

**Fiabilité des systèmes embarqués,
état des lieux technologiques et perspectives**
matériaux, architecture, connectique, profils de mission...



moveo
imagine mobility

ASTech
Avionics Systems Technology

CAPTRONIC



Fiabilité des systèmes embarqués Etat des lieux technologiques et perspectives

matériaux, architecture, connectique, profils de mission...

Nouveaux matériaux : Impact sur les différences de comportements électromagnétiques des architectures vis à vis d'agresseurs externes ou de sources de bruit internes

O.Maurice
8 décembre 2015

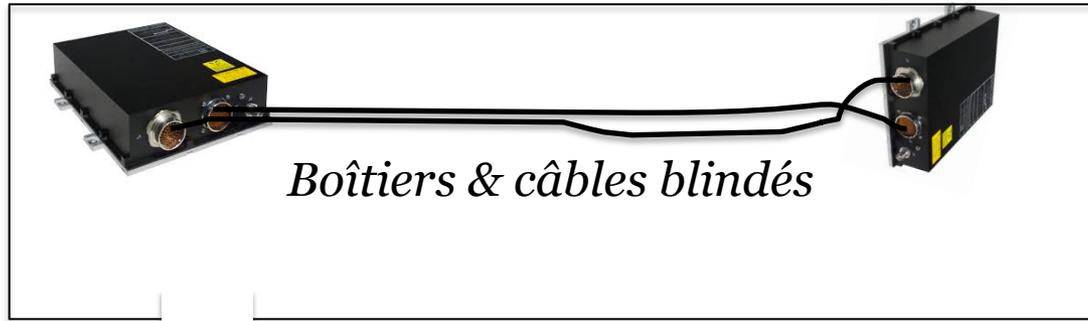
SOMMAIRE



1. Catégories d'architectures systèmes
 1. En immunité rayonnée : architectures métalliques
 2. En CEM « intra-système »
2. Apport de nouveaux matériaux dans les structures
 1. Impact sur la topologie générale
 2. Problèmes des interfaces
 3. Structures à squelette interne
 4. Structures à exosquelette
 5. Niveau composant
3. Démarches générales

