

GREMAN

matériaux microélectronique
acoustique nanotechnologies

Innovations en électronique de puissance

Ismail Aouichak

*GREMAN UMR 7347 CNRS – Université de Tours – INSA CVL
CNRS*

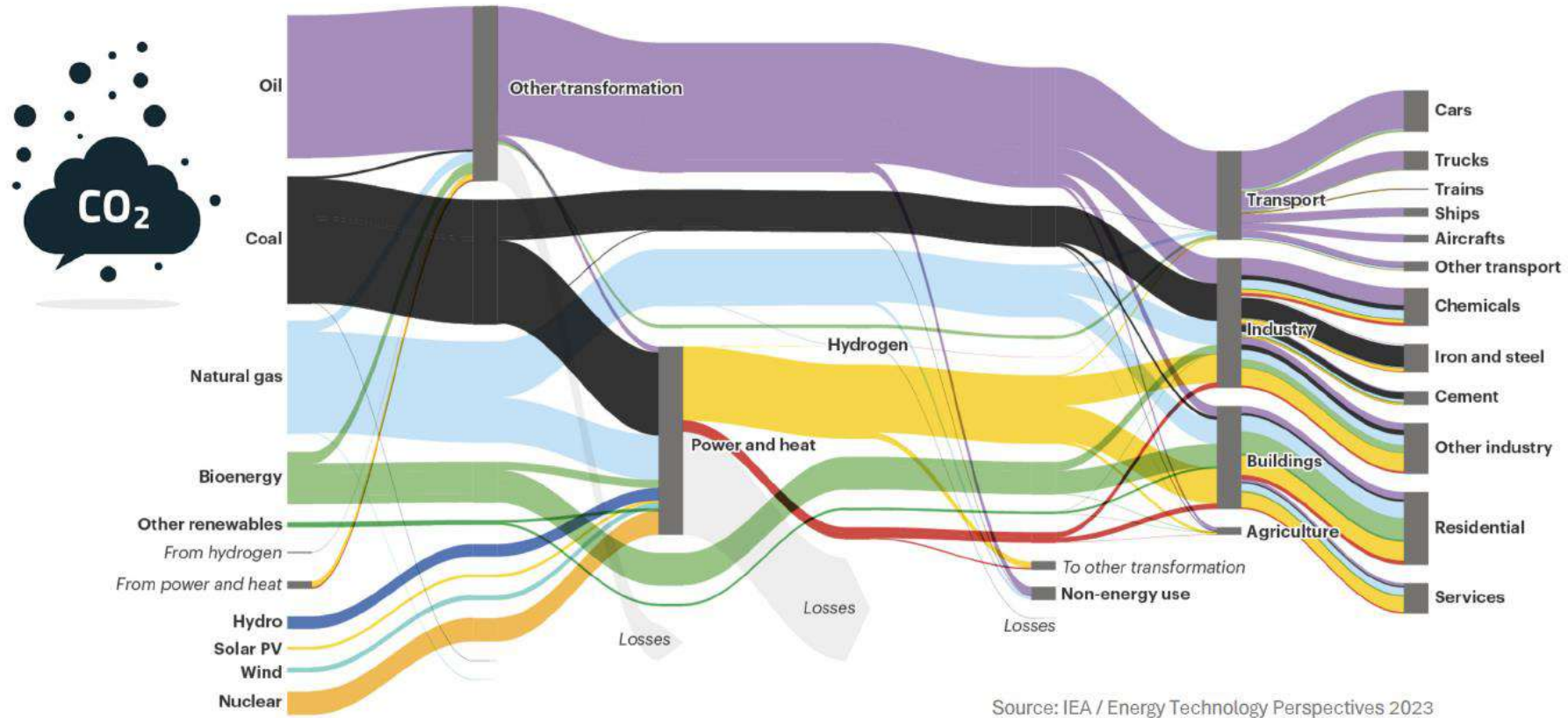


UMR 7347



- 1. Décarbonation**
- 2. Systèmes de gestion de l'énergie**
- 3. Conversion de l'énergie**
 - 1. Projet Flex'Sys**
 - 2. Projet ST-EVALBOARD**
- 4. Conclusion**

❖ Flux énergétiques mondiaux



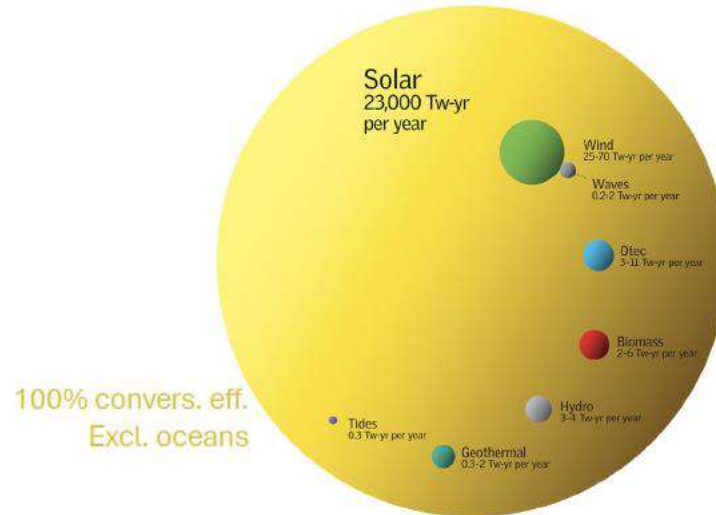
❖ Une part importante des combustibles fossiles

Décarbonation - L'opportunité

Répartition mondiale des ressources solaires et éoliennes

(2009) 16 TW-yr — 16 Tw-yr per year — 27 TW-yr (2050)

énergies renouvelables par an

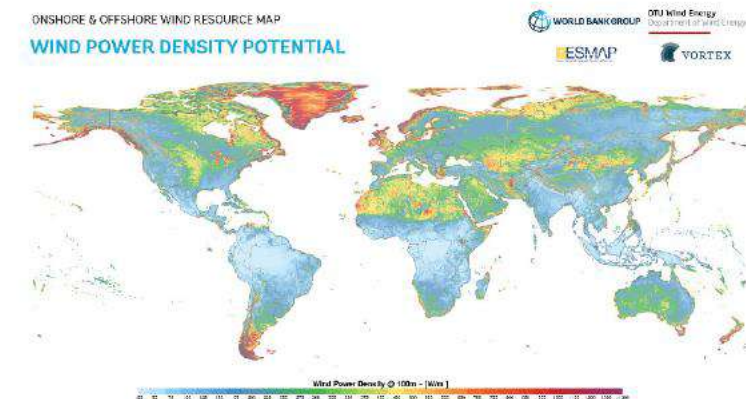
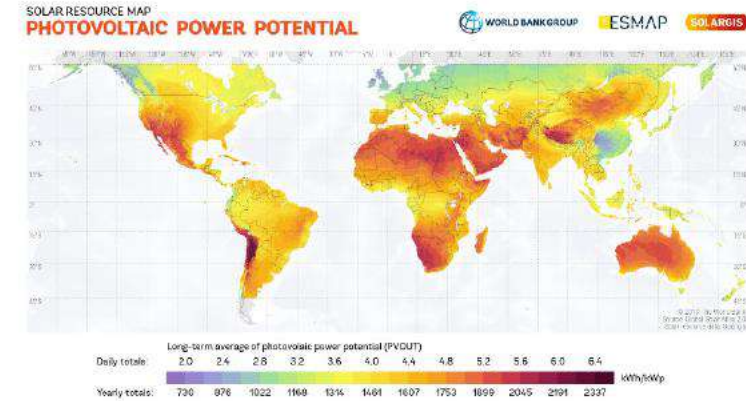


