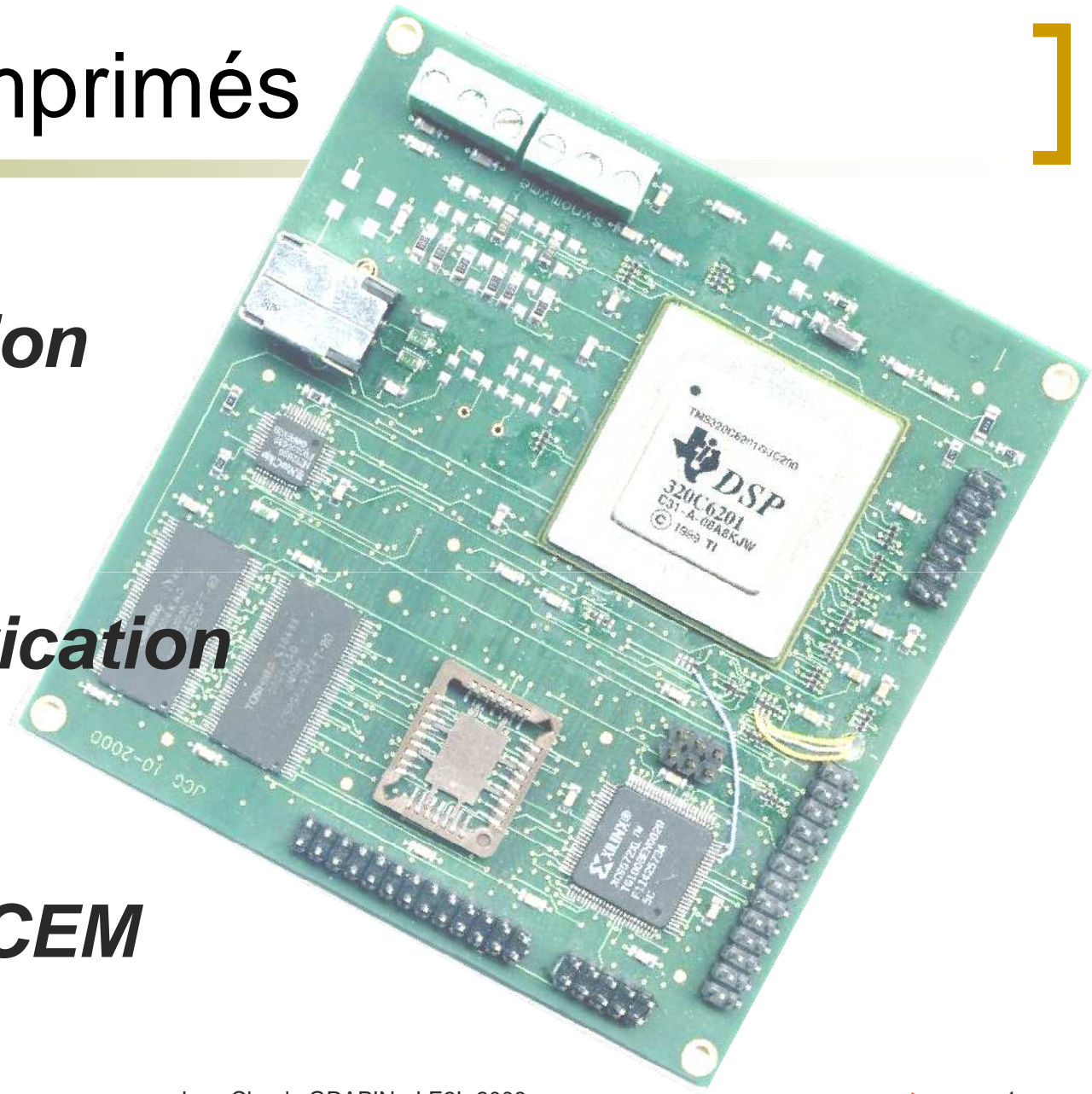


[Circuits imprimés]

