

Les mille vies de l'énergie

Premier épisode

Par Richard-Emmanuel Eastes*, Bastien Lelu, Clovis Darrigan et Mélodie Robach
Groupe Traces - Département d'Etudes Cognitives
Ecole normale supérieure - 29 rue d'Ulm - 75005 Paris

Résumé

Même si elle se réfère toujours à la même propriété de l'univers, que tous les scientifiques représentent par la même grandeur de même dimension, la notion d'énergie ne revêt pas la même signification pour le physicien, le chimiste ou le biologiste¹. De cette constatation est née l'idée de mettre en scène ces différents points de vue, en les faisant explorer par un personnage naïf. Habitué à mettre en scène des spectacles de clowns de sciences, notre choix se porta spontanément sur le clown Molécule, alors héros de l'un des spectacles des Atomes Crochus². C'est cette histoire que nous vous contons ici, en plusieurs épisodes.

Ce jour-là, Molécule se sentait lasse et mélancolique. Ce manque d'énergie l'agaçait, car elle s'était donné jusqu'au lendemain pour arrêter le choix du système énergétique qui allait assurer le fonctionnement du chauffage de sa nouvelle maison. Energie renouvelable, durable, fossile... Tiens mais au fait, l'énergie qui manquait à son organisme était-elle de même nature que celle qui allait chauffer sa maison ? Comme elle passait à côté de l'université, elle décida d'y entrer et s'en vint tout d'abord trouver le Professeur Neutron, physicien de grand renom, pour lui demander de lui livrer ses conceptions en la matière (c'était le cas de le dire...). Lorsqu'elle pénétra dans son laboratoire, Neutron était plongé dans la résolution de complexes équations différentielles...

Molécule : Professeur Neutron, bonjour ! Je suis le Clown Molécule et je voudrais savoir ce que c'est que l'énergie !

Neutron : En voilà une entrée en matière ! Vous m'avez fait peur ! Et en voilà un drôle de nom ! Pffiu ! Et puis, pour poser une question pareille, vous devez bien être chimiste !?

M : Non, mais j'ai déjà fait de la chimie et je suis très douée ! Alors, l'énergie ? En deux mots ?

N : Bon ; en deux mots, cela va être difficile. Mais je peux essayer en trois lignes :

Disons que l'énergie est une notion fondamentale utilisée par les physiciens pour décrire l'état et les évolutions des systèmes³ qu'ils étudient. Pour les physiciens, ces systèmes sont caractérisés par la conservation de plusieurs grandeurs abstraites, dont l'énergie fait partie.

M : Ah oui, l'énergie se conserve, j'en ai déjà entendu parler. Mais si l'énergie est toujours la même, alors le système lui aussi est toujours le même ?

N : Non justement ! C'est pourquoi la notion d'énergie est si pratique : les systèmes évoluent sans cesse, mais ce dont on est sûr, à condition que le système soit suffisamment bien défini, c'est que leur énergie reste constante.

M : Ah oui, quelque part c'est rassurant...

N : Si vous voulez. Mais c'est surtout bien pratique pour mener des calculs !

M : Bon, d'accord, une grandeur abstraite ; mais ça ne me parle pas beaucoup à moi ça. Pourtant lorsque j'entends le mot énergie, je vois le mouvement, la puissance, la chaleur...

N : Vous mettez le doigt sur quelque chose d'important (Molécule regarde son doigt) ; tout le monde sait à peu près ce qu'est l'énergie, mais personne ne sait la décrire précisément. C'est le revers de la médaille de l'abstraction (Molécule retourne alors son doigt, l'air interrogateur). Cependant je peux vous dire que l'énergie se trouve parfois sous une forme "dormante", et que celle-ci peut être libérée pour donner naissance au mouvement de la matière.

M : Le « mouvement » trouve donc son origine dans la « libération » de l'énergie... Mais celle-ci ne s'effectue tout de même pas de la même façon et n'a vraiment pas le même effet lorsque le four à micro-ondes chauffe mon thé le matin, ou lorsque la combustion de l'essence dans le moteur de ma clown-mobile la fait avancer !

N : Non, vous avez raison. Si l'énergie est transférée à l'échelle *moléculaire*, on parle de transfert de *chaleur*. C'est le cas dans le four à micro-ondes où les molécules d'eau sont mises en mouvement sous l'action d'une onde électromagnétique⁴ de fréquence adéquate, qui leur apporte l'énergie nécessaire pour les forcer à tourner et vibrer. Si au contraire l'énergie est transmise à travers son mouvement global via un objet *macroscopique*, *c'est-à-dire* à l'échelle humaine et constitué de milliards de milliards de molécules, on parle d'un apport de *travail*. Le travail est la forme *maîtrisée* d'échange de l'énergie, contrairement à la chaleur qui en est la partie *non directement contrôlée*.

M : Il y a donc deux façons de faire varier l'énergie d'un *système physico-chimique* macroscopique : les transferts de chaleur et les apports de travail⁵.

N : Exactement ! Transferts et apports qui peuvent d'ailleurs se faire dans les deux sens.

M : Les variations d'énergie peuvent être positives ou négatives...

