



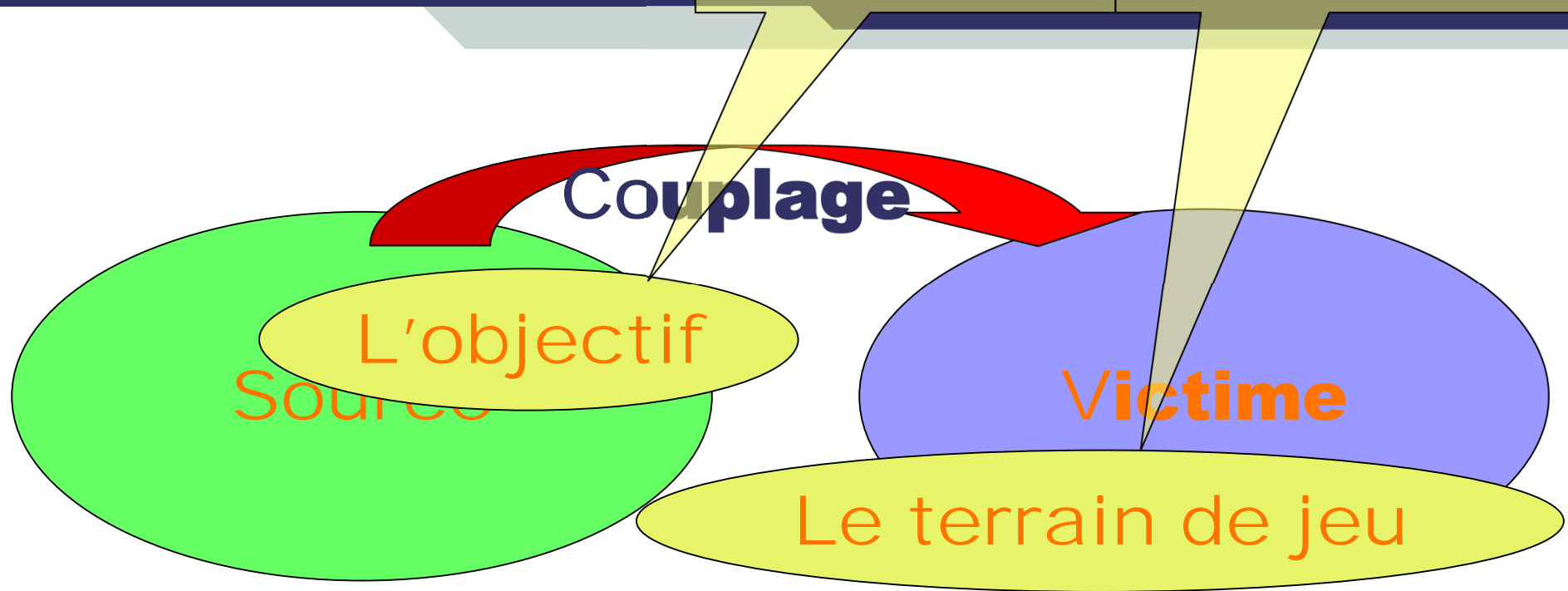
# Réinventer la modularité

Une clef pour la CEM en ambiance « sévère »

Cette présentation décrit comment, dans le contexte industriel de cette seconde décennie du XXI<sup>ème</sup> siècle, garantir la CEM

- ◆ sur un avion (ou plus généralement, tout porteur « à CEM sévère »),
- ◆ de manière efficace (limiter le coût des protections, et des essais/modifications « à répétition ») et prédictible,
- ◆ en responsabilisant chaque acteur pour sa contribution.

