



HAL
open science

Le concept de travail entre physique et économie

Werner Kutschmann

► **To cite this version:**

Werner Kutschmann. Le concept de travail entre physique et économie. *Alliage : Culture - Science - Technique*, 2024, 83. hal-04421370

HAL Id: hal-04421370

<https://hal.science/hal-04421370>

Submitted on 27 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Le concept de travail entre physique et économie

Werner Kutschmann
Université de Francfort

Résumé

Le concept physique de travail n'est pas une catégorie surhistorique qui se serait développée indépendamment des conditions socio-politiques. En fait, le concept abstrait de travail en physique, né au XIXe siècle, a subi une empreinte décisive du fait de l'abstraction croissante du travail industriel qui s'est développée en parallèle.

Mots-clés

Travail, énergie, puissance, physique, économie.

Abstract

The physical concept of work is neither a super-historical category nor did this concept emerge independently of socio-political conditions. Indeed, the abstract concept of work in physics, which emerged in the 19th century, experienced a decisive shaping through the increasing abstraction of industrial labour that unfolded in parallel.

Keywords

Work, energy, power, physics, economy

L'auteur

Werner Kutschmann, physicien, privat-docent de l'université de Francfort, doctorat TH Darmstadt 1985. Il a publié plusieurs ouvrages d'histoire et de philosophie des sciences, dont *Die Newtonsche Kraft* (1983), *Der Naturwissenschaftler und sein Körper* (1986), et de nombreux articles de revues.

Kutschmann@soz.uni-frankfurt.de

Nous traduisons avec l'aimable autorisation de l'auteur ce texte paru dans la revue allemande *Leviathan, Zeitschrift für Sozialwissenschaft* en 1990¹. Rares en effet sont les contributions du champ marxiste qui ont articulé la question énergétique et la critique du travail abstrait, ainsi que la critique d'une conception transhistorique du travail en retournant à leur moment d'émergence historique. Werner Kutschmann met très bien en évidence le rapport entre les notions de « travail » et de « puissance » qui permet d'articuler étroitement le travail en physique et le travail dans l'économie. Bien avant qu'on parle de « services écosystémiques » de la nature ou de reprogrammer l'ensemble du vivant par la « biofabrication », ce texte de 1990 critique déjà le biais historique d'une conception de la nature, née durant la première révolution industrielle, qui la réduit à une immense machine au travail dans laquelle le travailleur n'a plus qu'à trouver sa place. L'auteur amorce ainsi une critique catégorielle du travail et de l'énergie qui devrait cependant, selon nous, être radicalisée jusqu'à une critique de la forme. L'auteur indique lui-même dans un courrier récent :

« J'insisterais encore plus aujourd'hui sur le parallélisme dans l'émergence du travail abstrait. Tant en physique, sous la forme du théorème général de l'énergie, que dans l'économie capitaliste, sous la forme de la prédominance du travail abstrait, créateur de plus-value, se manifestent des processus d'abstraction qui indiquent un noyau historique commun. » (Courriel du 4 avril 2022).

La thèse finale du déplacement du travail manuel vers le travail intellectuel devrait aussi être discutée à la lumière des nombreux débats qui ont eu lieu les trente dernières années.

¹ KUTSCHMANN W., « Die Kategorie der Arbeit in Physik und Ökonomie », dans *Leviathan*, Sonderheft 11, 1990, p. 271-286.



« Le concret est concret parce qu'il est le rassemblement de multiples déterminations, donc unité de la diversité. C'est pourquoi il apparaît dans la pensée comme procès de rassemblement, comme résultat, non comme point de départ, bien qu'il soit le point de départ réel et, par suite, aussi le point de départ de l'intuition et de la représentation. »²

Ce n'est pas un hasard si ces phrases de Marx tirées de *l'Introduction à la Contribution à la critique de l'économie politique* se trouvent dans un contexte où il est question de l'émergence de la catégorie économique du « travail abstrait » — un contexte qui est également important pour la question que nous aborderons plus loin, à savoir le rapport entre la notion de « travail » en physique et en économie. L'analyse conceptuelle d'un phénomène, dit Marx, commencera toujours par ce qui est immédiatement donné, historiquement concret, parce qu'elle voit en lui l'expression non falsifiée des rapports réels. Au fur et à mesure que l'étude progresse, elle laissera cependant ce concret derrière elle pour atteindre des déterminations plus générales, mais en même temps de plus en plus minces et abstraites, qui permettent de déduire le concret directement posé à l'origine et de rendre ainsi compréhensible sa genèse historique. C'est pourquoi il semble à la pensée que les déterminations générales et abstraites sont aussi les premières et les plus fondamentales — bien que cela ne doive nullement être le cas historiquement. Selon Marx, la genèse historique et la reconstruction conceptuelle des concepts valables aujourd'hui ne doivent absolument pas coïncider, bien au contraire : ce qui, du point de vue conceptuel, est un

² MARX K, *Manuscrits de 1857-1858 dits « Grundrisse »*, Paris, Éditions sociales, 2018, p. 57.

processus « logique » de médiation d'une diversité de phénomènes à l'apparence confuse, est en fait un processus de construction de ce concept abstrait mais aussi nivelant. Si l'analyse scientifique part trop facilement du principe que les catégories qu'elle a trouvées ont toujours été les plus générales et les plus fondamentales, alors la méthode historique et en même temps critique de la connaissance doit encore une fois attirer l'attention sur le fait que ces catégories prétendument primaires ne sont apparues qu'au bout d'un développement historique.

L'opinion courante

J'aimerais commencer par ce qui est historiquement concret, par les points de vue et les opinions actuels sur le travail en physique et en économie, pour ensuite mettre en évidence les figures d'abstraction et les processus de développement qui se cachent derrière elles et qui en sont tributaires. L'opinion la plus répandue peut être résumée par les deux points suivants :

1) « La notion de travail dans la science économique n'a rien à voir avec la notion de travail dans la physique », affirme le *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften* [*Dictionnaire des sciences sociales*]³ de 1956. La raison qui en est donnée est que la notion de travail en économie se réfère à une activité exercée par l'homme dans un but précis, qui sert en fin de compte à sa propre subsistance, alors que dans le « sens de la notion physique ... les machines et les animaux fournissent également un travail », car ici, dans le domaine de la physique, on entend par « travail » le simple fait de mobiliser des forces pour modifier un état de mouvement⁴.