- **Conception**

- **Fabrication**

- **CEM**



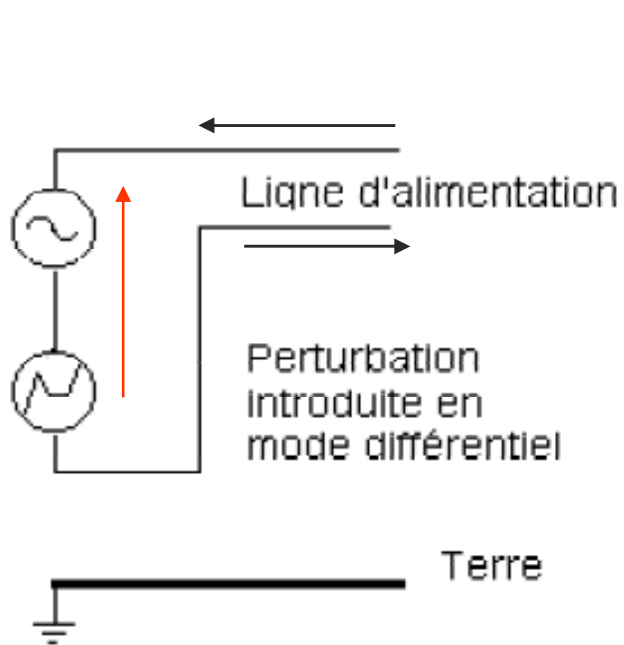
[Circuits imprimés et CEM]

- Rappel de l'évolution technologique durant les 30 dernières années.
 - Évolutions des fréquences...
 - Évolutions des logiciels de CAO

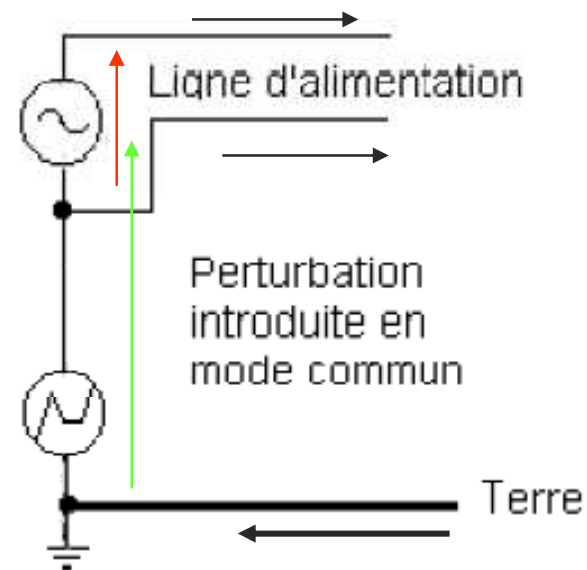
[Circuits imprimés et CEM]

- Unités de mesures contemporaines...
- yotta • zetta • exa • **péta** • **téra** • giga • méga • kilo • hecto • déca
- déci • centi • milli • micro • nano • pico • **femto** • atto • zepto • yocto

[Mode différentiel et commun]

