

# L'énergie d'Aristote à Einstein

Un éternel recommencement



**Bertrand Souchard**

**edp sciences**

Collection Intégrations des Savoirs et Savoir-faire

Couverture: photographies et montages de S. Mottin, réseau HP ex-MRCT, et B. Soucard.

Les personnages de *L'École d'Athènes*, une célèbre fresque de Raphaël, exposée dans la Chambre des Stanze des musées du Vatican (1509-1510), seraient :

1 : Zénon de Citium ou Zénon d'Élée – 2 : Épicure – 3 : Frédéric II de Mantoue – 4 : Boèce ou Anaximandre ou Empédocle de Milet – 5 : Averroès – 6 : Pythagore – 7 : Alcibiade ou Alexandre le Grand – 8 : Antisthène ou Xénophon – 9 : Hypatie ou Francesco Maria Ier della Rovere – 10 : Eschine ou Xénophon – 11 : Parménide – 12 : Socrate – 13 : Héraclite – 14 : Platon tenant le Timée (*sous les traits de Léonard de Vinci, selon la plupart des sources*) – 15 : Aristote tenant l'Éthique (*sous les traits de Michel-Ange, selon Daniel Arasse*) – 16 : Diogène de Sinope – 17 : Plotin – 18 : Euclide ou Archimède entouré d'étudiants (*sous les traits de Bramante*) – 19 : Strabon ou Zoroastre – 20 : Ptolémée – R : Raphaël en Apelle – 21 : Le Sodoma Quentin Augustine (Le Protogène)...

Sur la Photographie de Benjamin Couprie pour le compte de l'Institut international de physique Solvay, les participants au Congrès Solvay de 1927 sur la mécanique quantique sont :

1 : Auguste Piccard, -2 : Émile Henriot, -3 : Paul Ehrenfest, -4 : Édouard Herzen, -5 : Théophile de Donder, -6 : Erwin Schrödinger, -7 : Jules-Émile Verschaffelt, -8 : Wolfgang Pauli, -9 : Werner Heisenberg, -10 : Ralph H. Fowler, -11 : Léon Brillouin, -12 : Peter Debye, -13 : Martin Knudsen, -14 : William Lawrence Bragg, -15 : Hendrik Anthony Kramers, -16 : Paul Dirac, -17 : Arthur Compton, -18 : Louis de Broglie, -19 : Max Born, -20 : Niels Bohr, -21 : Irving Langmuir, -22 : Max Planck, -23 : Marie Curie, -24 : Hendrik Antoon Lorentz, -25 : Albert Einstein, -26 : Paul Langevin, -27 : Charles Eugène Guye, -28 : Charles Thomson Rees Wilson, -29 Owen Willans Richardson.

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-2267-6

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences, 2018

# **L'énergie d'Aristote à Einstein**

**Un éternel recommencement**



La collection *Intégrations des Savoirs et Savoir-Faire* fête ses 18 ans avec ce 26<sup>ième</sup> ouvrage. Elle atteint donc sa majorité légale. Commencée en 2000, la ligne éditoriale de cette collection reste dans sa perspective initiale d'intégration des connaissances dans une intelligence pluridisciplinaire et surtout transdisciplinaire. Cette présente œuvre associe de nombreuses disciplines que Bertrand Souchard a su unir pour démontrer l'importance de leur couplage "quasi-énergétique". Sa féconde intégration des aspects philosophiques, historiques et physiques du sens profond de *energeia* a été ciblée vers les sciences physiques ou ce que l'on dénommait naguère la philosophie naturelle. Il souligne combien l'énergie reste une réalité physique et métaphysique malgré un parcours sinueux depuis Aristote. La couverture illustre son propos à travers le montage passant de la célèbre fresque *L'École d'Athènes* du peintre Raphaël de 1509 exposée dans la Chambre de la Signature des musées du Vatican à la photographie des conférenciers de Solvay de 1927. Dans la première figurent 58 personnages et dans la deuxième 29 qui se répondent donc par paire... Dans la partie sur les diverses interprétations de la physique quantique, l'auteur souligne combien chaque scientifique a une philosophie mais l'ignore et dont le schème de pensée a des correspondances avec l'antiquité, l'éternel recommencement.

