

# Introduction à la compatibilité électromagnétique (CEM)

6. Découplage et filtre  
EMI: protection contre les perturbations conduites

J. Unger – eivd - 2004

1

## Découplage : Objectifs

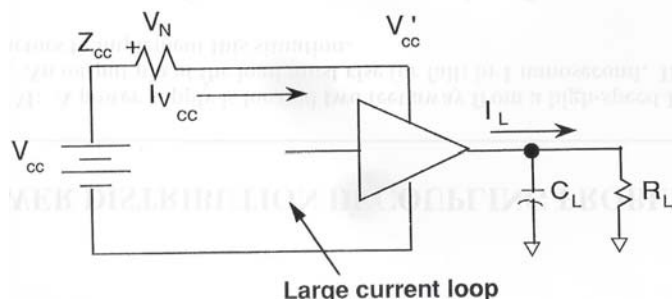
- Éviter les auto-perturbations
- Créer une barrière contre les perturbations conduites
  - Mode commun
  - Mode différentiel

Découplage et Filtres EMI

2

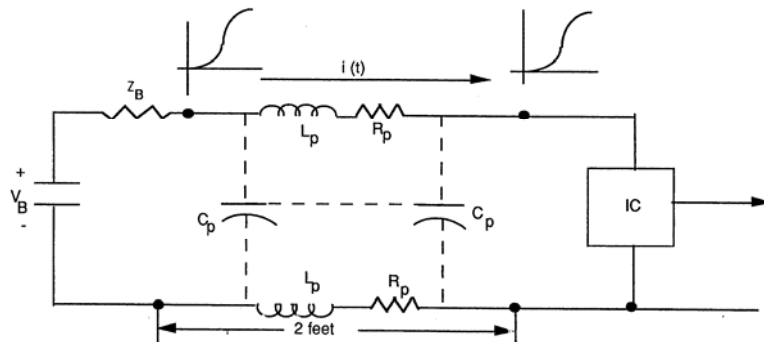
## Auto-perturbations

- La commutation des portes logiques tire des courants à fort  $di/dt$  des alimentations
- Le schéma d'alimentation et la longueur des lignes ne peuvent fournir ces variations rapides



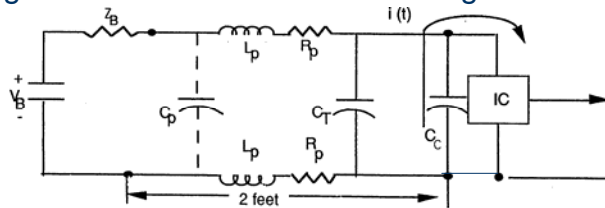
## Problème

- Si l'alimentation se trouve à 60 cm du circuit, et que les temps de montées sont de 1 ns, discuter ce qui peut se passer à partir du schéma équivalent:



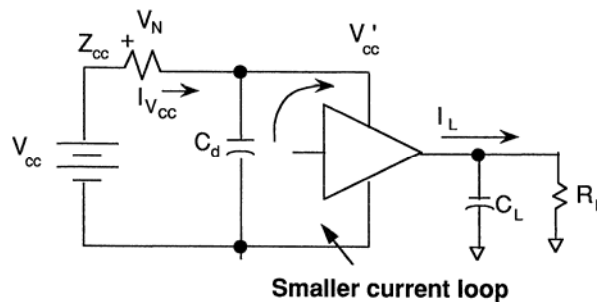
## Solution

- Dans le vide l'énergie EM parcourt 30 cm/ns. Dans un circuit imprimé la vitesse est de l'ordre de 2 fois plus lente
- Il faudrait donc 4 ns pour que l'énergie nécessaire à la commutation passe de l'alimentation au circuit : **Impossible !**
- Il faut placer un condensateur à côté du circuit, qui fournira l'énergie de commutation et se rechargera « lentement »



