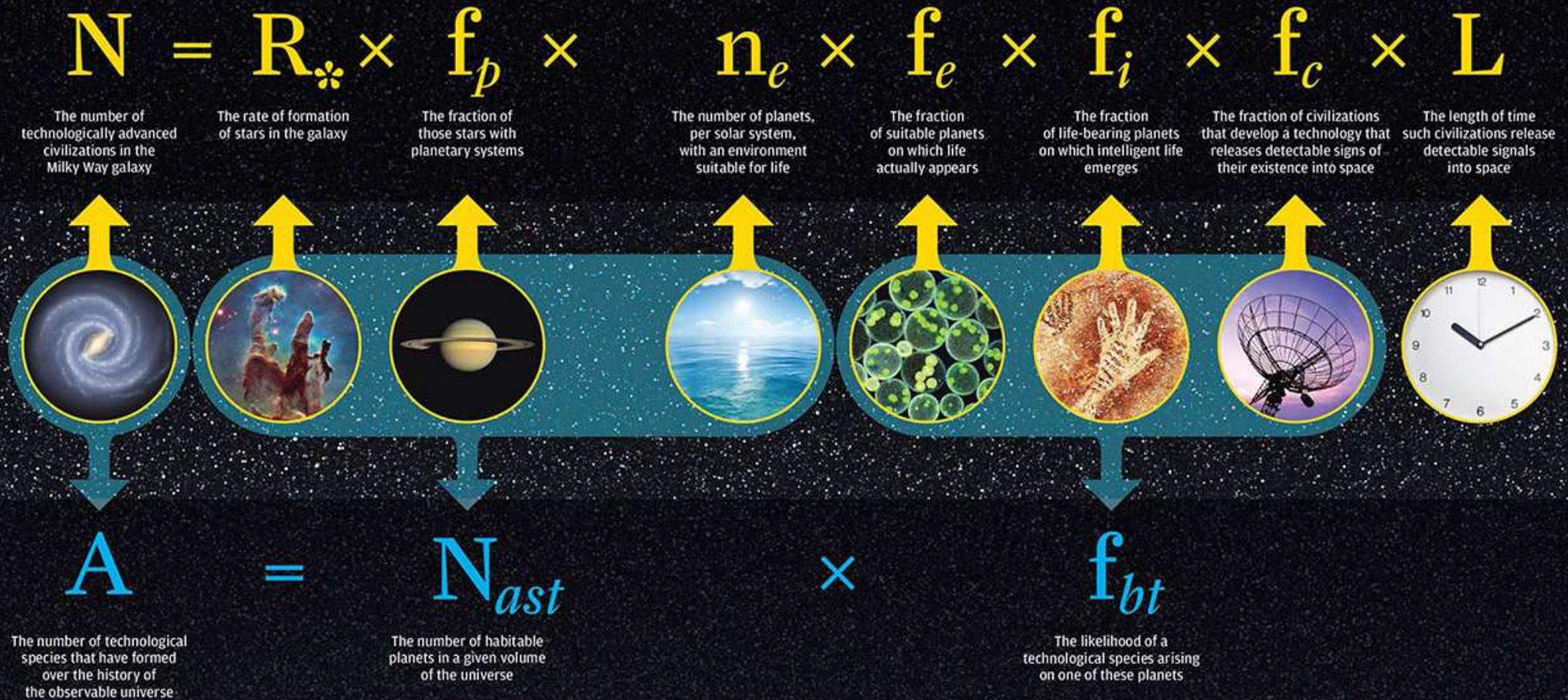
2 – L'Equation de Drake



Richard Drake (1930-)
Project Ozma (1960) → SETI (1984)



2 – L'Equation de Drake



- f_p = fraction des étoiles qui possèdent un système planétaire
- n_e : nombre de planètes « susceptibles » d'accueillir « la vie »
- $f_{e,l}$: fraction de ces planètes qui ont vu la vie se développer
- f_i : fraction des planètes habitées avec formes de vie intelligentes
- f_c : fraction qui émettent des signaux « détectables » sur de longues distances
- L : fraction de durée de vie d'une étoile durant laquelle les civilisations sont détectables

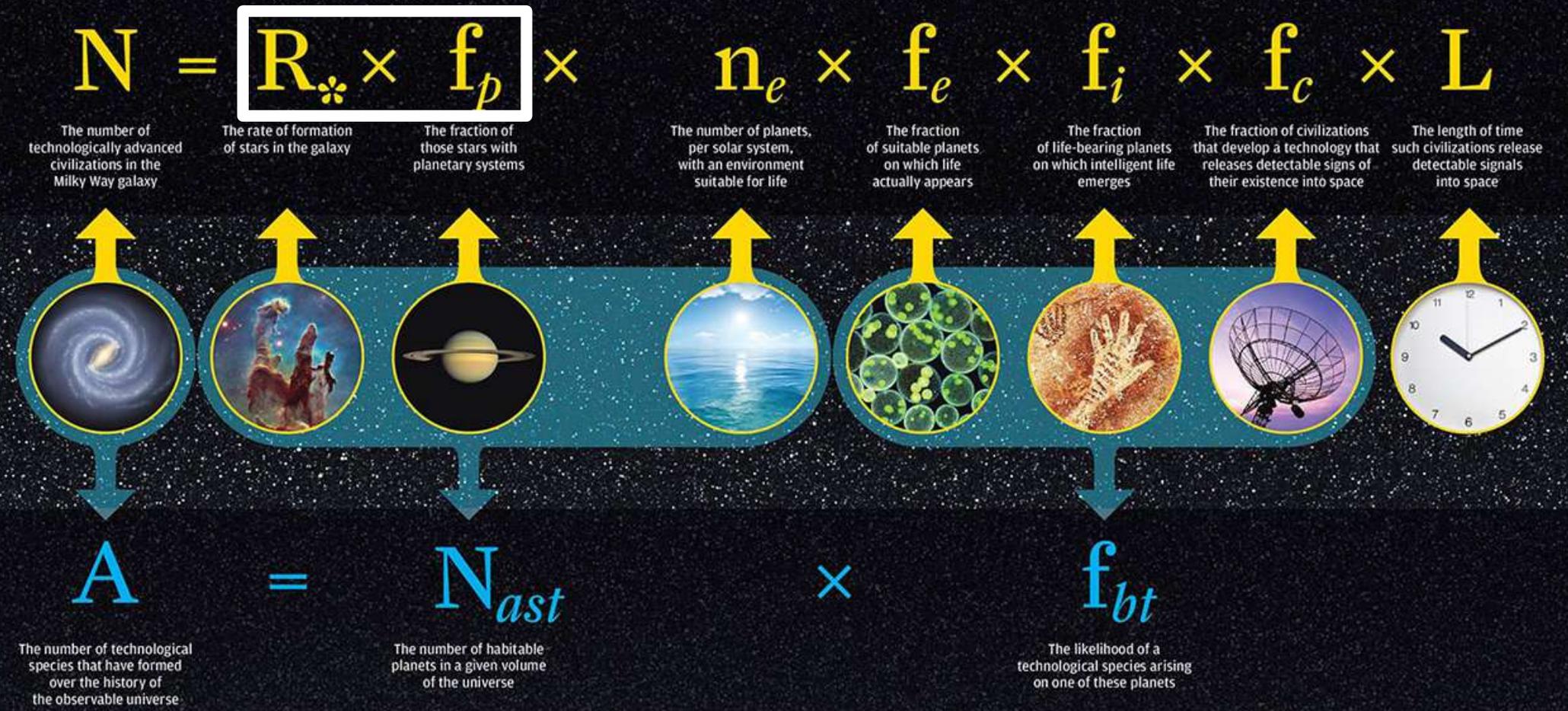
2 – Equation de Drake - estimations historiques

<https://www.cambridge.org/core/journals/international-journal-of-astrobiology/article/stochastic-process-approach-of-the-drake-equation-parameters/AF797D49E01F0B311A32581B0322F9B4>

<https://arxiv.org/abs/1112.1506>

$R_* \sim 1$ étoile/an

$f_p \sim 20\text{-}50\%$ des étoiles possèdent un système planétaire

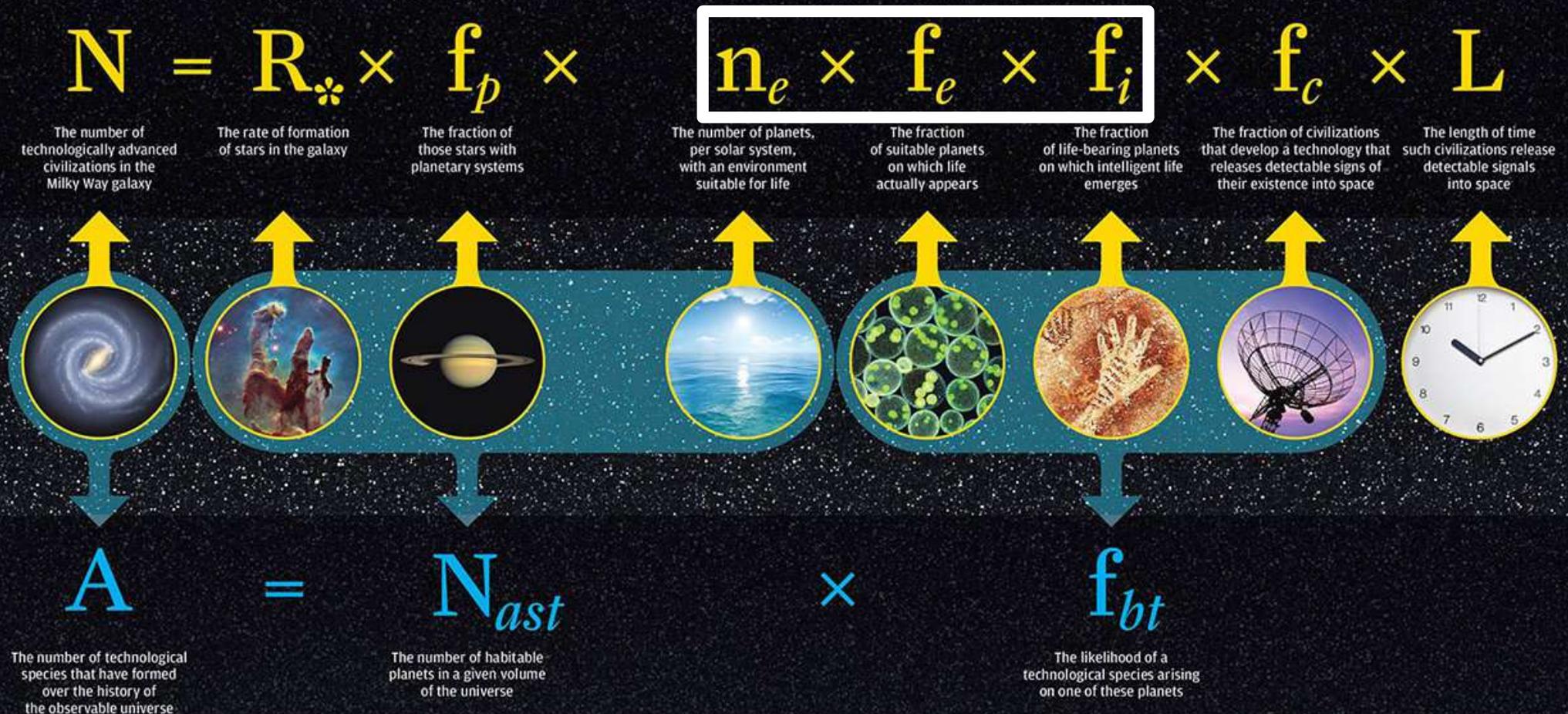


2 – Equation de Drake - estimations historiques

$n_e \sim 1-5$ nombre de planètes « susceptibles » d'accueillir « la vie »

