

# Une origine de la vie au sein des océans profonds des satellites glacés est en contradiction avec les contraintes anticipées pour l'auto-organisation de systèmes chimiques

ROBERT PASCAL

IBMM, CNRS — Université de Montpellier — ENSCM



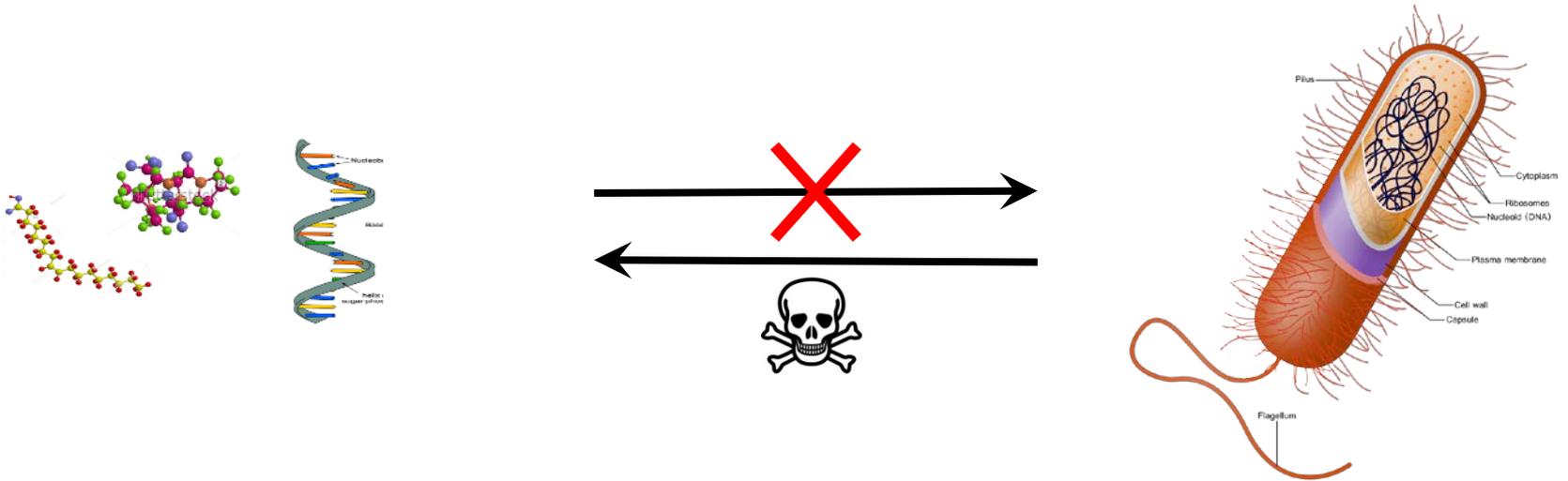
# Sources hydrothermales et chimie prébiotique

- Environnement réducteur
- Température
- Catalyse

Favorable à la synthèse d'espèces organiques

- La présence de gradients chimiques serait suffisante pour permettre l'origine de la vie (Michael Russell, William Martin).

# L'improbabilité de l'évènement

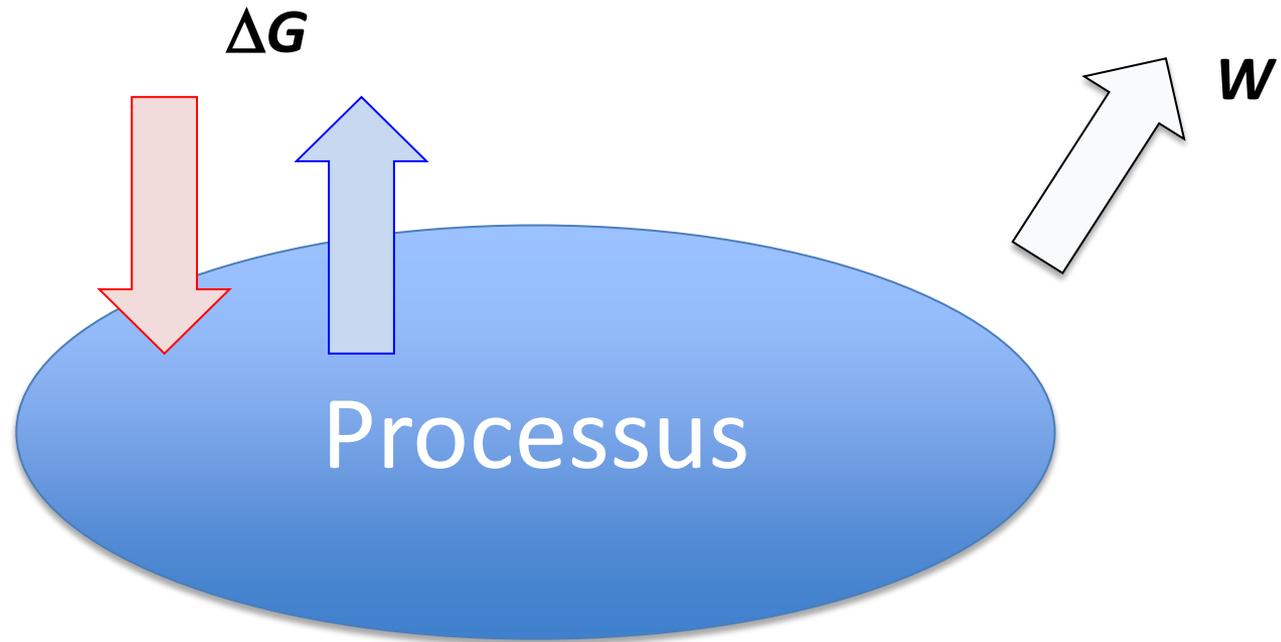


Chance de formation spontanée d'une bactérie à partir de ses composants :