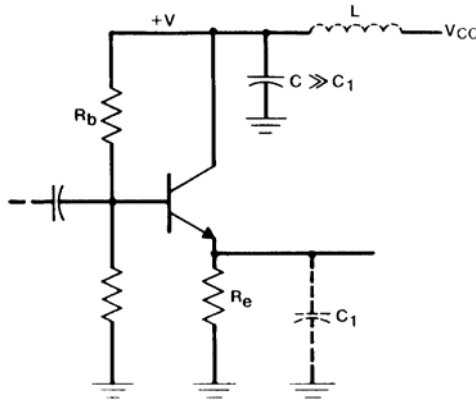
## Effet des capacités de découplage

- Absorbe localement les pointes de courant
- Evite la propagation de bruits sur la ligne d'alimentation
- Réduit les émissions (boucle plus petite)

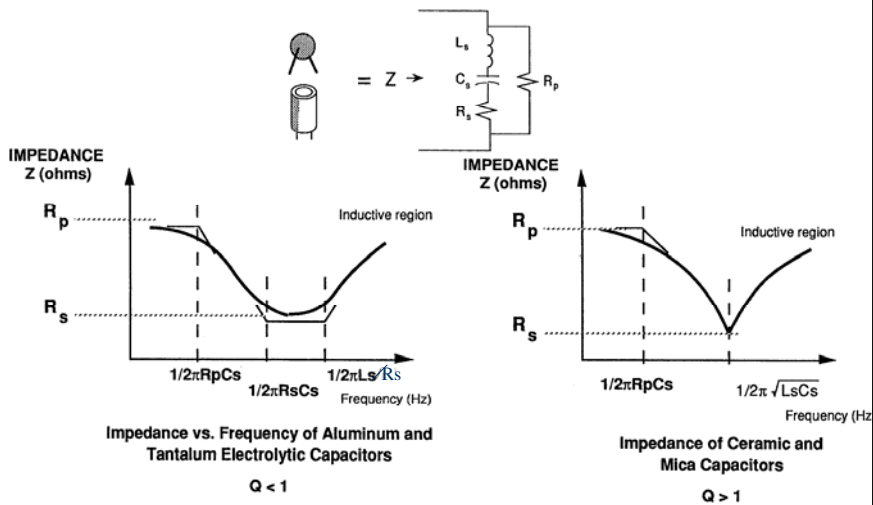


## Effet des capacités de découplage d'amplificateurs

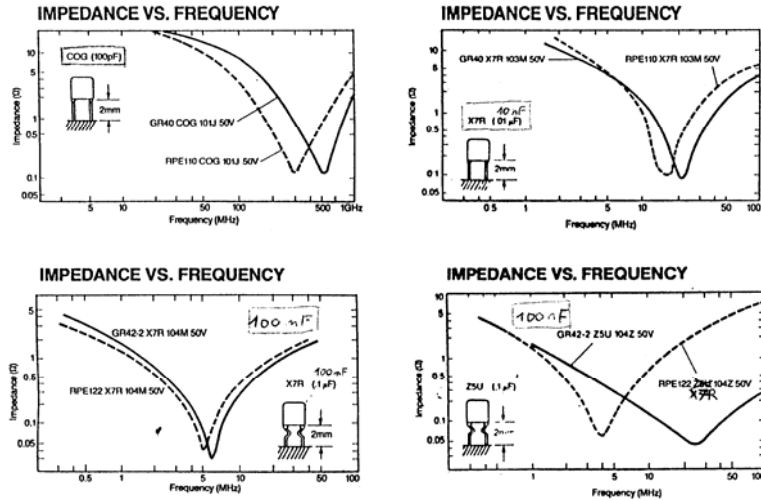
- En plus évite la réaction par l'alimentation, donc le risque d'oscillations



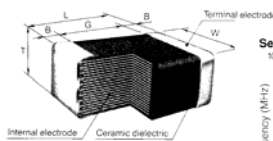
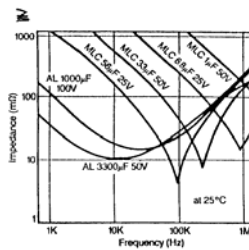
## Circuit équivalent d'une capacité



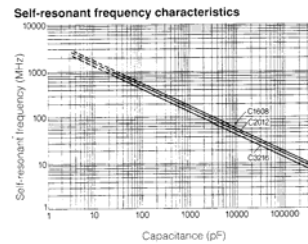
## Z(f) pour différentes valeurs et isolant