$f_{e,l} \sim 100\%$ de ces planètes qui ont vu la vie se développer

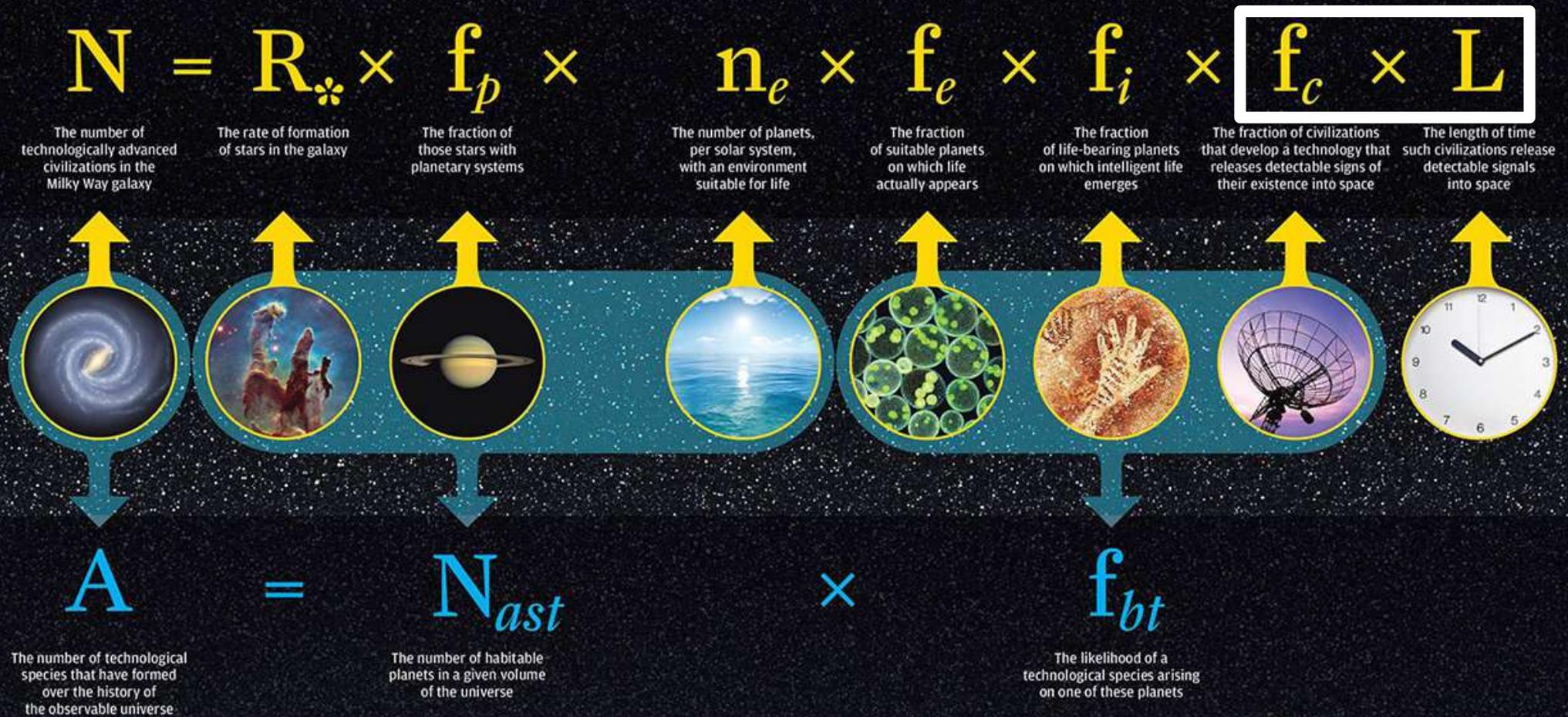
$f_i \sim 100\%$ des planètes habitées avec formes de vie intelligentes



2 – Equation de Drake - estimations historiques

$f_c \sim 10\text{-}20\%$ qui émettent des signaux « détectables » sur de longues distances
 $L \sim 10^3 - 10^9$ années durée de vie de l'étoile durant laquelle civilisations détectables

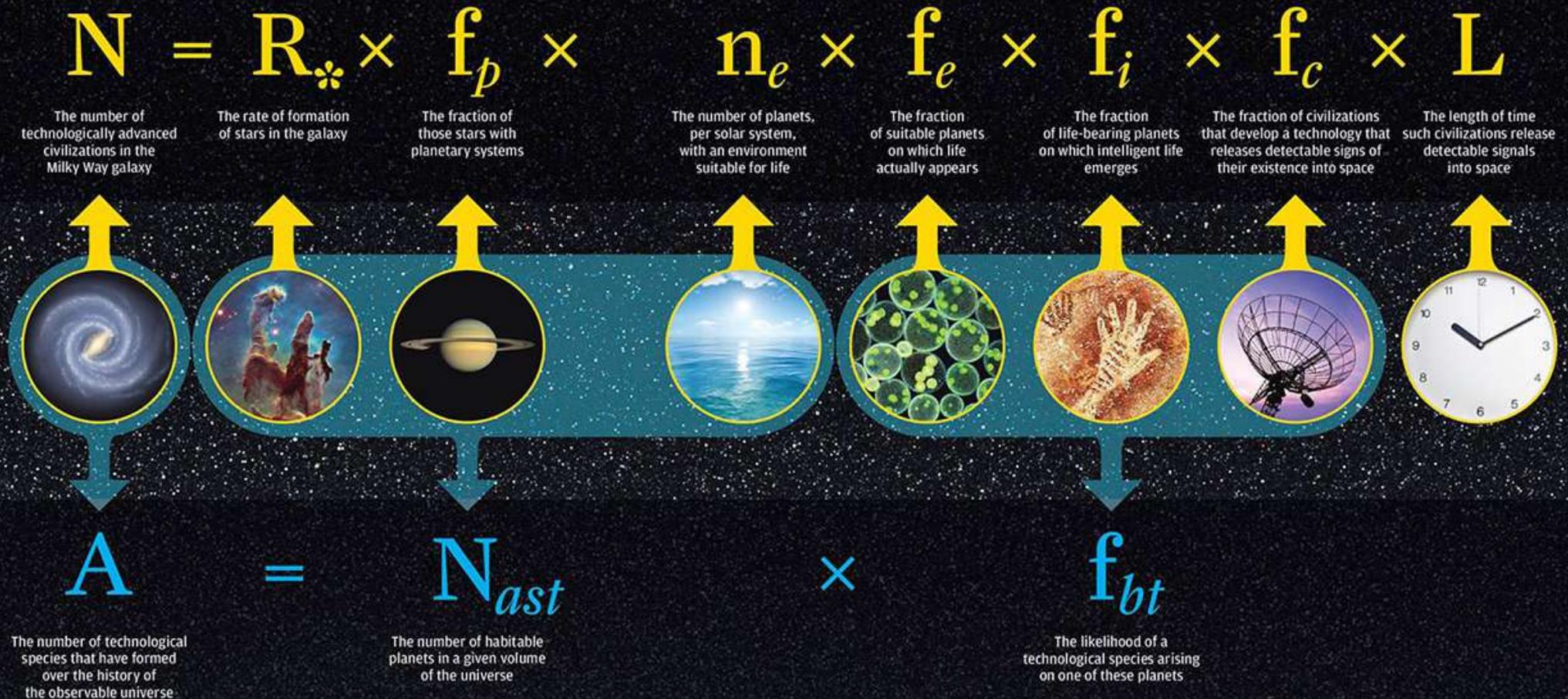
→ $N \sim 20 \rightarrow 50 \times 10^6 \rightarrow$ **Moyenne $N \sim 4000$**
Drake a estimé $N \sim L$



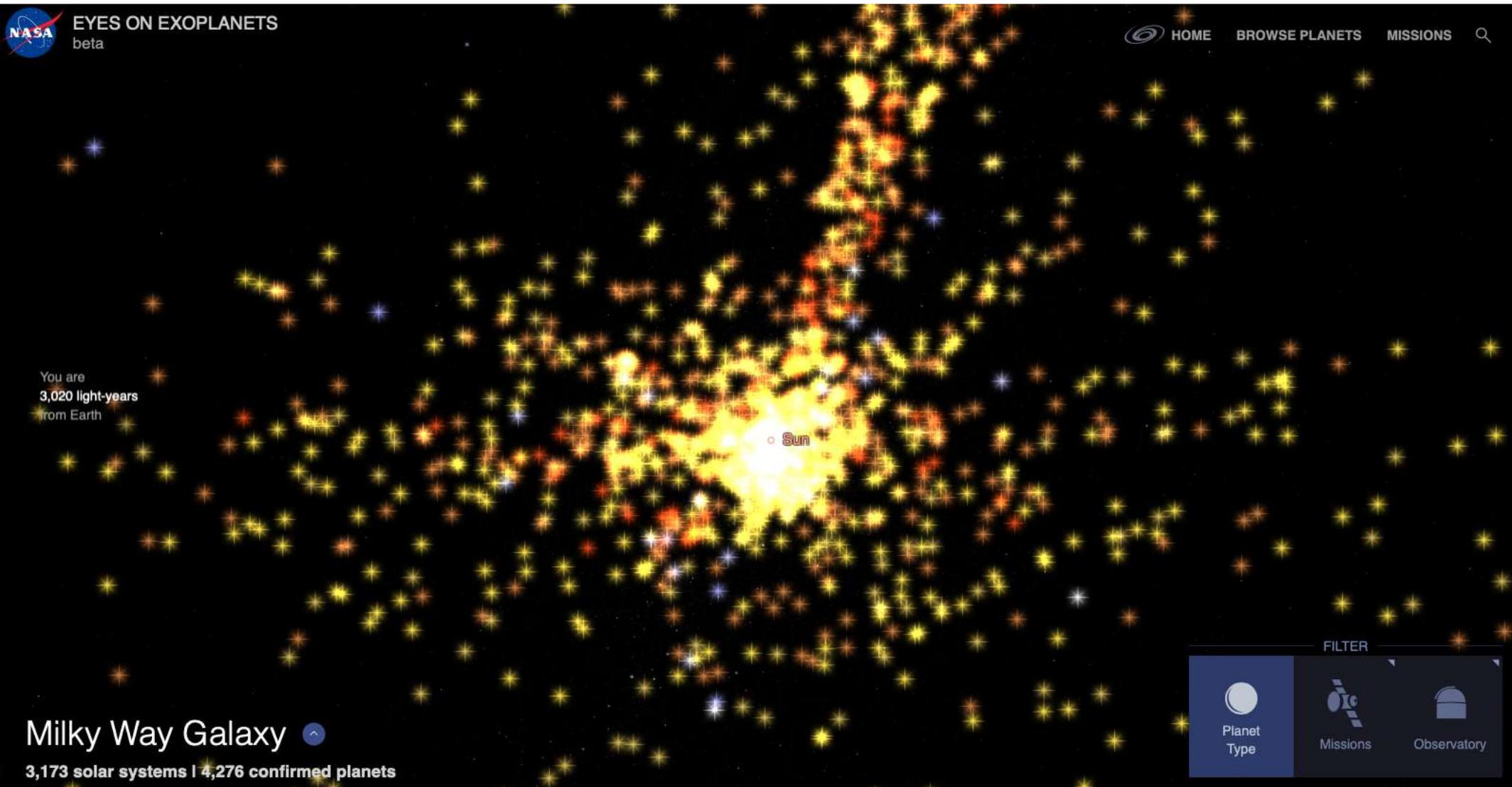
2 – Equation de Drake - estimations actuelles

Les estimations actuelles de N varient de 10^{-12} à 10^7 !!
donc $N \sim 0$ ou $N \gg 1$!

Nous sommes seuls...ou personne ne veut nous voir ?



2 – Des Exoplanètes à la pelle !



