**La thermodynamique de la vie**

Timéo Moignet

Alban Maveyraud

Parlons de la thermodynamique de la vie. La thermodynamique est une branche de la physique qui étudie les transformations d'énergie au sein des systèmes. Appliquée à la biologie, elle nous permet de comprendre comment les organismes vivants utilisent et échangent de l'énergie pour maintenir leur structure et leurs fonctions. Au cours de cet exposé de, nous explorerons les principes de base de la thermodynamique et leur relation avec les processus vitaux.

**Introduction**

La thermodynamique est fondamentale pour comprendre la vie, car tous les processus biologiques sont liés à des échanges d'énergie. Les organismes vivants sont des systèmes ouverts en constante interaction avec leur environnement. La thermodynamique nous offre un cadre pour analyser ces échanges énergétiques.

Mais d'où vient cette idée de réfléchir à la vie a partir de la thermodynamique ?

L’idée provient du chimiste James Lovelock (travaillant à la Nasa), qui avait dit : *“Pour trouver de la vie, chercher des réductions d'entropie”*.

Pour poursuivre cette idée de définir ce qu’est la vie de manière très large, l’astrobiologiste Stuart Bartlett définit un nouveau terme pour différencier la vie sur Terre (life), avec la vie de manière générale (lyfe). Cette lyfe se base sur 4 piliers :

* Une structure dissipative capable :
  + d’autocatalyse
  + d’homéostasie
  + d’apprentissage

On va expliquer ce qu’est une structure dissipative, le reste ne concerne pas la thermodynamique.

**Structure dissipative :**

**L’entropie d’un système vivant**

Mais pourquoi observer des endroits présentant des réduction d’entropie ?

Définition de l’entropie (blablabla, désordre)

Donc un système vivant est un système avec une entropie très faible car tout est très bien ordonné (sinon on serait de la bouillie, vie contraire du désordre).

Cependant une loi en thermodynamique explique que l’entropie ne peut qu'augmenter (2nd principe). De manière générale, l'univers doit tendre vers le désordre.

Mais on remarque que la vie ne cesse de se développer, de grandir et même parfois de se complexifier en évoluant.

Mais alors pourquoi la vie ne disparaît pas, si tout doit devenir désordre ?

Nous allons voir ça ensemble.

**Premier principe de la thermodynamique**

Le premier principe, également connu sous le nom de loi de la conservation de l'énergie, stipule que l'énergie totale d'un système isolé reste constante. Dans le contexte biologique, cela signifie que l'énergie n'est ni créée ni détruite, mais transformée d'une forme à une autre. Les organismes vivants acquièrent de l'énergie sous forme de nutriments, la transforment et l'utilisent pour effectuer un travail biologique.

Il n’y a donc ni destruction ni création d'énergie.

Cette énergie est classée en 2 catégories, l'énergie dite libre, que l’on peut grossièrement qualifiée d'énergie utile, et l'énergie thermique dite inutile.

On peut représenter cette énergie à travers une barre, barre qui ne peut pas changer de taille selon le 1er principe.

On peut donc définir l’entropie d’une nouvelle manière, c’est le pourcentage d'énergie thermique dans cette barre, qui traduit donc de la qualité d'énergie d'un système.

**Deuxième principe de la thermodynamique**

Le deuxième principe énonce que l'entropie a tendance à augmenter avec le temps.

La part d'énergie thermique augmente mais ne peut pas diminuer, la qualité de l'énergie ne peut que se dégrader, cela s’appelle de la dissipation d’énergie.

Mais alors comment un être vivant peut croître et devenir de plus en plus complexe, si la thermodynamique explique qu’il doit tendre vers le désordre et l’homogénéité ?

Tout simplement parce que les êtres vivants sont des systèmes ouverts.

Et appliqué à la biologie, le 2nd principe signifie que les organismes vivants doivent constamment lutter contre l'entropie pour maintenir leur organisation structurale et leurs processus vitaux. Cela se fait souvent par le biais du métabolisme, où les organismes échangent de l'énergie avec leur environnement pour maintenir l'ordre interne. L’entropie totale augmente donc, car les être vivants piochent l'énergie utile dans leur environnement et rejettent de l'énergie thermique.

On peut observer des exemples concrets de thermodynamique de la vie à travers le métabolisme des êtres vivants.

**Le métabolisme et la thermodynamique**

Le métabolisme est le processus à travers lequel les organismes acquièrent, transforment et utilisent l'énergie. La thermodynamique nous aide à comprendre les différentes étapes du métabolisme, telles que la photosynthèse (vu la semaine dernière) ou le cycle de Krebs. Ces processus impliquent des changements d'énergie et des transformations qui suivent les principes thermodynamiques.

**Applications pratiques**

La thermodynamique de la vie a des implications pratiques dans divers domaines, de la nutrition à l'écologie. Par exemple, la compréhension de la thermogenèse nous aide à expliquer comment les animaux maintiennent leur température corporelle constante. De plus, la production d'énergie par les cellules est essentielle pour comprendre des aspects tels que la croissance, la reproduction et la régulation de la température corporelle.

On ne va pas aller plus loin dans la définition de ce qu’est la vie, car cela s’écarte de la thermodynamique mais en gros, la lyfe est donc une structure dissipative (ce qu’on vient de voir), qui peut se maintenir en vie, croître, se reproduire (l'auto catalyse), qui est capable de se stabiliser et à s'auto réguler face à des perturbations extérieures (l’homéostasie) et l’apprentissage, l’adaptation au milieu extérieur.

**Conclusion**

En conclusion, la thermodynamique de la vie fournit un cadre conceptuel essentiel pour comprendre comment les organismes vivants fonctionnent et interagissent avec leur environnement. En analysant les processus biologiques du point de vue thermodynamique, nous gagnons une perspective profonde sur la nature fondamentale de la vie et de son entropie constante. La thermodynamique nous aide à expliquer comment les organismes vivants maintiennent l'ordre dans un univers qui a naturellement tendance vers le désordre.

**C’est fini**

Pourquoi l'énergie thermique est intulie ?

L'énergie thermique est souvent considérée comme moins exploitable que d'autres formes d'énergie pour plusieurs raisons, notamment naturels :

* Difficulté de Conversion : La conversion de l'énergie thermique en d'autres formes d'énergie, peut être techniquement difficile. Les rendements des processus de conversion peuvent être limités par les lois de la thermodynamique, en particulier le deuxième principe qui implique une perte d'énergie sous forme de chaleur inutilisable.
* Dispersal de chaleur : L'énergie thermique a tendance à se disperser dans l'environnement, ce qui peut rendre difficile sa concentration pour effectuer un travail utile. Cela est particulièrement vrai dans les systèmes ouverts, où la chaleur se dissipe dans l'air ambiant,donc pour la vie.
* Contraintes Thermodynamiques.
* Dépendance aux Sources de Chaleur : L'exploitation de l'énergie thermique dépend souvent de la disponibilité de sources de chaleur ce qui limite la flexibilité et la durabilité des systèmes basés sur l'énergie thermique.

(Structure dissipative que n’est pas la vie : convection de Rayleigh Bénard, tornade ou flamme de bougie)

L’auto catalyse :

L’homéostasie :