



Essais en champs forts – Impacts sur la conception des systèmes

18 janvier 2012

Philippe DUNAND





Introduction

Niveaux d'essais - Comparaisons

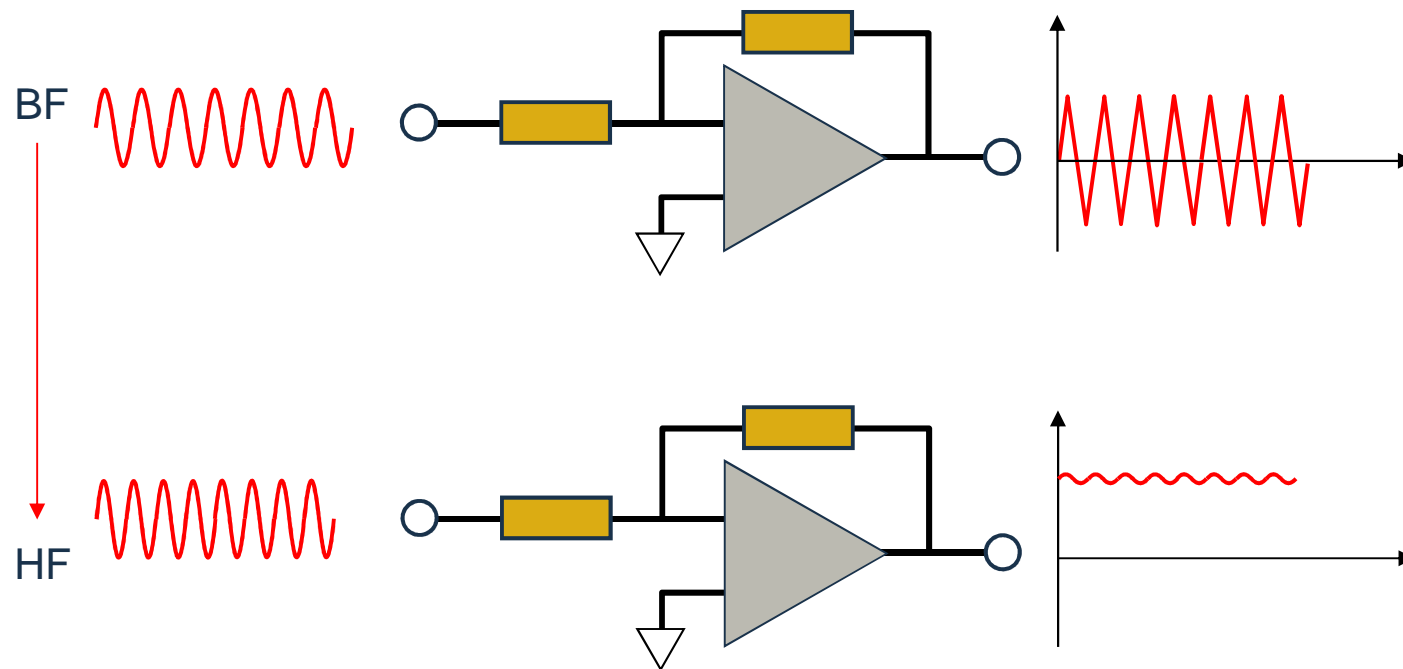


	Niveau mini	Niveau maxi	DO 160 F	MIL STD 461 F
Champ électrique HF CW	0,5 V/m	10 V/m	400 V/m	200 V/m
Champ E impulsionnel	150 V/m	3 000 V/m	7 000 V/m	50 000 V/m

- ▶ La pratique montre que le niveau d'immunité d'un équipement en impulsionnel est d'environ 300 meilleur qu'en CW

Sensibilité des composants

► Détection d'enveloppe des composants



► Le niveau de détection est fonction :

- Des technologies utilisées
- Du niveau HF appliqué
- De la fréquence du signal perturbateur :

► Phénomène critique entre 10 MHz et 1 GHz



Blindage

Efficacité globale d'un blindage

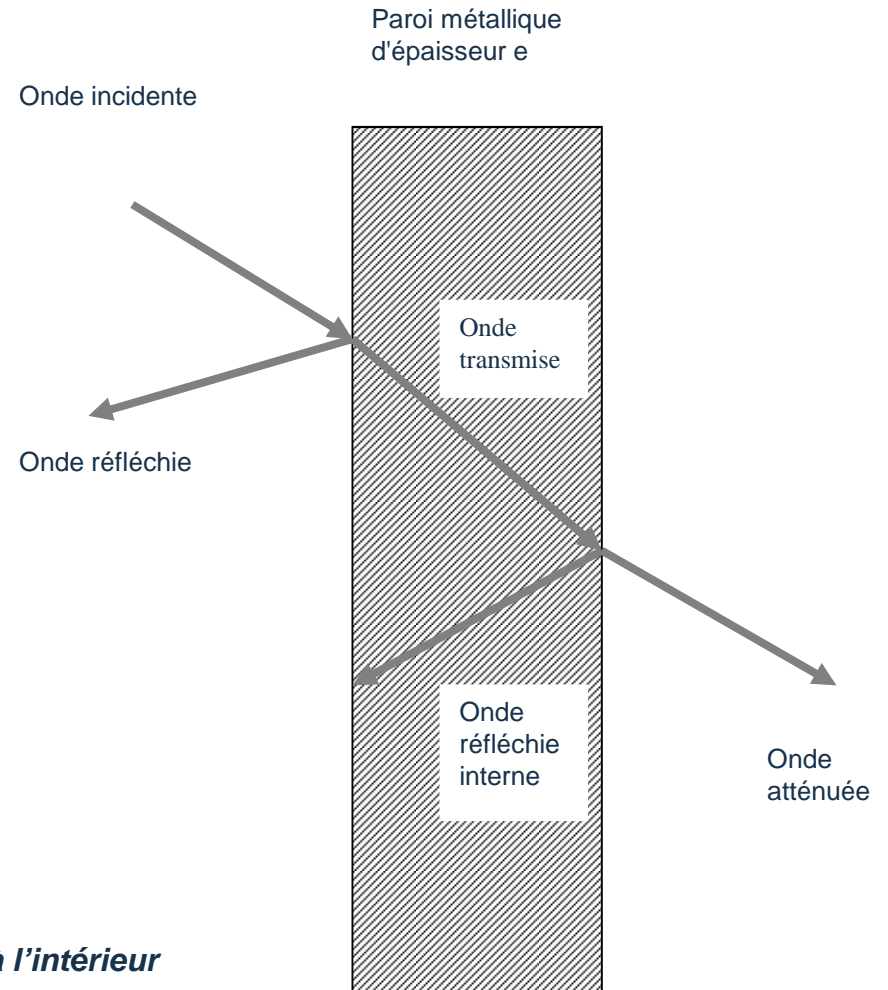
- Caractéristique d'atténuation que présente un matériau déterminé à la propagation d'une onde électromagnétique