<https://exoplanets.nasa.gov>

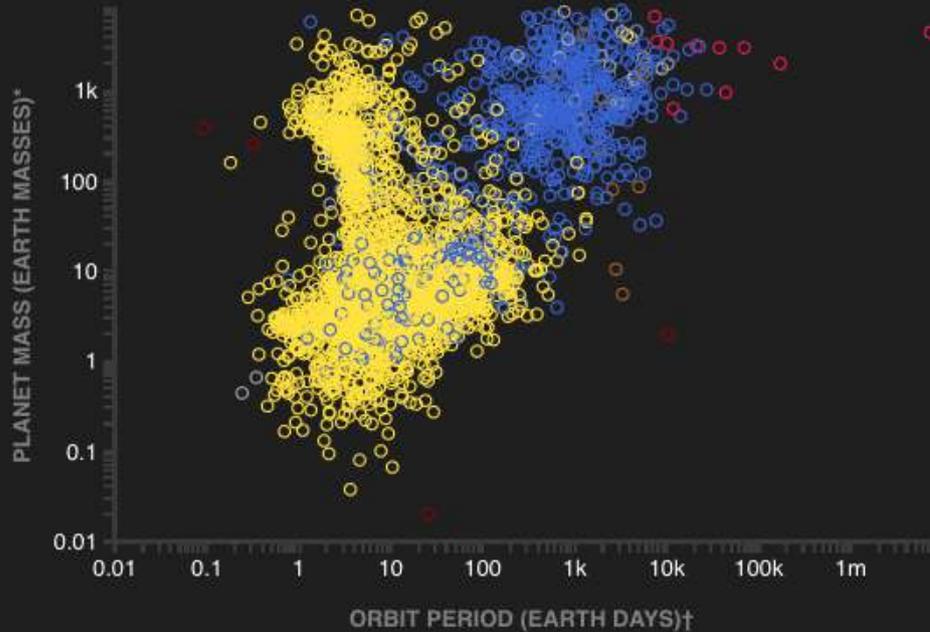


2 – Exoplanètes

Exoplanet Census

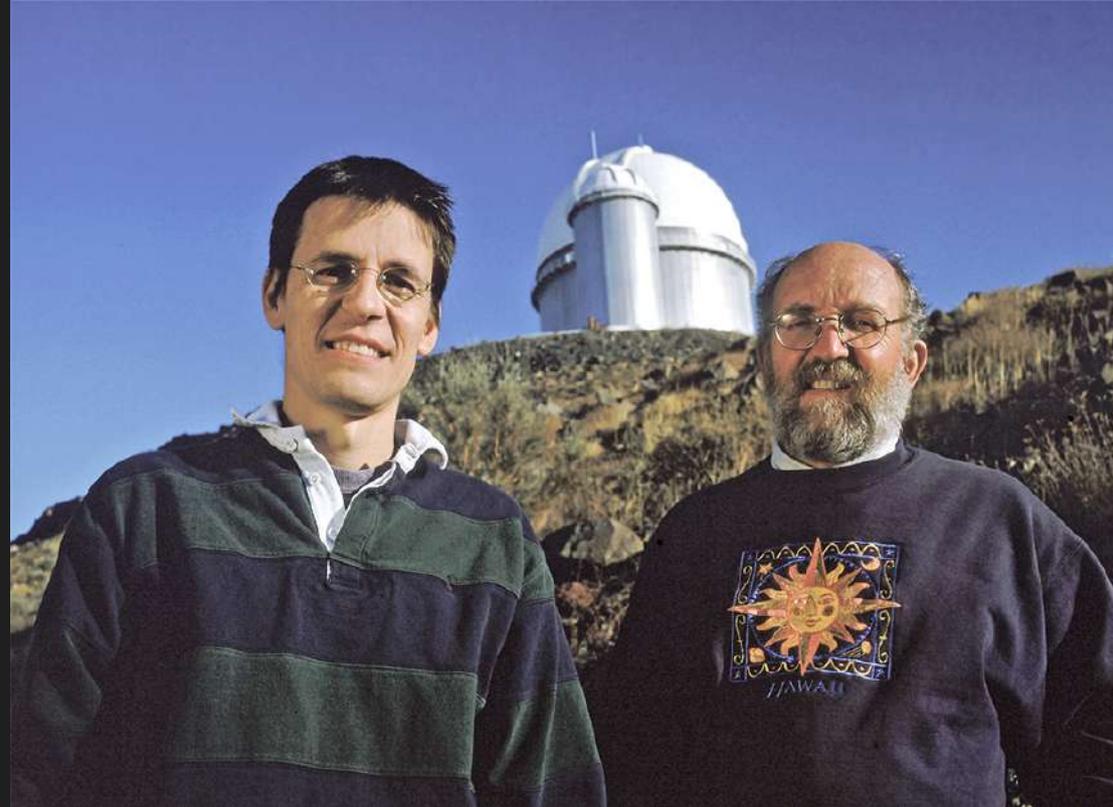
For planets with both measured or estimated orbital period and mass

- Transit (3224)
- Radial Velocity (816)
- Microlensing (9)
- Imaging (10)
- Pulsar Timing (6)
- Other (41)



YEAR 2020

DISCOVERIES‡ 4276



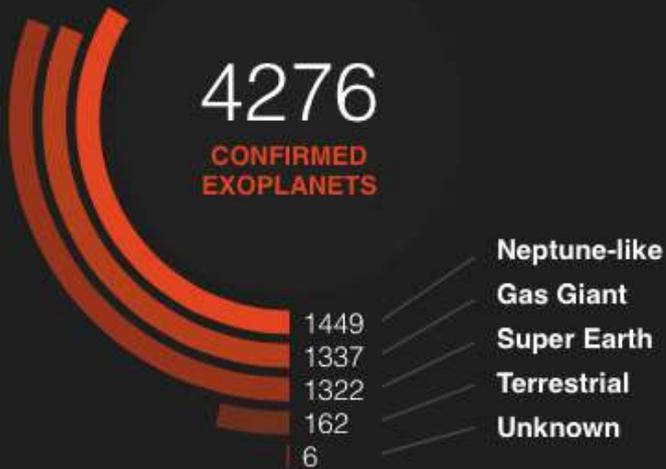
D. Queloz & M. Mayor (co-) Prix Nobel 2019

2 – Exoplanètes

Exoplanet Discoveries

Latest Data from NASA's Exoplanet Archive

Planet Types



New Discovery



PLANET NAME
Kepler-1670 b

PLANET TYPE
Neptune-like

DISCOVERY DATE
2020

DETECTION METHOD
Transit

<https://exoplanets.nasa.gov>



2 – Equation de Drake - estimations actuelles

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 896:58 (18pp), 2020 June 10

© 2020. The American Astronomical Society. All rights reserved.

<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab8225>



The Astrobiological Copernican Weak and Strong Limits for Intelligent Life

Tom Westby  and Christopher J. Conselice 

School of Physics and Astronomy, University of Nottingham, UK

Received 2019 December 4; revised 2020 March 15; accepted 2020 March 17; published 2020 June 15

<https://arxiv.org/abs/2004.03968>

Abstract

We present a cosmic perspective on the search for life and examine the likely number of Communicating Extra-Terrestrial Intelligent (CETI) civilizations in our Galaxy by utilizing the latest astrophysical information. Our calculation involves Galactic star formation histories, metallicity distributions, and the likelihood of stars hosting Earth-like planets in their habitable zones, under specific assumptions which we describe as the Astrobiological Copernican Weak and Strong conditions. These assumptions are based on the one situation in which intelligent, communicative life is known to exist—on our own planet. This type of life has developed in a metal-rich environment and has taken roughly 5 Gyr to do so. We investigate the possible number of CETI civilizations based on different scenarios. At one extreme is the Weak Astrobiological Copernican scenario—such that a planet forms intelligent life sometime after 5 Gyr, but not earlier. The other is the Strong Astrobiological Copernican scenario in which life must form between 4.5 and 5.5 Gyr, as on Earth. In the Strong scenario (under the strictest set of assumptions), we find there should be at least 36_{-32}^{+175} civilizations within our Galaxy: this is a lower limit, based on the assumption that the average lifetime, L , of a communicating civilization is 100 yr (since we know that our own civilization has had radio communications for this time). If spread uniformly throughout the Galaxy this would imply that the nearest CETI is at most $17,000_{-10,000}^{+33,600}$ lt-yr away and most likely hosted by a low-mass M-dwarf star, likely far surpassing our ability to detect it for the foreseeable future, and making interstellar communication impossible. Furthermore, the likelihood that the host stars for this life are solar-type stars is extremely small and most would have to be M dwarfs, which may not be stable enough to host life over long timescales. We furthermore explore other scenarios and explain the likely number of CETI there are within the Galaxy based on variations of our assumptions.

Simulations/Calculs :

<https://www.omnicalculator.com/physics/alien-civilization#the-number-of-active-extraterrestrial-civilizations-drake-equation>

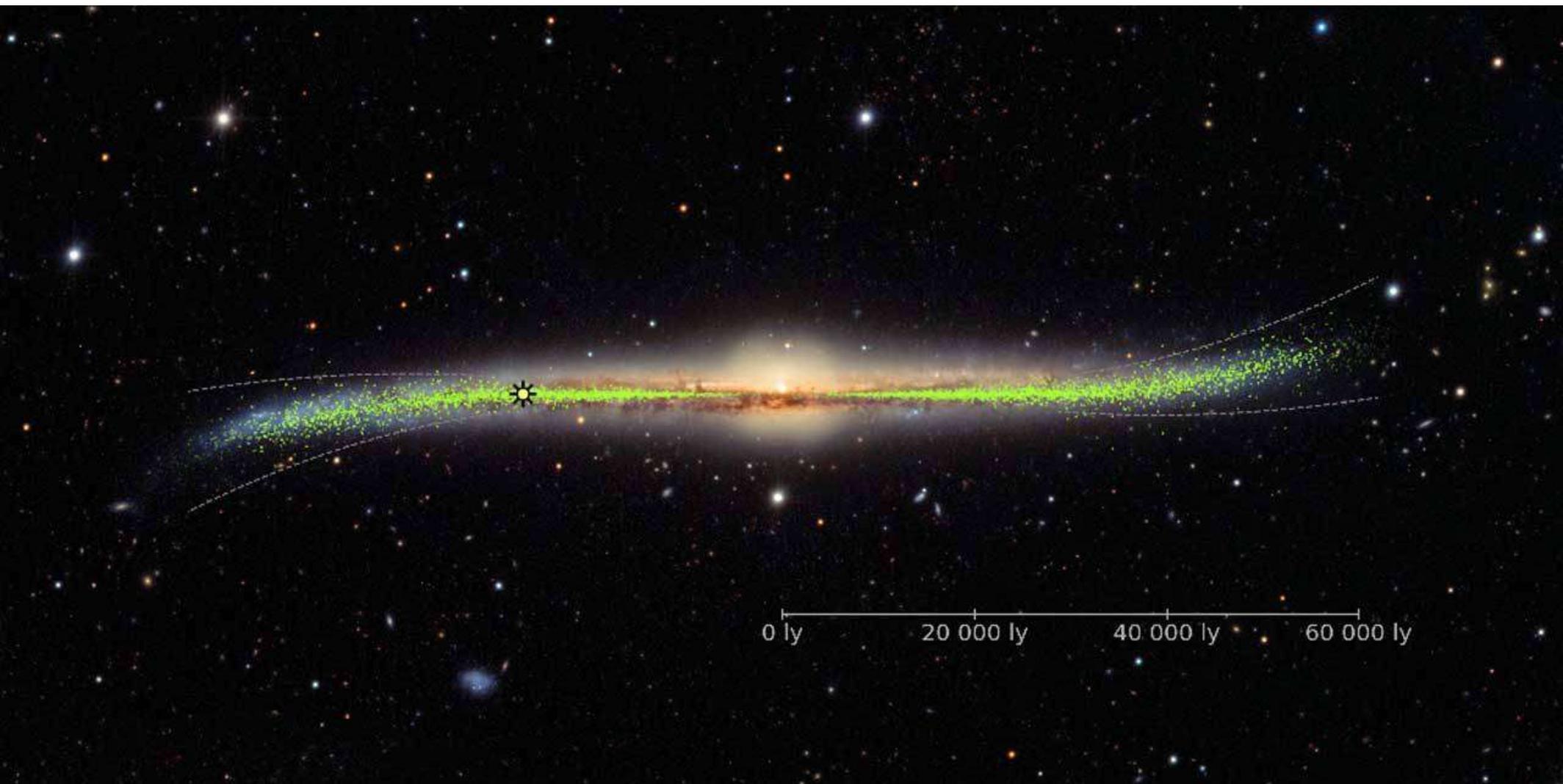


2 – Equation de Drake - estimations actuelles

Faible : $N \sim 930 \rightarrow d_{\text{maximum}} \sim 3 \text{ al} \sim \text{Proxima du Centaure}$

Modéré : $N \sim 60 \rightarrow d_{\text{maximum}} \sim 13\,000 \text{ al}$

Forte : $N \sim 36 \rightarrow d_{\text{maximum}} \sim 17\,000 \text{ al} \sim \text{Centre Galactique } 25\,000 \text{ al}$



<https://arxiv.org/abs/astro-ph/0401024>

The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way

Charles H. Lineweaver,^{1,2*} Yeshe Fenner,^{3*} Brad K. Gibson^{3*}

We modeled the evolution of the Milky Way Galaxy to trace the distribution in space and time of four prerequisites for complex life: the presence of a host star, enough heavy elements to form terrestrial planets, sufficient time for biological evolution, and an environment free of life-extinguishing supernovae. We identified the Galactic habitable zone (GHZ) as an annular region between 7 and 9 kiloparsecs from the Galactic center that widens with time and is composed of stars that formed between 8 and 4 billion years ago. This GHZ yields an age distribution for the complex life that may inhabit our Galaxy. We found that 75% of the stars in the GHZ are older than the Sun.

As we learn more about the Milky Way Galaxy, extrasolar planets, and the evolution of life on Earth, qualitative discussions of the

¹Department of Astrophysics, University of New South Wales (NSW), Sydney, NSW 2052, Australia. ²Australian Centre for Astrobiology, Macquarie University, NSW 2109, Australia. ³Centre for Astrophysics and Supercomputing, Swinburne University, Hawthorn, VIC 3122, Australia.

*To whom correspondence should be addressed. E-mail: charley@bat.phys.unsw.edu.au (C.H.L.); yfenner@astro.swin.edu.au (Y.F.)