Systemes basés sur des structures métalliques versus rayonnement

Catégories d'architectures systèmes, immunité rayonnée, structures métalliques

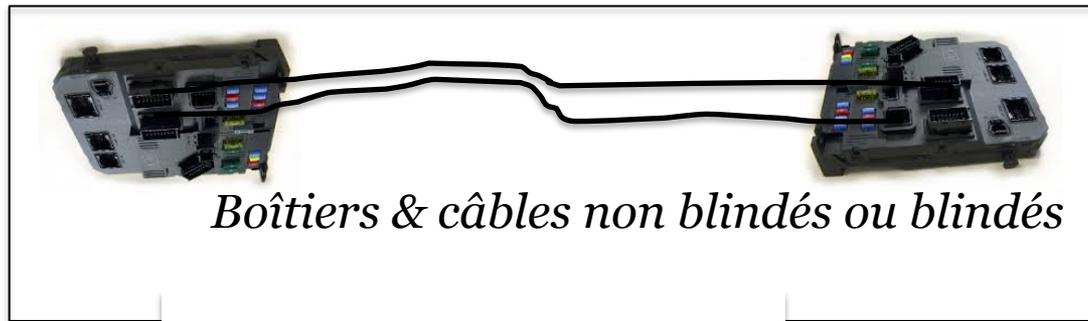


Boîtiers & câbles blindés

Good shielding approximation

Engins stratégiques

Faibles ouvertures

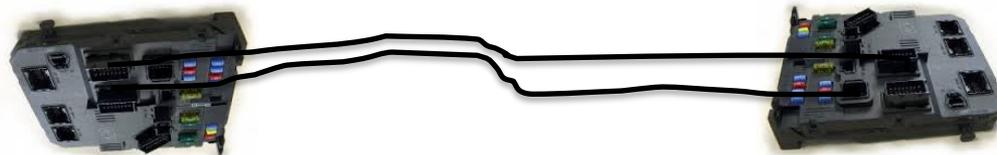


Boîtiers & câbles non blindés ou blindés

open shielded structure

Automobile, avionique

Ouvertures importantes



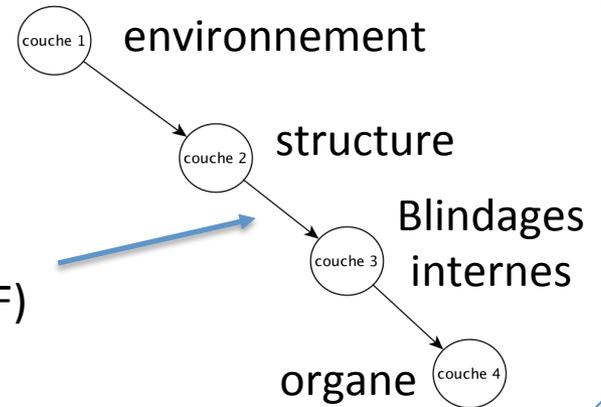
Boîtiers & câbles non blindés

Open structure,

Systèmes domotiques

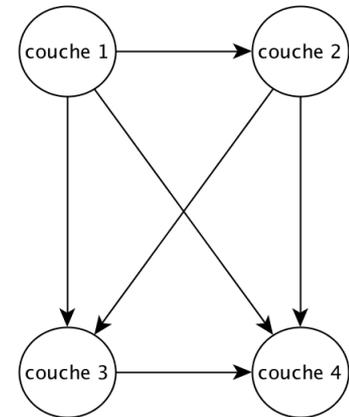
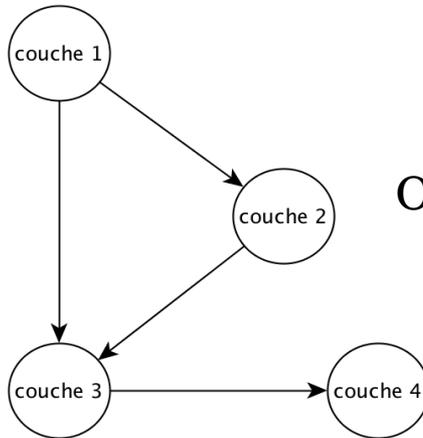
Good shielding approximation

Par modes induits (HF)
Ou courants de peau (BF)



Open shielded structures

Par modes induits (HF)
Ou courants de peau (BF)

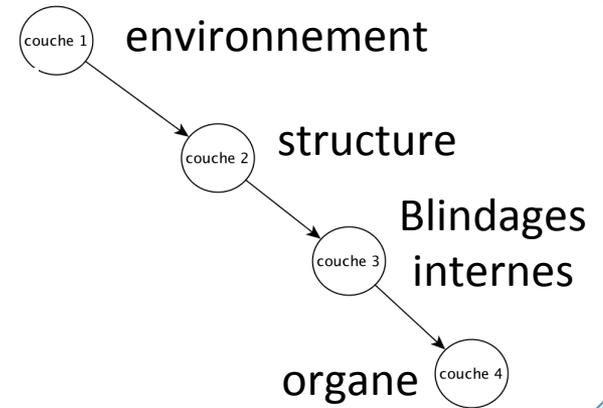


Open structures

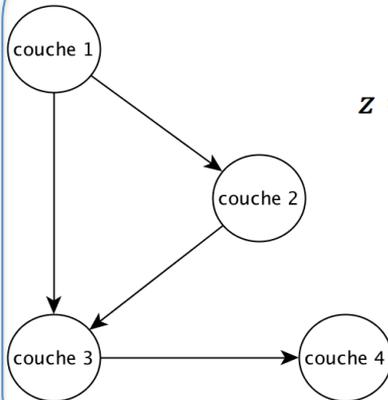


Good shielding approximation

$$z = \begin{bmatrix} a & c_{ab} & 0 & 0 \\ c_{ba} & b & c_{bd} & 0 \\ 0 & c_{db} & d & c_{df} \\ 0 & 0 & c_{fd} & f \end{bmatrix}$$

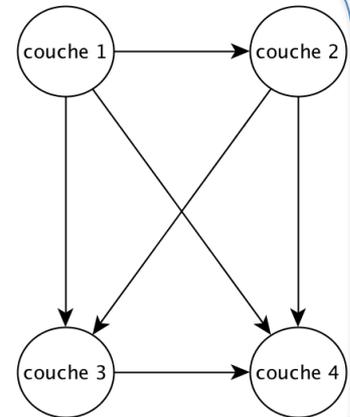


Open shielded structures



$$z = \begin{bmatrix} a & c_{ab} & \beta_{ad} & 0 \\ c_{ba} & b & c_{bd} & 0 \\ \beta_{da} & c_{db} & d & c_{df} \\ 0 & 0 & c_{fd} & f \end{bmatrix}$$

$$z = \begin{bmatrix} a & c_{ab} & \beta_{ad} & \zeta_{af} \\ c_{ba} & b & c_{bd} & \xi_{bf} \\ \beta_{da} & c_{db} & d & c_{df} \\ \zeta_{fa} & \xi_{fb} & c_{fd} & f \end{bmatrix}$$



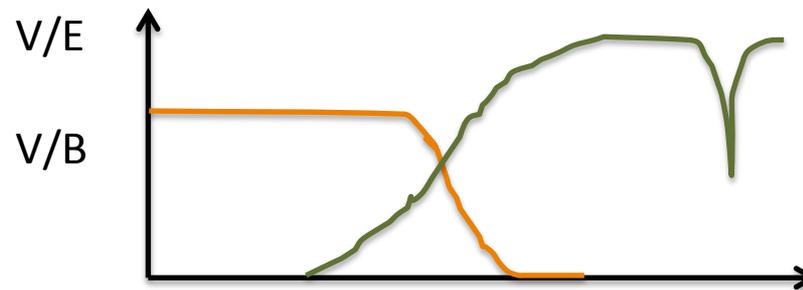
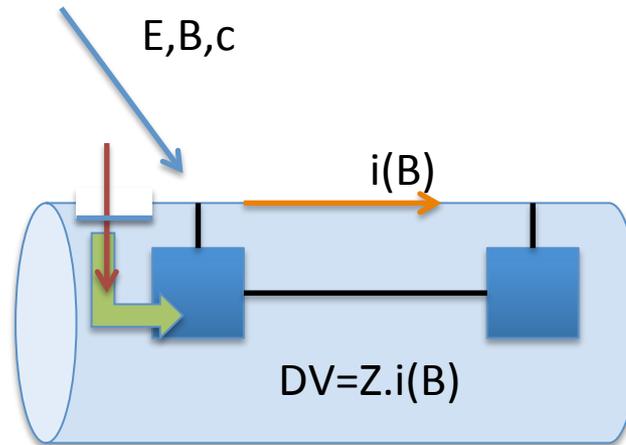
Open structures

$$z = \begin{bmatrix} a & \alpha \\ \alpha & b \end{bmatrix}$$



Les interactions sont de deux types :