Je souhaiterais, ici, rendre un hommage appuyé à la Marquise du Châtelet dont j'ai suggéré à l'auteur de la citer. Son apport dans l'histoire des idées sur les forces et l'énergie a été déterminant. Née en 1706, elle est décédée le 10 septembre 1749 à 43 ans. Bientôt nous célébrerons les 270 ans de sa mort consécutive à un terrible accouchement, et pressentant sa fin, de la date à laquelle elle envoya ses manuscrits pour publication à la bibliothèque du roi. Cette époque voit naître le début de l'émancipation de la femme avec par exemple l'écriture de la constitution de la jeune république corse où les femmes purent voter et même être élues maire. En 1737 Émilie Du Châtelet concourt au prix de l'Académie des sciences *Sur la nature du feu*. Les femmes n'ont pas alors accès à l'Académie (juste tolérées dans le public tout au fond). Heureusement les manuscrits des concours sont anonymes. Le prix revint à Euler, mais sur l'avis de Réaumur (1683-1757) père de tant de science et d'invention notamment le célèbre thermomètre de Réaumur, son manuscrit fut imprimé par l'Académie des sciences. Nous avons là le premier ouvrage scientifique moderne d'une femme. Elle rédige ses *Institutions de physique* vers 1740 dont le début reste une des plus nettes expositions de la doctrine de Leibniz, doctrine dont Bertrand Souchard souligne l'importance. L'ouvrage devint une réussite attisant la convoitise de Koenig, un de ses professeurs, qui prétendit en être l'auteur. Le 22 octobre 1740 Émilie Du Châtelet communiqua au grand Maupertuis sa réaction: « *On me mande de Berlin qu'il y passe pour constant que Koenig me l'a dicté, je n'exige sur ce bruit aussi injurieux d'autre preuve de votre amitié que de dire la vérité car vous savez que mon amour-propre est aisé à contenter et que je ne rougis pas d'avouer la part qu'il y a eu, la seule chose dont j'ai à rougir, c'est d'avoir la plus petite obligation à un si malhonnête homme* ».

Émilie du Châtelet incarne cet idéal de l'être scientifique doté d'une insatiable curiosité, à la fois expérimentateur, théoricien et mathématicien avec un haut niveau d'exigence intellectuel et de rigueur. Aristote était un homme de la même veine. Ce présent ouvrage est dédié à cette dame et à travers elle à toutes les femmes qui ont été "violentées" de diverses manières à l'image de ce Koenig et dont notre année 2018 connaît encore les affres. Comme pour Émilie du Châtelet, puisse notre société trouver une nouvelle force pour que personne ne connaisse l'exclusion par exemple avec le non accès à l'énergie et aux autres formes "d'énergie-ressource" comme l'eau, la reconnaissance... Bertrand Souchard termine par « *l'énergie est analogiquement physique, biologique, sensible, intellectuelle, éthique et théologique* ». Elle s'avère avoir aussi une composante sociale dès qu'un fort gradient s'installe (entre riches/pauvres, homme/femme, inclus/exclus...). Nous constatons sans cesse cette loi générale: une force provient le plus souvent d'un gradient générant des flux (ou par exemple 2 températures). La dissymétrie traduite algébriquement par son gradient génère les transferts d'énergie (mais aussi de particule, de personne...). L'auteur propose une analyse aristotélicienne de l'énergie en soulignant son caractère polymorphe et contradictoire. Par exemple il cite Engels (1820-1895) « *De quelque façon que se présente à nous le deuxième Principe de Clausius, etc., il implique en tout cas que de l'énergie se perd, qualitativement sinon quantitativement.* ».

Partout l'énergie est présente dans notre société en elle-même et dans ses relations avec la Nature. Son étude concerne tous les agents de la recherche, des techniciens aux ingénieurs, aux chercheurs et aux étudiants dès la terminale jusqu'aux doctorants et post-doctorants, et aussi les ingénieurs du secteur privé. Vu les enjeux et les difficultés croissantes de la production/transformation, du transport, du stockage de l'énergie et des déchets associés et aussi des projets cruciaux comme l'étape industrielle des énergies dites renouvelables ou l'électrification de l'Afrique, ce domaine intéresse diverses disciplines mais également les divers acteurs de notre société particulièrement les pouvoirs publics. Cet ouvrage fondamental propose une base fertile de réflexion sur l'énergie métaphysique/physique applicable à de très nombreux domaines.

Dans le cadre de la diffusion des savoirs, cette collection ambitionne de promouvoir la pertinence de la langue française. Cette belle langue romane présente certaines particularités du fait que son développement a été pensé par des intellectuels seuls ou organisés comme la Pléiade, ou diverses institutions, telle l'Académie française. Ainsi le français est aussi une langue grecque par les apports de ces groupes ce que retrouve d'une certaine façon Bertrand Souchard y compris via le parisien Sadi Carnot (1796-1832) qui réintroduira officiellement les notions d'énergie en science et aussi des machines énergétiques thermiques mathématisées par Émile Clapeyron (1799-1864) lui aussi parisien. De plus la vie et l'œuvre d'Émilie et de Sadi Carnot démontrent combien est absurde la séparation savoirs fondamentaux et sciences-appliquées/savoir-faire. En final ce 26<sup>ème</sup> ouvrage répond pleinement à la totalité de la ligne éditoriale de cette collection.