2) Le travail a toujours existé — aussi bien dans la nature que dans la vie économique, les deux domaines auxquels se réfèrent la physique et l'économie. Justification : le travail utile, celui qui produit des valeurs d'usage, est tout autant une « nécessité naturelle éternelle »⁵ que la nature elle-même est une « horloge mécanique mise en marche

³ *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften*, vol. 1, Tübingen, 1956, p. 229.

⁴ *Ibid.*

⁵ MARX K., *Le Capital, Livre 1*, Paris, PUF, 1993, p. 48.

une fois pour toutes »⁶. Le concept de travail doit donc être considéré comme une catégorie transhistorique.

L'étude qui suit s'attachera essentiellement à vérifier la solidité de ces « représentations quotidiennes » et, le cas échéant, à les corriger, c'est-à-dire à démontrer leur caractère unilatéral, voire faux.

La notion de travail en physique

Si l'on commence l'analyse par l'histoire de la physique et que l'on s'interroge sur la signification actuelle de la notion de travail en physique, on a tout de suite une première surprise : la notion de « travail » (comme d'ailleurs la notion de « force ») ne joue pratiquement plus aucun rôle dans la discussion actuelle en physique. Aucun physicien ne parle aujourd'hui (comme c'était le cas au XIXe siècle en mécanique, en thermodynamique et en particulier dans la théorie des machines à vapeur) du fait que les objets dont il s'occupe, comme les électrons, les particules élémentaires ou les atomes, « fournissent un travail ». Il utilise plutôt un terme beaucoup plus neutre (et moins anthropomorphique) et parle de « variations du bilan énergétique » de l'objet.

De prime abord, ce changement terminologique ne semble pas avoir une grande importance, car « l'énergie » est introduite en physique comme « capacité de travail » ou « aptitude au travail » d'un système (j'y reviendrai plus en détail). Néanmoins, ce changement est significatif. La notion d'énergie est bien plus universelle et abstraite que la notion de travail, comprise, elle, de manière essentiellement mécanique. La physique parle de toutes les formes possibles d'énergie et de leur convertibilité mutuelle, elle parle d'énergie mécanique, thermique, chimique et nucléaire. Mais elle ne parle presque plus de « travail » ou de « puissance de travail », depuis qu'elle a délégué ce sujet aux disciplines de la mécanique technique et de la construction mécanique.

L'histoire du concept physique de travail est relativement récente. Comme le montre Herbert Breger dans son étude détaillée sur la naissance du concept d'énergie en physique

⁶ C'est là une métaphore fréquemment employée par Leibniz. Voir KOYRE A., *Du monde clos à l'univers infini*, Paris, Gallimard, 1973 [1957], p. 288.

entre 1840 et 1850⁷, le concept de travail mécanique n'est apparu qu'au cours du XVIII^e siècle, à la suite de problèmes pratiques dans la construction mécanique, en particulier le développement de la machine à vapeur, et n'a été codifié que vers la fin du siècle en tant que produit du poids et de la hauteur dans la « mécanique théorique » :

« Encore chez d'Alembert (1743), le produit du poids et de la hauteur (...) n'a ni nom ni même de signification générale. Cette situation commence certainement à changer en 1782 avec l'*Essai sur les machines en général* de Lazare Carnot. Carnot appelle le produit du poids et de la hauteur "force vive latente" ou "moment d'activité" (...) Ce n'est que par Coriolis et Poncelet (1826) que le terme "travail" est introduit et utilisé. »⁸

Avec cette constatation, la deuxième des positions du « sens commun » citées ci-dessus, l'hypothèse de l'intemporalité du concept de travail, est remise en question de manière décisive : le travail n'a pas toujours existé dans la nature, du moins pas dans le sens où les hommes auraient toujours parlé de « travail » comme catégorie pour décrire la nature. Au contraire, la notion de travail en physique est relativement récente, et sa signification est peut-être déjà en train de décliner.

Il en va de même pour l'économie, mais sur des périodes plus larges de l'histoire culturelle : on n'a pas « toujours travaillé », comme un préjugé stéréotypé voudrait nous le faire croire, du moins pas sous les formes, dans les proportions et avec l'intensité que nous supposons aujourd'hui comme allant de soi. Les résultats de l'anthropologie culturelle et de l'ethnologie suggèrent de traiter avec prudence l'assimilation du travail à la culture ou de la culture à la prospérité et de ne pas projeter ces concepts dans la préhistoire. Comme le démontre Marshall Sahlins dans *Âge de pierre, âge d'abondance*⁹, l'économie paléolithique des « chasseurs-cueilleurs » n'a par exemple jamais connu la notion de travail telle que nous la supposons aujourd'hui avec l'évidence civilisatrice et humaniste. Les « chasseurs-cueilleurs » vivent de ce que leur donnent leurs territoires de cueillette et de chasse, qui ne doivent jamais être trop exploités. Pour eux, ce n'est pas le travail qui compte, mais la mobilité et la flexibilité — ce

⁷ BREGER H., *Die Natur als arbeitende Maschine. Zur Entstehung des Energiebegriffs in der Physik, 1840-1850*, Francfort sur le Main, Campus Verlag, 1982.

⁸ *Ibid.*, p. 151.

⁹ SAHLINS M., *Âge de pierre, âge d'abondance*, Paris, Gallimard, 1976 [1972].

qui, soit dit en passant, ne justifie en aucun cas de les qualifier de « pauvres ».

Pour pouvoir examiner l'autre « conception de la vie quotidienne », qui affirme l'absence de lien entre les notions de travail physique et économique, je dois m'engager un peu plus en détail dans la physique et en particulier examiner de plus près la genèse de la notion physique. Trois cas paradigmatiques sont à la base de l'introduction de la notion de travail dans la physique : Le travail de levée, le travail de tension et le travail d'accélération. Tous trois se résument en fait à la courte formule : « travail = force x distance ».