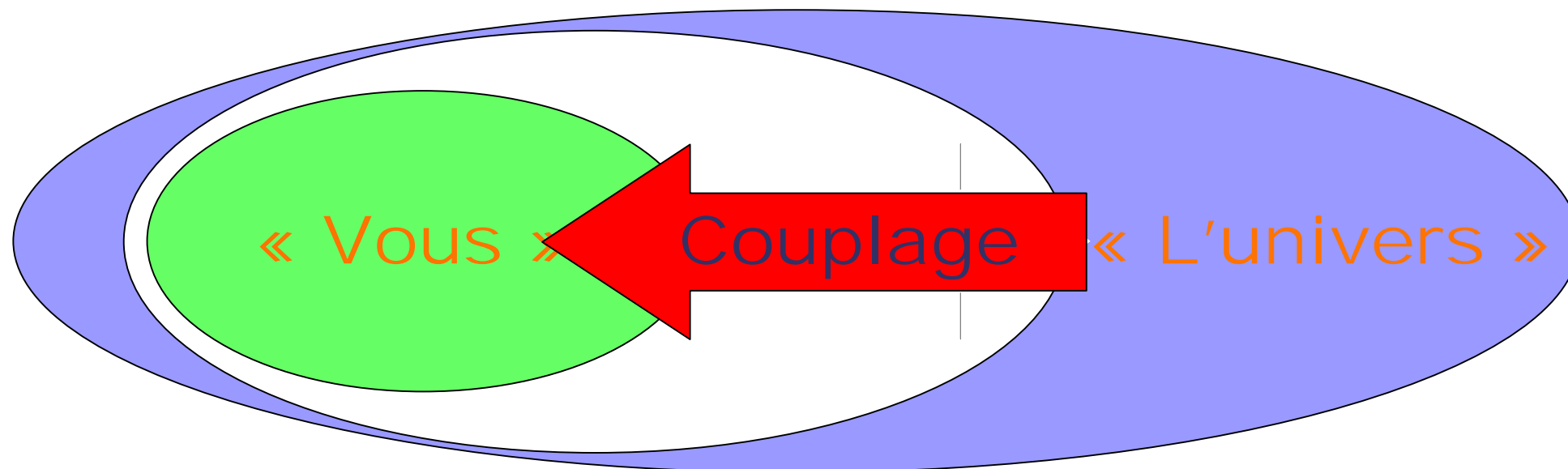
Après un rapide rappel de la notion de CEM, on examine les contraintes nées de notre contexte industriel, pour en déduire des opportunités d'améliorer les pratiques « système » de construction de la CEM.



La CEM existe quand il manque un au moins des éléments :

- ❑ Faites taire la « source » : vous avez la CEM
- ❑ Insensibilisez la « victime » : vous avez la CEM
- ❑ Supprimez le couplage : vous avez la CEM

Une seule condition suffit si c'est à 100%. En pratique, on « jouera sur les 3 tableaux ».



Essais d'émission /  
perturbation

□ CE / RE

Essais de  
susceptibilité

□ CS / RS

Chaque « univers » (= « environnement » ) a sa norme

- « victime » : décrite par des gabarits
- « source » : décrite par des générateurs équivalents
- « couplage » : décrit par la méthode d'essais