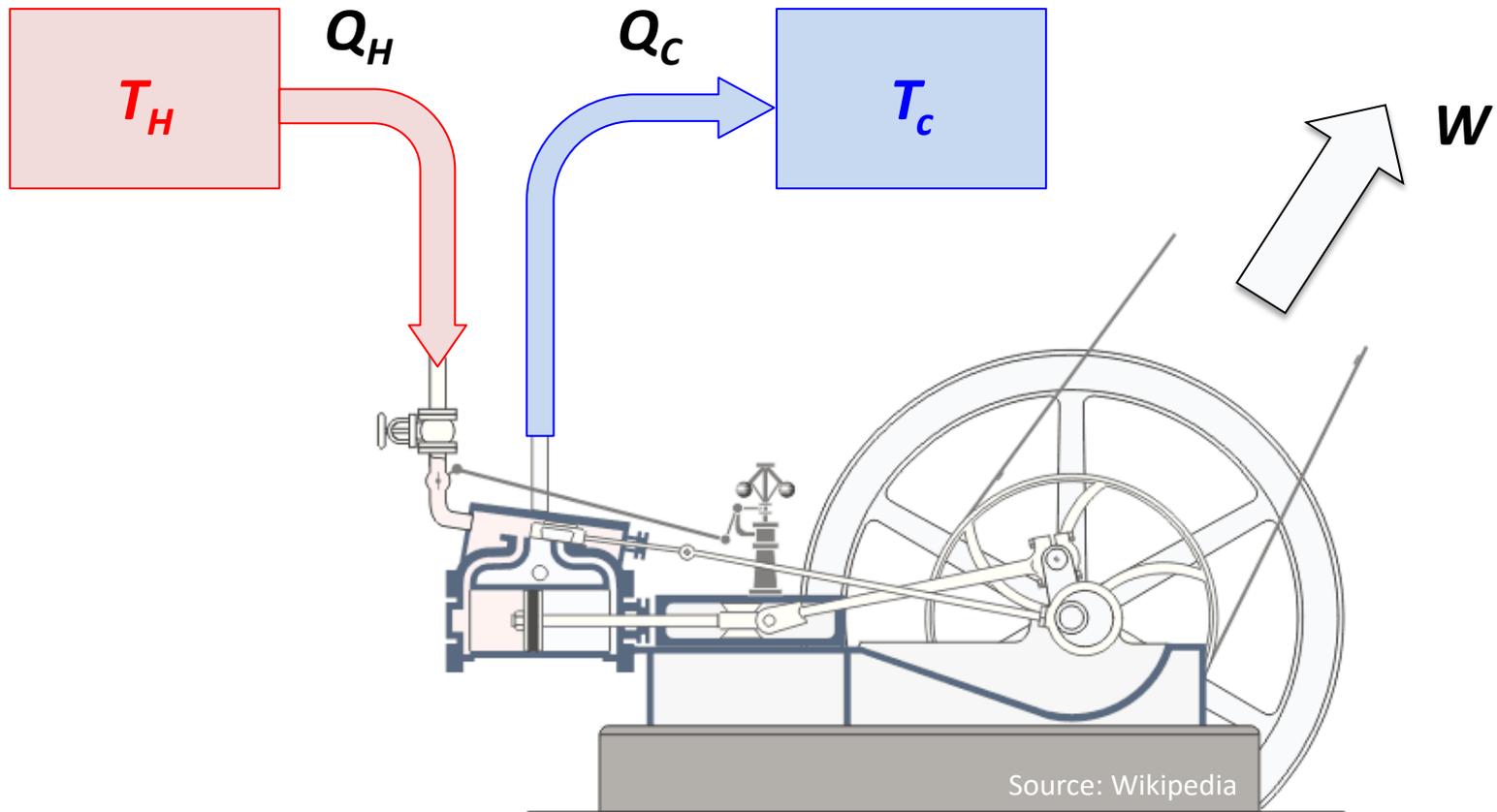
**1 / 10<sup>100 000 000 000</sup>**

*Beginnings of cellular life, H. J. Morowitz, 1992*

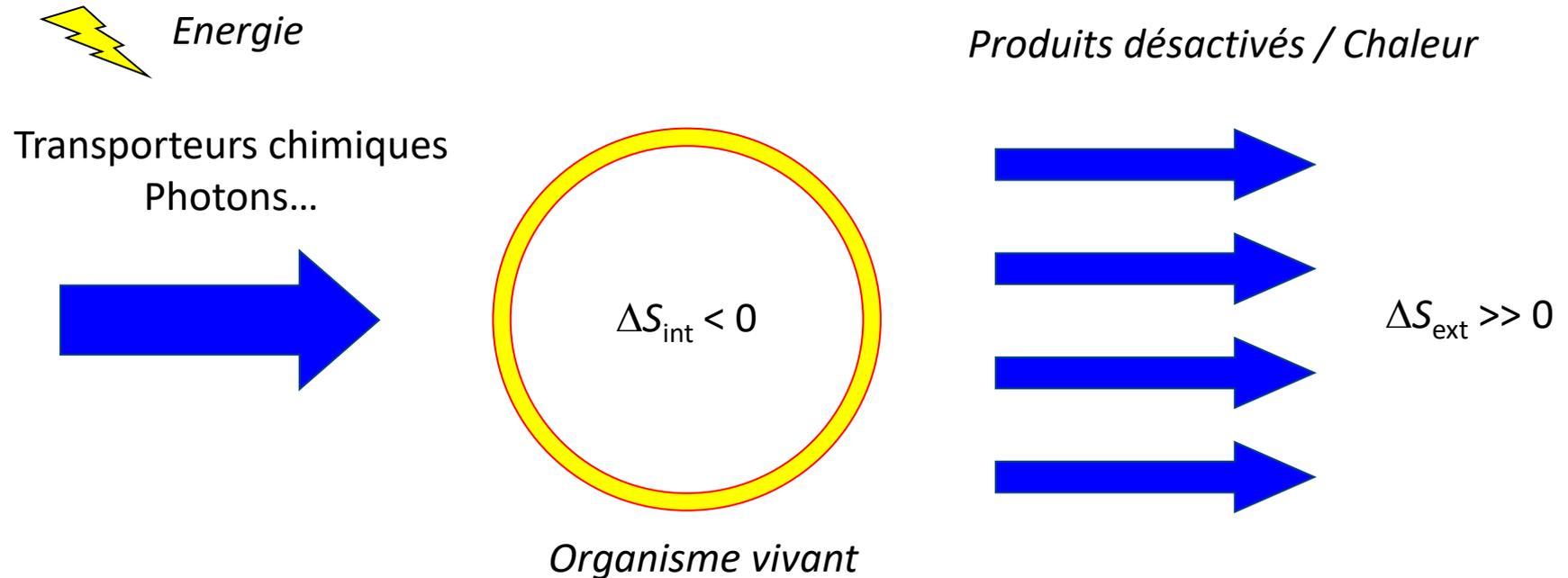
# Produire un « travail d'auto-organisation » à partir d'énergie



