



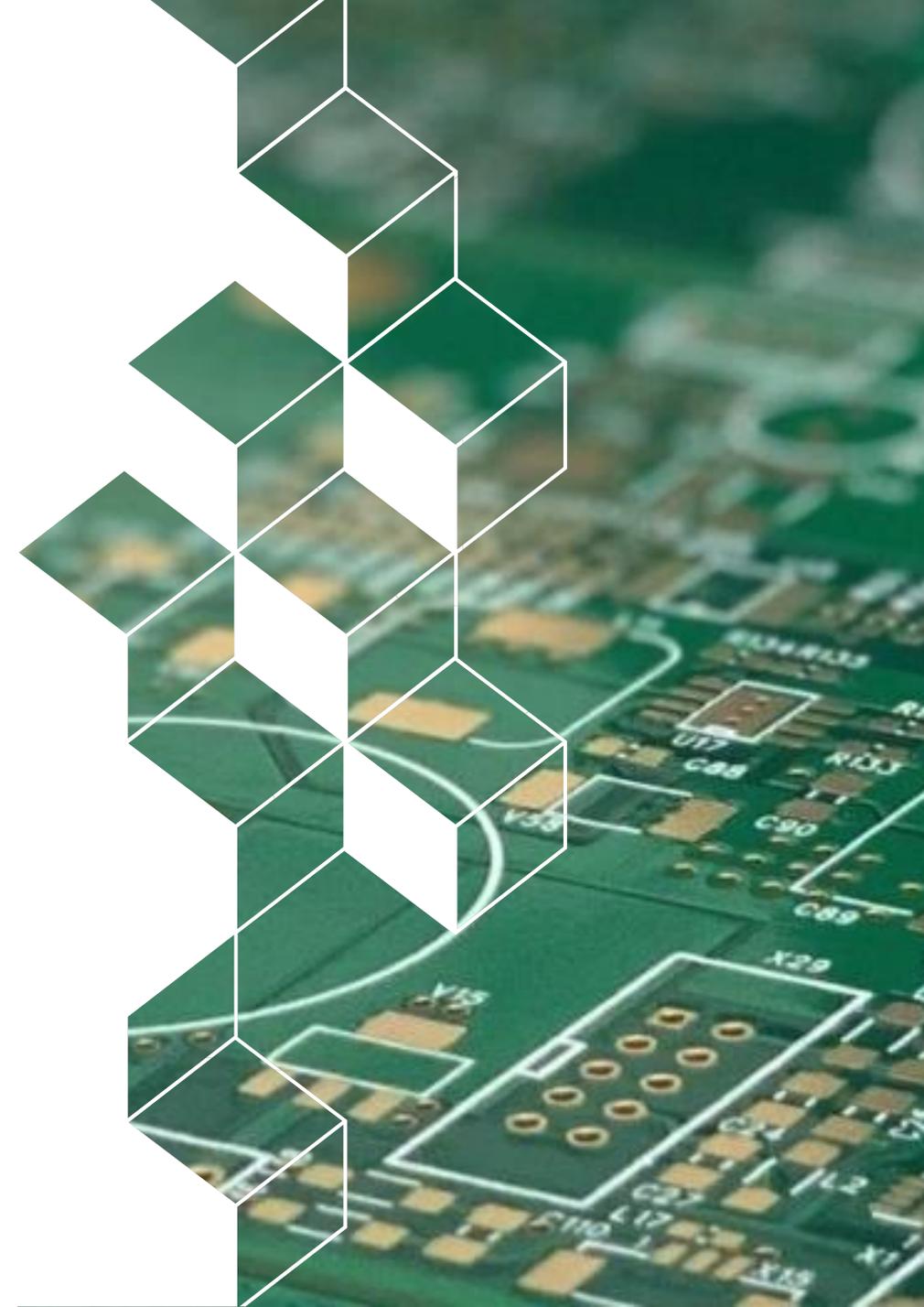
Optimisation de système de conversion d'énergie et réduction des impacts environnementaux par ACV

29/08/23

Stagiaire : Elise Chaumat

Encadrants: Charley Lanneluc – Josua Guerid

Éco-innovation



Plan

1

Contexte du stage

2

Qu'est ce que l'ACV?

3

Méthodologie employée

4

Résultats

5

Pistes éco-conception

Systèmes de conversion de puissance



Adapter une énergie d'entrée à un récepteur



Invisibles, ils sont présents partout dans notre quotidien: voitures, téléphone, chargeur, four, téléviseur, box internet...

Cas d'étude

- Démonstrateur d'un **UPS** (Uninterruptible Power Supply) développé par le LE2P (DSYS) → TRL5 « Preuve de concept » du système
- **Meilleur compromis** entre le **coût**, **compacité**, et d'**efficacité** → volonté de prendre en compte la dimension de **durabilité** du système
- **Objectifs du stage** : réaliser une **Analyse de Cycle de Vie (ACV)** du système et proposer des **pistes d'éco-conception**

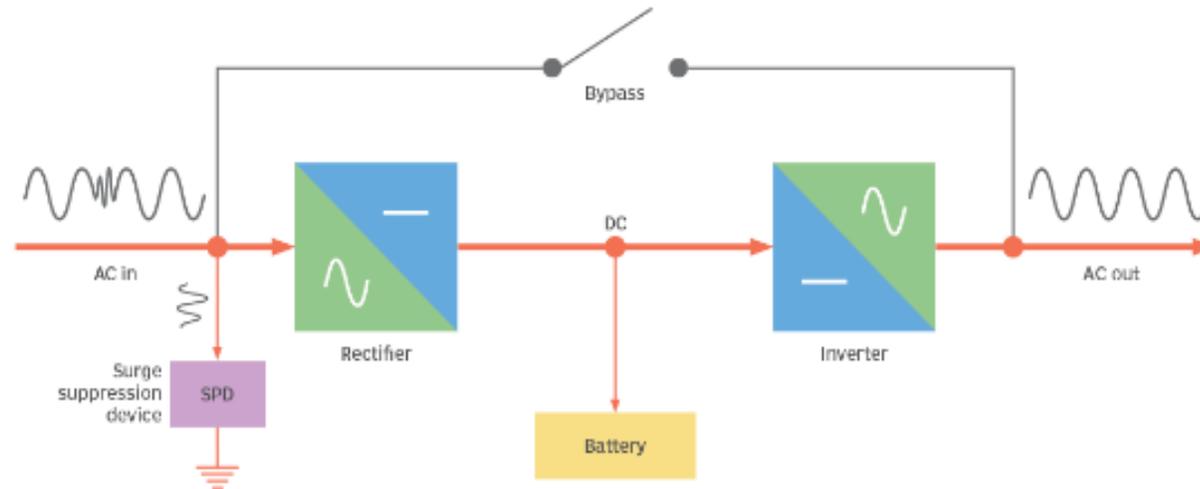


FIGURE 1: VFI DUAL CONVERSION UPS – NORMAL MODE

Application

- Datacenter
- Assurer une **continuité de service**
- Garantir une **énergie de qualité**



Technologie Utilisée

Caractéristiques de l'UPS

- Puissance nominale : 1,5kW
- Efficacité : 97%
- Fonctionnement batterie: 7,5 min
- Type Batterie : Li-ion 200V
- Durée de vie : 5 ans

- Technologies à **large bandgap** (GaN & SiC) pour leurs propriétés intéressantes par rapport au Si
 - Compacité
 - Diminution des pertes
- Evaluation de l'intérêt de ces technologies sur le plan environnemental