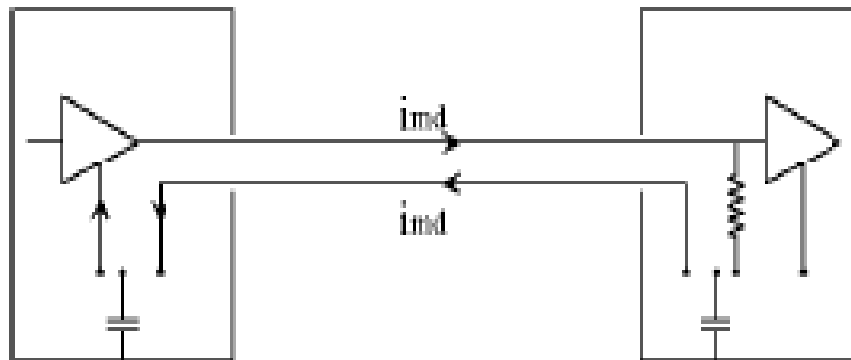


La **ddp** est mesurée entre les conducteurs

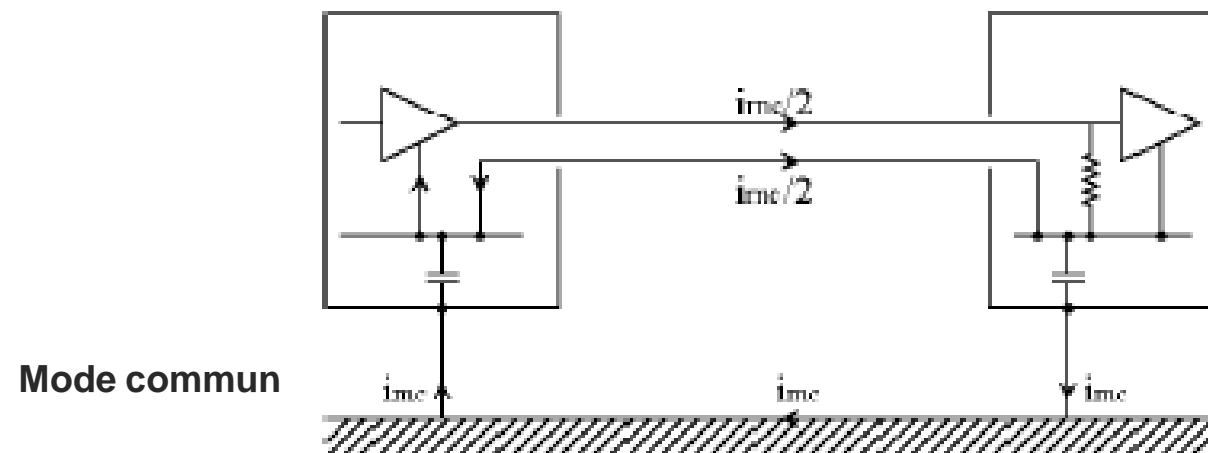


Le courant MC va dans le même sens dans tous les conducteur et revient par la masse

[Mode différentiel et commun]