# Produire du travail mécanique à partir de chaleur

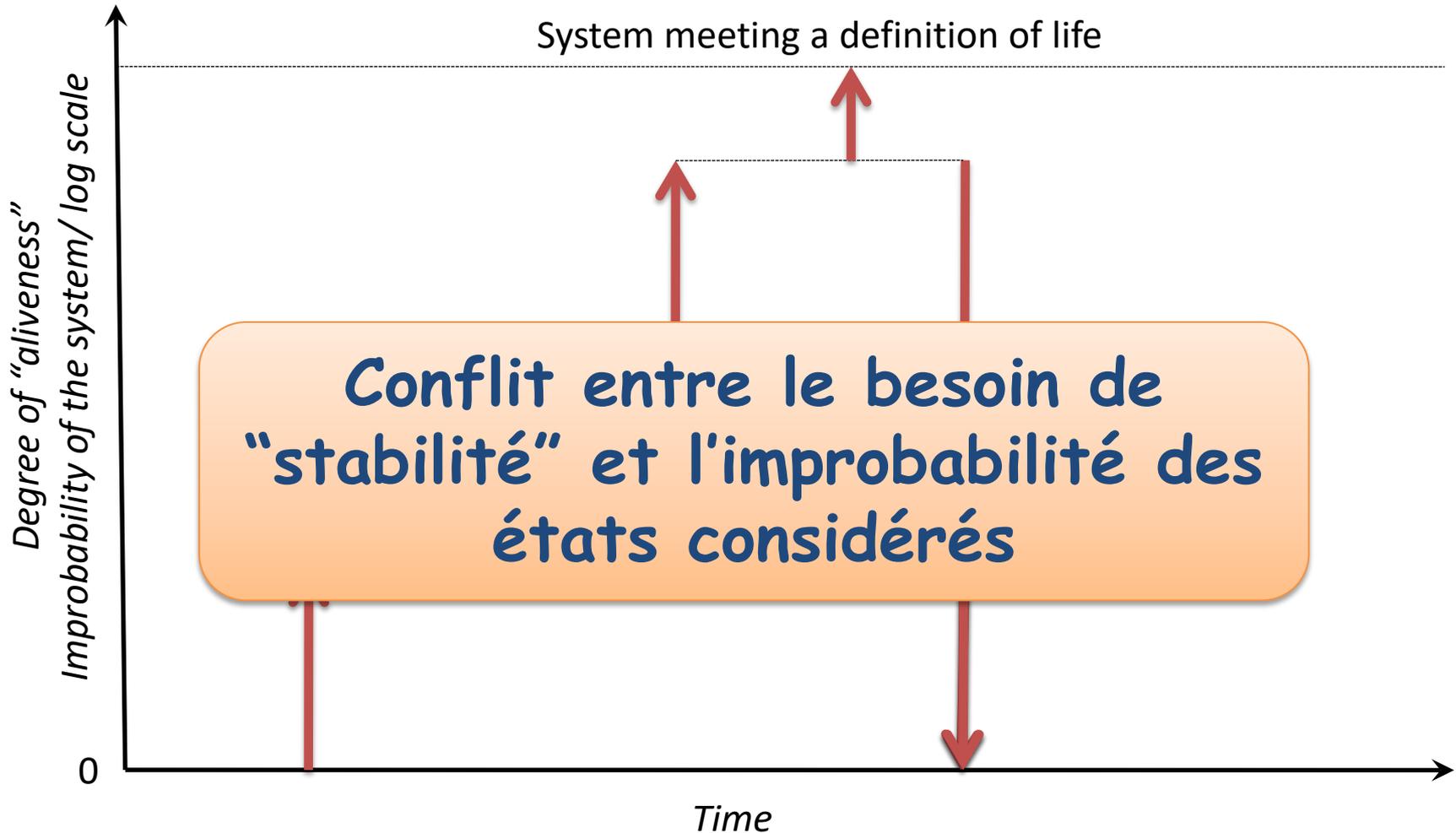


# Pourquoi de l'énergie est-elle nécessaire ?

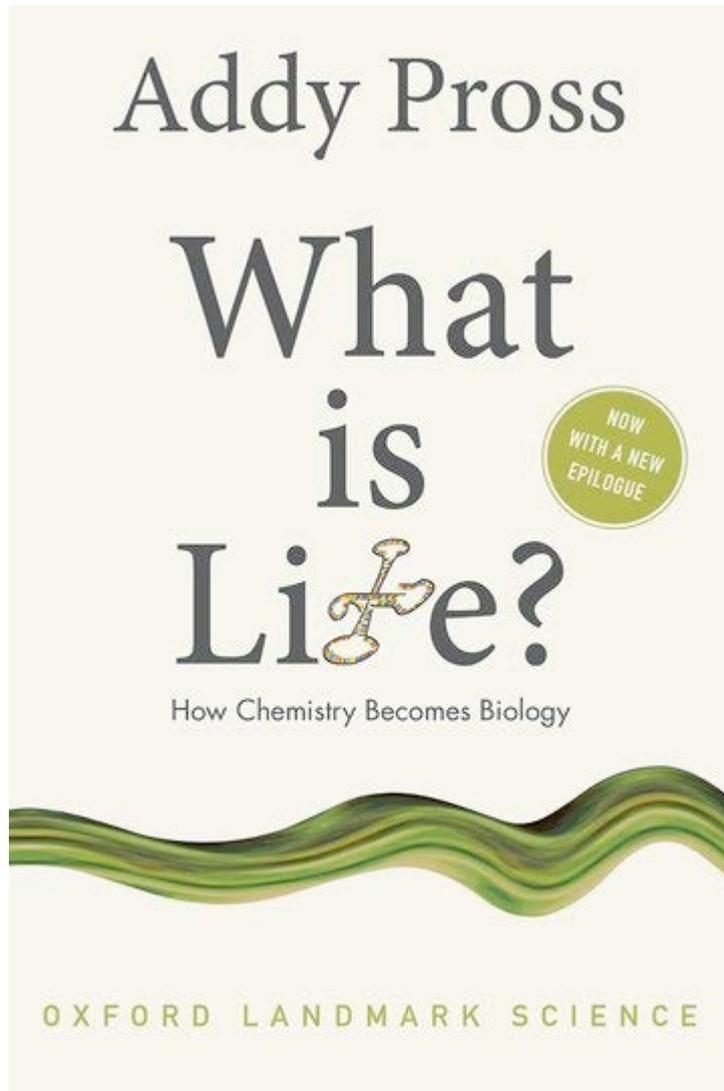


- Une violation du second principe de la thermodynamique est évitée !