Semi-conducteurs utilisés

- 2 Transistors GaN
- 2 Transistors SiC
- 4 Diodes SiC

Système de puissance Si vs. GaN

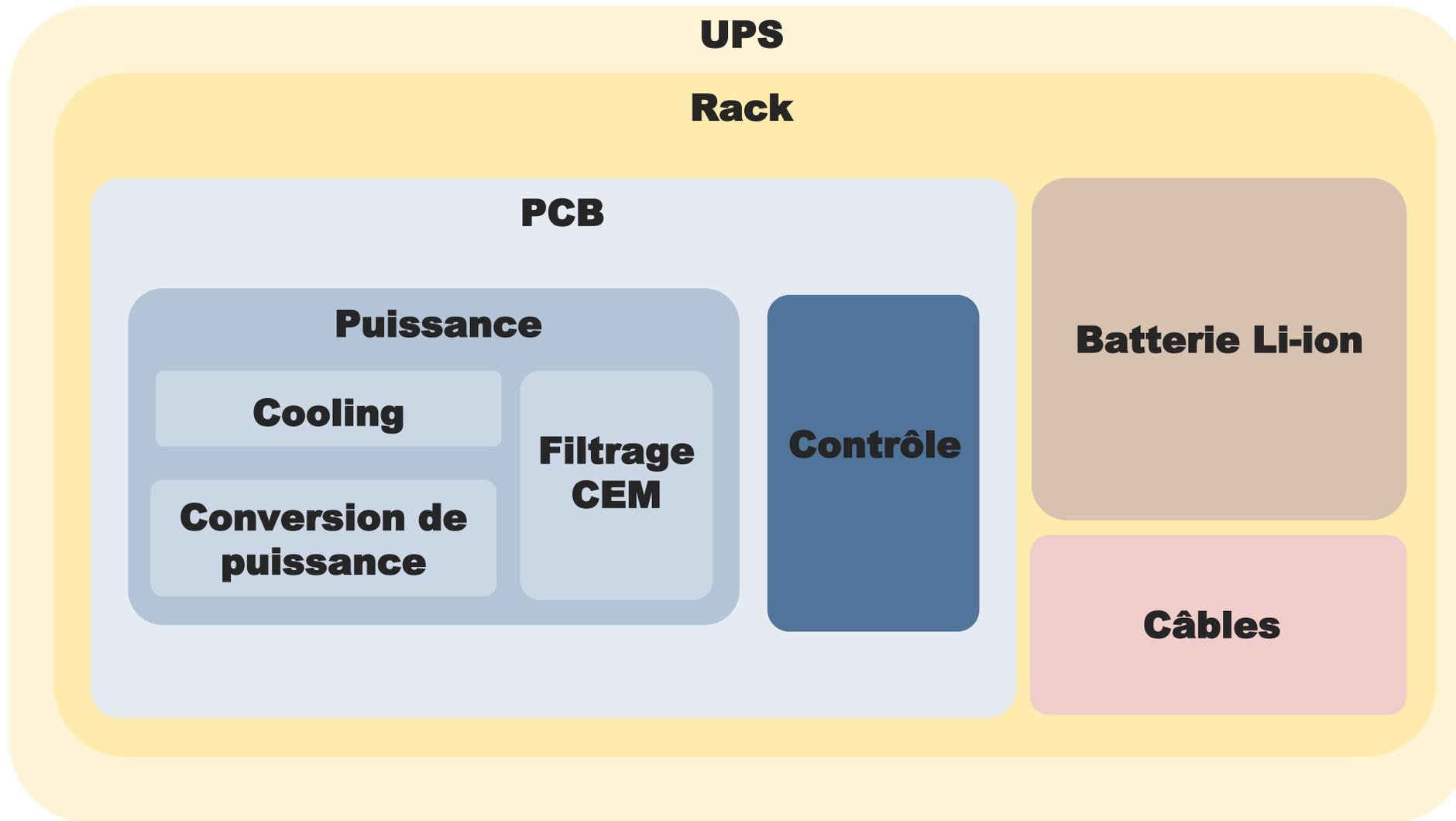


Structure de l'UPS

Frontière de l'étude

Sont considérées dans l'étude les parties : **Contrôle / Commande**, **Conversion** de puissance, **CEM**, les **Câbles**, le **Rack**, et la **Batterie**

Les **baies** de gestion des UPS, la **salle de stockage** des UPS (climatisation, raccordement des baies,...) sont hors-scope



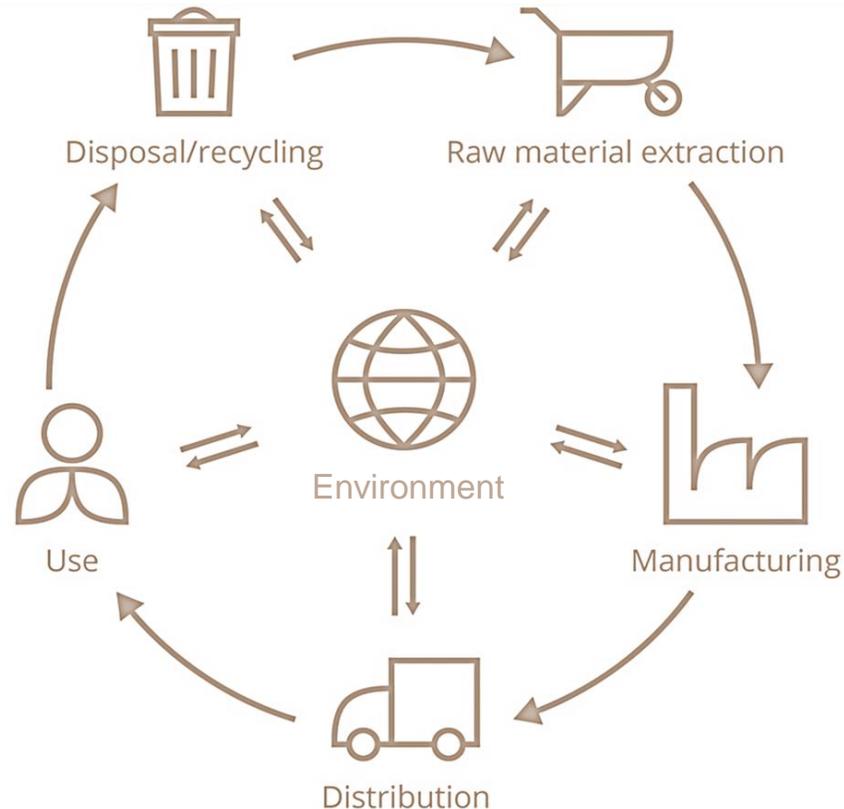
Présentation de l'ACV

Pourquoi ?

- Identifier les étapes du cycle de vie ayant le plus d'impacts
- Obtenir une vue d'ensemble du cycle de vie d'un produit/service
- Emettre des recommandations pour diminuer les impacts environnementaux d'un produit/service

Analyse de Cycle de vie

Quantification des impacts environnementaux sur l'intégralité du cycle de vie d'un produit/service



<https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-assessment-lca-basics/#h-what-is-a-life-cycle-assessment-lca>

Méthode normée
ISO 14 040 & ISO 14 044



Méthode PEF

Méthode harmonisée au sein de l'UE, basée sur la norme ISO



Product Environmental Footprint (PEF) method



Qu'est ce que l'ACV?

Calcul d'impacts environnementaux

En pratique

Des bases de données regroupant déjà ces données d'intrants et extrants sont utilisées

Des logiciels permettent de calculer les indicateurs d'impact à partir de ces données (GaBi, Simapro, EIME,...)



Intrants
Ressources naturelles,
Substances chimiques,
Transport,
Energie,
Eau,
Matières premières,...

