L’électronique de puissance

Un champ de valeur porteur de grandes innovations

Confidential C

L'Electronique de puissance est un enjeu majeur

- L'électronique de puissance est un **champ de valeur structurant** (entre 300 et 1000€ par voiture)
  ➔ il est **essentiel d'être au top** sur ces systèmes

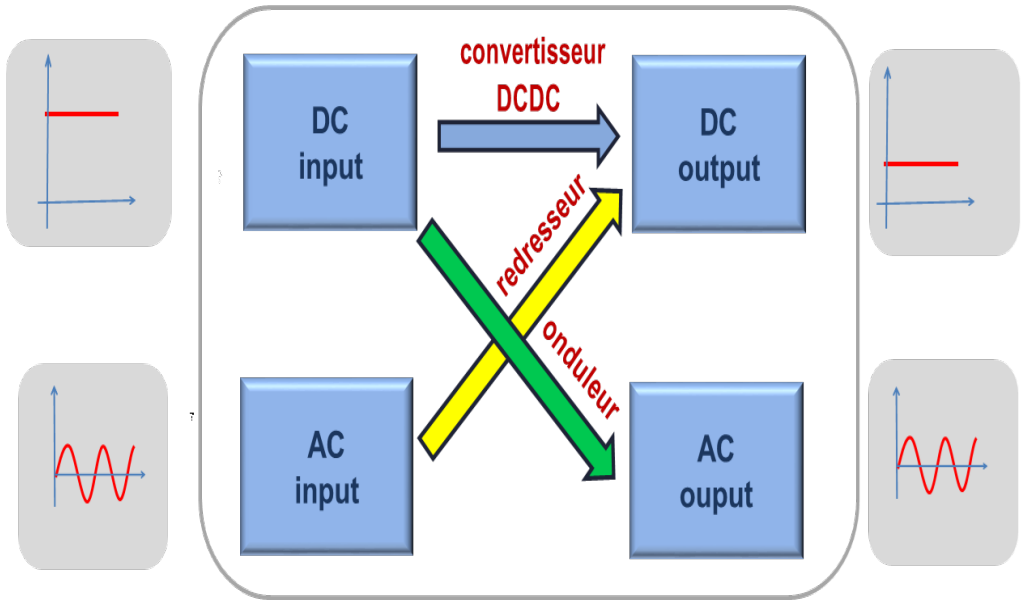
- Secteur en pleine mutation : **volume x 7 et mutation technologique Wide Band Gap d'ici 2030**
  ➔ c'est **maintenant** qu'il faut prendre les bons aiguillages

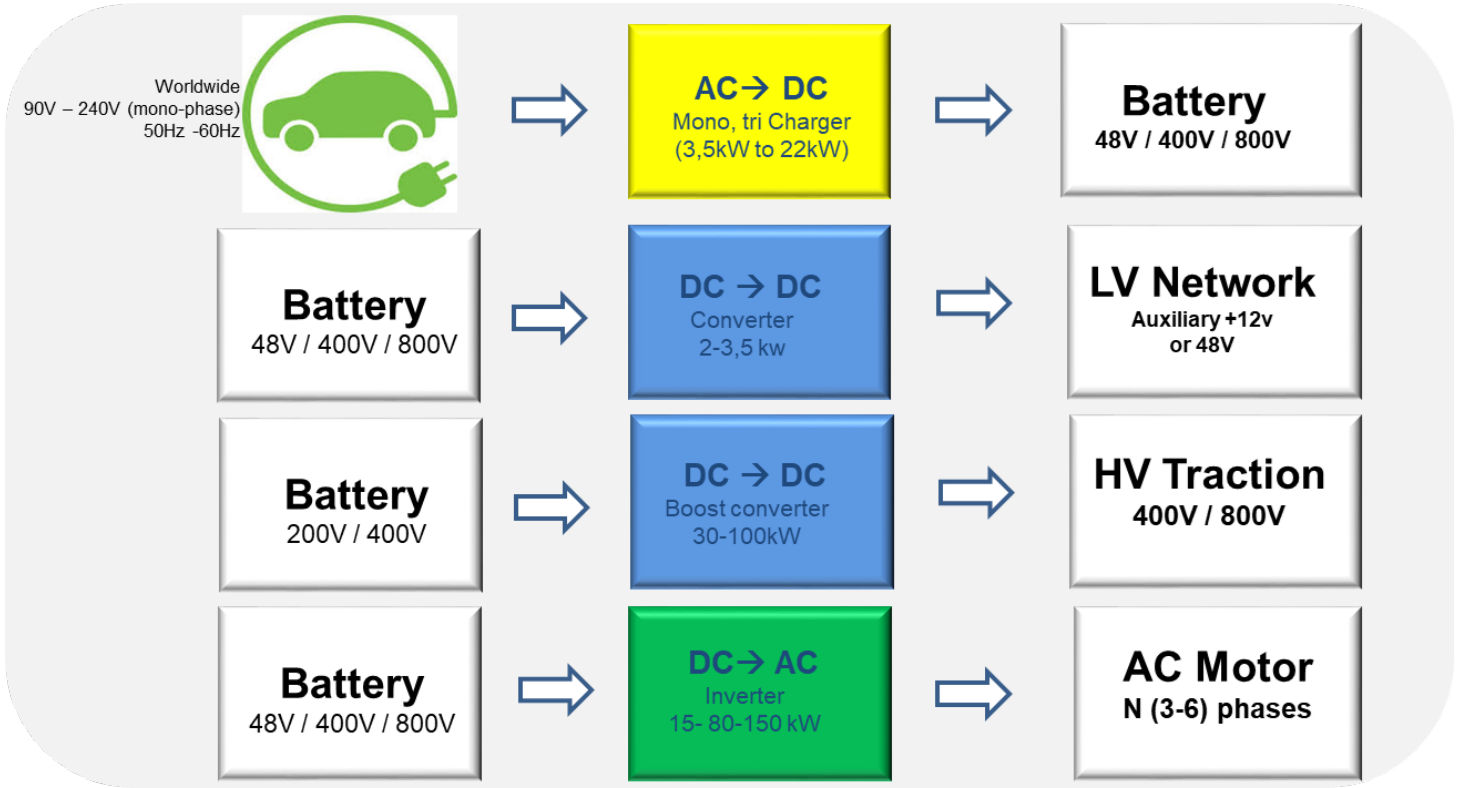
- La **France dispose de bons atouts** (acteurs industriels, labos de recherche) déjà **mobilisés.**

Le plan de relance est l'opportunité pour localiser en France
Ambition : plus de 2.5 G€, soit 25% du business Europe 2030

Propriété PFA- reproduction interdite
Confidential C

Quelque soit l'architecture (xEV), l'électronique de puissance gère les flux entre les sources d'énergie et les consommateurs





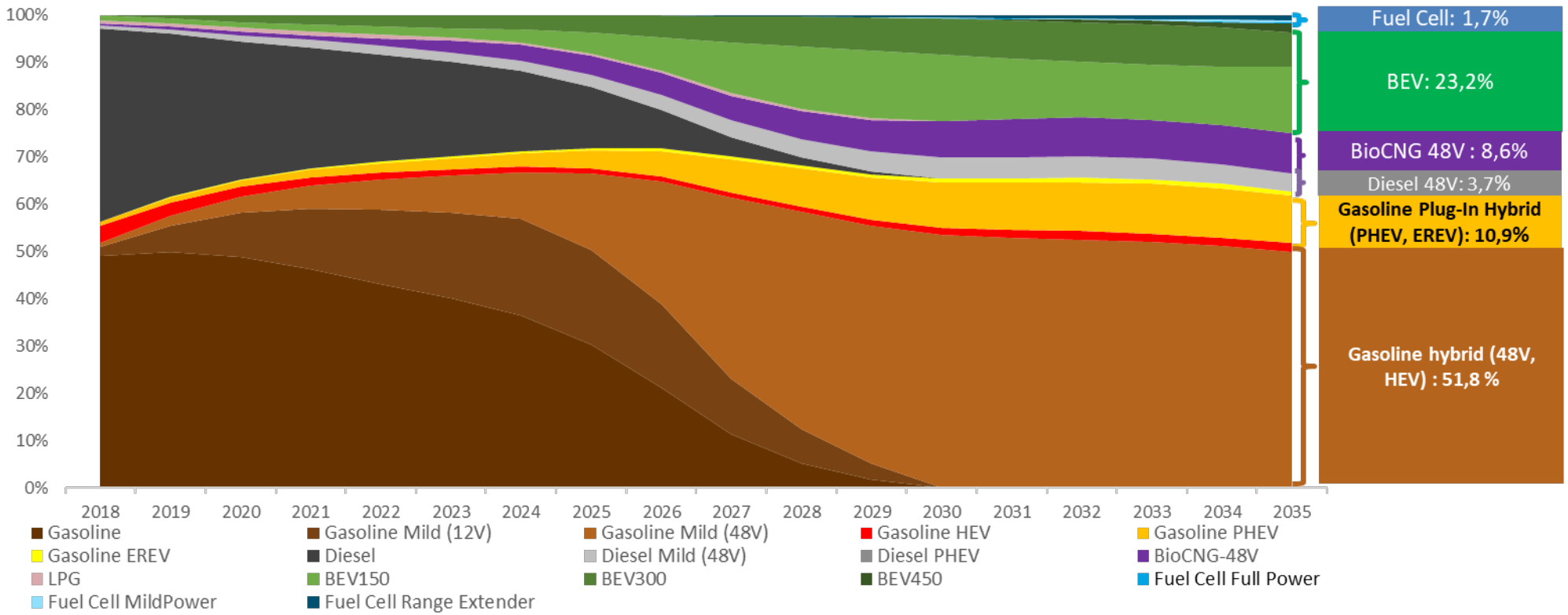
3 familles de produits principales:

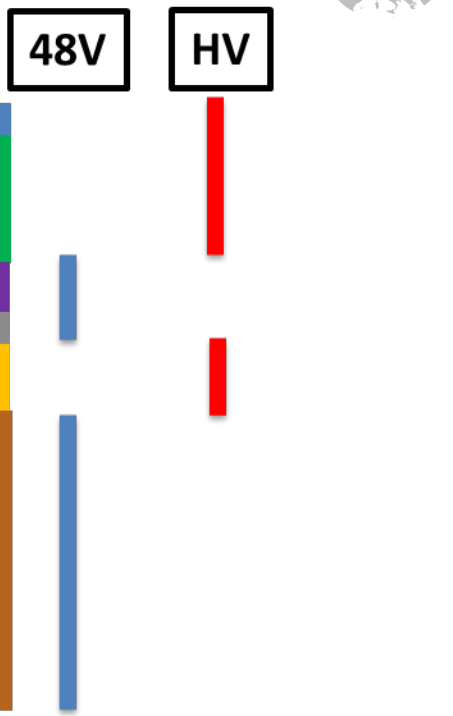
- ➢ Chargeur embarqué : OBC
- ➢ Convertisseur DC-DC
- ➢ Onduleur

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

Le Véhicule Electrifié (xEV*): en Europe, 100% du marché électrifié avant 2030





D'ici 2030,

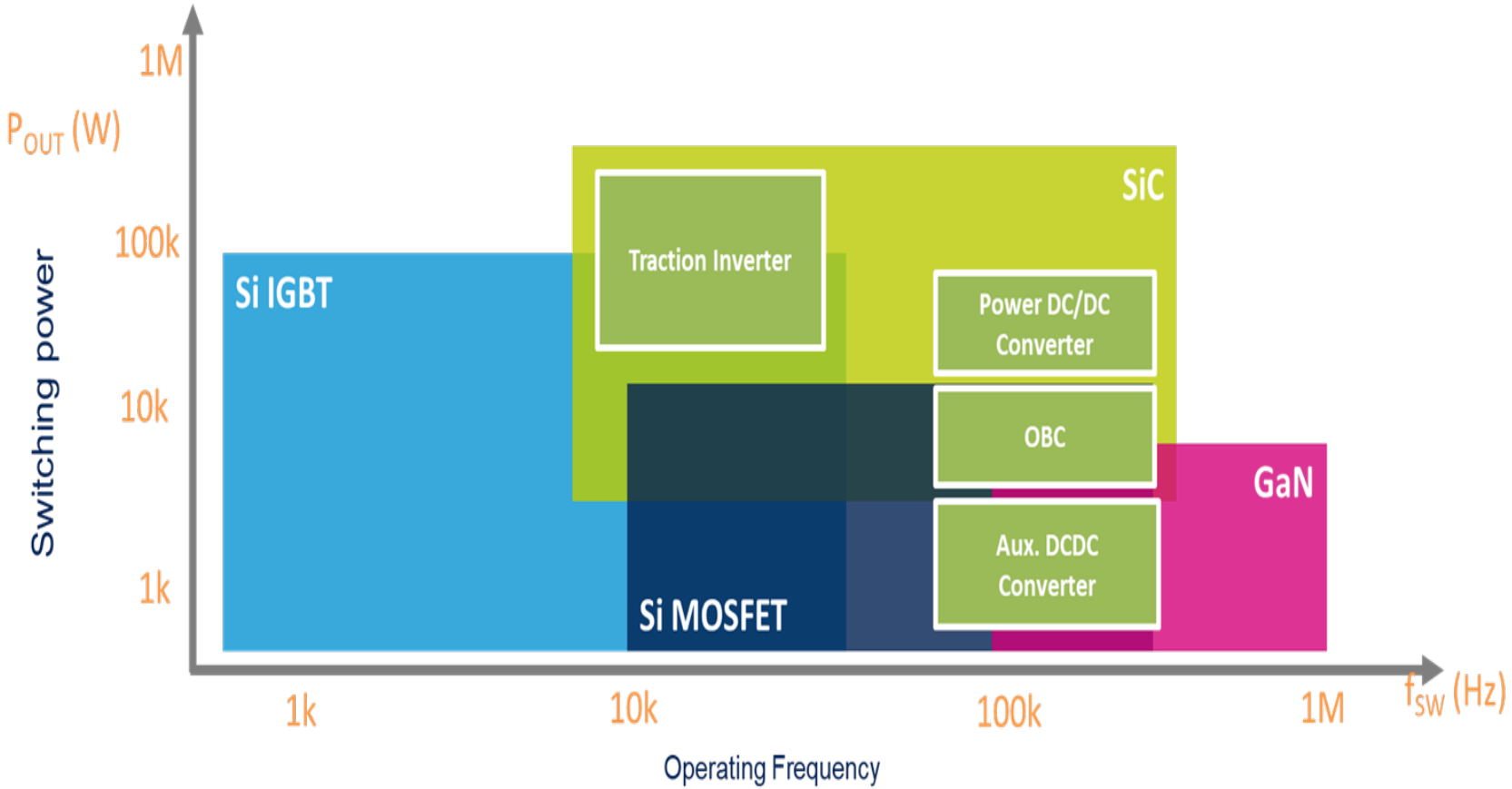
- **100% du marché avec onduleur et DC/DC. Une part des 48V jusqu'à 60%.**
- **1/3 du marché incluera un OBC en haute tension. Voltage dans la plage 400/800V**

*** xEV : mild hybride (mHEV), full hybride (HEV), hybride rechargeable (pHEV), véhicule électrique (BEV)**

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

L'Electronique de Puissance va vivre une révolution technologique, les « WIDE BAND GAP », SiC et GaN viennent bousculer les solutions Silicium (IGBT et MOSFET)…



Source: Yole Power SiC 2018: Materials, Devices, and Applications

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

Un facteur essentiel de compétitivité pour l'Automobile…

	Electronique de puissance Valeur moyenne par véhicule(€)	Marché Europe	CA Europe (G€)
2020	110 €	13%	1.6 G€
2030	670 €	100%	10.5 G€

Ambition Fr : 2,5 G€

Le coût de l' Electronique de puissance représente pour un VE:

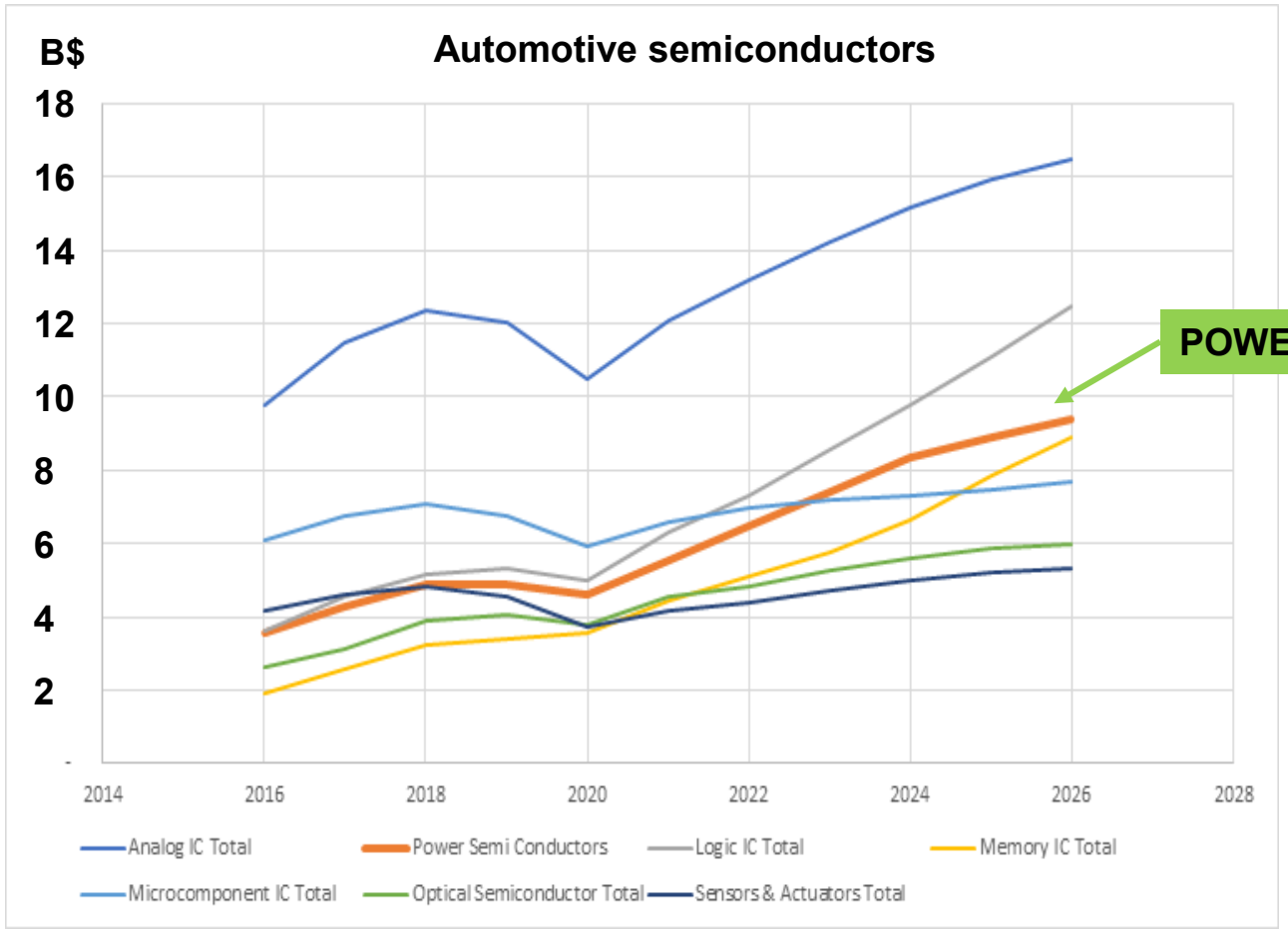
- **80% à 110% du coût d'un moteur essence complet**

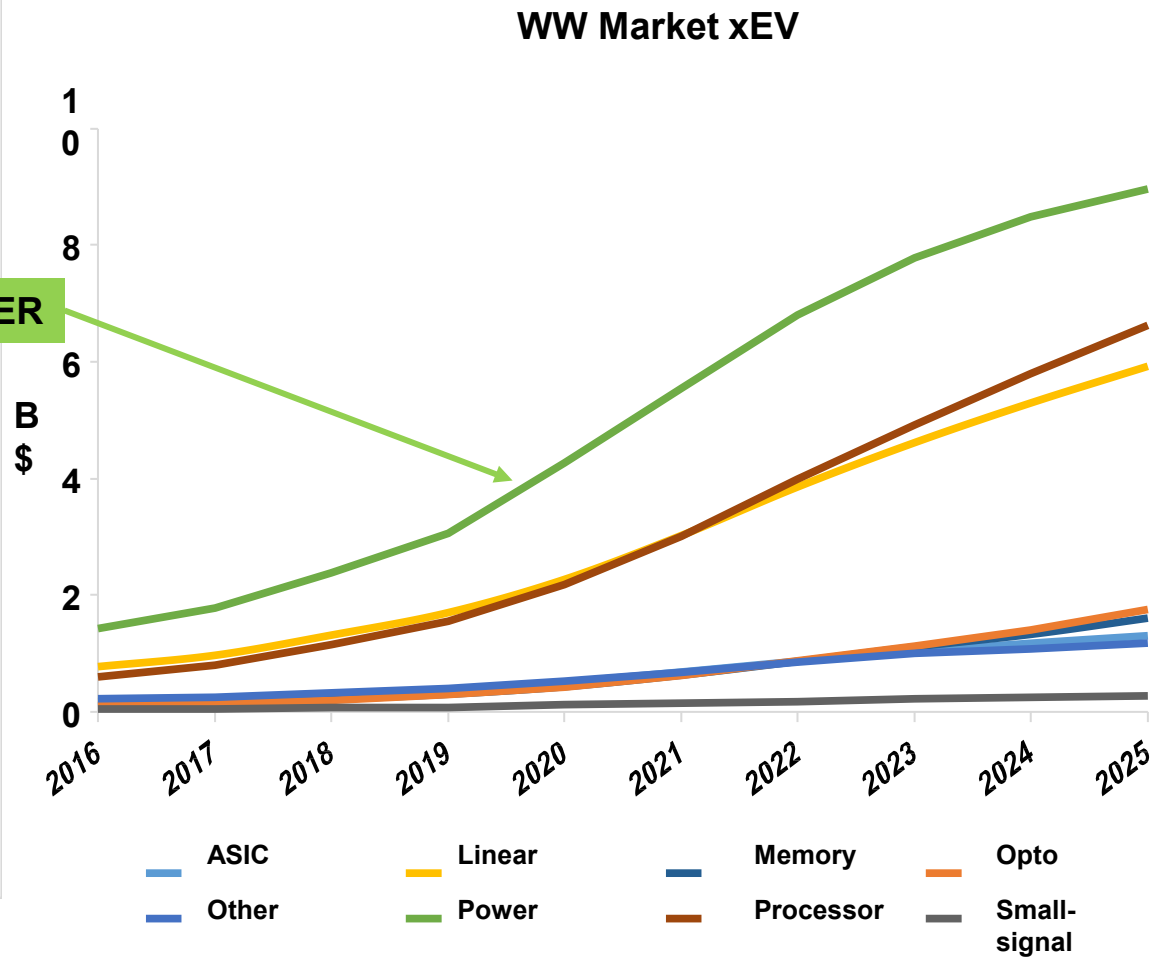
Potentiel de + 4 000 emplois R&D et Production en France en 2030
(filière automobile seule)