# Une transition graduelle au travers d'états improbables mais "stables"



# La stabilité cinétique dynamique



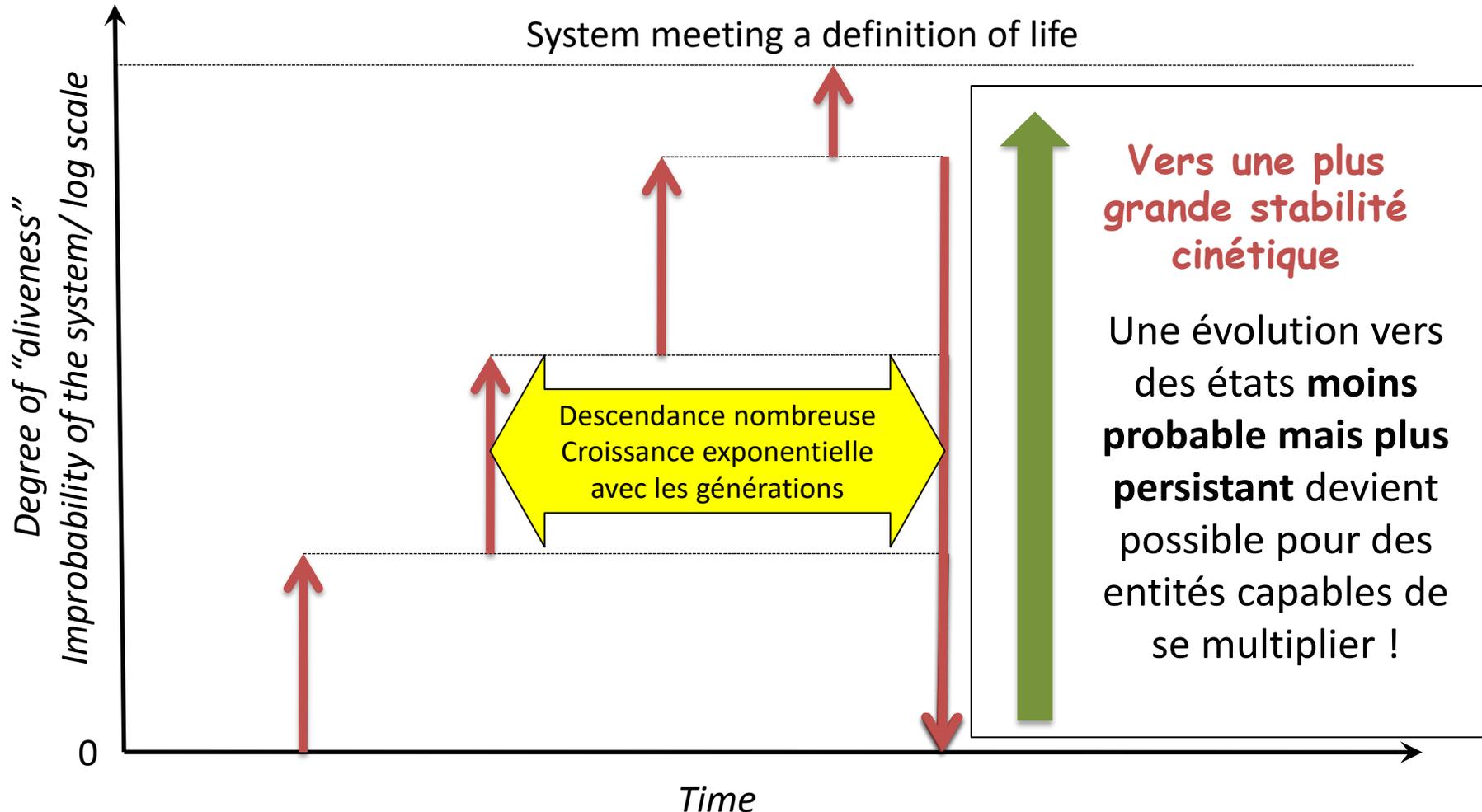
Oxford University Press, 2016



- **Un type de stabilité qui peut être associé aux processus de reproduction**
  - ✓ Réplication
  - ✓ Autocatalyse

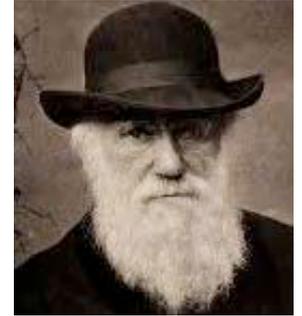
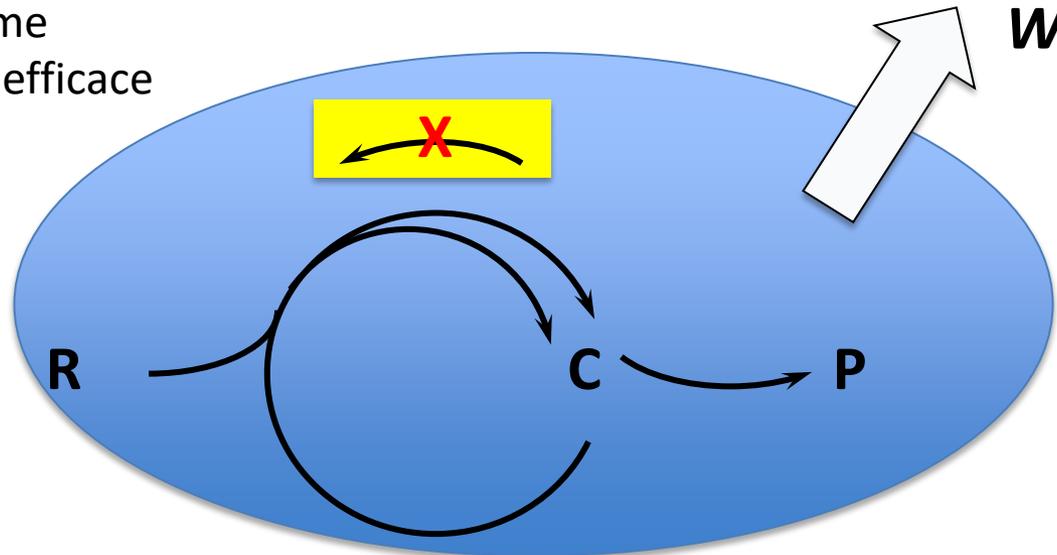
A. Pross *J. Syst. Chem.* **2012**, 58, 465