## Électrolytiques // Chip



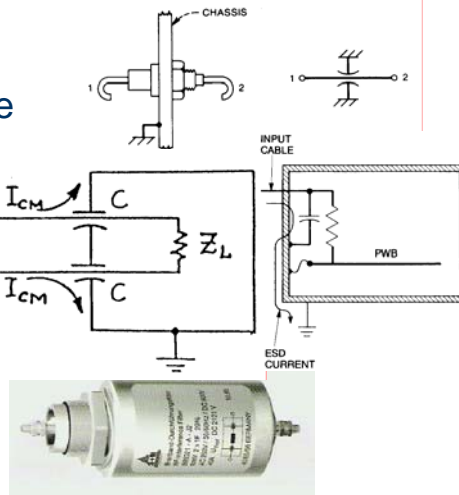
Chip cap.



- Utiliser un électrolytique (quelques  $\mu\text{F}$ ) et plusieurs de 100nF à l'entrée de la carte
- Utiliser 10nF, au besoin en parallèle avec 0.1nF sur chaque IC, en principe sans pattes (Chip capacitor)
- La capacité de découplage doit être  $\gg$  capacité de charge du circuit (!! ligne de transmission)

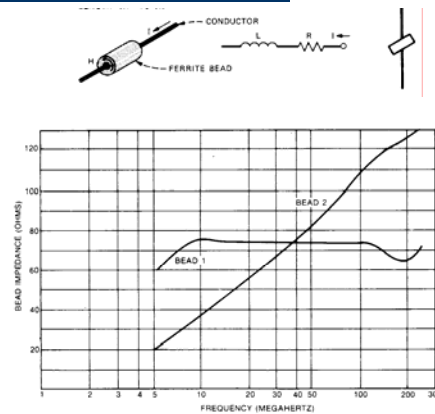
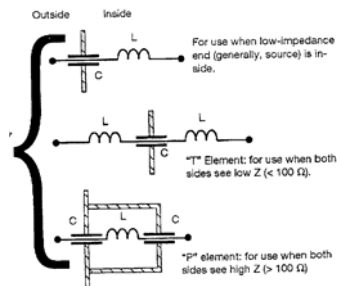
## Condensateurs de traversée

- But: détourner les courants perturbateurs vers le chassis
  - ESD, perturbations externes (immunité)
  - Perturbations internes (émission)



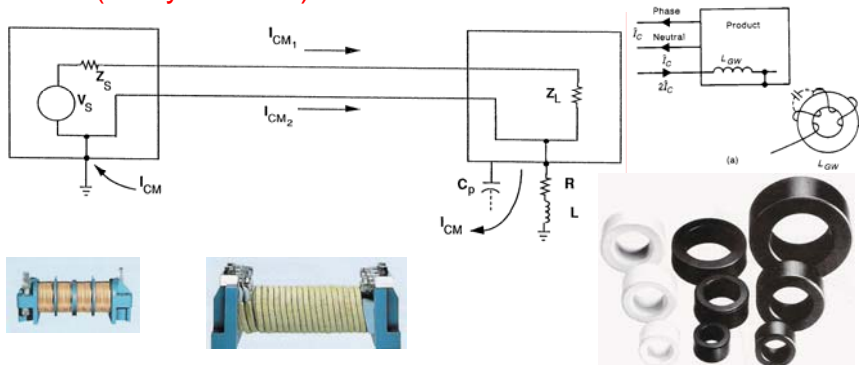
## Anneaux de ferrite

- Augmenter l'inductance locale du fil pour créer un filtre.
  - Type inductif
  - Type résistif



## Ground - Choke

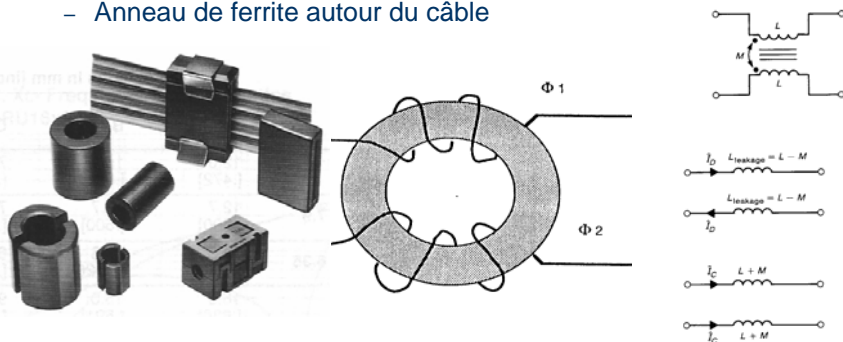
- Limiter les courants de mode commun en augmentant l'impédance de terre
  - Pour la sécurité il faut éviter toute rupture de contact (!! oxydation... ) !!