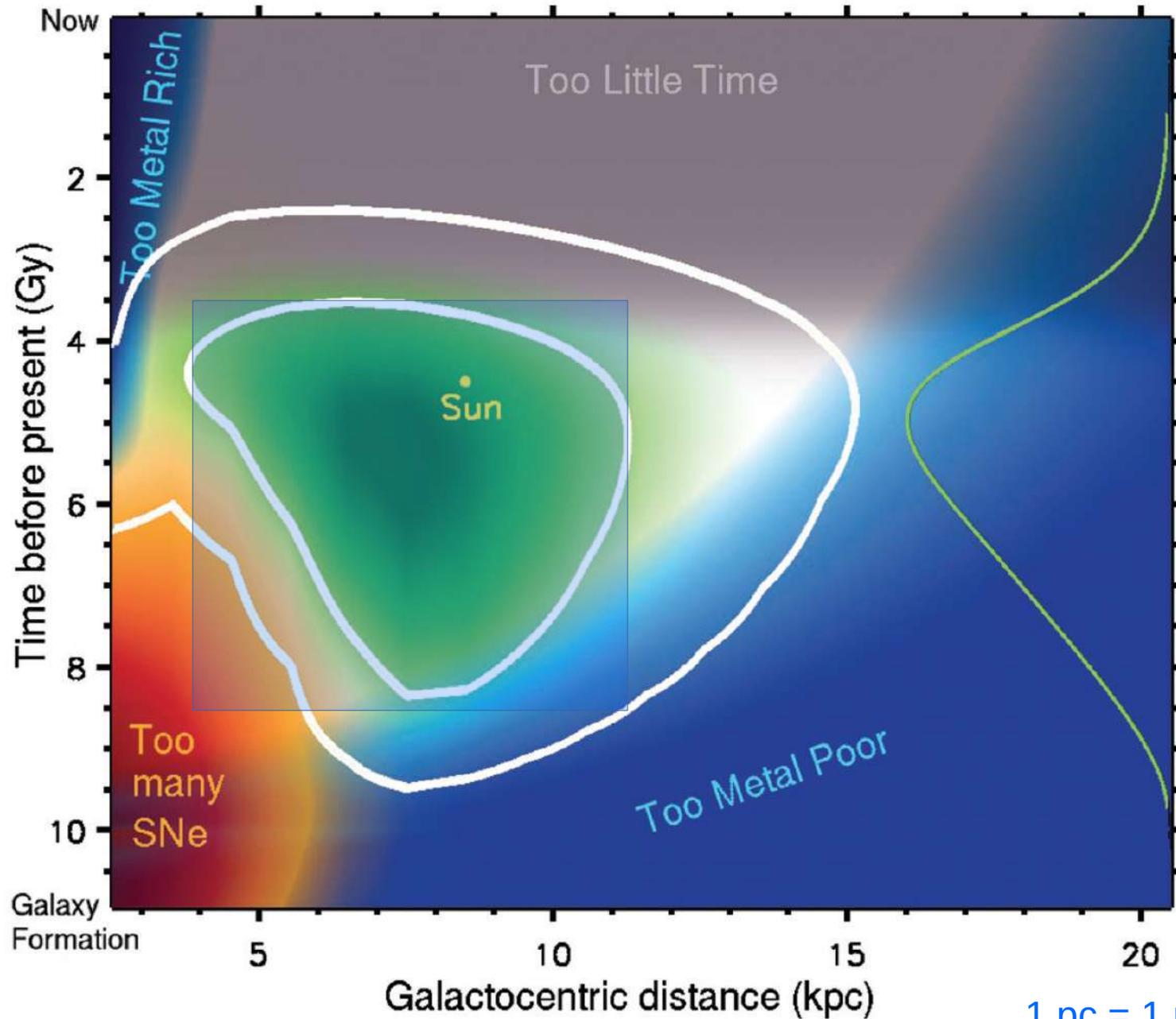
prerequisites for life in a Galactic context can become more quantitative (1–3). The Galactic habitable zone (GHZ) (4), analogous to the concept of the circumstellar habitable zone (5), is an annular region lying in the plane of the Galactic disk possessing the heavy elements necessary to form terrestrial planets and a sufficiently clement environment over several billion years to allow the biological evolution of complex multicellular life. In order to more quantitatively estimate the position, size, and time evolution of the

GHZ, we combined an updated model of the evolution of the Galaxy (6) with metallicity constraints derived from extrasolar planet data (7).

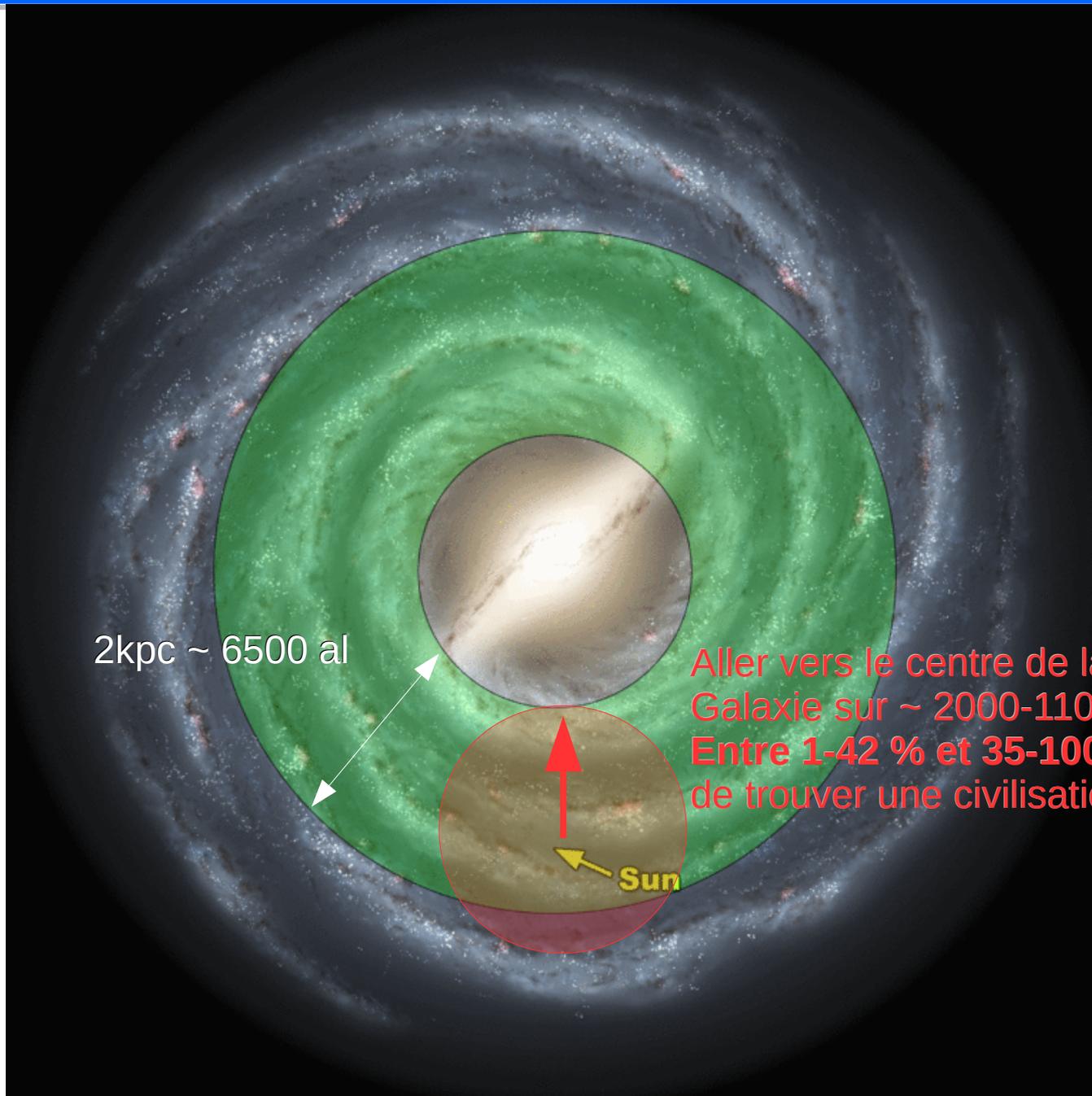
Of the factors that determine the location of the GHZ, the abundance of elements heavier than hydrogen and helium (metallicity) is particularly crucial because these elements are what terrestrial planets are composed of. The current metallicity of the Galaxy can be directly measured. However, modeling is needed to identify the metallicity distribution throughout the history of the Milky Way.

We simulated the formation of the Galaxy with the use of two overlapping episodes of accretion that correspond to the buildup of the halo and disk. The gas accretion rate falls off exponentially on a small [~ 1 Gyear (Gy)] time scale for the first phase and a longer time scale (~ 7 Gy) for the second phase. Although there is a 1-Gy delay between the onset of halo formation and the onset of thin disk formation, the formation of these two components overlaps in time. In our model, we monitor the creation of heavy elements and the exchange of matter between stars and gas. Model parameters have been chosen to reproduce the key observational constraints, namely, the radial distribution of stars, gases, and metals; the metallicity

2 – Equation de Drake - estimations actuelles



2 – Equation de Drake - estimations actuelles



2kpc ~ 6500 al

Aller vers le centre de la
Galaxie sur ~ 2000-11000al
**Entre 1-42 % et 35-100 % de chances
de trouver une civilisation Alien**

Sun



Le Physicien & les Extra-Terrestres

Physique
pour Tous !



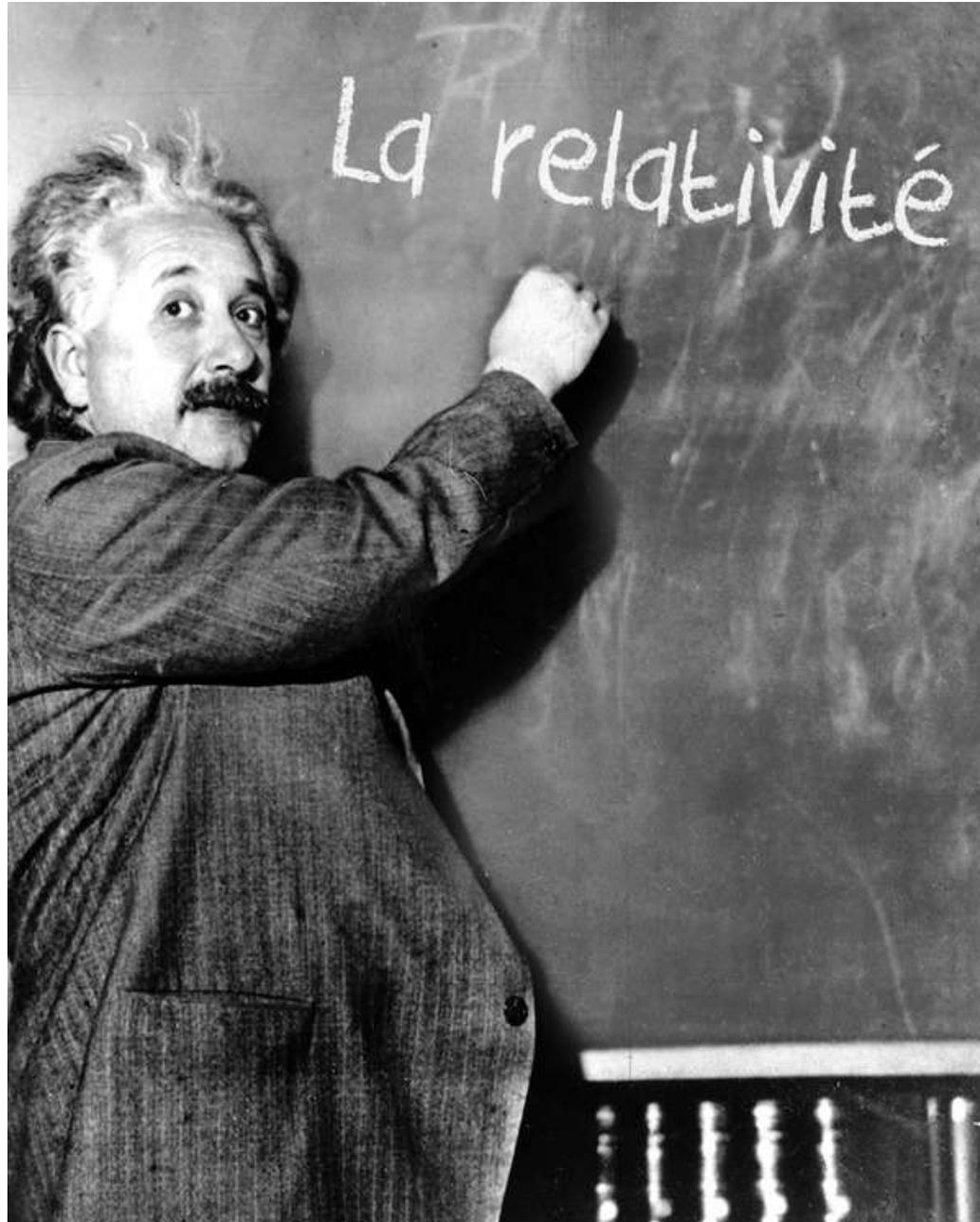
3 – Les Aliens : comment y aller ?