# Est-il possible d'accroître la stabilité dans le temps sans modifier la stabilité thermodynamique ?



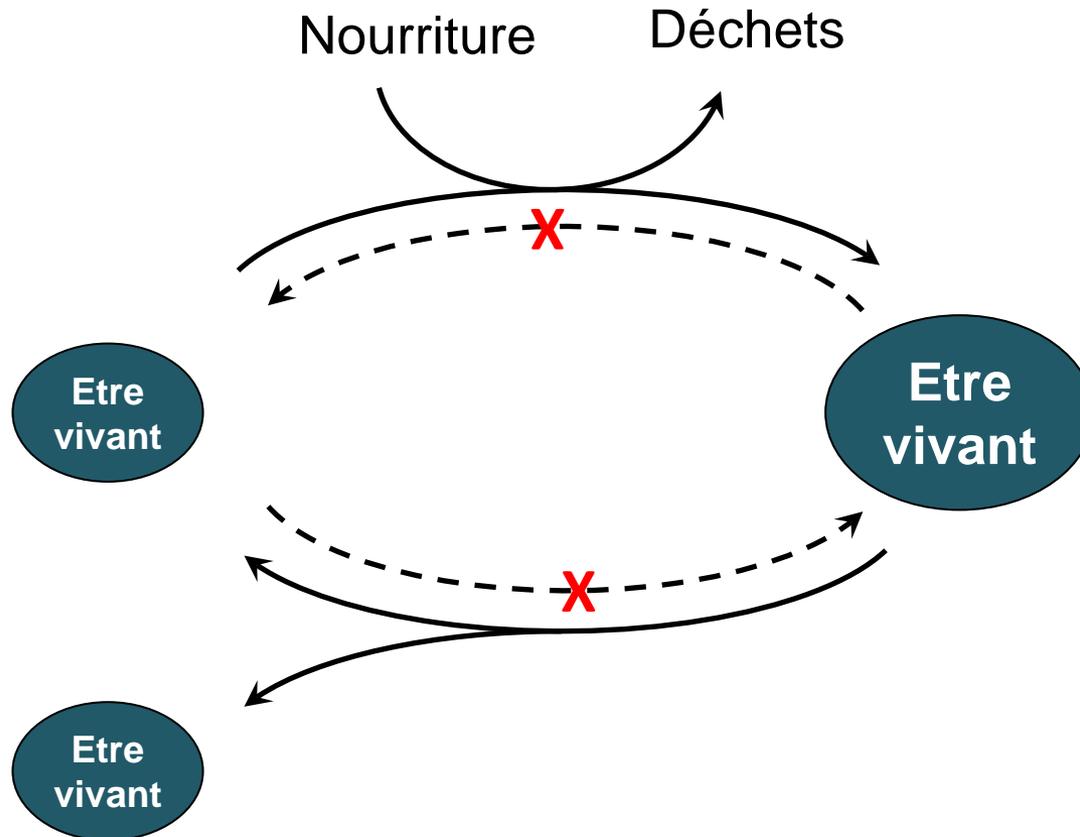
# Processus d'auto-organisation

Sélection du système reproductif le plus efficace



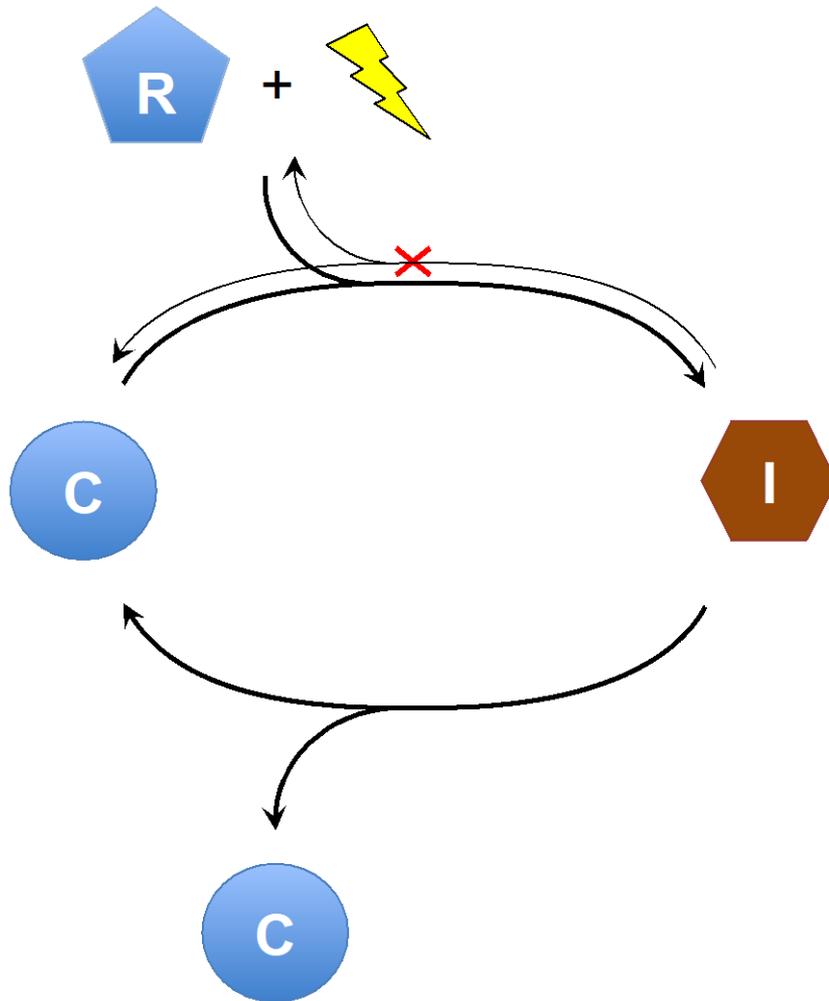
- Des possibilités de variations sont requises (par exemple: des mutations de la séquence d'un polymère répliquable).
- **Irréversibilité cinétique** (empêcher un contrôle thermodynamique).
  - La réaction inverse doit être lente à l'échelle de temps de la boucle de reproduction.

# En biologie, la reproduction n'est jamais réversible



La contrainte d'irréversibilité se cache dans la description même de ce qu'est un être vivant (jamais considéré à l'équilibre avec ses constituants / ancêtres).