$$A_{dB} = R + P_A + B$$

A : Pertes dues à la réflexion sur la paroi

P_A : Pertes dues à l'absorption du champ à l'intérieur

B : Contribution des réflexions et transmissions multiples à l'intérieur



Atténuation réelle

- ▶ **En pratique, l'atténuation réelle du blindage prend en compte les discontinuités car il faut :**
 - Pouvoir effectuer des réglages ou maintenance,
 - Eventuellement refroidir l'ensemble par circulation d'air,
 - Pouvoir lire les cadrans et afficheurs,
 - Relier l'appareil à une alimentation et à d'autres appareils.
 - Installer des connecteurs E/S

- ▶ **L'atténuation HF d'un blindage ne dépend en pratique que des ouvertures**

- ▶ **Malgré la prise en compte des ouvertures, le traitement des câbles reste **PRIORITAIRE****

Effet de fente sur un boîtier

- ▶ La fente dans la paroi métallique se comporte comme une antenne ou dipôle accordé



$$A_{dB} = 100 - 20 \log L - 20 \log F + 20 \log \left[1 + \log \frac{L}{h} \right]$$

- L : Longueur de la fente en mm
- F : Fréquence en Mégahertz
- k : Facteur de minceur ou de forme
- k = 0 dB pour L/h = 1
- k = 10 dB pour L/h = 10
- k = 15 dB pour L/h = 100
- k = 18 dB pour L/h = 1000

Ouvertures dans un blindage : Règles pratiques



▶ Une fente résonne en $\lambda/2$

▶ Limite fréquentielle d'une ouverture :

- $F_{\text{MHz}} = 150 / L_m$

▶ Limite dimensionnelle d'une ouverture :

- $L_m = 150 / F_{\text{MHz}}$

Les joints CEM

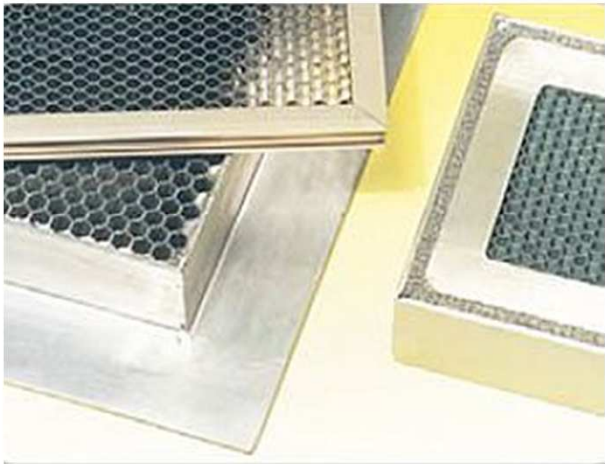


- ▶ Les joints et matériaux hautes fréquences limitent au maximum les fuites et rétablissent donc une intégrité électromagnétique du boîtier qui soit acceptable.

- ▶ Position du problème
 - Relier deux parois conductrices pour restituer à l'ensemble une intégrité électromagnétique identique à celle qu'on obtiendrait si les deux parois étaient parfaitement soudées.
 1. Conductibilité électrique du joint
 2. Parois conductrices recouvertes d'un traitement de surface protecteur (peinture, traitements chimiques...) : épargne indispensable.
 3. Parois recouvertes de graisses ou oxydes,