Stéphane MOTTIN  
Directeur de la collection  
*Intégrations des savoirs et savoir-faire*

*Intégrations des savoirs et savoir-faire*

# **L'énergie d'Aristote à Einstein**

**Un éternel recommencement**

***Bertrand Souchard***

*Directeur de collection*  
*Stéphane Mottin*

**edp sciences**  
2018





« L'étape que j'ai prise en 1853, d'appliquer la distinction entre « énergie actuelle » et « énergie potentielle », non seulement au mouvement et à la puissance mécanique, mais à toute sorte de phénomènes physiques, m'a été suggérée, je pense, par l'utilisation d'Aristote des mots *dunamis* et *energeia*. »

William RANKINE

« On the History of Energetics », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of science* 28, fourth series, no.190 (London: Taylor and Francis, 1864), 404.

« Le mouvement est l'énergie d'un être dynamique en tant que dynamique »

ARISTOTE

*Métaphysique*, XI(K), 9, 1065 b 16-17 ; *Physique*, III, 1, 201 a 27-29

« La relation de l'actif (*poiêtika*) au passif (*pathêtika*) est relation de la puissance active (*dunamin poiêtikên*), à la puissance passive, et des énergies à ces puissances : par exemple, il y a relation de ce qui peut échauffer (*thermantikon*) à ce qui peut être échauffé (*thermanton*), ce qui est relation d'être en puissance ; il y a, à son tour, relation de ce qui échauffe (*thermainon*) à ce qui est échauffé (*thermainomenon*) [...] ce qui est une relation énergétique (*energounta*). »

ARISTOTE

*Métaphysique*, V(D), 15, 1021 a 15-22



# Sommaire

- I. L'énergie en sciences physiques est-elle équivoque à l'*energeia* d'Aristote ?
  - II. La mécanique classique sans énergie
  - III. L'énergie thermodynamique
  - IV. L'énergie relativiste
  - V. L'énergie quantique
- Epilogue : énergie et *energeia*

Que signifie le terme d'énergie en sciences physiques ? Telle est la question générale de ce travail. Si le terme d'énergie est central dans la science physique contemporaine il est cependant difficile à définir et à enseigner<sup>1</sup>. Le travail qui suit voudrait aider à définir les différentes facettes de la notion de l'énergie dans l'actuelle science de la matière et des ondes. Cette question peut se subdiviser en trois autres interrogations.

En premier, comment l'énergie émerge-t-elle en science ? Galilée, Descartes et Newton n'utilisent pas le terme dans la mécanique classique, mais celui de force. Avec Leibniz, critique de Descartes, le terme surgit timidement. Ce n'est qu'avec la thermodynamique qu'il s'installe officiellement en science. Alors que la force est l'action d'un corps à travers un espace vide, l'énergie exprime le bilan d'un système où nous trouvons conservation et transformation dynamique, défaisante (entropie) ou constructive (néguentropie).

Deuxièmement, cette approche historique veut essayer de déterminer le contenu déterminant de cette notion d'énergie. Quelles sont les caractéristiques de cette énergie ? Avons-nous des points communs et des différences entre l'énergie

---

<sup>1</sup> « L'énergie un concept difficile à enseigner, et cela quel que soit le niveau d'enseignement. Les difficultés sont notamment liées à la nature même du concept qui s'avère particulièrement abstrait, polymorphe et difficile à définir. » Muriel GUEDJ et Arnaud MAYRAGUE, « Eclairages historiques sur l'émergence du concept d'énergie » dans *Recherches en didactiques des sciences et des technologies*, N° 10-2014, Editions de l'Ecole normale supérieure de Lyon, p. 36.

thermodynamique, relativiste et quantique ? Avec Einstein, l'énergie intensifie son activité que ce soit pour l'infiniment petit de la relativité restreinte ou l'infiniment grand de la relativité générale. L'énergie quantique, apparemment paradoxale, semble manifester une indétermination et des sauts dans la réalité.

Enfin, la troisième question peut apparaître la plus problématique. Ce désir de clarification s'appuie sur une proposition qui semble légitimement comme une difficulté supplémentaire. Est-ce que l'*energeia* d'Aristote pourrait être un miroir réflexif antique légitime pour aider à comprendre ce qu'est l'énergie en sciences physiques contemporaine ? Si l'énergie en science physique est une critique de la vision mécanique et passive de la matière selon Descartes, lui-même pourfendeur de la scolastique, il serait possible de comprendre cette double négation dans l'histoire comme équivalente à une certaine proximité positive entre un ancien, Aristote, et des contemporains, par-delà un moderne, Descartes. William Rankine aurait eu raison de dire : « *L'étape que j'ai prise en 1853, d'appliquer la distinction entre « énergie actuelle » et « énergie potentielle », non seulement au mouvement et à la puissance mécanique, mais à toute sorte de phénomènes physiques, m'a été suggérée, je pense, par l'utilisation d'Aristote des mots dunamis et energeia.* »

Ce travail est le troisième volet, scientifique et contemporain, d'un triptyque sur l'énergie.