Mode Différentiel

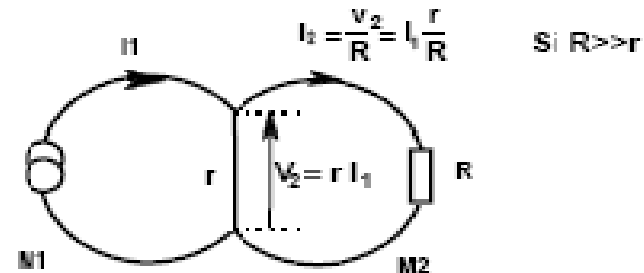


Mode commun

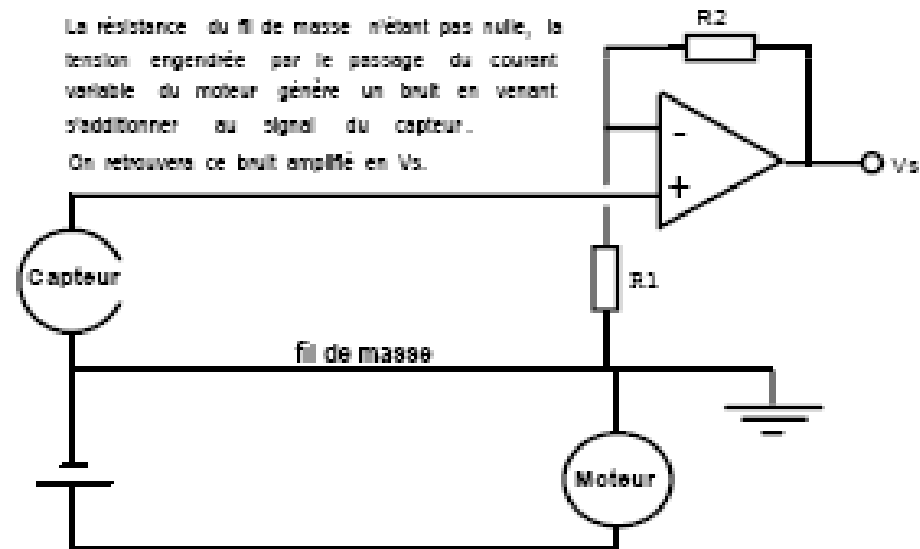


[Étude de couplage - rappel]