Extrants
Produits,
Emissions de gaz (air)
Emissions de substances chimiques (eau ou sol),
Déchets,....



16 Impacts Environnementaux considérés dans la méthode PEF



Exemple

2 kg CO₂
5 kg CH₄

↓

2 + 5*28 = 142
kg CO₂ eq.



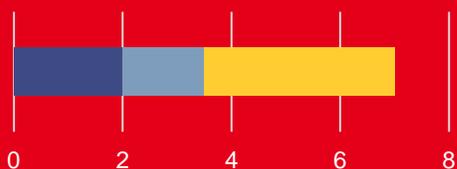
Qu'est ce que l'ACV?

Le score unique d'après le PEF

Sommer les impacts entre eux pour obtenir un score environnemental unique

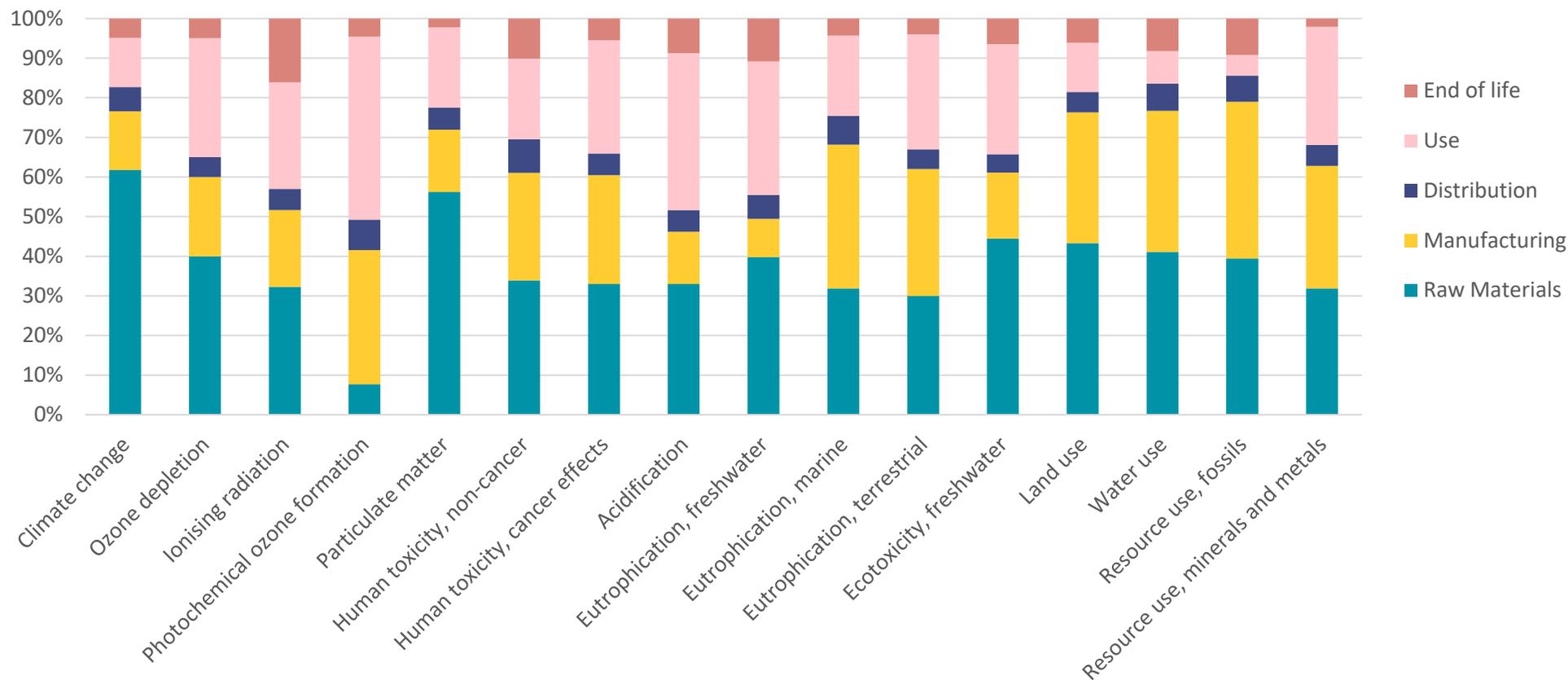
→ **Mise à la même échelle:** division par l'impact annuel moyen d'un européen

→ **Pondération :** multiplication par des facteurs représentant l'importance relative de chaque catégorie d'impact



Résultats d'ACV

Exemple d'impacts environnementaux



→ **Fait ressortir les éléments/phases de vie les plus impactants d'un produit/service**



Inventaire de cycle de vie

SiC & GaN

GaN

Utilisation des données de Gabin Guillemaud et Laura Vauche (DCOS)
→ Calcul des IE d'un HEMT à partir de **mesures en salles blanches** Leti

SiC

Adaptation des **données Si** avec les **énergies** et **rendements** associés aux procédés de fabrication du **SiC** trouvés dans la littérature

Bill of Materials

Référence des composants du convertisseur

Ex :
C2012X5R1H225K125AB

Info collectées

- Dimensions
- Masse
- Points de soudure
- Material Declaration
- Packaging

Adapter la donnée

Mise à l'échelle de la donnée à partir des dimensions ou de la masse

↑
Si donnée présente

Base de données

Données GaBi correspondant au mieux aux composants

Vérifier la concordance avec les matériaux présents dans le composant

↓
Si donnée non présente

Données EIME ou Approche matière + procédés



Structure de l'UPS

UPS

6,56 kg

Structure mécanique

Rack + Vis

2,37 kg

PCB

1 PCB vierge + soudure

0,30 kg

Connectique

2 câbles

2 connecteurs

0,21 kg

Puissance

146 composants

1,09 kg

Refroidissement

Dissipateur et ventilateurs

0,21 kg

Contrôle

443 composants

0,02 kg

Batterie Li-ion

64 cellules

2,56 kg

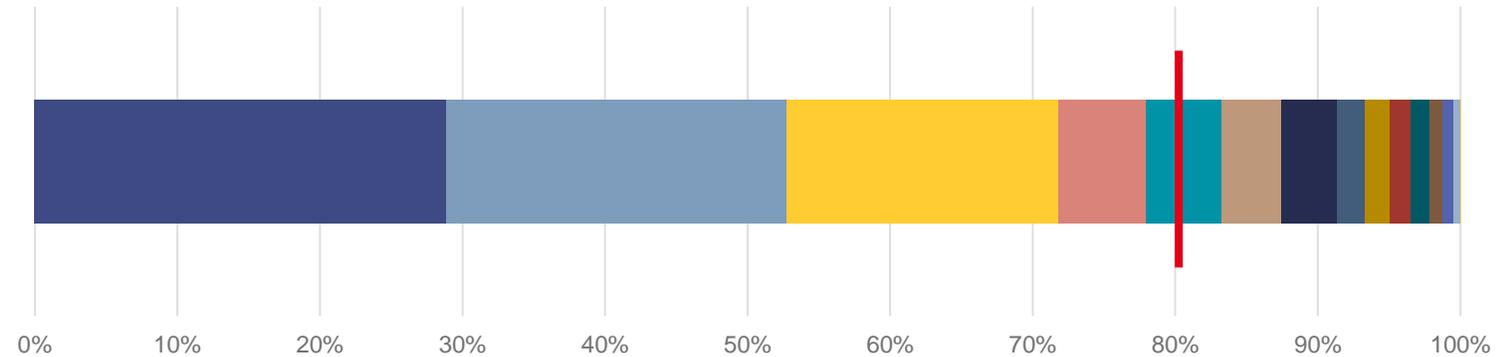
Vue d'ensemble des impacts de l'UPS

Unité fonctionnelle

Assurer l'alimentation électrique sans interruption des équipements avec une charge de 1,5kW pendant 5 ans, avec capacité de sauvegarde de 7,5 minutes en cas de coupure d'électricité