- ✓ Transmission par les courants induits dans les structures
- ✓ Transmission par les modes du champ transmis dans les structures

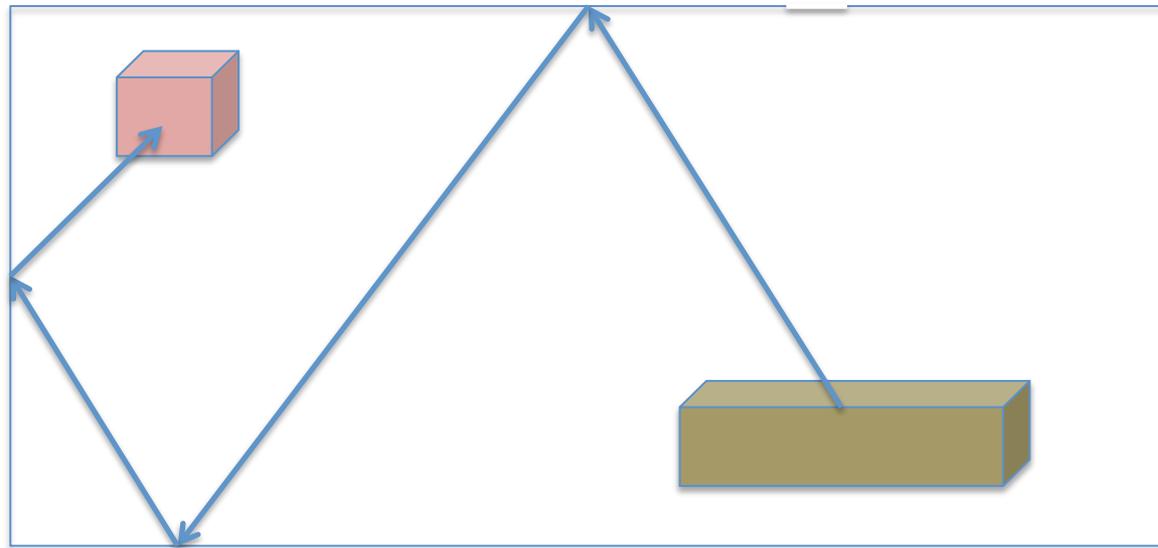


Discerner deux interactions :

- ✓ De champ proche : très peu impactée par les structures, de fait peu sensible aux choix architecturaux, sauf dans le cas des lignes
- ✓ De champ lointain (environnement) ou guidés qui engendrent dans les structures des modes, très sensibles aux choix architecturaux.

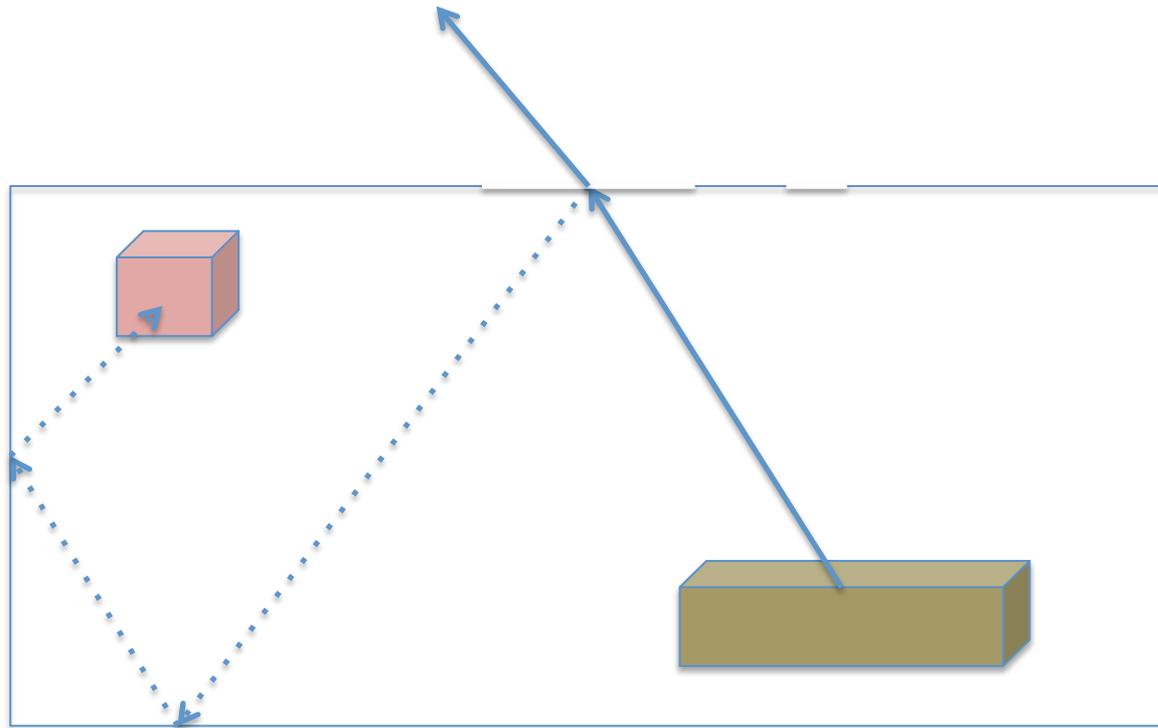
On s'intéresse principalement à ce deuxième type d'interactions

