

TENDANCES AERONAUTIQUES & PROJET SIEMSTACK

Engineering Superior Solutions

8 Décembre 2015

Patrice Retho

Agenda

1. Présentation Smiths Connectors - Hypertac

2. Tendances Aéronautiques & Impacts

- 1) Standardisation / Qualification
- 2) Considérations Environnementales
 - Energie et Produits verts
- 3) Plus de fonctions électriques
 - Nouvelle tension / Plus de puissance / nouvelle architecture
- 4) Augmentation de la température
- 5) Total cost of ownership

3. Projet SIEMSTACK

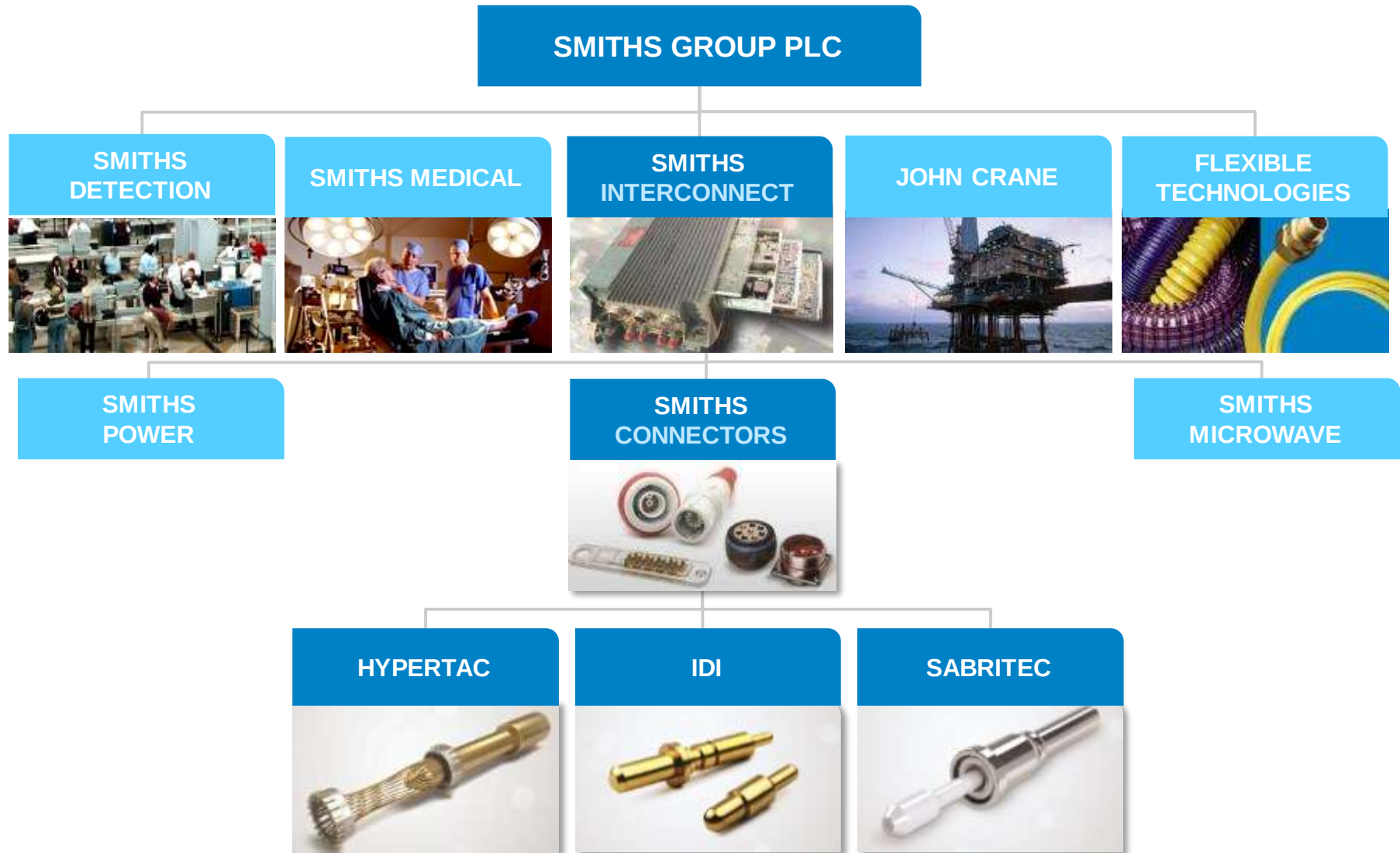


Introduction : Smiths Connectors

- ▶ Smiths Connectors est un **fournisseur de solutions d'interconnexion** reconnues pour leurs performances exceptionnelles notamment dans les applications sévères qui exigent une connexion électrique sûre et fiable.
- ▶ **Plus de 50 ans d'expérience** au service des applications des marchés les plus exigeants.
- ▶ Une **large gamme** de connecteurs de puissance et de signaux de haute performance, standards ou sur mesure, de sous-ensembles ou de systèmes intégrés complets.
- ▶ Une **présence internationale** avec un support et une conception à l'échelle locale.



La Structure Smiths



Nos marques

Présentation Hypertac SA

- ▶ Site historique créé par le fondateur du contact hyperboloïde
- ▶ 165 personnes
- ▶ Site de production le plus important en Europe avec des ateliers intégrés pour la fabrication de composants.
- ▶ Maîtrise de l'ensemble des procédés de production en interne :
 - Décolletage
 - Usinage
 - Traitement de Surface
 - Fabrication des contacts
 - Assemblage des connecteurs
 - Marquage
- ▶ Recherche & Développement :
 - Conception et prototypage rapide
 - Conception Assistée par Ordinateur en 3D
 - Tous les tests électriques et mécaniques sur nos connecteurs sont effectués dans notre laboratoire.



Tendances Aéronautiques

Standardisation / Qualification

- ▶ **Utilisation de normes produits / composants**
 - ▶ Conformes aux normes : EN (MIL), ARINC ...
 - ▶ Spécifications client (ABS ...)
- ▶ **Adaptation des normes et spécification aux tendances (poids, produits verts ...)**
- ▶ **Importance des qualifications**
 - ▶ Initiales, et additionnelles si nouveaux besoins :
 - ▶ Nouveau fuselage composite (A350),
 - ▶ Nouveau moteur (A380)



Considérations Environnementales

► Réduction du bruit

- Moteurs (A380) & Structure (A350)

► Produits verts

- Politique ENV verte
- Utilisation accrue de composants verts (RoHS)

► Rejet de gaz / Consommation carburant

- Réduction de la masse (A350 : composite fuse)
- Performance des moteurs (A380)

► Feu, Fumée et toxicité des polymères (sécurité humaine)



Impacts sur les composants



- ▶ Plus léger et plus petit
- ▶ RoHS / Reach
- ▶ Démantelables pour recyclage
- ▶ Plastique en conformité avec les exigences feu, fumée and toxicité

PLUS DE FONCTIONS ELECTRIQUES

Les motifs

Plus de fonctions électriques

► *Pourquoi?*

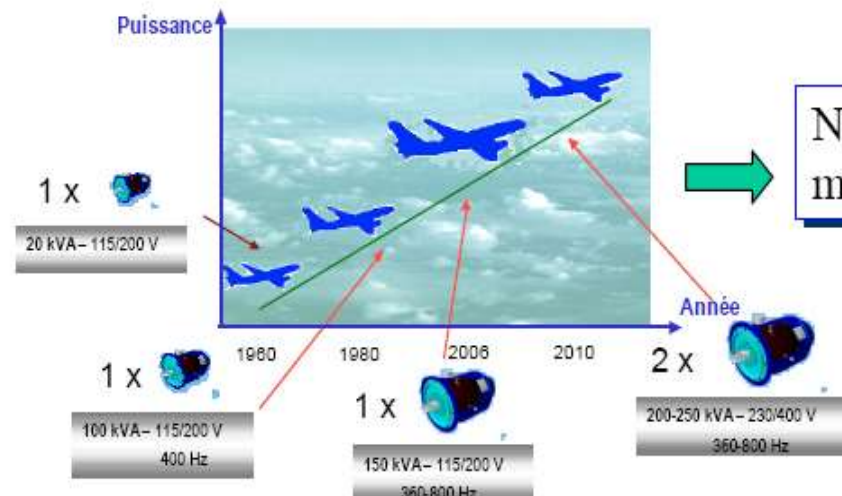
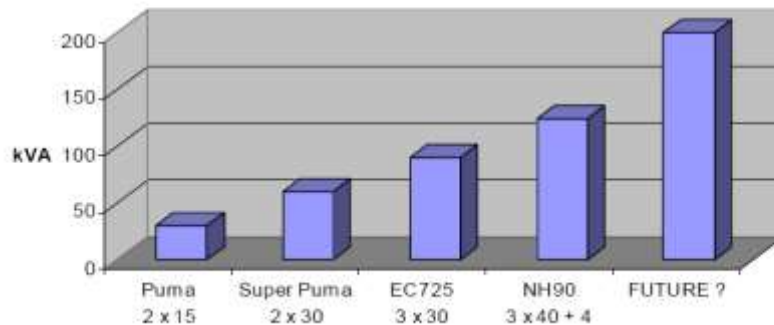
L'électricité est une énergie flexible, facile à transmettre, fiable et facile pour la maintenance des équipements

- Nouvelles fonctions électriques
- Nouvelle architecture électrique

Evolution Electrique



Utilisation de la Puissance électrique embarquée



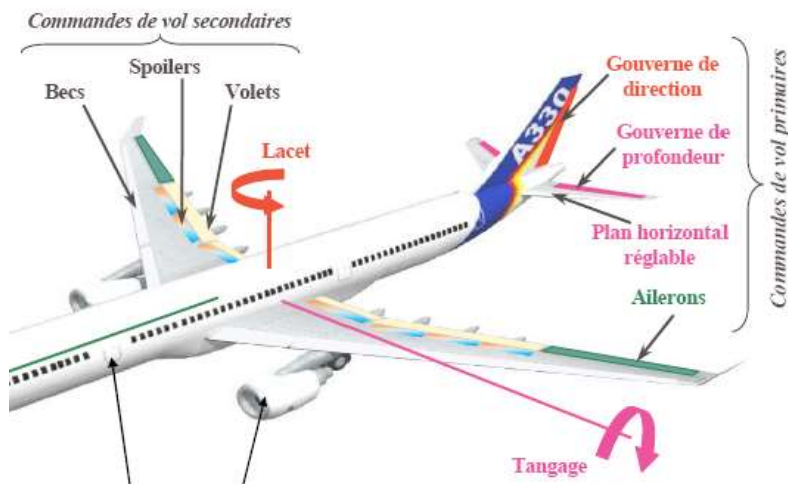
Plus de Fonctions Electriques

► Hydraulique > Electrique

- Alternateur démarreur électrique
- Freins, trains atterrissage, actionneurs, ailerons électriques ...