Prédominance des différentes catégories d'impact sur tout le CdV

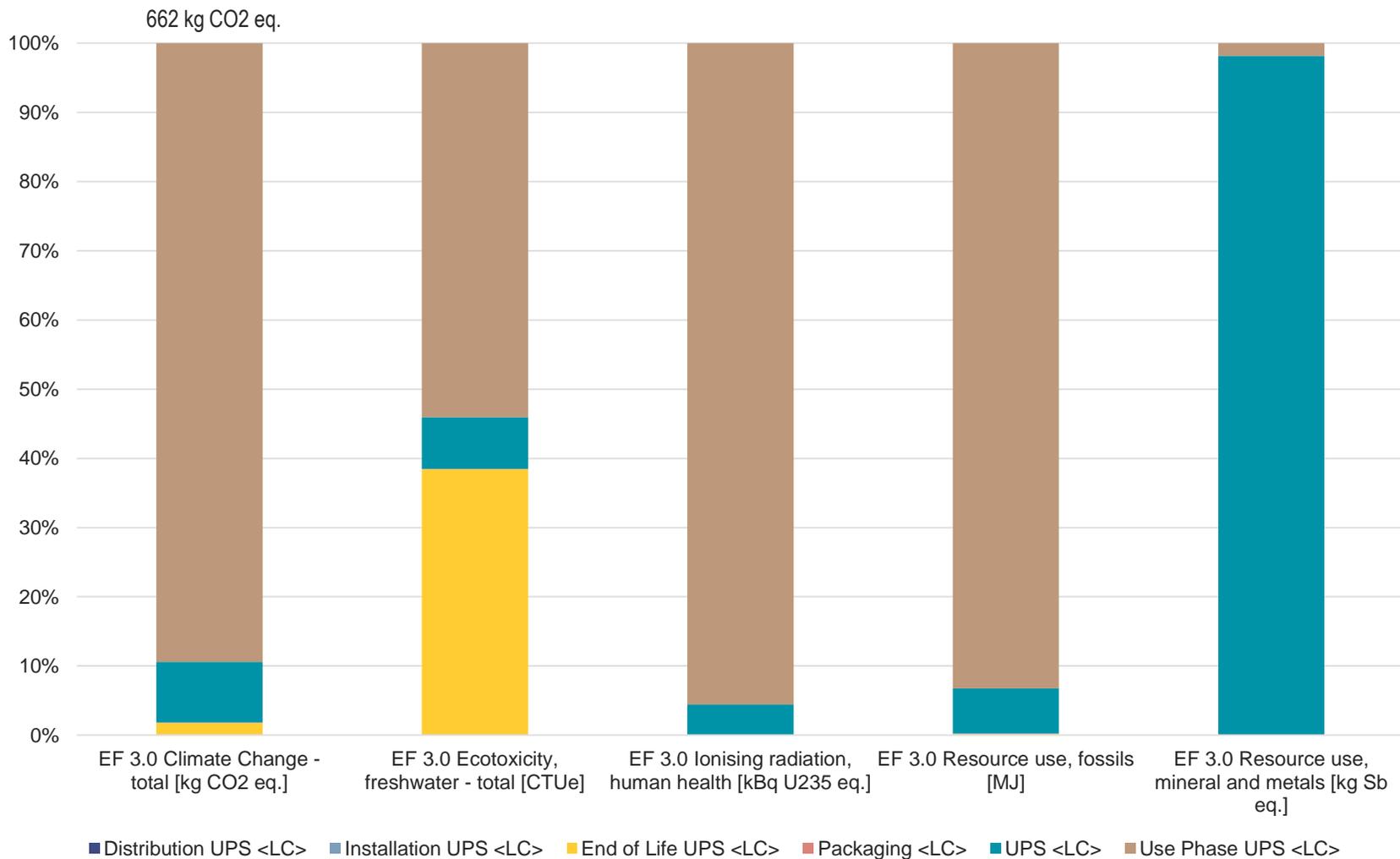


- EF 3.0 Climate Change - total
- EF 3.0 Resource use, fossils
- EF 3.0 Resource use, mineral and metals
- EF 3.0 Ecotoxicity, freshwater - total
- EF 3.0 Ionising radiation, human health
- EF 3.0 Particulate matter
- EF 3.0 Acidification
- EF 3.0 Photochemical ozone formation, human health
- EF 3.0 Eutrophication, terrestrial
- EF 3.0 Water use
- EF 3.0 Human toxicity, non-cancer - total
- EF 3.0 Eutrophication, marine
- EF 3.0 Eutrophication, freshwater
- EF 3.0 Human toxicity, cancer - total
- EF 3.0 Ozone depletion

662 kg CO2 eq., plus qu'un vol Paris-Miami*

*par passager. Source : <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>

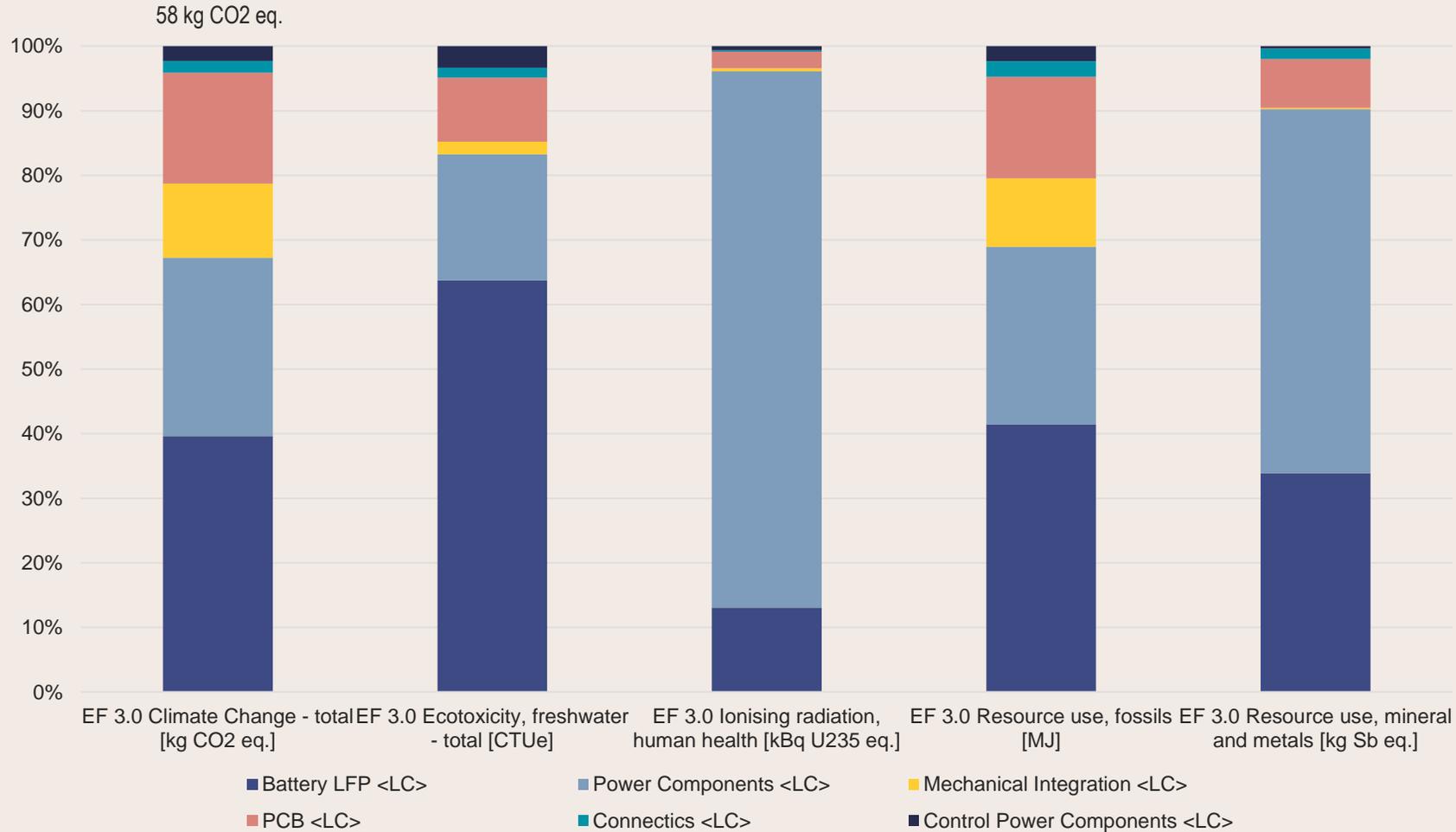
Impacts environnementaux du CdV de l'UPS