Le cas du travail de levée concerne le processus de levée de poids ou de charges. On parle de travail de levée lorsqu'un poids P est soulevé d'une hauteur h (c'est-à-dire, physiquement, déplacé contre le champ gravitationnel de la terre). La force F à appliquer doit surmonter la pesanteur du corps due à l'attraction terrestre le long de la hauteur h ; le travail à fournir est donc quantifié par le produit de la force appliquée (le long de la hauteur) par la hauteur : $W = Ph$.

Dans le cas du travail de tension, on pense à la « tension » d'un ressort ou, plus généralement, à l'extension d'un matériau élastique, ce qui nécessite une force extérieure qui doit augmenter au fur et à mesure que le ressort est tendu. La force F à appliquer n'est donc pas constante, mais croît proportionnellement à l'extension s du ressort déjà obtenue. On a donc : $F \sim s$. La formule pour le travail W ne peut plus être représentée simplement comme le produit de grandeurs constantes F et s , mais seulement comme l'intégrale d'une force variable $F(s)$, soit $\int F(s).ds$. Dans le cas le plus simple de la loi de Hooke, où $F = Ks$ (K étant ce que l'on appelle la raideur du ressort), on obtient $W = 1/2 Ks^2$.

Dans le cas du travail d'accélération, la formule : « Le travail est égal au produit de la force exercée par la distance sur laquelle elle s'exerce » est peut-être la plus compréhensible. Par « travail », on entend en effet ici l'action de modifier l'état de mouvement ou de repos d'un corps, de l'accélérer. Selon le « principe d'inertie » fondamental de la physique, les corps restent dans leur état de repos ou de mouvement uniforme s'ils ne subissent aucune action. C'est pourquoi il faut une force pour accélérer un corps, par exemple à partir de l'état de repos, le long d'une distance d jusqu'à une vitesse finale v . Un calcul simple montre alors que le travail est dans ce cas : $W = 1/2 m v^2$. Dans ce résultat se cache ce qu'on appelle l'énergie cinétique du corps, de sorte qu'un physicien résumerait : le travail d'accélération est égal à l'énergie cinétique du corps. En d'autres termes, le corps a absorbé ou incorporé en tant qu'énergie cinétique l'énergie qui a été dépensée pour son accélération.

On pourrait tout à fait citer d'autres cas de travail mécanique, comme le travail de frottement, mais je m'en tiendrai à ces quelques exemples. Il convient de préciser la conception qui se dissimule derrière la formule « travail égale force multipliée par distance » en physique : on parle

de travail mécanique lorsqu'un corps est amené à voir son état de mouvement modifié par une force extérieure agissant sur une certaine distance. Cette conception du travail implique deux choses : d'une part, le fait de déplacer un corps sur une surface plane horizontale à vitesse constante et sans pertes liées aux frottements n'est pas considéré physiquement comme un travail — car aucune force n'est nécessaire pour cela. D'autre part, maintenir un corps éventuellement lourd suspendu à un bras tendu pendant une longue période n'est pas non plus considéré comme un travail, car aucune distance n'est alors parcourue. Comme l'écrit Robert Mayer, l'un des créateurs de la notion d'énergie en physique :

« La performance d'un homme qui porte un poids au prix d'un grand effort ou bien qui reste immobile et droit pendant des heures, etc. est égale à zéro. »¹⁰

Le simple fait de tenir un poids immobile peut également être réalisé par un dispositif en bois ou en métal, d'où il résulte que seul le fait de soulever des poids est pertinent pour la notion de travail.

Travail, énergie, puissance

Le concept de travail que j'ai traité jusqu'à présent ne suffit plus à la physique. Elle l'a remplacé par les notions d'énergie et de puissance, qu'il convient de présenter brièvement ici. De nos jours, le terme d'énergie est presque devenu synonyme d'exploitation à outrance des ressources en matières premières de la Terre au service d'une exigence d'augmentation de la productivité qui semble insatiable : l'énergie semble être la formule magique et le chèque en blanc pour la « capacité de travail » illimitée de la nature. Comment cela est-il possible sur la base d'un concept physique a priori si insoupçonnable ?

¹⁰ MAYER R., *Die Idee aus Heilbronn: Umwandlung und Erhaltung der Energie*, Stadt Heilbronn, 1978, p. 151. L'exemple du « simple » maintien d'un poids, cité par Mayer pour faire la distinction, ne pourrait être considéré comme un travail que si l'on entendait par « travail » non pas la mobilisation d'une force le long d'un trajet, mais pendant une période donnée.

Voir aussi GIESE F., *Handwörterbuch der Arbeitswissenschaft*, vol. 1, Halle, 1930, p. 181, le développement sur le « travail du trajet » et le « travail du temps ».

Le concept d'énergie est une catégorie centrale de la physique actuelle. En tant que telle, elle représente à la fois un prolongement et une généralisation de la notion de travail. Le terme énergie signifie tout d'abord la capacité à fournir un travail, ou en bref : la capacité de travail. Cela signifie que lorsqu'une force est exercée sur un corps, par exemple pour l'accélérer ou le soulever, la quantité de « capacité de travail » ou d'énergie qui a été dépensée en tant que travail sur ce corps lui est transférée. Le corps accéléré jusqu'à une certaine vitesse finale possède donc une « énergie cinétique », comme mentionné plus haut, qu'il pourrait à tout moment restituer à un autre corps. Un poids soulevé d'une certaine hauteur, possède, en raison de ce travail de levée, ce que l'on appelle une « énergie potentielle », qu'il pourrait également restituer à tout moment, avec pour conséquence que du travail serait effectué sur d'autres objets.

Le travail et l'énergie sont donc étroitement liés : l'énergie d'un système est d'autant plus grande qu'il a été soumis à un travail extérieur ou que le système lui-même est en mesure de fournir un travail vers l'extérieur. On peut parler d'une relation de convertibilité ou d'échange réciproque, d'une métamorphose permanente de l'énergie. C'est pourquoi l'idée d'une conservation de principe de la substance de cette « énergie en soi » s'est très tôt rattachée à ce rapport d'échange, par exemple chez Descartes et Leibniz : dans tous les processus de nature mécanique (comme l'accélération, le choc, la course, la tension, etc.), la substance de l'énergie mécanique, la *vis viva*, devrait être conservée. Ce n'est pas la substance qui devrait changer, mais seulement la forme d'apparition de l'énergie.