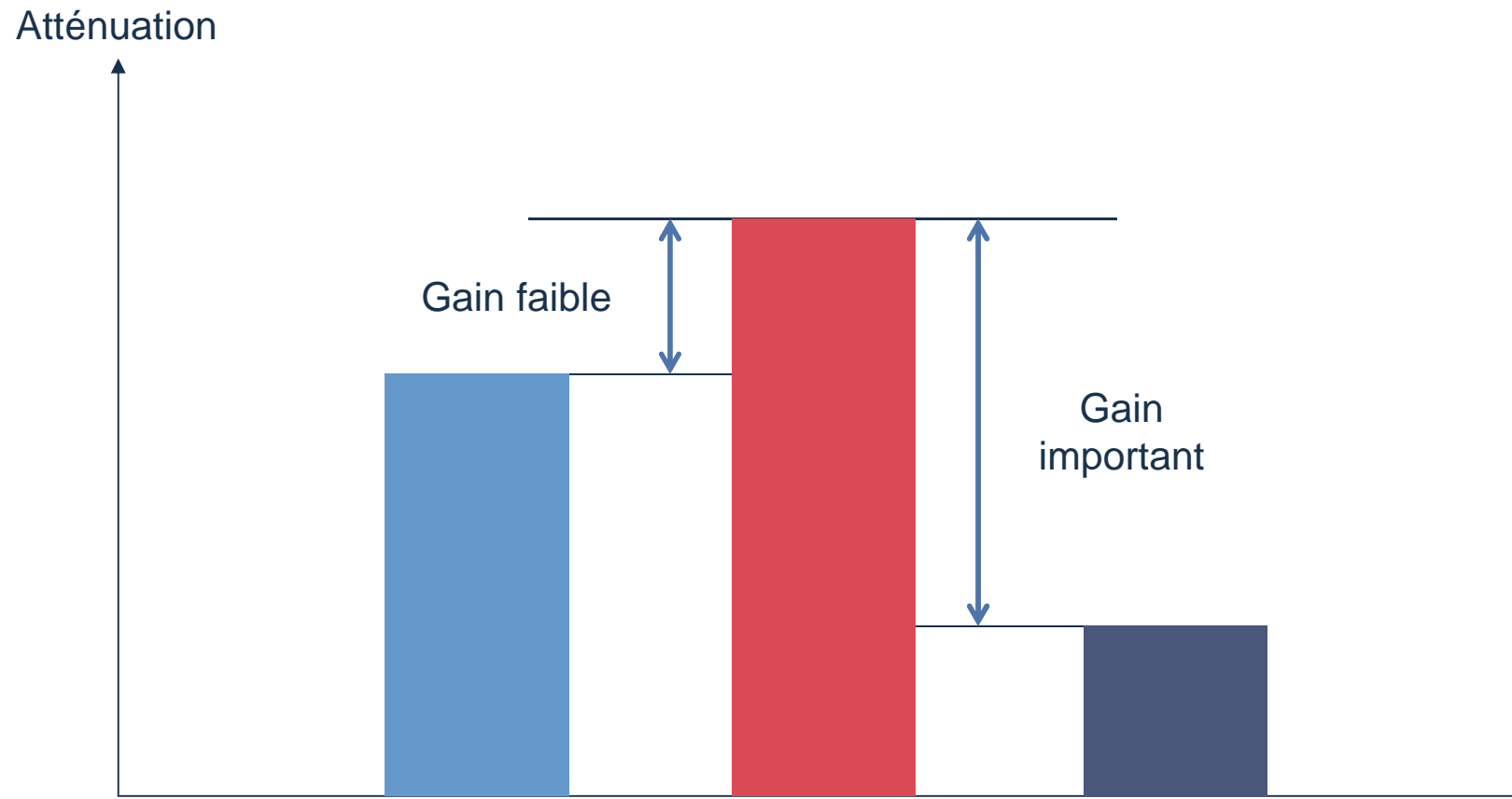
- ▶ Choisir un joint qui, de par sa texture, pourra pénétrer ces différentes couches isolantes et assurer ainsi le contact électrique.

Exemples d'éléments de blindage



Type d'ouverture et qualité de joints

- L'atténuation effective d'un joint est fonction du type d'ouverture à traiter



Mise en œuvre pratique des joints

- ▶ Attention à ne pas coupler « Intérieur » et « Extérieur »



- ▶ Utilisation des effets de chicane



Synthèse des règles de blindage

- ▶ Choix du matériau de blindage :
 - Bon conducteur
 - Epaisseur suffisante

- ▶ Réduction des fentes en assurant le contact électrique entre les différents éléments
 - Nids d'abeilles, grillages, etc
 - Joints conducteurs
 - Effet de chicane