Good shielding structures



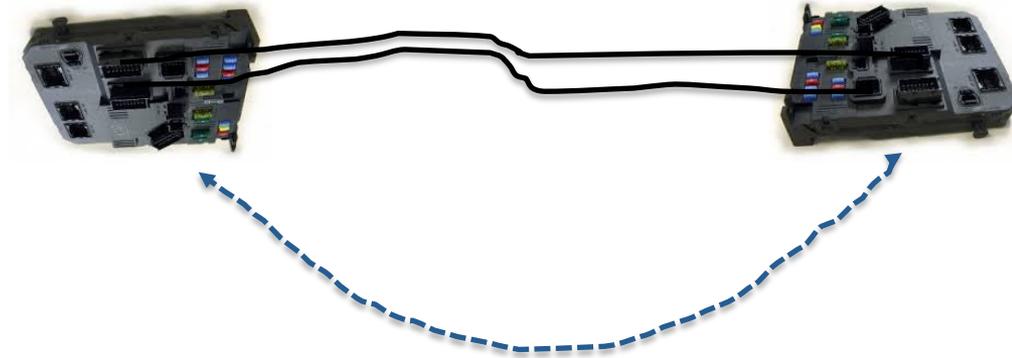
Effets de cavitation importants, interactions internes fortes.

Open shielded structures

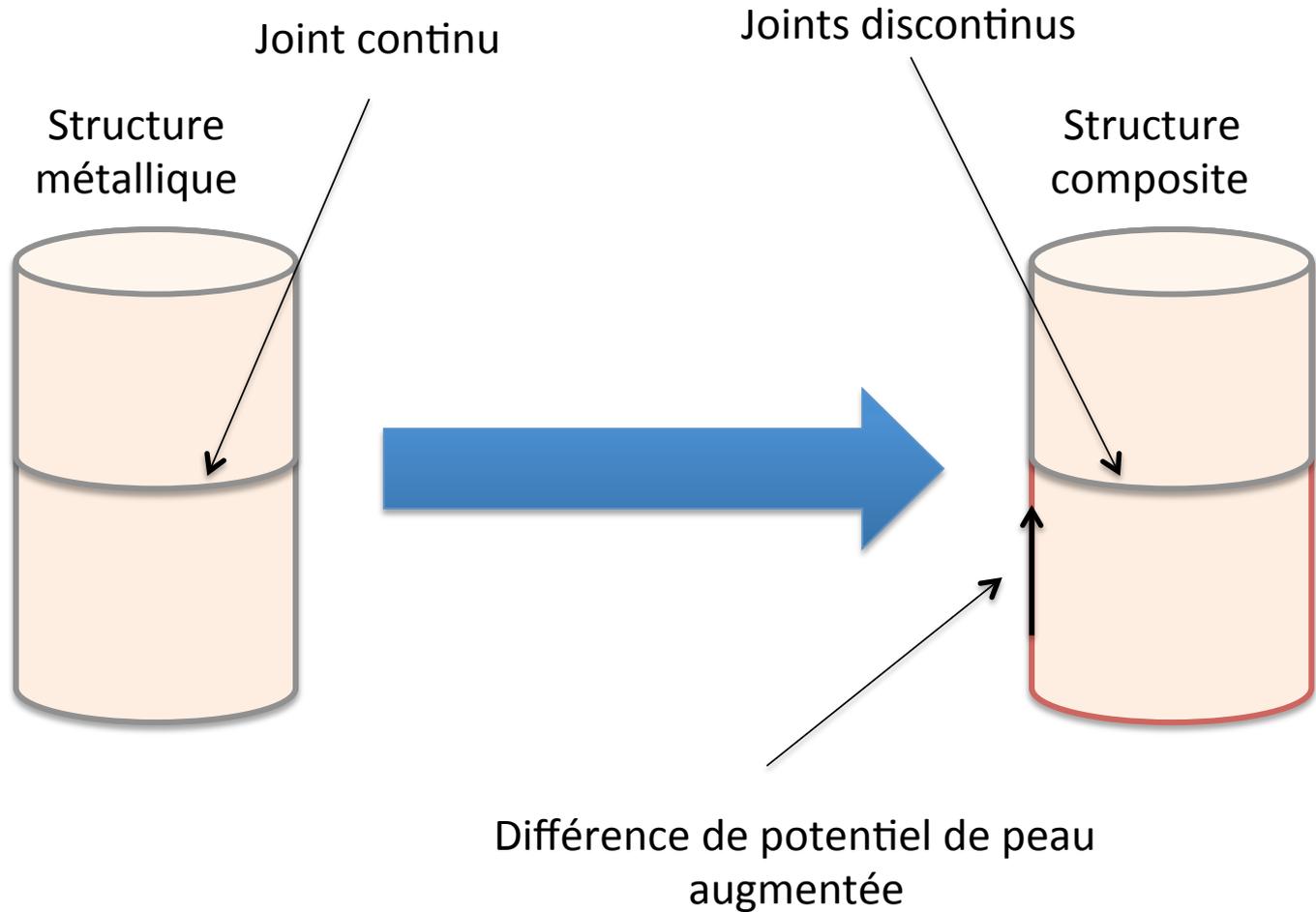


Effets de cavitation affaiblis, couplages plus faibles avec les modes & entre les électroniques.

