

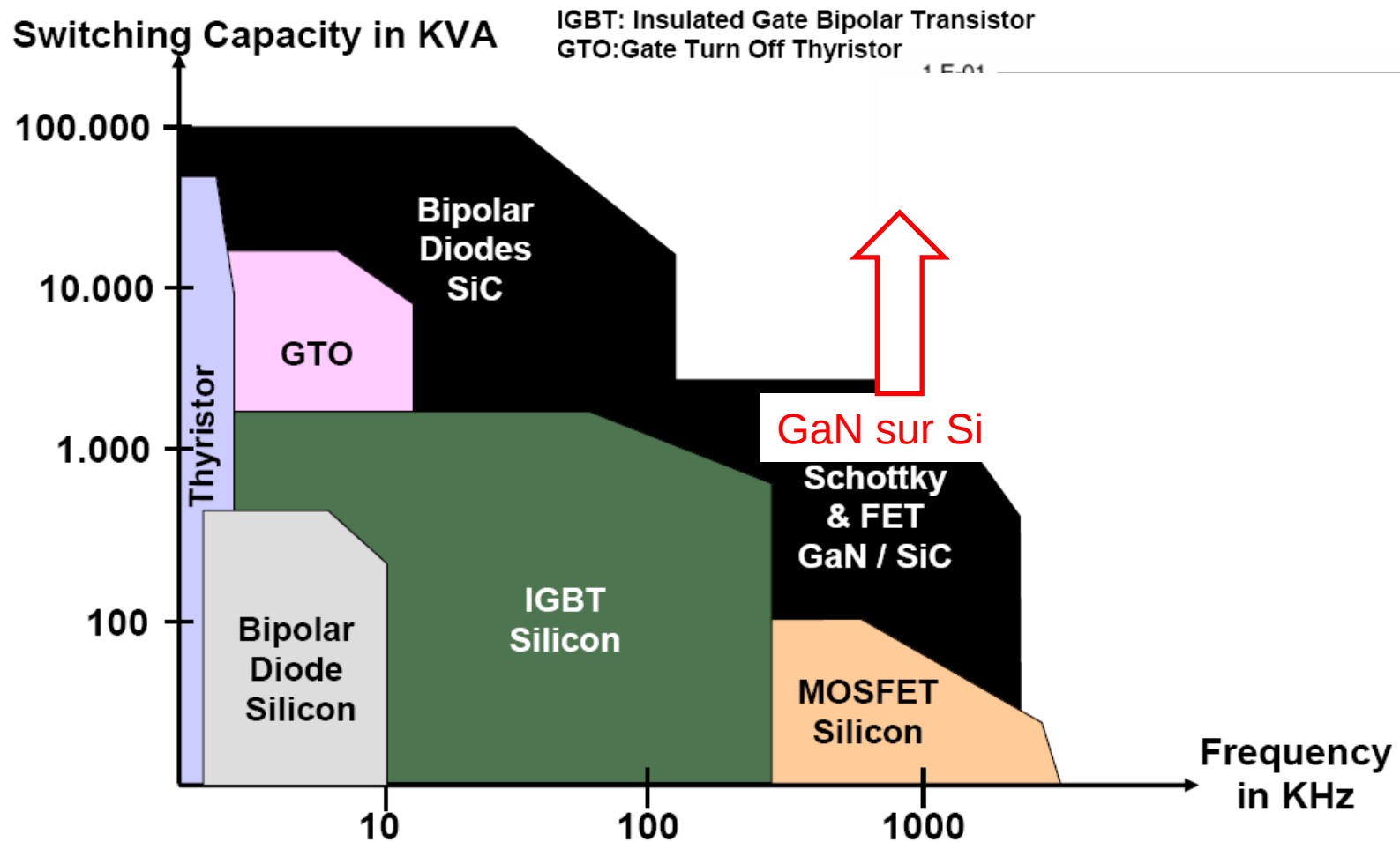


Matériaux architecturés, pour le packaging en électronique de puissance

Yves Bienvenu
Centre des matériaux
MinesParisTech



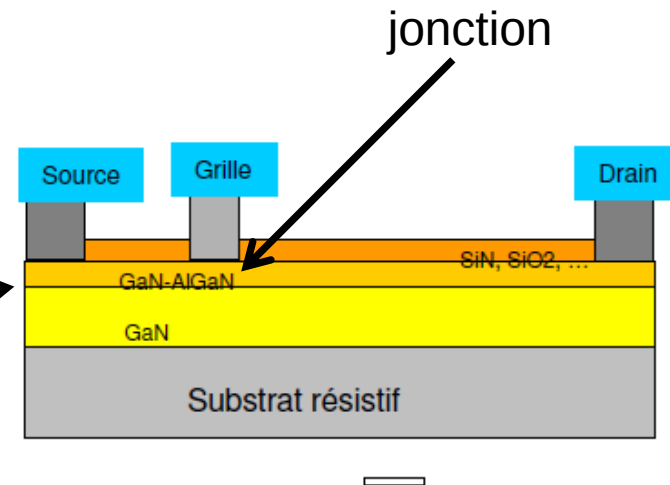
GaN sur Si et les autres transistors



Caractéristiques de GaN

SiC et GaN / Si

- Bande interdite: **3,5** / 1 eV
- T_j max = **250°C** / 180°C
- Champ de claquage x **10**
- Mobilité des électrons (gaz 2D)
→ fréquence x **10**, pertes/ > **3**
- Croissance en épitaxie sur (111) Si: transposition du process de Si à GaN facilité
- **Fonctionne en « normally ON »!** Mais OFF est possible (plus cher!)
- **Pilotage délicat** $V_g \in [5-6V]$