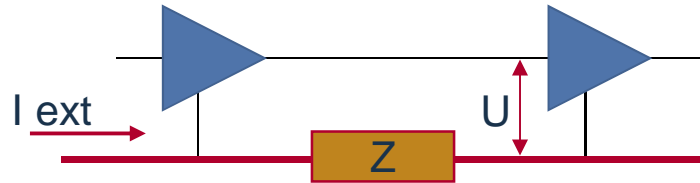
- ▶ Blindage ou filtrage des interfaces



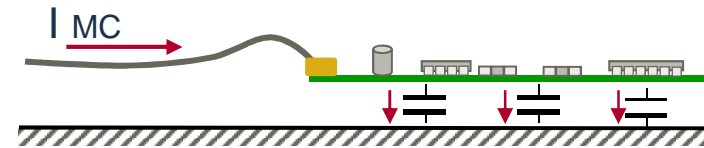
Circuit imprimé

Couplages

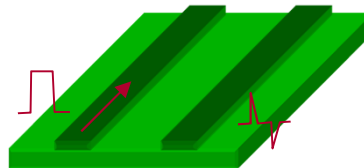
- ▶ Impédance commune



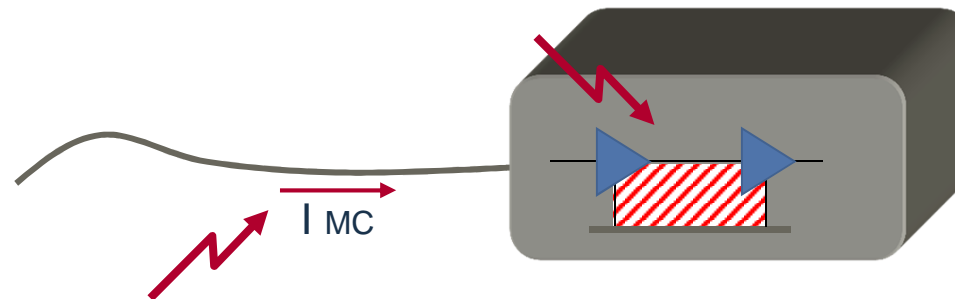
- ▶ Carte à châssis



- ▶ Diaphonie

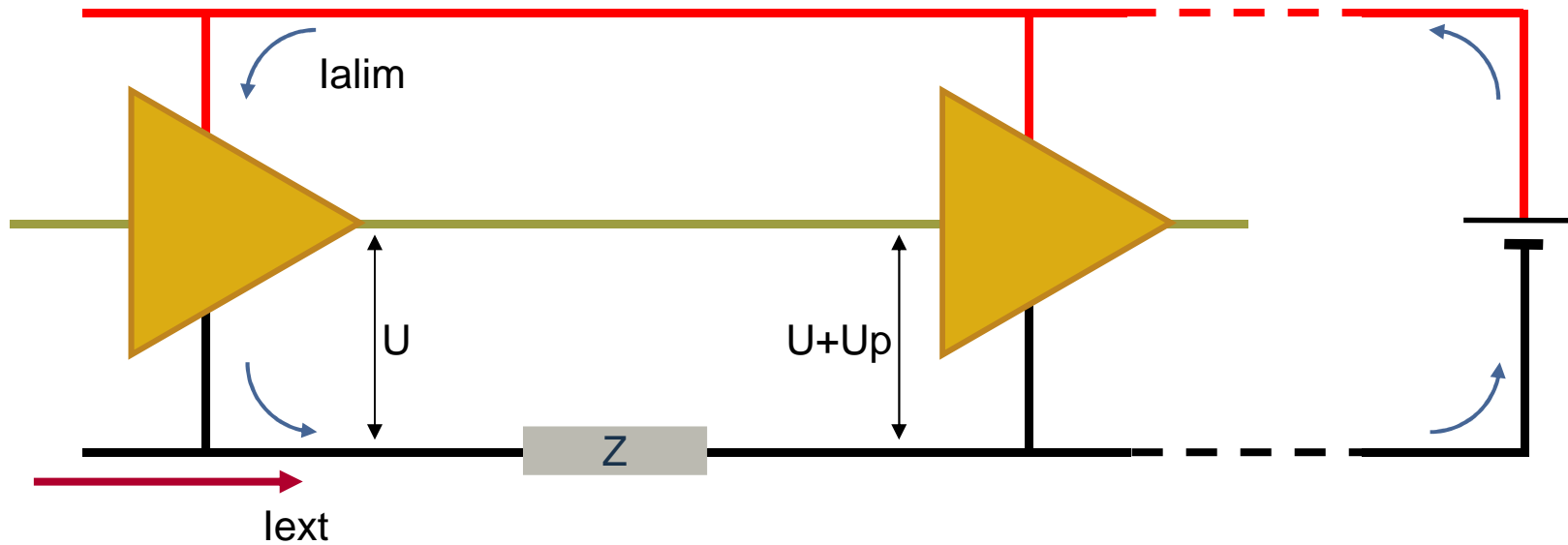


- ▶ Champ à boucle



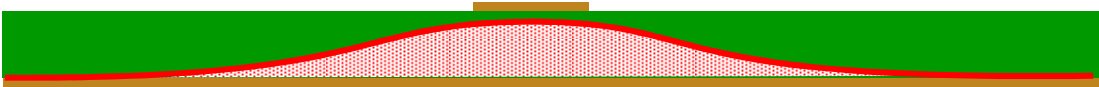
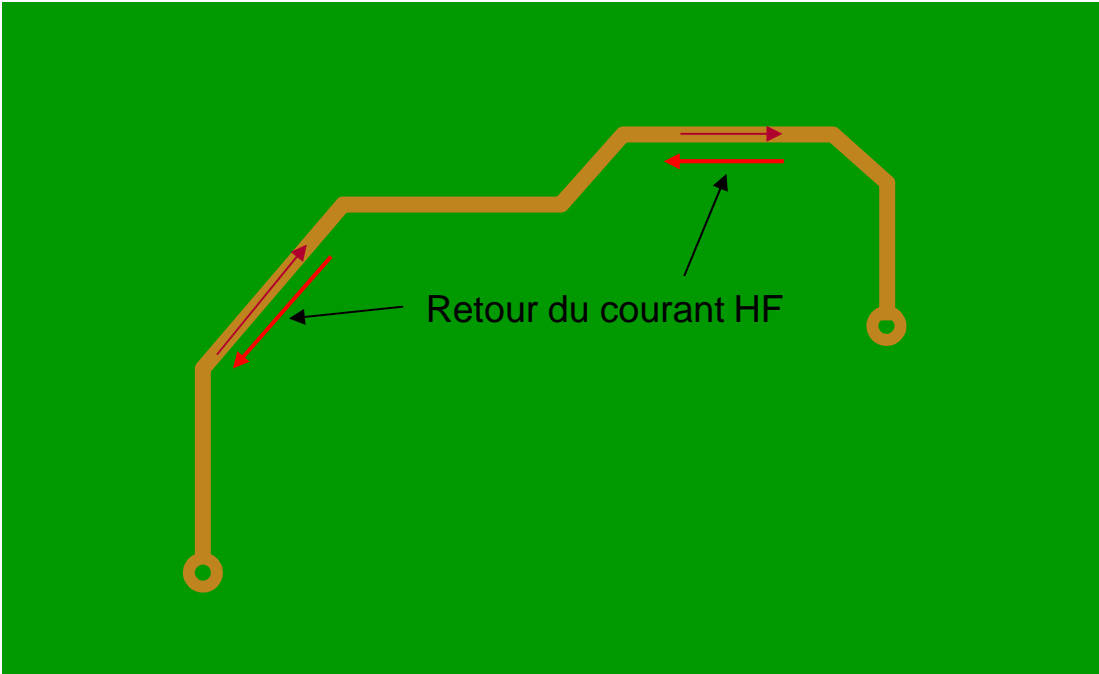
- ▶ Champ à câble