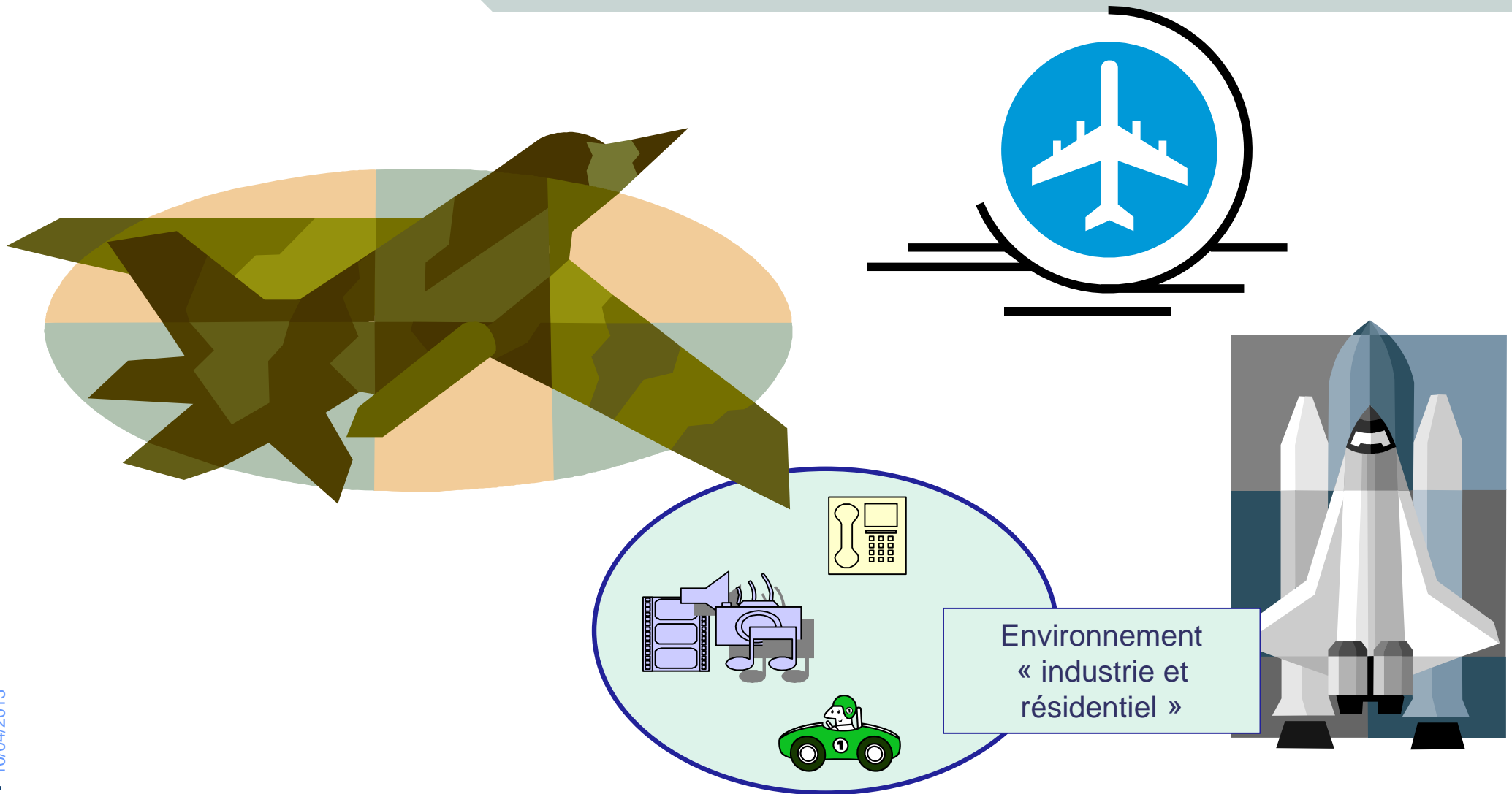
Norme ou spé CEM = liste d'essais = simulation analogique