► Composants plus robustes, performants

- Relais
- Composants pour électronique de puissance ...

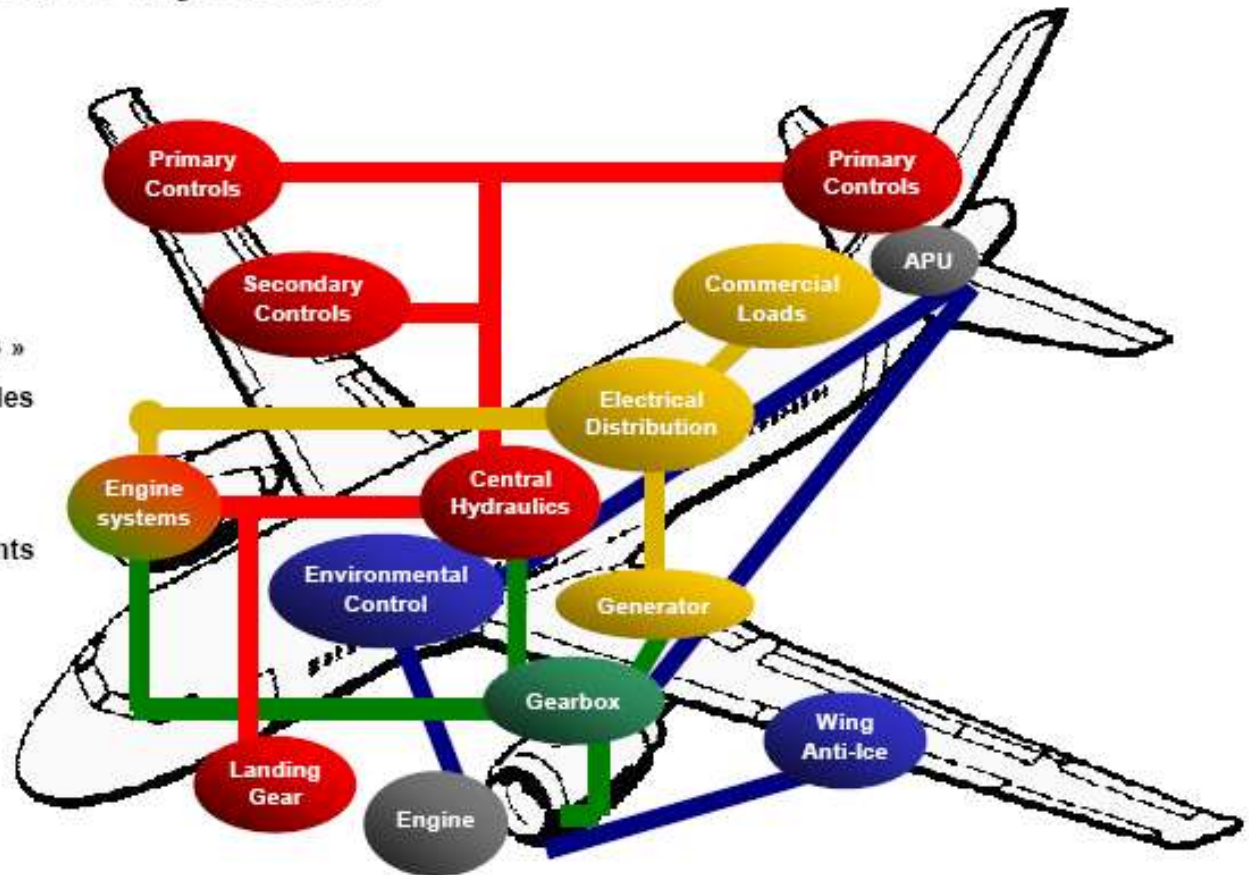


Architecture Electrique

• L'avion et les systèmes aujourd'hui

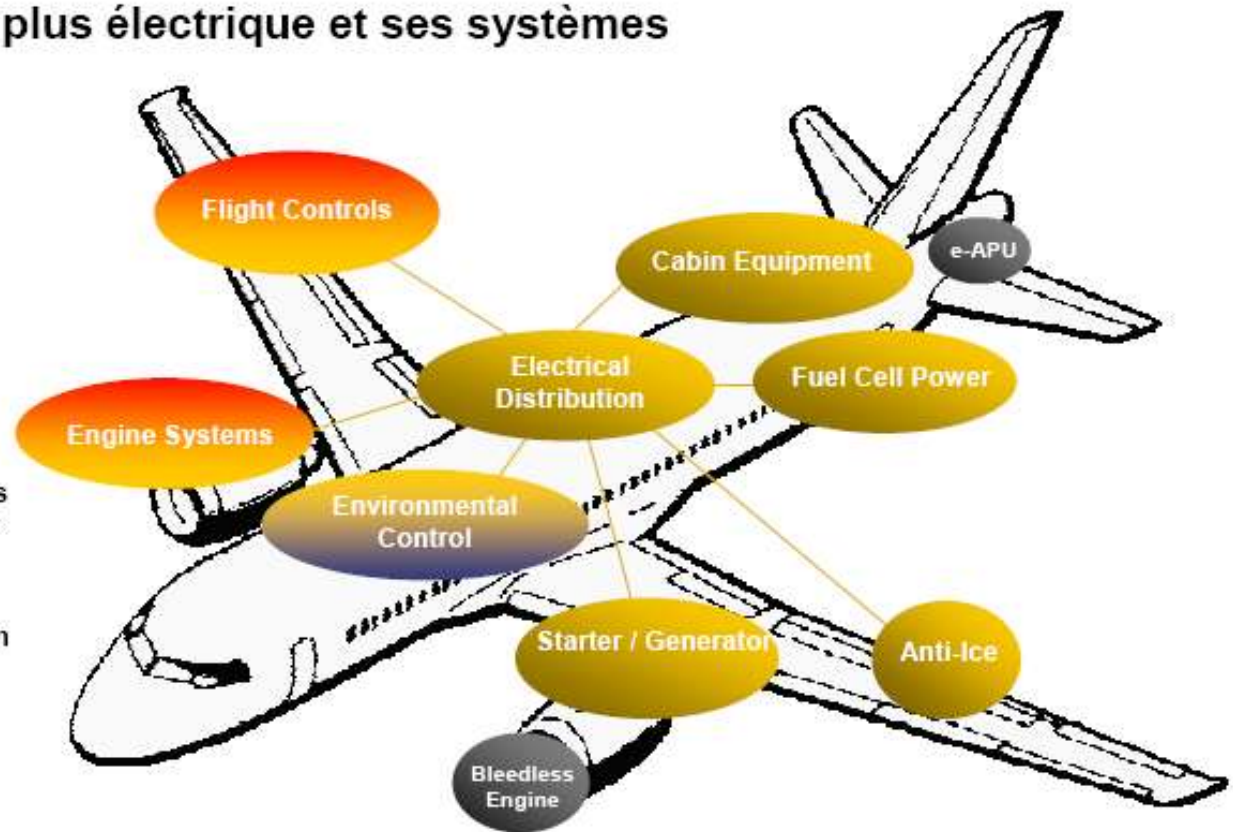


- Un environnement « multi-énergies »
- Des interactions importantes entre les différents systèmes
- Une optimisation de la gestion d'énergie rendue difficile par les limites de transfert entre les différentes formes d'énergies



Future Architecture

- Demain, l'avion plus électrique et ses systèmes



- Des synergies accrues entre les systèmes et les énergies mises en jeux
- Ouvrant la voie à des optimisations grâce à la gestion de l'énergie dans l'avion

- ▶ Nouveau calculateurs à proximité des systèmes électriques : moteurs, actionneurs ...
- ▶ Nouvelles exigences : thermique, packaging, vibrations ...

Impact sur les composants

► Nouvelles tensions

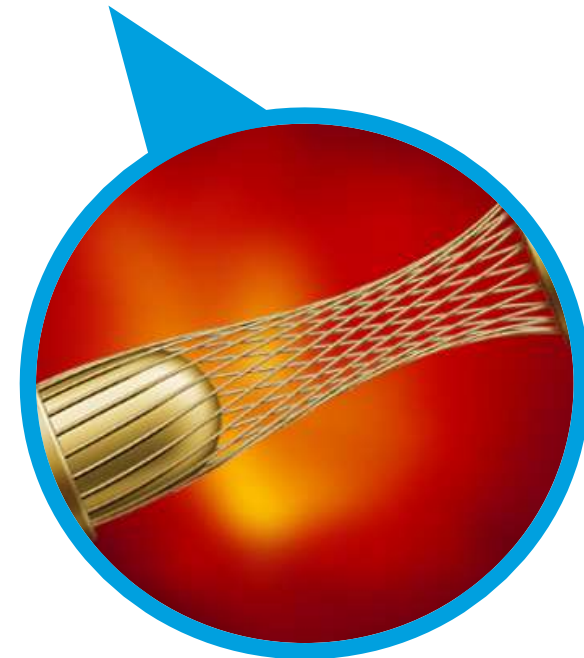
- 115 > 230 VAC
- +/-270 VDC (HVDC)
- Courant plus élevé (80 A > 400 A)

► Besoin de protection à la foudre, mise à la masse (fuselage composite)

