

Quelle place pour la Physique dans l'enseignement des transitions socio-écologiques ?

Guillaume Ferlat

Maître de conférences (CNU 28), Sorbonne Université
Institut de Minéralogie, Physique des Matériaux et Cosmochimie (IMPMC)

guillaume.ferlat@sorbonne-universite.fr



Colloque Labos 1point5 - ETES
2025, 7-9 juillet 2025, Lyon



La place de la Physique

Potentiellement ambivalente ...

- Au cœur de(s) révolution(s) industrielle(s) et donc de l'Anthropocène
- Souvent le véhicule d'imaginaires techno-solutionnistes

Mais

- Essentielle pour comprendre les flux d'énergie et matière
 - Essentielle pour poser des limites à ce qui est techniquement possible
- Peut aussi aider à déconstruire ces mêmes imaginaires

Les sciences naturelles définissent l'espace physique des possibles mais l'espace des solutions est plutôt du côté des SHS.

→ un parcours purement/essentiellement disciplinaire a-t-il encore un sens ?

De quelle physique avons-nous besoin dans l'anthropocène ? ...

Mes contributions (à SU)

UE disciplinaires (physique)

- 2022 : GT pour création d'une **UE en L2** de physique :
→ **Energie – Climat – Société** (3 ECTS), **obligatoire** pour tous les parcours de physique depuis 2023 (~290 étudiant.e.s). Resp. : G. Ferlat
- 2024 : GT pour création d'une **UE en L3** de physique (*en construction*).
→ *déploiement en janvier 2027.*

Au-delà de l'UE « énergie – climat » dans les parcours de physique ?

UE ou parcours trans- disciplinaires

- 2023 : participation à création d'une **UE en L1** commune à toutes les licences de la *Faculté de Sciences & Ingénierie* (~2100 étudiant.e.s)
→ **Introduction aux Enjeux Environnementaux** (3 ECTS), **obligatoire** à partir de 2026 (phase expérimentale en 2024 & 2025). Resp. : M. Ridel
- 2024 : participation à une **UE en L3** dans la *mineure Environnement*, accessible à l'ensemble des majeures de Sorbonne U. : philosophie, géographie, histoire, biologie, physique, science de la Terre, ...
→ **Energie et transition énergétique** (3 ECTS, ~40 étudiant.e.s).
Resp. : C. Simon / G. Ferlat

Quel est l'apport de la Physique dans les parcours trans-disciplinaires ?

Cours existants (Physique)

Niveau Licence

L3

**Océan, Atmosphère et
Energies Renouvelables**

6 ECTS, optionnelle
Resp. : F. Brient

Nouvelle UE

[en construction. 2027]

6 ECTS optionnelle
(ou 3 ECTS obligatoire ?)

L2

Energie - Climat - Société

3 ECTS, **obligatoire**
[depuis sept. 2023]
Resp. : G. Ferlat

Jouzel
« disciplinaire »

L1

**Introduction aux enjeux
environnementaux**

3 ECTS [depuis janv. 2024]
obligatoire à partir de janv. 2026
Resp. : M. Ridel

Jouzel
« socle commun »

Energie – Climat – Société (L2, 3 ECTS)

1 cours, 1 TD

Cours introductif : Etat des lieux (*anthropocène*, limites planétaires).

Energie et ses usages

3 cours, 3 TD

- **Energie, puissance, rendement** (chaînes de conversion, cas de la conversion d'énergie thermique, cogénération, pompe à chaleur)
- **Energies renouvelables : principes, potentialités et limites physiques** (éolien, solaire, hydraulique. Limite de Betz, limite de Shockley-Queisser)
- Energie et société (empreinte écologique, scénarios énergétiques, freins et leviers d'action)

*Notions : énergie ordonnée / désordonnée, énergie diffuse / concentrée, flux /stock
puissance surfacique, intermittence, énergie primaire / finale / utile ...*

Physique du climat et de l'effet de serre

3 cours, 3 TD

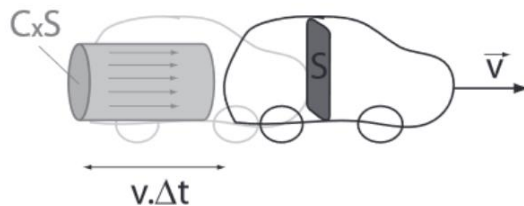
- **Effet de serre** (corps noir, absorption infrarouge, bilan radiatif) et **énergétique du changement climatique** (forçages et rétroactions)

TD : Transport automobile et consommation d'énergie.