la représentation
graphique
suppose des
sphères et non
des cercles

Fossil energy resources - total reserve left on earth

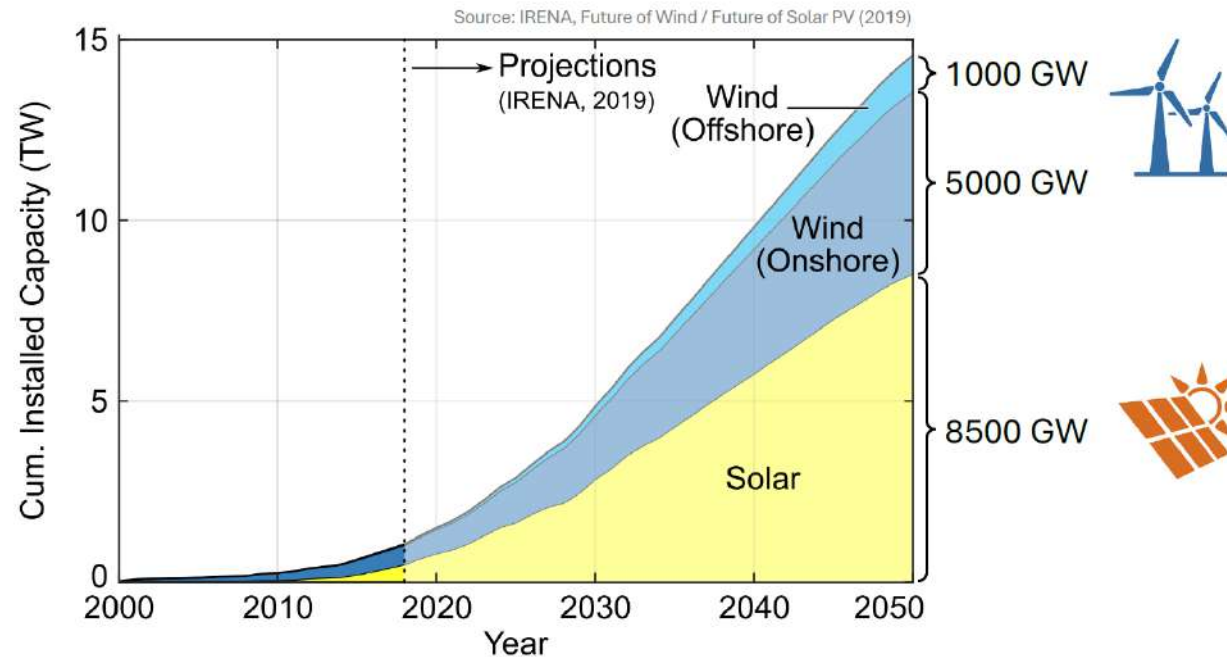


Source: R. Perez et al., IEA SHC Program Solar Update (2009)



❖ Perspectives des installations cumulées mondiales jusqu'en 2050

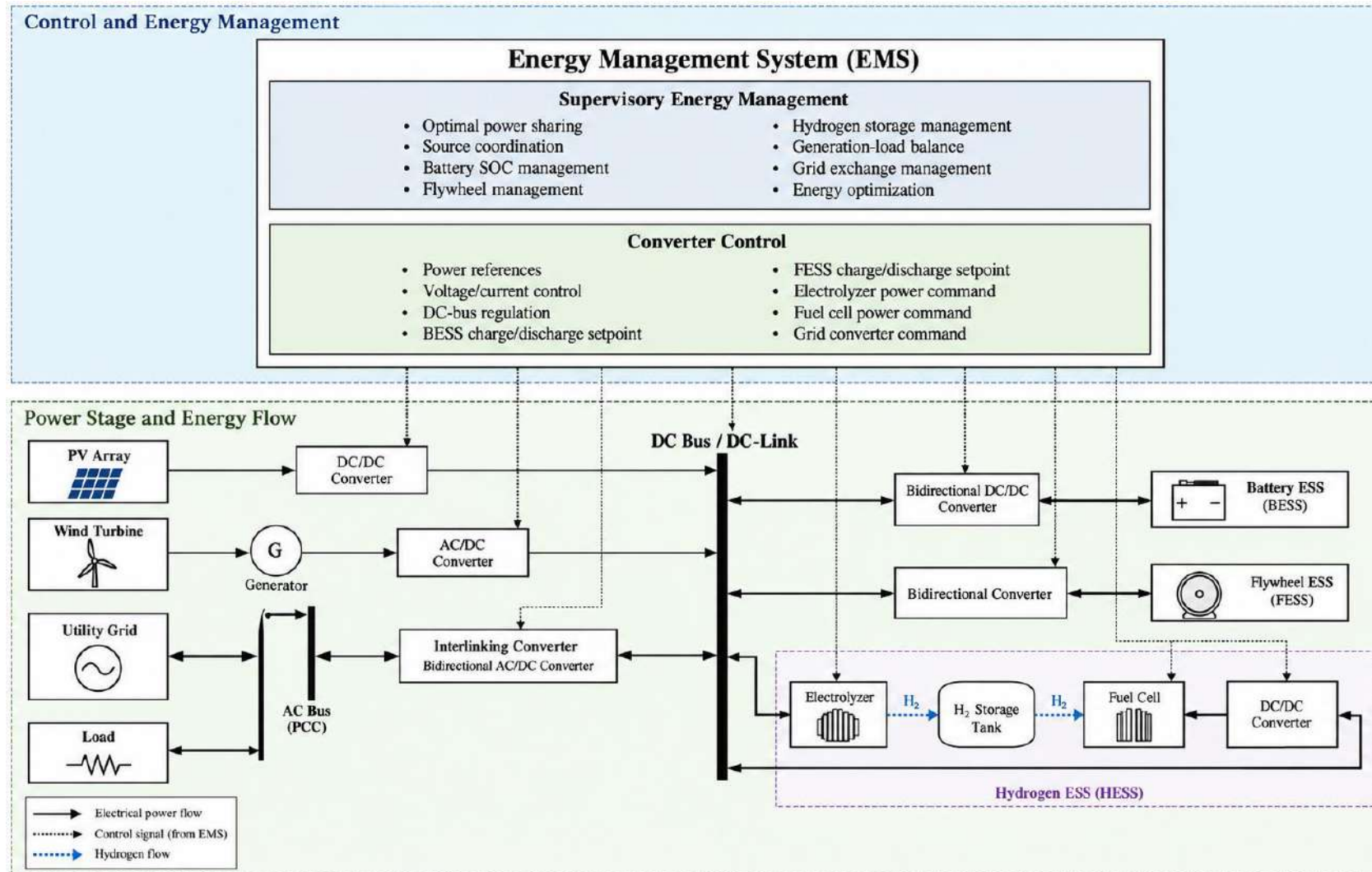
- En 2050, déploiement de 370 GW/an (PV) et 200 GW/an (éolien terrestre)



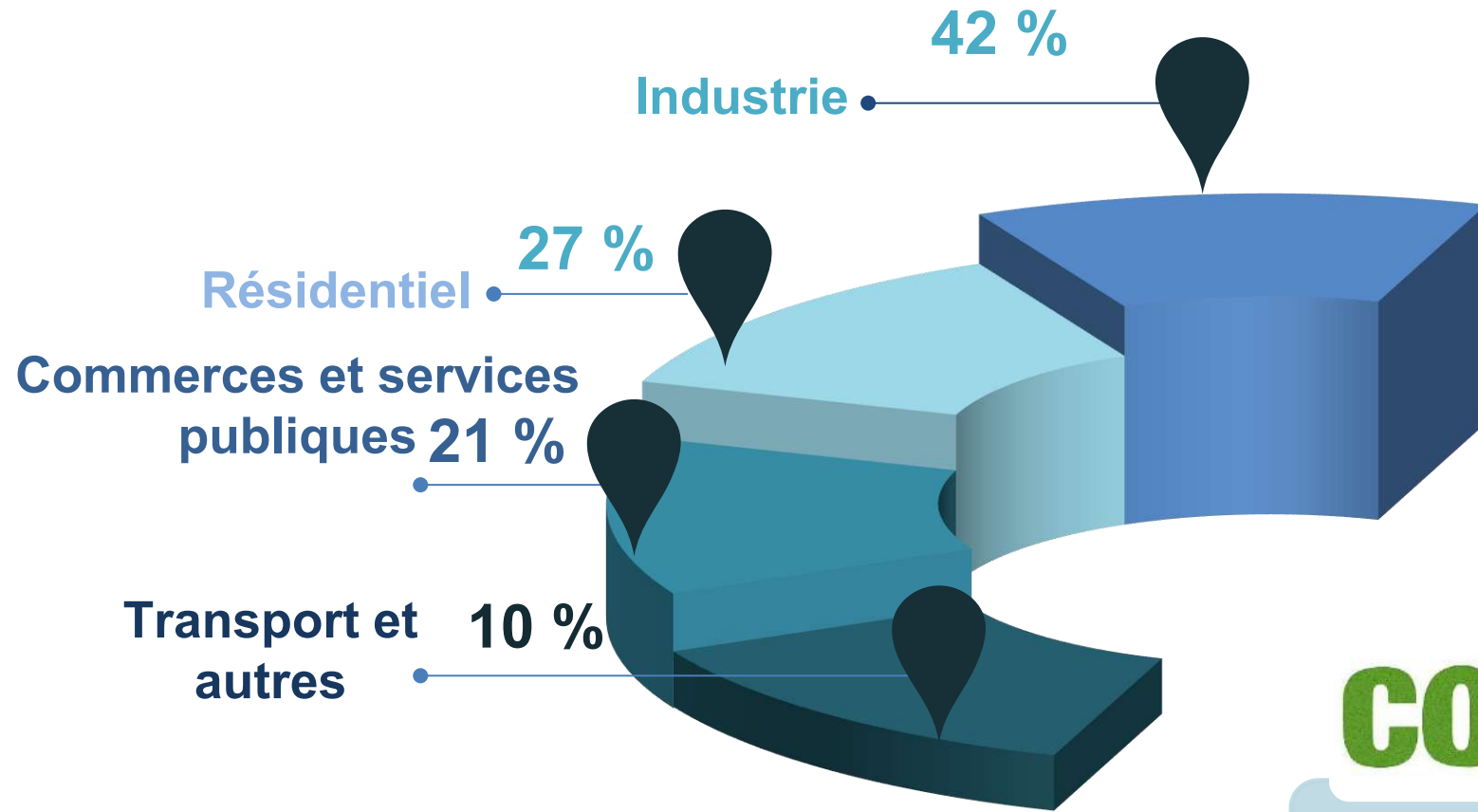
❖ Part dominante de l'énergie électrique