- Le premier volet concerne la philosophie antique d'Aristote : *L'énergie chez Aristote, une induction et une analogie physique, éthique et métaphysique*, (à paraître)
- Le second volet s'intéresse à la théologie patristique : *La théologie des énergies divines... humaines et cosmiques*, Le Cerf, 2017

Chacun des volets est à la fois autonome d'un point de vue historique et culturel et en miroir avec les deux autres. La possibilité de distinguer et d'articuler philosophie, théologie, science et des époques différentes est au cœur de cette réflexion sur l'énergie. Le mot énergie se rencontre aujourd'hui dans le langage ordinaire, la science physique ou les médecines parallèles, de manière polysémique et confuse. Préciser les sens de l'énergie chez Aristote, en théologie chrétienne et en science physique contemporaine pourrait aider à comprendre la nécessité actuelle d'utiliser ce terme d'énergie d'en distinguer et d'en éclairer la confusion sémantique.

Outre les citations de la page précédente, la possible mise en relation de ces trois champs culturels différents peut être suggérée aussi par les deux suivantes :

« *La croyance que l'on pouvait trouver l'explication de tous les phénomènes par le recours au concept d'énergie fut plus durable en Russie (orthodoxe) que dans les autres pays.* »

Danièle GHESQUIER-POURCIN

« *La pluralité des formes d'énergétisme : le cas russe* » in *Énergie, science et philosophie au tournant des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles*, Vol. 2, dir. Ghesquier-Pourcin, Guedj, Gohau, Paty, Hermann, 2010, p. 3.

« *Energeia, l'être-en-oeuvre de l'entrée dans la présence qui devient visage, les Romains l'ont traduit par actus - et d'un seul coup, par cette traduction, le monde grec était liquidé.* »

Martin HEIDEGGER

« *Ce qu'est et comment se détermine la phusis* », dans *Questions II*, Gallimard, 1968 en français, 1998, pp. 555-556.

*Dans la suite du travail, seules les citations contenant le terme d'énergie sont en italique, permettant de mieux voir la singularité de l'expression.*

## I. L'énergie en sciences physiques est-elle équivoque à l'*energeia* d'Aristote ?

Est-ce que l'*energeia* d'Aristote peut nous aider à comprendre ce qu'est l'énergie en sciences physiques ? La notion contemporaine d'énergie paraît confuse et nous ajouterions une autre confusion par le mélange des époques. Certains voudraient croire à l'interdisciplinarité en confrontant des disciplines différentes sur un but commun. Mais le monde académique préfère toujours la spécialisation. La suite de ce premier chapitre veut essayer de rendre légitime la rencontre de la vision de la nature d'un philosophe grec, Aristote, avec la science physique contemporaine. Dans cette recherche nous n'avons trouvée, pour seule référence, que l'article de Thomas Maclaughlin, « Act, potency, and energy <sup>2</sup> ». Cette démarche originale peut-elle vaincre les résistances de certaines *formae mentis* universitaires ?

### A. Energie, entre physique & métaphysique : science physique et Aristote

#### 1. L'énergie, une réalité physique et métaphysique

Si l'énergie est une réalité physique pour la science contemporaine comme pour Aristote elle aurait aussi une dimension métaphysique. Qu'est-ce à dire ? Il est possible de présenter cette thèse simplement et dialectiquement en voyant de quelle autre position elle s'écarte. Dire que l'énergie est une réalité physique et métaphysique, c'est s'opposer à trois autres points de vue en essayant de les dépasser et de les réunir. Premièrement, si l'énergie est physique et métaphysique, c'est refuser qu'elle ne soit que métaphysique. Pour Plotin, la matière est sans énergie. Pour Descartes, la matière est étendue, sans qualité active. En un sens la tendance platonicienne refuse l'énergie de la matière pour mettre l'activité dans l'esprit, humain ou divin. Deuxièmement, si l'énergie est physique et métaphysique, c'est refuser, à l'inverse, qu'elle ne soit que physique.

---

<sup>2</sup> *The Thomist* 75 (2011), pp. 207-243.