**THALES**

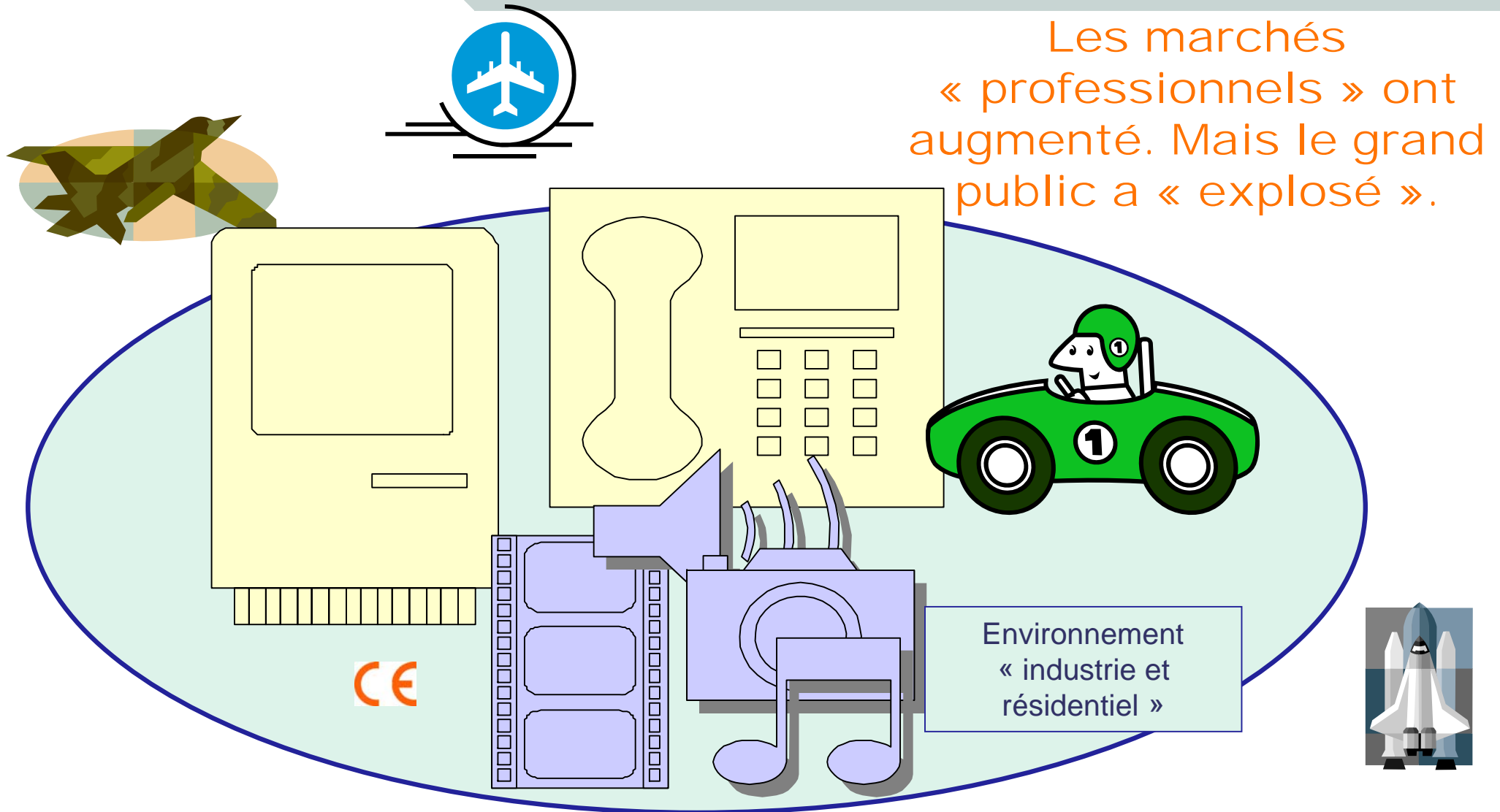
## Certif. « aviation civile »    Marquage C€

- ◆ Extensible au militaire
  - ◆ Exemption de toutes directives C€ (traité international ⇒ C€ sans autorité)
  - ◆ Certification par tiers → **organisme officiel**
  - ◆ Spés & normes CEM = exigences contractuelles / légales
  - ◆ Respect de spés et normes CEM = preuve
- ◆ Tout le reste (dont militaire)
  - ◆ « **Exigences essentielles** » = **CEM dans l'environnement**
  - ◆ Auto-certification → une qualification « étatique » est théoriquement illégale en droit européen
  - ◆ Spés & normes CEM = caractérisation / description de l'environnement
  - ◆ Respect de spés et normes CEM = présomption

**Au final, ce sont les mêmes normes et spécifications qu'il faut respecter**



Les produits et la CEM « environnements sévères » étaient alors les principaux acteurs du marché.



Produits et CEM « environnements sévères » marginalisés : R&D optimisée pour environnement « industrie & résidentiel ».