13

## Common mode Choke

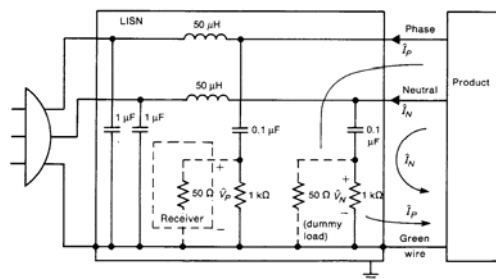
- Réduire le mode commun en créant un transfo longitudinal dans les fils signaux
  - Laisse passer les signaux différentiels (L-M)
  - S'oppose au mode commun (L+M)
  - Anneau de ferrite autour du câble



14

## LISN : Line Impedance Stabilization Network

- Permettre des mesures reproductibles, domaine 150kHz à 30 MHz
  - Impédance constante  $50\Omega$  entre Phase et protection ainsi qu'entre Neutre et protection
  - Empêcher les perturbations externes (du réseau) de modifier les mesures d'émissions conduites
  - Laisser passer la puissance 50Hz
  - Permet également d'injecter des perturbations connues (essai d'immunité)



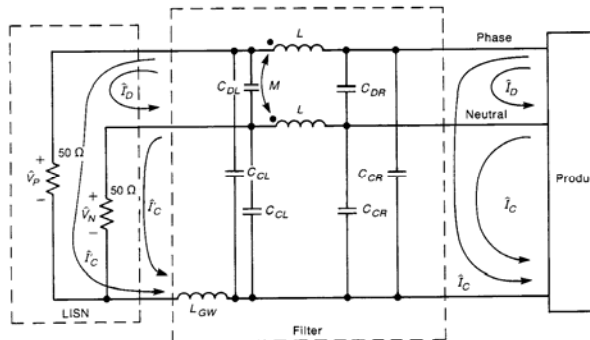
## Filtre EMI - réseau

LISN = Line Impedance Stabilization Network :

Nécessaire pour des mesures reproductibles, absent en usage normal

- Filtre réseau :

- Ground Choke dans le conducteur de protection
- Capacités de lignes entre phase et neutre pour éliminer le mode diff HF et laisser passer la puissance 50Hz
- Common mode Choke et capacités ligne-terre pour éliminer le mode commun
- Symétrie pour immunité (gauche-droite) et émission (droite-gauche)