► Nouvelles défaillances / nouveaux essais (combinés) avec altitude / vibrations

► Gestion de la température

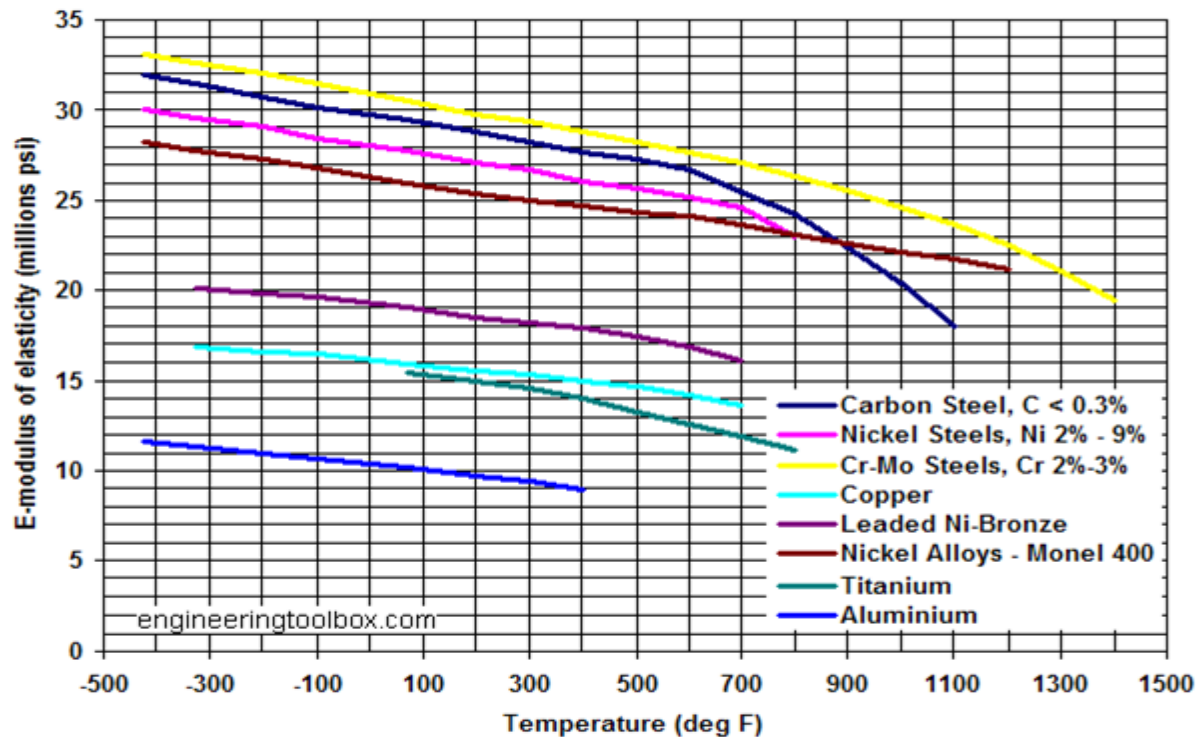
- Augmentation de la température
- Thermique à dissiper
- Composants à refroidir



Augmentation de la température

Gestion de la température

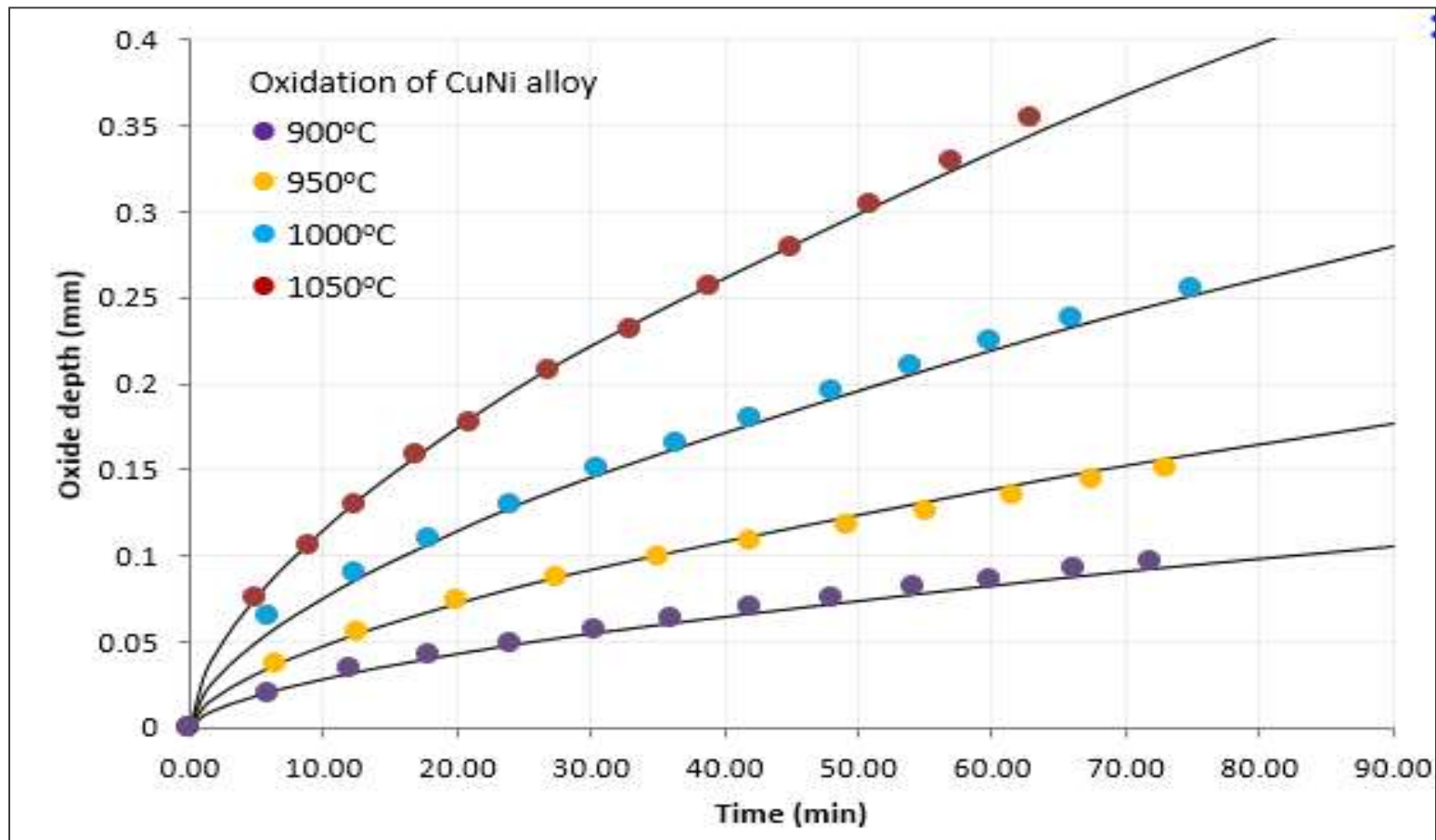
- Perte de propriété mécaniques (relaxation), augmentée sous contraintes



- $1 \text{ psi (lb/in}^2\text{)} = 1 \text{ psi (lb/in}^2\text{)} = 144 \text{ psf (lb/ft}^2\text{)} = 6,894.8 \text{ Pa (N/m}^2\text{)} = 6.895 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$
- $T(^{\circ}\text{C}) = 5/9[T(^{\circ}\text{F}) - 32]$

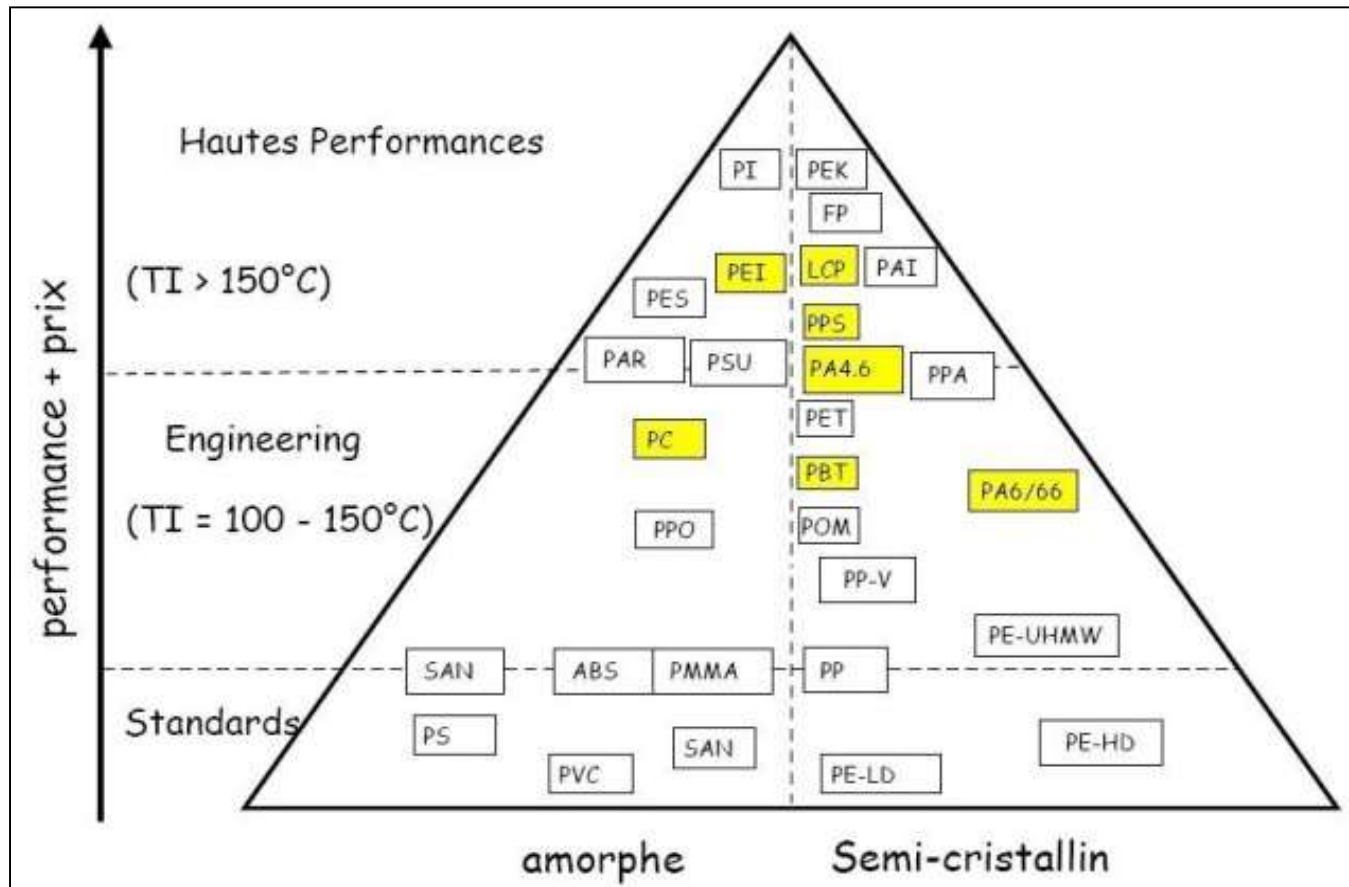
Gestion de la température

- Oxydation augmente quand température et durée augmente
- Autre phénomène : inter diffusion des sous couches