Open structures

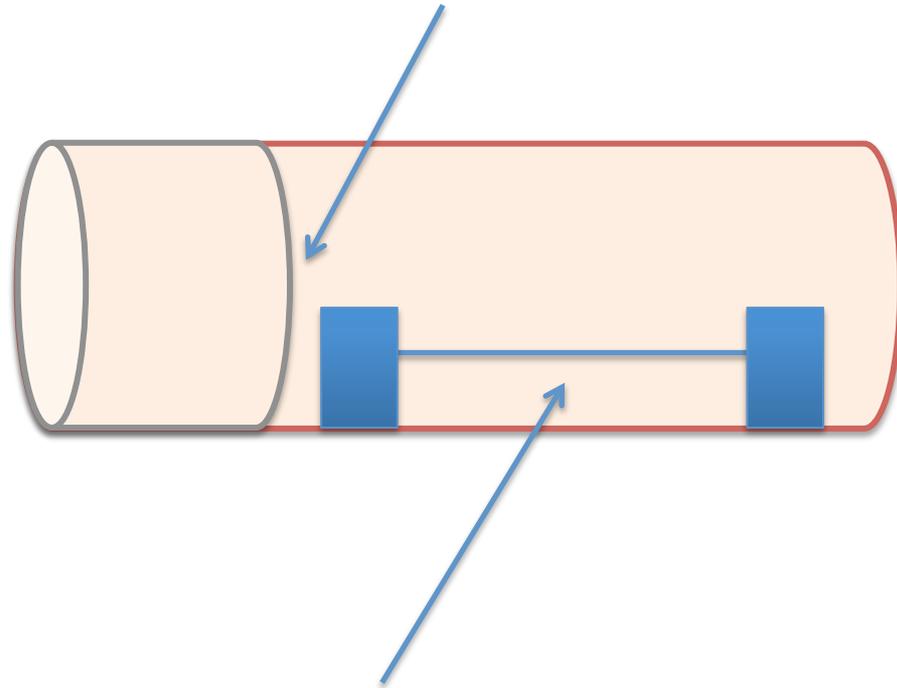


Interactions rayonnées entre les équipements, qui peuvent dépendre de la présence du câble et l'installation.



L'immunité est plus compliquée à cause de la gestion des joints. La CEM interne est globalement moins critique car les effets de cavitation sont moins marqués.

Différence de potentiels aux interfaces,
impédance en fréquence, non linéarité, etc.



Remise en question des structures de lignes exploitant la
structure comme masse de référence -> pertes, impédance en
fréquence du composite, vitesse de groupe, etc.

Importance des interfaces

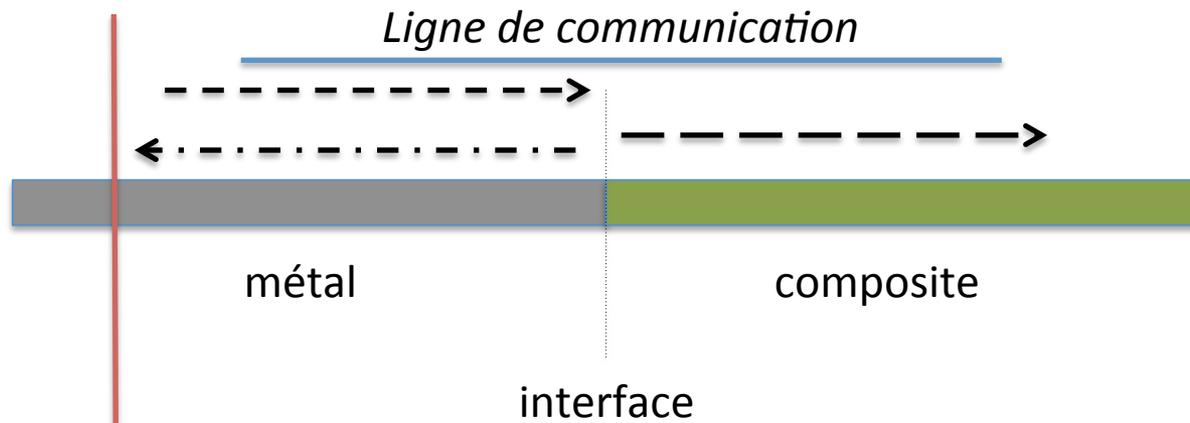
De nombreuses études sont menées pour caractériser les composites, matériaux nouveaux.

Mais malheureusement, les interfaces entre matériaux ont souvent été oubliées, engendrant des problèmes durs, non résolus pour certains :

Interfaces composite / métal, composite / composite; y compris des problématiques métal / métal qui ont mal été anticipée.