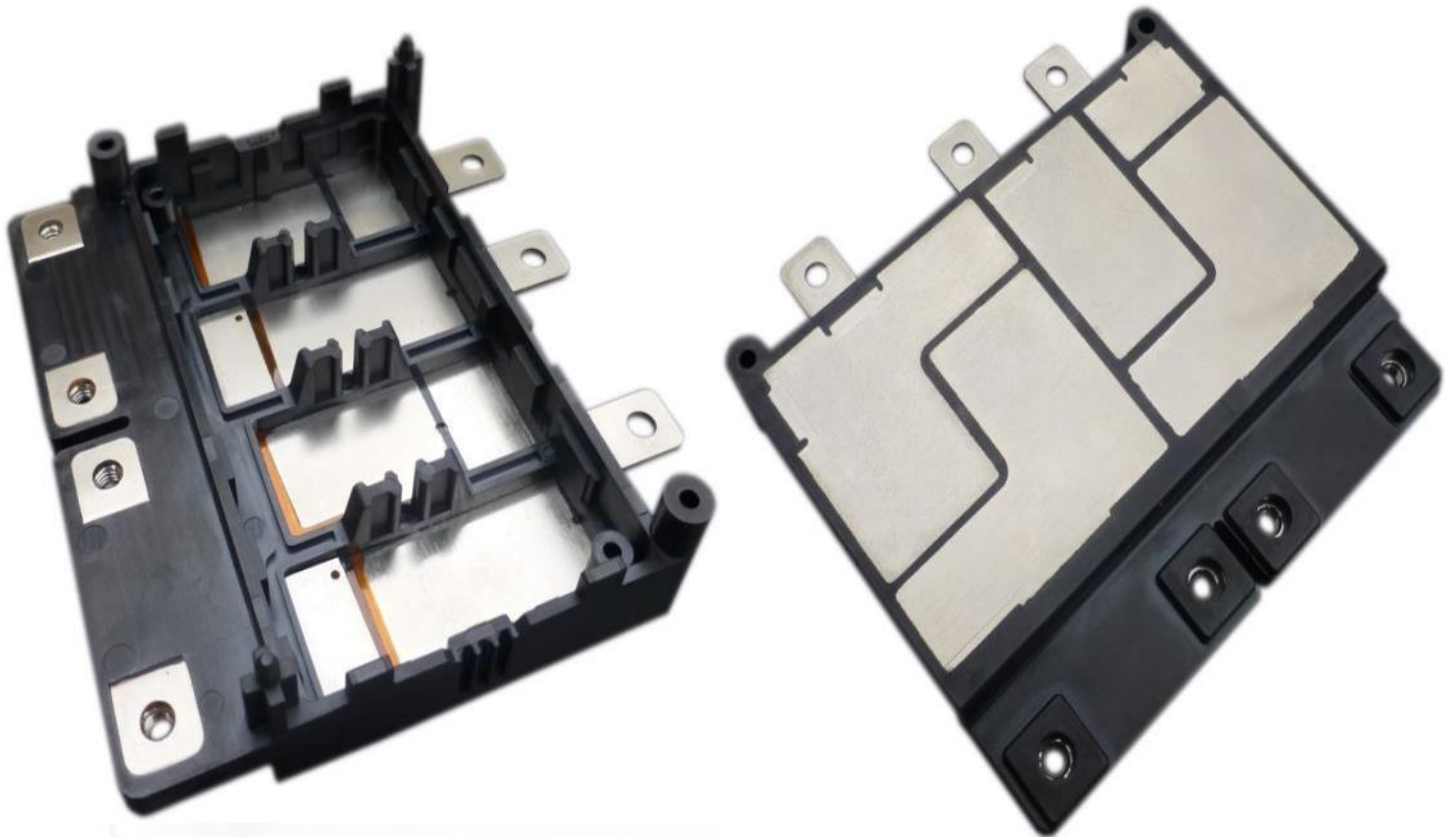


Vers 10% du marché des transistors de puissance en 2020?

Plus de 20 acteurs, 6 producteurs dont Infineon/IR, Onsemi, GaN Systems, Transphorm, ExaGan (SOITEC/CEA), Dowa, Yasakawa,