N : C'est cela. Mais dans les deux cas, qu'il s'agisse du mouvement à l'échelle microscopiques ou de celui des objets macroscopiques, l'énergie qui lui est liée est appelée *énergie cinétique*. Elle vaut $\frac{1}{2} m.v^2$ pour les objets *non relativistes*.

M : Pour les objets quoi ???

N : Non relativistes ; c'est-à-dire les objets qui se déplacent à une vitesse très faible par rapport à celle de la lumière, qui vaut environ 300 000 km/s. Pour les objets qui ne vérifient pas cette condition, il faut employer une autre formule.

M : Allons bon ! Deux formules pour dire la même chose maintenant ! Vous aimez bien vous compliquer la vie, vous, les physiciens.

N : Mais non, au contraire ! La formule que l'on emploie pour les objets relativistes est également valable pour les autres. Mais elle est tellement compliquée⁶ qu'on préfère en utiliser alors une approximation plus simple : $\frac{1}{2} m.v^2$ justement.

M : Ah oui, justement... Comme si c'était évident.

N : Mais cela concerne uniquement l'énergie dite « cinétique ». Parallèlement, j'ai parlé tout à l'heure de l'énergie "dormante", stockée à travers les interactions de la matière : on appelle cette forme d'énergie, *l'énergie potentielle*.

M : Encore une énergie !

N : C'est toujours la même ! Mais elle est simplement emmagasinée dans la matière, sous une forme « immobile », pour reprendre l'idée du mouvement associé à l'énergie cinétique. Cependant, au niveau microscopique, le stockage de l'énergie ne peut parfois se faire que par petits paquets entiers ; on dit que l'énergie prend des valeurs *discrètes*.

M : Moi aussi, je peux être discrète ! Mais surtout quand je manque d'énergie...

N : C'est malin... Au niveau macroscopique cependant, l'énergie potentielle semble pouvoir prendre toutes les valeurs que l'on veut ; on dit qu'elle est *continue*.

M : D'accord. Alors on continue. Moi, j'ai entendu parler d'Einstein et de sa formule $E = m.c^2$; qu'est-ce que ça veut dire ?

N : Albert Einstein a mis au point la théorie de la relativité restreinte, puis la théorie de la relativité générale⁷. Dans ce cadre, il a pu démontrer que, de même que le temps est lié à l'espace, l'énergie est liée à la matière et que leur *interconversion* est possible.

M : Leur « interconversion » ???

N : Oui, la transformation de l'une en l'autre et réciproquement. Ces interconversions s'effectuent lors du stockage ou de la libération de l'énergie par la matière. Elle se traduisent par la relation que vous avez évoquée plus haut, ou plus précisément par : $\Delta E = \Delta m.c^2$, où Δ représente une *variation* : la variation d'énergie pour ΔE ou de masse pour Δm . Cela signifie que si un objet libère une énergie ΔE , sa masse diminue de $\Delta m = \Delta E / c^2$. C'est ainsi que le soleil perd à chaque seconde plus de 4 millions de tonnes de matière, qui se dissipe sous forme de lumière... En fait, les physiciens se

sont vite rendus compte que ce n'était pas la *masse* totale d'un système qui était constante, contrairement à ce que l'on pouvait observer couramment, mais son *énergie* totale, énergie de masse incluse.

Molécule ne savait plus trop quoi penser. Elle qui cherchait une définition simple de l'énergie, elle se retrouvait embarquée dans des histoires de relativité et de soleils qui s'évaporent.

Elle relut ses notes plusieurs fois en ayant l'impression de ne pas avoir tout compris. Consciente qu'elle avait été confrontée à bien plus d'informations que son esprit n'était capable d'en assimiler et d'en stabiliser, elle décida de rentrer chez elle et de se ressourcer en écoutant sa radio favorite et en dévorant un immense plat de sucres lents à la sauce tomate.

M : Demain, ce sera plus clair, se dit-elle pour se rassurer.

Mais au fond d'elle-même, elle se savait insatisfaite par ces explications un peu trop abstraites et générales. Elle n'oubliait pas son questionnement initial ; énergies renouvelables, durables, fossiles... manque d'énergie. Elle devrait probablement poursuivre sa quête. Peut-être en rencontrant un scientifique d'une autre discipline ? Elle se promet d'y réfléchir...

La suite au prochain épisode !

¹ Nous tenons à remercier ici André Giordan, pour les réflexions qu'il initia chez nous sur ce sujet.

² www.atomes-crochus.org

³ Un « système » est un ensemble d'objets isolé par la pensée et dont on étudie l'évolution.

⁴ Le terme d'ondes électromagnétiques désigne très généralement le type d'ondes qui vont des ondes radio aux rayons gamma en passant par les micro-ondes, les ondes lumineuses, les rayons X...

⁵ Ceci est énoncé dans le *premier principe de la thermodynamique*.

⁶ La relation exacte est : $E_c + m.c^2 = m.c^2/(1 + v^2/c^2)^{1/2}$

⁷ La formule donnant l'énergie cinétique d'un objet relativiste (note précédente) en est issue.