En moyenne, la phase d'utilisation est responsable de 60% de tous les impacts et la phase de fabrication de 36%

La traitement de la batterie en fin de vie a un impact significatif sur la toxicité en eau douce

Répartition des impacts entre les différentes parties de l'UPS



La batterie et les composants de puissance sont les éléments les plus impactants

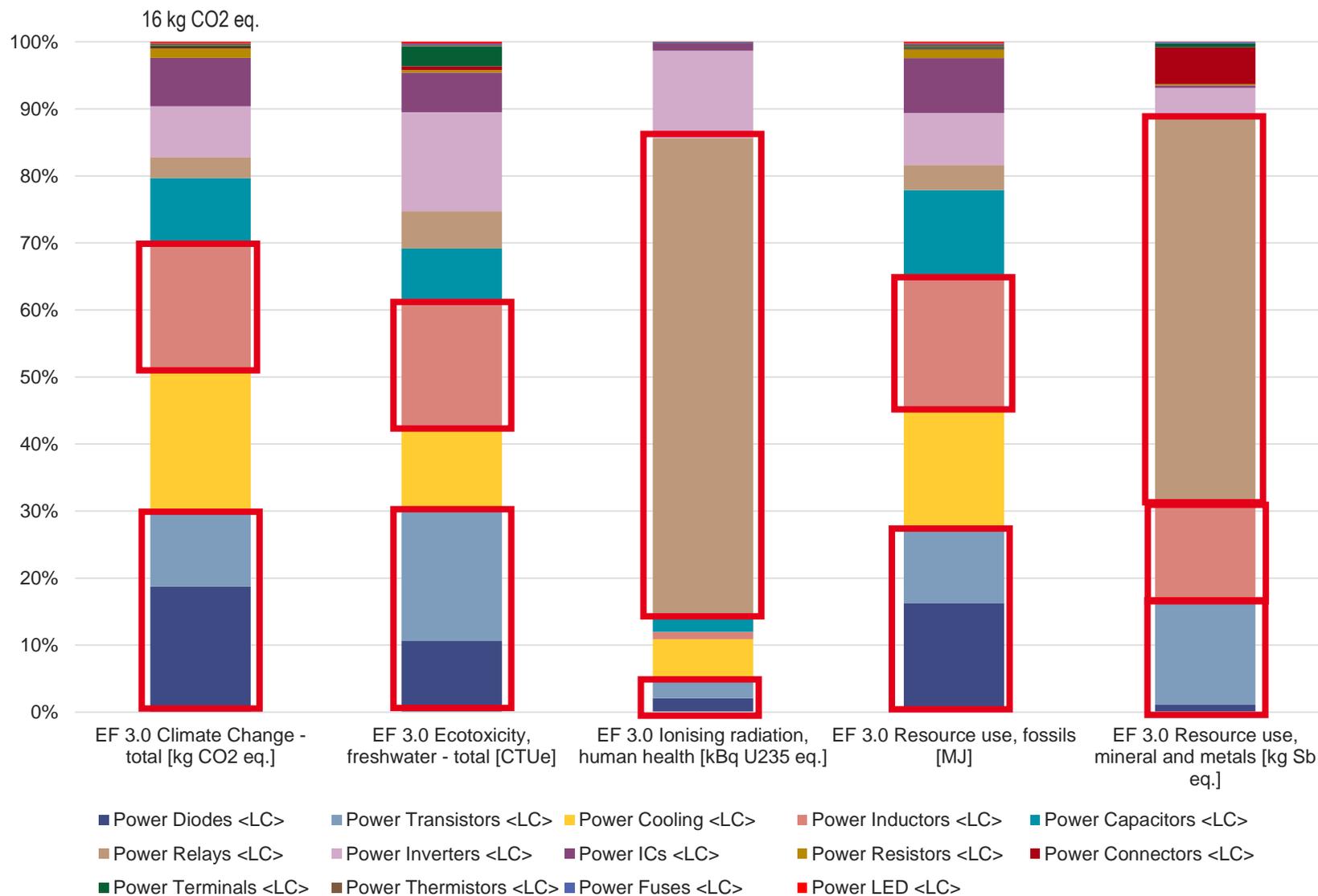
Impacts environnementaux de la Puissance

Les SC de puissance représentent en moyenne 30% des impacts (contre 4% de la masse de la Puissance)

Les bobines représentent en moyenne 16% des impacts pour 42% de la masse de la Puissance

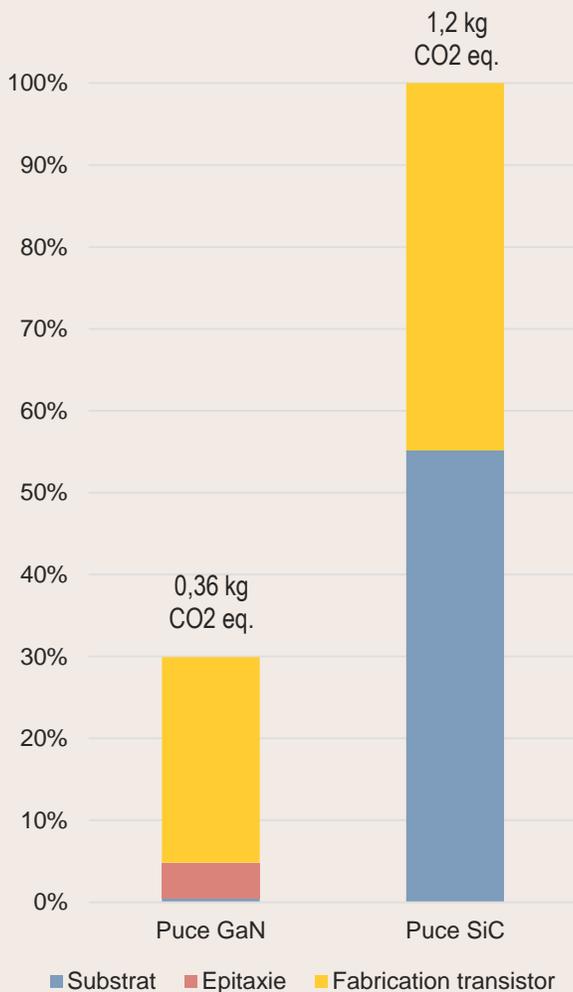
Les relais ont un impact très important pour les radiations ionisantes et la déplétion des ressources minérales