- L'électronique de puissance est la technologie clé de la transition

❖ Systèmes énergétiques multi-sources multi-stockage



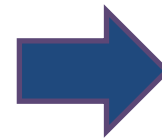
Décarbonation - Résidentielle



28,600 TWh: la consommation mondiale d'électricité.

IEA, Electricity Mid-Year Update 2026 (donnée 2025)

Une amélioration de 1 % de l'efficacité de la consommation résidentielle permettrait une économie totale d'énergie de 77 TWh.



CO²



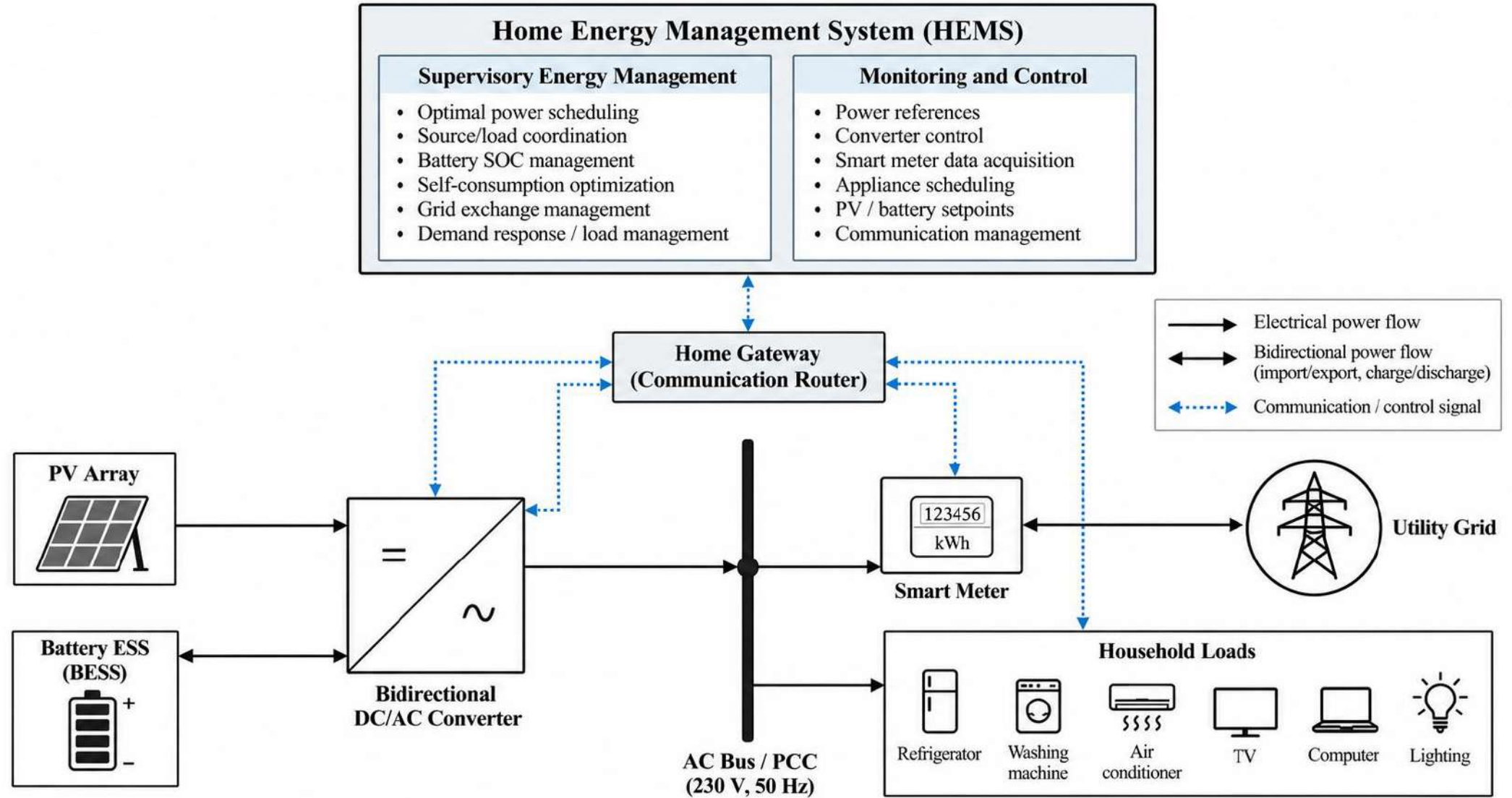
35 Millions de tonnes de CO₂ évitées.

31 Millions de tonnes de charbon économisées.

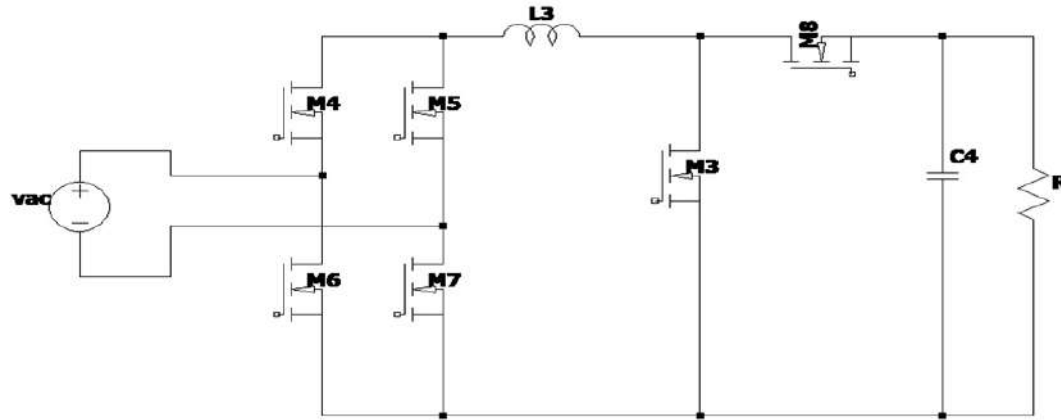
6,6 Millions de tonnes de pétrole économisées.