Gestion de la température

- Tenue des plastiques et dilatation différentielle sur substrat
- Tenue des alliages de soudure insuffisante



Impact de l'augmentation de la température

Choix critique

- ▶ **Matières pour isolants -> nouvelles matières à utiliser**
- ▶ **Matières & Revêtements pour Contacts électriques**
- ▶ **Alliages de soudure et mise en œuvre**
- ▶ **Nouvelles défaillances -> nouveaux essais à considérer**
- ▶ **Avec exigences de l'aéronautique -> vibrations et altitude**

Total Cost of Ownership

Avantages Client

Total Cost of Ownership



Attentes marché Aéro

- ▶ Total Cost of Ownership (TCO)
- ▶ Sur toute la durée de vie du produit (maintenance comprise/taux de fiabilité)
- ▶ Apportant un réel avantage concurrentiel au client

▶ Impacts TCO sur les composants

- ▶ Design to cost
- ▶ Facile à installer et à câbler
- ▶ Facile à maintenir
- ▶ Facile à démanteler
- ▶ Fiable sur la durée de vie
- ▶ Performances élevées doivent engendrer un avantage client
- ▶ Exigences Logistiques

Conclusion



► Standardisation / Qualification

- Utilisation standard de composants qualifiés

► Considérations Environnementales

- Plus léger et plus petit
- Produits verts

► Plus de fonctions électriques

- Nouvelles tensions
- Plus de puissance
- Nouvelle fonctions électriques à valider

► Augmentation de la température

- Nouvelles matières/revêtements
- Alliages de soudure à valider

► TCO / avantages client

- Très sensible

SIEMTACK

Solutions d'Interposeur Electrique pour Module à STACKER



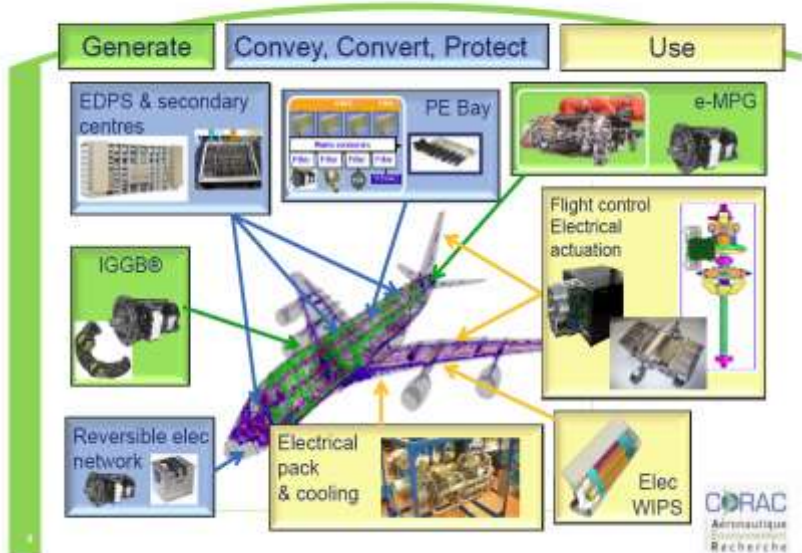
smiths connectors



This presentation is an unpublished work, created in 2015 by Smiths Connectors, all rights reserved and may contain data that is subject to national export controls. Accordingly, it should not be re-used or transmitted without the prior written approval of Smiths Connectors.

Objectifs Stratégiques de la Filière

A complete new energy chain



- La stratégie RTI de la filière est de répondre aux grands enjeux de l'aéronautique en préparant les technologies du futur sur des thématiques de pointe.

Exemple de feuilles de route :

- ACARE (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe)
- CORAC (CONseil pour la Recherche Aéronautique Civil).

Objectif commun :

- la réduction des émissions de dioxyde de carbone (CO²) et la réduction des émissions d'oxydes d'azote (NOx).
- 2% des émissions de CO² sont émises par le transport aérien, soient 628.000.000 tonnes de CO² par an avec une croissance prévue de 4 à 5% par an !
- Diminution de 75% à horizon 2050 du CO² et des NOx (diminution de 90% à horizon 2050).



Objectifs

- ▶ **Nombreux projets de recherche orientés vers les systèmes de propulsion, les matériaux et la fiabilité des systèmes électriques et électroniques :**
 - ▶ AUDACE (fiabilité des systèmes mécatronique),
 - ▶ ACCEA (matériaux composites conducteur),
 - ▶ SEFORA (Smart EMA (actionneur électro-mécanique) For Operations in Rough Atmospheres),
 - ▶ CREAM (Compact & Reliable Electronic integrated in Actuator and Motor),
 - ▶ AMPERES (systèmes des avions « plus électriques ») ...
- ▶ **Pour mener à bien ces nouveaux systèmes, les équipementiers et avionneurs vont devoir disposer de solutions d'interconnexions fiables répondant à de nouveaux challenges technologiques (tenue à des hautes températures - miniaturisation).**

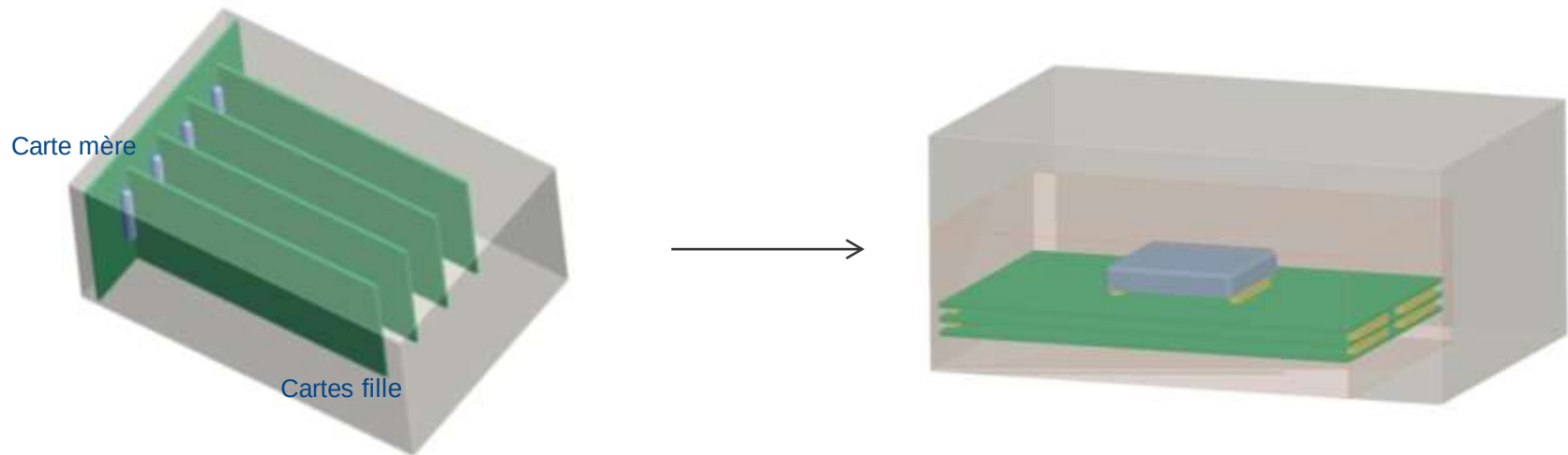


Gain potentiel avec SIEMSTACK

► Exemple

4 cartes fille sur carte mère via un connecteur fond de panier (électronique de « vol »)

Cartes et composants empilés grâce au connecteur SIEMSTACK



1ère estimation : gain de 30 % en volume et en masse

Aspects Innovants

Innovations focalisées sur plusieurs niveaux :

► Technique

- Réalisation d'une solution d'interconnexion miniature (3 mm)
- Résistance à des hautes températures (>200°C)

► Process

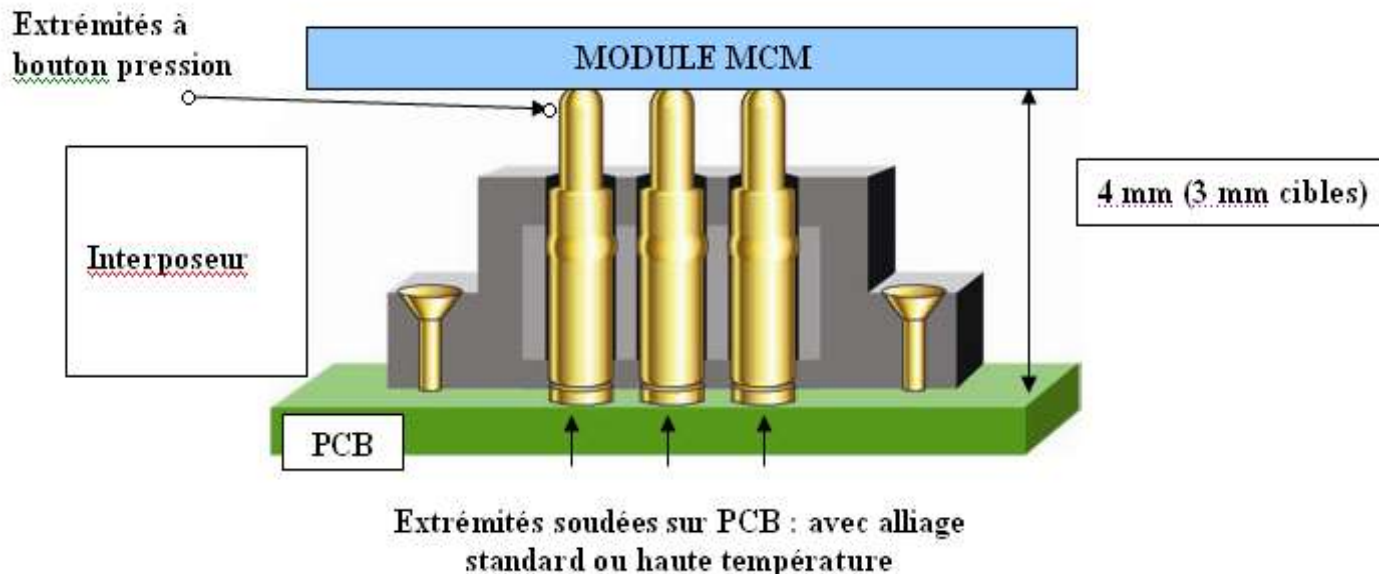
- Développement d'un process de brasage innovant à haute température
- Fiabilité électrique et mécanique

► Maintenance

- Démantèlement facile des composants soudés sur des cartes imprimées,
- Recyclage de produits permettant d'éviter le broyage et l'incinération de tels systèmes,
- Remplacement de certains éléments défectueux sans avoir à changer le système entier.