- ◆ COTS : *commercial off the shelf* = produit commercial sur étagère
- ◆ BYOD : *bring your own device* = les passagers (et certains opérateurs) apporte le matériel de leur choix

De plus en plus d'appareils ou de modules fonctionnels installés dans un avion viennent de l'univers **CE** « résidentiel » (et industriel).

- ◆ Il faut « faire avec »,
- ◆ Ils ne s'adapteront pas à un univers « aéronautique », trop petit pour les fabricants (qui achète 1 million de cartes « réseau » ?),
- ◆ Les passagers voient de plus en plus leur iPad™ (ou autre) comme une partie d'eux-mêmes.

Donc, c'est à l'univers aéronautique de s'adapter



Dans un avion ou dans un équipement « à CEM sévère », pour inclure des objets de l'« univers grand public », le plus sage est d'isoler des **bulles** d'« univers grand public »

### Cabine passager des avions de ligne

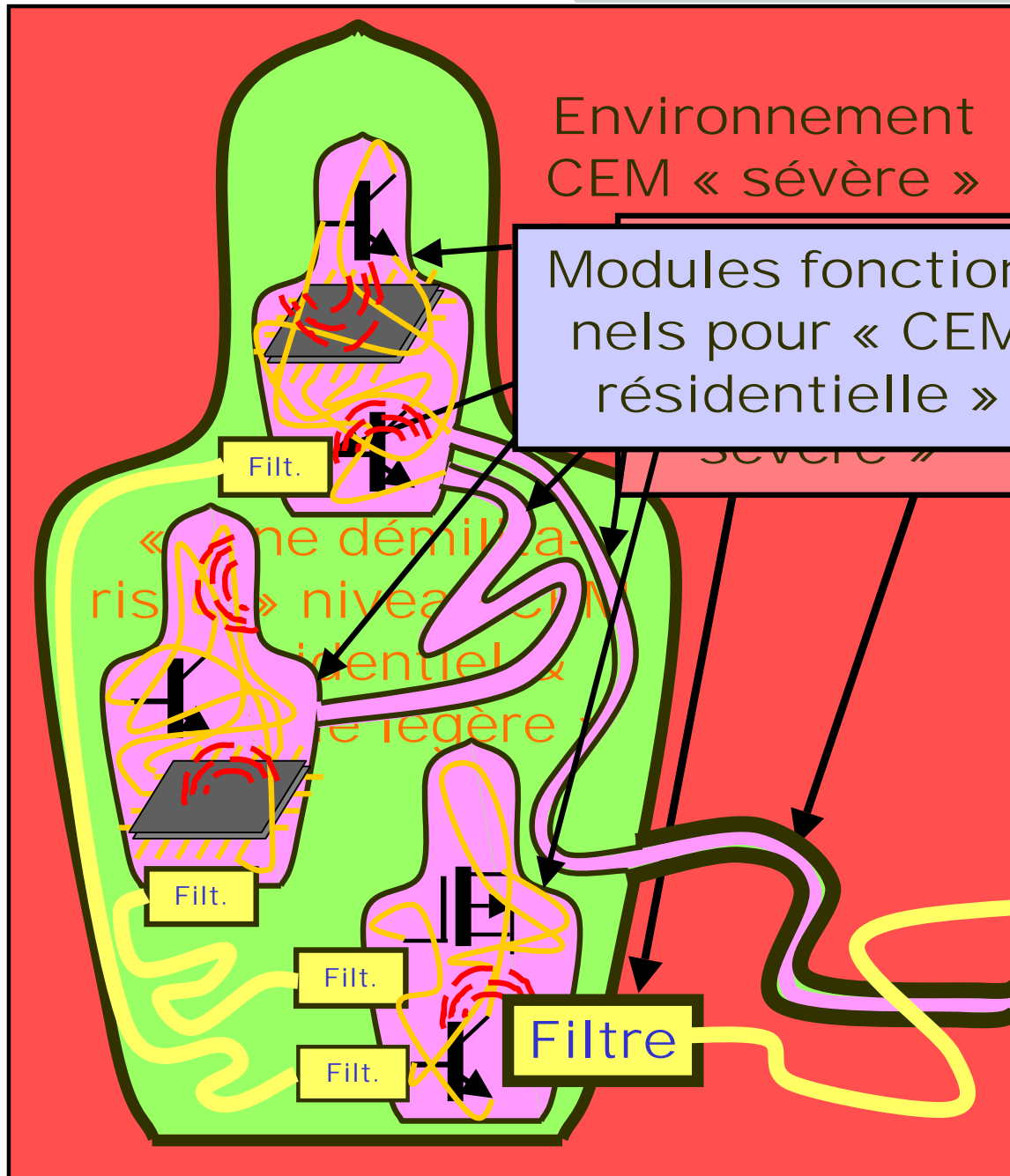
- ◆ Réseaux Wifi/Airport, distribution électrique « domestique » : On y vient, c'est juste une question de temps.
- ◆ Ça fonctionne aussi avec les navires...