3 – En route ! Voyage vers les Extra-Terrestres

YOU ARE HERE

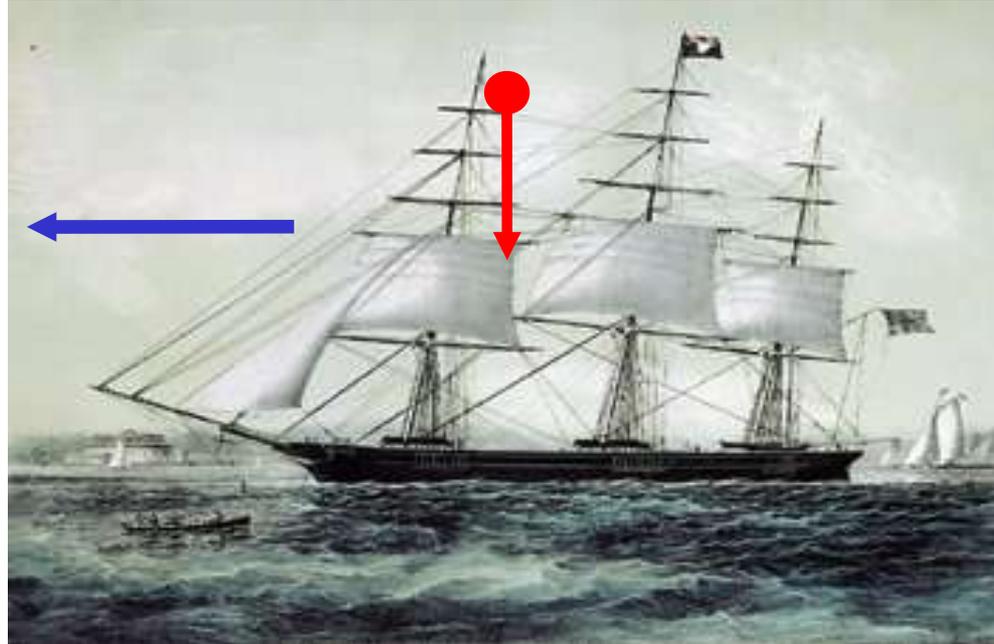


3 – En route ! Voyage vers les Extra-Terrestres



3 – En route ! Voyage vers les Extra-Terrestres

- « Si la Terre bouge, pourquoi on ne sent rien ? »



- Relativité du mouvement
 - Vitesses mesurées par rapport à un référentiel
 - Pas d'état de repos absolu : Principe d'Inertie ou **1ère loi de Newton**
 - Un observateur en mouvement uniforme est équivalent à un observateur statique

Enfermez-vous avec un ami dans la plus grande cabine sous le pont d'un grand navire, et prenez avec vous des mouches, des papillons et d'autres petites bêtes qui volent (...) - Galilée

3 – En route ! Voyage vers les Extra-Terrestres

Enfermez-vous avec un ami dans la plus grande cabine sous le pont d'un grand navire, et prenez avec vous des mouches, des papillons et d'autres petites bêtes qui volent (...)

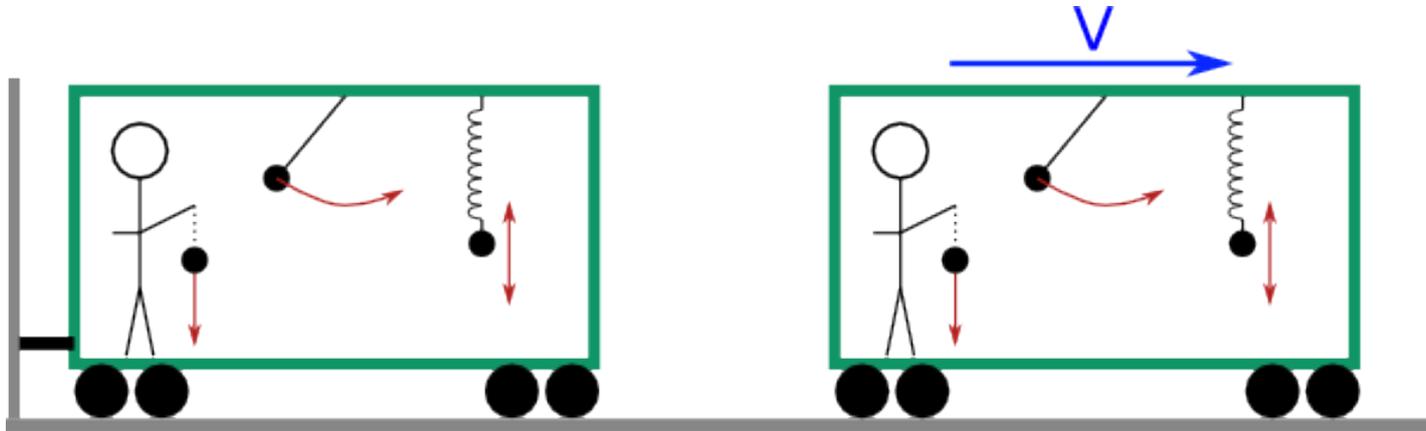
Quand le navire est immobile, observez soigneusement comme les petites bêtes qui volent vont à la même vitesse dans toutes les directions de la cabine, on voit les poissons nager indifféremment de tous les côtés, les gouttes qui tombent entrent toutes dans le vase placé dessous (...)

Quand vous aurez soigneusement observé cela (...), faites aller le navire à la vitesse que vous voulez ; pourvu que le mouvement soit uniforme, sans balancement dans un sens ou dans l'autre, vous ne remarquerez pas le moindre changement dans tous les effets qu'on vient d'indiquer

Galilée



3 – En route ! Voyage vers les Extra-Terrestres

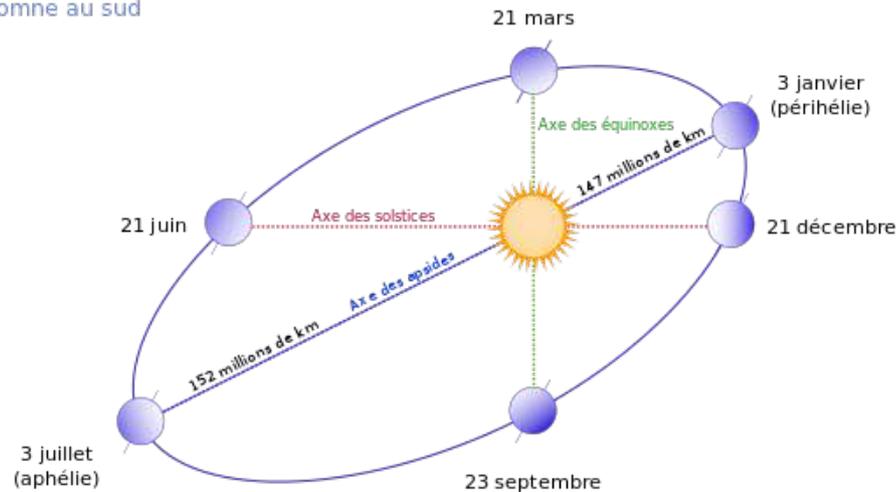


$$\rightarrow v_{\text{homme/quai}} = v_{\text{homme/train}} + v$$

**La lumière doit aussi suivre cette loi ?
...même alors que la Terre est en mouvement... ?**

Printemps au nord
Automne au sud

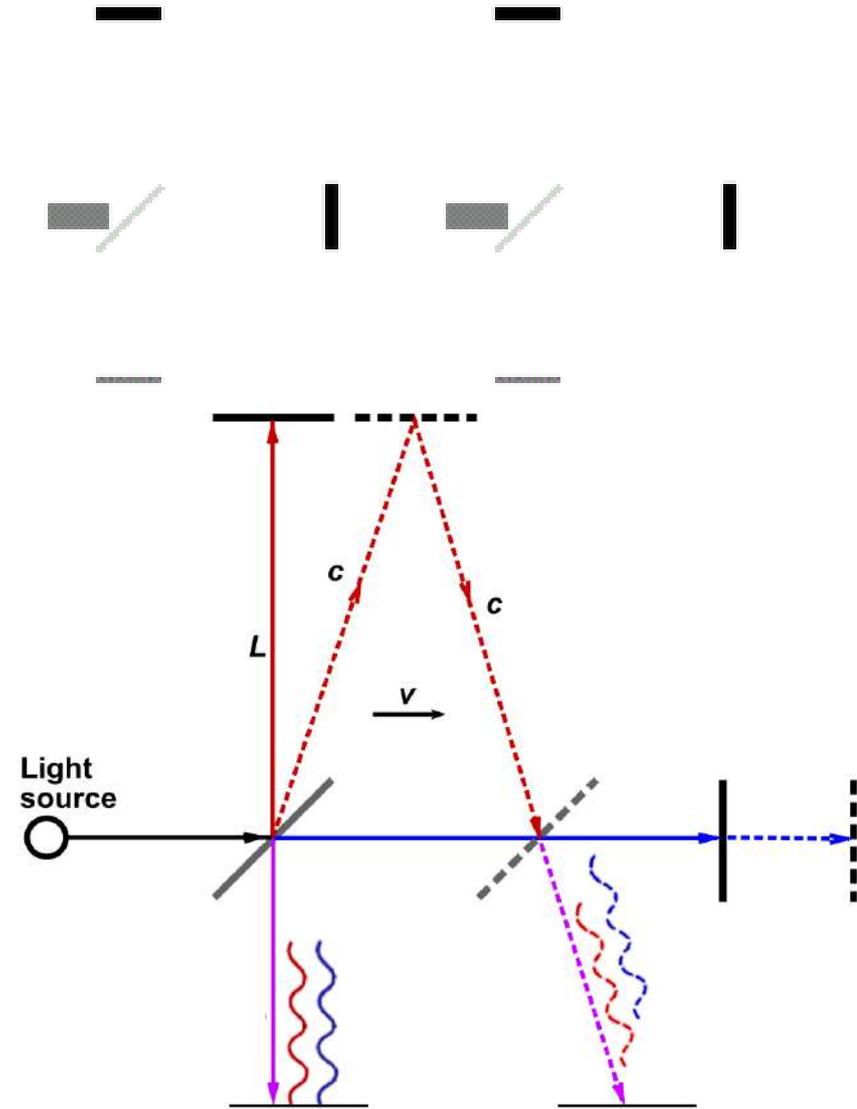
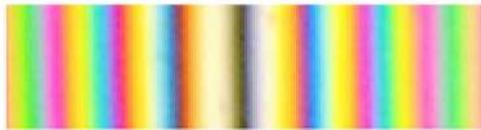
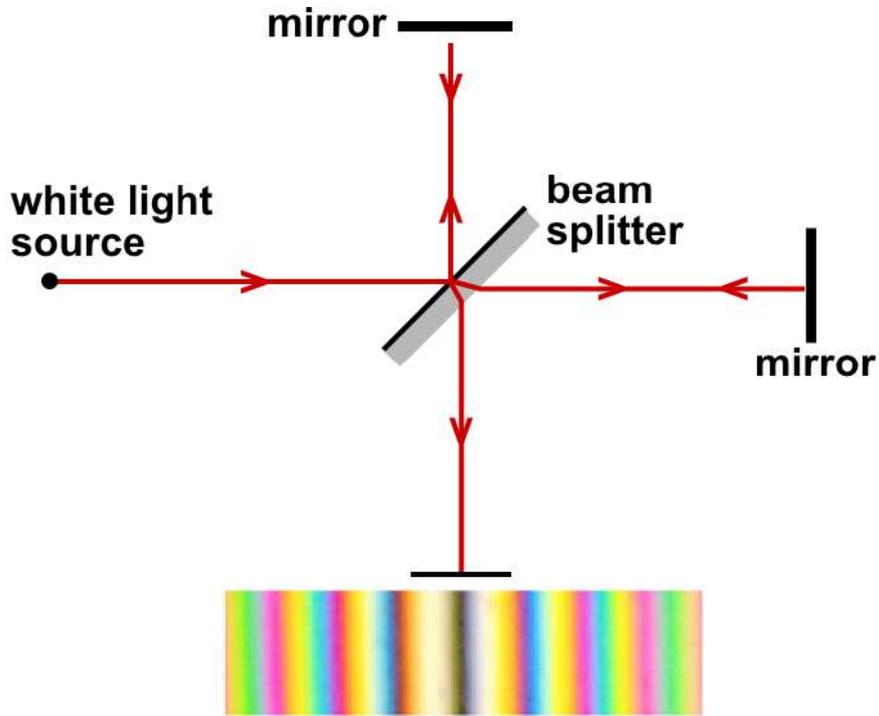
Hiver au nord
Été au sud