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

… et un marché essentiel pour la Filière Electronique





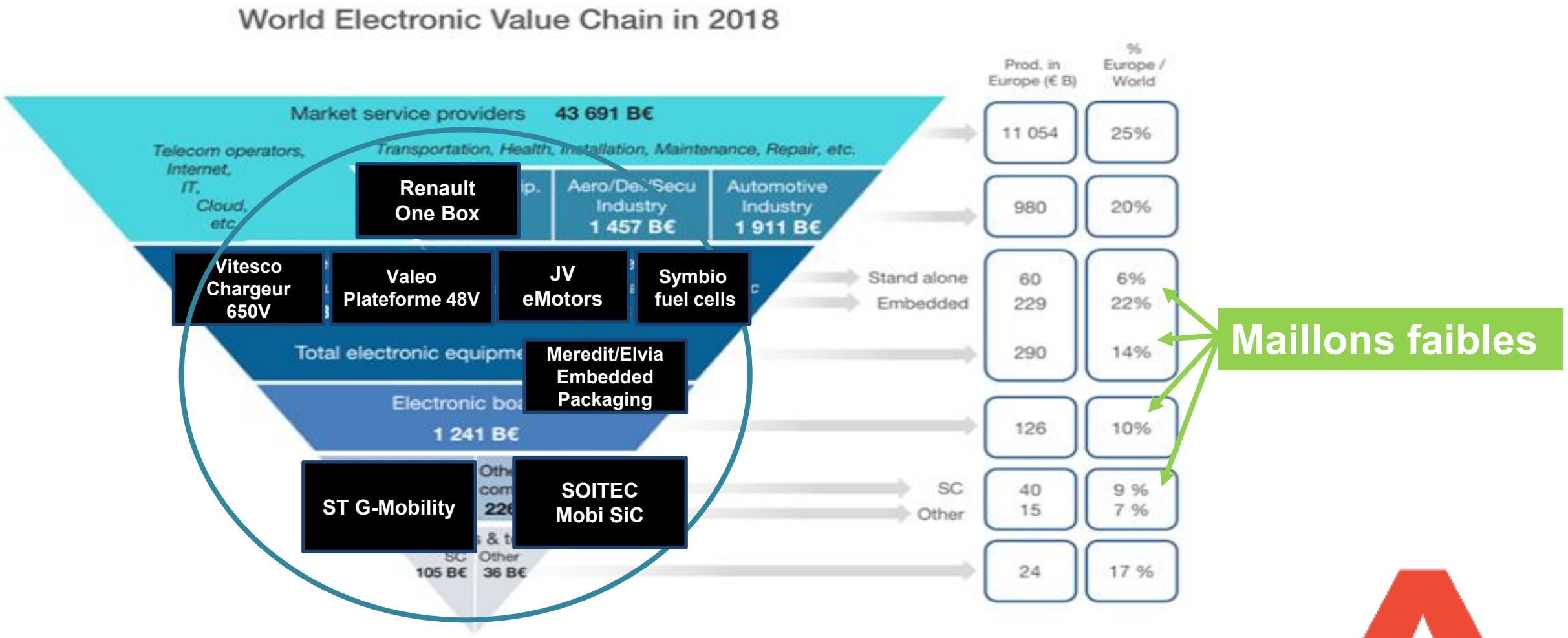
Source: Strategy Analytics

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

Vers une chaine de valeur complète et compétitive en France…

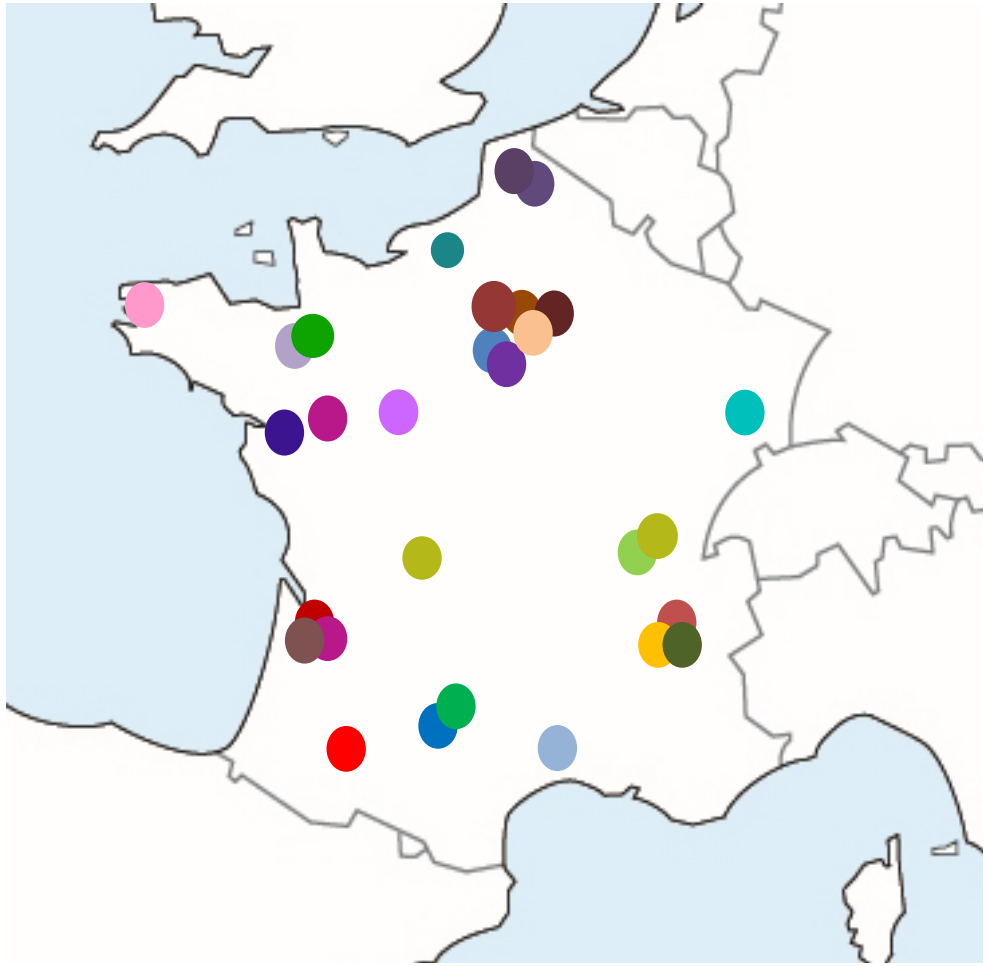
12 projets parmi les 27 retenus dans le CORAM en lien avec électronique de puissance



Source : DECISION Etudes & Conseil (Emerging Technologies in Electronic Components and Systems – Opportunities Ahead / DG CONNECT, 2019)

Propriété PFA- reproduction interdite
Confidential C

… et la France dispose d'atouts forts : Recherche et Industrie



23 Plants
24 R&D centers

35 Research labs
>800 researchers

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

La course à la performance est engagée!

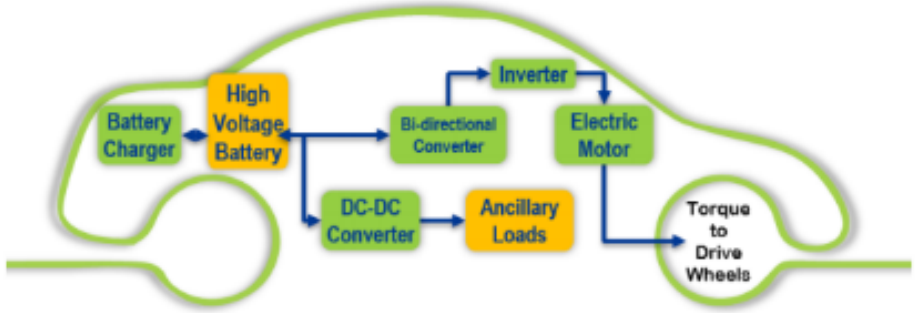
On-Board Charger	2020	2025	Change
Cost, $/kW	50	35	30% cost reduction
Specific power, kW/kg	3	4	33% weight reduction
Power density, kW/L	3.5	4.6	24% volume reduction
Efficiency	97%	98%	33% loss reduction

DC/DC Converter	2020	2025	Change
Cost, $/kW	<50	30	40% cost reduction
Specific power, kW/kg	>1.2	4	70% weight reduction
Power density, kW/L	>3.0	4.6	50% volume reduction
Efficiency	>94%	98%	60% loss reduction

Traction Inverter	2020	2025	Change
Cost, $/kW	8	6	25% cost reduction
Power density, kW/L	4.0	33	88% volume reduction

USDRIVE

DRIVING RESEARCH AND INNOVATION FOR VEHICLE EFFICIENCY AND ENERGY SUSTAINABILITY



- Industry association for EV
- Analysis on each key electronic system of the price/performance needed:
  - For Consumers
  - For Automobile makers
  - Expressed as targets for the Tier 1's

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

L’ambition du programme est de viser l’excellence

- **Excellence des produits :**
  - gagner plus de 30% en compacité
  - gagner plus de 3 points en rendement
  - Simplifier les systèmes : refroidissement par convection, par exemple
  - Réaliser le ratio valeur/coût le meilleur du marché

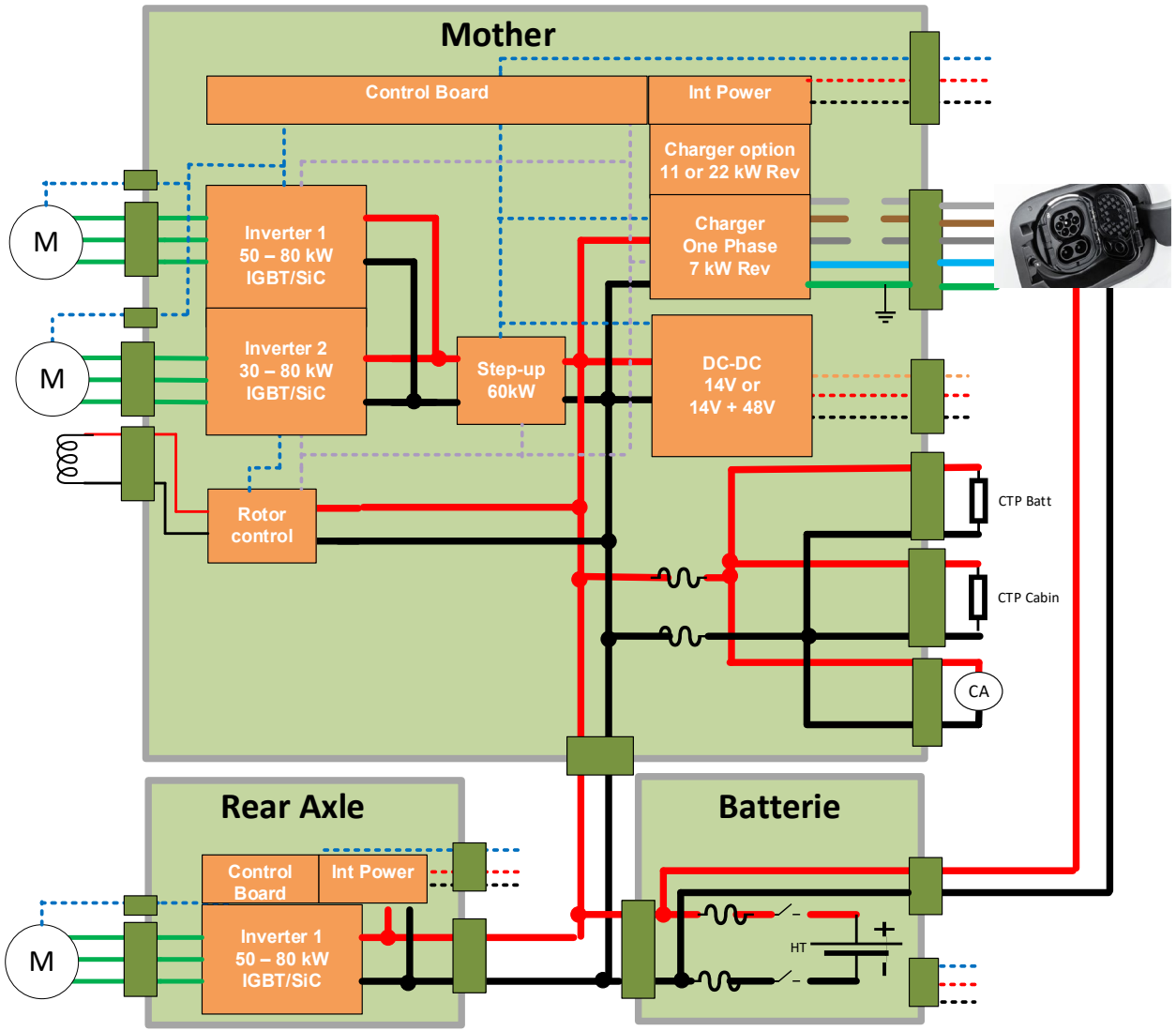
- **Excellence des process :**
  - Conception modulaire et standardisée pour minimiser les tickets d’entrée
  - Process de fabrication compétitifs en France
  - Cycle de vie optimal pour minimiser l’impact environnemental