Interconnexion

- Etudier et évaluer la fiabilité d'une interconnexion à bouton pression pour applications aéronautiques en température.



- Interposeur : Solution d'interconnexion à bouton pression
- MCM : Substrat en céramique (Multi Chip Module)
- PCB : Circuit imprimé (Printed Circuit Board)

VERROUS TECHNOLOGIQUES

► Fiabilité en température

- Résister aux environnements de plus en plus sévères :
 - vibrations et température (actuellement 125°C uniquement ; température continue demandée >200°C),
 - fiabilité de la soudure « haute température » : température de fusion des alliages de soudure standards inférieure à 200°C (183°C pour le SnPb).
- Recherche de matériaux plastiques pour résister à la température
- Maîtrise du process de soudage de ce connecteur (haute température et système miniature)
- Offrir des résistances de contacts électriques faibles (< 50 milliohms)

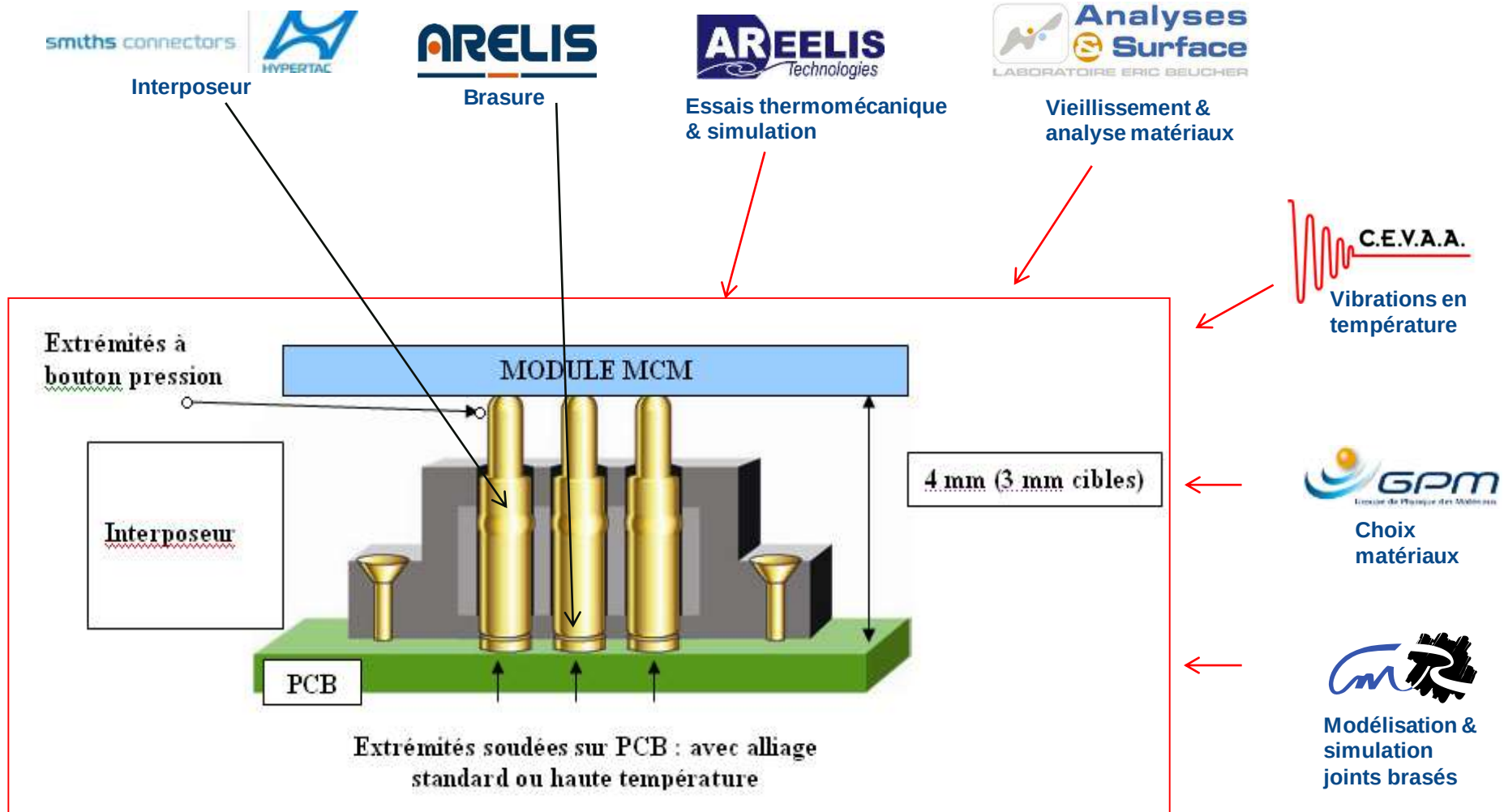
► Miniaturisation

- Hauteur < 4 mm (cible : 3 mm)
- Offrir une haute densité de contacts électriques (pas entre contacts = 1 mm)
- Alignement de ces contacts miniatures (1 mm entre chaque contact)

► Compétitivité

- S'intégrer facilement avec une mise en œuvre aisée
- Avoir un coût de possession compétitif sur tout le cycle de vie des EEE concernés
- Offrir un démantèlement facile des substrats céramiques (modules MCM) sur carte imprimée

Compétences



Partenaires du Projet

Mission



- ▶ Manager et coordonner le projet Siemstack avec l'ensemble des partenaires
- ▶ Modéliser des solutions innovantes
- ▶ Etudier un nouveau connecteur innovant miniature et résistant à la température

Mission



- ▶ Etudier un nouveau process de soudure innovant
- ▶ Mettre en œuvre le brasage des différents connecteurs sur les véhicules de test
- ▶ Apporter son expertise dans les analyses et les essais

Mission



- ▶ Modéliser le comportement thermomécanique du connecteur
- ▶ Réaliser les essais de tenue thermique du connecteur
- ▶ Réaliser une interface « utilisateur » du logiciel développé par le LOFIMS pour une exploitation industrielle

Partenaires du projet

Mission



- Réaliser des essais de vieillissement accélérés, des essais climatiques
- Analyser les surfaces et les matériaux assemblés avec des procédés de soudure innovants

Mission



- Définir des nouveaux profils de missions dynamiques
- Mettre en œuvre de nouveaux tests dynamiques en environnement contrôlé (vibrations en température)

Mission



- Réaliser l'état de l'art des matériaux utilisables pour résister à la température
- Apporter ses connaissances en matériaux : analyse de risque, analyse des caractérisations et phénomènes

Mission



- Modéliser thermo mécaniquement des joints brasés
- Adapter un modèle numérique (capitalisation du projet AUDACE)
- Modéliser la fiabilité prévisionnelle

Partenaires du Projet

WP1 – Management du projet Hypertac

WP2 - Formulation

Hypertac – Arelis – GPM

*Spécification technique du besoin
(analyse fonctionnelle)
Hypertac*

*Etat de l'art des interposeurs
Hypertac*

*Etat de l'art relatif aux
procédés de soudure hautes
températures
Arelis*

*Etat de l'art relatif aux
alliages hautes températures
Arelis et GPM*

WP3 – Modélisation et Faisabilité

Hypertac – Arelis – Areelis – LOFIMS – GPM

*Modélisation thermomécanique et fiabilité prévisionnelle de la
solution retenue
Areelis - LOFIMS*

*Modélisation et Faisabilité technico-économique
de l'interposeur
Hypertac*

*du process de soudure
Arelis - GPM*

WP4 – Prototypage démonstrateurs V1

Hypertac – Arelis – Areelis – GPM – CEVAA – A&S

*Fabrication des démonstrateurs V1
Hypertac - Arelis*

*Analyses et essais
Cevaa – A&S - Areelis*

*Recommandations et optimisations
Hypertac - Arelis - Areelis - A&S - Cevaa - GPM - LOFIMS*

WP5 – Evaluation démonstrateurs V2

Hypertac – Arelis – Areelis – LOFIMS – GPM – CEVAA – A&S

*Optimisation en fonction des recommandations
Hypertac - Arelis - Areelis - LOFIMS*