Cette idée d'une conservation de principe de la « force vivante de la nature » ou de « l'immuabilité dynamique de la nature »¹¹ est directement déduite, chez Leibniz par exemple, du principe de causalité, à savoir du principe de « l'égalité des causes et des effets ». Toutefois, chez Leibniz comme chez d'autres philosophes mécanistes de la nature de l'époque, cette déduction ne réussit qu'à deux conditions, qui ne sont jamais strictement réalisées dans la réalité. D'une part, le système doit être fermé, c'est-à-dire protégé de toute influence extérieure, de tout apport comme de toute sortie d'énergie ; d'autre part, tous les processus d'échange doivent être « réversibles » : c'est-à-dire que toute l'énergie mécanique doit se transformer

¹¹ BREGER, H. *op. cit.*, p. 83 et suiv.

uniquement et exclusivement en une autre énergie mécanique, et ce de telle sorte qu'il n'y ait aucune perte par frottement sous forme de production de chaleur ou d'augmentation de ce que l'on appelle « l'énergie interne » du système.

Ces deux conditions réunies impliquent un système mécanique à l'état pur, comme on pourrait l'illustrer par un pendule mathématique suspendu sans frottement et oscillant sans amortissement. Un tel système se caractérise par un va-et-vient constant, une oscillation constante de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle, de sorte que l'on pourrait parler d'un processus strictement réversible de la nature. La conservation de l'énergie mécanique et la réversibilité du processus se conditionnent mutuellement. Alors que la condition de « fermeture du système » peut encore être considérée comme une question plutôt technique concernant le choix des limites du système, qu'il faudrait peut-être accepter comme prémisse hypothétique¹², la condition d'absence de frottement des processus est insoutenable dans des conditions réelles, car dans tous les processus observables dans le monde, il y a des effets de friction ou d'amortissement, des pertes d'énergie mécanique sous forme de chaleur, de sorte qu'une réversibilité stricte des processus n'est pas réalisée.

C'est pourquoi la spéculation philosophique du XIX^e siècle a franchi une étape décisive lorsque, guidée par l'idée de la puissance d'action des « forces substantielles de la nature », elle a affirmé que le principe de la conservation de l'énergie s'appliquait précisément aussi aux processus d'un système fermé se déroulant dans des conditions réalistes (c'est-à-dire avec des frottements)¹³. Ce principe, qui a été plus postulé que prouvé indépendamment par R. Mayer, J.P. Joule et H. Helmholtz au milieu du siècle dernier, est formulé ainsi de manière moderne : « Dans un système fermé, dans lequel se

¹² Ce n'est qu'aujourd'hui que l'on commence à parler de « thermodynamique des systèmes ouverts » et que l'on commence donc à reconnaître l'impossibilité de remplir cette condition de fermeture : comme l'a montré la théorie quantique, il n'existe aucun système qui puisse être complètement isolé du monde extérieur, ne serait-ce que pour des raisons de principe.

¹³ Ce « principe de conservation de l'énergie » — un principe également fondamental de la physique moderne des particules élémentaires — s'appelait encore au milieu du siècle dernier « loi de la conservation de la force », comme par exemple dans la première publication de Robert Mayer en 1842.

déroulent des processus quelconques, l'énergie totale disponible reste inchangée. L'énergie ne peut ni être perdue ni être créée à partir de rien.»¹⁴ Ainsi, trois affirmations sont à la base du principe de conservation de l'énergie :

1/ l'affirmation de l'existence de tout un spectre de formes d'énergie différentes, qui sont toutes mutuellement convertibles ;

2/ l'affirmation de l'existence d'un substrat qui se maintient à travers toutes les transformations d'énergie, l'énergie du système en soi, qui ne peut jamais être augmentée ni diminuée, mais qui est donnée une fois pour toutes ;

3/ l'affirmation de l'impossibilité d'un « mouvement perpétuel » : selon le principe de conservation de l'énergie, il est impossible de faire fonctionner un système qui fournit continuellement de l'énergie sans qu'une quantité d'énergie équivalente ne lui soit fournie. Rien n'est créé à partir de rien et tout ce qui arrive a sa cause, et même plus : la cause et l'effet sont identiques.

Avec le théorème de l'énergie s'impose une description strictement moniste de la nature, qui opère uniquement avec le concept de force : tous les processus naturels sont interprétés comme s'ils étaient provoqués par une « force de la nature » comprise de manière vitaliste, qui se traduit par des « prestations de travail » toujours changeantes. Le physicien Helmholtz appelle cette force de la nature de manière significative sa « force de travail » :

« Tout changement dans la nature consiste en ce que la force de travail change de forme et de lieu, sans que sa quantité soit modifiée. L'univers possède une fois pour toutes un trésor de force de travail qui ne peut être modifié, augmenté ou diminué par aucun changement de phénomènes et qui entretient tout changement qui se produit en lui. »¹⁵

La nature est interprétée comme un gigantesque montage mécanique dont la « force de travail » n'attend que d'être mise à notre service et utilisée : une force de travail qui pourrait travailler « gratuitement » pour nous. Je voudrais

¹⁴ GREHN J. (sous la dir.), *Metzler Physik*, Stuttgart, Metzlersche Verlagsbuchhandlung, 1988, p. 157.

¹⁵ von HELMHOLTZ H., *Vorträge und Reden*, vol. 1, Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1896, p. 227.

montrer que cette gratuité n'est qu'une fiction confortable dans une brève digression qui met en lumière les limites purement physiques de cette prétendue « générosité » des forces de la nature sous les mots clés d'irréversibilité et de rendement limité.

Irréversibilité et efficacité limitée de la nature

J'ai souligné jusqu'ici trois caractéristiques du principe de l'énergie : l'impossibilité d'un « mouvement perpétuel », la conservation du quantum total d'énergie du système et la convertibilité de principe de toutes les formes d'énergie entre elles, qu'il s'agisse d'énergie électrique, chimique, thermique, nucléaire ou mécanique. Mais cela ne dit encore rien d'une caractéristique décisive des processus de transformation de l'énergie qui se déroulent dans la nature et qui sont surtout pertinents pour la mécanique technique et la construction mécanique : le « sens unique » de la direction de ces processus de transformation.

