



HAL
open science

Enseigner l'énergie et ses multiples facettes aux étudiants de licence se destinant aux métiers de l'enseignement

Christophe Finot

► To cite this version:

Christophe Finot. Enseigner l'énergie et ses multiples facettes aux étudiants de licence se destinant aux métiers de l'enseignement. Chaleur, énergie, thermodynamique: Le message de Carnot aujourd'hui... 200 ans après, Académie François Bourdon, Nov 2024, Le Creusot, France. hal-04799419

HAL Id: hal-04799419

<https://hal.science/hal-04799419v1>

Submitted on 22 Nov 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.

Enseigner l'énergie et ses multiples facettes aux étudiants de licence se destinant aux métiers de l'enseignement

Teaching energy and its many facets to undergraduate students and futur physics teachers

Christophe Finot

UFR Sciences et Techniques, Université de Bourgogne, Dijon, France, christophe.finot@u-bourgogne.fr

RÉSUMÉ L'énergie est un sujet à de très multiples facettes que les étudiants découvrent au lycée. Le premier cycle universitaire leur permet de consolider les bases conceptuelles, notamment à travers les modules de mécanique et de thermodynamique où ces notions sont généralement traitées de manière très académique et assez calculatoire. Nous introduisons en dernière année du cycle licence de Physique Chimie un module de 20h ayant entre autres l'objectif de replacer le thème de l'énergie dans un paysage sociétal plus large et notamment celui du développement durable. Une mise en perspective des aspects historiques, économiques, stratégiques est ainsi introduite pour mieux souligner la complexité de ce sujet particulièrement d'actualité. L'apport des savants bourguignons trouve alors une place toute particulière. Nous discuterons les choix que nous avons effectués pour cet enseignement.

ABSTRACT. Energy is a very multifaceted subject that students discover in primary and high school. The first university cycle allows them to consolidate the conceptual bases, in particular through the mechanics and thermodynamics courses where these notions are generally treated in a very academic and quite calculative way. We recently introduced a 20-hour module in the last year of the Physics and Chemistry bachelor's degree with the aim of placing the theme of energy in a broader societal landscape and in particular that of sustainable development. A perspective of the historical, economic and strategic aspects is thus introduced to better highlight the complexity of this particularly topical subject. The contribution of the works of Carnot and Fourier thus found a very special place. We will discuss the choices we have made for this teaching.

MOTS-CLÉS. Énergie, développement durable, transition énergétique, chaleur, électricité, transport, stockage.

KEYWORDS. Energy, sustainable development, energy transition, heat, electricity, transport, storage.

1. Contexte

La question énergétique s'est imposée dans le quotidien, que ce soit à travers les enjeux écologiques, climatiques ou bien encore financiers, notamment depuis le déclenchement du conflit russo-ukrainien. Les médias ou les réseaux sociaux sont ainsi saturés d'informations relayant des solutions disruptives aptes à surmonter les défis énergétiques.

Cette problématique tient également une place de premier plan dans les programmes officiels de l'enseignement scientifique reçu par les lycéens, qu'ils aient choisi [1] [2] ou non [3] la spécialité physique-chimie. La volonté du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche de sensibiliser et former les étudiants aux enjeux de la transition écologique pour un développement soutenable s'affirme dans les préconisations destinées au premier cycle post-bac [4]. Dans un tel paysage et

compte-tenu également des réformes se profilant concernant les modalités de recrutement des enseignants du secondaire [5], il nous a paru essentiel de renforcer l'enseignement des questions énergétiques en lui dédiant un module disciplinaire de physique à part entière. Nous en décrivons ici les objectifs et l'approche que nous avons souhaité mettre en œuvre à partir de janvier 2025.

2. Objectifs de cet enseignement

L'enseignement que nous mettons en place s'adresse à des étudiants en passe d'achever leur cursus de licence. En plus de la première approche du sujet qu'ils ont pu recevoir au lycée, ils ont suivi les modules académiques traditionnels que sont la thermodynamique, la mécanique du point et du solide, l'optique, les ondes et l'électro-magnétisme. Ils ont donc acquis à travers ces modules les compétences d'analyse de problèmes traditionnels et les méthodes calculatoires habituelles. Néanmoins, nous avons pu constater un manque de recul vis-à-vis de la problématique énergétique et une connaissance lacunaire des ordres de grandeur essentiels. De plus, ils n'étaient pas en mesure de replacer ce problème dans un paysage plus large, qu'il soit historique, économique ou sociétal. Ils avaient également du mal à porter un regard critique sur les nouvelles relayées dans les médias, notamment pour juger de l'impact potentiel de certaines solutions ou bien pour se prononcer objectivement sur certaines contre-vérités ou certaines approches de « greenwashing ».