49 Millions de barils de pétrole économisés.

Système de gestion de l'énergie



❖ Architectures électriques



Exemple architecture PFC Boost

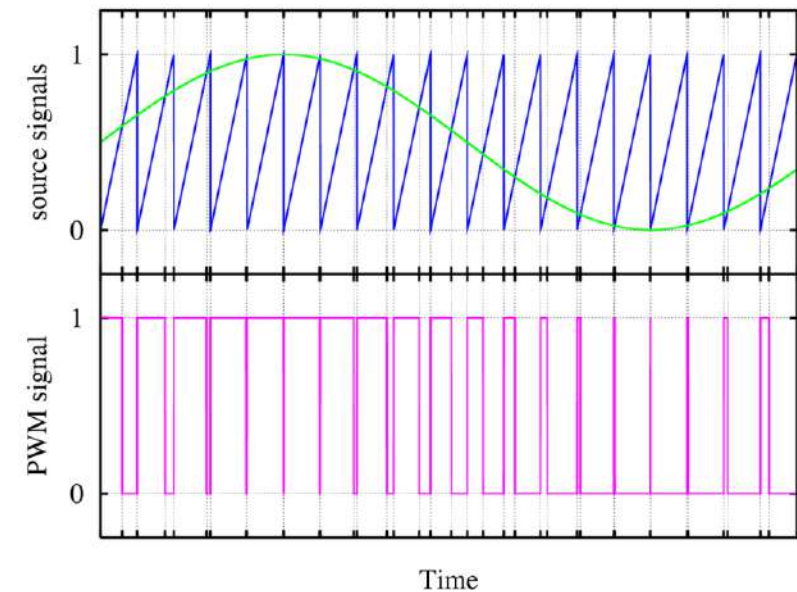
❖ Composants actifs



❖ Composants passifs



❖ Signaux de commande



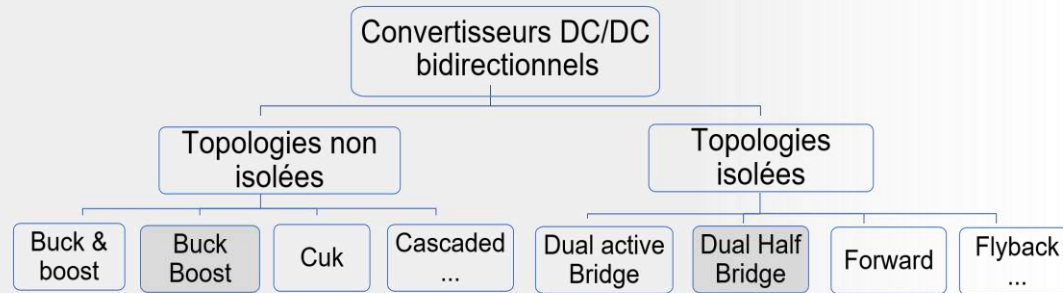
- ❖ Développement d'un convertisseur bidirectionnel de 1kW à haut rendement, interconnectant une batterie au réseau électrique.



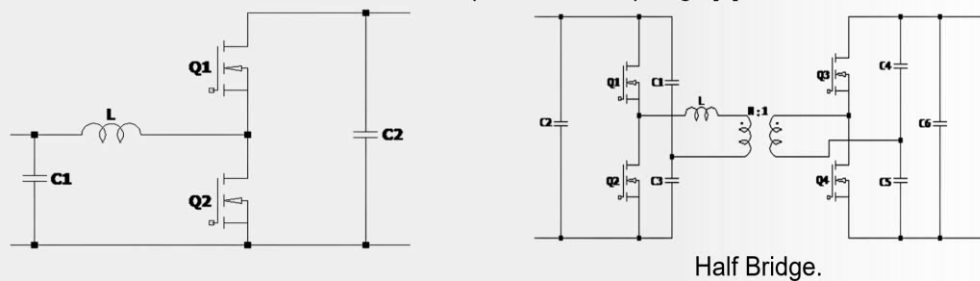
GREMAN



Convertisseur DC/DC

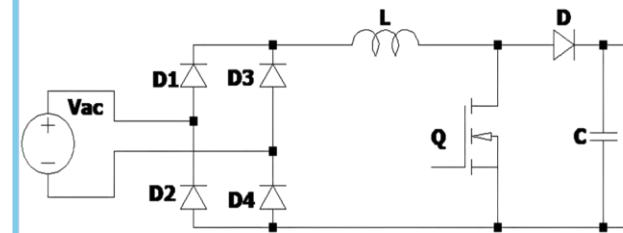


Convertisseurs bidirectionnels du point de vue topologie[4].



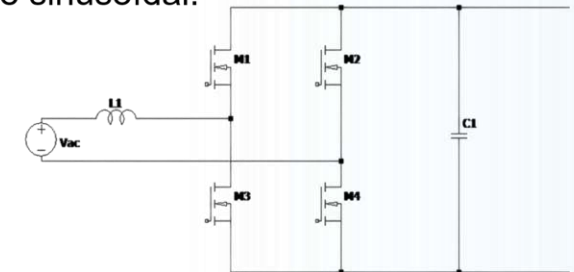
Convertisseur AC/DC avec PFC

- Les différentes architectures PFC sont conçues pour réguler la tension DC de sortie de manière à ce qu'elle soit supérieure à la tension d'entrée [2], et pour assurer un courant d'entrée sinusoïdal.



PFC Boost.

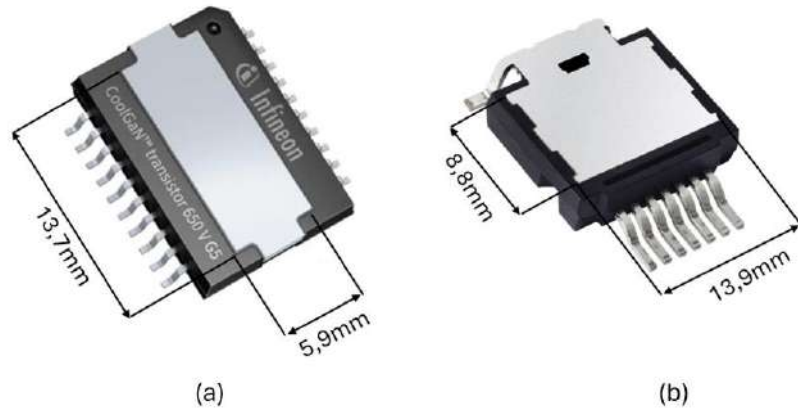
- Le PFC Boost est une structure unidirectionnelle.
- Pour la réversibilité, remplacement des



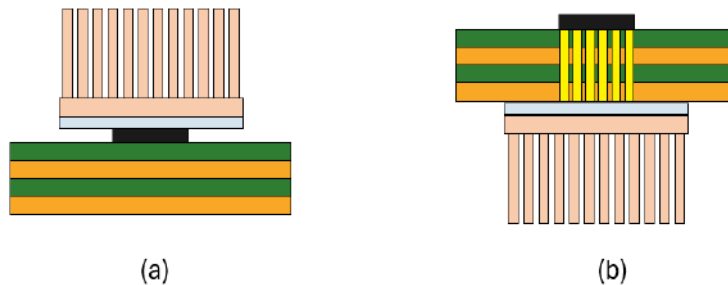
Totem Pole.

- Le PFC Totem Pole est une structure bidirectionnelle.
- Rendement plus important par rapport au PFC boost [3].

❖ Composants actifs



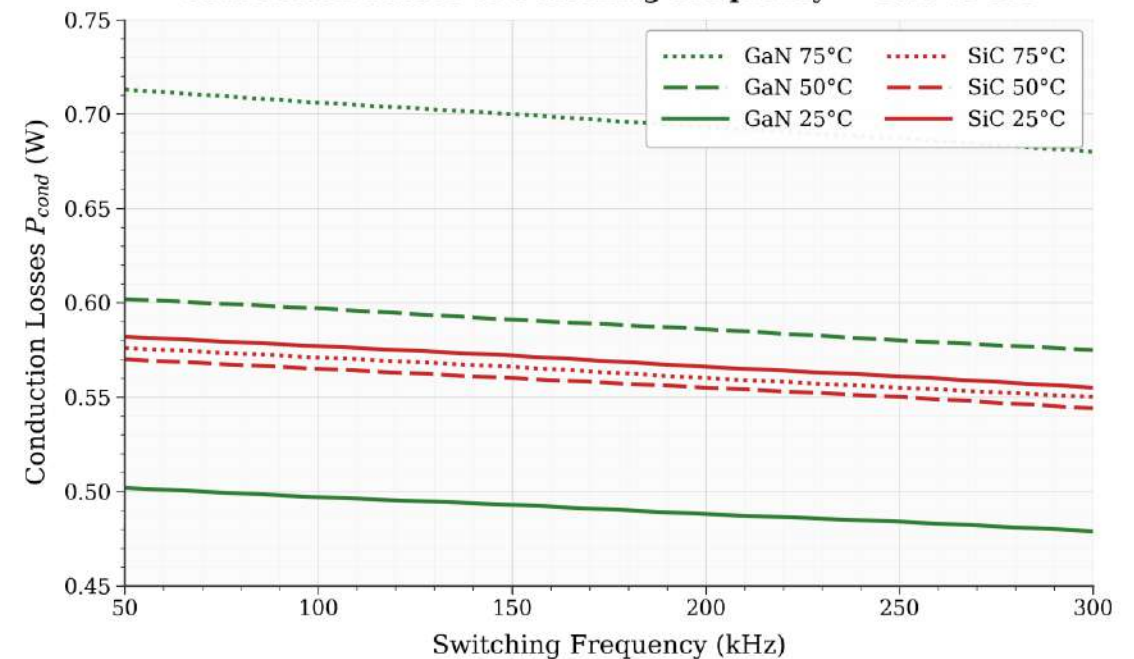
Dimensions du boîtier des transistors retenus : (a) GaN, (b) SiC.