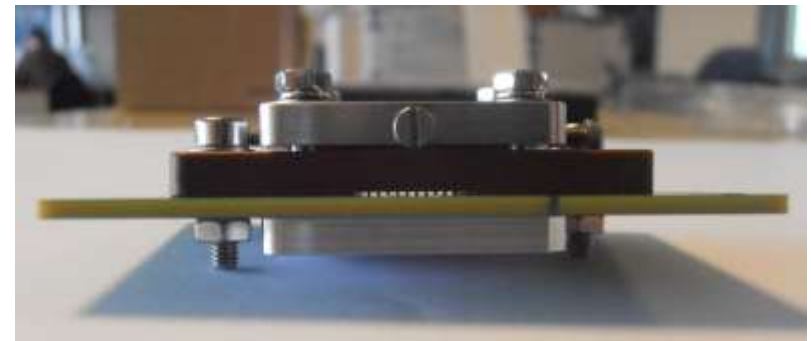
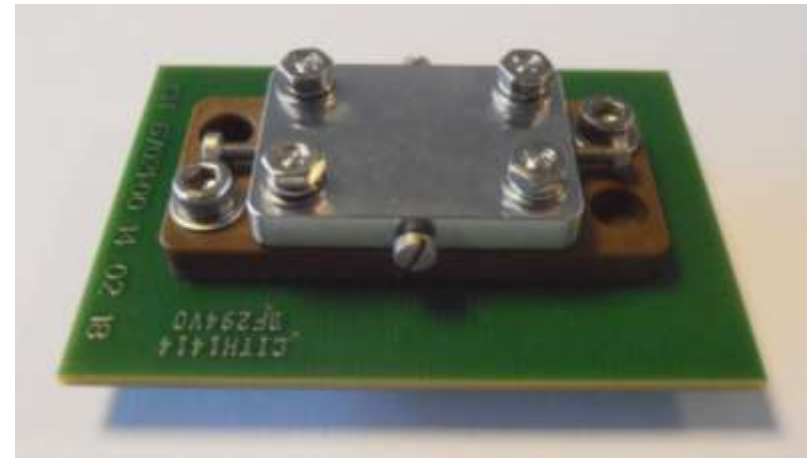
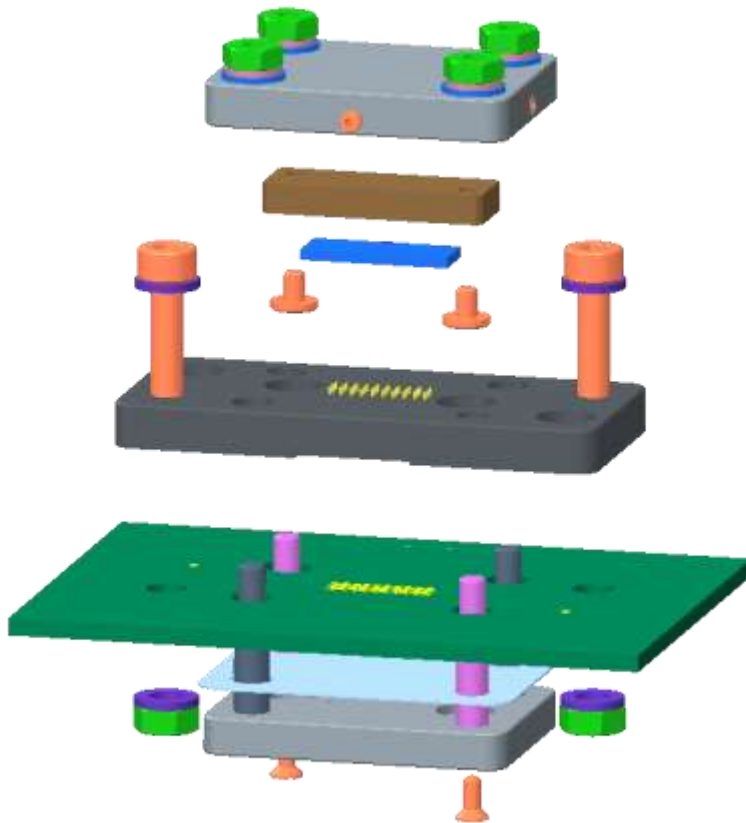
*Démonstrateurs V2 + Analyse et essais
Hypertac - Arelis - Areelis - A&S - Cevaa - GPM - LOFIMS*

Planning Macro

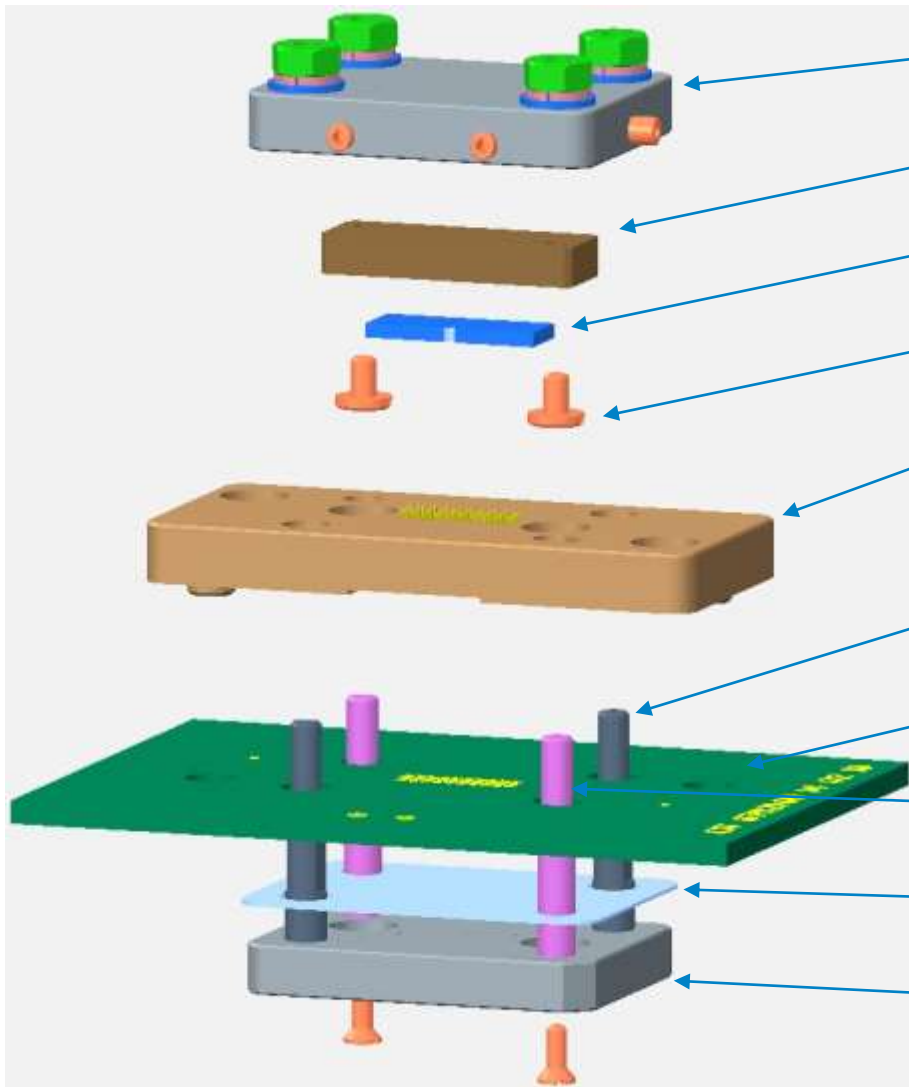
		Année 1						Année 2				Durée (mois)
Work Package		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	
1	Management du projet											20
2	Formulation											3
3	Modélisation et Faisabilité											4
4	Prototypage démonstrateurs V1											6
5	Evaluation démonstrateurs V2											7

Interconnexion PCB / HYMSTAC / LGA

- Présentation d'une solution d'interconnexion d'un connecteur - à pression d'un côté et, brasé de l'autre - monté entre un circuit imprimé (PCB) et un « MCM » (substrat en céramique « Multi Chip Module »)



Conception de l'Interposeur



► Raidisseur de réglage MCM (semelle)

► Aluminium

► Support MCM

► Aluminium

► MCM

► Alumine

► Vis spéciale pour support MCM

► Aluminium

► Interposeur 30 points

► Isolant torlon

► Contact laiton/nickelé doré

► Goujons

► Aluminium

► PCB

► Polyimide

► Goupilles d'alignement

► Aluminium

► Film isolant

► Film chomtherm

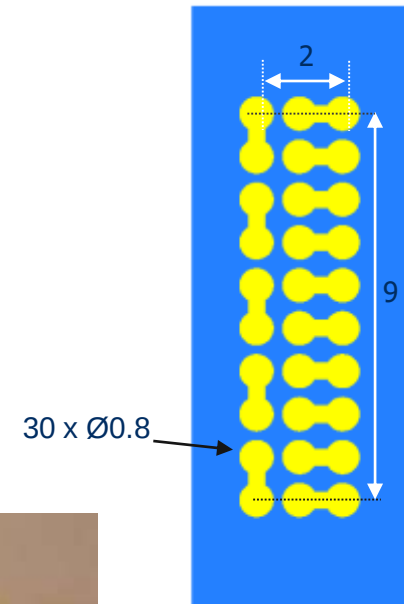
► Raidisseur inférieur

► Aluminium

MCM développé avec SAFRAN Sagem

► Le MCM ou « Multi Chip Module »

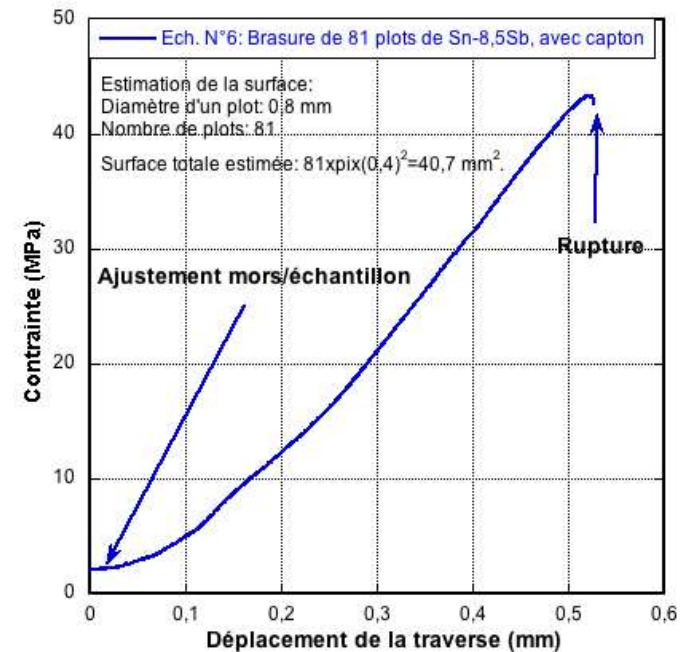
- Matériaux : Alumine
- CTE : 6,8 ppm/°C
- Ø de la plage d'accueil : 0.8
- Hauteur du composant : 1
- Dimension du composant : 5 x 14