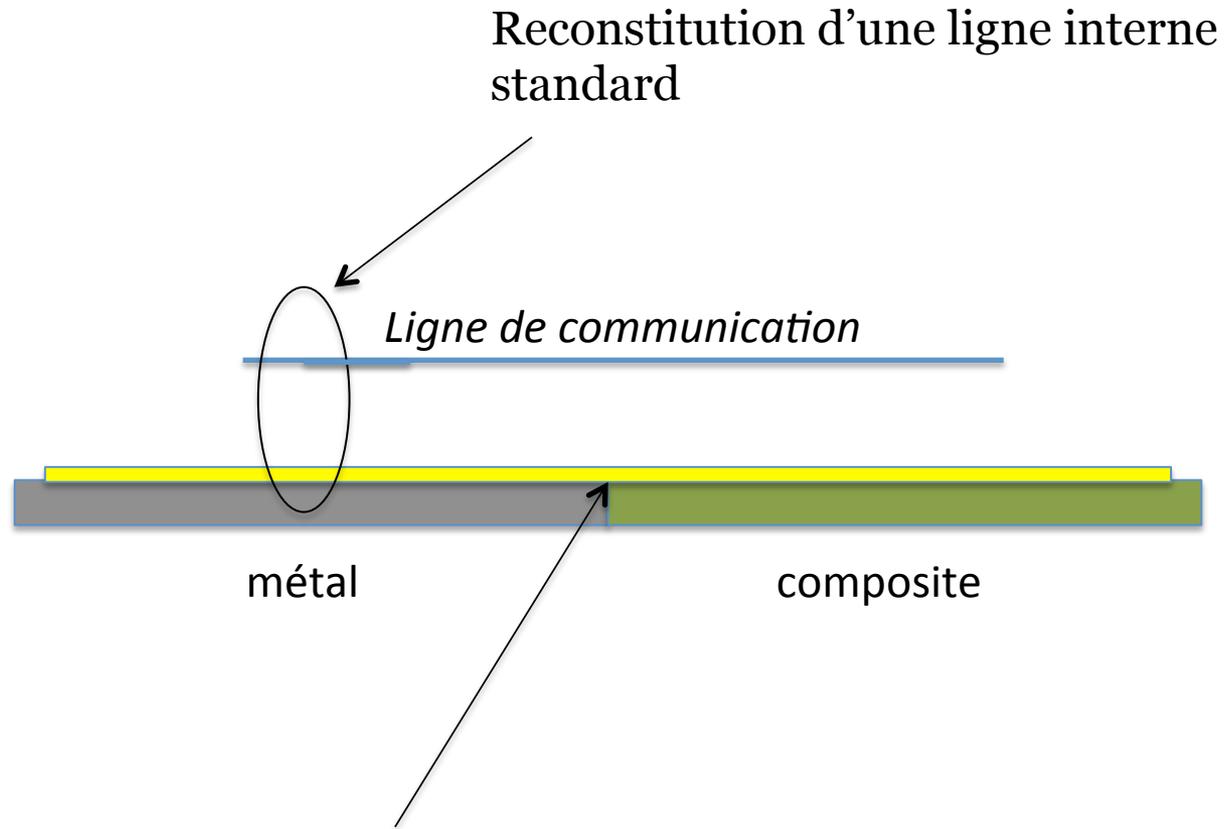
Exemples :

- tenue de rivet aux courants forts, utilisés pour fixer des plaques composites à des plaques métalliques.
- Tenue mécanique de structures métal – composite.
- ...