L’ambition est d’avoir toutes les raisons de localiser en France

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

Exemple du projet Renault « One Box » (CORAM 2020)



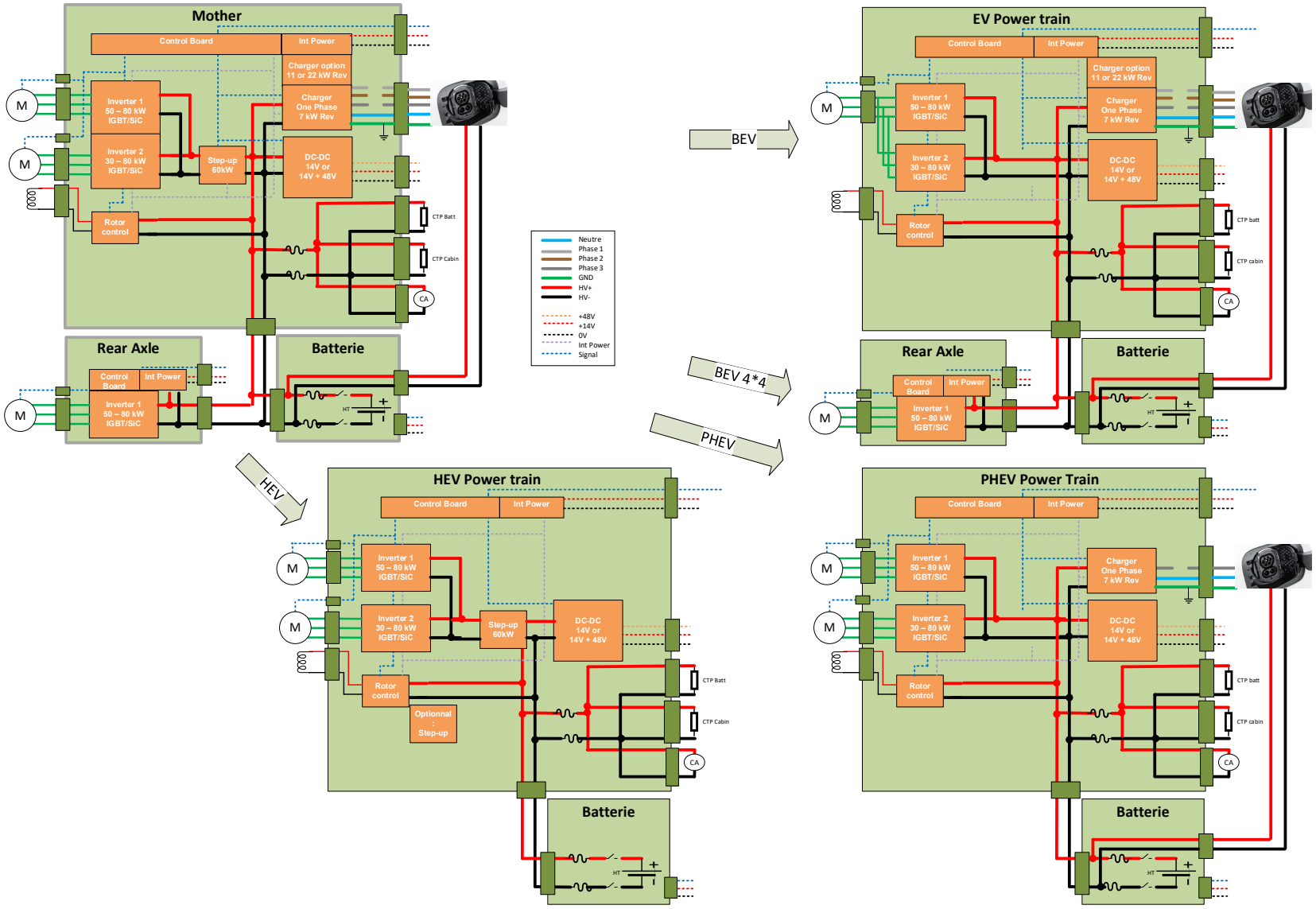
OBJECTIFS AMBITIEUX

- Compacité => - 30 % volume *
- A haut rendement (cibles à 95 % chargeur, 96 % DCDC, et 98.5 % onduleurs)
- Abordables (-30 % coût *)
- Standardisée (conception et industrialisation)

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

Et sa déclinaison sur toutes les applications xEV



Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

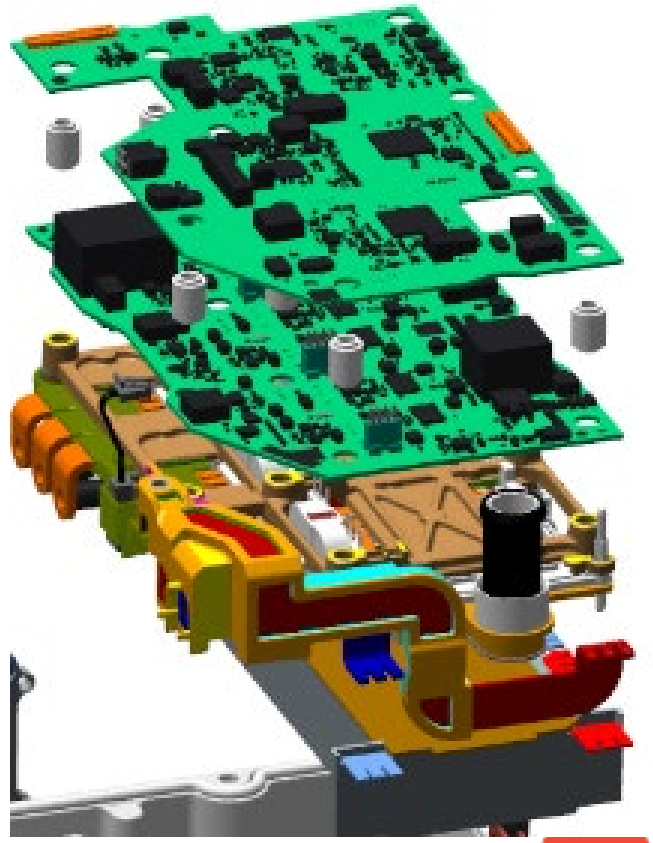
La performance système : optimum requiert excellence des actifs, des passifs, PCB, Busbars, refroidissement…

Power Supply with Silicon Power Supply with GaN

Compact bus bar for EV application

Bus bar assembly for power distribution in EV application

Monitoring bus bar examples for battery connections



FisherLink™: Laser welded Low-inductance [bus bar-cap] connection for SiC DC-Link

- Extremely low inductance <9nH
- Up to +20 % capacitance in a given volume

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

La standardisation est un axe essentiel pour la compétitivité : la PFA a fait le choix de se concentrer sur le module de puissance

Rang 2

Standardisation des composants

Plateforme processeur

Module de puissance

Composants passifs

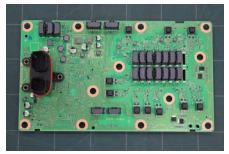
Rang 1

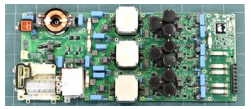
Standardisation des fonctions

Carte de commande et plateforme logiciel

Onduleur

Charger DC-DC





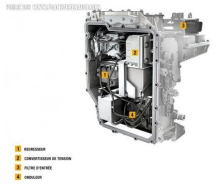
OEM

Standardisation des power train

Véhicule Electrique

Véhicule hybride

PEB plug-in hybride



Le module de puissance : >30 % de la valeur d'un onduleur

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

Les modules de puissance en pleine révolution!

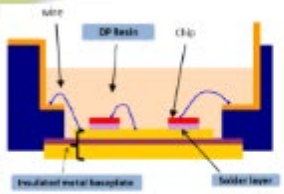
GLOBAL TRENDS FOR POWER MODULE PACKAGING

Roadmap of power module packaging design

In the future, power modules will be reshaped entirely, with material or design changes depending on the power level targeted.