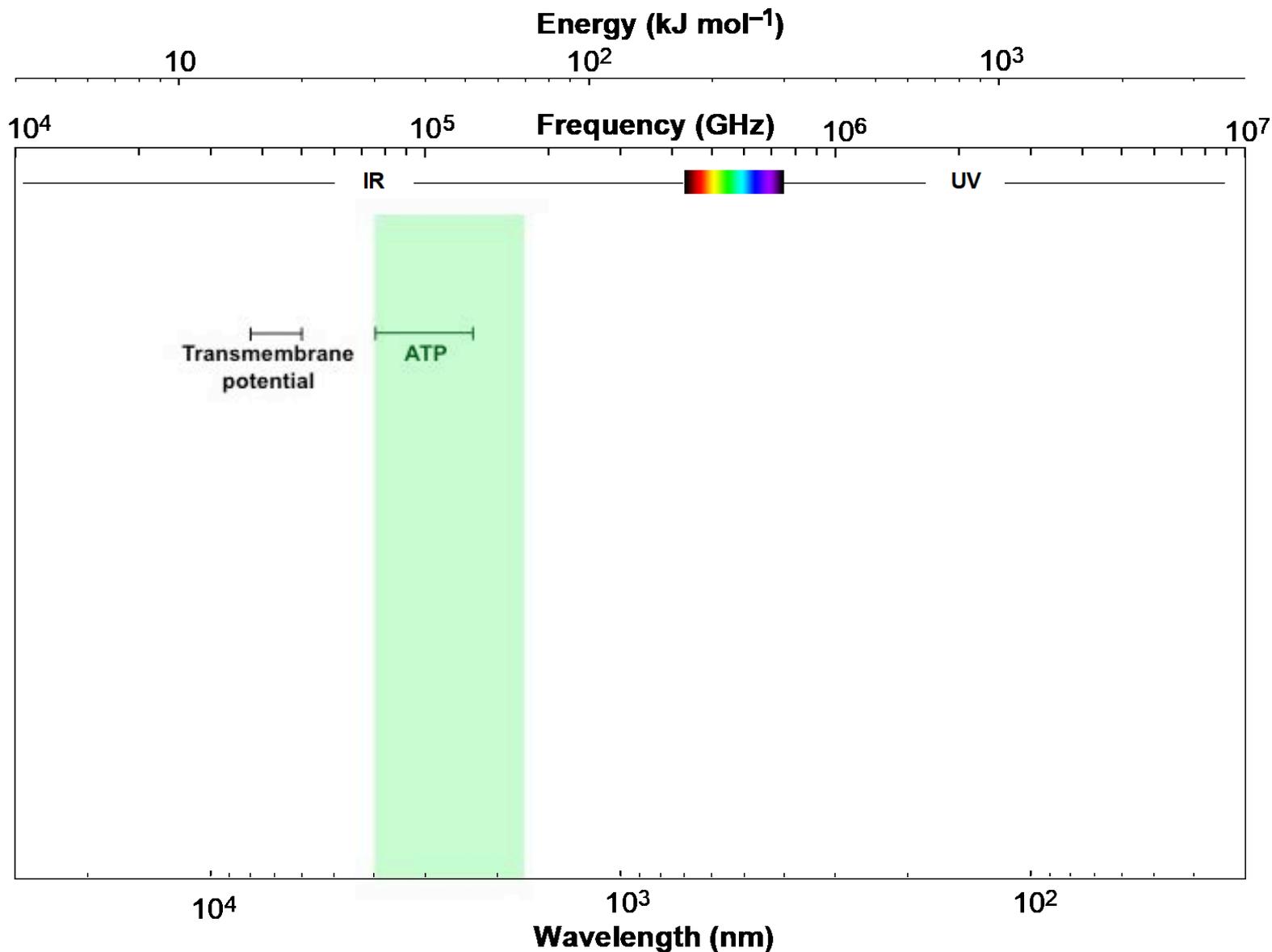
# L'irréversibilité cinétique a un coût



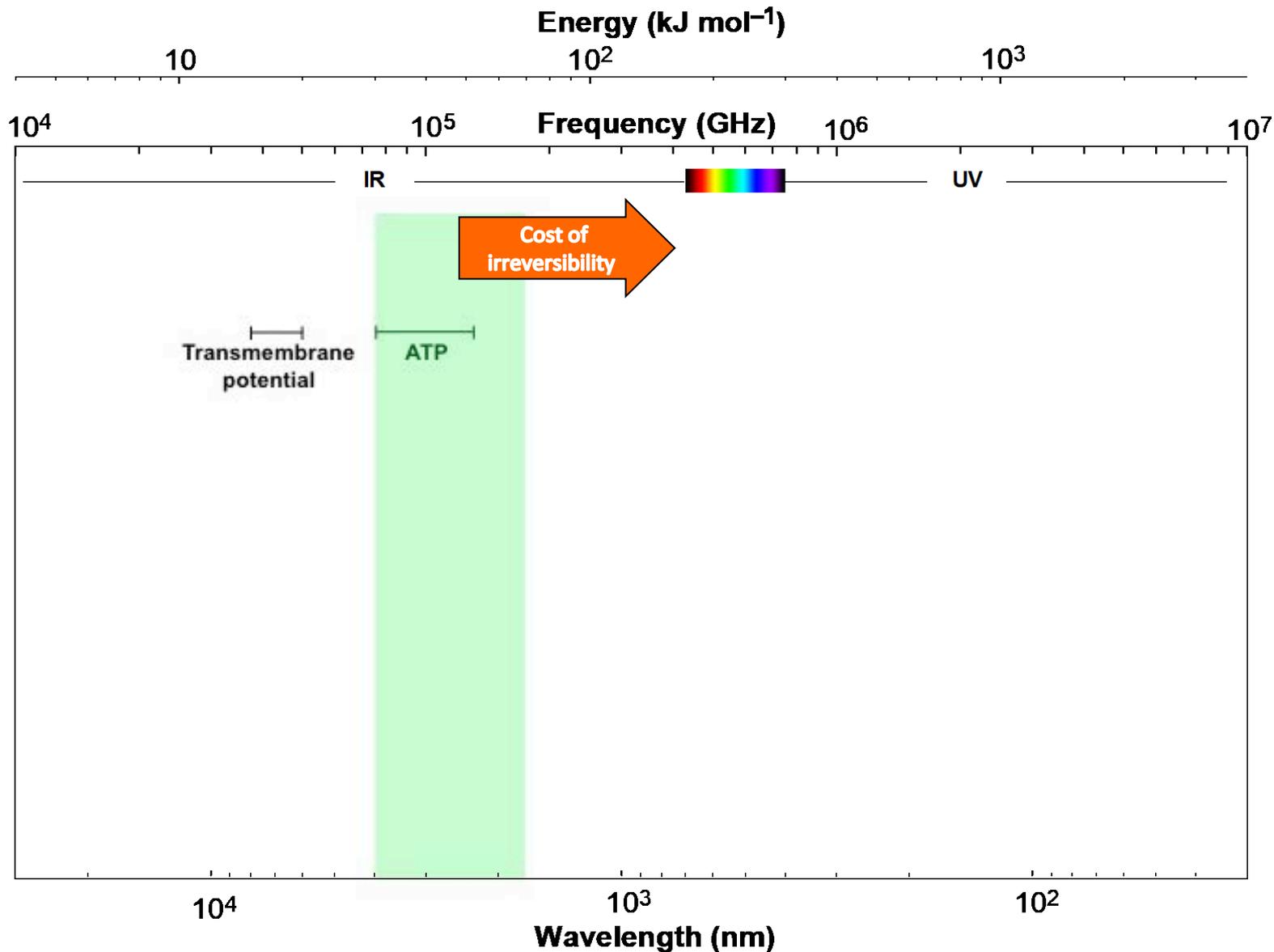
-1

Seule une partie de l'énergie libre est disponible pour l'auto-organisation.

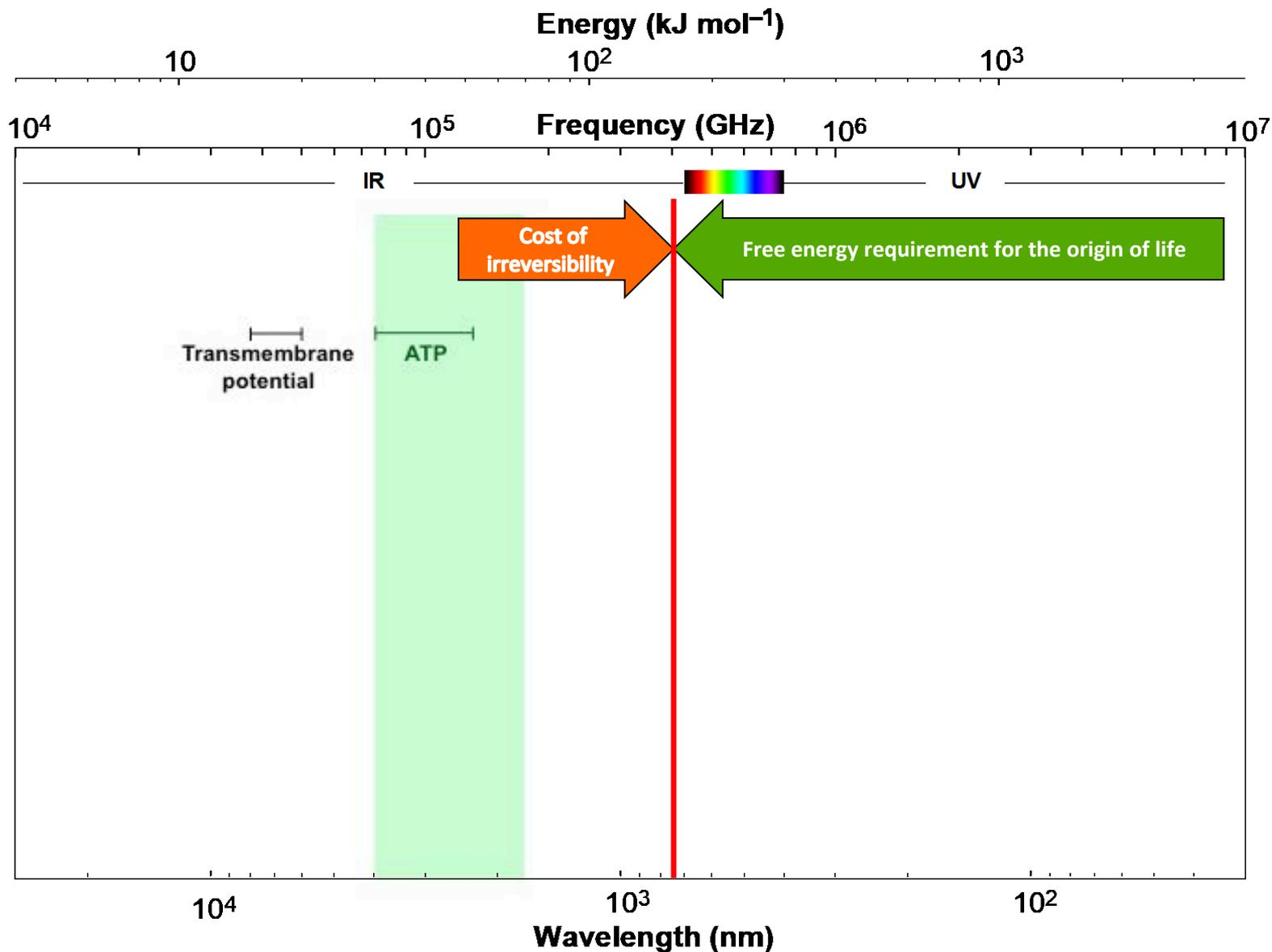
# Besoins énergétiques nécessaires à la vie et à son origine