Été au nord
Hiver au sud

Automne au nord
Printemps au sud

3 – En route ! Voyage vers les Extra-Terrestres

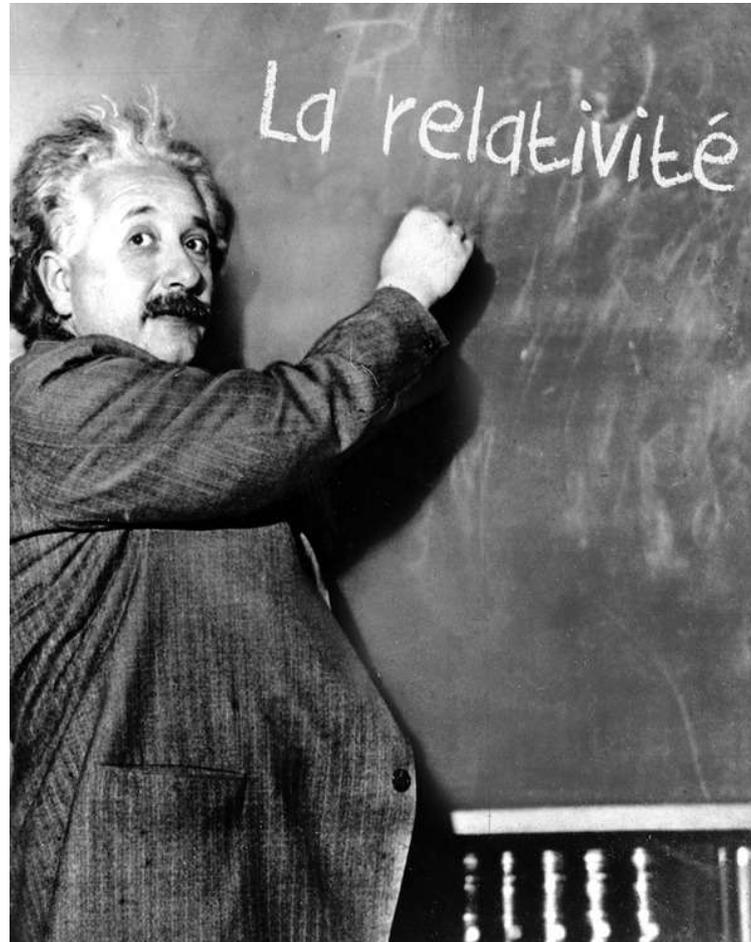


Résultats de Michelson+Morley (1887) : la vitesse de la lumière ne dépend pas du trajet de la Terre autour du Soleil !



3 – En route ! Voyage vers les Extra-Terrestres

- **Vitesse de la lumière constante** dans tout référentiel “Galiléen”, ou « inertiels »
 - vitesse c indépassable
- Pas de « temps absolu »
- **Espace-temps = trajet au temps de parcours le plus court entre 2 points de l'espace**



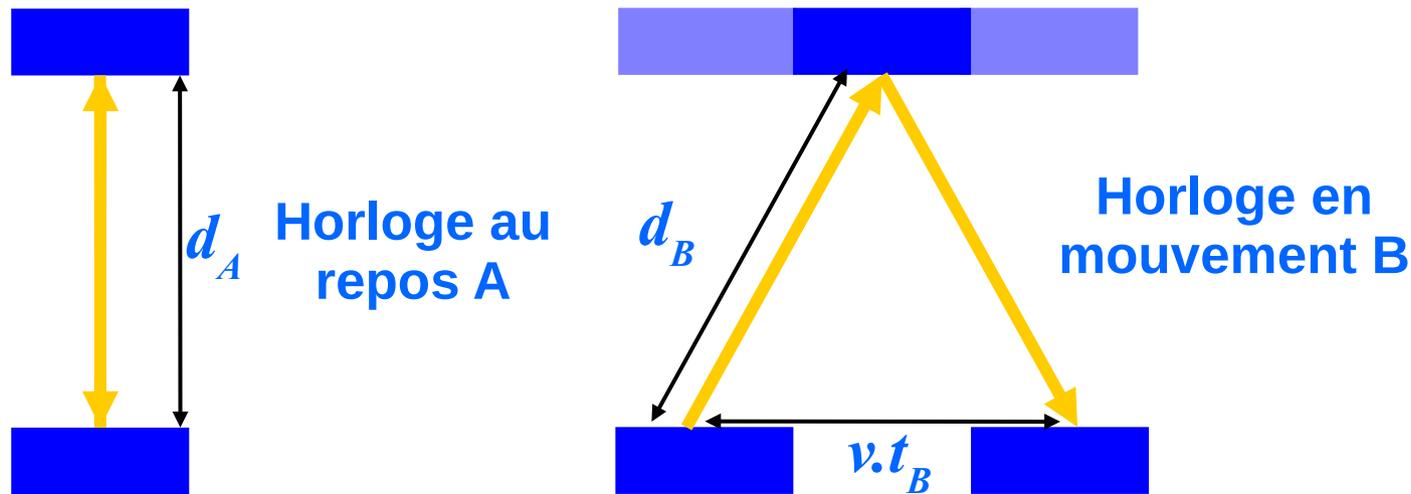
3 – En route ! Relativité restreinte

Temps, distance et Vitesse de la lumière dans le vide c

PISTE EINSTEIN

Vitesse = Distance / Temps

Mais Einstein (1905) → vitesse de la lumière = constante !



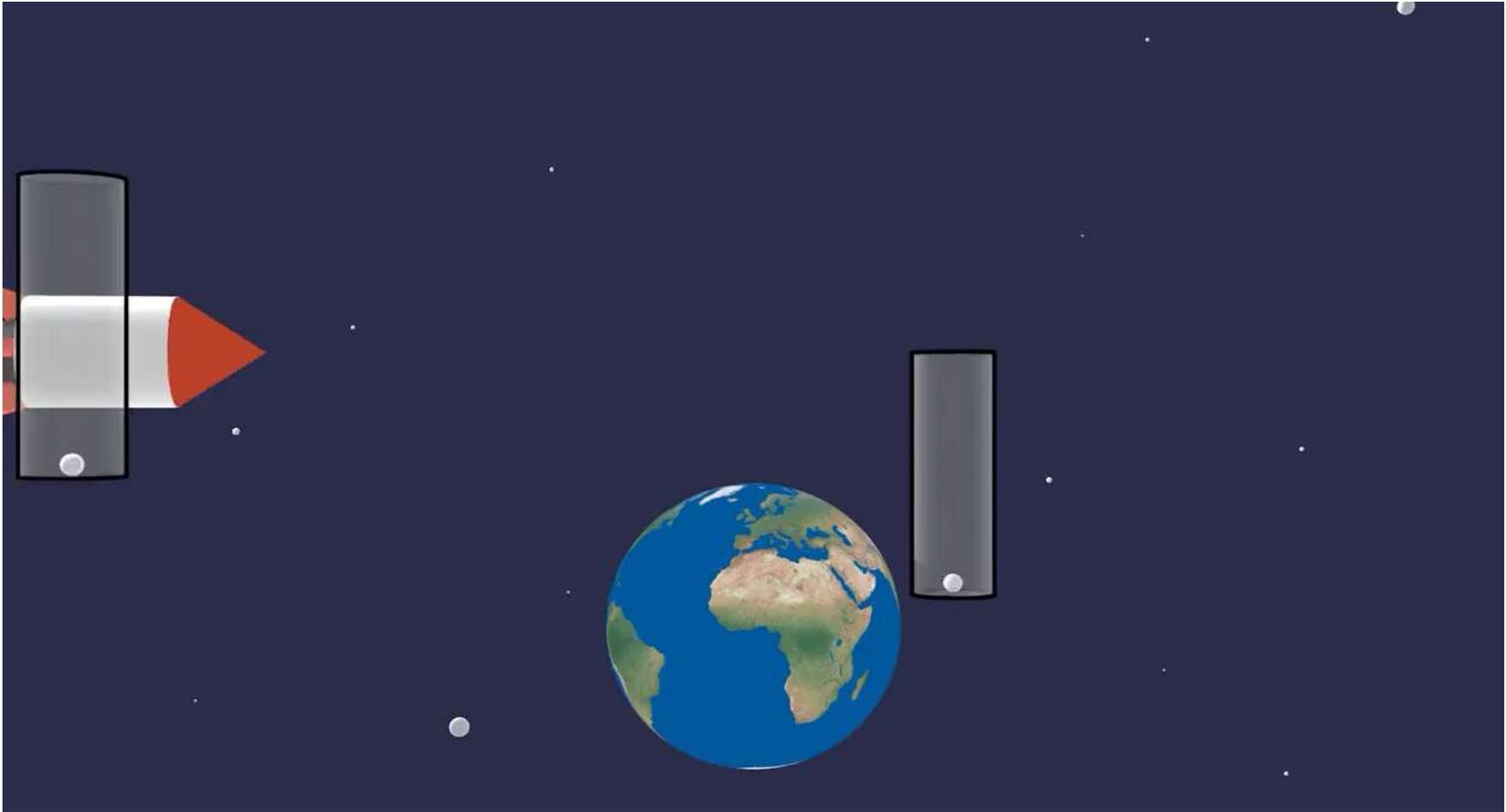
A la même vitesse, distance à parcourir dans Horloge mobile plus grande
→ temps plus long entre 2 « ticks » de l'horloge

Dilatation du temps

Impossibilité de l'action instantanée à distance
(Relativité Restreinte)

3 – En route ! Relativité restreinte

PISTE EINSTEIN



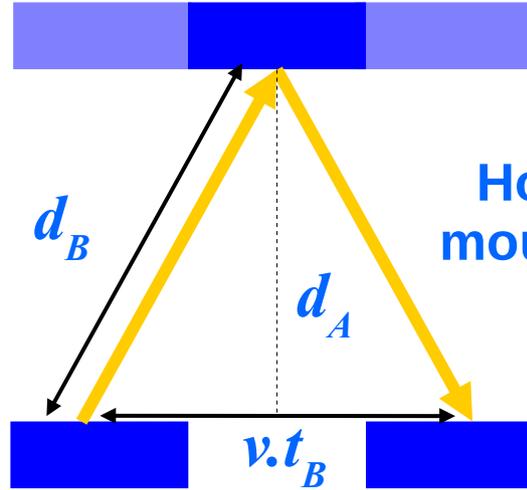
A la même vitesse, distance à parcourir dans B plus grande
→ temps plus long entre 2 « ticks » de l'horloge

3 – En route ! Relativité restreinte

Temps, distance et Vitesse de la lumière dans le vide c
 Einstein (1905) → **vitesse de la lumière = constante !**



Horloge au repos A



Horloge en mouvement B

$$t_A = \frac{2d_A}{c}$$

$$t_B = \frac{2d_B}{c} \text{ avec } d_B^2 = d_A^2 + \left(\frac{1}{2}vt_B\right)^2$$

D'où $\frac{c^2}{4}t_B^2 = \frac{c^2}{4}t_A^2 + \frac{1}{4}v^2t_B^2 \Rightarrow c^2t_A^2 = (c^2 - v^2)t_B^2$

$$\Rightarrow t_A^2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) t_B^2 \Rightarrow t_{\text{repos}} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} t_{\text{mobile}} \Rightarrow t_{\text{mobile}} = \underbrace{\gamma}_{\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}} t_{\text{repos}}$$

→ **Le temps s'écoule plus lentement pour $v \neq 0$**

$$\Rightarrow t_{\text{mobile}} = \gamma t_{\text{repos}} \text{ avec } \gamma \geq 1 :$$

$$\gamma = 1 \text{ pour } v=0 \rightarrow \gamma \text{ grand pour } v \sim c$$

3 – En route ! Relativité restreinte

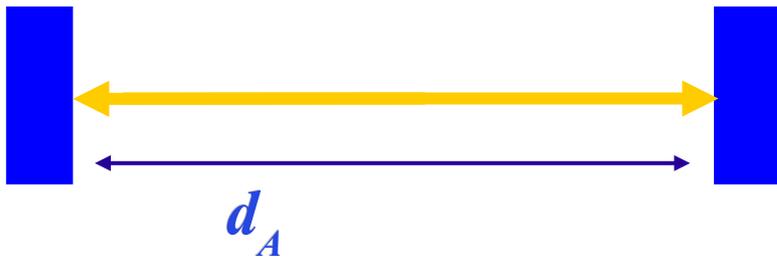
Temps, distance et Vitesse de la lumière dans le vide c

PISTE EINSTEIN

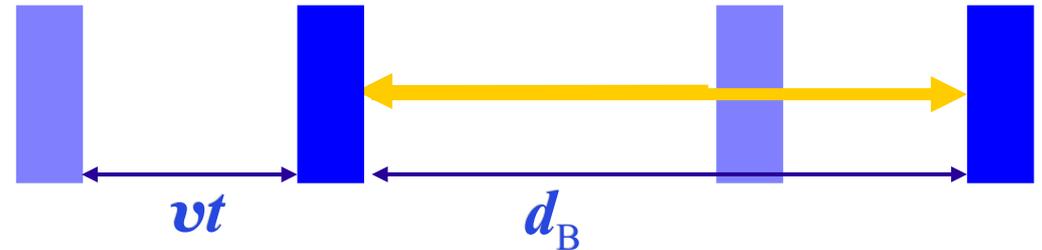
Vitesse = Distance / Temps

Mais Einstein (1905) → vitesse de la lumière = constante !