### Intérieur des équipements embarqués

- ◆ Installer une carte COTS directement dans un boîtier « CEM aéronautique » = gaspiller le marquage **CE** de la carte
- ◆ Liaisons numériques « haut débit » grand public de mieux en mieux blindées = pas de marges pour « durcir ».

## La preuve de la CEM est simplifiée / sécurisée

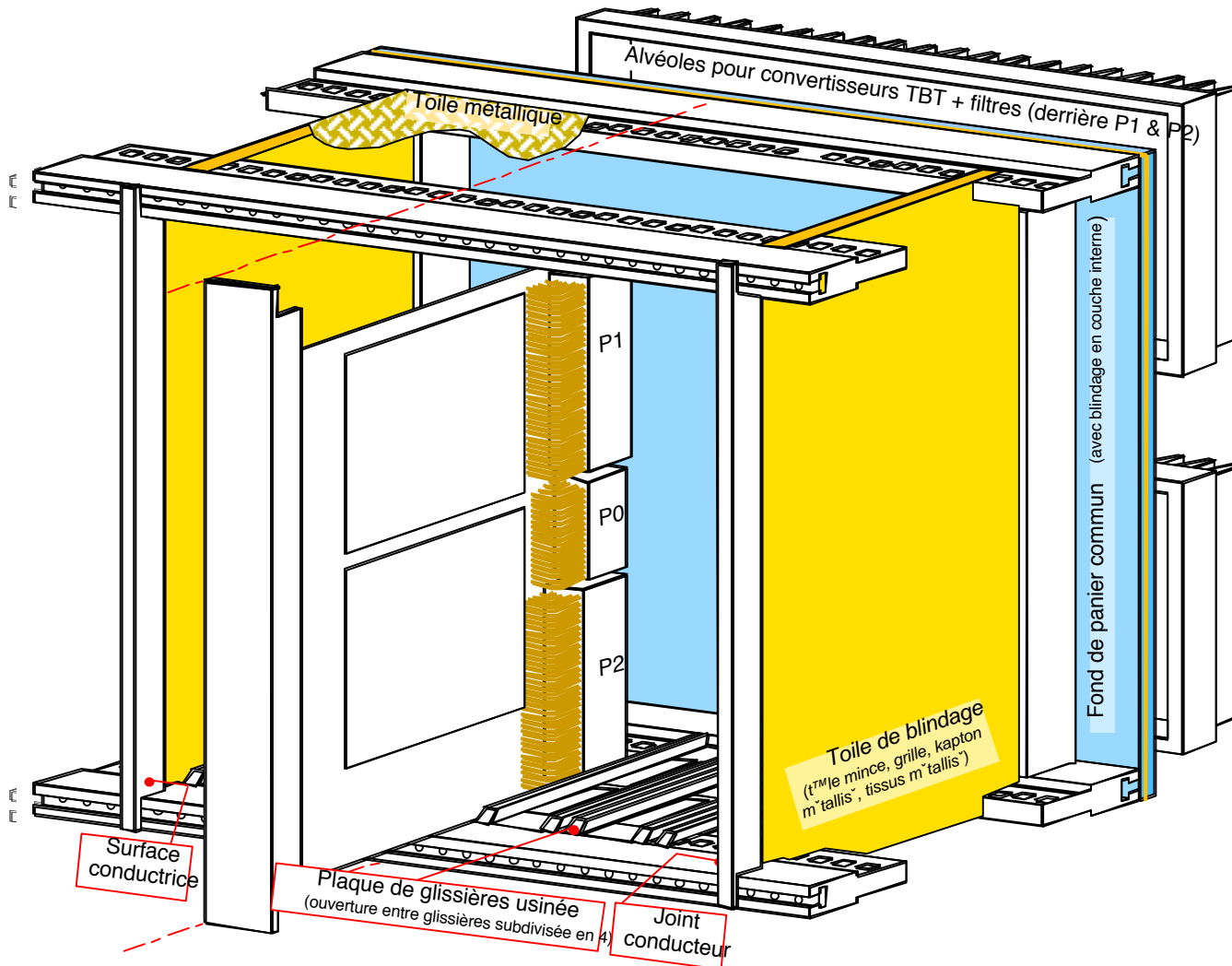
- ◆ Qualif. = mesure/calcul de blindage de zone (20 à 40dB max)
- ◆ On a tout intérêt à généraliser cette architecture modulaire



