

# L'ENVIRONNEMENT DES CABLES

Henri BRAQUET Université Nice Sophia Antipolis – Polytech'Lab France



RF &  
Microwave

**20 & 21 mars 2019**

Paris Expo - Porte de Versailles

Radiofréquences, Hyperfréquences, Wireless,  
CEM et Fibre Optique

**AFCEM**



Ils sont encore l'objet de nombreux problèmes de CEM

- en émission comme en réception

- Il y a la théorie et ce que l'on attend du câble, son  $Z_t$  par exemple

- Il y a la pratique et tout ce que l'on n'attend pas.

# Cas d'un boîtier métallique

On attend de lui qu'il ne laisse rien voir de ce qu'il se passe à l'intérieur

Les informations qui entrent et qui sortent par des câbles sont camouflées  
par un blindage

Ce blindage rejoint un autre boîtier métallique

Le tout est une cage de Faraday..... du moins tout se passe comme si

Le but du blindage est de faire en sorte que les courants de surface à l'intérieur ne viennent pas se mélanger aux courants extérieurs

Il fonctionnera donc en émission et en immunité

Tout ça grâce à l'effet de peau qui veut qu'en HF les courants n'occupent qu'une très faible épaisseur dans la tranche du blindage.

Donc il fonctionnera mal en BF et ça sera décevant

# En théorie tout se passe bien

....MAIS cela suppose que:

La cage de Faraday ne soit pas ouverte..... (pas trop)

Que le blindage des câbles ne soit pas abîmé

Que ledit blindage soit bien relié au connecteur et le connecteur au boîtier

L'idéal serait des boîtiers monobloc reliés par des tuyaux sans fuite d'air ou d'eau

# Le diable est dans les détails

Si le boîtier a des fentes  $> \lambda/2 \Rightarrow$  plus de blindage

Si le blindage en feuillard a été un peu trop torturé, il est sûrement ouvert

S'il est relié au connecteur par une queue de cochon c'est perdu d'avance

Si on a oublié de dénuder le câble..... pas mieux

Si le connecteur porte sur la peinture c'est pas gagné non plus.

Une fente trop grande peut être :

Une ouverture entre 2 points de soudure

Un capot ou une porte qui ferme mal

Un connecteur qui plaque mal

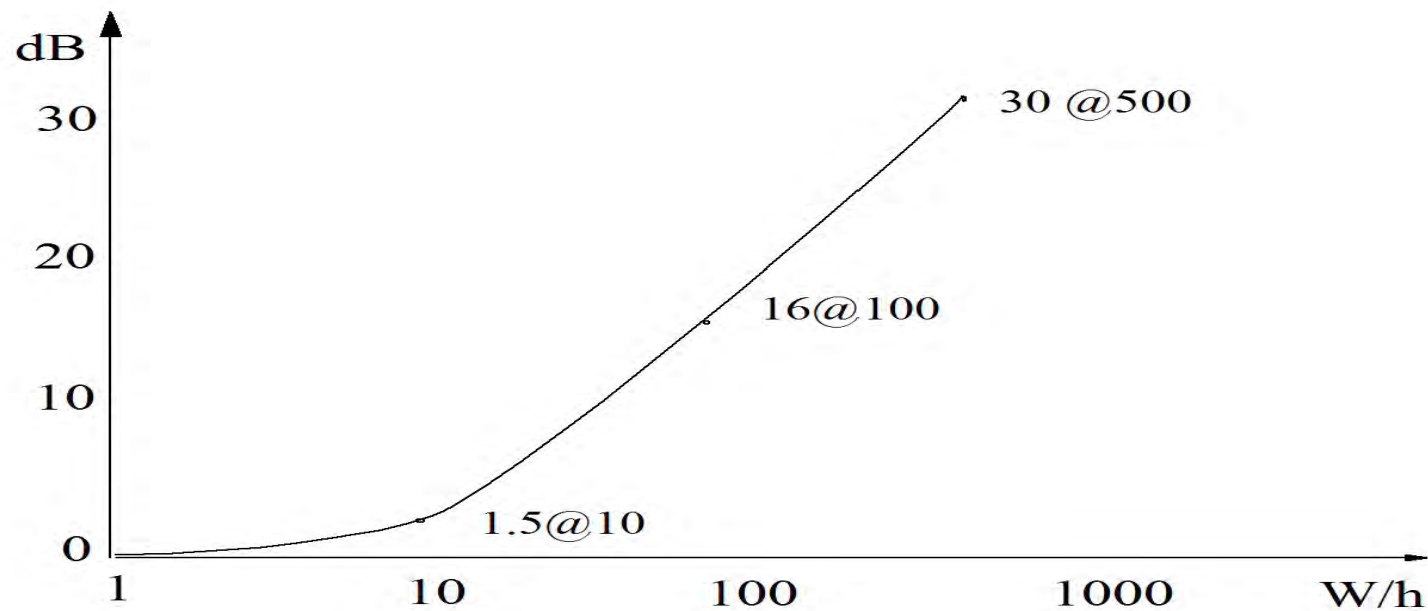
La polarisation du rayonnement va donner l'orientation de la fente :  
verticale = champ horizontal