Objectifs

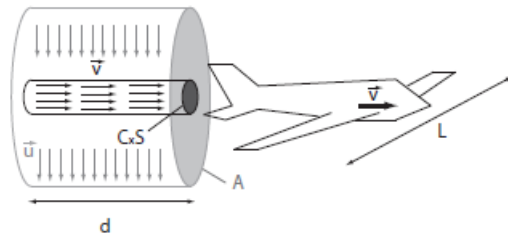
Le transport automobile est un exemple majeur de consommation d'énergie. Ce TD vise à

- identifier les transformations énergétiques impliquées dans le fonctionnement d'un véhicule,
- quantifier l'énergie mécanique à fournir par le moteur pour assurer un déplacement donné,
- chiffrer les économies d'énergie réalisables en jouant sur les paramètres pertinents (vitesse, masse etc),
- traduire ces données en termes d'émission de CO_2 .



$\sim 10\,000 \text{ km} \leftrightarrow 2 \text{ tonnes } \text{CO}_2$

Exam : Empreinte carbone du transport aérien.



Coût énergétique (Boeing 747) : 40 MW

→ 25 avions = 1 réacteur nucléaire ...

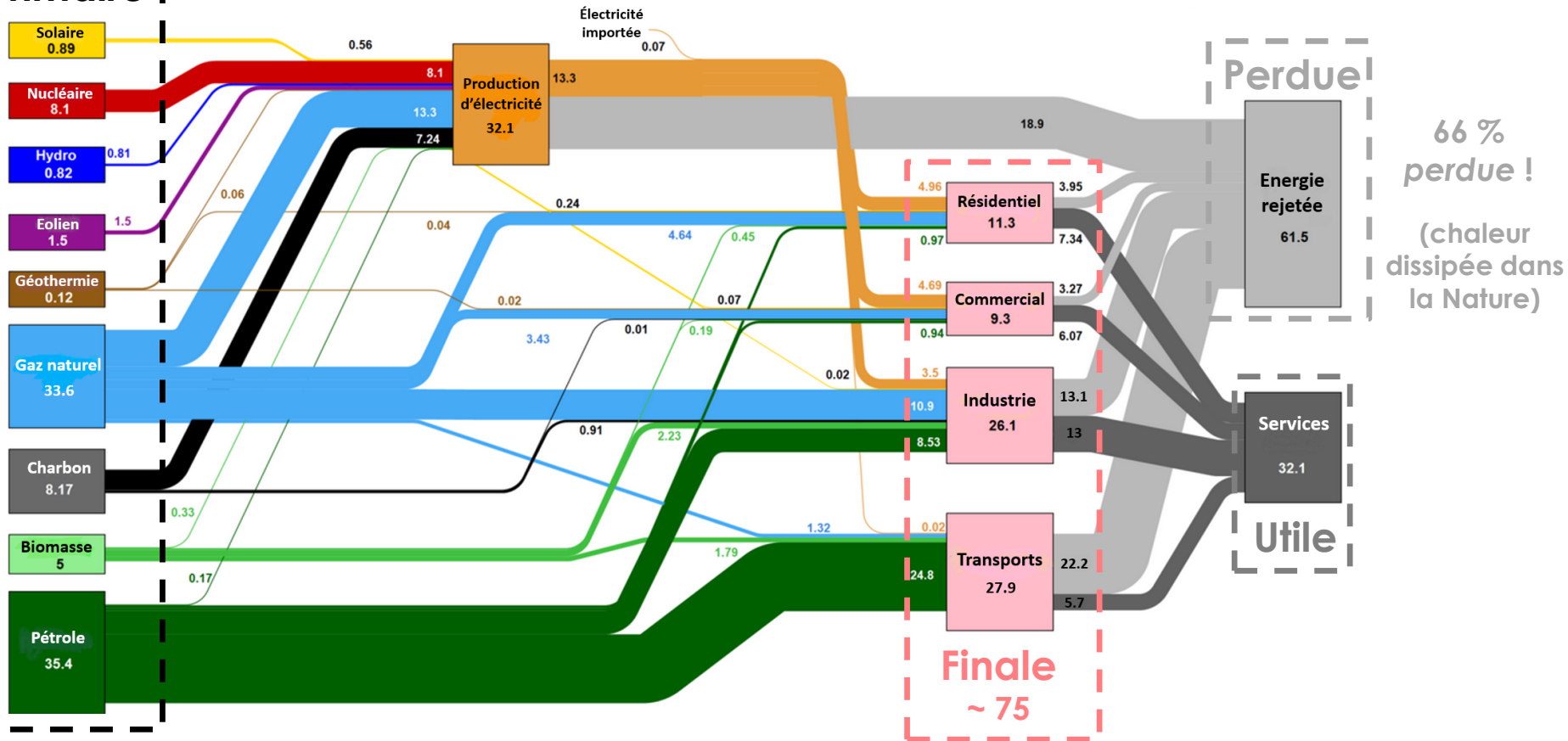
Coût carbone (1 transatlantique) : $\sim 1 \text{ tonne } \text{CO}_2$