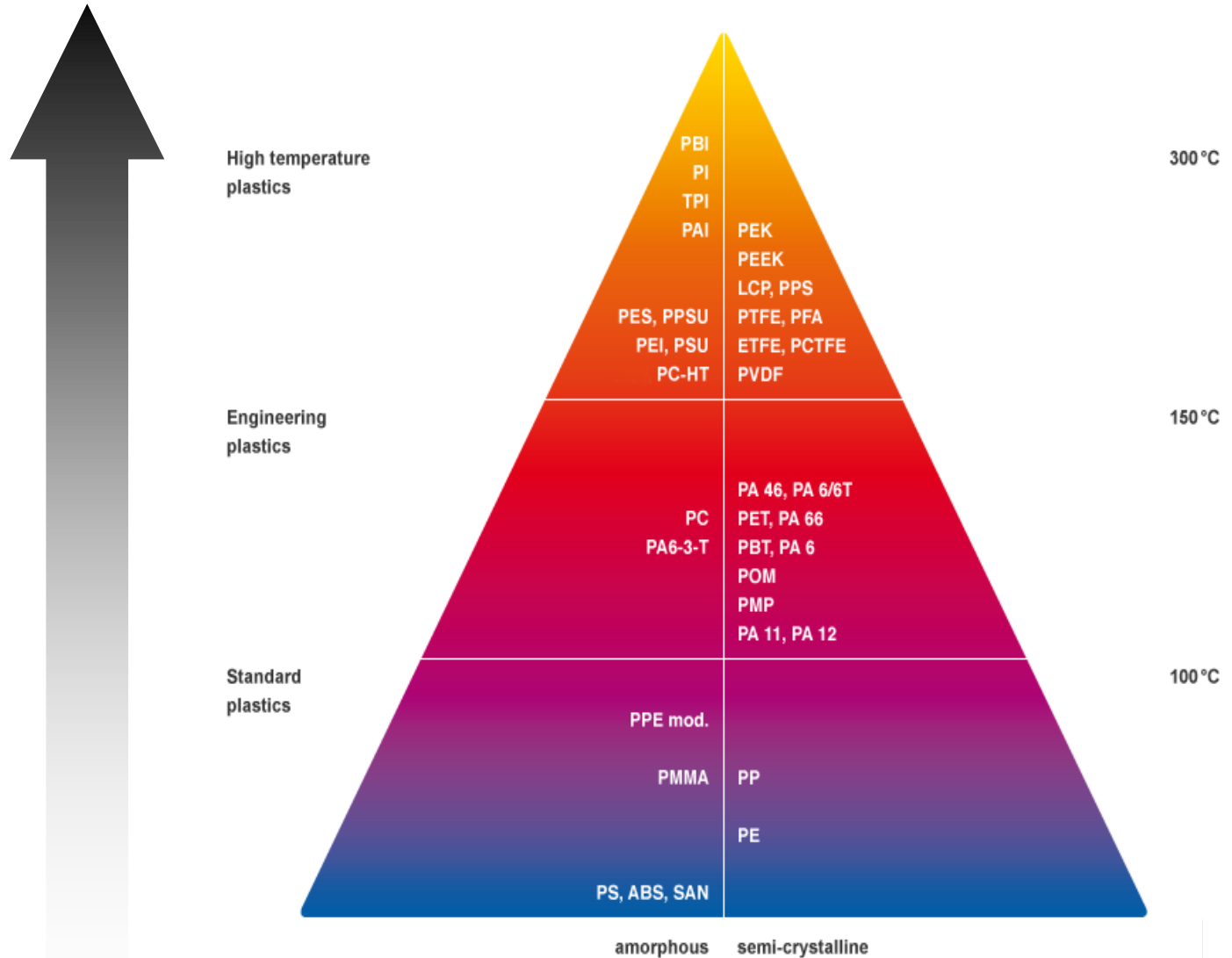
Packaging pour composants Electroniques de forte puissance

I.M.L. Technology – Insulated Molded Leadframe



Polymères pour le surmoulage

Coût & Performance

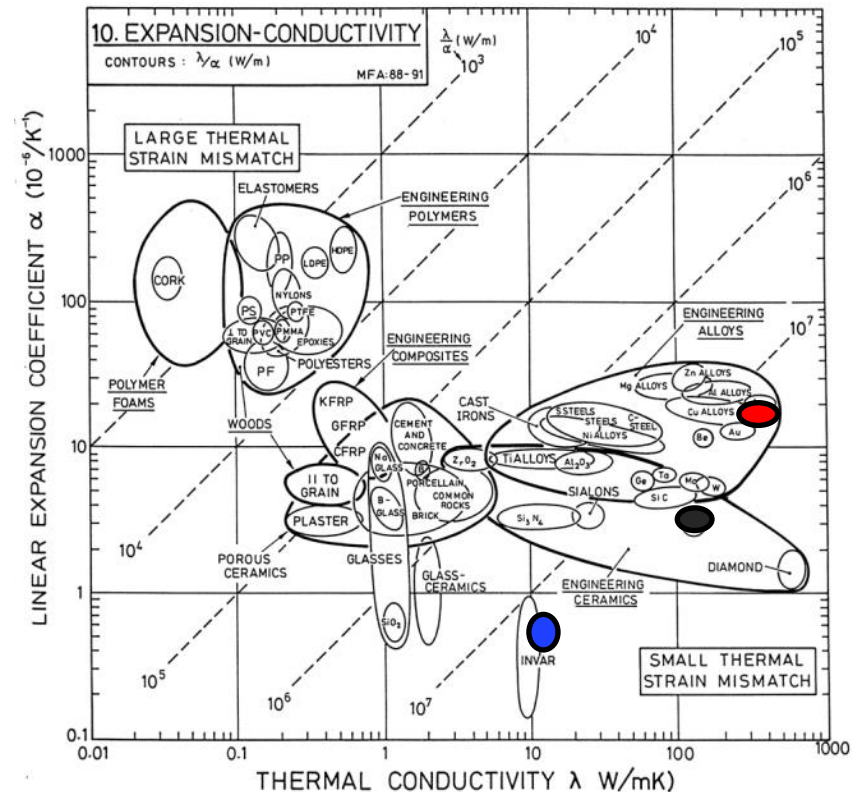


Compromis Conductivité / dilatation (Ashby & al)

Endommagement thermique du matériau de report des puces GaN (Si) sur substrat cuivre

Il faut « diminuer » le coefficient de dilatation du cuivre!