Caractérisation Mécanique de la Brasure



Machine de traction permettant de caractériser les éprouvettes Arcan

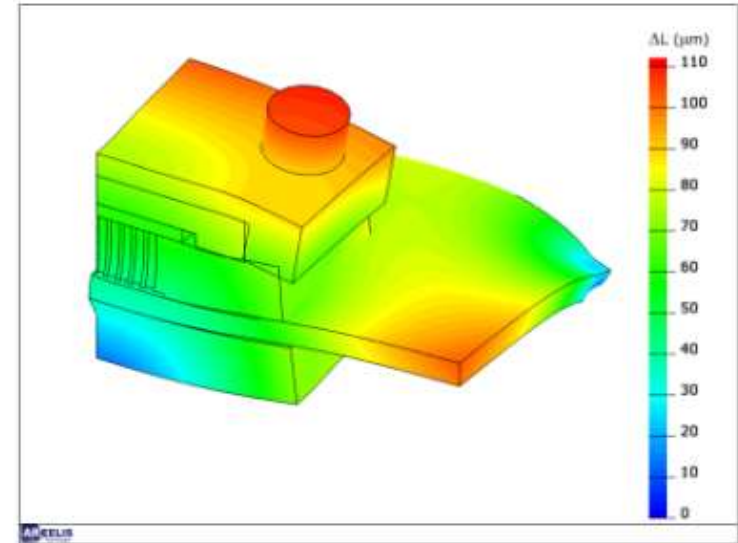
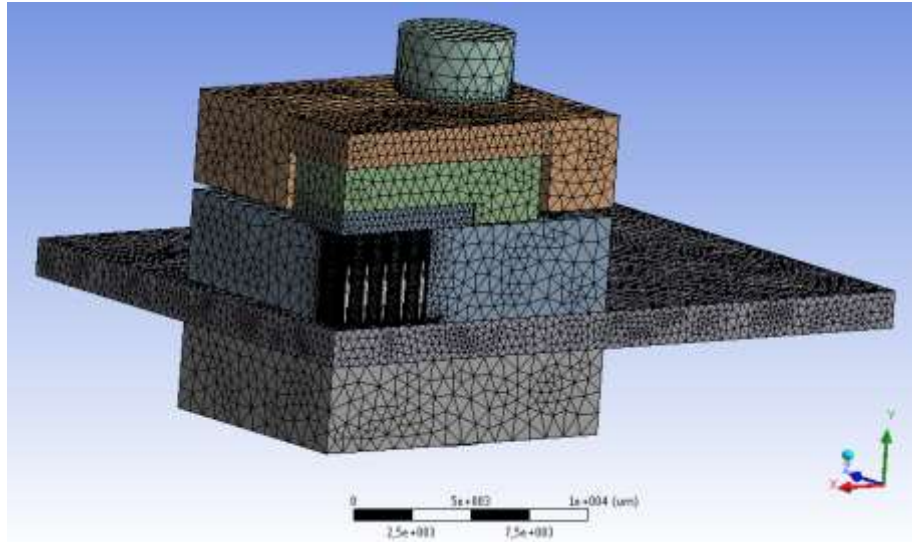


Essai de traction (ARCAN) sur brasure Sn8,5Sb.
Estimation de la contrainte.
(avec correction du "pied de courbe")
Vitesse: 0,5 mm/min. T=20°C. Pas de TT.

- La résistance mécanique maximale est cohérente avec les données du logiciel CES 2014 sur SnSb : $45 \leq R_m(\text{MPa}) \leq 60$



Modélisation Thermomécanique de l'assemblage

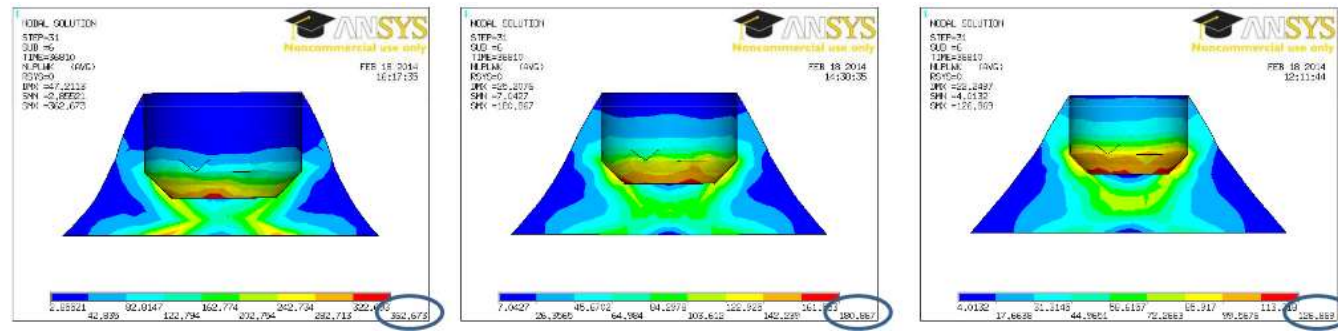


Cartographie de ΔL à $T = 200^\circ\text{C}$



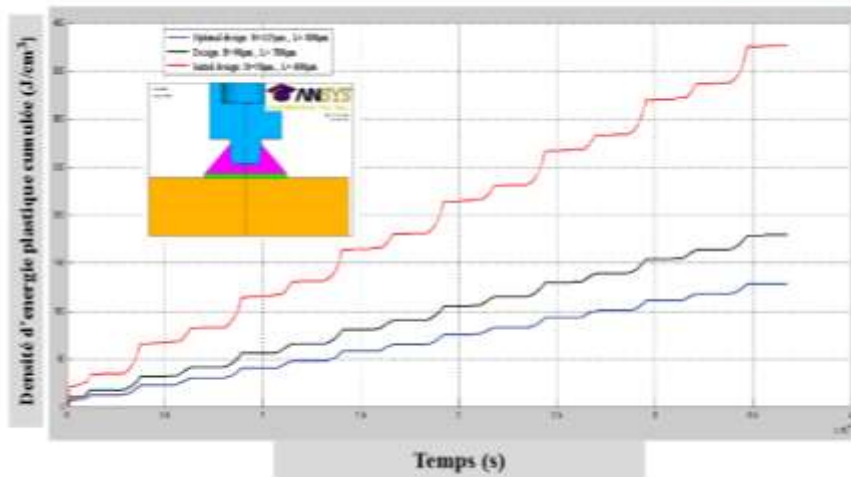
- Avec les hypothèses de calcul prises, les contraintes dans l'assemblage sont acceptables

Modélisation Thermomécanique de l'assemblage



Distribution de la Densité d'énergie plastique cumulée dans la brasure

• Bonne résistance à la fatigue thermomécanique pour la brasure de type : modèle 1 (optimal design)

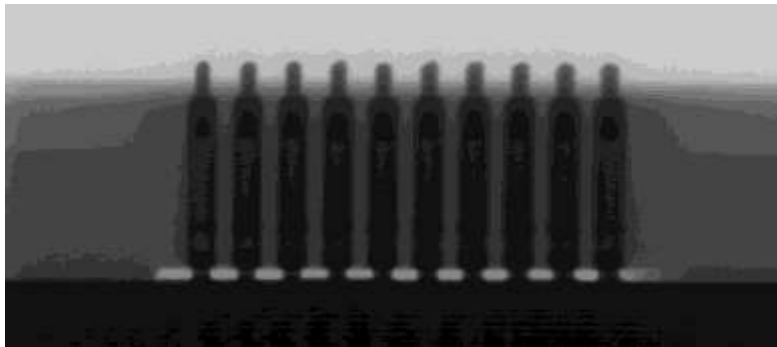
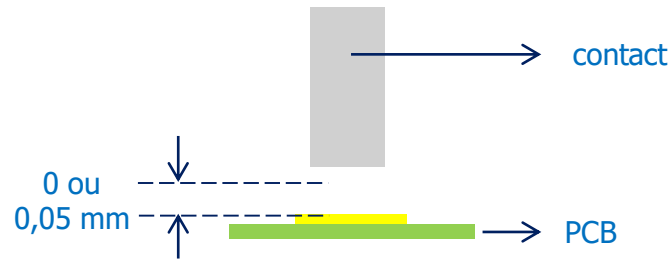


Densité d'énergie plastique cumulée dans chaque brasure pour six cycles

- ▶ Plus la hauteur entre le bout du contact et le PCB augmente, plus la résistance à la fatigue thermomécanique augmente.
- ▶ Lancement de 2 hauteurs en fabrication (version plaquée et relevée de 50 μm)

LOFMS

Assemblages réalisés



*Cliché pris grâce un appareil de tomographie X
(source : analyse et surface)-SnCu0,7*

ARELIS

► Brasure au four en phase vapeur par Arelis de l'interposeur sur PCB

- Version « contacts plaqués sur PCB »
- Version « contacts relevés de 0,05 mm / PCB »

► 3 brasures évaluées

- SnCu pour 180°C continu
- SnSb pour 200°C continu
- BiAg pour 200°C continu et plus

Brasure haute température - Impact sur l'isolant plastique

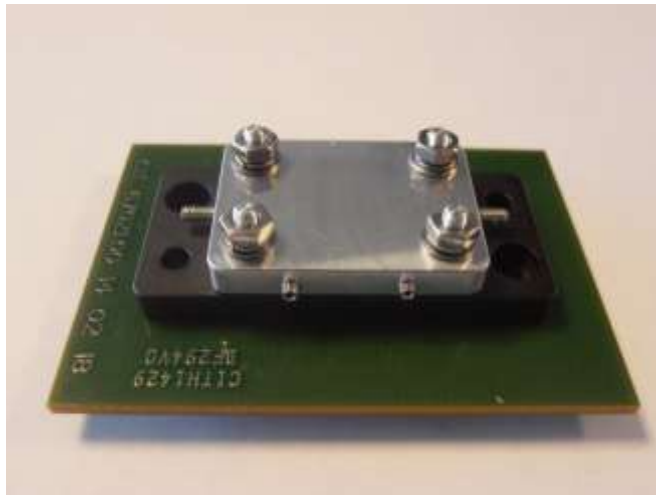
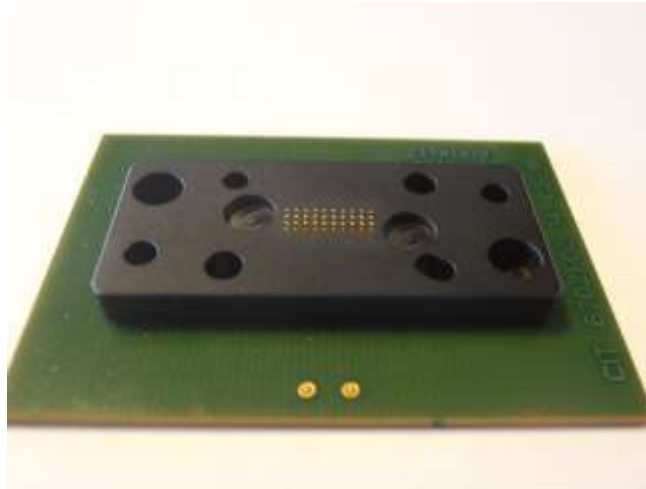
Matériaux de l'isolant % pâte à braser retenus

- Torlon : il peut être utilisé pour des applications à des températures moins élevées ($\approx 180^{\circ}\text{C}$) si on utilise la pâte à braser SnCu . A 200°C , il est nécessaire de prendre la pâte SnSb.
- PBI : Il offre une grande tenue en température - utilisation de la pâte à braser (SnSb ou BiAg) pour 200°C .
- PI : Il offre aussi une grande tenue en température x – utilisation de la pâte à braser (SnSb ou BiAg) pour 200°C .