Couplage par impédance commune



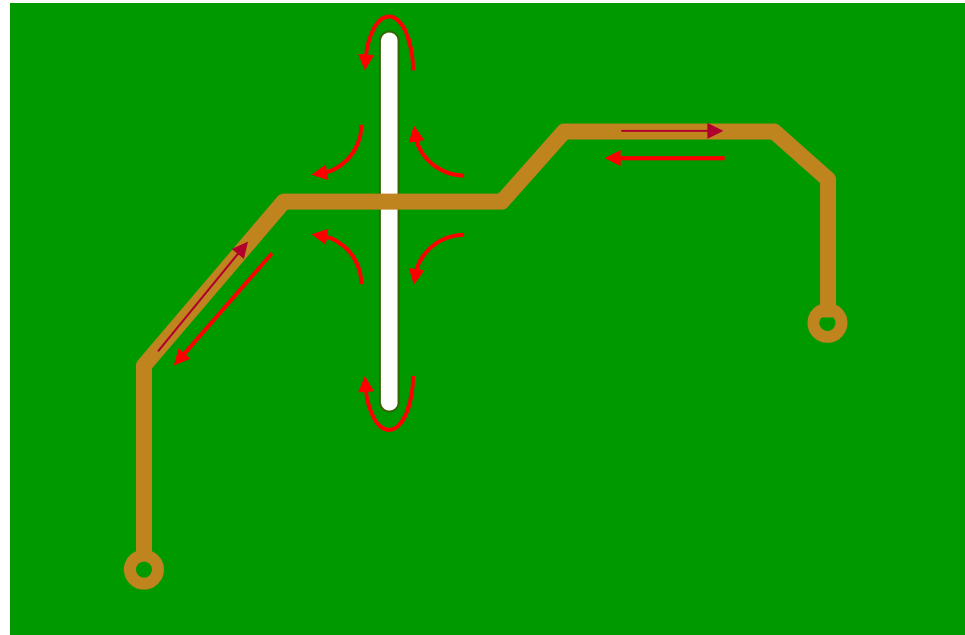
$$U_p = Z \cdot (I_{ext} + I_{lim})$$

Circulation des courants

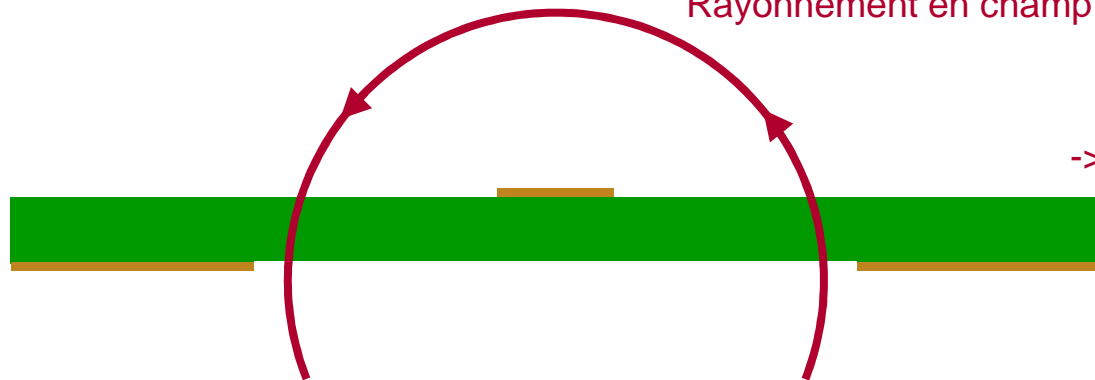


Distribution du courant de retour

Effet d'une fente dans un plan de masse

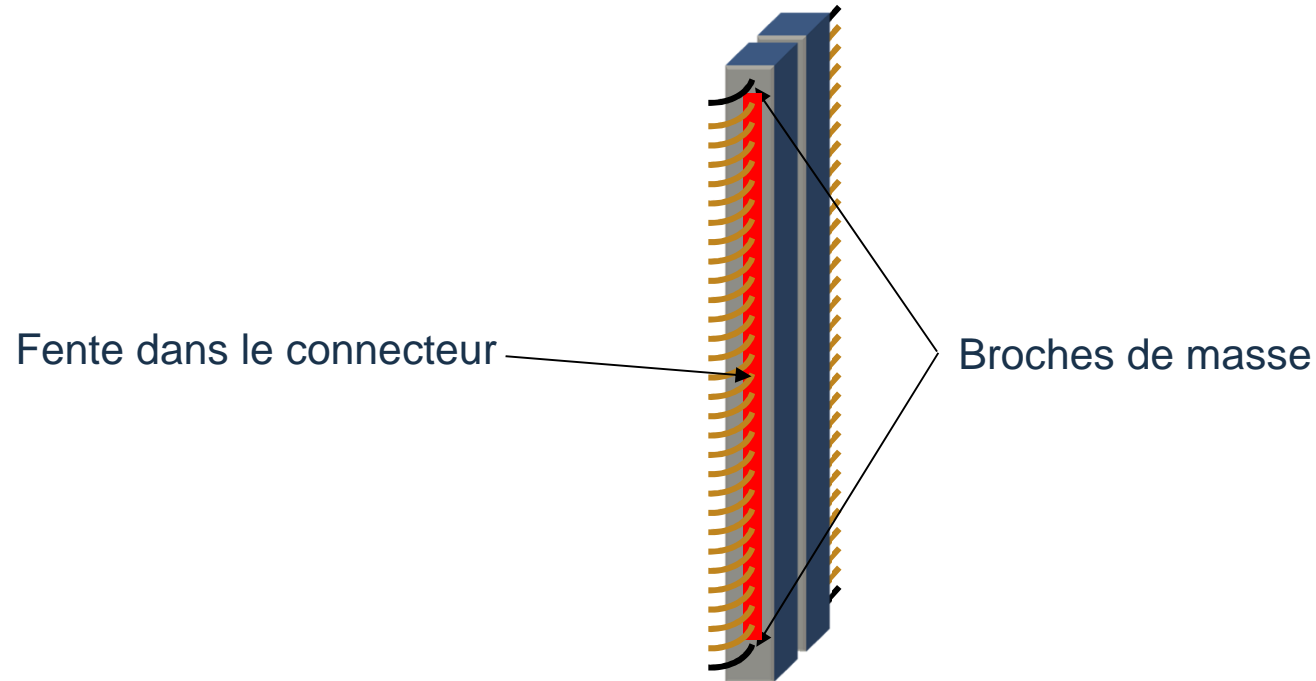


Rayonnement en champ magnétique