Infineon's XHP 3
- Half-bridge 3.3 kV
- High isolation
- AlN - DBC
- AlSiC Baseplate

Bosch
- Molded package.
- Top leadframe interconnections.
- Low inductance.

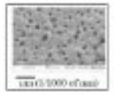


Insulated metal substrate

Direct cooling with no TIM

- Over-molded package.
- Top leadframe.
- Silver sintering for die attach.
- Insulated metal substrates (IMS).
- Double-sided cooling.
- Pin-fin baseplate.

Phase change materials



Silver paste or film sintering

Silicone gel or epoxy resin - high temperature

- Ribbon bonding.
- Flexible interconnection foils.
- Silver sintering for die attach.
- AlN or Si_3N_4 ceramics.
- AlSiC baseplate.

2015

2018

2020

>2022

High-power modules
Material developments

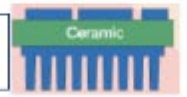
Mid-power modules
Design developments

toward:

Silver sintering & TLPS

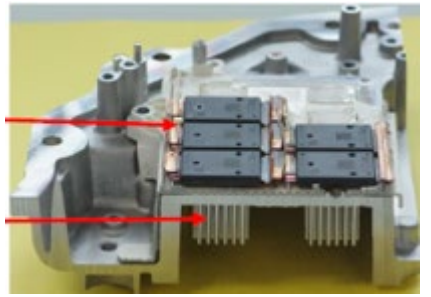
Flexible interconnection foil

Integrated substrates



No baseplate?

Over-molded & double-sided cooling



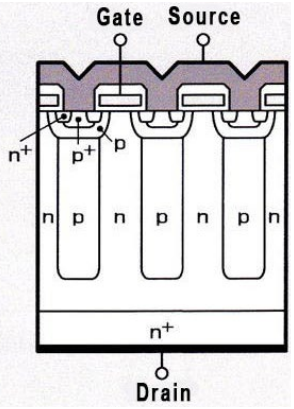
Executive Summary

Propriété PFA- reproduction interdite
Confidential C

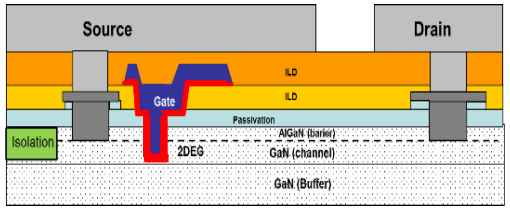
Les wide band gap change radicalement la donne

- Wide bandgap : champ électrique (>200V/µm) environ 10x haut que le Si
- HEMT : High electron mobility Transistor (2000 cm²/V.s) ➔ switch à très haute fréquence
- Forte augmentation de la densité de courant (➔ compacte et efficient) :

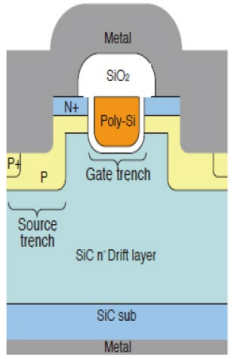
IFX Coolmos C7
20 mΩ.cm²



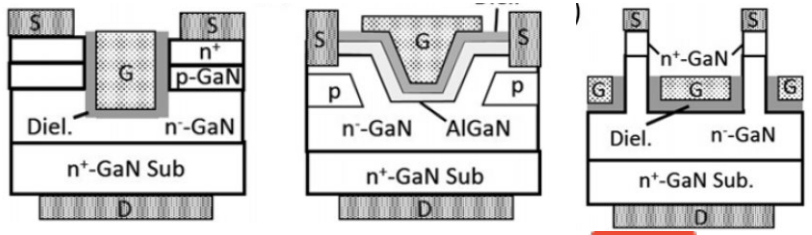
GaN HEMT lateral
(CEA)
5 mΩ.cm²



MOS SiC trench
(Rohm)
4 mΩ.cm²



MOS GaN vertical (Academic Research) :
1 mΩ.cm²

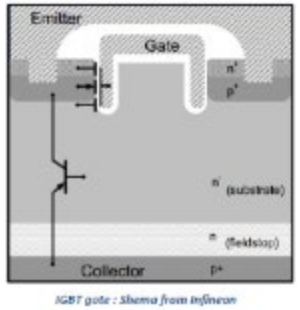


Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

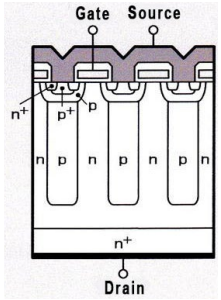
Les wide band gap et leur potentiel futur

IGBT / Si Mosfet



IGBT gate : Shema from Infineon

S-junction

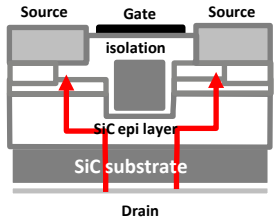


- Inverter low power

Silicium to SiC :
Better efficiency and power density

=> C02 reduction
=> Volume reduction

SiC Mosfet

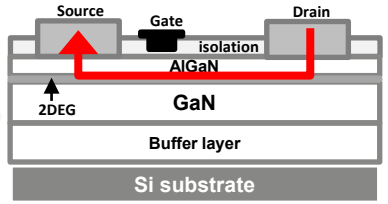


- Step-up
- Inverter for high power

SiC to Gan
Higher frequency and lower Wafer Cost

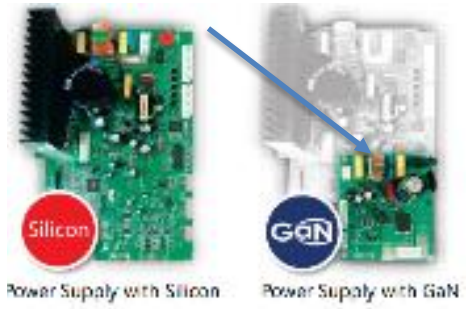
=> Cost reduction
=> Volume reduction

GaN



- Charger
- DC/DC

FE Inverter SiC evolution



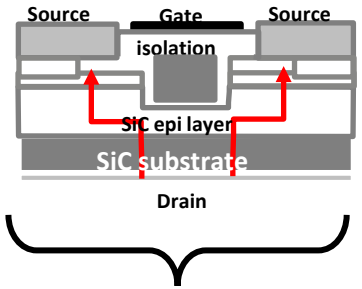
Power supply Si to Gan evolution

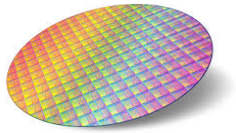
Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

SiC : impératif de réduire le gap en coût avec Si

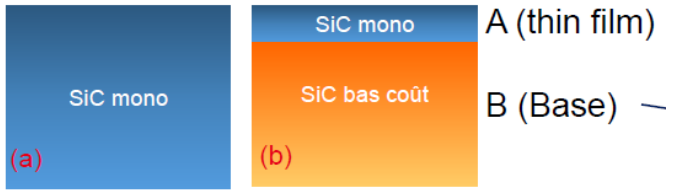
- **To move to bigger wafers :**



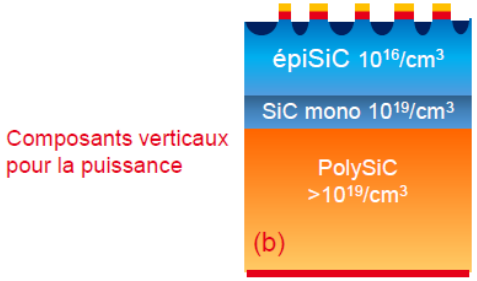


6 inches to 8 inches and beyond

- **Other actions as “smart cut”**



(a)Produit actuel
(b)Produit SOITEC



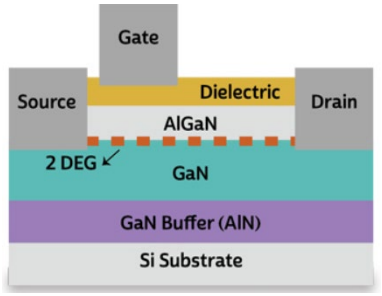
Composants verticaux pour la puissance

Propriété PTA- reproduction interdite

Confidential C

GaN : impératif du « normally-off » et qualification automobile

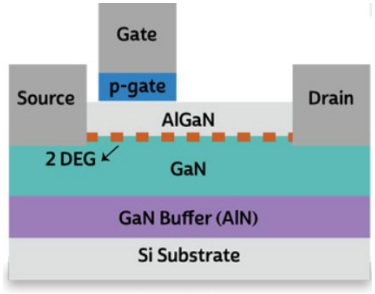
D-Mode GaN HemT (Normally-On device)



+ : Robust design
  8'' available process
- : Normally On Device

VisIC
EXAGAN Accelerate Power Transition
transphorm

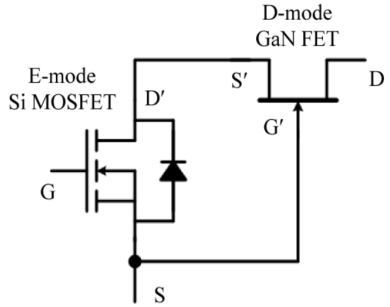
E-Mode GaN HemT (Normally Off device)