Une chicane ou un joint peuvent résoudre le problème

Diviser la fente par 2 fera gagner 6dB

**Astuce** : pour détecter les fentes il suffit de mettre une source de lumière dans le boîtier et d'éteindre dans la pièce..... Moqueries garanties

# Efficacité d'une chicane





# Le câble lui même

Un feuillard seul est fragile et supporte mal les manipulations

Soit parce que le serpentín qu'il forme va s'ouvrir

Soit parce qu'il va se casser au niveau du connecteur

Une tresse va consolider l'ensemble dans les 2 cas ci-dessus

# Encore faut-il :

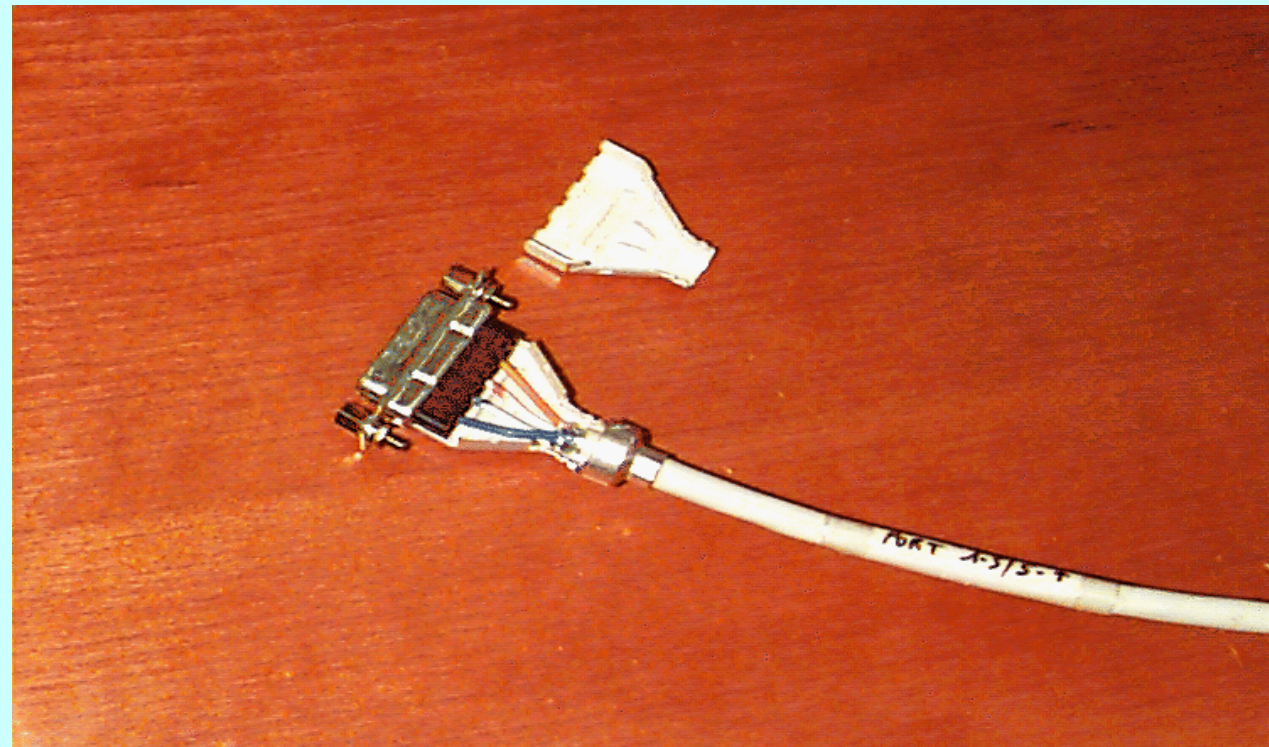
Que le câble soit dénudé

Que le blindage soit en contact à 360° avec le connecteur

Qu'on ne compte pas sur le drain pour faire le travail

Que le capot soit métallique

# Connecteur sur câble blindé



# En pratique

La gestion du boîtier est du domaine du Designer.  
La gestion du câble très rarement.