+ discussion sur marges d'optimisation (quasi-nulles) et *effet rebond*

Représentation des flux d'énergie

Diagramme de Sankey (U. S. 2023)

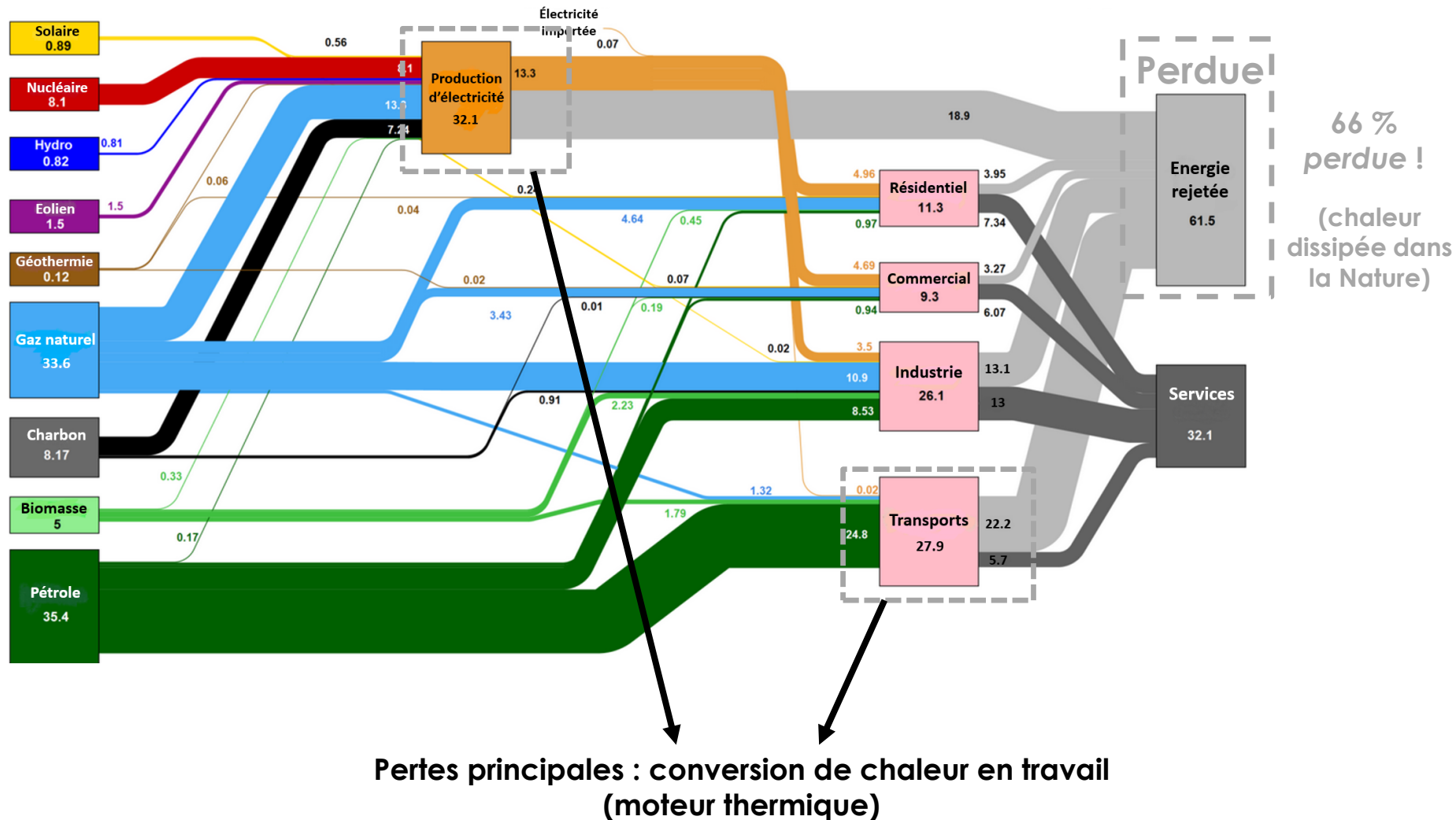