+ : Normally off Device
  => Application oriented
- : Risk on Gate Isolation
  6'' available process

infineon
ON Semiconductor
GaN Systems

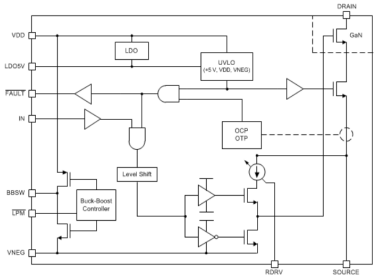
D-Mode GaN with LV Si MOSFET in Cascode



+ : Normally off circuit,
  control via Si MOSFET Gate
  => Application oriented
- : 2 chips Solution
  Speed of GaN limited by Si MOSFET

nexperia

D-Mode GaN with LV Si MOSFET in Cascode + integrated driver



+ : Normally off circuit,
  with integrated driver
  => Application oriented
- : 2 chips Solution

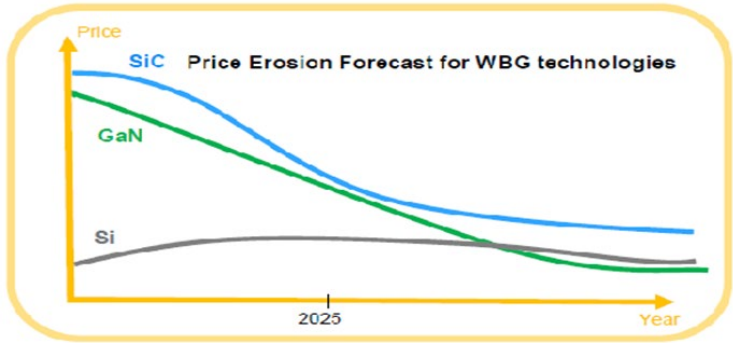
Texas Instruments
VisIC
EXAGAN Accelerate Power Transition

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

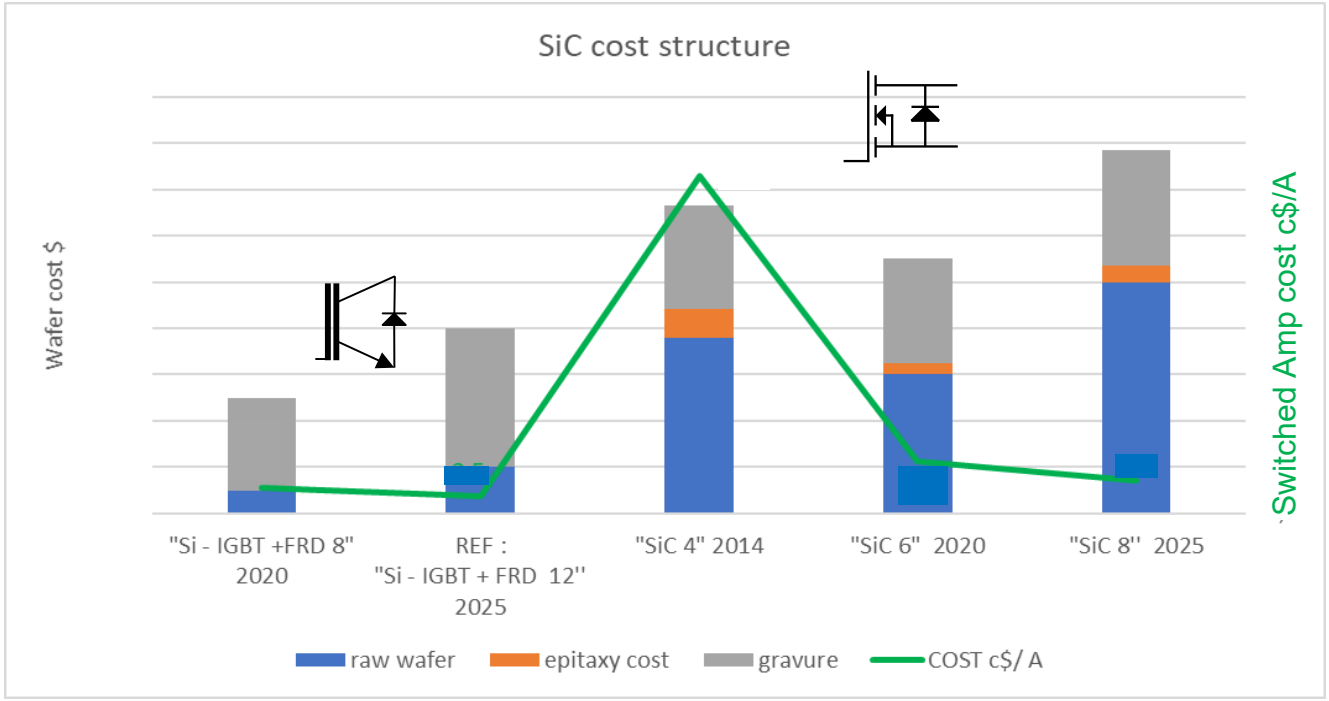
Potentiel important de réduction de coût des WBG⇔ Si

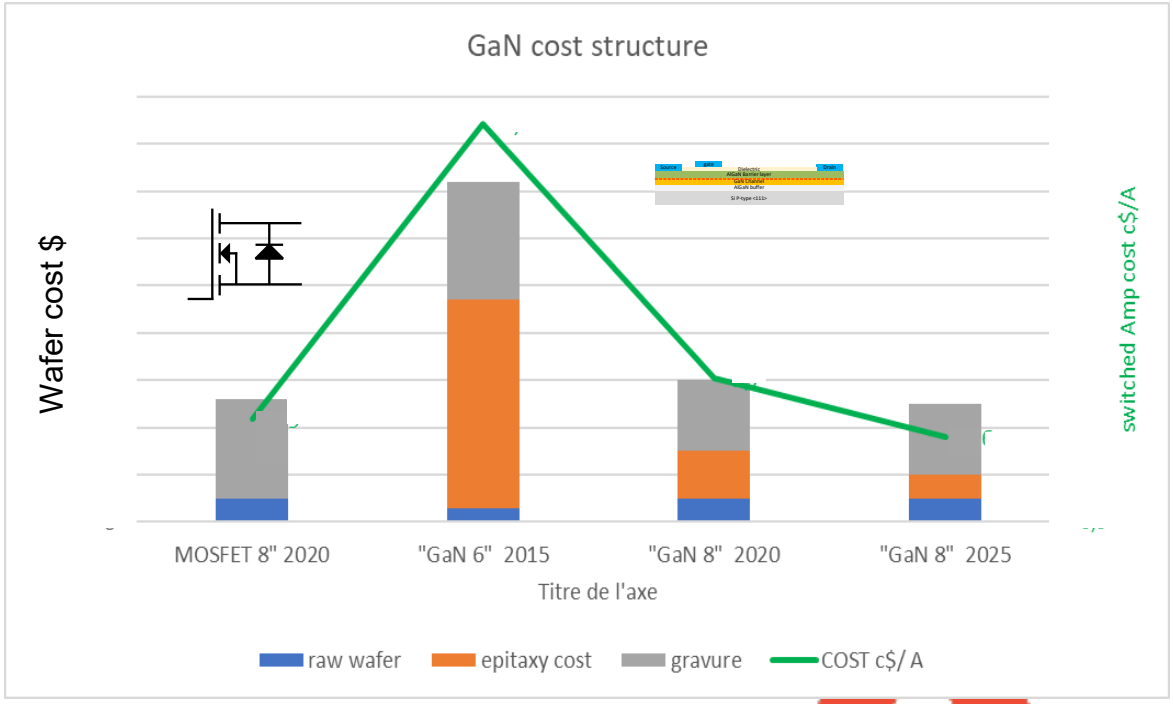
La courbe d'apprentissage est engagée:



Le coût de l'Ampère commuté du GaN va devenir inférieur à celui des MOSFET

Pour les onduleurs, les IGBT resteront moins chers que le SiC au niveau du composant mais le gap se réduit



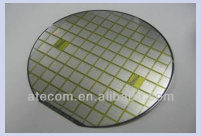
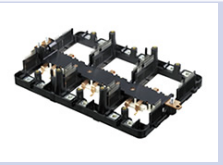


Propriété PFA- reproduction interdite

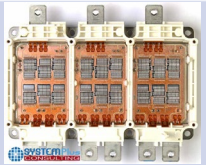
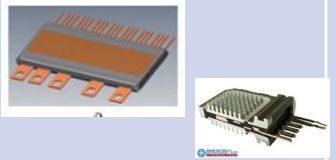
Confidential C

Le GT standardisation du programme a évalué les possibilités de localisations performantes en France