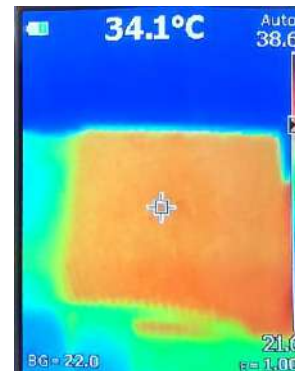
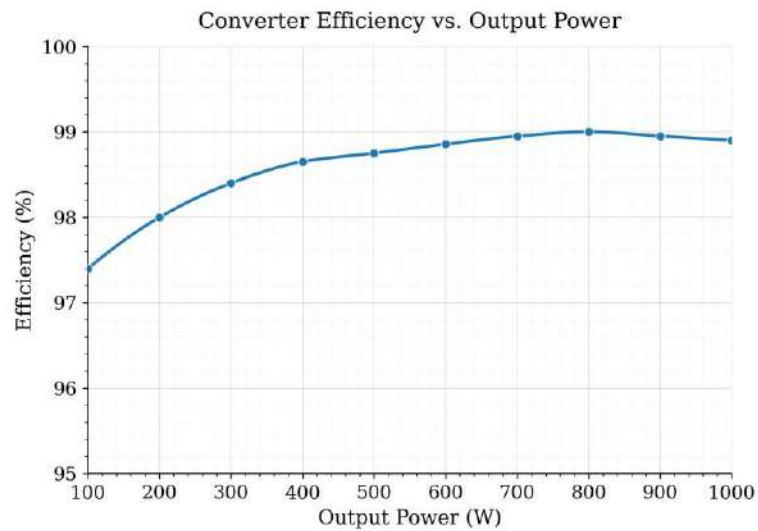
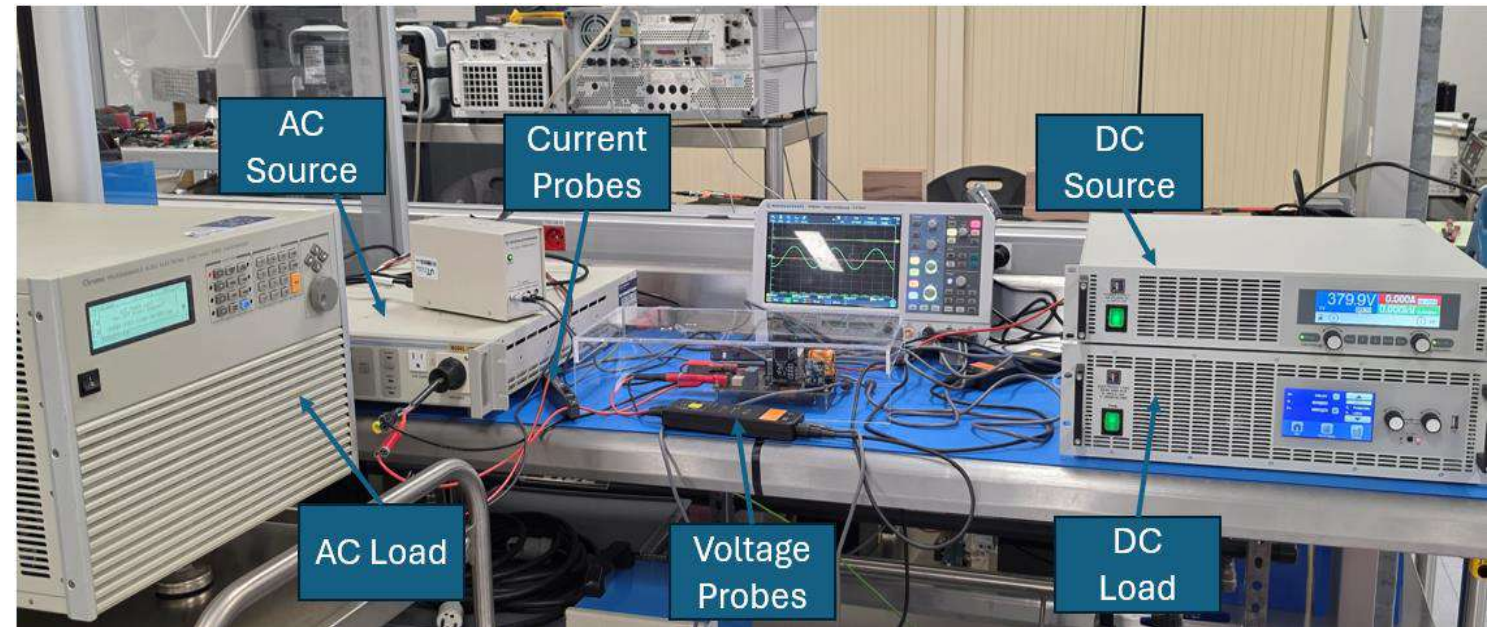
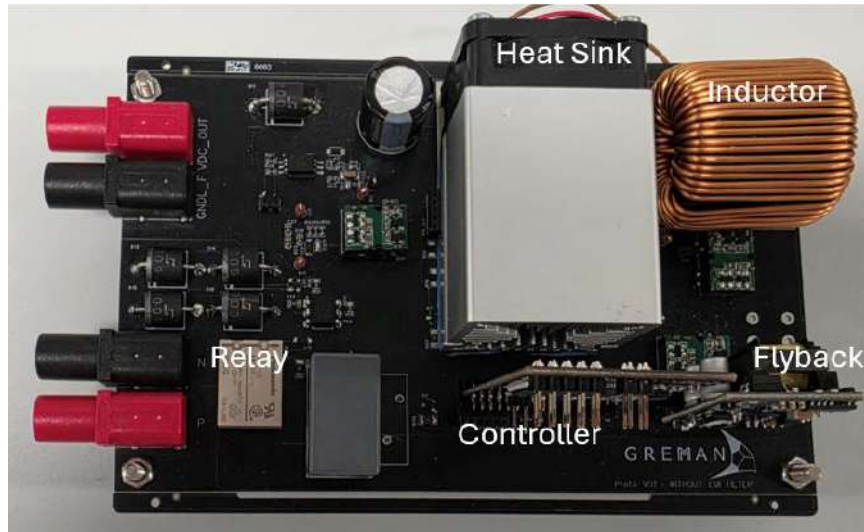
Comparaison des solutions de refroidissement : (a) refroidissement par contact thermique direct ; (b) refroidissement par vias thermiques à travers le PCB.