Les « Exigences essentielles » des COTS **CE** engagent leur fabricant car l'environnement est celui spécifié dans la déclaration **CE**.

Autres S/E qualifiés au niveau « résidentiel » indépendamment du porteur → Réuse

Combinatoire couplages internes « élaguée » → CEM prédictible



« Penser en 3D » + ne pas négliger l'alimentation !

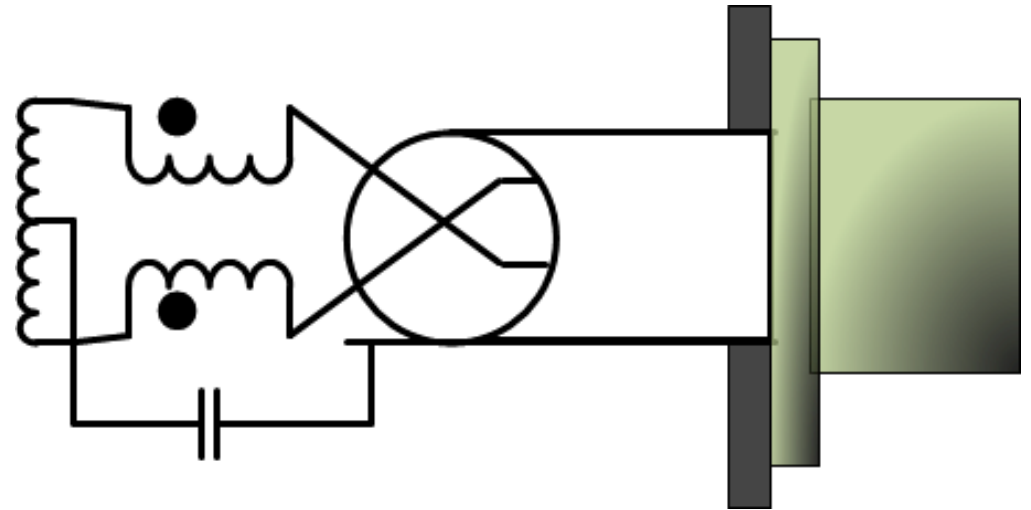
- Modules "point of load" sur la carte mère (P0 accessible si VME) : alvéole blindée
  - Filtrage alim. interne semi-régulée (et signaux de CTL)
  - Toile métallique ou métal déployé des. /
- SSOUS

C'est toujours un « bac à carte dans un équipement »

- Mais toutes les cartes « industrielles » qu'il contient sont placée dans un environnement EM « nominal »
- Et rien d'autre qu'elles n'est couplé avec elles.