L'objectif du cours est de donner à l'étudiant, et au futur enseignant, toutes les clefs pour pouvoir interpréter avec suffisamment de recul les différentes informations en lien avec l'énergie. Volontairement, nous souhaitons adopter la démarche la plus objective possible, sans donner notre avis, tout en mettant en avant les expériences menées sur le territoire. Une importance toute particulière sera donnée à la compréhension des différentes unités de mesure et aux ordres de grandeur physiques. Nous replacerons aussi systématiquement les progrès dans leur contexte historique en mettant en avant les contributions des illustres savants bourguignons qui ont œuvré à une meilleure maîtrise des transformations de l'énergie. Les notions de filières industrielles, de mix énergétique et de sobriété seront abordées, de même que des exemples concrets de solutions à bas cout adaptées à des économies à l'infrastructure moins développée.

3. Contenu abordé

Pour atteindre ces objectifs, nous avons à notre disposition un volume de 20h, réparti en seize heures de cours et deux séminaires de deux heures. Pour aborder ce programme, étant donné le faible effectif impliqué, nous procéderons sous la forme de cours intégrés, i.e. sans distinction entre les cours magistraux et travaux dirigés, ce qui permet un meilleur échange. Les techniques calculatoires étant à ce niveau déjà acquises, c'est avant tout les ordres de grandeur, les concepts et les nuances qui nous intéresseront. L'évaluation sur l'acquisition des connaissances se fera sous la forme de QCMs réguliers (à la fin de chaque chapitre sur les notions clefs) et d'exercices plus étoffés, mais sans difficultés calculatoires majeures et basés sur des exemples locaux. Un mini-projet bibliographique sera attendu.

Les thèmes retenus ont conduit à six chapitres que nous détaillons ci-après en donnant pour chacun des grands axes les illustrations notamment historiques que nous souhaitons faire ressortir.

3.1. Chapitre 1 : Notions de base et unités

Cette première séquence nous permettra de revenir sur les notions essentielles pour la suite de cet enseignement que sont les forces, l'énergie et la puissance, ainsi que le travail et la chaleur. Les concepts simples comme la conservation de l'énergie mécanique en mécanique du point ou encore la loi de Bernoulli en mécanique des fluides seront rappelées. Nous insisterons sur les unités, en revenant

sur certains exemples remis dans leur contexte historique tel que l'utilisation du cheval vapeur comme unité de puissance.

3.2. Chapitre 2 : les échanges de chaleur

Nous reviendrons sur les notions de chaleur et de température via le spectre des grandes expériences du XIX^e siècle. Les riches connaissances issues des savants faisant la fierté de la région, que ce soit Sadi Carnot [6] ou Joseph Fourier [7], seront ainsi mises en avant, réexplicitées et replacées dans leur contexte historique de la révolution industrielle. Les unités comme la tonne équivalent charbon (à ne pas confondre avec la tonne équivalent CO₂ liée à l'empreinte carbone) ou la calorie (et la conception du calorique qui pouvait y être liée) seront des unités discutées. Les analogies entre loi de Fourier et autres lois en électricité et hydrodynamique sera soulignée, ce qui nous permettra d'introduire et de manipuler la notion de résistance thermique et les cas pratiques d'isolation. Le calcul de l'évolution de la température de la terre avec la profondeur sera également l'un des exercices menés et permettra d'introduire la géothermie.

3.3. Chapitre 3 : le rayonnement

Cette partie nous permettra de discuter des éléments clef à une compréhension satisfaisante de l'effet de serre, à savoir les lois du rayonnement du corps noir, des effets d'absorption et d'albedo. Le photovoltaïque et le photo-thermique, éventuellement à concentration, seront discutés. Des exemples concrets pris dans l'agglomération dijonnaise viendront illustrer notre propos. Les expériences des miroirs ardents de Buffon [8] de même que la machine solaire qui fit la gloire d'Augustin Mouchot [9] seront également présentées. Enfin, le calcul complet du flux solaire reçu au niveau de la terre sera mené.

3.4. Chapitre 4 : l'électricité

L'énergie électrique, révolution du XX^e siècle, est partout dans notre quotidien et sa part a encore vocation à croître, notamment dans les déplacements. Nous insisterons sur le fait que l'électricité est une forme intermédiaire d'énergie et que l'un des enjeux majeurs demeure son stockage à petite ou grande échelle, au sein d'un réseau agile. Cela nous permettra de comparer les points forts et faiblesses des solutions pour stocker l'électricité, que ce soient des batteries, des barrages step, les piles à hydrogène. Les besoins croissants des technologies du numérique seront également abordés.