Le problème est donc de tester TOUS les câbles avant un test.  
Un câble neuf peut très bien avoir un blindage défectueux  
Il faut absolument les tester en HF pas uniquement en DC

L'investissement fait gagner ensuite beaucoup de temps

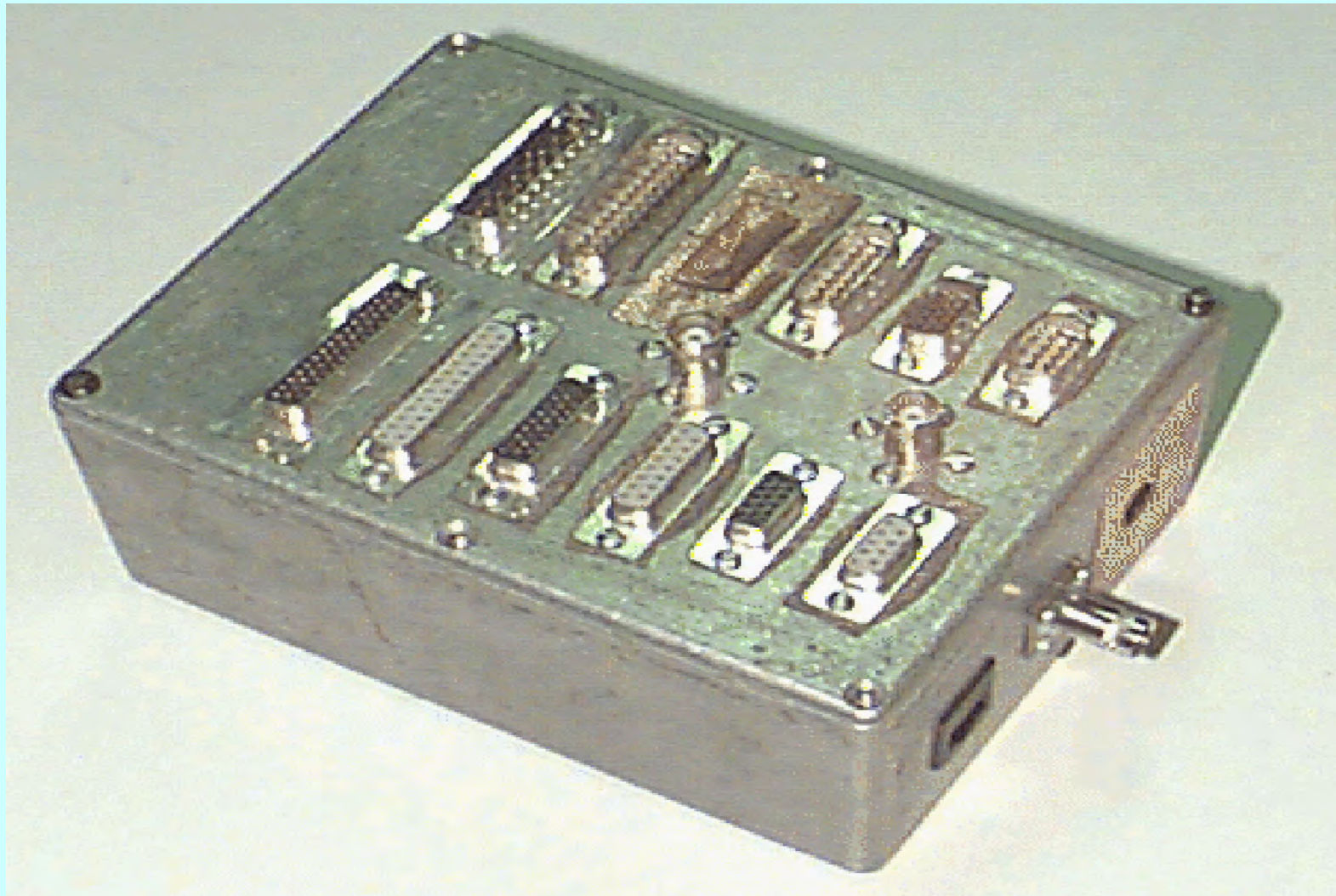
Il suffit d'envoyer sur les fils à l'intérieur de chaque câble une tension HF et de mesurer avec une pince de courant ce qu'il sort du blindage : 1 minute maximum par câble.