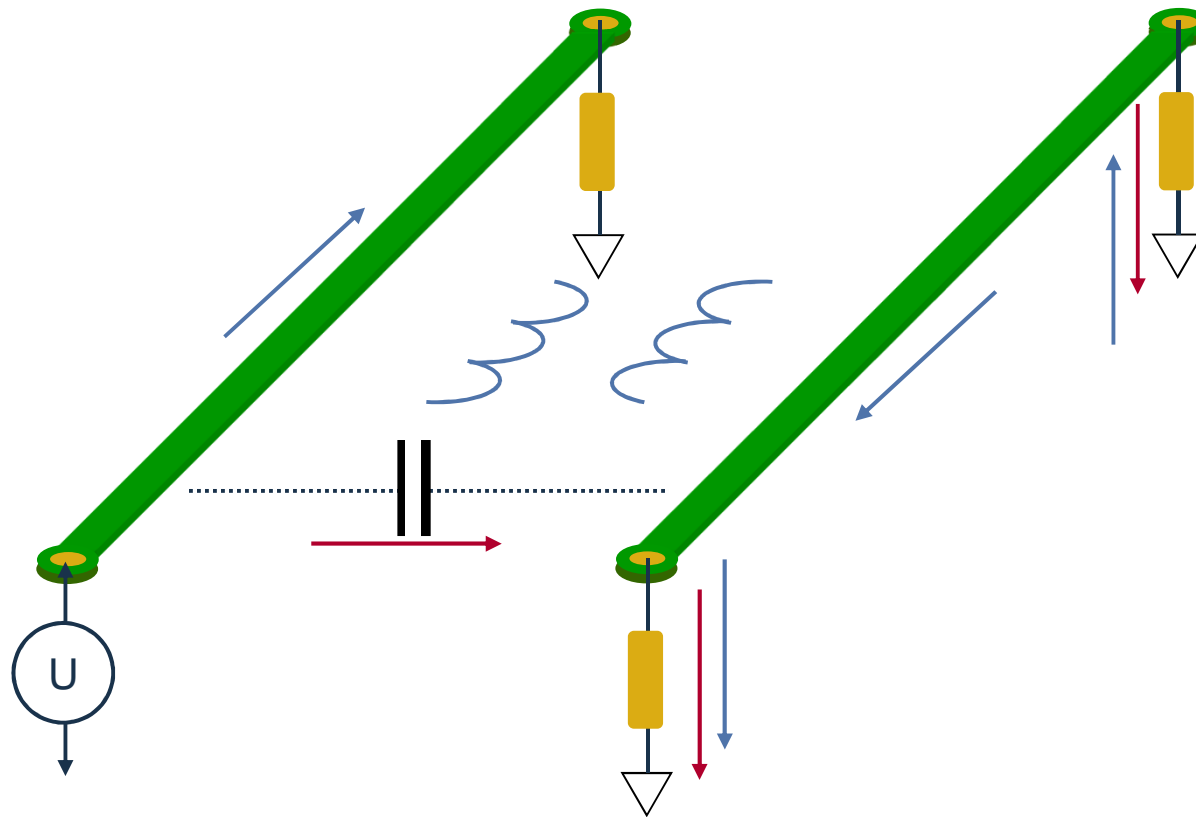
-> Self équivalente : 1 nH/cm

Impédance d'un connecteur

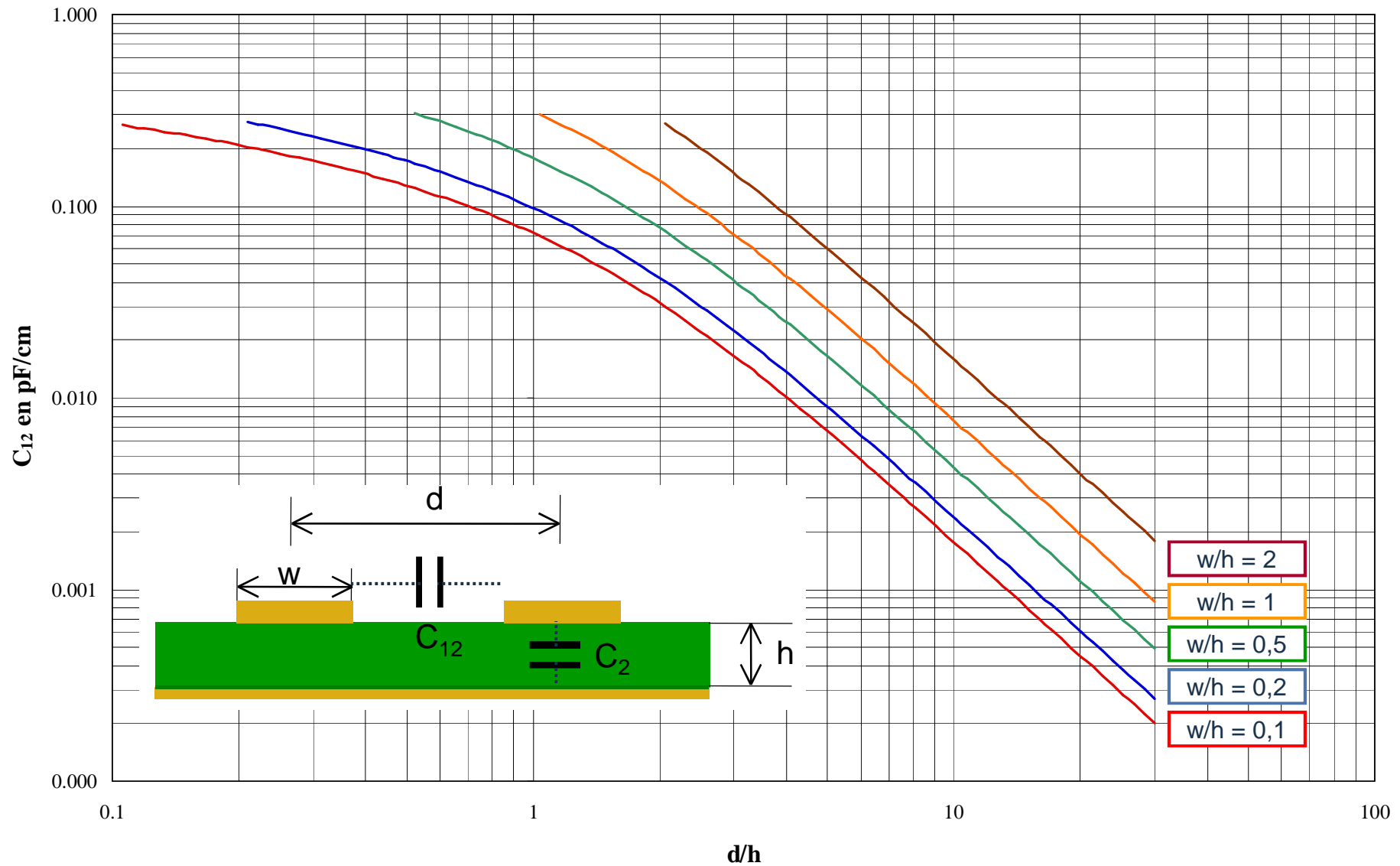


- **L'impédance d'un connecteur est donnée par :**
- La résistance de chaque broche.
 - La self d'une broche avoisine 20 nH
 - Prendre en compte la self de la fente soit environ 1 nH/cm