Horloge au repos A



Horloge en mouvement B

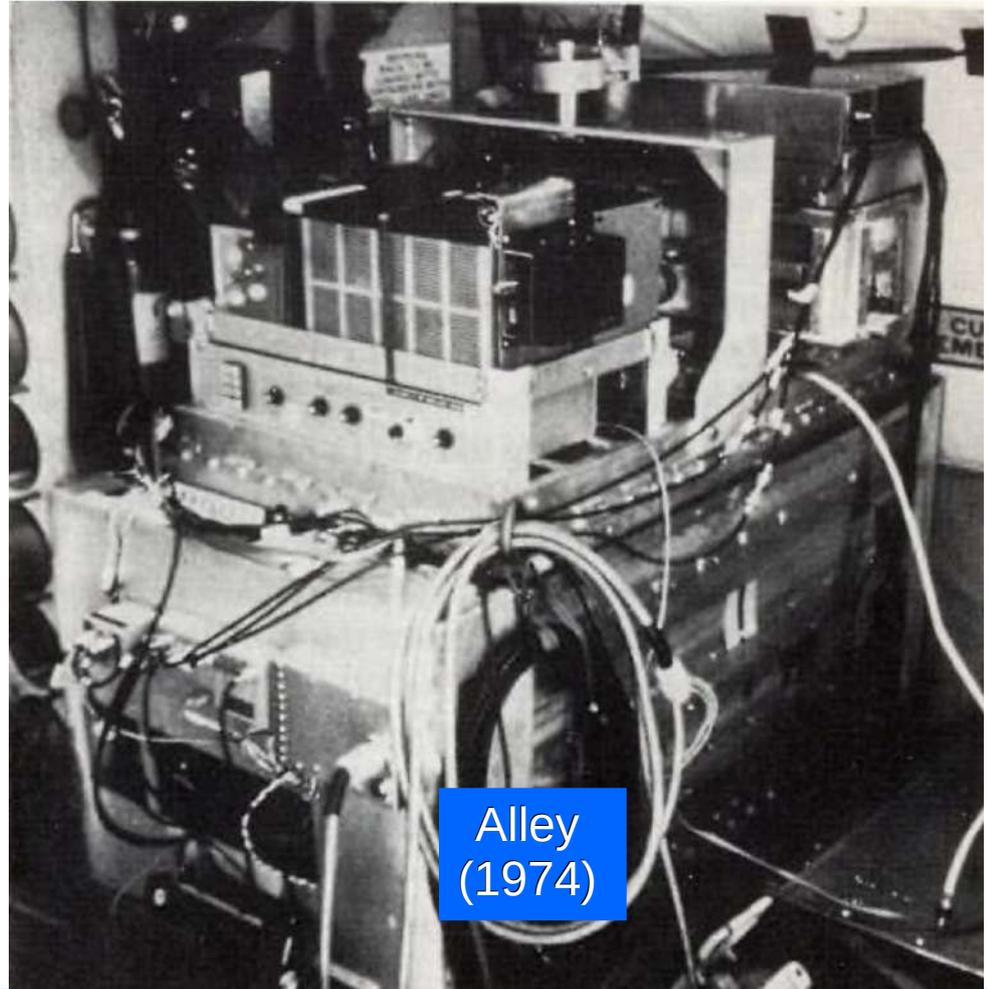
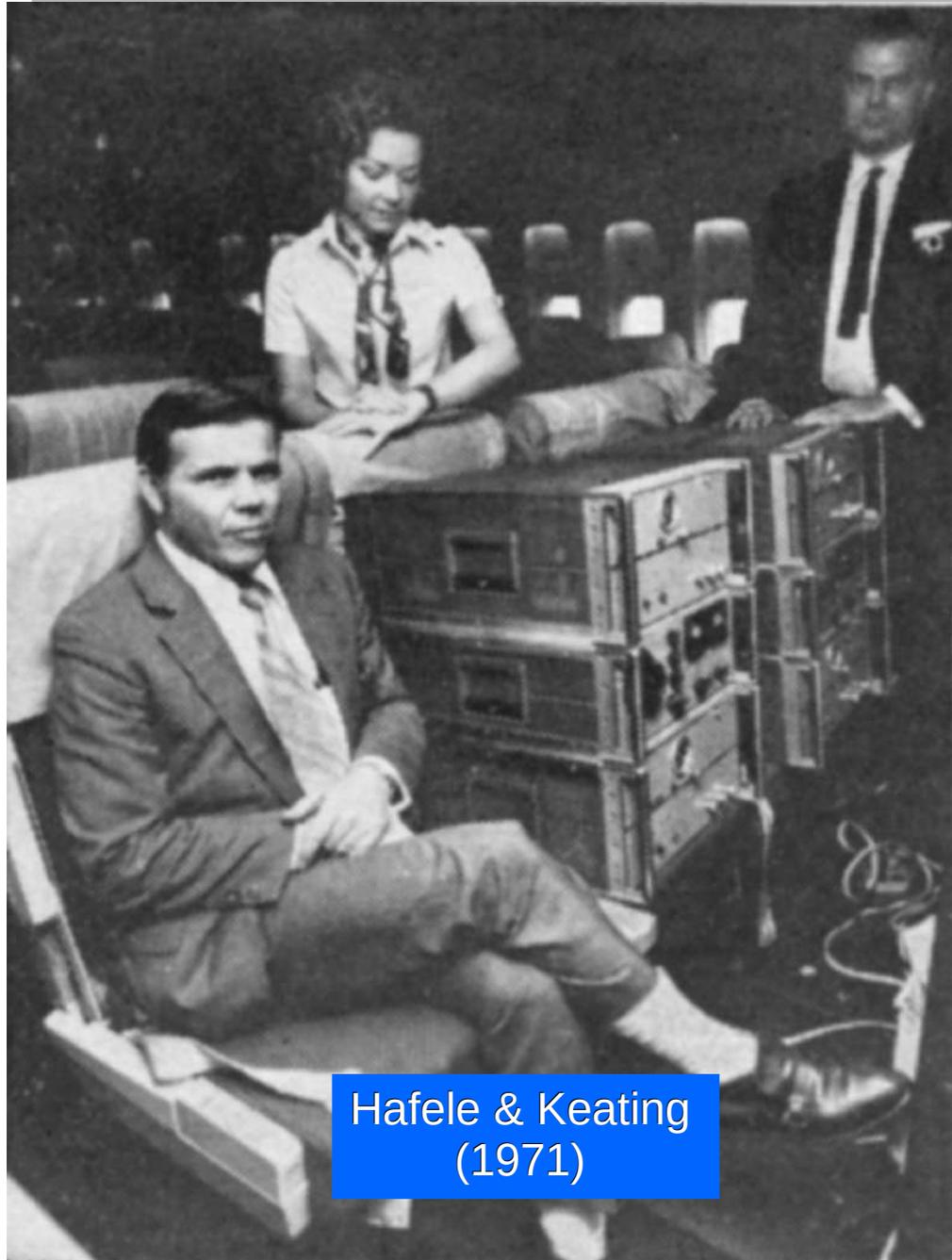


A la même vitesse, distance à parcourir dans B plus petite
→ **Contraction des longueurs**

Avec le même type de raisonnement/calcul :

$$d_{\text{mobile}} = \frac{d_{\text{repos}}}{\gamma}$$

3 – Vérifications expérimentales



3 – Vérifications expérimentales

The Hafele-Keating flight routes



Vers l'Est : $T_{\text{mobile}} = T_{\text{immobile}} - 40\text{ns} \pm 32 \text{ ns}$
Mesure : $T_{\text{mobile}} = T_{\text{immobile}} - 59\text{ns} \pm 10 \text{ ns}$

Vers l'Ouest : $T_{\text{mobile}} = T_{\text{immobile}} + 275\text{ns} \pm 21 \text{ ns}$
Mesure : $T_{\text{mobile}} = T_{\text{immobile}} + 273 \text{ ns} \pm 7 \text{ ns}$



3 – En route ! Relativité restreinte

| Type | Vitesse | Dilatation | Durée pour 4 al (Terre) | Durée pour 4 al (Vaisseau) |
|-------------------------|------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Vélo | 20 km/h | 1.0000000000000000017 | 215981735 années | 215800000 années |
| Voiture | 100 km/h | 1.00000000428669413 | 43196347 années | 43160000 années |
| Avion | 1000 km/h | 1.00000042866968579 | 4319635 années | 4316000 années |
| Sonde InSight vers Mars | 10000 km/h | 1.00004286969757398 | 431964 années | 431600 années |
| Daedalus | 0.1c | 1.00503781525921208 | 39 ans 11 mois 29j | 39 ans 9 mois 18j |
| ?? | 0.9c | 2.29415733870561766 | 4.5 années | 0.9 année |



Ceci à vitesse constante !
Et si on accélérât ?



3 – En route ! Relativité restreinte

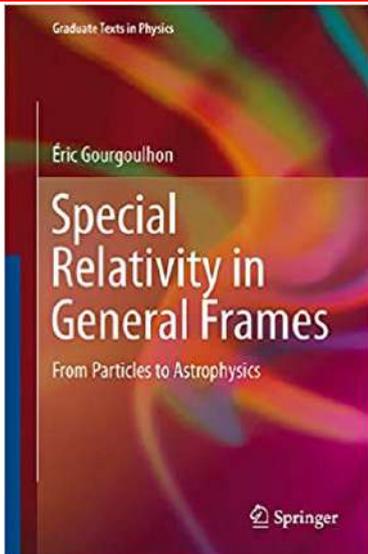
Voyages relativistes aller-retour, avec $A = 10 \text{ m/s}^2$ ¹

| Destination | Distance | Durée terrestre | Durée à bord | Vitesse max atteinte |
|----------------------|-------------------|-----------------|--------------|---------------------------|
| Lune | 384 000 km | 6,88 h | 6,88 h | 62 km/s |
| Pluton | 6 milliards km | 35,9 jours | 35,9 jours | 7 744 km/s |
| Proxima Centauri | 4,3 a.l. | 11,8 a | 7,0 a | 0,952 c |
| Nébuleuse du crabe | 1 000 a.l. | 2 003,8 a | 26,5 a | 0,999 998 c |
| Centre galactique | 30 000 a.l. | 60 003,8 a | 39,4 a | 0,999 999 998 c |
| Galaxie d'Andromède | 3 millions a.l. | 6 millions a | 56,9 a | $(1-2 \times 10^{-13}) c$ |
| Limites de l'univers | 15 milliards a.l. | 30 milliards a | 89,3 a | $(1-8 \times 10^{-21}) c$ |