Selon, une option matérialiste, l'énergie ne serait que physique, sans être métaphysique. Mais, troisièmement, souligner que l'énergie doit être perçue comme une réalité physique et métaphysique, induit par la différenciation le fait de refuser que tout soit énergie sans distinction. Selon le monisme de Ostwald tout est énergie. Selon le panthéisme chrétien de Teilhard de Chardin, la matière, l'humain et Dieu sont énergies, sans éviter une certaine confusion. La vérité des deux positions précédentes, que nous appelons pour simplifier, platonicienne et matérialiste, est de distinguer le physique du métaphysique, car pour la première seul le métaphysique est énergie, se séparant du physique, et pour l'autre seul le physique est énergie se séparant du métaphysique. Avec ces deux positions nous retenons la distinction du physique et du métaphysique, mais contre elles nous affirmons que l'énergie est physique et métaphysique. Il faut alors distinguer des niveaux de l'énergie, ce qu'Aristote nous aidera à penser. Finalement, la thèse d'Aristote est partiellement d'accord avec les trois. Avec le platonisme elle retient que l'énergie est métaphysique et qu'il faut distinguer la métaphysique de la physique. Avec le matérialisme, elle s'accorde avec l'idée que la matière est énergie et qu'il faut distinguer la physique de la métaphysique. Avec le monisme elle veut penser que l'énergie est à la fois physique et métaphysique. Mais négativement, dire que l'énergie est physique et métaphysique, c'est refuser qu'elle ne soit que l'un ou l'autre dans une séparation qui exclut l'un des deux termes ou qu'il y ait confusion des deux niveaux.

Dans l'épilogue sera montrée l'actualité de cette dialectique quaternaire après avoir vu que l'énergie dépasse les réductions mécanistes et doit répondre à l'énigme de l'émergence.

## 2. Energie aristotélicienne et scientifique, une confusion ?

Rapprocher l'énergie d'Aristote et l'énergie en science physique provoque immédiatement des objections de confusion entre des niveaux hétérogènes de réalité et d'univers culturel.

L'originalité de ce travail n'est pas dans l'étude et l'exploration de chacun des champs évoqués, Aristote et la science physique contemporaine, mais dans leur mise en relation. Même si ma traduction d'*energeia* par énergie dans *L'énergie chez Aristote, une induction et une analogie physique, éthique et métaphysique* (2018) peut paraître originale, voire irritante pour certains, mon interprétation d'Aristote s'appuie sur les spécialistes aristotéliciens. De même les scientifiques, les historiens de la physique risquent de peu apprendre sur la notion d'énergie. La généralité du discours pourra apparaître commune. En revanche, ce qui pourra être nouveau, c'est la mise en relation des deux. Aristotéliciens et historiens de la science physique ne se parlent guère. Chaque horizon culturel philosophique et



## A. Energie, entre physique & métaphysique : science physique et Aristote

scientifique découvrira peut-être un paysage nouveau au-delà de la ligne de crêtes des montagnes qui jusque-là bouchait son regard. Mais si chacun tend à rester chez soi sans s'aventurer dans le pays voisin, c'est aussi pour de justes raisons. Mettre en rapport l'énergie aristotélicienne et scientifique n'est-ce pas risquer de graves confusions ? Examinons les objections légitimes de chacun à défendre sa patrie et à se méfier l'étrangeté de l'étranger.

Pour un scientifique regarder du côté d'Aristote peut paraître bien étrange. Tout le monde se dit que la physique moderne n'a pu exister qu'en s'arrachant aux illusions aristotéliciennes. Chacun se sent l'héritier de Descartes et de sa critique de la scolastique. A cela s'ajoute pour les historiens des sciences d'être nourri de la pensée de Kuhn. Au sein même de la science nous aurions une incommensurabilité des paradigmes. Ce n'est pas parce que l'on utilise un même mot qu'un rapport possible entre deux moments de l'histoire scientifique est possible. Les révolutions scientifiques impliqueraient une équivocité des schèmes conceptuels.

Un aristotélicien aurait ses propres raisons pour ne pas aller du côté de la physique moderne et contemporaine. En effet, tout d'abord commencer par traduire *energeia* par énergie peut avoir quelque chose de dérangeant. Les habitudes ont la vie dure, surtout si elles ont plus d'un millénaire de tradition. Depuis la traduction d'*energeia* par *actus* en latin, tout le monde parle ordinairement d'acte et de puissance. Evoquer l'énergie aristotélicienne sonne décidément mal aux oreilles des disciples du Stagirite. La traduction par énergie pourrait apparaître comme une coquetterie sans intérêt conceptuel. D'autant, et c'est le second point, que la mise en rapport entre la physique aristotélicienne et la physique moderne et contemporaine peut apparaître très gênante. Ceux qui lisent la physique d'Aristote doivent se défendre en permanence d'un procès en illégitimité. « Nous n'en sommes plus là mon cher ami. » Aristote fut un génie antique, génie certes, mais antique surtout. Le savoir physique aristotélicien se doit d'être enfoui dans les oubliettes de la pertinence scientifique. Il reste aux aristotéliciens la possibilité de faire de l'histoire de la philosophie, de contextualiser historiquement une pensée. Et si l'on parle de la physique d'Aristote, alors il faut immédiatement rappeler qu'il s'agit d'une physique qualitative selon l'expérience commune. La variation précise des paramètres de l'expérimentation scientifique moderne serait d'un ordre autre.