### Le plus efficace : Ethernet

- ◆ Inductance MC « de base »,
- ◆ Transfo = dynamique MC (norme = 1500 V)
- ◆ Point milieu = MC filtrable (inductance MC utile



### Le plus simple : coax à $Z_t$ réduit

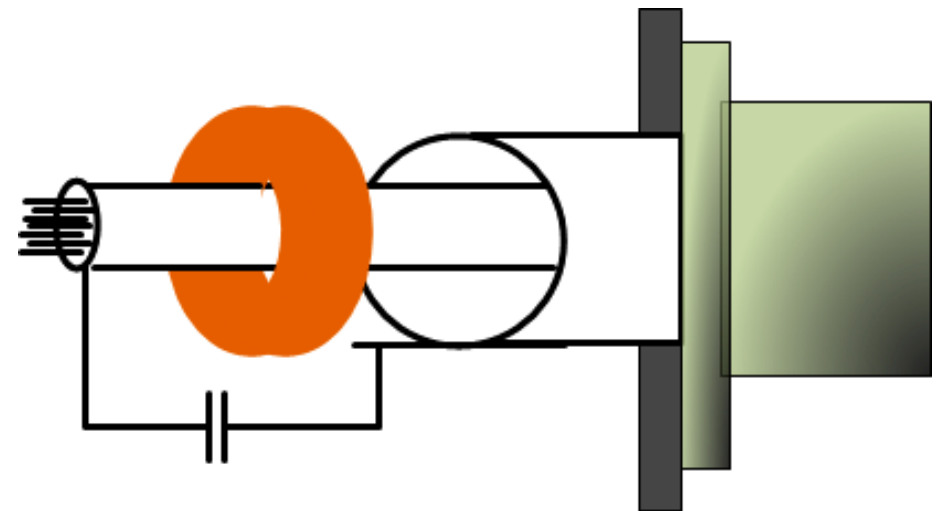
### En secours : blindage « triax »

- ◆ Si interf. « fragile » obligatoire,
- ◆ Si CEM externe très sévère,

### Solution « technologique » :

- ◆ Fibre optique

Point commun : le retour par le blindage annule le champ H



## Chaque atome Cu doit gagner sa place dans un câble :

- ◆ Un coaxial hyper ? Il y surement besoin aussi d'une alim. et de données, alors que tout le bas du spectre est libre.
- ◆ PoE (Power over Ethernet) permet de transporter jusqu'à 50 Watts sur les paires fantôme d'un câble Ethernet. Mais ça fonctionne tout aussi bien sur un coaxial.
- ◆ Le blindage est une drogue dure. On a le choix entre :
  - « Réduire les doses » par un choix d'interface « filtrable » et tolérant
  - Justifier le blindage par un rôle fonctionnel (coax)
- ◆ But de l'opération = éliminer en totalité un ou plusieurs câbles (avec leur connecteur, leur dossier, et leur essai en BCI)
- ◆ Moins on « réinvente la roue », moins on doit « déboguer la roue », « documenter la roue » et « revalider la roue ».

Après analyse (« faux durs », standards propriétaires avec validation et fournisseurs propriétaires), on recommande en général :

« Ethernet + PoE » et « hyper + modem + PoE » (coax)

USB, RS422, VGA, HDMI et autres : à utiliser bien à l'abri « dans la boîte »

Environnement CEM de plus en plus sévère,

Constituants de moins en moins « sous contrôle »

Délais courts et aversion au risque.

Cela ressemble un peu à la « crise de la testabilité fonctionnelle » d'il y a 20 ans :

- ◆ Il faut une « CEM-abilité » (équipements et porteurs)
- ◆ Apparentes généralités → énormes contraintes d'architecture système (y compris choix fonctionnels)
- ◆ Comme pour la testabilité → fortes résistances anticipées (habitudes acquises + déni du risque)

Modularité CEM = enjeu majeur pour la CEM des électroniques embarquées « avancées »

**THALES**

# Merci

Pour tout complément, vous pouvez contacter l'auteur :

[jean-pierre.delwaille@fr.thalesgroup.com](mailto:jean-pierre.delwaille@fr.thalesgroup.com)