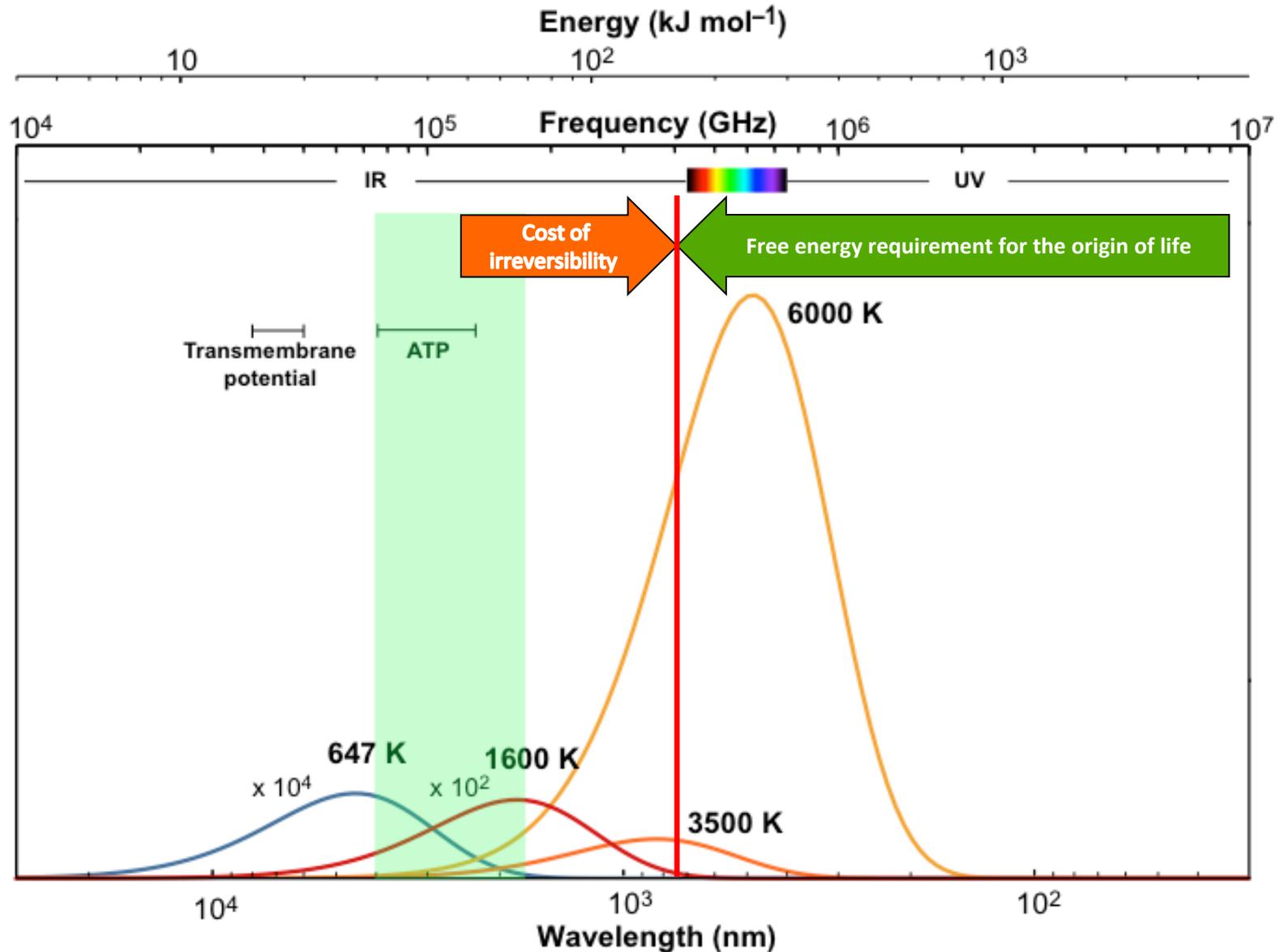
# Besoins énergétiques nécessaires à la vie et à son origine



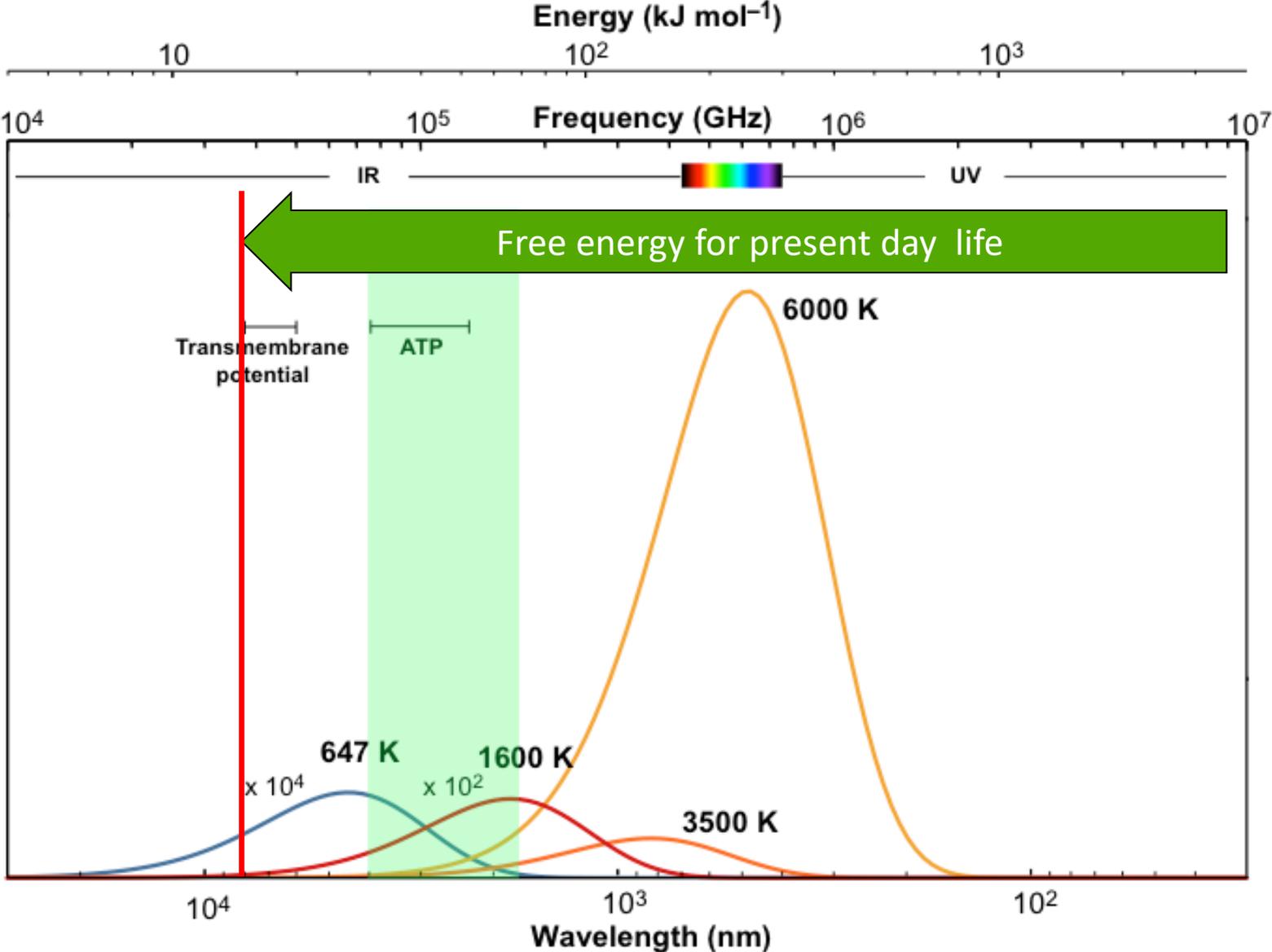
# Besoins énergétiques nécessaires à la vie et à son origine