Nous reviendrons sur ces légitimes méfiances à mettre en rapport des physiques si éloignées dans le temps<sup>3</sup>. Disons juste maintenant qu'il est étonnant

---

<sup>3</sup> I. C. 3. D'hier à aujourd'hui et retour : Discontinuité de Kuhn et continuité de Duhem, La querelle des anciens et des modernes.

### 3. Pourquoi un même mot, énergie, se retrouve dans des champs hétérogènes de la culture s'il n'y avait aucun rapport ?

---

de pouvoir établir des relations entre des époques éloignées sur des notions comme le temps, la matière, la forme, la cause, le hasard, la substance, la relation, mais que pour l'énergie, comme par enchantement, cela deviendrait impossible. Une des originalités de ce travail est justement d'essayer de faire pour l'énergie ce que tout professeur de philosophie au lycée fait régulièrement pour d'autres notions, la mise en perspective dialectique et historique d'un concept. Ajoutons que la lecture heideggérienne d'Aristote par Pierre Aubenque, qui a si longtemps influencé les interprètes français, va par exemple faire du Dieu d'Aristote une solution résiduelle s'éloignant du texte aristotélicien lui-même.

Nous le voyons, faire se rencontrer par l'énergie l'univers aristotélicien et scientifique, ne va pas de soi. Nous essayerons progressivement d'intégrer ces légitimes objections. Encore une fois, l'originalité de ce travail serait de montrer que cette rencontre reste possible et nécessaire. Qu'il faille éviter la confusion univoque entre ces champs différents de la culture, nous en sommes conscients. Et un exemple pour nous de cette confusion de l'énergie est l'œuvre esthétique de Teilhard de Chardin. Mais l'autre de l'univocité n'est pas forcément la séparation équivoque. Le mur de Berlin entre philosophie antique et science contemporaine reste à détruire. A l'équivocité des sens du mot énergie, nous préférons parier sur l'analogie, analogie sémantique et analogie ontologique. Un des objectifs de ce travail sera de détailler les glissements de sens, les sauts ontologiques entre niveaux de réalités.

### 3. Pourquoi un même mot, énergie, se retrouve dans des champs hétérogènes de la culture s'il n'y avait aucun rapport ?

Si nous avons une difficulté à faire le lien entre énergie aristotélicienne et énergie scientifique peut-être est-ce légitime. Ces champs hétérogènes de la culture n'auraient pas besoin de communiquer, car justement ils sont hétérogènes et doivent le rester. Pourtant, des études transdisciplinaires et parcourant l'histoire se réalisent pour d'autres thèmes. Il est possible de réfléchir au temps, à la causalité, à la matière, à l'espace par la philosophie grecque ou la science contemporaine, avons-nous dit. Pourquoi ce qui se réalise pour de nombreuses thématiques serait-il interdit pour l'énergie ?

D'autant que nous pouvons repérer des liens. Il est quand même étonnant que pour sortir de la physique cartésienne, qui a tant critiqué Aristote, l'on commence par la force vive de Leibniz (*dunamis*), avant que s'installe la notion de travail (*ergon*) mécanique et de puissance (*dunamis*) et que s'impose au XIX<sup>e</sup> siècle avec la thermodynamique l'énergie (*energeia*). Ne s'agit-il qu'une histoire de mot ? William Rankine a déclaré : « L'étape que j'ai prise en 1853, d'appliquer la

## A. Energie, entre physique & métaphysique : science physique et Aristote

*distinction entre « énergie actuelle » et « énergie potentielle », non seulement au mouvement et à la puissance mécanique, mais à toute sorte de phénomènes physiques, m'a été suggéré, je pense, par l'utilisation d'Aristote des mots dunamis et energeia.*<sup>4</sup>» Un des objectifs de ce travail consiste à voir si cette inspiration revendiquée serait pertinente conceptuellement.

Ces signes se confirment par l'importance donnée à l'énergie chez Henri Bergson à la frontière entre le scientifique et le philosophique. Comme nous le verrons, il s'appuie sur la notion d'énergie en thermodynamique classique. Mais il étend la notion d'énergie, à un niveau spirituel, éthique, voire théologique. Nous n'avons pas trouvé chez lui de références à l'énergie aristotélicienne. Mais il pratique en un sens ce que faisait Aristote l'utilisation physique, éthique et métaphysique du terme énergie.

Tous ces indices nous montrent qu'une exploration du thème de l'énergie à travers la double dimension aristotélicienne et scientifique, paraît légitime.

D'autant que le terme d'énergie est aussi beaucoup utilisé, aujourd'hui, dans les médecines parallèles, dans des discours gnostiques, il est vrai avec beaucoup de confusion. Un intérêt de notre recherche est justement d'essayer d'éviter la confusion. Parce qu'il se trouve un peu partout dans un mélange de discours scientifique et pseudo scientifique à tendance religieuse, nous souhaitons préciser le sens scientifique et physique avant d'éventuellement envisager son utilisation analogique dans d'autres champs de la culture.