Primaire



Total ~ 94 quads
~ 100 exajoules

Représentation des flux d'énergie

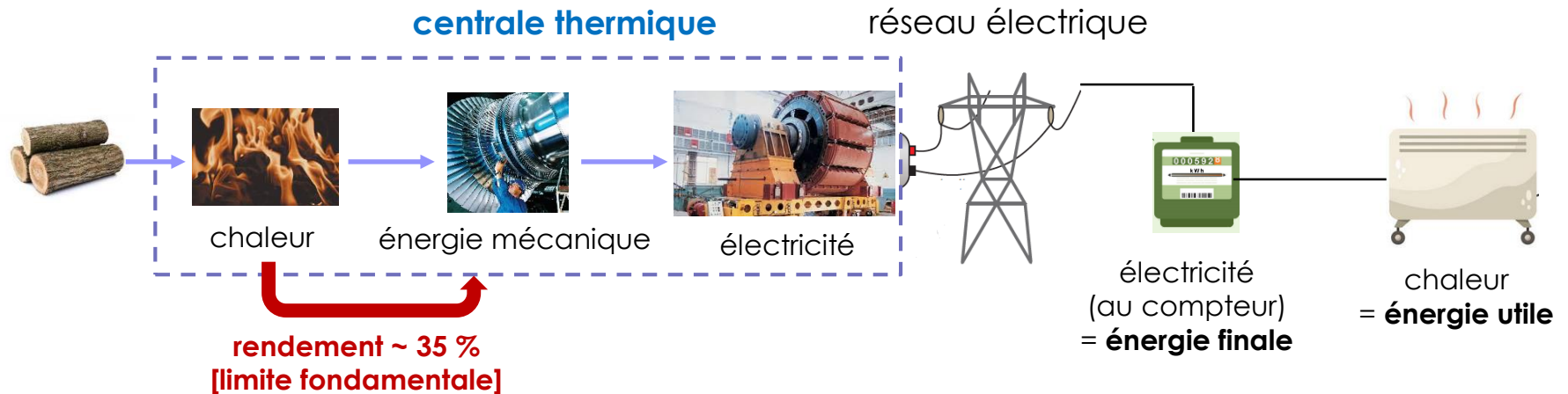
Diagramme de Sankey (U. S. 2023)