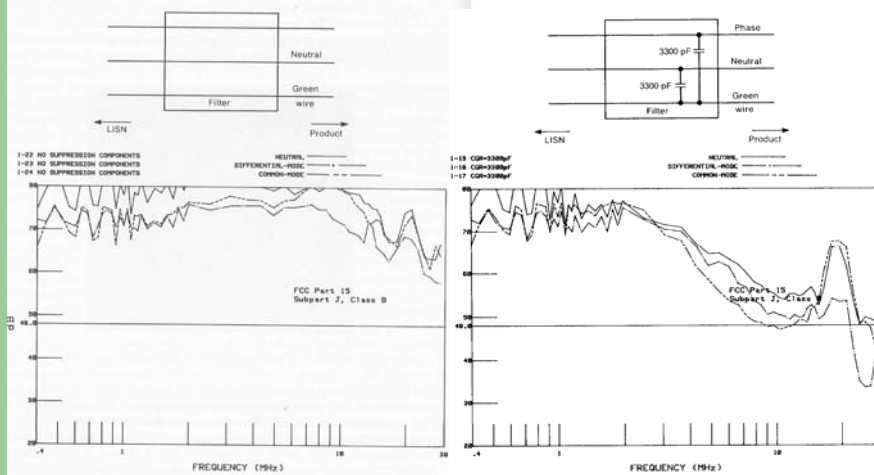




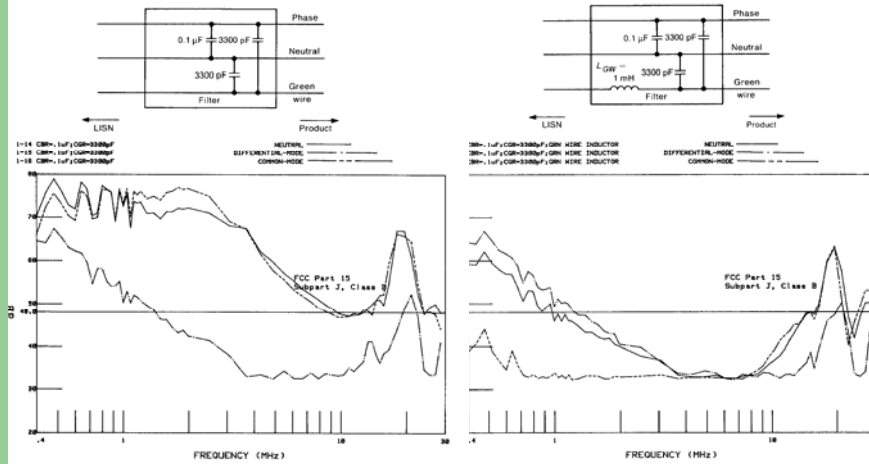
## Détermination de $I_{DM}$ et $I_{CM}$

- On mesure sur le LISN
  - $V_P = 50 \cdot (I_{CM} + I_{DM})$
  - $V_N = 50 \cdot (I_{CM} - I_{DM})$
- Pour séparer les deux courants il faut donc faire la somme et la différence des deux canaux de mesure
  - $100 I_{CM} = V_P + V_N$
  - $100 I_{DM} = V_P - V_N$

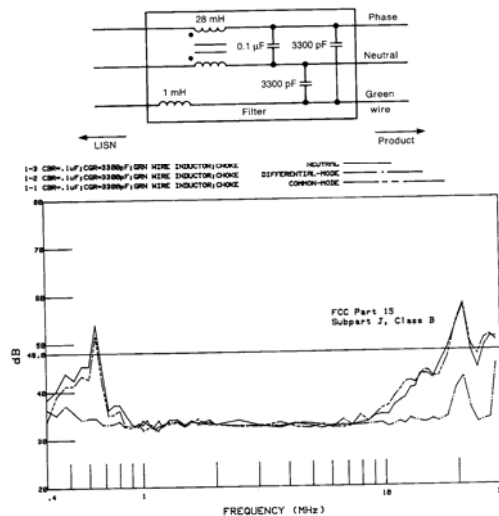
## Exemple – effet des composants



## Exemple - suite

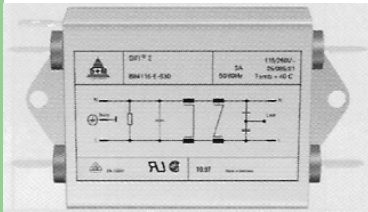


## Exemple - Fin

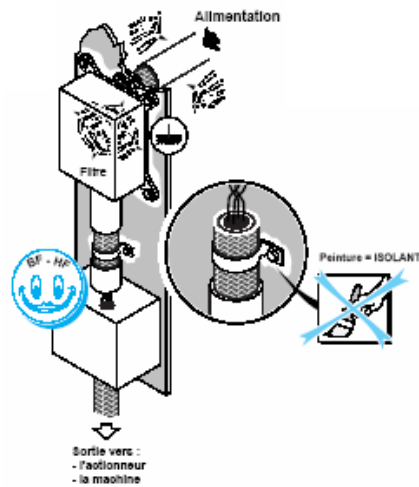


## Montage du filtre

- Directement sur le chassis (pas d'impédance série entre le boîtier et le conducteur de protection)
- Câble réseau maintenu à l'extérieur, sinon il rayonne dans le boîtier et des capacités parasites entrée-sortie annulent l'effet du filtre



## Montage correct



# Erreurs de montage