Technologie	GIT GaN : IGOT65R025D2	MOSFET SiC : SCT027HU65G3AG
Drain-source voltage V_{DS}	650 V	650 V
Typical /maximum $R_{DS(on)}$	25 m Ω / 30 m Ω	29 m Ω / 39 m Ω
Continuous drain current I_D	62 A	60 A
Total gate charge Q_g	11 nC	60 nC
Package	PG-DSO-20	HU3PAK
Junction-to-case thermal resistance $R_{\theta JC}$	0,68 °C/W	0,50 °C/W
Reverse conduction	0 nC	74 nC
Rise Time + $t_d(on)$	23 ns	21 ns
Fall Time + $t_d(off)$	27 ns	39 ns

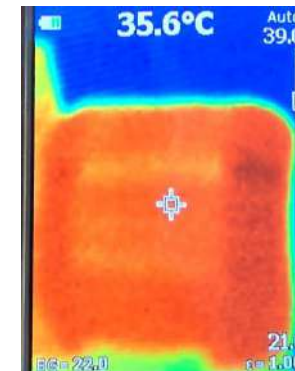
Conduction Losses vs Switching Frequency — GaN vs SiC



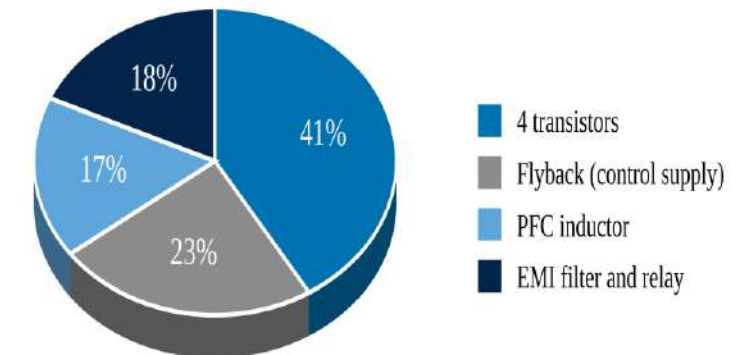
Conversion de l'énergie – FLEX'Sys

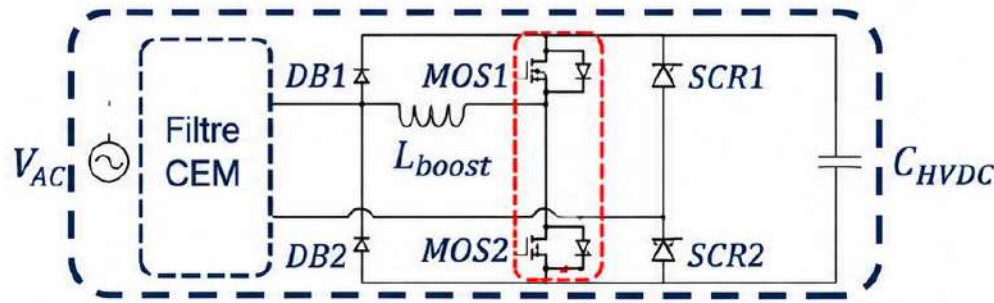


(a) Dissipateur

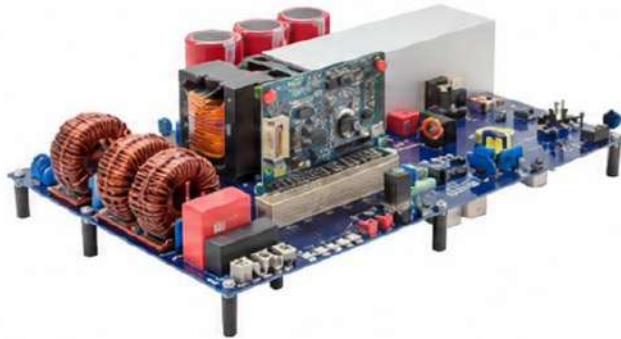


(b) Inductance PFC





STEVAL-DPSTPFC1 - 3,6 kW



Principaux avantages :

- Rendement de crête : 97,5 % avec 3,7 % de THD
- Convertisseur PFC compact
- Durée de vie élevée en commutation
- Conforme aux normes CEM à 4 kV

compromis

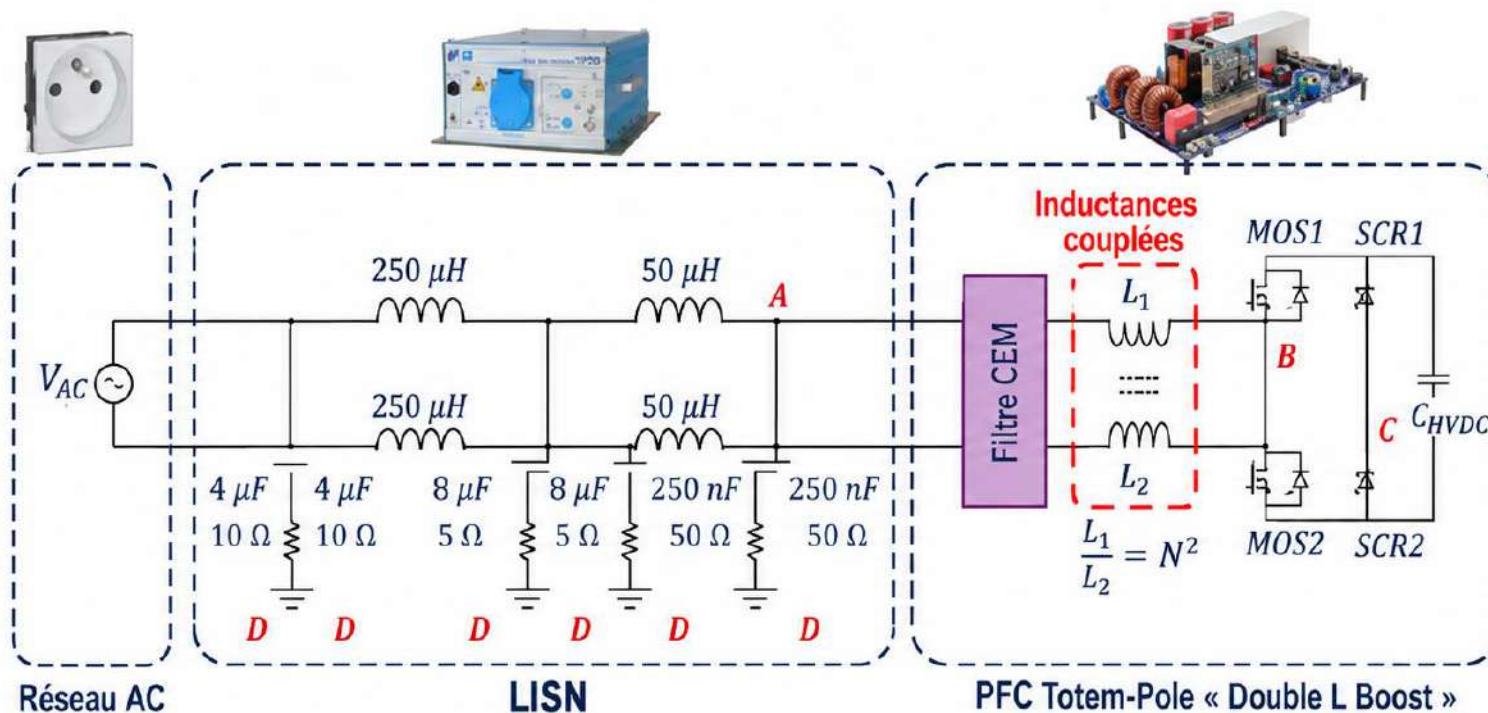
Aspect CEM du PFC Totem-Pole :

- Forte pente de tension (dV/dt) du MOSFET SiC (source de bruit en mode commun - V_{DS})
- Filtre CEM volumineux et coûteux
- Comment réduire le bruit en mode commun et optimiser le filtre CEM ?

Conversion de l'énergie – STEVAL

- Modélisation électrothermique pour une prédiction précise des pertes, de la température et des performances du convertisseur.
- Optimisation conjointe électrothermique et CEM afin d'améliorer le rendement et de garantir un fonctionnement fiable.