Selon le principe de conservation de l'énergie, toutes les formes d'énergie de la nature pourraient se transformer et se convertir à volonté les unes dans les autres. En principe, les inversions de tous les processus existants seraient également autorisées et possibles. En d'autres termes, la réversibilité parfaite règnerait dans la nature. Or, cette possibilité supposée par la théorie mécanique n'existe précisément pas dans la réalité : les processus de la nature ne sont pas réversibles, mais possèdent un « sens directionnel », c'est-à-dire qu'il y a une très grande probabilité pour que l'une des directions du processus se produise et une improbabilité correspondante pour que la direction opposée se produise. Cette « directionnalité » des processus naturels est due à la coproduction inévitable de chaleur dans tous les processus de transformation énergétique : tous les processus de transformation se déroulent de manière « irréversible » dans le sens où les processus permis par une augmentation de l'énergie thermique sont hautement probables, alors que les processus caractérisés par une transformation de l'énergie thermique en d'autres formes d'énergie sont hautement improbables. Ce principe de la diminution nécessaire de toutes les formes d'énergie classées comme supérieures au profit de l'énergie thermique implique une certaine directionnalité ou irréversibilité de tous les processus naturels : il est impossible de construire une machine fonctionnant périodiquement, qui absorbe l'énergie

thermique (successive) d'un corps et la transforme intégralement en travail.¹⁶

Ce théorème, également formulé par Clausius et Thompson en 1850/51 sous le nom de « théorème de l'impossibilité d'un mouvement perpétuel de seconde espèce » ou « deuxième principe de la thermodynamique », a des conséquences importantes pour la construction de moteurs thermiques. Il n'est pas possible de construire une machine fournissant un travail permanent qui tirerait son énergie du simple refroidissement successif d'un réservoir de chaleur, ni de concevoir une machine dont le travail mécanique fourni serait même égal à l'énergie thermique qu'elle consomme. Au contraire, la quantité d'énergie thermique (obtenue par exemple par la combustion de matières premières fossiles) dépasse nécessairement le rendement qui peut être fourni à l'extérieur sous forme de travail mécanique. Cette loi du « rendement thermique limité » des machines est une conséquence directe de la « deuxième loi » mentionnée. Elle impose des limites claires à l'utilisation optimale de toutes les machines et centrales électriques, y compris les centrales nucléaires aujourd'hui si controversées, et implique ainsi des charges économiques et écologiques considérables au vu de la consommation d'énergie extensive en hausse vertigineuse des pays industrialisés occidentaux : chaque unité d'énergie produite dans une telle centrale thermique (la quantité de courant électrique par exemple) est payée par la co-production inévitable d'une multiplication d'énergie thermique qui entraîne le réchauffement des fleuves, de la mer et finalement de toute l'atmosphère.

Travail et puissance de travail : du cheval-vapeur au kilowatt

Revenons aux concepts physiques et à la question du lien entre l'économie et la physique. Jusqu'à présent, j'ai présenté deux concepts issus du contexte de la mécanique et des moteurs thermiques : le concept de travail et le concept d'énergie qui en découle, mais qui est beaucoup plus général. Il manque ici une troisième notion, celle de puissance. La notion de puissance est peut-être celle qui entretient le plus de rapports secrets avec l'économie, car elle indique la quantité de travail ou d'énergie qu'un système (par exemple une centrale électrique) est en mesure de fournir par unité de temps (à savoir la seconde

¹⁶ GREHN J., *op. cit.*, p. 163.

ou l'heure). Comme nous le verrons plus loin, ce concept est également issu du domaine mécanique. Mais contrairement à la notion traditionnelle de travail physique, la notion de puissance est aujourd'hui encore présente dans l'esprit du public grâce aux discussions actuelles sur les questions de politique énergétique, sur la prétendue augmentation constante des besoins en électricité de la société et sur la nécessité de construire des centrales nucléaires.

Tout le monde connaît aujourd'hui l'unité « kilowatt » (kW), mais aussi l'unité « cheval-vapeur » (CV), qui semble déjà un peu vieillotte. Toutes deux sont des unités de la grandeur physique de la puissance, toutes deux sont utilisées pour indiquer la puissance des automobiles et il existe entre elles une simple relation de conversion numérique. Pourtant, le contraste entre les deux unités ne pourrait pas être plus grand, car elles reflètent une partie décisive de l'histoire de la physique qui vaut la peine d'être étudiée.

Le « kilowatt », à l'origine une unité de puissance électrique, symbolise aujourd'hui la convertibilité universelle de l'énergie évoquée plus haut, l'abstraction de l'énergie par excellence, quelles que soient les formes qu'elle peut revêtir. En revanche, la notion de « cheval-vapeur », en tant qu'unité physique du XIXe siècle, a depuis longtemps fait son temps, elle est archaïque et démodée, car elle ne tient pas compte de l'universalisme de l'énergie — mais c'est justement ce qui semble la prédestiner à servir de symbole au véritable « power », comme signal de force et de puissance. Aujourd'hui encore, malgré l'unité de puissance officielle kW imposée par les physiciens et approuvée par le législateur, chaque passionné d'automobile utilise sa chère formule cheval-vapeur, manifestement parce qu'elle favorise davantage l'identification avec les forces contenues dans sa propre voiture.

L'unité « cheval-vapeur » est issue de la pratique industrielle de l'exploitation minière. Elle n'est pas concevable sans l'arrière-plan d'une technicisation et d'une machinisation croissantes des travaux d'extraction minière, qui étaient encore largement effectués par des chevaux au milieu du XVIIIe siècle, mais plus tard par la machine à vapeur, bien plus constante et plus « puissante ». C'est James Watt qui, pour la première fois en 1782, a mis en relation la puissance de ses machines avec la puissance

moyenne des chevaux, qui allaient être remplacés par sa machine dans le cadre de l'industrialisation de l'exploitation minière : Watt a normalisé la performance d'un cheval en estimant, de manière quelque peu arbitraire, qu'il était en moyenne capable de soulever un poids de 550 livres par seconde à un pied de hauteur. Cette normalisation, qui était peut-être encore justifiée si l'on se référait à la performance unique des chevaux, devenait beaucoup trop élevée si on la rapportait à la performance moyenne de longue durée par jour ou par semaine¹⁷, a donné naissance à l'unité bizarre de « cheval-vapeur ». Après quelques arrondis et conversions dans le système d'unités continental du mètre et du kilogramme-force, elle a été définie comme la capacité de soulever un poids de 75 kilogramme-force d'un mètre par seconde.