Il faut un générateur en peigne dans la bande 30/300MHz

Une boîte à câbles, une pince de courant, un analyseur

Ou un analyseur avec TG qui remplacera le générateur

Voire un outil simple avec générateur, pince de courant et détecteur de niveau.



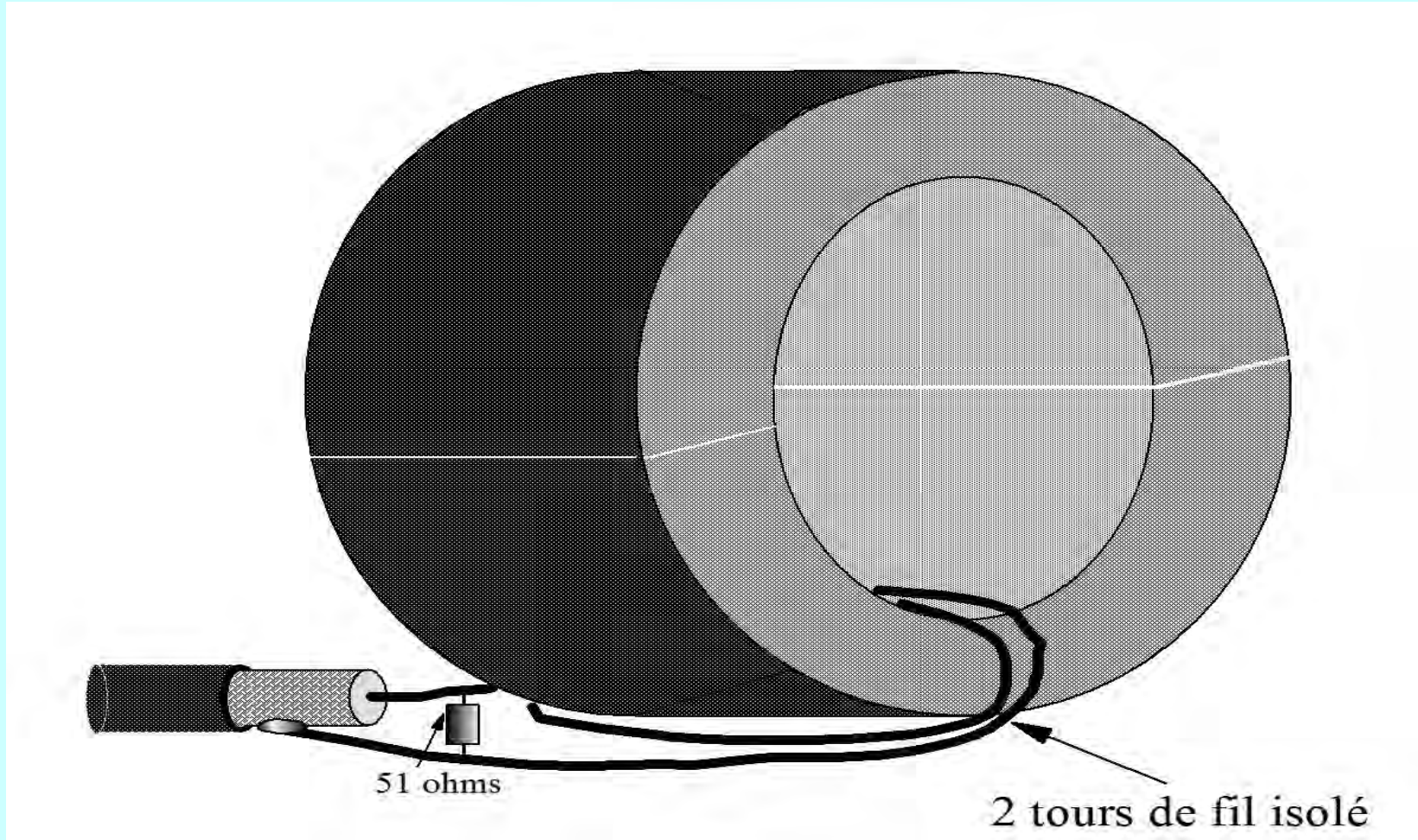
# Une fois en place dans la S A C

Si tout va mal et que le système rayonne

L'orientation du rayonnement vs les câbles va donner une piste

Le pic de rayonnement / position de la table aussi

Un A/R de pince de courant sur chaque câble va permettre de trouver le coupable





Au delà de  $2\mu\text{A}$  dans la bande 30/300 MHz inutile d'espérer tenir la classe B