Diaphonie piste à piste



Capacité de couplage – Configuration microstrip



Calcul de la tension de boucle

$E : V/m$

$H : A/m$

$E = 120 \cdot \pi \cdot H$



- ▶ Si $L < \lambda/4$ et $h < \lambda/4$

$$U = \frac{L \times h \times E \times F_{\text{MHz}}}{48}$$

$$U = 7,9 \times L \times h \times H \times F_{\text{MHz}}$$

- ▶ Si $L > \lambda/4$ et $h < \lambda/4$

$$U = 1,56 \times h \times E$$

$$U = 593 \times h \times H$$

- ▶ Si $L > \lambda/4$ et $h > \lambda/4$

$$U = \frac{117 \times E}{F_{\text{MHz}}}$$

$$U = \frac{44,5 \times 10^3 \times H}{F_{\text{MHz}}}$$

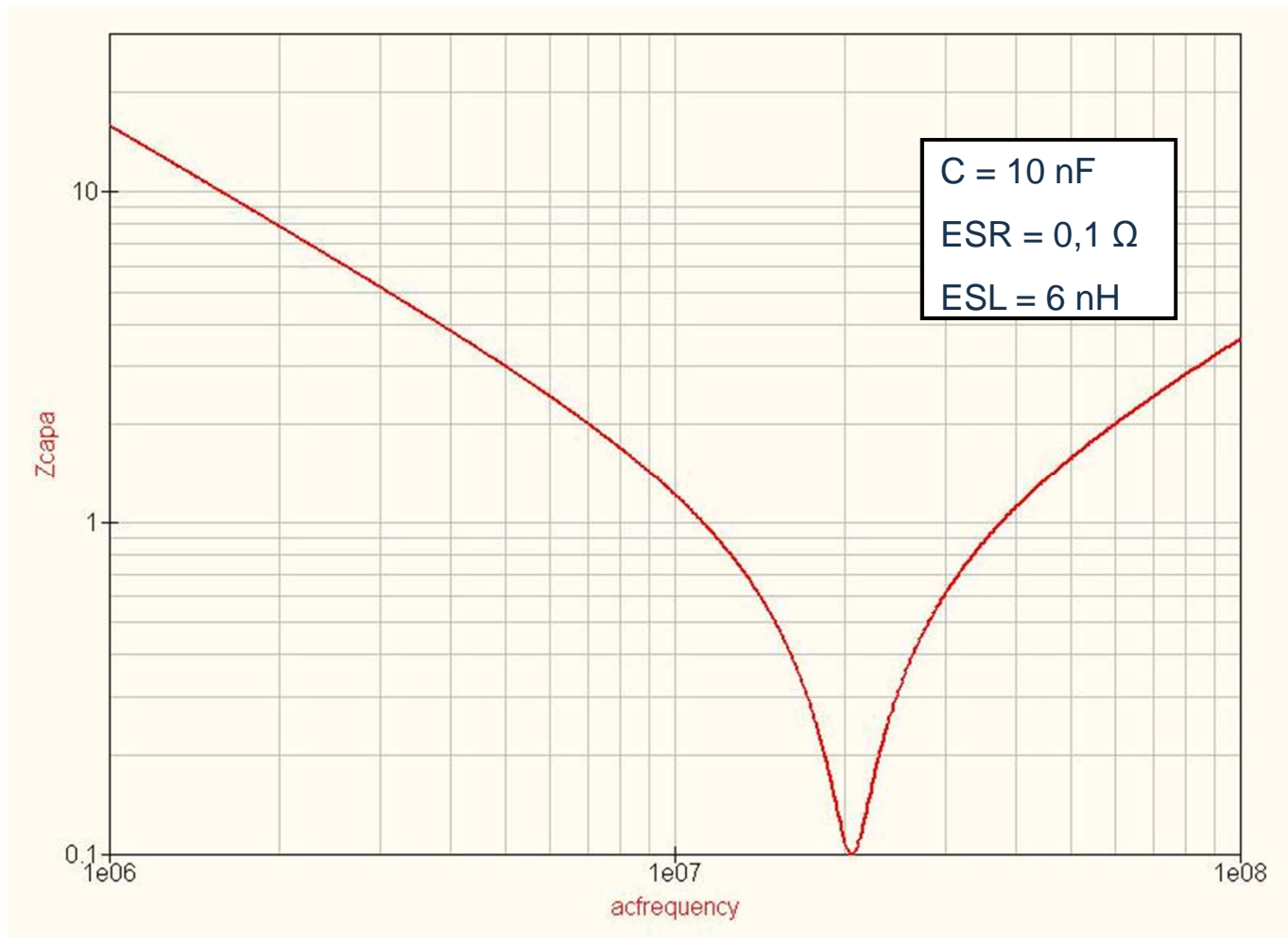
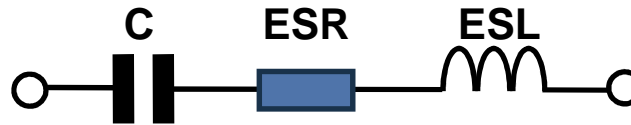
► Principe fondamental : Fil Aller proche du Fil Retour

- Identification des signaux sensibles à protéger
- Routage des pistes sensibles ET des retours

► Surface de boucle et Routage :