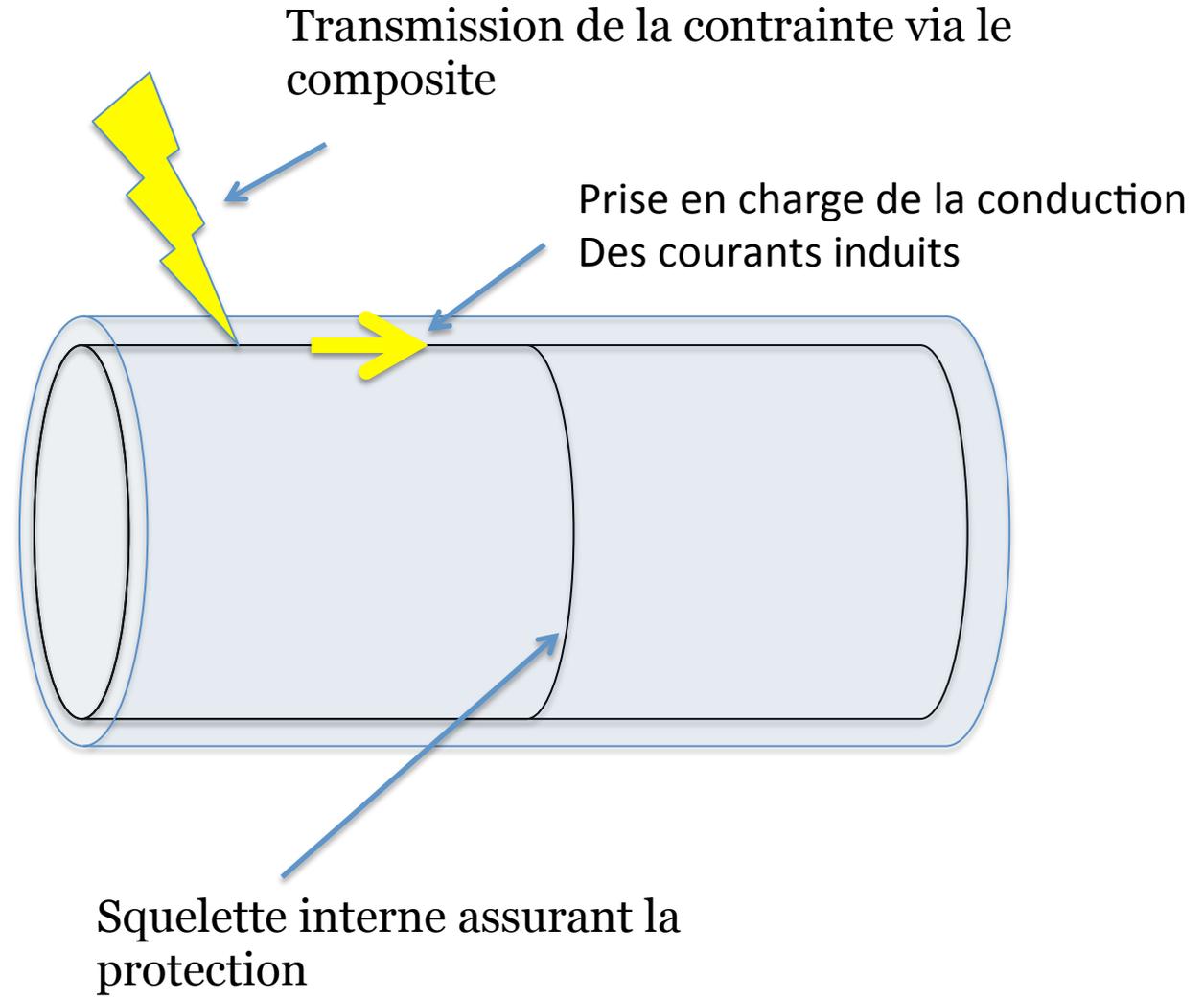


$$Z_R = Z_{c0} \frac{Z_{c0} + Z_{c1} \operatorname{th}(\gamma L)}{Z_{c1} + Z_{c0} \operatorname{th}(\gamma L)}$$