Efficiency in uses

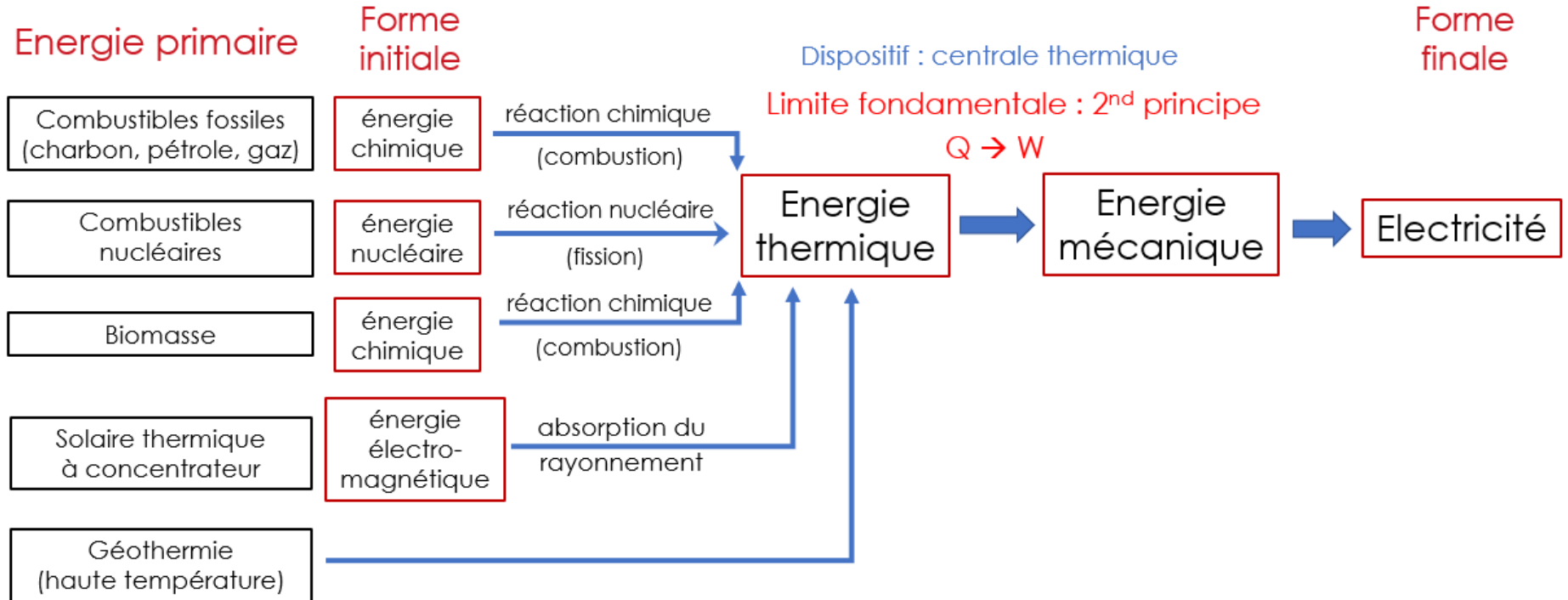
Interroger le paradigme de l'électrification
(nécessité d'une réflexion sur les usages)

Service = « se chauffer »



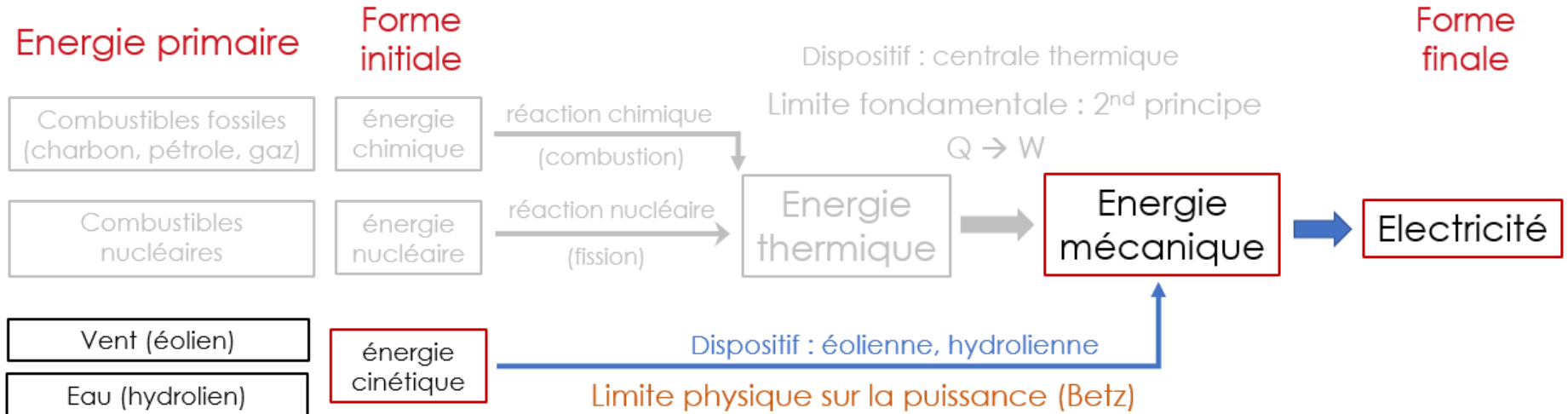
Efficiency [UE disciplinaire]