3.5. Chapitre 5 : les énergies renouvelables

Pas une journée sans un article sur les énergies renouvelables. Nous mettrons l'accent sur les différentes options disponibles, leur potentiel mais aussi leur coût et nous ferons la différence entre un vecteur dense ou dilué. Un point important sera la disponibilité de telles énergies et leur facteur de charge. Là encore, de nombreux exemples locaux illustreront ce chapitre et il sera demandé aux étudiants de réfléchir sur un panel d'installations occupant le territoire côte-d'orient : chaufferie biomasse dijonnaise alimentée par le bois du Morvan voisin, parc solaire installé sur une ancienne décharge ou bien parc éolien avoisinant. Nous reviendrons également sur l'exemple des premières forges industrielles qui émergent du territoire bourguignon, que ce soit à Fontenay ou bien à Buffon, et qui illustreront un exemple concret de l'utilisation de la force hydraulique.

3.6. Chapitre 6 : l'énergie nucléaire

Le dernier chapitre de ce cours sera consacré à l'énergie nucléaire, qu'elle soit issue d'un processus de fusion ou de fission. Nous reviendrons sur le développement de cette filière industrielle qui tient une

place particulière dans le paysage bourguignon. Les atouts et faiblesses de cette source d'énergie seront résumés et les défis d'ITER évoqués.

3.7. Décarbonation et effet de serre

Deux séminaires accompagneront ce module pour compléter la formation sur deux aspects saillants de l'actualité. Le premier concernant la décarbonation, tâche à laquelle s'attèle toute l'industrie européenne avec comme enjeu une baisse significative des émissions de CO₂. Les efforts sont conséquents et impliquent une révision des procédés mis en jeu et également la capacité à mesurer son impact. Le second séminaire concernera les détails de l'effet de serre découvert par Joseph Fourier, son origine et ses implications.

4. Conclusion

A travers ce nouveau module de 20h, nous ne couvrirons pas l'ensemble des aspects attendus dans le cadre du développement durable et de la transition écologique. La formation en chimie de nos étudiants viendra compléter ces aspects, de même que plusieurs autres actions réfléchies au niveau universitaire pour l'ensemble des étudiants (dont l'utilisation potentielle de ressources en ligne). Nous espérons qu'avoir pu revenir sur des notions clefs permettra au futur enseignant de gagner en confiance sur ces sujets et d'acquérir le recul nécessaire pour aborder objectivement ces notions. Nous espérons que le choix assumé d'inclure au sein de ce module un volet historique important notamment centré sur l'héritage bourguignon qui regorge d'illustres figures permettra de nourrir la culture scientifique de nos étudiants. Nous espérons aussi que nos étudiants puissent voir leur curiosité aiguisée et soient ainsi incités à poursuivre par eux même leur formation, des ressources sous forme très variées et accessibles étant légion, que ce soient des formations en ligne [10], des magazines [11], des ouvrages grand public [12], [13] ou des bandes dessinées [14].

Bibliographie

- [1] Bulletin officiel de l'éducation nationale, «Programme de physique-chimie de première générale,» 22 janvier 2019.
- [2] Bulletin officiel de l'Education Nationale, «Programme de physique-chimie de terminale générale,» 25 juillet 2019.
- [3] Bulletin officiel de l'éducation nationale, «Programme d'enseignement scientifique de terminale générale,» 22 juin 2023.
- [4] Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, «Former à la transition écologique pour un développement soutenable les étudiants de 1er cycle,» Cadrage et préconisations, juin 2023.
- [5] Ministère de l'Education Nationale, «Les écoles normales du XXIe siècle, Stratégie de formation et de recrutement des futurs professeurs,» projet de réforme concours 2025, juin 2024.
- [6] S. Carnot, Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance, Paris: Bachelier, 1824.
- [7] J. Fourier, Théorie analytique de la chaleur, Firmin Didot, père et fils, 1822.
- [8] d. Buffon, Nouvelle invention de miroirs ardents, 1747.
- [9] A. Mouchot, La chaleur solaire et ses applications industrielles, Gauthier-Villars, 1869.
- [10] «Université Virtuelle Environnement et Développement durable,» [En ligne]. Available: <https://www.uved.fr/les-mooc/les-mooc-uved>.
- [11] «Transition énergétique - Les défis de la défossilisation,» *Reflets de la Physique*, vol. 77, 2024.
- [12] C. Carles, *Rétrofutur, une contre-histoire des innovations énergétiques*, Buchet-Chastel, 2024.
- [13] E. Renaud et B. Antoine, *Le tour du monde des énergies*, Jean-Claude Lattès, 2008.
- [14] J.-M. Jancovici, *Le Monde sans fin-Miracle énergétique et dérives climatique*, Dargaud, 2021.