Une pince de 5 Ohms ( $14\text{dB}\Omega$ ) donne  $20\text{dB}\mu\text{v}$

Une fois les câbles disculpés une boucle de Moebius permettra de détecter les fentes.

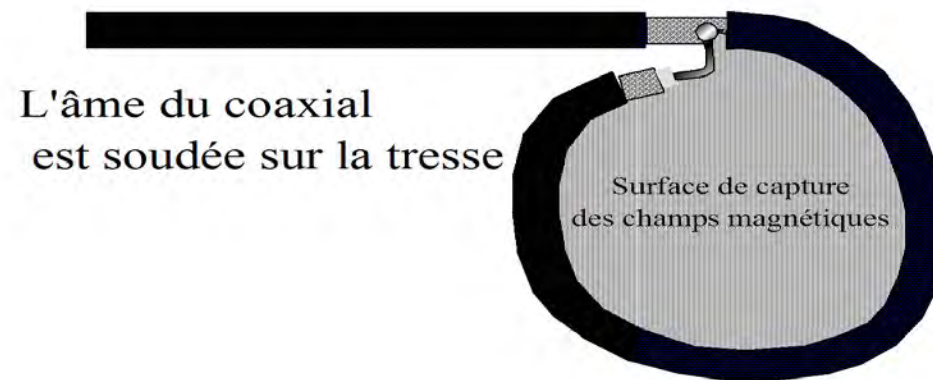
## Lorsqu'il n'y a pas de blindage protecteur

Le rayonnement de la carte voire des modules va être visible.

Une boucle de Moebius permet d'identifier les sources.

Une pince de courant va identifier les câbles sales

# Une boucle de Moebius « maison »



## Comment camoufler sans blindage ?

Il est fort probable que la qualité du câble ne soit pas en cause

Plutôt une conversion MD/MC

Du courant circule sur le câble comme sur un quelconque multibrins.

## 2 façons au moins de le réduire

Ajouter un filtre de mode commun sur la carte

Mettre une ferrite au bout du câble.