Répartition des impacts entre les différents composants de puissance



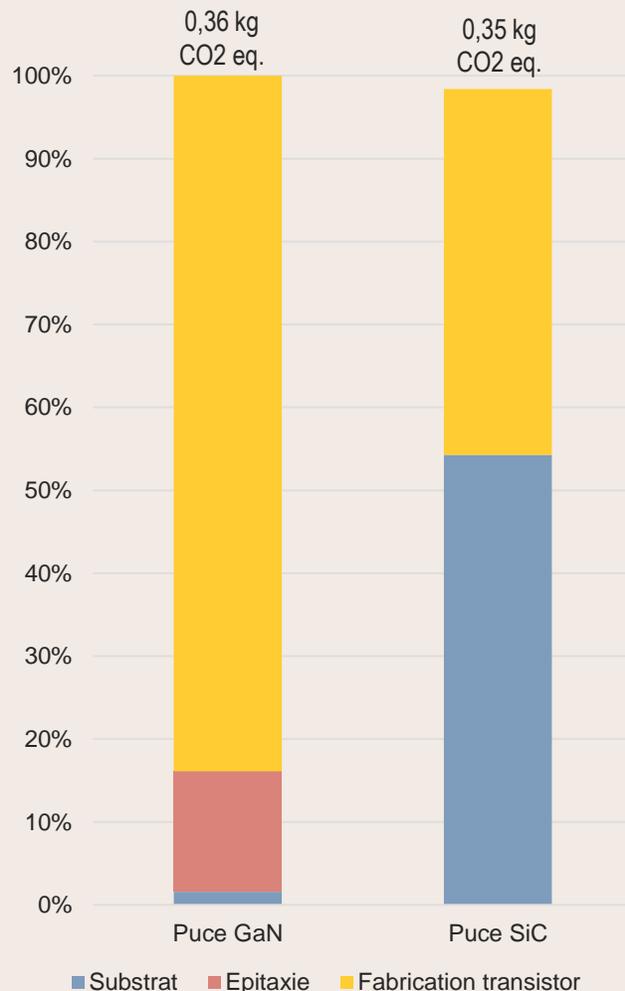
Comparaison GaN & SiC

Iso-surface



Iso-fonction

Rdson=42mΩ & tenue en tension 600V



Le substrat de SiC est plus impactant que le substrat Si/GaN

La phase de fabrication du transistor en salle blanche est plus mitigée:

→ Plus d'étapes pour le Si/GaN

→ Rendements plus faibles pour le SiC

Il n'est pas possible de conclure qu'une technologie soit plus impactante qu'une autre au vu des données utilisées