Intérêt de l'invar et du diamant!



Substrats colaminés Cu/FeNi36/Cu à ponts thermiques (brevet Armines 2011)

Assemblage $\neq$ matériaux



Dilatation différentielle



Cisaillement dans la brasure

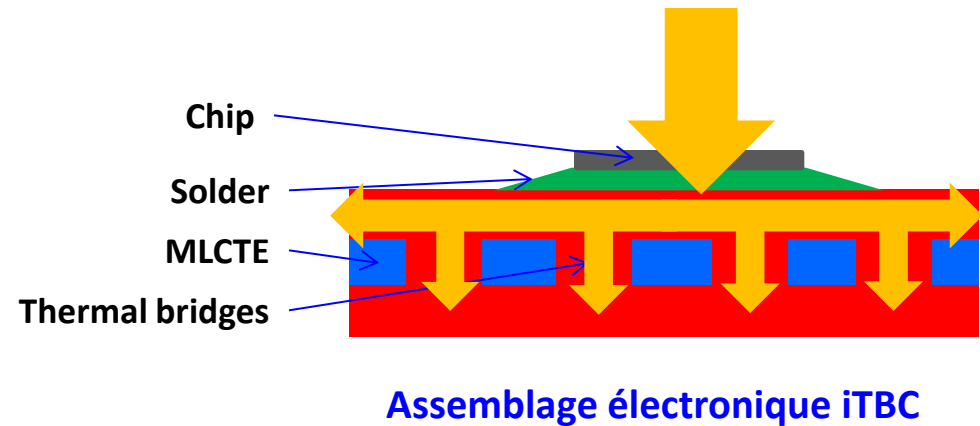
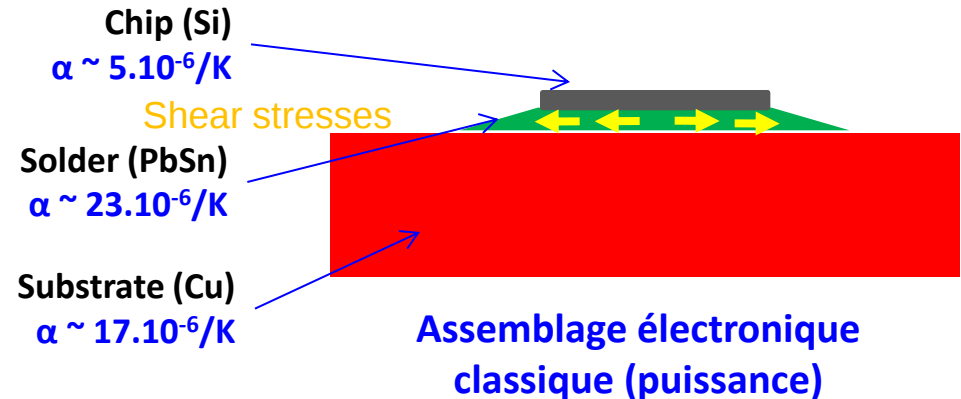


Endommagement

 **Nouveau substrat faible CTE et
bonne conductivité thermique**

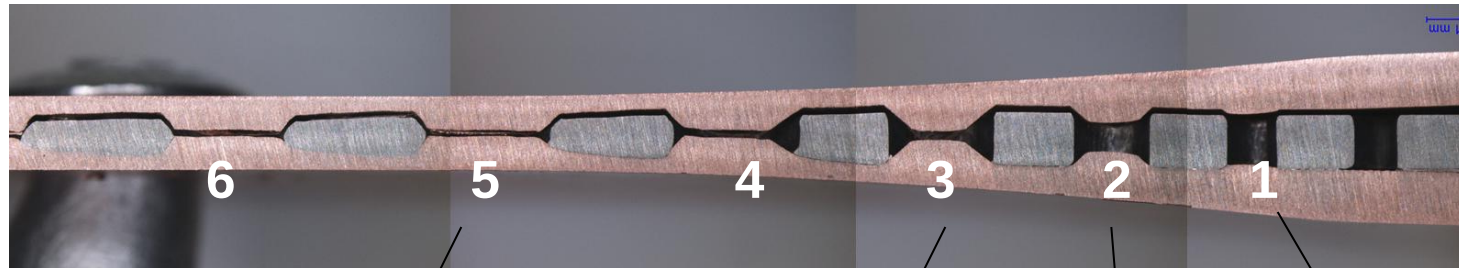
**Substrat architecturé à
ponts thermiques**