### **4. Contre la confusion : analogie de l'énergie, émergence et par un autre**

Si nous voulons éviter la confusion entre énergie en science physique et énergie métaphysique ou éthique, des distinctions sont nécessaires. Mais l'autre de l'univocité confuse n'est pas forcément l'équivocité séparatrice. Une analogie de l'énergie doit être possible. Et pour que cette analogie soit ontologique et pas seulement sémantique, nous est apparue la nécessité d'intégrer la question de l'émergence et de l'extériorité de l'énergie.

À la lecture progressive des auteurs s'est dégagée une thèse aristotélicienne sur l'énergie qui prétend dépasser et critiquer trois autres positions, que pour simplifier nous appellerons, matérialiste, platonicienne et panthéiste.

---

<sup>4</sup> RANKINE William, « On the History of Energetics », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of science* 28, fourth series, no.190 (London: Taylor and Francis, 1864), 404.

#### 4. Contre la confusion : analogie de l'énergie, émergence et par un autre

---

Le représentant du matérialiste antique est Démocrite (et Leucippe). Avec ses atomes et ses pores, nous avons un premier mécanisme, où le tout est égal à la somme de ses parties. Par figure, arrangement et tournure il donne la priorité au devenir selon le lieu, ne reconnaissant pas l'énigme de l'émergence. Nous avons une forme d'univocité de l'être, puisque tout n'est que matière. La pensée se réduit à la sensation, l'esprit à la matière. Nous pouvons retrouver ce matérialisme à l'époque moderne. Pour ce qui nous intéresse, il se retrouve chez certains scientifiques, qui passent, sans crier garde, du matérialisme méthodologique de la science à un matérialisme ontologique. Dans cette perspective l'énergie ne peut être que matérielle. Tout usage du mot énergie pour une réalité non directement matérielle, humaine, théologique n'est qu'un symbolisme, au mieux poétique, inadéquat pour désigner rationnellement une dimension du réel.

À l'opposé, nous avons la tradition platonicienne. Certes Platon n'utilise pas le mot énergie qu'Aristote a justement inventé pour le critiquer, mais Plotin le fera. Et Descartes s'inscrira dans cette mouvance. A la suite de la découverte des abstractions mathématiques, Platon affirme l'existence de forme et d'idée au-delà de la simple matérialité. L'énergie devient essentiellement spirituelle. Cela est clairement affirmé par Plotin. Et la matière passive et étendue de Descartes est compensée par l'activité et la causalité divine. Nous avons une nouvelle forme d'univocité de l'énergie. Ce n'est plus l'univocité matérielle des matérialistes, mais l'univocité de l'énergie spirituelle. Nous n'avons pas non plus de reconnaissance de la spécificité de l'émergence. Plotin réduit tout changement à une altération. Et Descartes retrouve des accents matérialistes en voulant tout réduire au mouvement local.

Nous avons une troisième position, que par commodité nous appellerons panthéiste. Elle commence avec Anaxagore. L'esprit est en tout. La partie est synonyme du tout. Les éléments sont des réserves séminales. Et pour lui la génération est une altération (Plotin partage aussi cette thèse). Cette position préfigure le stoïcisme. Il s'agit de dépasser matérialisme et spiritualisme en voyant que toute matière est psychique ou raison séminale. Le panpsychisme de Leibniz rejoint des éléments de cette tendance. Nous n'avons pas de reconnaissance de la spécificité de l'émergence, mais nous avons au contraire une forme de préformisme. Nous avons aussi une forme d'univocité de l'énergie, non plus de la matière ou de l'esprit, comme dans les deux positions précédentes, mais une univocité de la totalité, qui est comme matière et esprit, tout à la fois. Tout est énergie. Et le représentant moderne de ce monisme énergétique est Ostwald, côtoyant la théologie orthodoxe des énergies divines, qui se déploie dans un contexte mono-énergiste.

En regard de la position aristotélicienne de l'énergie, ces trois positions ont plusieurs points communs. Premièrement, nous avons univocité de l'énergie de la