Ce qui frappe dans cette définition, outre le facteur numérique qui semble plutôt extérieur, c'est deux choses : d'une part, la mise en avant du travail de levée en tant que processus caractéristique de la définition et, d'autre part, le moment historique et technologique de la définition elle-même.

Pour cette définition, il y aurait eu bien d'autres processus artisanaux ou techniques pour normaliser sur leur base la « performance » et le « travail ». Ainsi, on trouve des précurseurs de la notion de travail et de performance chez Georgius Agricola (1494-1555), selon lequel la performance des pompes de mines était simplement mesurée par le temps qu'elles mettaient à vider des récipients d'une certaine taille ; ailleurs, Agricola se réfère aussi simplement au nombre d'hommes ou d'animaux nécessaires pour mettre en marche et faire fonctionner le mécanisme de l'exploitation minière dans son ouvrage fondamental de 1556 *De re metallica*¹⁸. Mais il est significatif que la normalisation de la grandeur « performance » se fasse justement à l'aide de la levée de charges, d'abord encore actionné par la « force humaine », que la machine à vapeur s'apprête à remplacer mécaniquement et à pérenniser industriellement. Cela évoque également le moment de la définition : Breger¹⁹ nous apprend qu'il y

¹⁷ Voir DICKINSON H. W., JENKINS R., *James Watt and The Steam Machine*, Moorland, Ashbourne 1981 [1927], p. 353 et suiv.

¹⁸ Voir Kurt Mauel, « Arbeit und Leistung. Ihre Bestimmung und Messung in der Technik seit dem 18. Jahrhundert », dans Ulrich Troitzsch (sous la dir.), *Technik-Geschichte*, Francfort sur le Main, Suhrkamp, 1980, p. 269-301, surtout p. 270. H. W.

¹⁹ BREGER H., *op. cit.*, p. 150.

avait déjà des anticipations et des précurseurs de la notion de travail et de puissance chez Léonard de Vinci, Kepler et Descartes, mais que la normalisation décisive et obligatoire n'a eu lieu qu'avec l'introduction de la machine à vapeur. L'unité « puissance du cheval » est introduite au moment de l'histoire de la technique où le remplacement de la force animale par la force mécanique de la machine à vapeur est devenu possible : en 1769.

De même que l'unité « cheval-vapeur » témoigne clairement de l'origine des termes « travail » et « puissance » dans le contexte industriel de l'utilisation de machines à la place d'hommes ou d'animaux, l'unité kW, qui s'est imposée de nos jours, reflète les processus d'abstraction et de généralisation que les termes « énergie » et « puissance » ont subi entre-temps. Conçu à l'origine comme une unité de puissance de travail du seul courant électrique, le « kilowatt » est devenu le symbole de l'énergie par excellence grâce à l'utilisation et à la disponibilité universelles de cette forme d'énergie. L'unité « kilowatt » symbolise en particulier la disponibilité universelle, mais aussi l'invisibilité des machines qui sont censées prendre le travail de l'homme et le mettre à son tour au « chômage ». Ce n'est pas tant l'interchangeabilité des formes physiques d'énergie entre elles que la possibilité de remplacer le travail humain par le travail mécanique qui a conduit aujourd'hui à une dévalorisation croissante du premier.

Mais cela signifie que, contrairement à l'opinion exprimée au début, le travail de l'homme et le « travail » physique de la machine ont quelque chose à voir l'un avec l'autre. Le travail physique de la machine entre dans la conscience théorique et est codifié en tant que valeur pertinente au moment où cette machine est technologiquement en mesure de remplacer la force de travail de l'homme. Certes, il faudra continuer à insister sur la différence entre la notion de travail économique et celle de travail physique, car le travail économique est une activité humaine orientée directement ou indirectement vers la satisfaction des besoins, tandis que le travail physique n'a justement pas cette finalité inscrite sur son front. Mais pourquoi ne l'a-t-elle pas écrite sur le front ? Non pas parce qu'en tant que « déploiement de force pour modifier l'état de mouvement d'un système » (voir plus haut), il serait en soi dépourvu de but, mais parce qu'en tant que travail de la nature compris de manière technomorphe et machinal, il est justement ouvert à toutes les finalités et à une

instrumentalisation tous azimuts. La nature n'est pas le pôle opposé à l'activité économique de l'homme, elle est devenue, après sa prise en charge globale par la science moderne, un terrain illimité de moyens qui ne sont certes pas soumis à une finalité spécifique, mais à la « finalité » en général – une disponibilité à n'importe quelle finalité, dans laquelle la nature apparaît comme une « machine qui travaille ».

La nature comme « machine qui travaille ».

Selon cette conception, la nature est un gigantesque réservoir de travail et de performance, une « machinerie » de grande envergure, qui se prête à être subordonnée au processus de production industrielle. Toutefois, celui qui parle ainsi a déjà fait une projection : la projection du concept économique de travail sur la nature.

On ne peut parler de la nature comme d'une « machine qui travaille » que si l'on a déjà interprété la nature de manière technomorphe et qu'on l'a comprise de manière technologique : on peut alors lui attribuer, selon le modèle de Helmholtz, une « force de travail » et une « performance de travail ». Mais comme je l'ai expliqué plus haut, cela ne se produit historiquement qu'au moment où la nature, préparée par des découvertes et des inventions correspondantes, est devenue un réservoir technologique maîtrisable de tous côtés et reproductible expérimentalement dans les moindres détails.

La nature, une « machine qui travaille » — dans cette idée se loge à la fois une reconnaissance et une méconnaissance de la réalité : la machine qui travaille soulage effectivement l'ouvrier de son travail et allège sa peine, non sans le soumettre à son tour à son propre diktat (rythme, déroulement des mouvements, etc.). Mais la machine ne « travaille » pas d'elle-même, elle ne possède pas par elle-même, en tant que nature, un caractère de travail, mais uniquement parce que, en tant que nature conçue technologiquement, elle a été conditionnée et aménagée en conséquence par l'homme. Parler de la nature comme d'une « machine à travailler » devient une idéologie lorsque le caractère historique de ce projet humain, qui a interprété la nature comme un rapport d'action se référant à des fins possibles, est occulté et ignoré.