Thèse A.Kaabi 2011



MLCTE: material with low coefficient of thermal expansion

Etude du remplissage et du soudage ➔ laminage interrompu

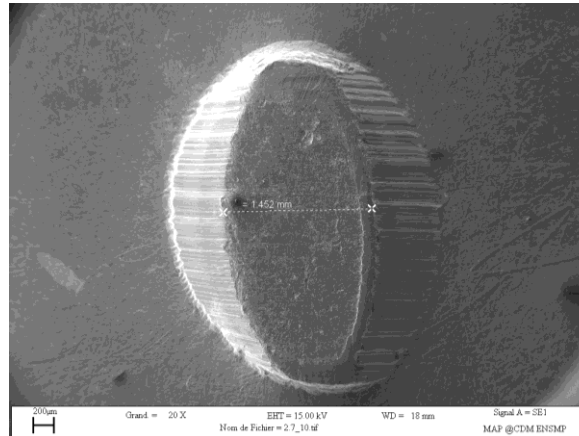
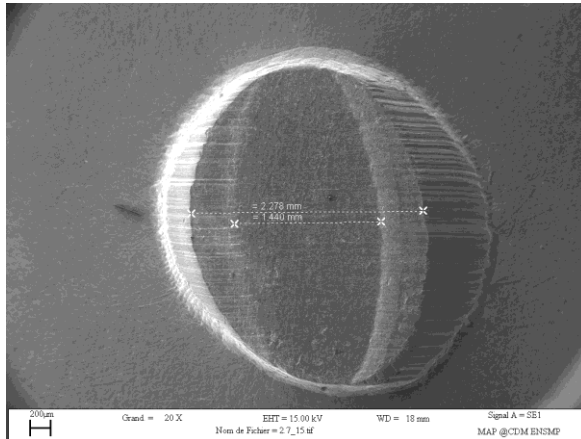


D.Guinet

Soudage contact

extrusion

découpe 1/2 pont



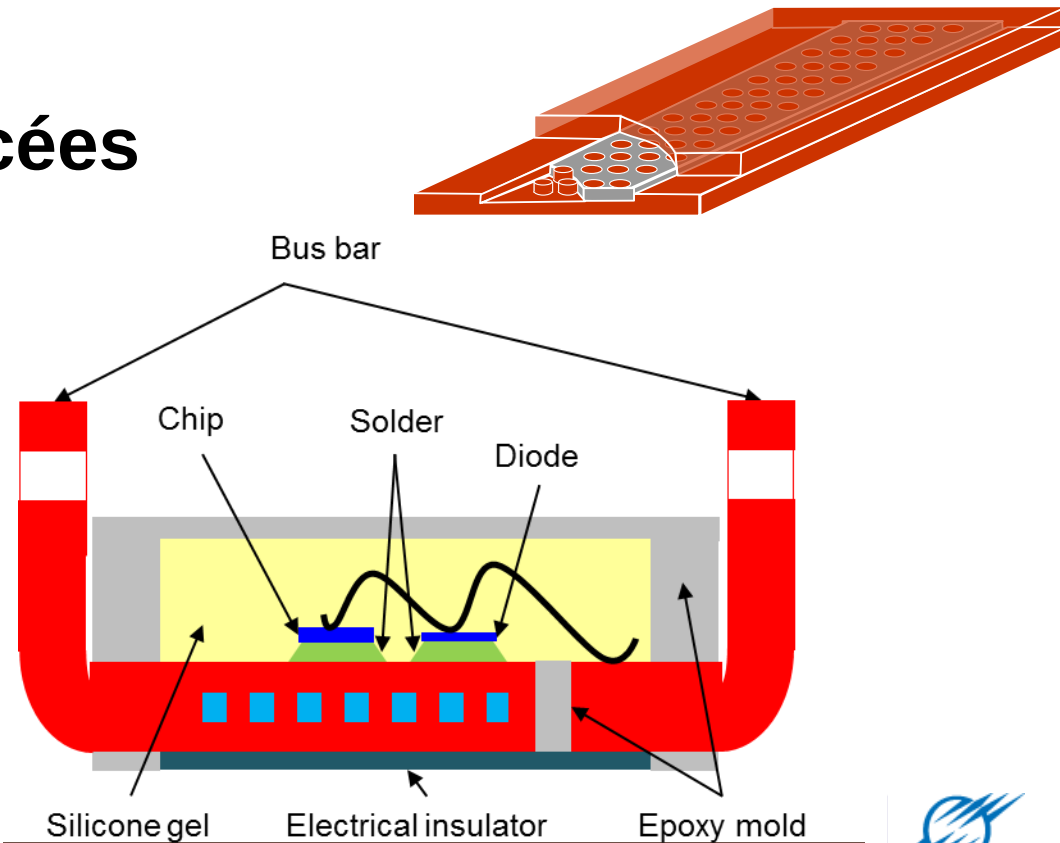
Remplissage :