Circuit équivalent du LISN et du PFC Totem-Pole « Double L Boost »



Réduction du bruit en mode commun

Annulation de l'impact de V_{DS}

Technique de boost équilibré (*)

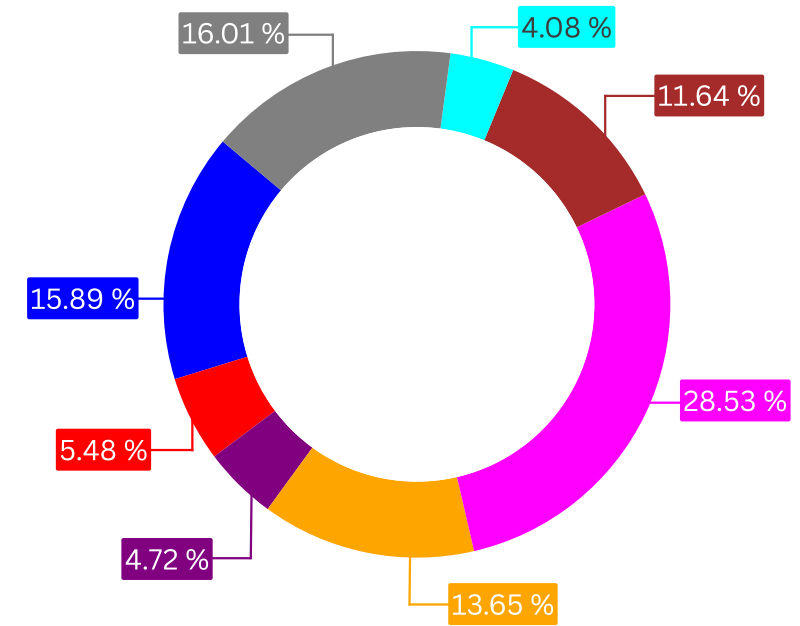
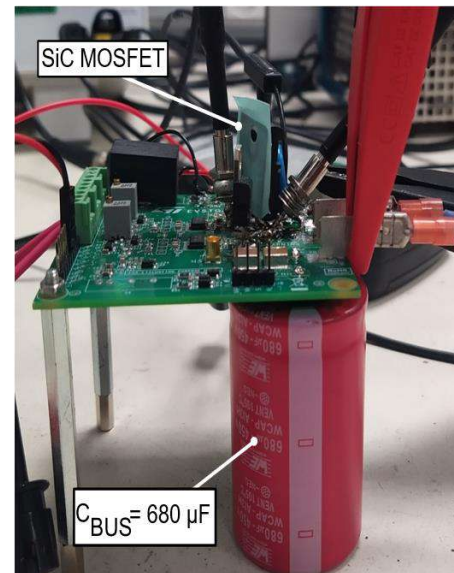
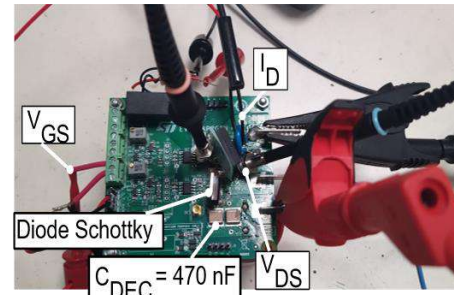
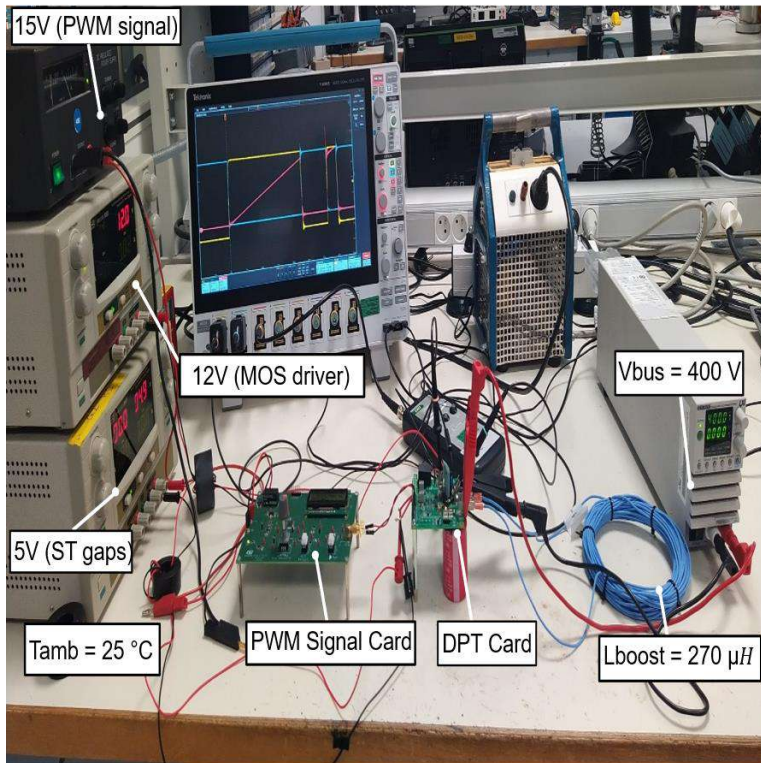
Ajout de L_2 dans la ligne neutre

PFC Totem-Pole symétrique

Condition de boost équilibrée

I_{CM} créé par $V_{DS,MOS} = 0$

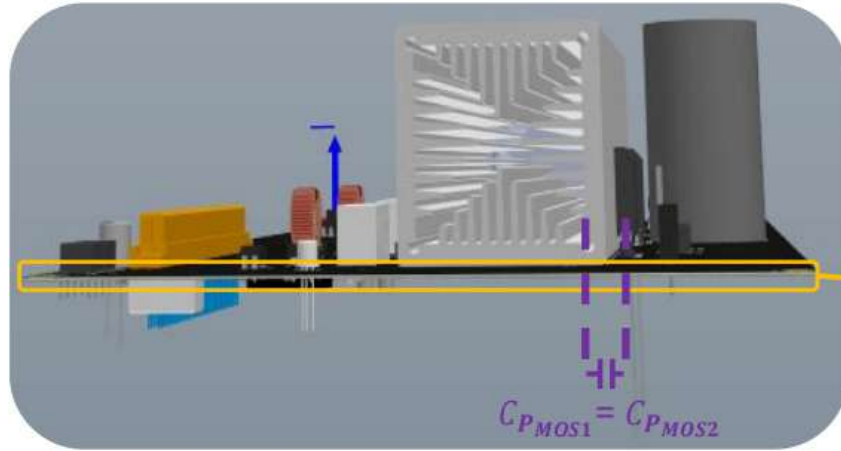
Conversion de l'énergie – STEVAL



Total Power Losses: 24.99 W

- Turn-On Loss of MOSFET, 3.97 W
- Turn-Off Loss of MOSFET, 1.37 W
- Act. Cond. Loss of MOSFET, 1.18 W
- Sync. Cond. Loss of MOSFET, 3.41 W
- Cond. Loss of SCR, 7.13 W
- Total Loss of Boost Inductor, 2.91 W
- ESR Loss of DC-link Cap, 1.02 W
- Other Losses, 4.00 W