Or, c'est précisément ce qui se passe dans les phrases qui enrobent l'appropriation et la transformation de la nature

par l'homme, dans lesquelles il est question de l' « exploitation gratuite des forces de la nature » (par exemple de l'atome), de l' « alliance de l'homme avec la nature » et de la « prospérité croissante de l'homme » suite à la « découverte des secrets de la nature ». Ce discours est mensonger dans la mesure où il se veut plus naïf et inoffensif qu'il ne devrait l'être en réalité : il feint l'étonnement et l'admiration pour tous les « secrets bénéfiques » de la nature qu'il s'agirait de découvrir et d'utiliser pour améliorer le sort des hommes, sans rendre compte du fait que c'est l'homme lui-même qui aménage la nature, la conditionne de force et la déforme de telle sorte qu'elle accomplisse son « service » conformément aux objectifs du processus de travail industriel. Cette occultation de l'orientation de la nature en fonction de l'homme — une orientation qui transforme la nature en instance technologique, en force productive — est méthodique ; car dans la mesure où celle-ci est passée sous silence, où le caractère de travail de la transformation scientifique de la nature est nié, on peut d'autant plus se permettre de parler de la « collaboration » de la nature ou de la disposition de la nature à « travailler ».

Le « travail en général »

Que faut-il entendre par « travail » au sens économique du terme ? Dans ce contexte, qu'en est-il de l'« œuvre » de la science dont il vient d'être question et qui consiste à transformer la nature en force productive grâce à son propre effort de connaissance ?

« Le travail économique est toute activité raisonnable qui a pour but de fournir au travailleur, directement ou indirectement, des biens et des services en vue de la satisfaction de ses besoins. »

Cette définition tirée du *Handwörterbuch der Arbeitswissenschaft* [Dictionnaire des sciences du travail]²⁰ de Fritz Giese ne peut donc pas être satisfaisante, car elle passe à mon avis sous silence deux aspects essentiels du « travail » au sens économique : d'une part, le travail n'est pas un jeu, un plaisir, un « divertimento », mais une activité pénible, une corvée qui demande des efforts, un dépassement de soi et surtout du temps ; d'autre part, le travail n'est jamais une fin en soi, malgré toute la transfiguration de sa « rationalité », mais un moyen

²⁰ GIESE F. (sous la dir.), *op. cit.*, p. 180.

sobrement mis en œuvre pour atteindre une fin (l'autoconservation et la garantie de l'existence), dans lequel on ne s'engage par nécessité que parce que le but ne semble pas pouvoir être atteint par d'autres moyens.

Avec ces précisions, je souhaite délimiter le travail économique aussi bien par rapport au jeu que par rapport à l'illusion néohumaniste de la fin en soi ou de la réalisation de soi : le travail au sens économique est toujours un moyen pour atteindre une fin et, en ce sens, il est déjà structurellement exposé au risque de réification et d'instrumentalisation. Cela est particulièrement vrai dans le mode économique capitaliste devenu total, dans lequel ce n'est plus l'identification à un certain type de travail qui compte, mais uniquement la capacité à pouvoir fournir et vendre du « travail tout court ». Comme l'explique Marx, le concept de « travail en général » semble d'abord n'être qu'un concept de l'économie, un simple concept de la pensée qui sert à représenter de manière synthétique une grande variété de formes et de types de travail qui peuvent exister sur la terre. Mais ce sont des conditions bien réelles qui font de l'abstraction du travail une réalité : seule la société dans laquelle les différents types de travail sont tous comparables entre eux, mais aussi tous « indifférents » les uns aux autres, parce qu'ils ne se rapportent plus qu'à la création de richesses abstraites, d'argent ou de capital — seule cette société a totalisé la catégorie du « travail en général », du « travail sans phrase » et en a fait une réalité qui domine tout. Marx écrit :

« L'indifférence à l'égard du travail déterminé correspond à une forme de société dans laquelle les individus passent avec facilité d'un travail à l'autre et où le genre déterminé de travail est pour eux contingent, donc indifférent. Là, le travail est devenu, non seulement comme catégorie, mais dans la réalité même, un moyen de créer la richesse en général, et il cesse de ne faire qu'un en tant que détermination avec les individus au sein d'une particularité. »²¹

Mais ce n'est que dans cette société que la conception selon laquelle le travail a « toujours » existé ou qu'il a « toujours » fallu travailler, aussi bien dans l'économie que dans la nature, a été mise en valeur. Ce stéréotype est né sous l'influence d'un dogme du travail qui s'étend au monde entier et qui domine tout. Le travail humain est devenu total — et il a perdu toute détermination non

²¹ MARX K., *Manuscripts de 1857-1858* dits « *Grundrisse* », *op. cit.*, p. 61.

seulement pour le « travailleur » producteur de plus-value, mais aussi pour le scientifique, l'intellectuel « improductif » ; il ne faut plus rien faire d'autre que travailler, en renonçant à tous les désirs et exigences d'épanouissement personnel, simplement pour pouvoir subvenir aux besoins de la vie.

Ce qui, du point de vue de l'expérience subjective, se présente comme un vide, comme une validité de comparaison et un caractère arbitraire du travail, s'avère être, sur le plan théorique de l'économie, un moment structurel central de l'économie capitaliste en général : le fait que des marchandises, des produits et des services totalement incomparables puissent être échangés les uns contre les autres, que le monde soit devenu un marché global de relations d'échange, n'est possible que sur la base d'un « *tertium comparationis* » commun à tous les objets d'échange, d'une « substance de la valeur de la marchandise » qui leur est commune et qui, selon Marx²², ne peut être que le travail abstrait matérialisé dans la marchandise. Le travail abstrait est donc une simple dépense de la force de travail humaine, une dépense au sens purement physiologique, sans tenir compte de la forme de cette dépense. Cette abstraction est intégrée dans toutes les marchandises, elle constitue la matière première substantielle de leur valeur, dont la quantité se mesure au temps de travail moyen socialement nécessaire pour produire la marchandise en question.