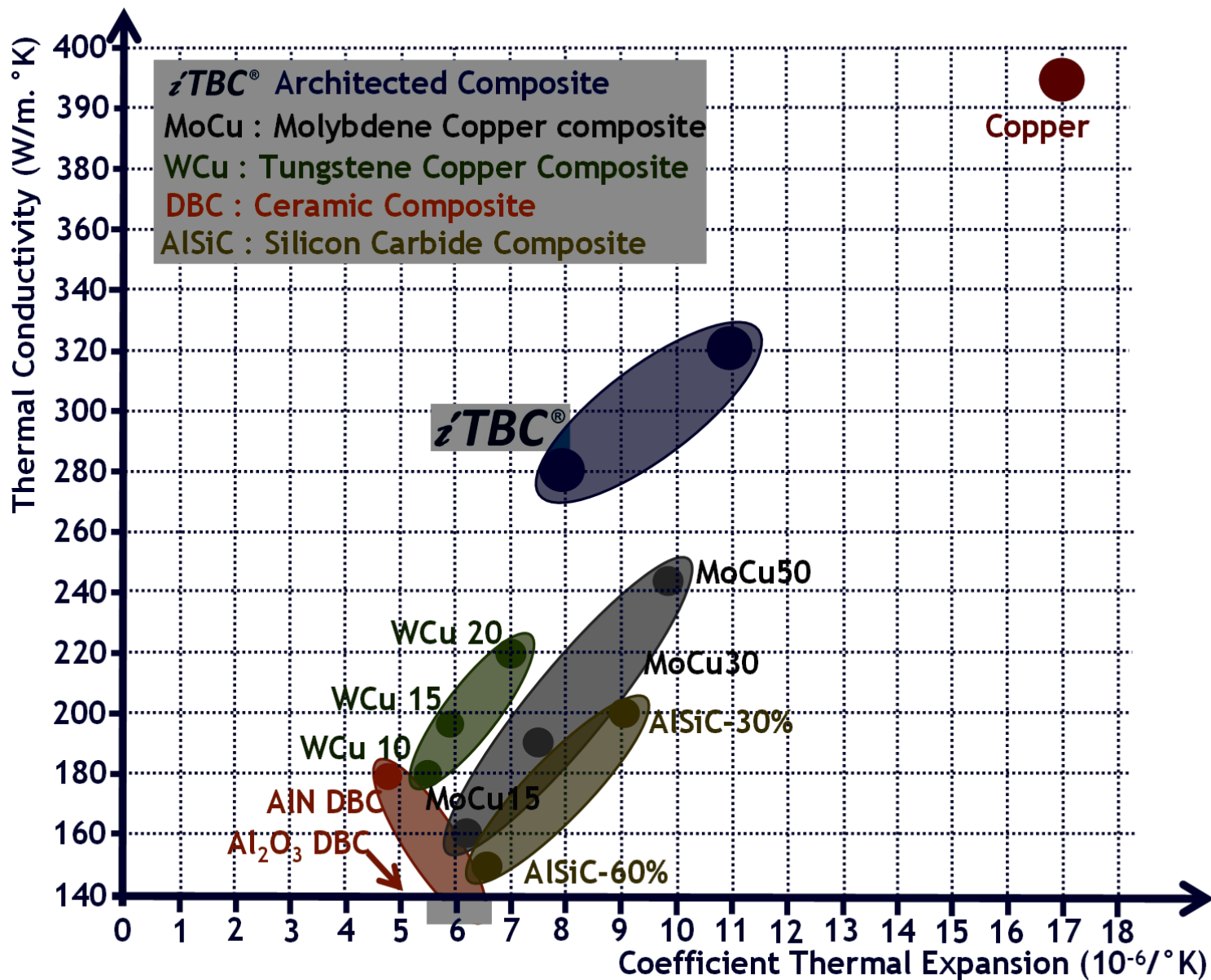
**2/3 de découpe-extrusion du cuivre au dessus du perçage,
1/3 découlement plastique du cuivre du voisinage du perçage**

Nouvelle Architecture « MeGaN »

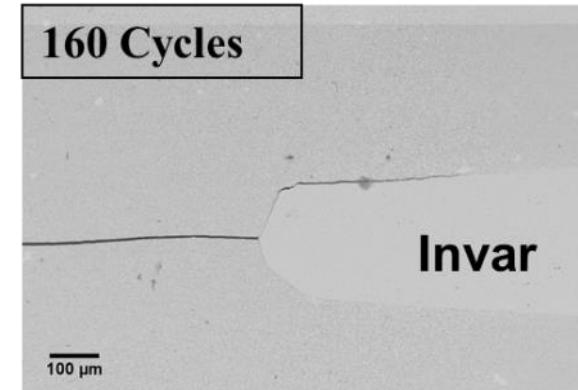
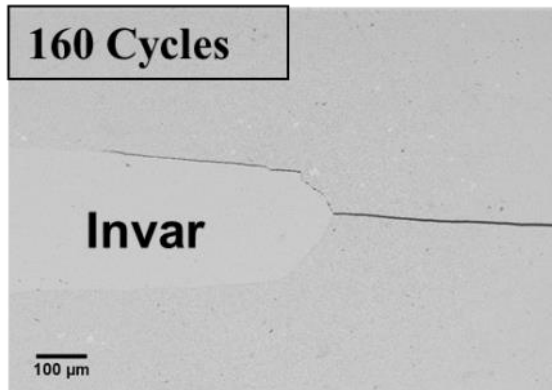
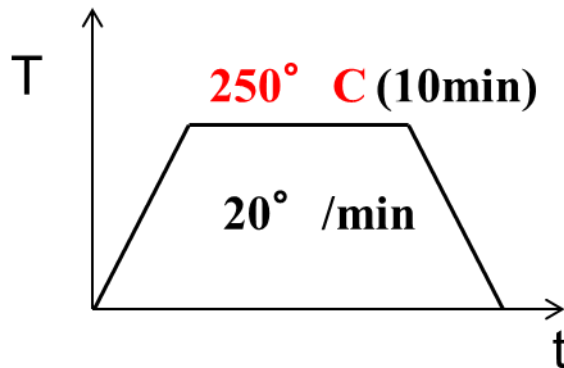
Le renforcement par l'invar du cuivre est limitée à une bande centrale sous les « pucès ».