- Couplage par impédance commun

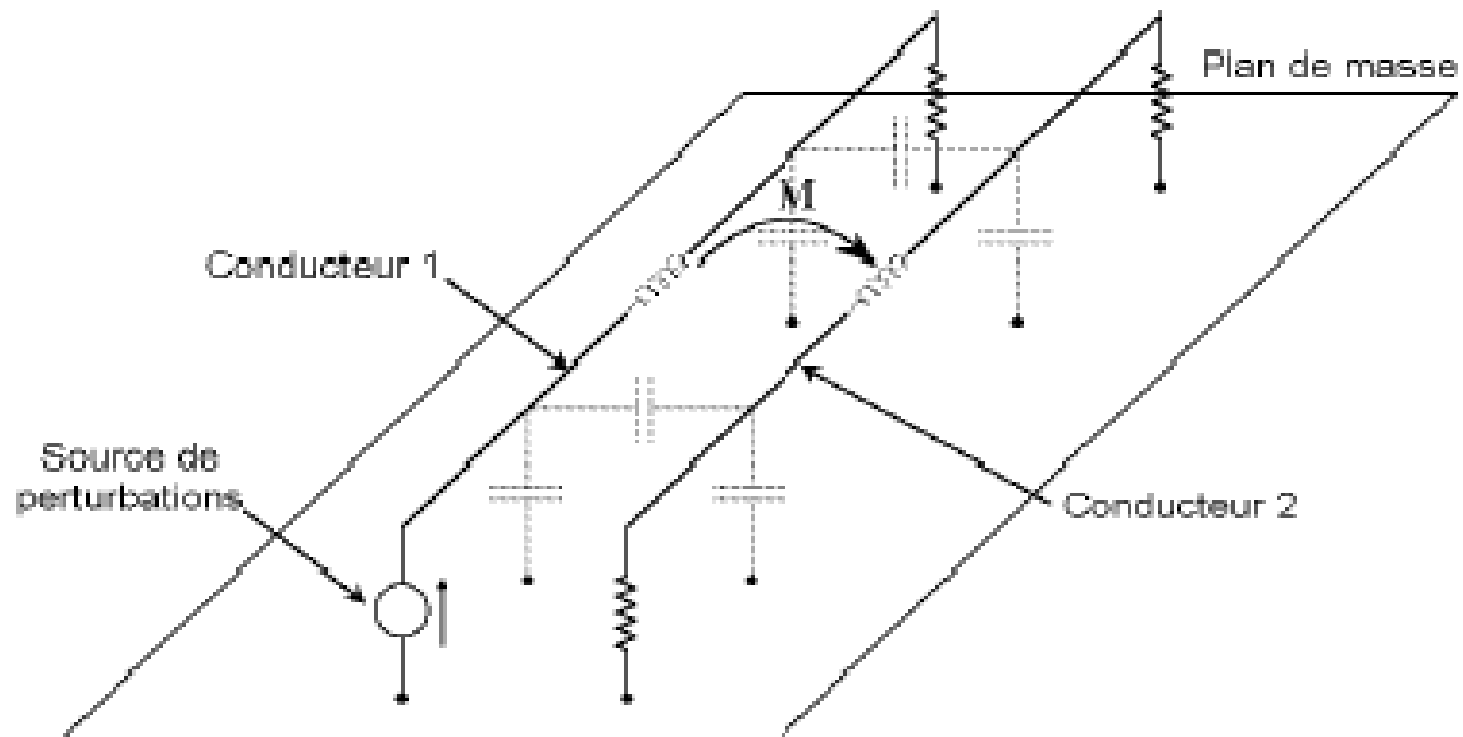


La résistance du fil de masse n'étant pas nulle, la tension engendrée par le passage du courant variable du moteur génère un bruit en venant s'additionner au signal du capteur. On retrouvera ce bruit amplifié en V_s .



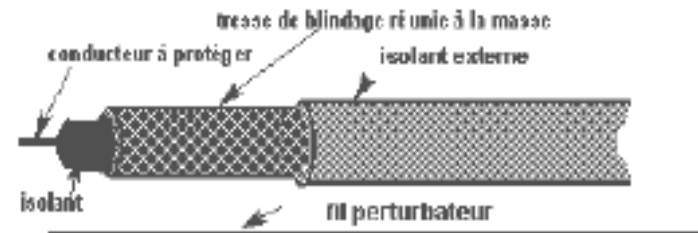
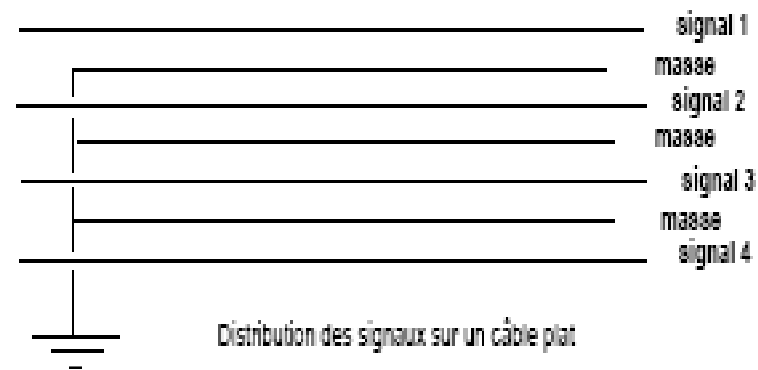
[Etude de couplage -rappel]

- Couplage par champ proche



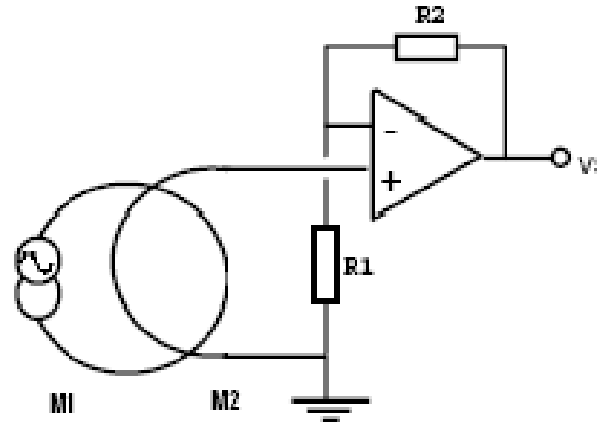
[Étude de couplage -rappel]