Service = « faire fonctionner un appareil électrique »



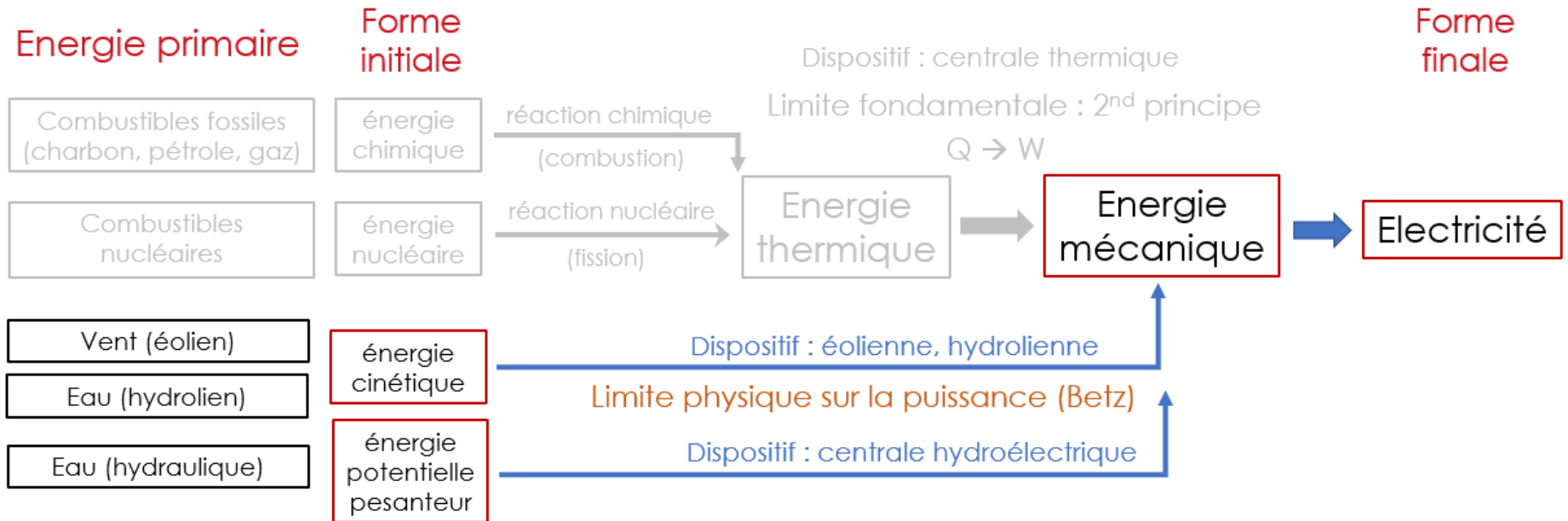
Efficiency [UE disciplinaire]

Service = « faire fonctionner un appareil électrique »