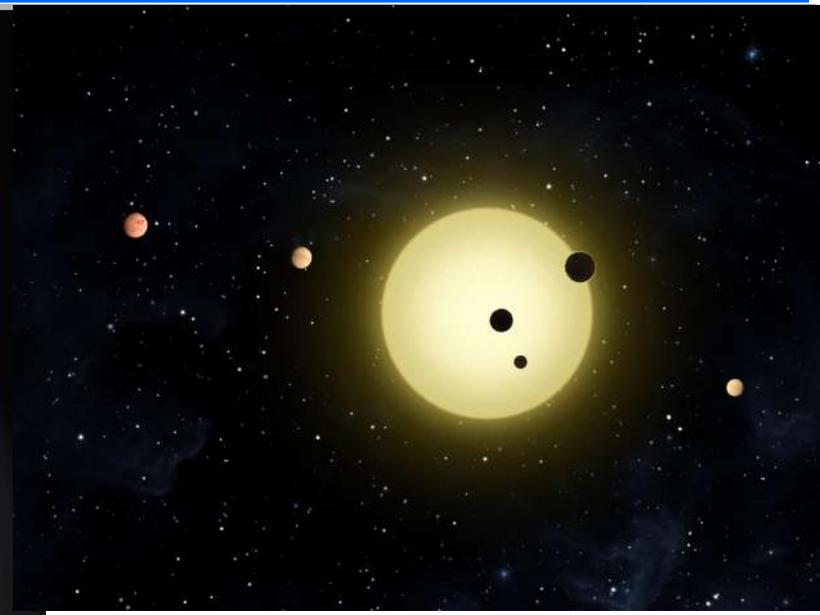
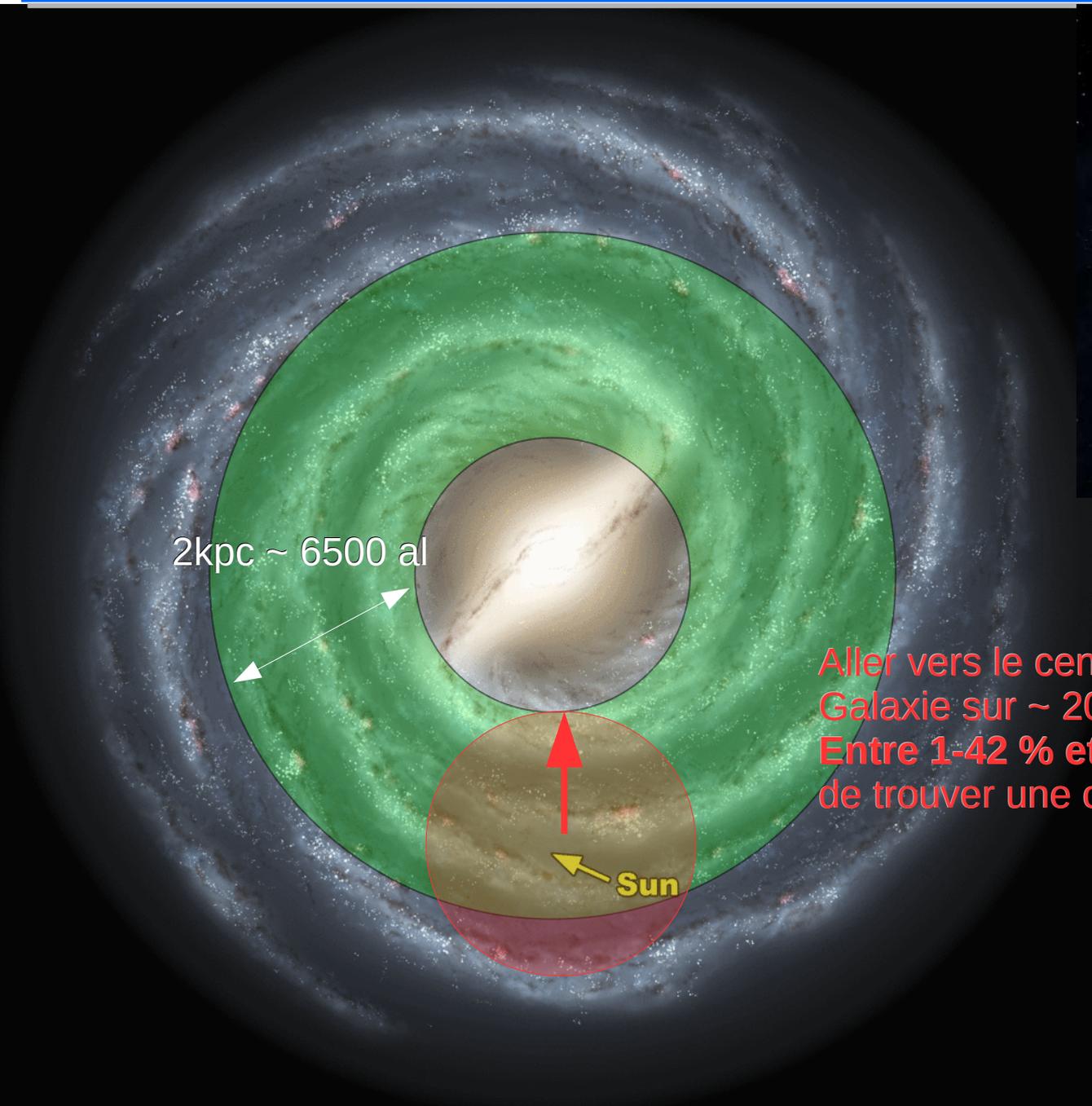
https://fr.wikipedia.org/wiki/Voyage_relativiste#Équations_en_fonction_du_temps_propre

3 – En route ! Relativité restreinte

| T' [yr] | T [yr] | d [light-year] |
|-----------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 1.01 | 0.065 |
| 2 | 2.09 | 0.26 |
| 4 | 4.75 | 1.13 |
| 8 | 15.0 | 5.82 |
| 16 | 120 | 58 |
| 32 | 7.50×10^3 | 3.74×10^3 |
| 39.5 | 5.20×10^4 | 2.60×10^4 |
| 56 | 3.68×10^6 | 1.84×10^6 |
| 64 | 2.90×10^7 | 1.45×10^7 |
| 80 | 1.81×10^9 | 9.03×10^8 |
| 90 | 2.39×10^{10} | 1.19×10^{10} |
| 100 | 3.15×10^{11} | 1.58×10^{11} |



3 – En route pour trouver les Aliens...



Système Kepler-11 à ~2000 al

Aller vers le centre de la Galaxie sur ~ 2000-11000al
Entre 1-42 % et **35-100 % de chances** de trouver une civilisation Alien

Un voyage d'environ 30-40 ans...
mais 7500-50000 ans sur Terre !

et dans quelle direction ?



La solution ?



La solution ?



Passengers
(M. Tyldum, 2016)
En route vers
Homestead II



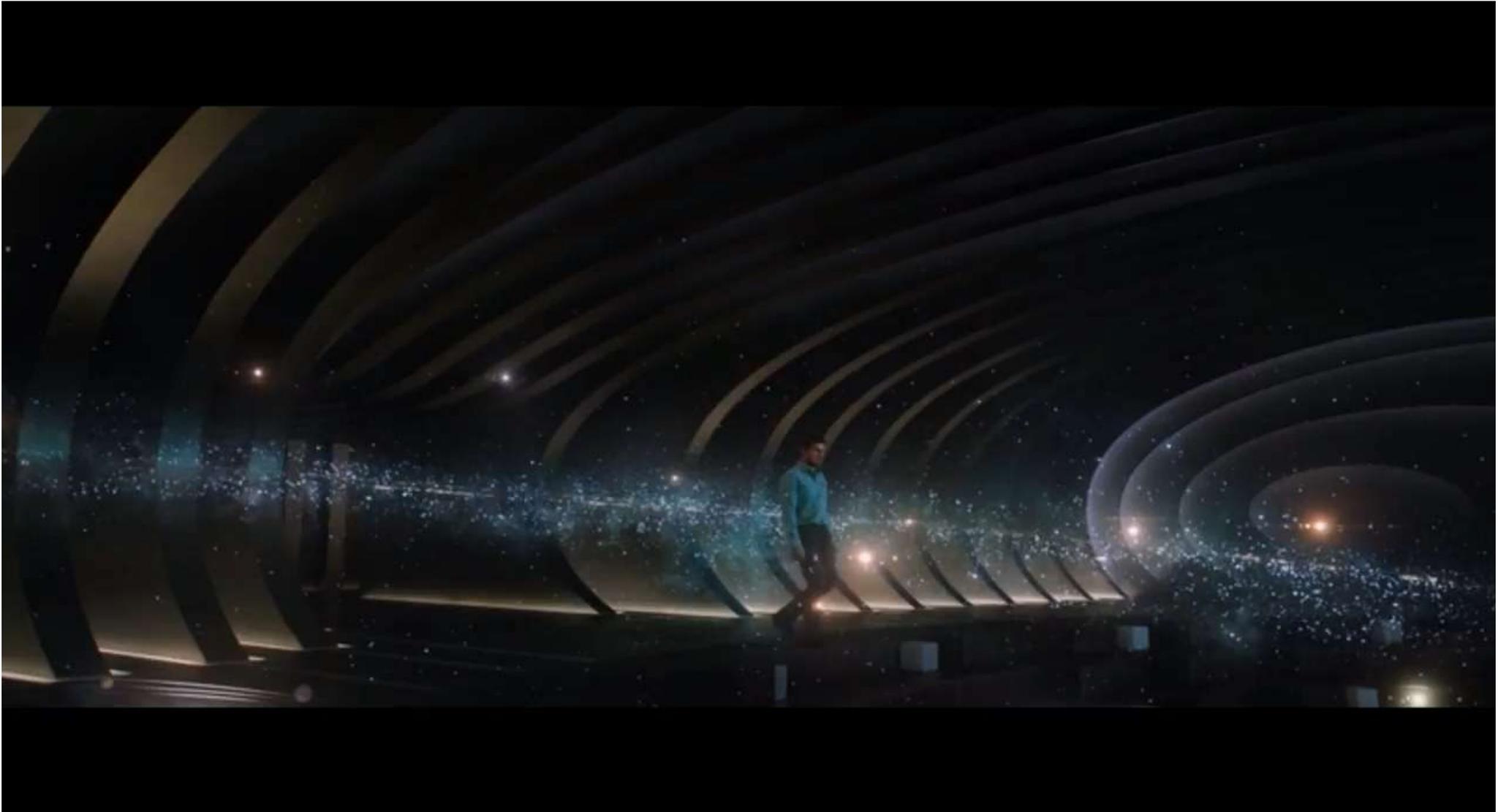
La solution ?



<https://www.youtube.com/watch?v=D-iDB0I-3bl>



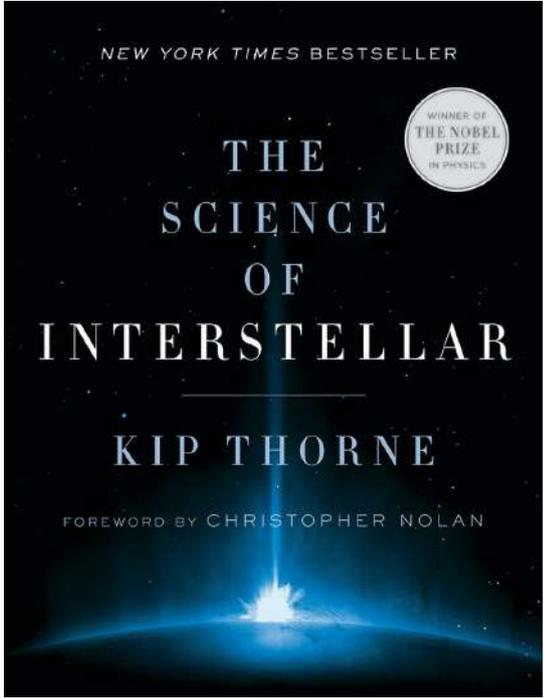
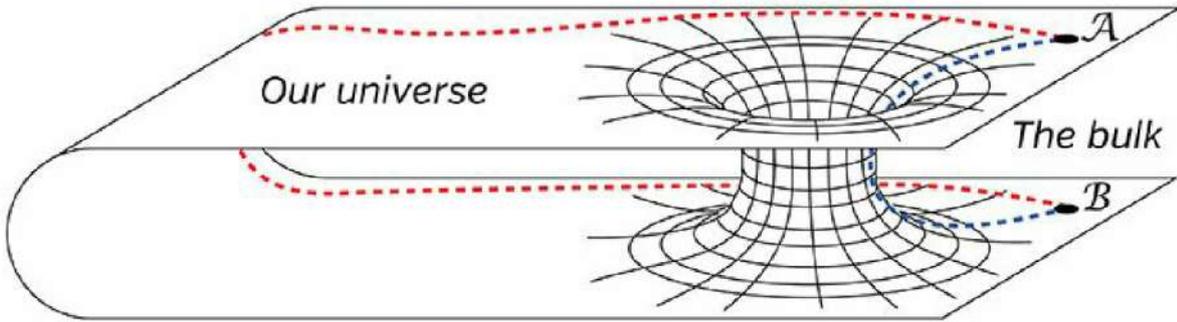
La solution ?



<https://www.youtube.com/watch?v=mzXBeeQ0irw>



Autre solution : un peu de physique exotique...



Références