Les ailes non renforcées facilitent le pliage et le recyclage, tout en diminuant les coûts matière



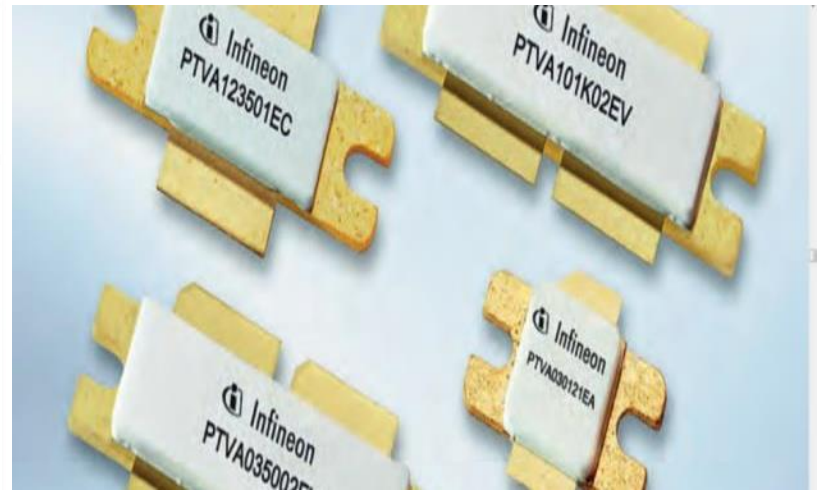
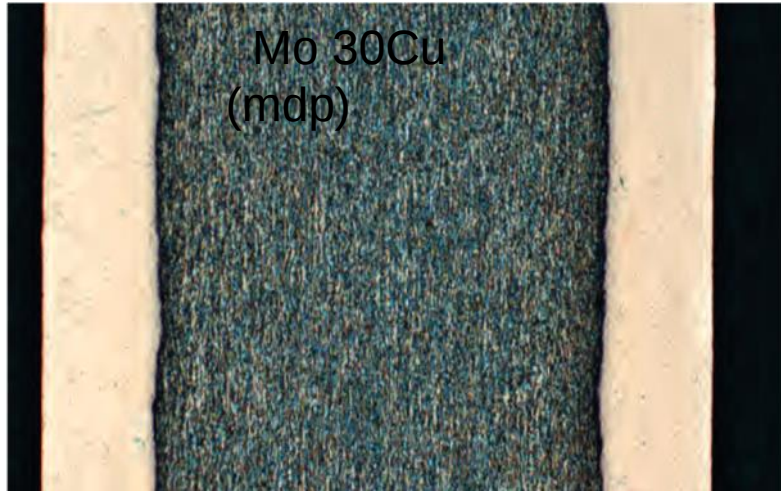


Test de fatigue thermique au laboratoire



Optimisation architecture et procédé en cours (thèse Hiba Fekiri)

Autre architecture à pont thermique: Solution Cu/MoCu/Cu de Plansee



Bande centrale: cofilage poudres Mo/Cu à chaud, puis colaminage Cu: ménage des « ponts thermiques »

Nanotubes de carbone et électronique de puissance

■ Fabrication:

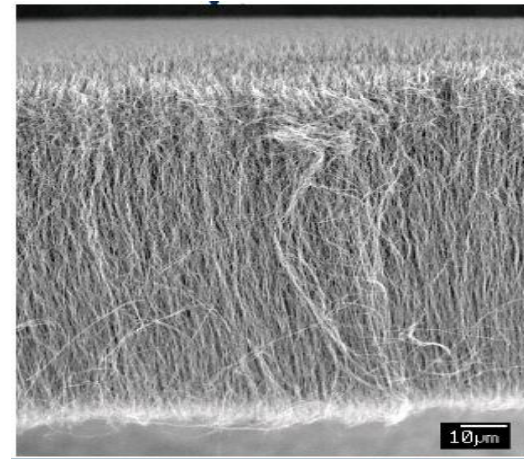
- Par condensation d'une vapeur de carbone (arc ou laser)
- Réactions en phase gazeuse,

■ Propriétés:

- conductivité thermique ~ 3000 W/mk (8x cuivre)
- Conductivité électrique
- Résistance mécanique ~ 200 GPa (10 x fibre de carbone)
- Module élastique ~ 1 TPa (8 x cuivre)

■ Utilisation:

- Composite métallique ou adhésif composite



- ***Cylindre de cellules hexagonales - diamètre 1-70nm, longueur : 1-500μm typiquement***

Substrats de composants de puissance dérivés du cuivre : optimisation conductivité / dilatation

■ Composites à base de graphite:

- Graphite-Cu ou Al par infiltration, conductivités th 200 à 400 W/mK (comme Cu),
- Mousse de carbone infiltrée par du cuivre, conductivité > 600W/mK
- Coefficient de dilatation thermique divisé par 2 par rapport au cuivre