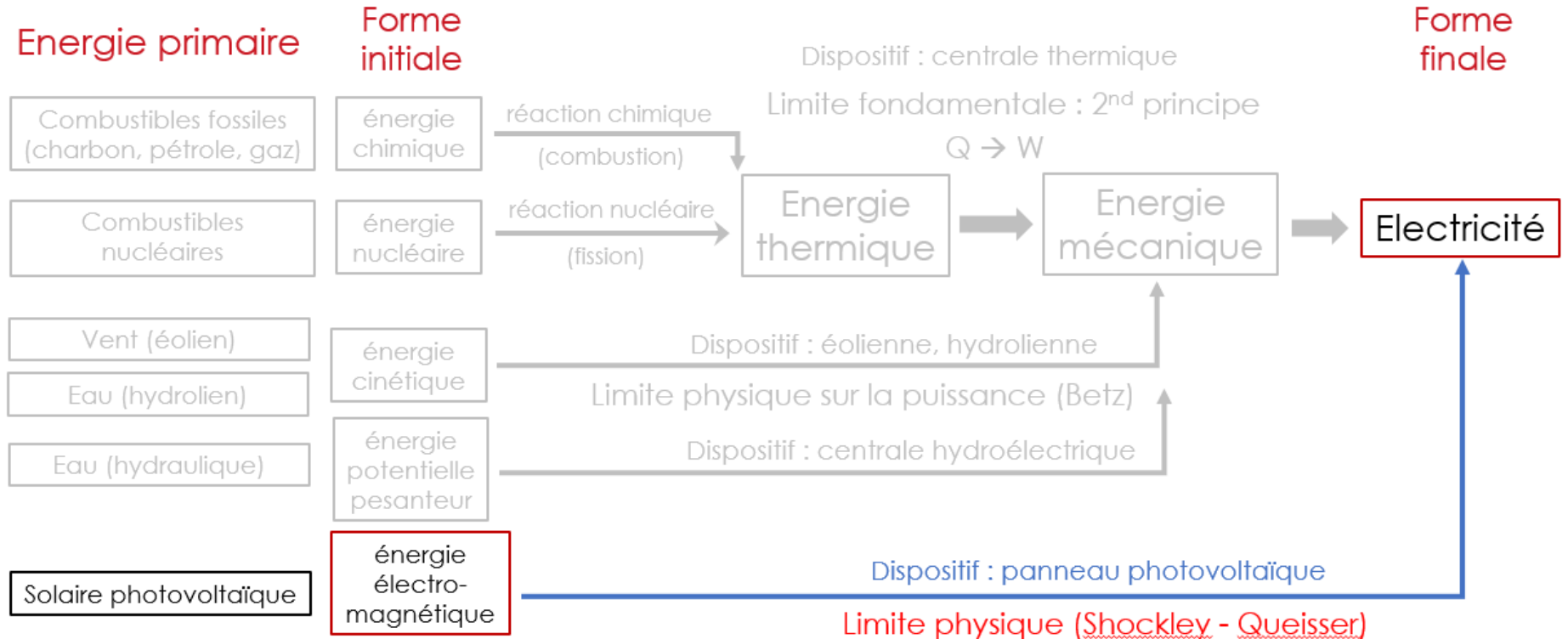
Efficiency [UE disciplinaire]

Service = « faire fonctionner un appareil électrique »



Efficiency [UE disciplinaire]

Service = « faire fonctionner un appareil électrique »



Limites « fondamentales » versus limites « techniques ».

Conclusions

Comment écologiser les parcours de Physique ? Quelle physique pour quelle TE ?

- Le tandem « UE trans- + UE dédié » [niveau Licence] est un très bon premier pas pour fournir une culture de base (idéalement 2 x 3 → 2 x 6 ECTS).
- Cependant, ce tandem atteint vite ses limites pour une transformation plus profonde. En physique, problème de dissonances avec d'autres matières (IA, astro, quantique, ...).
- [Sans changement profond de maquette] Insérer des orientations/applications TE partout où c'est possible dans le non-dédié (ex. : thermodynamique, mécanique, ...).
- Idéalement, repenser les maquettes.
Curseur à trouver : enseignements fondamentaux / spécialités / SHS
maquette *idéale* d'un parcours « physique pour la transition socio-écologique » ?

Biblio (énergie et physique du climat)