Composants Module de Puissance

	Puce SiC,IGBT,Gan	Substrat	Soldering / Sintering	Bases plates	Housing + connections	Gel	Molding
							
Production possible en France	Puces GAN => ST	Non : leader existant	Oui à développer	Oui à développer	Oui à développer	Non : leader existant	Oui développer

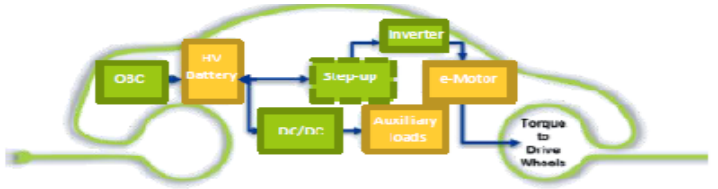
Assemblage Module de Puissance

	Gel filled Power module	Overmolded 1 switch small	Overmolded 1-3 Phase	Die in PCB (Charger/DC-DC)	Pas Automobile	Support / Labos
						
Production possible en France	oui : : Valeo, Vitesco, Thales ?	Non : pas de plus value / back end Asie	oui : : Valeo, Vitesco, Thales ?	Que si nouveaux fournisseurs de PCB		

Propriété PFA- reproduction interdite

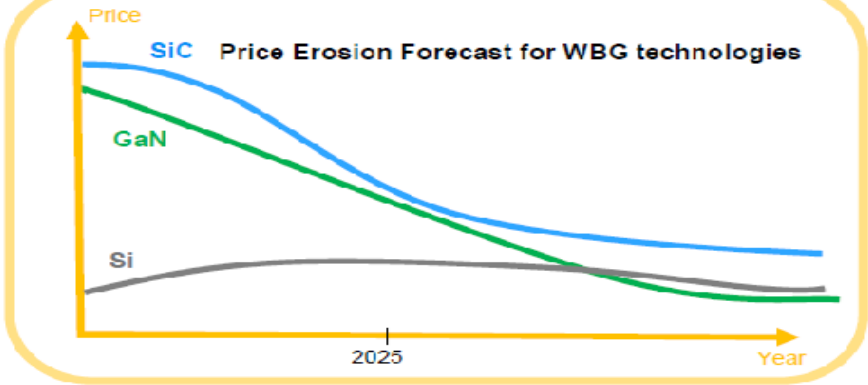
Confidential C

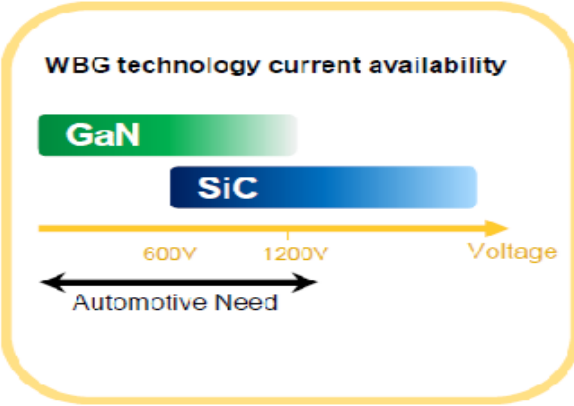
La transformation est très rapide et il faut aller très vite :

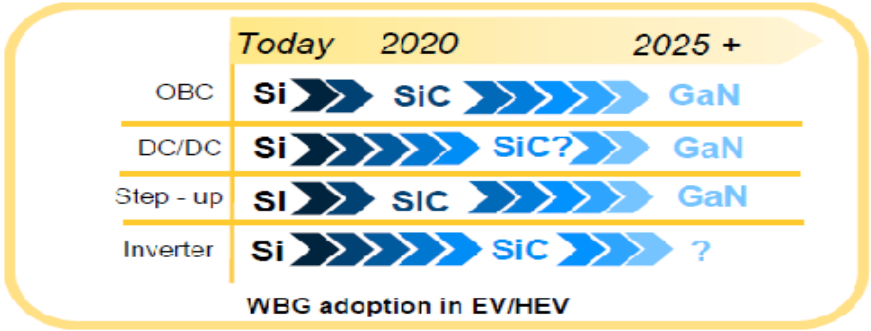


Weight reduction !

WBG brings clear advantage In terms of Size, Efficiency and system level Cost







WBG adoption in EV/HEV

La mutation technologique vers SiC et GaN va se produire avant 2030
Chacune de ces technologie aura son domaine privilégié

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

En synthèse

Enjeux automobile :

- **autonomie et/ou gains en CO2** ⇔ **>30%** de réduction des pertes des onduleurs
- **compacité : > 30%** du volume de ces objets
- **compétitivité :** faire face à la menace chinoise ⇔ **-50% BEV et -30% HEV/PHEV** en coût
- **programme national** des deux filières automobile et électronique : **industrie Française opérationnelle dès 2025-2026**.

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

En synthèse

Enjeux automobile :

- **autonomie et/ou gains en CO2** ⇔ **>30%** de réduction des pertes des onduleurs
- **compacité : > 30%** du volume de ces objets
- **compétitivité :** faire face à la menace chinoise ⇔ **-50% BEV et -30% HEV/PHEV** en coût
- **programme national** des deux filières automobile et électronique : **industrie Française opérationnelle dès 2025-2026**.

La stratégie : pousser à fond la mutation vers les WBG avec enjeu de souveraineté (Chine en embuscade)

- **onduleurs haute tension** (>48V) : privilégier le **SiC** ⇔ adapté haute puissance et plage de fréquence suffisante
- **chargeurs embarqués et DC/DC** : privilégier le **GaN** ⇔ très haute fréquence et capacité de puissance suffisante
- **onduleurs basse tension <48V** : considérer le **GaN** ⇔ capacité puissance et plage de fréquence suffisantes

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

En synthèse

- **Enjeux automobile :**
  - **autonomie et/ou gains en CO2** ⇔ **>30%** de réduction des pertes des onduleurs
  - **compacité : > 30%** du volume de ces objets
  - **compétitivité :** faire face à la menace chinoise ⇔ **-50% BEV et -30% HEV/PHEV** en coût
  - **programme national** des deux filières automobile et électronique : **industrie Française opérationnelle dès 2025-2026**.
- **La stratégie : pousser à fond la mutation vers les WBG avec enjeu de souveraineté (Chine en embuscade)**
  - **onduleurs haute tension** (>48V) : privilégier le **SiC** ⇔ adapté haute puissance et plage de fréquence suffisante
  - **chargeurs embarqués et DC/DC** : privilégier le **GaN** ⇔ très haute fréquence et capacité de puissance suffisante
  - **onduleurs basse tension <48V** : considérer le **GaN** ⇔ capacité puissance et plage de fréquence suffisantes

Les priorités des percées technologiques :

- **au niveau système** : aucun maillon faible pour réduire l'optimisation des WBG ⇔ avoir des passifs, busbars, PCB, refroidissement, etc… optimisés pour usage des SiC et GaN
- **SiC** : réduire le gap de coût entre Si (IGBT) et SiC ⇔ vers des wafers ≥ 8" et production compétitive en Europe.
- **GaN** : deux axes incontournables ⇔ « normally off » optimal (E-mode ?) et qualification automobile au plus vite.
- **Process :** priorité n°1 de minimiser l'empreinte carbone sur l'ensemble du LCA ⇔ Electricité décarbonée en France

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

En synthèse

- **Enjeux automobile :**
  - **autonomie et/ou gains en CO2** ⇔ **>30%** de réduction des pertes des onduleurs
  - **compacité : > 30%** du volume de ces objets
  - **compétitivité :** faire face à la menace chinoise ⇔ **-50% BEV et -30% HEV/PHEV** en coût
  - **programme national** des deux filières automobile et électronique : **industrie Française opérationnelle dès 2025-2026**.

- **La stratégie : pousser à fond la mutation vers les WBG avec enjeu de souveraineté (Chine en embuscade)**
  - **onduleurs haute tension** (>48V) : privilégier le **SiC** ⇔ adapté haute puissance et plage de fréquence suffisante
  - **chargeurs embarqués et DC/DC** : privilégier le **GaN** ⇔ très haute fréquence et capacité de puissance suffisante
  - **onduleurs basse tension <48V** : considérer le **GaN** ⇔ capacité puissance et plage de fréquence suffisantes

- **Les priorités des percées technologiques :**
  - **au niveau système** : aucun maillon faible pour réduire l'optimisation des WBG ⇔ avoir des passifs, busbars, PCB, refroidissement, etc… optimisés pour usage des SiC et GaN
  - **SiC** : réduire le gap de coût entre Si (IGBT) et SiC ⇔ vers des wafers ≥ 8" et production compétitive en Europe.
  - **GaN** : deux axes incontournables ⇔ « normally off » optimal (E-mode ?) et qualification automobile au plus vite.
  - **Process :** priorité n°1 de minimiser l'empreinte carbone sur l'ensemble du LCA ⇔ Electricité décarbonée en France

Propriété PFA- reproduction interdite

Confidential C

Merci pour votre attention

Confidential C