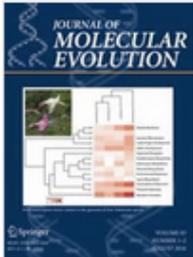
# Besoins énergétiques nécessaires à la vie et à son origine



# The need of energy for sustaining life and its origin



# Les gradients chimiques



[Journal of Molecular Evolution](#)

August 2016, Volume 83, [Issue 1-2](#), pp 1-11 | [Cite as](#)

## Natural pH Gradients in Hydrothermal Alkali Vents Were Unlikely to Have Played a Role in the Origin of Life

Authors

[Authors and affiliations](#)

J. Baz Jackson 



[Journal of Molecular Evolution](#)

August 2017, Volume 85, [Issue 1-2](#), pp 1-7 | [Cite as](#)

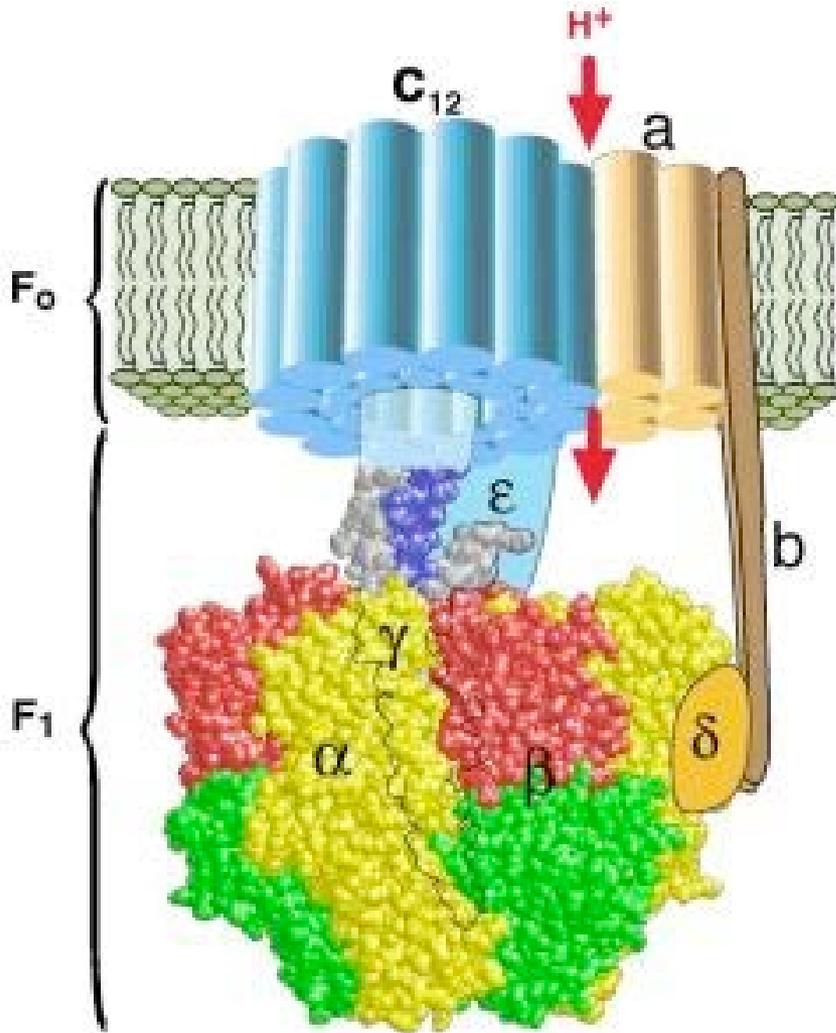
## The “Origin-of-Life Reactor” and Reduction of CO<sub>2</sub> by H<sub>2</sub> in Inorganic Precipitates

Authors

[Authors and affiliations](#)

J. Baz Jackson 

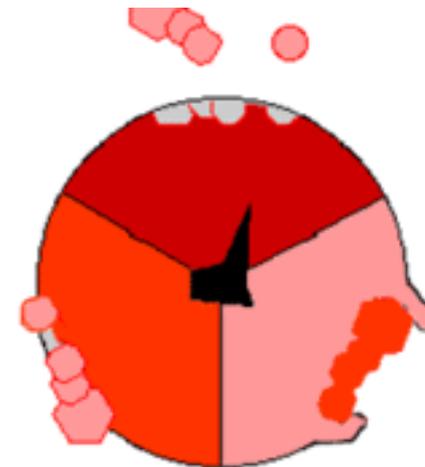
# ATPase: la pompe à proton



H. Wang and G. Oster (1998). Nature 396:279-282.

Une machine moléculaire complexe est nécessaire pour convertir l'énergie potentielle du gradient de proton en ATP.

L'ATPase couple le transfert de **plusieurs** protons à travers la membrane à la synthèse d'**une** molécule d'ATP.



# Quelle est la distance de l'équilibre nécessaire à une transition vers le vivant ?

## Une combinaison gagnante :

L'eau  
liquide

- Des températures aussi basses que possible mais **compatible avec l'eau à l'état liquide.**

La chimie  
organique

- **Des liaisons covalentes** (assurant des **barrières cinétiques** compatible avec le temps de génération des êtres vivants).

La lumière  
visible

- De l'énergie libre avec un potentiel équivalent à celui de la **lumière visible** pour assurer **l'irréversibilité cinétique.**

# La vie peut-elle apparaître dans les satellites glacés ?

ASTROBIOLOGY  
Volume 16, Number 5, 2016  
© Mary Ann Liebert, Inc.  
DOI: 10.1089/ast.2015.1412

***Research Articles***

Physicochemical Requirements Inferred  
for Chemical Self-Organization Hardly Support  
an Emergence of Life in the Deep Oceans of Icy Moons

Robert Pascal

“... the idea that life originated at vents should, like the vents themselves, remain ‘In the deep bosom of the ocean buried’.”

J. D. Sutherland, *Nat. Rev. Chem.* 2017

"Dans une mer sans fond, par une nuit sans lune,  
Sous l'aveugle océan à jamais enfouis !"

Victor Hugo