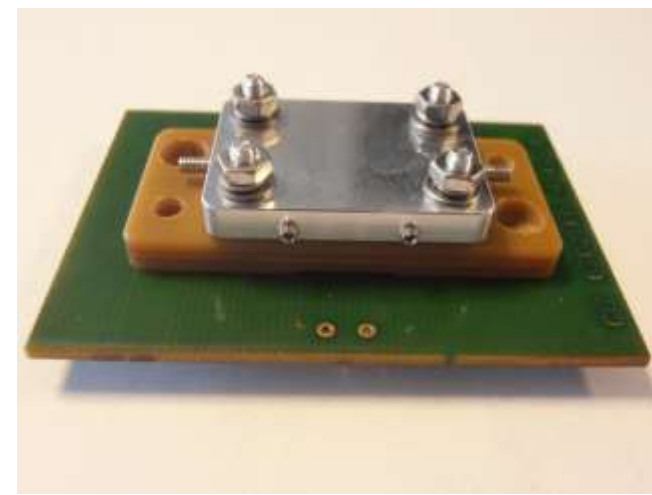
Brasure haute température - assemblage



► Isolant en PBI



► Isolant en PI



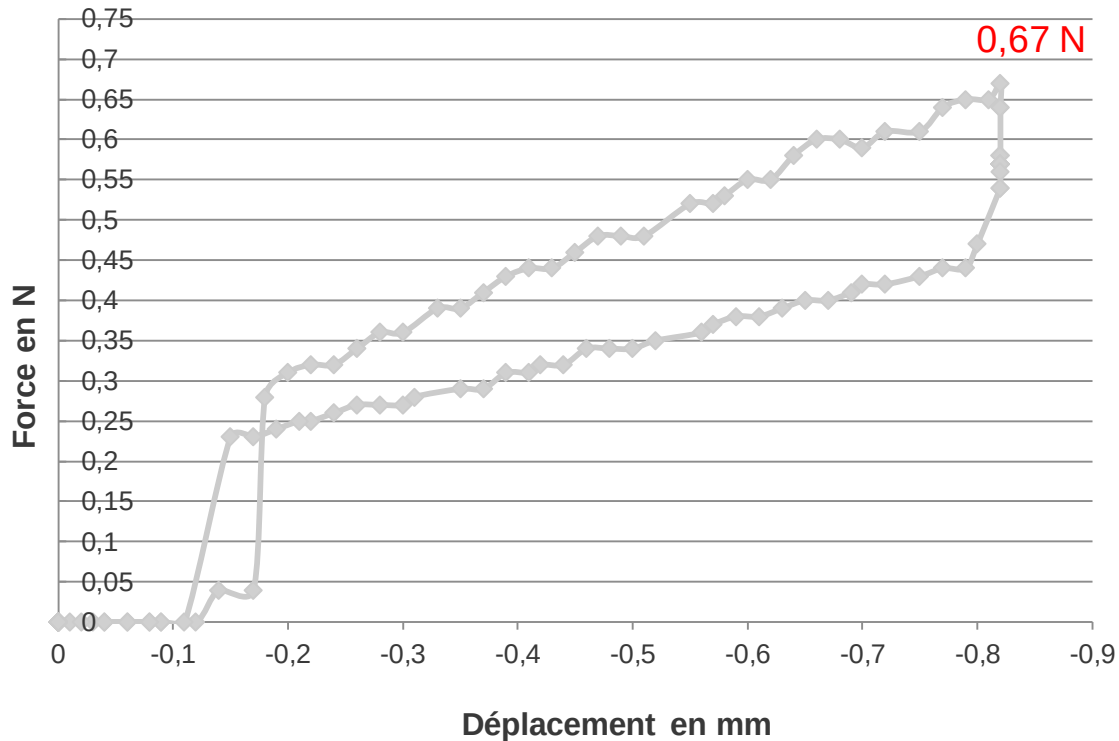
Plan d'Evaluation



- ▶ Caractérisation mécanique et électrique
- ▶ Vibration aléatoire (25 g rms 20-2000 Hz) en température à 200°C ; 3h/axe
- ▶ Vieillesse accélérée 1000h @+200°C
- ▶ Variations thermiques : 500 cycles à -55°C / +200°C
- ▶ Chocs thermiques : 500 cycles à -55°C / +200°C
- ▶ Banc de chocs thermiques développé par Areelis
- ▶ Expertise après essais

Caractérisation du contact à pression

- Force en fonction du déplacement : caractérisation $F(d)$ pour 0, 100, 200, 500, 1000, 2000 manœuvres



smiths connectors

Vibration aléatoire en température (+200°C) - 3h/axe

Tests des assemblages effectués avec pâte à braser



AREELIS
Technologies

C.E.V.A.A.

- Pas de microcoupure pendant le test à +200°C.

Variations rapides de température [-55°C ; +200°C] - 500 cycles



Tests des assemblages effectués

- Continuité électrique après 500 cycles

Chocs thermiques [-55°C ; +200°C] - 500 cycles



AREELIS
Technologies

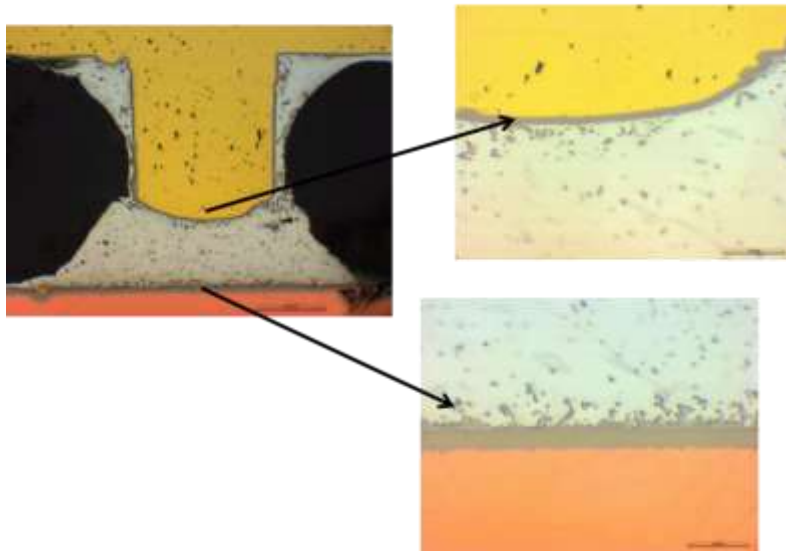
Tests des assemblages effectués avec
pâte à braser

- Continuité électrique après 500 cycles

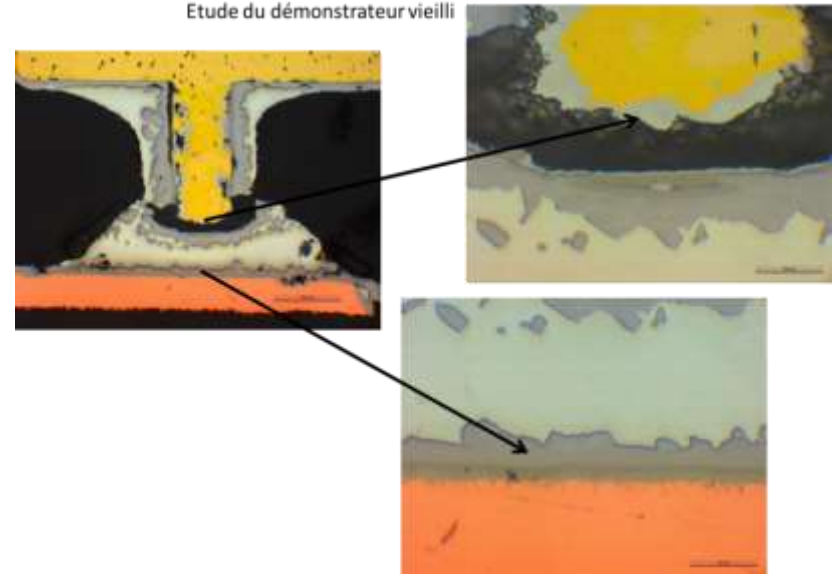
Coupure Micrographique

- **Migrations d'éléments** : ils ne se font probablement pas à la même vitesse -> potentiel effet Kirkendall
- **L'augmentation de température accélère fortement ces migrations!**

Etude du démonstrateur non vieilli



Etude du démonstrateur vieilli



Conclusion: leçons apprises lors du projet

Investigation tenue de la brasure

- Vieillissement, coupe micrographique



Evaluation positive

- Résistance électrique, vibrations aléatoire



Investigation brasure

- Nouvelle pâte à braser SnSb et BiAg

Fiabilité et analyse modale



Assemblage

- Four phase vapeur, four à chauffage rayonnant



Modélisation thermomécanique et essais chocs thermiques



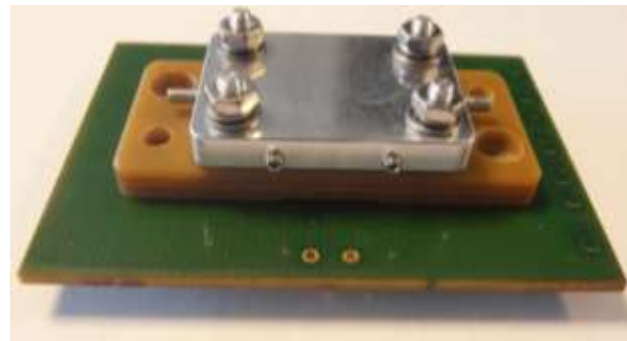
Connaissances approfondies : miniaturisation

- Design et process d'assemblage



Collaboration avec

- Partenaires : A&S, Arelis, GPM, CEVAA, AREELIS,
- Safran (céramique et analyse fonctionnelle)...



Merci pour votre attention

SMITHS CONNECTORS

GLOBAL SALES OFFICES

AMERICAS

Costa Mesa, CA	1.714.371.1100
Hudson, MA	1.978.568.0451
Kansas City, KS	1.913.342.5544

EUROPE

France	33.2.3296.9176
Germany	49.991.250.120
Italy	39.010.60361
United Kingdom	44.208.236.2400

ASIA

Shanghai, China	86.21.3318.4650
Singapore	65.6846.1655
Suzhou, China	86.512.6273.1188