5. Émilie du Châtelet, l'énergie cinétique sans le mot énergie .....	116
III. L'énergie de la thermodynamique .....	119
A. Energie de la thermodynamique au XIX <sup>e</sup> .....	119
1. Une émergence scientifique de la notion d'énergie .....	119
Sadi Carnot et la puissance motrice du feu (1824) .....	119
Michael Faraday (1791-1867), les batteries et la production d'électricité .....	121
William Thomson (1824-1907) introduit la notion d'énergie .....	123
Rudolf Clausius (1822-1888) et la naissance du concept d'entropie .....	125
Tentative d'explication mécanique de la thermodynamique par Boltzmann .....	126
Pierre Duhem (1861-1916), irréductibilité à la mécanique et irréversibilité .....	127
2. Energie de la thermodynamique du XIX <sup>e</sup> , une interrogation méta-physique .....	130
La chaleur, une qualité exclue par Descartes .....	130
Transformation et conservation.....	131
La contingence, l'indétermination et le désordre.....	133
L'irréversibilité du temps .....	133
Seul Dieu peut créer de l'énergie ? .....	134
Friedrich Engels (1820-1895) est embarrassé par la thermodynamique .....	135
3. Energie humaine ? .....	137
Charles Féré (1852-1907), une morale et une politique conservatrice .....	137
Henri Bergson (1859-1941) et l'énergie spirituelle.....	139
Limitation du principe de la conservation de l'énergie et de l'entropie.....	139
Élévation et descente des énergies .....	140
Longue accumulation de l'énergie et détente brusque .....	141
Une continuité de jaillissement contre la matière défaisante .....	143
Energie créatrice des mystiques chrétiens .....	145
Une énergie morale .....	148
Une énergie spirituelle qui n'est pas l'énergie de l'être.....	149
B. Energie de la thermodynamique du XX <sup>e</sup> .....	152
1. Les nouveaux concepts de la thermodynamique .....	152
La vie contre la dégradation irréversible de l'énergie.....	152
L'ordre surgit du désordre .....	153
Une énergie porteuse d'information .....	155
La richesse diversifiée du temps.....	156
Système ouvert et sensibilité aux conditions initiales : la dissipation d'énergie loin de l'équilibre est source d'ordre.....	157
Les fractals et l'attracteur étrange : une entéléchie ? .....	159
2. Energie de la thermodynamique du XX <sup>e</sup> , l'interrogation méta-physique continue .....	160
Les quatre causes : matière, forme, efficacité et fin.....	161
Le changement et le repos.....	163
IV. L'énergie relativiste .....	165
A. La relativité restreinte : le matérialisme de l'énergie.....	165
1. Difficultés et nécessité de la Relativité Restreinte .....	165
2. Deux Postulats.....	167
3. L'espace-temps.....	168

4. La Masse-Energie .....	169
5. Une énergie substantielle dans l'infiniment petit .....	171
B. La relativité générale : la masse-énergie déforme l'espace-temps.....	172
1. L'équivalence entre la gravitation et l'accélération .....	172
2. La courbure de l'espace-temps par la matière-énergie .....	173
3. La gravitation, une énergie de l'infiniment grand.....	175
V. L'énergie quantique .....	177
A. Petite histoire d'une énergie paradoxale.....	177
1. Planck-Einstein : La lumière et l'énergie en grains .....	177
2. Bohr : Des niveaux d'énergies dans l'atome .....	178
3. de Broglie : La dualité onde particule de la matière .....	178
4. L'expérience choquante des fentes de Young .....	178
5. Schrödinger : un chat selon une énergie vivante et morte à la fois ?.....	179
6. Heisenberg : Le principe d'incertitude ou les relations d'inégalités ? .....	179
7. Le paradoxe EPR et l' « Aspect » étrange d'une expérience .....	180
B. Les interprétations de l'énergie quantique.....	181
1. Bohr et l'école de Copenhague : énergie modélisée, mais non réelle .....	182
2. Einstein : Un modèle d'une réalité indépendante de toute observation .....	183
3. de Broglie, Böhm : les variables cachées et le potentiel quantique .....	184
4. Wigner : l'énergie de la conscience influence l'énergie physique ? .....	185
5. Everett : les univers parallèles .....	186
6. d'Espagnat : de la non-localité à la décohérence.....	189
-Non-localité ou non-séparabilité ? .....	189
-Décohérence ou intrication ou indiscernabilité ? .....	189
C. De l'énergie quantique à l'interrogation méta-physique.....	190
Epilogue : énergie et <i>energeia</i> .....	194
A. L'énergie comme au-delà du mécanisme.....	194
1. Particules et forces : tout se réduirait à la machine.....	194
2. L'énergie et les nouveaux concepts de la physique contemporaine .....	195
3. L' <i>energeia</i> est une activité interne d'une puissance sous l'effet d'un autre et pour une fin .	197
B. L'énigme de l'émergence ou l'énergie fait des sauts.....	199
1. De l'infiniment petit à l'infiniment grand .....	199
2. Les limites du réductionnisme .....	201
3. La nature fait des sauts énergiques .....	203
4. La question d'un fondement ultime : l'inachevé actualisable ? .....	204
Livres et articles cités.....	211
Aristote .....	211
XVIIe-XVIIIe.....	212
XIXe-XXe.....	213
Remerciements.....	219
Du même auteur .....	221
Collection <i>Intégrations des savoirs et savoir-faire</i> .....	223