- Couplage capacitif

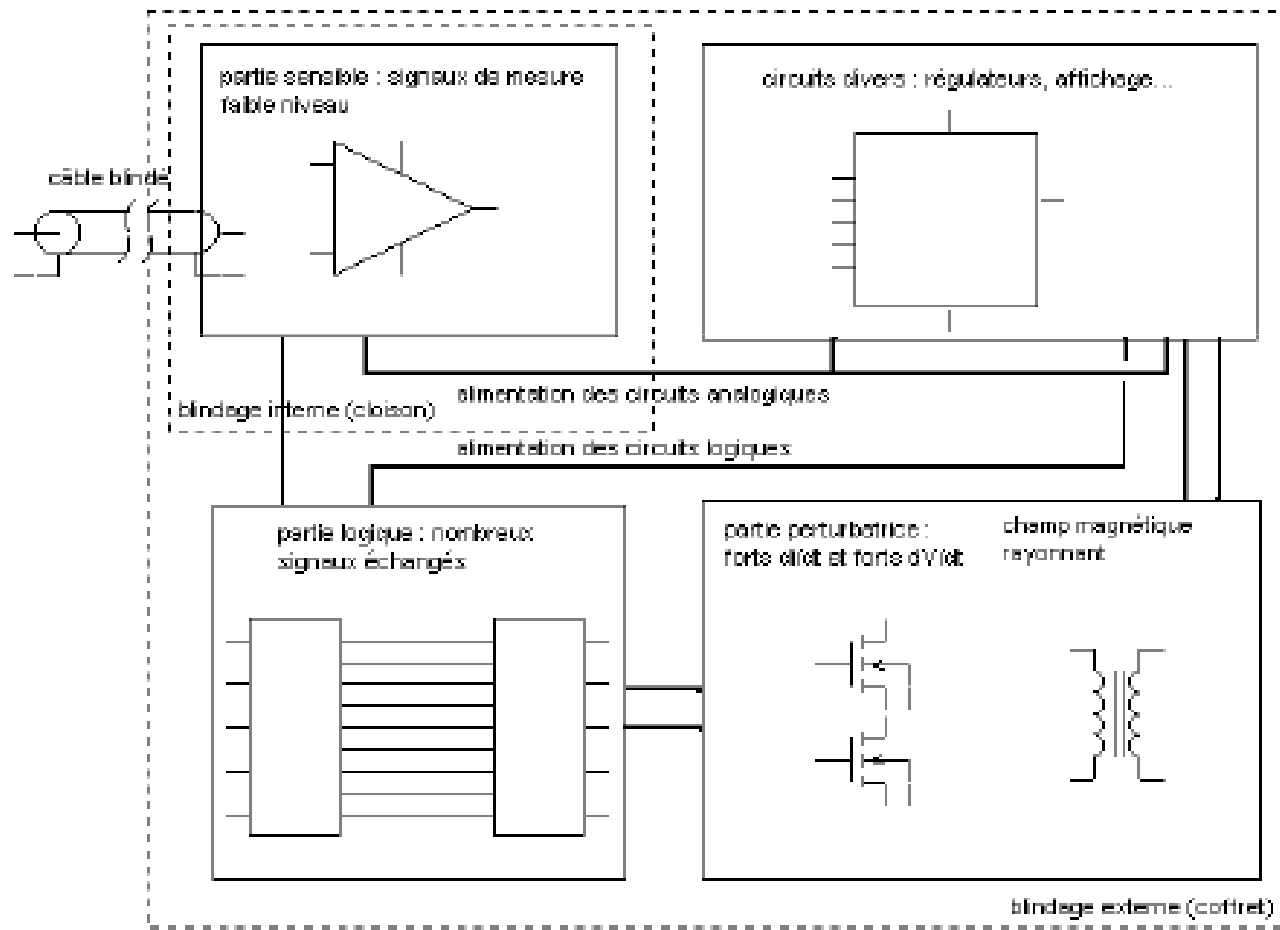


[Étude de couplage - rappel]