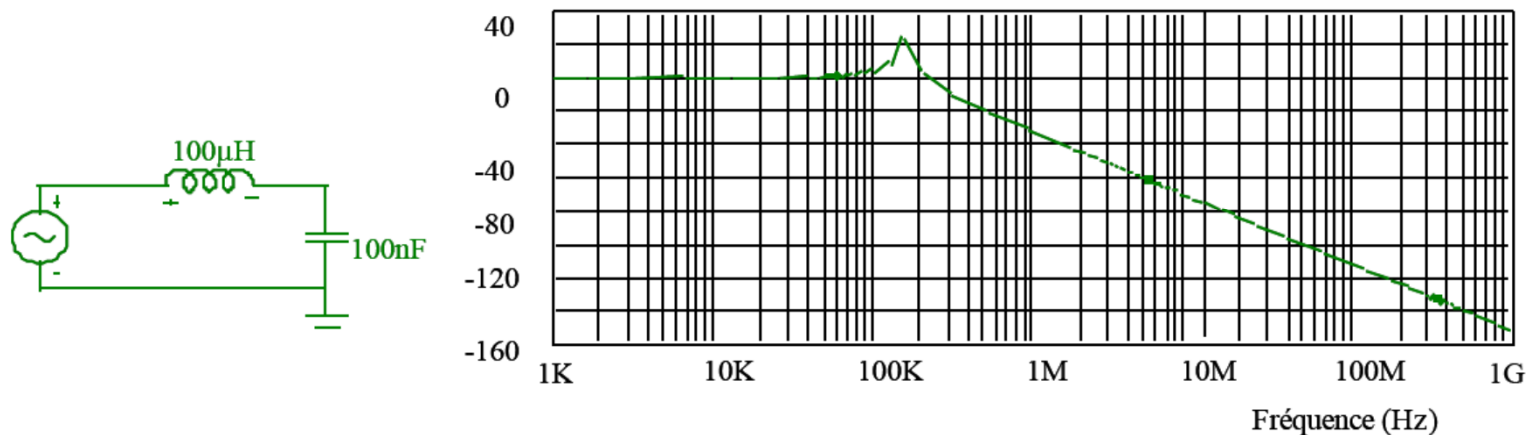
- Intérêt du plan de masse : surface de boucle limitée à son strict minimum
- Pas de fentes dans la plan de masse
- Sur les cartes sans plan de masse, travailler en différentiel ou placer une piste de masse à proximité des pistes sensibles
- Broches de 0 V dans les connecteurs nombreuses et réparties

Impédance d'un condensateur



Exemple d'atténuation théorique d'un filtre

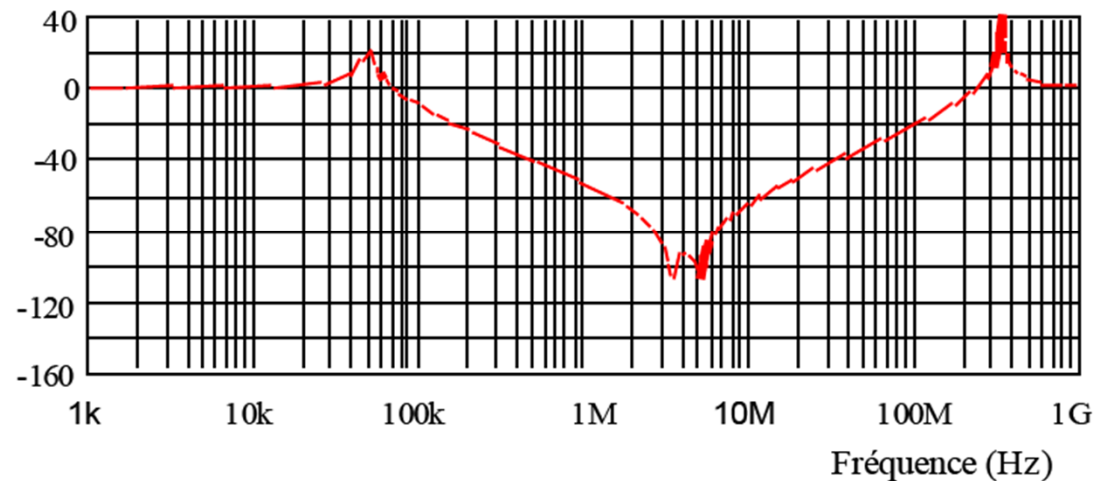
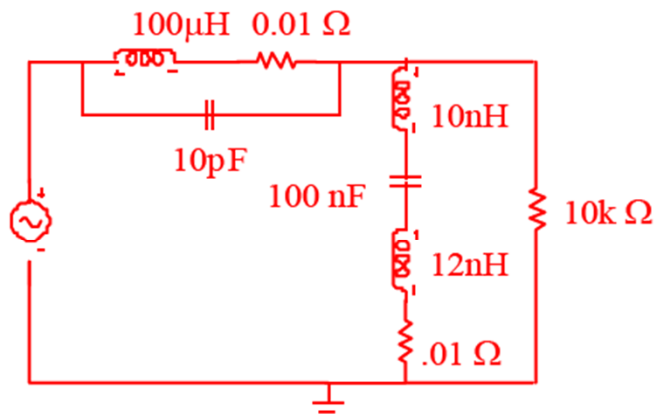
- ▶ La figure qui suit illustre cet effet sur le comportement d'un simple filtre passe-bas.
- ▶ Le schéma du filtre comprend une inductance, une capacité et sa réponse fréquentielle théorique.
- ▶ En réalité, ce schéma n'est plus valable pour des fréquences supérieures à quelques MHz et une modélisation plus détaillée qui inclue les éléments parasites doit être effectuée.



Réponse fréquentielle d'un filtre passe-bas : Modèle basse fréquence

Atténuation réelle d'un filtre

- ▶ L'apparition des éléments parasites peut avoir des conséquences graves sur le fonctionnement d'un circuit donné.
- ▶ On peut remarquer que les éléments parasites rendent le filtre inutilisable à haute fréquence.



Réponse fréquentielle d'un filtre passe-bas : modèle tenant compte des effets parasites.



Merci de votre attention



BUREAU
VERITAS

Move Forward with Confidence*

**Avançons en confiance*

© - Copyright Bureau Veritas