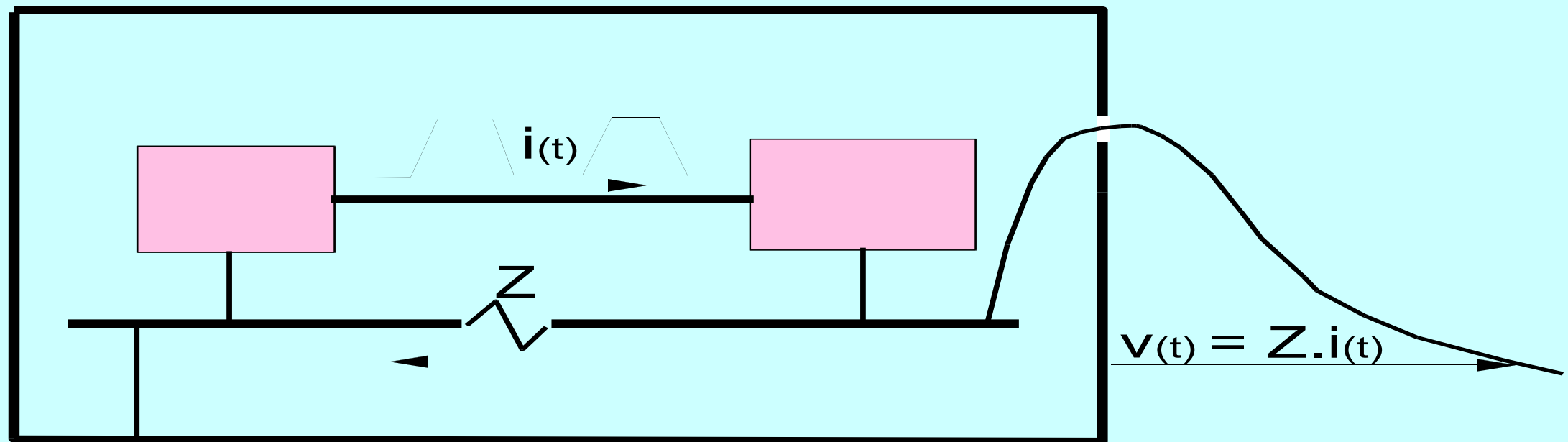
Les 2 sont chers et encombrants

Ou bien essayer de comprendre comment se forme ce courant de MC

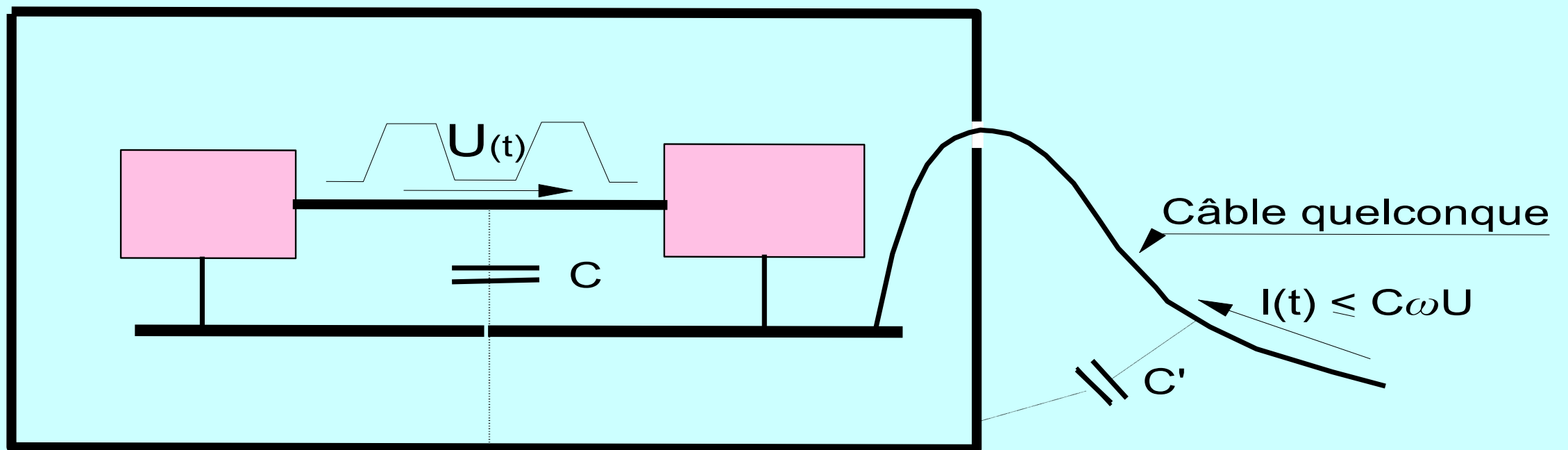
Peut s'avérer payant suivant l'urgence de la situation

## 6 cas peuvent se produire

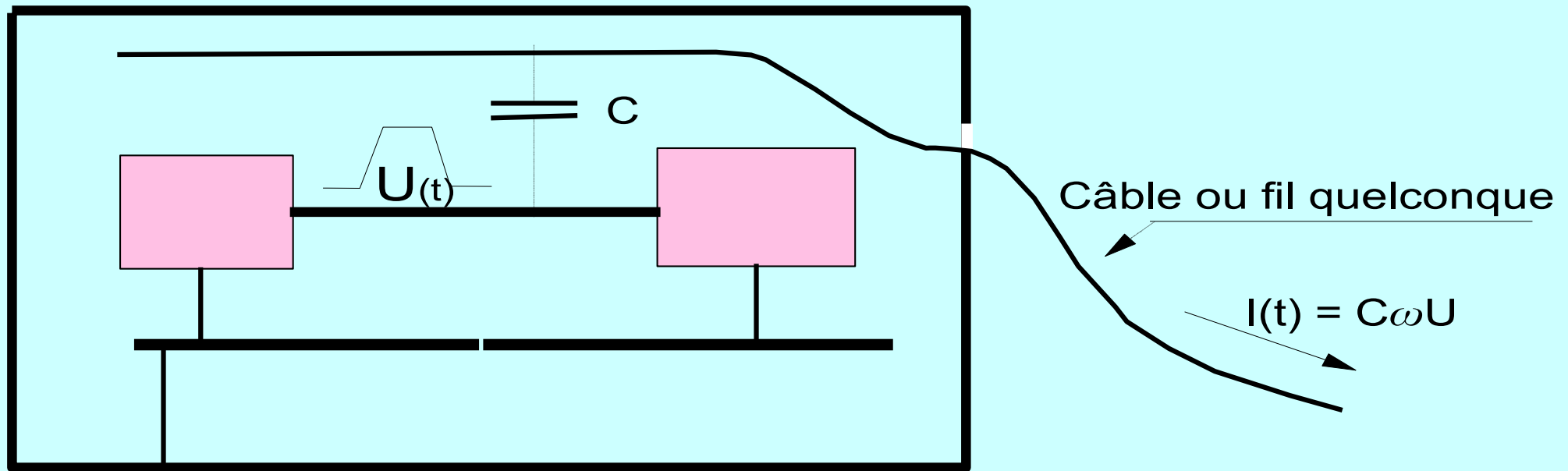
1) Couplage par impédance commune:



## 2) Couplage piste à châssis

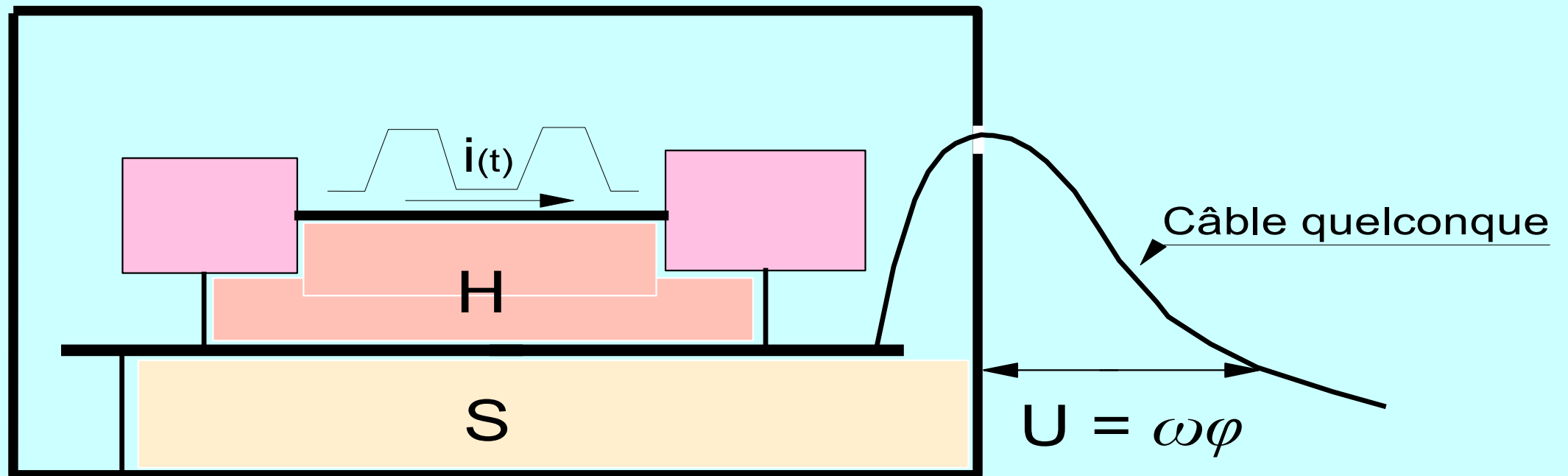


### 3) Couplage par diaphonie capacitive





## 4) Couplage par diaphonie inductive



## 5) Couplage champ à fil

Au delà de  $\lambda/10$  tout fil devient antenne

Pour  $\lambda/100$  l'impédance du fil est déjà  $\sim 20$  Ohms

## 6) Couplage champ à boucle

Un fil parcouru par un courant variable va créer un champ magnétique susceptible d'être capturé par une boucle voisine

Ces 6 cas de création de mode commun ne font pas état de ce qu'il se passe à l'intérieur du câble

Si les parcours aller et retour du signal ne sont pas de longueurs identiques sur la carte, une partie du signal va se retrouver sous forme de mode commun.

Par exemple un fil qui arrive sur une rangée de broches du connecteur et l'autre fil sur la rangée voisine suffit à faire perdre plusieurs dB $\mu$ v.

Merci pour votre attention  
Avez vous des questions ?