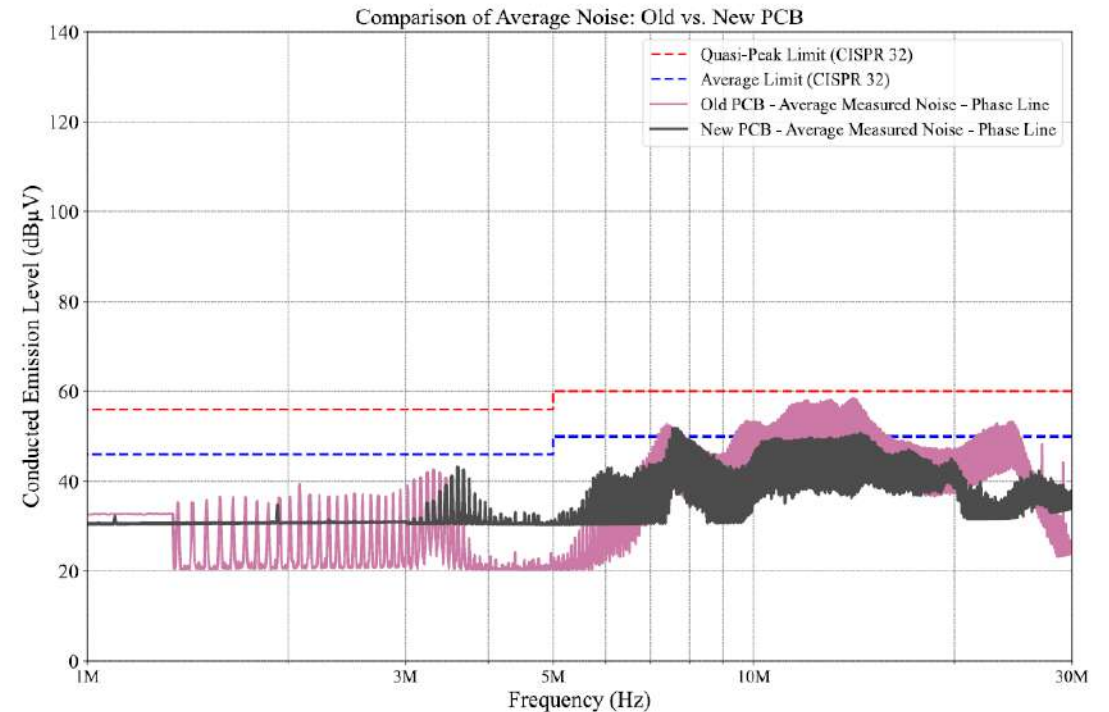
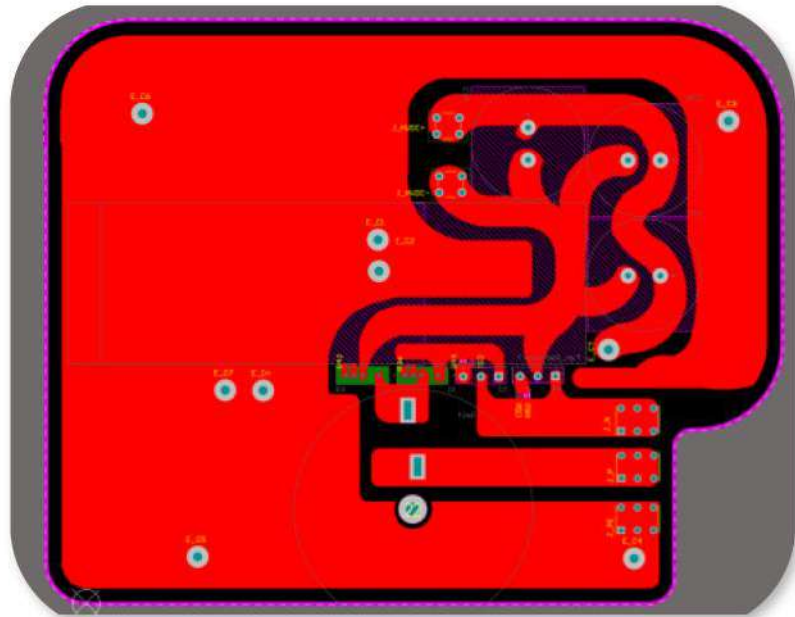
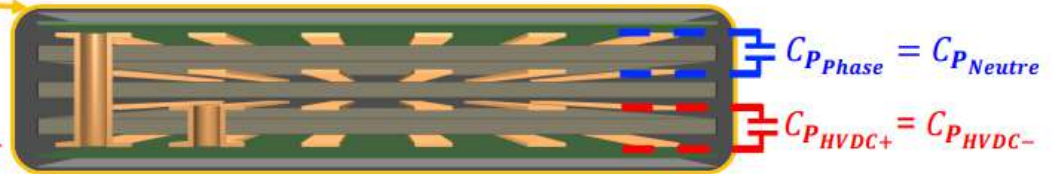
Conversion de l'énergie – STEVAL



$$C_P = \epsilon_o \epsilon_r \frac{A}{d}$$

With ϵ_o : vacuum permittivity .
 ϵ_r : relative permittivity
 A : area of the plate overlap (m^2)
 d : distance between two plates (m)

Phase/Neutral
 Earth
 HVDC+/HVDC-



❖ Innovations disruptives

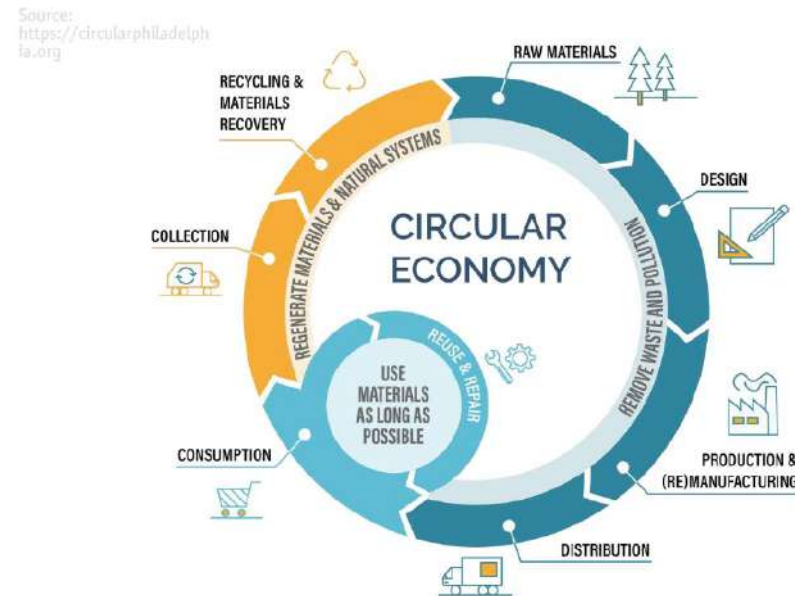
- Changement rapide des transports rendu possible par les nouvelles technologies et le modèle commercial
- Photographie numérique/analogique, système de cassettes VHS/DVD, etc.
- L'âge de pierre n'a pas pris fin faute de pierre (perturbé par les outils en bronze)



Source: Tony Seba

❖ Changement de paradigme

- Économie « linéaire » / Prendre – Fabriquer – Disposer → Économie « circulaire » / Flux perpétuel de ressources
- Ressources réinjectées dans le cycle du produit en fin d'utilisation

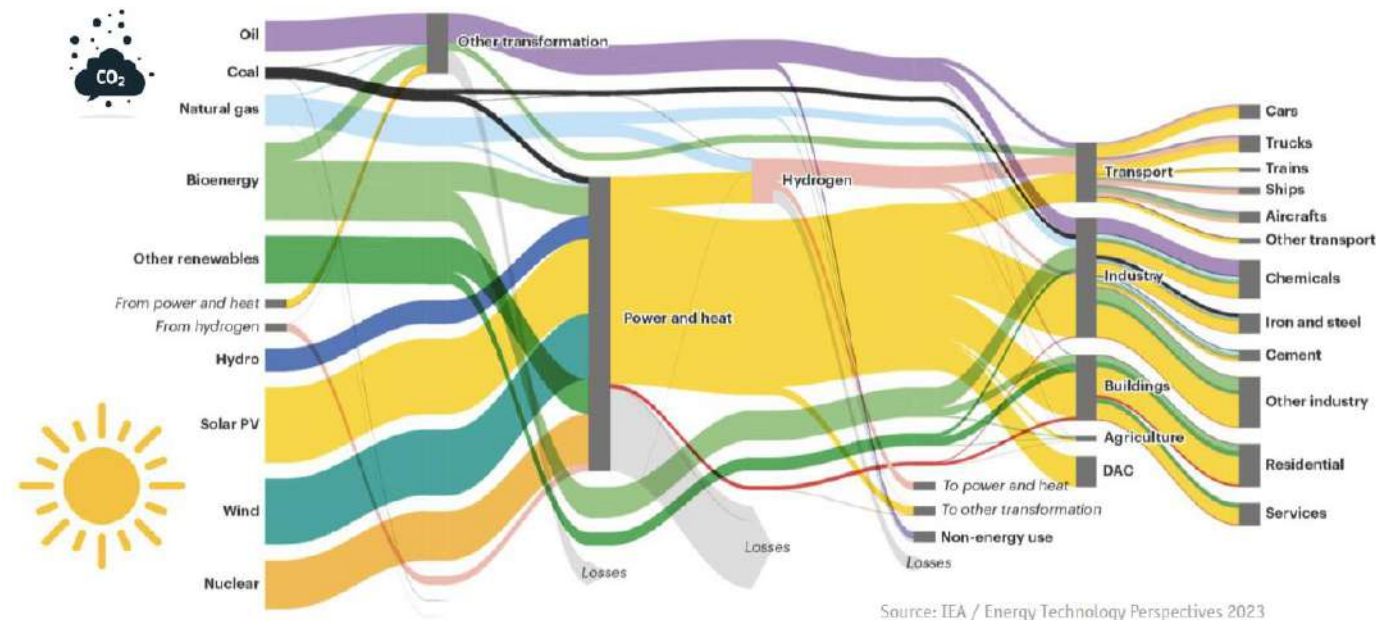


❖ Changement de paradigme

- Économie « linéaire » / Prendre – Fabriquer – Disposer → Économie « circulaire » / Flux perpétuel de ressources
- Ressources réinjectées dans le cycle du produit en fin d'utilisation

❖ Zéro CO2 net d'ici 2050

- ❖ Flux énergétiques mondiaux 2050 / Scénario Net Zero



Merci pour votre attention

✉ : aouichak@univ-tours.fr

 greman.univ-tours.fr