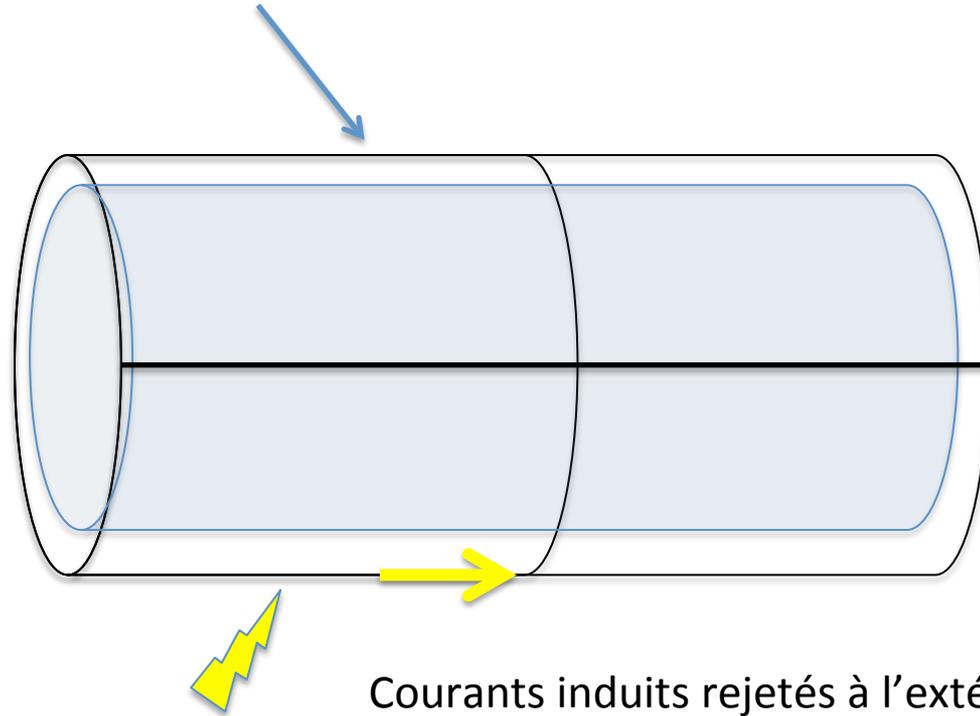
Même le fonctionnel peut être impacté

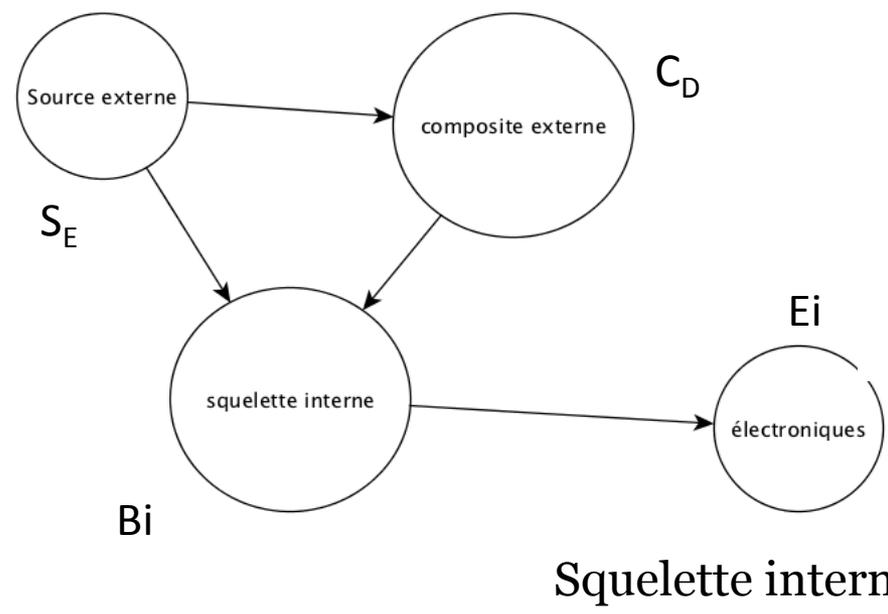


Ajout d'une structure conductrice interne.



Exosquelette par grillage conducteur externe



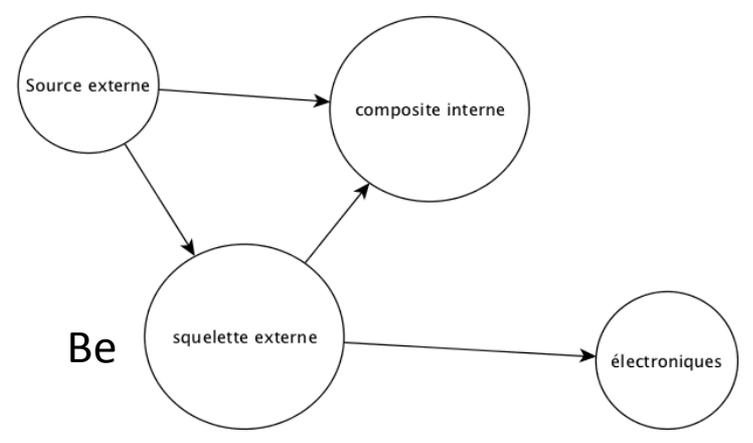


$$Z_{bi} = \begin{bmatrix} S_E & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & C_D & \alpha' & 0 \\ \beta & \alpha' & B_i & 0 \\ 0 & 0 & \zeta & E_i \end{bmatrix}$$

Couplage « classique », « cavité » interne

$$Z_{be} = \begin{bmatrix} S_E & 0 & 0 & 0 \\ \beta & B_e & \alpha' & 0 \\ \alpha & \alpha' & C_D & 0 \\ 0 & \zeta & 0 & E_i \end{bmatrix}$$

Transmission avec pertes, effet de cavité amorti



Squelette externe

- ❑ Élévations de potentiels pouvant être plus importantes :
augmentation des effets de vieillissement,
- ❑ Répartition des vibrations différentes : suivant les structures (peut
être mieux, ..., ou moins bien),
- ❑ Échanges avec l'environnement différents (taux d'humidité interne,
effets de pollution de l'air interne par contact avec des structures
composites instables en surface,
- ❑ Démontabilité / maintenance pouvant être plus compliquée
(techniques par visser parfois impossibles, d'où collages, etc.),
- ❑ Diffusion thermique différente,
- ❑ Transparence aux rayonnements ionisants en général supérieure

En résumé : impacte la fiabilité des composants

Les composites sont diélectriques ou semi-conducteurs.

Si l'on ne modifie que la structure, pour une architecture EE existante et reprise, on devra envisager l'ajout de métallisations partielles.

Sinon, on peut repenser l'architecture EE dans son ensemble et essayer de bénéficier de l'apport composite pour alléger la structure.

Des solutions par exosquelette intégré dans le composite, peuvent apporter le déficit d'atténuation des champs externes.

En fonctionnel interne, on choisira une stratégie de lignes indépendantes en modes différentiels et d'équipements flottants ou reliés par les blindages des câbles eux-mêmes.

Les squelettes internes ne sont pas optimisés; ils recréent les problématique de renforcement de champ interne éventuel, le diélectrique atténue le champ mais pas les résonances internes. Par contre, l'architecture EE peut être celle établie classiquement puisque dans le domaine interne, on retrouve un système quasi-classique (« good shielding »).

L'analyse tensorielle des réseaux développée à l'IRSEEM donne le moyen d'étudier théoriquement diverses solutions d'agencement de systèmes pourvu de matériaux composites.

Cette étude est indispensable pour optimiser la conception et trouver les meilleurs compromis d'installation de façon à bénéficier au mieux des avantages de ces nouveaux matériaux : légèreté, robustesse, faible maintenance, etc.

Cette étude préalable est d'autant plus importante que les possibilités sont nombreuses entre les mixages composites / métallique, les choix de positionnement des couches éventuelles, les choix de connexions des équipements internes, etc.

Dans tous les cas, les matériaux composites ne peuvent réellement engendrer des systèmes avec une vraie rupture technologique que si la conception de ces systèmes est repensée de zéro.

Merci de votre
attention