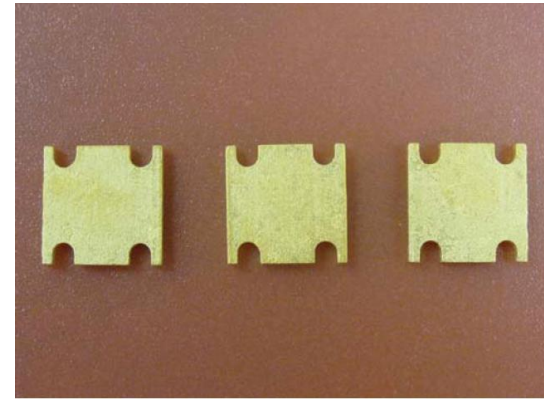
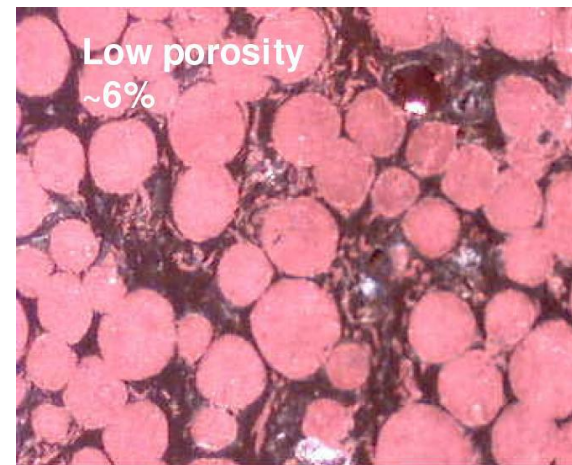


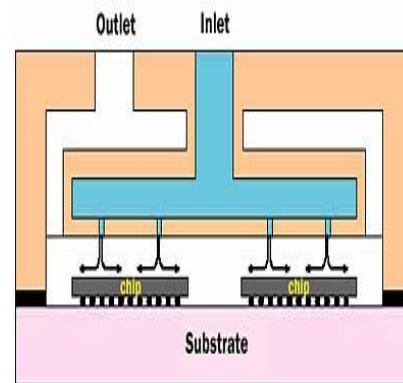
Exhibit 2.7 GraphMet 350 components
(courtesy MER Corp)



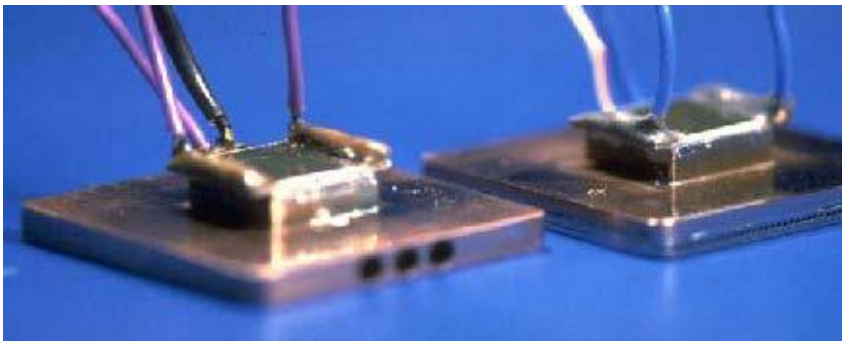
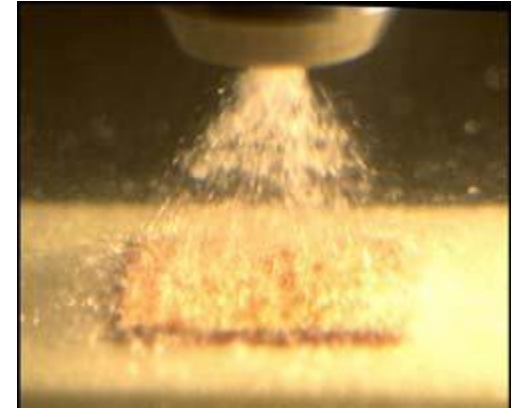
Techniques avancées de refroidissement de composants de puissance



Par circulation interne d'eau

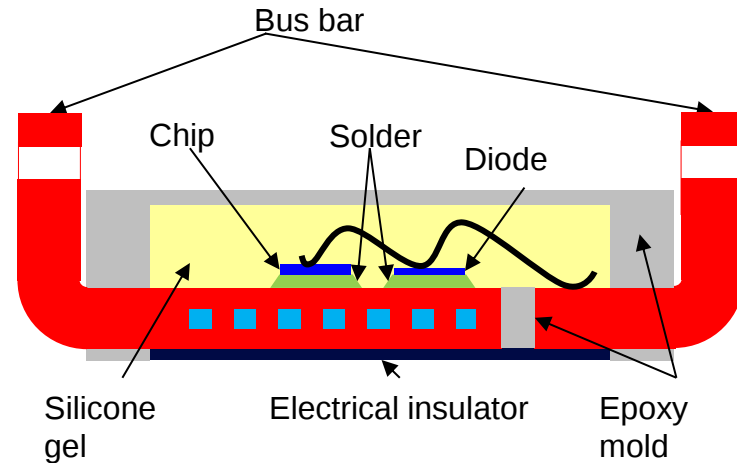
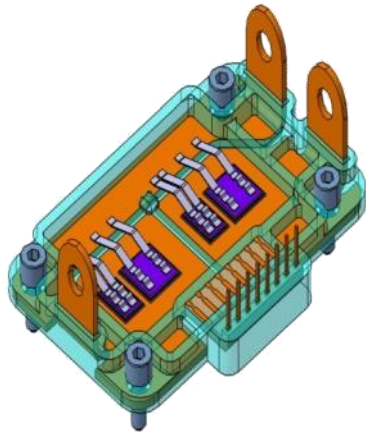


Par pulvérisation



Par effet Peltier

Merci de votre attention



Merci aux docteurs: A. Kaabi, M. Tebib,
aux doctorants: H.Fekiri, S. Jules
Aux collègues: A. Köster, V. Maurel, V. Esin

Aux partenaires projet
MeGaN (BPI)

mov'eo
Pôle de compétitivité