Comparaison avec l'UPS Si

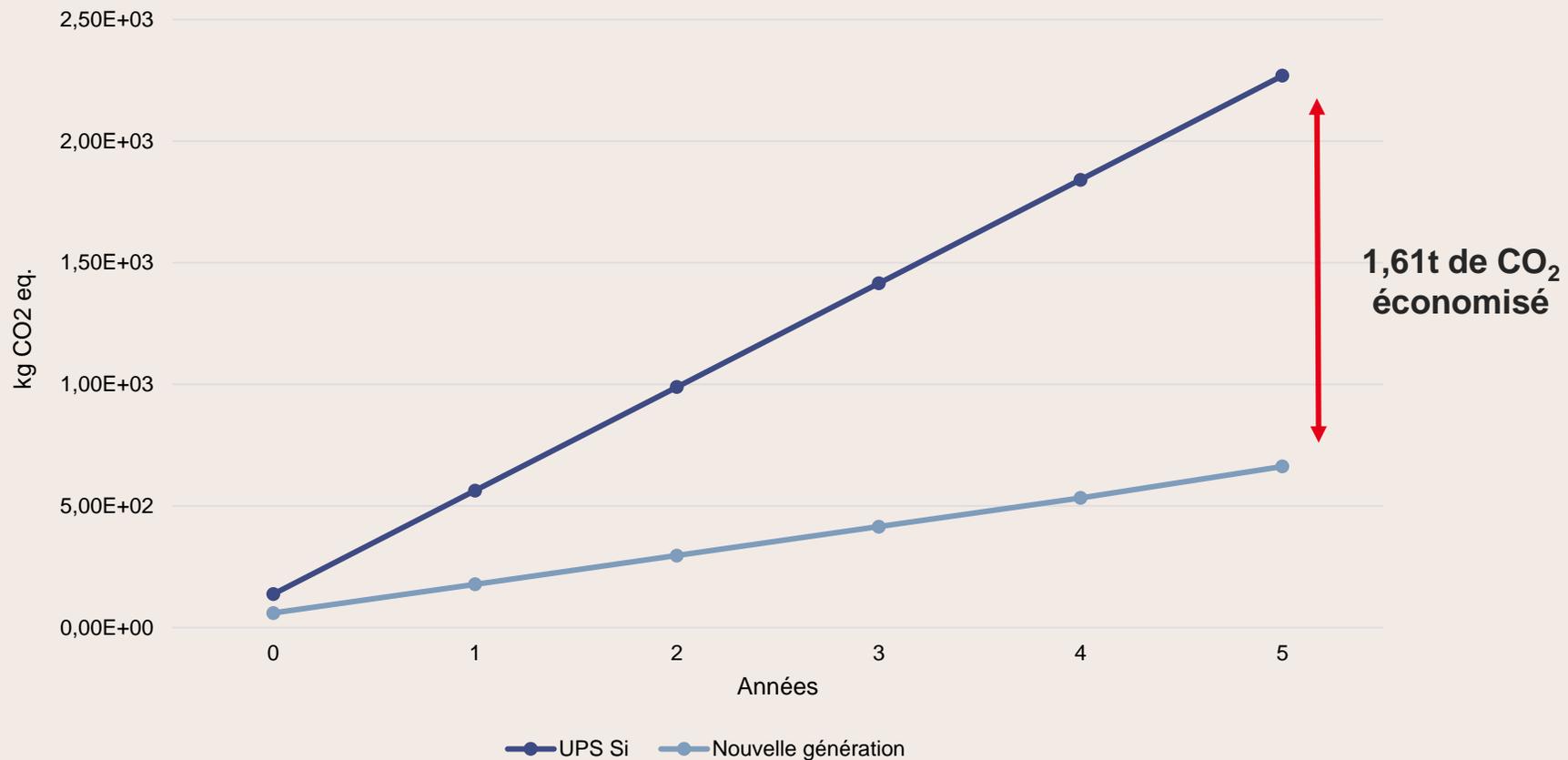
UPS Si

Masse = 14,8kg
Efficacité moyenne = 92,5%

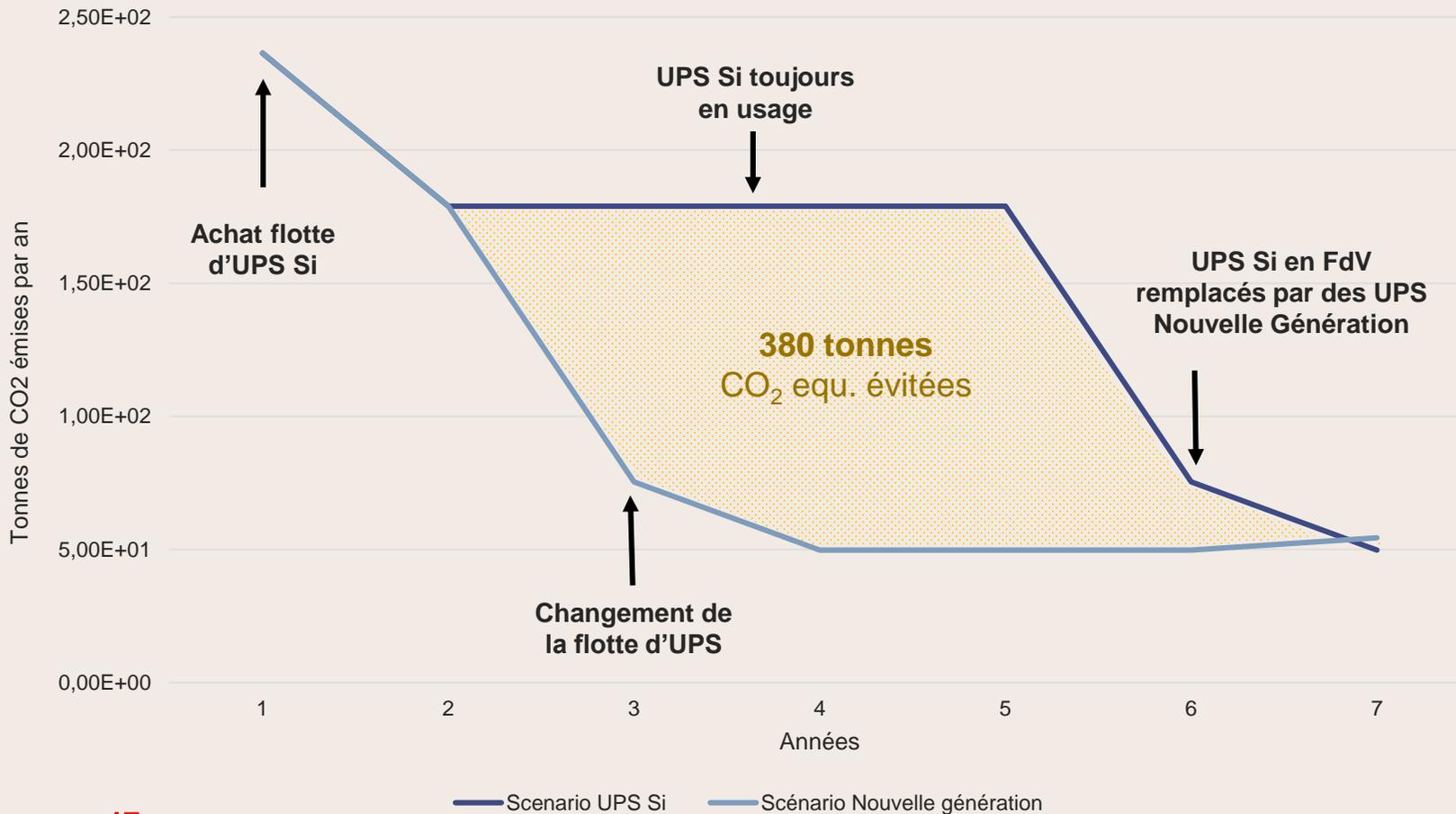
UPS Nouvelle Génération

Masse = 7,2kg
Efficacité moyenne = 97%

Impact sur le réchauffement climatique de l'UPS Si et de l'UPS nouvelle génération



Economies de CO2 liées au changement de l'UPS



**DC2Alpes Grenoble
ALP1**

630kW
420 UPS



1

Utilisation de plusieurs bases de données

→ Chacune a sa manière de modéliser la donnée

2

Comparaison GaN/SiC

- Données modélisées avec deux approches très différentes
- Peu de données provenant de la littérature sur le SiC

→ La puce GaN ne représente pas exactement notre puce et provient d'un centre de R&D

Les résultats présentés doivent donc être considérés à titre indicatif, afin de comprendre les mécanismes impliqués dans les impacts environnementaux du GaN et du SiC. Ces résultats vont avant tout servir de base pour des études plus poussées sur le SiC au sein du Leti

3

Comparaison à l'UPS Si

La fabrication de l'UPS Si a été modélisée de manière très différente de l'UPS Nouvelle Génération. La comparaison est donc peu fiable mais les ordres de grandeur demeurent cohérents.



Pistes d'éco-conception

Principe

Vendre des heures de fonctionnement de l'UPS, voir même « une qualité d'énergie » au lieu de vendre des UPS.

Ainsi, l'UPS appartient au constructeur c'est dans son intérêt de le **faire fonctionner le plus longtemps possible**.

Modèle particulièrement adapté au BtoB.

Pas d'investissement lourd pour l'utilisateur. Cela peut favoriser des technologies légèrement plus coûteuses mais avec une **meilleure efficacité**.

Idée 38 : Economie de la fonctionnalité

Comment l'impact environnemental est diminué ?

Augmenter la durée de vie de l'UPS

Gestion appropriée de l'UPS en fin de vie



Tu achètes des km !



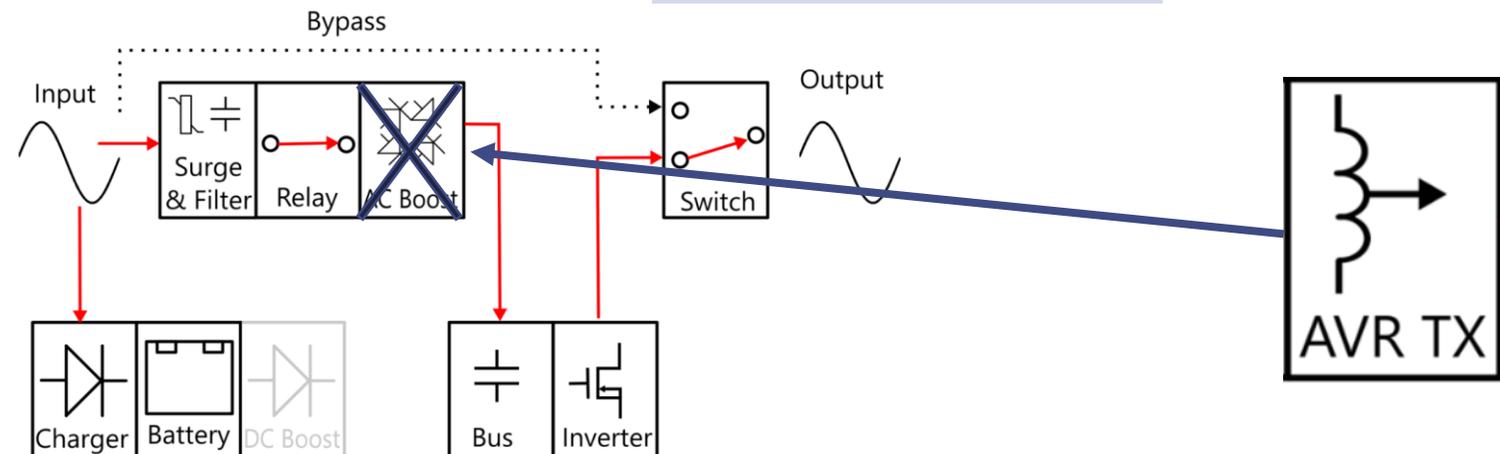
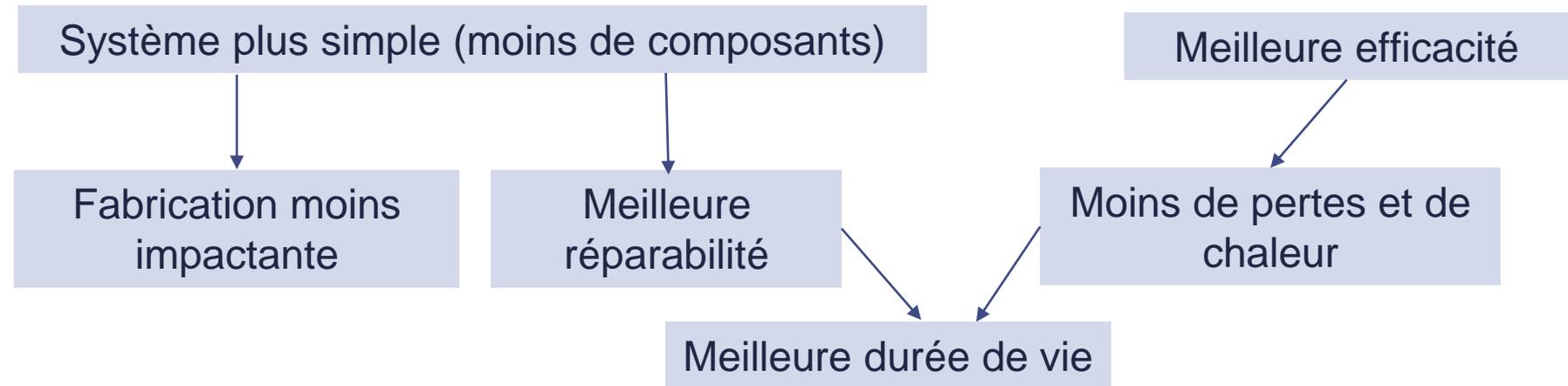
Idée 1 : L'horloge