Ce qui frappe dans la formation de ce concept de « travail abstrait », c'est le parallélisme avec le concept de travail et d'énergie en physique. De même qu'en physique, toutes les formes de capacité de travail ou d'énergie se sont avérées interchangeables et ont pu être ramenées à l'unique dénominateur commun d'une « énergie tout court », de même en économie, les différents types de travail peuvent être comparés et échangés sur la base de la substance commune du « travail abstrait ». Et plus encore : dans les conditions actuelles, les grandeurs de l'énergie ou du travail en soi, qui n'étaient au départ que théoriques, semblent être parvenues à une domination réelle. L'universalité du travail économique, que nous rencontrons dans la puissance mondiale du capital, aurait trouvé son expression directe dans l'universalité qui convient au travail physique sous la forme de l'énergie. Ce n'est donc certainement pas aller trop loin que de dire que

²² MARX K., *Le Capital, Livre 1, op. cit.*, p. 44.

le théorème de l'énergie en physique est l'analogie directe de l'équation d'échange des marchandises en économie. De même que le théorème de l'énergie affirme la conservation de l'énergie en dépit de toutes les possibilités de transformation et de métamorphose des formes d'énergie respectives, de même l'équation d'échange établit l'identité des valeurs des marchandises en dépit de l'expression particulière de chaque travail dépensé pour créer ces valeurs.

Le mythe de la « collaboration » de la nature

En dépit de cette analogie structurelle et de l'étroite relation génétique mise en évidence plus haut entre l'apparition du concept physique de travail et les exigences de l'économie capitaliste primitive, c'est précisément le contraire qui s'applique socialement, dans la mesure où l'on s'en tient à la prétendue extériorité des concepts physique et économique de travail. À l'appui de cette thèse, on fait remarquer que la pertinence de la notion économique de travail est en train de s'estomper depuis que le travail à fournir par l'homme est devenu en grande partie remplaçable par un travail technologique fourni par des automates et des robots.

Au cœur de cet argument se trouve une opposition entre le travail « économique » et le travail « technologique » — comme si ce dernier était tombé dans l'escarcelle de l'homme grâce aux progrès de la connaissance et comme si les conséquences de la technologisation du processus de production n'étaient pas payées au prix d'un effort énorme de la part des producteurs. Au lieu de cela, on parle avec un air sérieux des problèmes d'une société libérée du travail, d'une « société de loisirs » qui aurait du mal à compenser la perte de la formation de la personnalité qui était encore irrémédiablement liée au travail industriel classique, et à la compenser par un programme culturel de compensation.

Cette argumentation est à la fois vraie et fautive dans un sens spécifique. Elle est vraie dans le sens où la part de la force de travail humaine directement dépensée dans la production est de plus en plus faible. Cela donne l'illusion que la nature travaille pour l'homme par pure gentillesse et qu'elle le soulage et le libère. Elle est fautive en ce sens qu'elle passe sous silence l'immense part de travail scientifique préalable qui permet à la nature d'accomplir ce « travail ». Si l'on examine de plus près l'évolution

esquissée des rapports de travail actuels, on constate qu'il ne peut guère être question d'une disparition du « travail humain » en général, mais que seules sa forme et sa structure ont changé de manière décisive. Si le travail industriel ou « prolétarien » dans l'usine se caractérise de plus en plus par l'automatisation et la libération de l'ouvrier classique, cela n'est possible qu'en raison d'une part de plus en plus importante de travail « intelligent » fourni auparavant par les techniciens, les scientifiques et les ingénieurs, qui ont éclairé, fonctionnalisé et transformé la nature, d'abord vierge, en fonction de leurs connaissances. Si l'on ne tient pas compte de cette adaptation, de cette transformation de la nature, si l'on ignore que la nature a d'abord dû être transformée en « machine au travail » entre les mains de l'homme au cours d'un laborieux processus de dressage scientifique expérimental qui a duré des siècles, alors il peut certes sembler que la nature elle-même travaille, qu'elle travaille depuis toujours et qu'elle a toujours travaillé.

Si le « prolétaire classique » quitte aujourd'hui la scène, comme le diagnostiquent les sociologues, ce n'est pas le travail lui-même qui a pris congé. Ce n'est pas le « travail en général » qui a diminué ou disparu, c'est seulement sa structure qui s'est déplacée. Son centre de gravité est passé de la production directe, basée sur l'effort mécanique, à la création du travail qui s'exprime plutôt indirectement, qui modifie et améliore les conditions de production elles-mêmes²³. Au lieu de la corvée mécanique directe et du travail pénible des os (il y en a toujours plus qu'assez dans le monde), la contribution scientifique et technologique de la « création du travail », c'est-à-dire la mise à disposition d'outils et de techniques de travail appropriés, est passée au premier plan. Cela vaut aussi bien pour l'aspect scientifique de la machinisation et de l'automatisation de la production que pour l'aspect socio-scientifique et économique de l'augmentation de l'efficacité du fonctionnement de l'entreprise. Ces deux aspects de l'« augmentation de la composition organique du capital » (Marx) ne relèvent pas moins de la catégorie du travail que l'ancienne « production » du côté du prolétaire, évoquée avec emphase. Le poids spécifique du travail humain s'est seulement déplacé de la production vers sa planification méthodique préalable la plus intelligente possible. La

²³ En opposant ainsi « production » et « création », je m'inspire d'une distinction développée par MOSCOVICI S., *Essai sur l'histoire humaine de la nature*, Paris, Flammarion, 1968.

« lutte archaïque de l'homme contre la nature », qui caractérisait les formes antérieures de travail, a fait place à la mise au service scientifique ciblée de la nature, de sorte qu'il semble que la nature scientificisée puisse apparemment soulager automatiquement l'homme de la pénibilité de cette « lutte ». Reconnaître l' « aide » ou la « collaboration » de la nature comme un mythe et la voir comme le résultat d'une projection ne sera possible que dans la mesure où la science sera prête à faire son autocritique et à voir dans la préparation correspondante de la nature son propre travail, sa propre contribution au travail social.