Principe

En France la **fréquence est ultra stable**, on s'en sert même comme horloge. De plus, les **systèmes tolèrent bien les variations de fréquence**. Ainsi, faire un UPS qui stabilise la fréquence n'est pas nécessaire.

Il faudrait donc réaliser un **UPS Voltage Independent (VI)** au lieu de Voltage Frequency Independent (VFI)

Comment l'impact environnemental est diminué ?



Idée 26 : Central DC

Principe

Distribuer directement en DC dans les datacenter.

Ainsi, l'UPS n'est plus nécessaire, seul le système de stockage d'énergie en cas de coupure demeure utile. Ce système peut être mis en basse tension près de la charge.

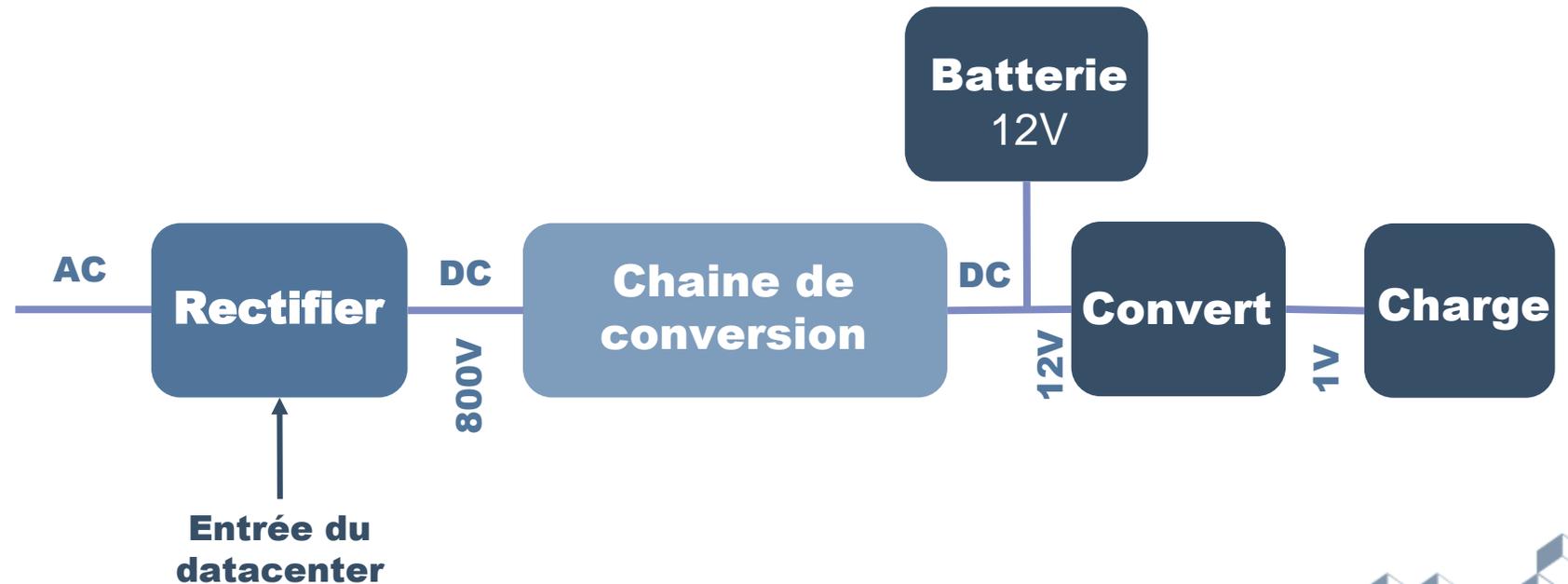
Par exemple, les prises de raccordement pourrait laisser le choix à l'utilisateur entre alimentation AC ou DC.

Comment l'impact environnemental est diminué ?

Meilleure efficacité :
diminution des impacts de
la phase d'usage

Impact lié à la
fabrication
réduit

Durée de
vie
augmentée



Idée 34 : Modularité

Principe

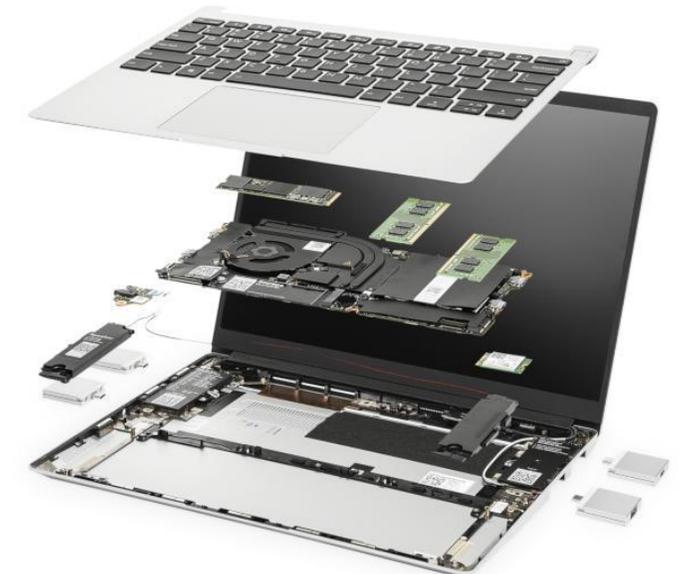
Diviser les fonctions de l'UPS (Onduleur, PFC, Batteries, Refroidissement, Contrôle,...) en **modules indépendants et détachables**.

Comment l'impact environnemental est diminué ?



Faciliter la réparabilité et le réemplois en travaillant à l'échelle d'un module et non d'un composant.

Framework Intel



Conclusion

1

Gains importants par rapport à l'ancien modèle d'UPS Si

2

Aujourd'hui les impacts restent principalement liés à la *phase d'usage*

⇒ **Améliorer l'efficacité du système est prioritaire**

3

La phase de *fabrication* est loin d'être négligeable, en particulier *batterie* et les *composants de puissance*

Au sein des composants de puissance les *semi-conducteurs* sont les plus impactants

- ⇒ **Augmenter durée de vie du système pour rentabiliser la fabrication**
- ⇒ **Utiliser des composants moins impactants à fabriquer, notamment la batterie.**

(Des composants de puissance plus impactants peuvent permettre une meilleure efficacité)



Merci à tous

Des questions ?