- Couplage inductif

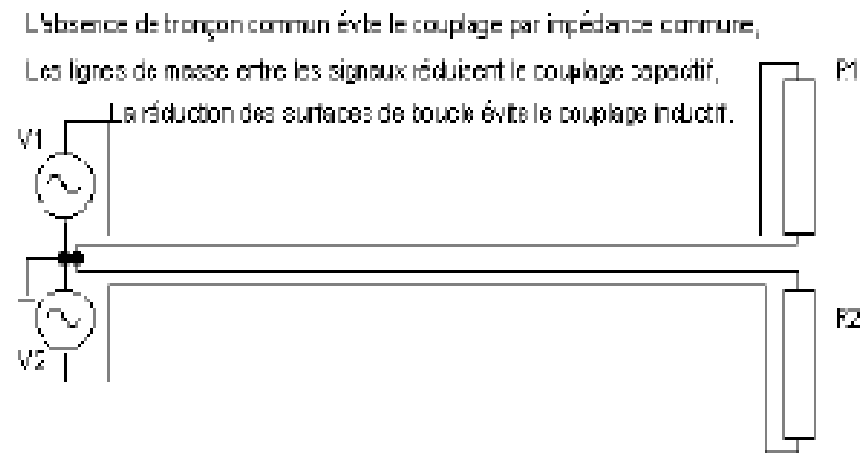
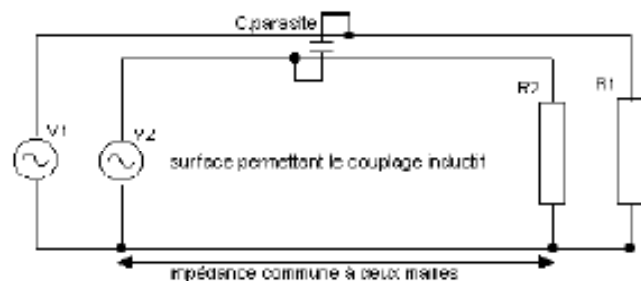
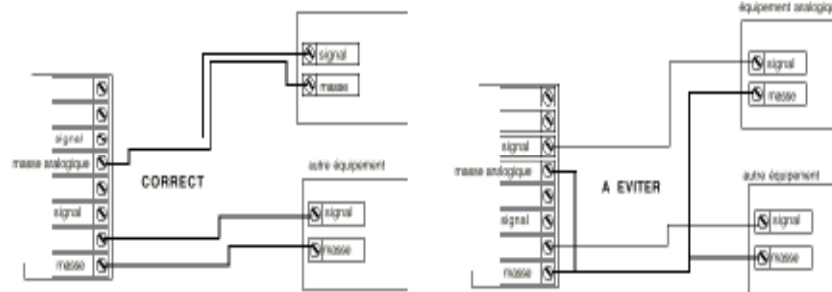


[Ensemble de carte]



[Etude de la disposition du cablage]

- Éviter les tronçons communs
- Espacer les pistes communes
- Raccourcir le câblage
- Réduire les boucles



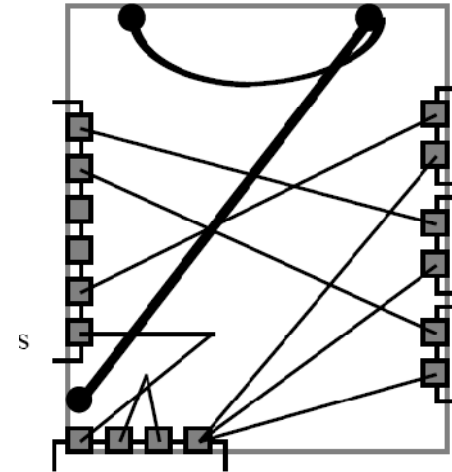
[Etude de la disposition du cablage]

mauvais :

angles d'intersections
quelconques

nombreuses boucles

courants faibles et
courants forts mélangés

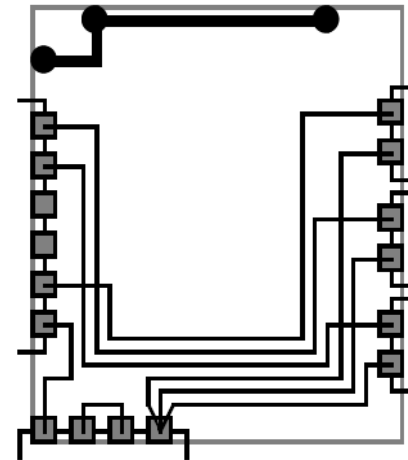


bon :

angles droits

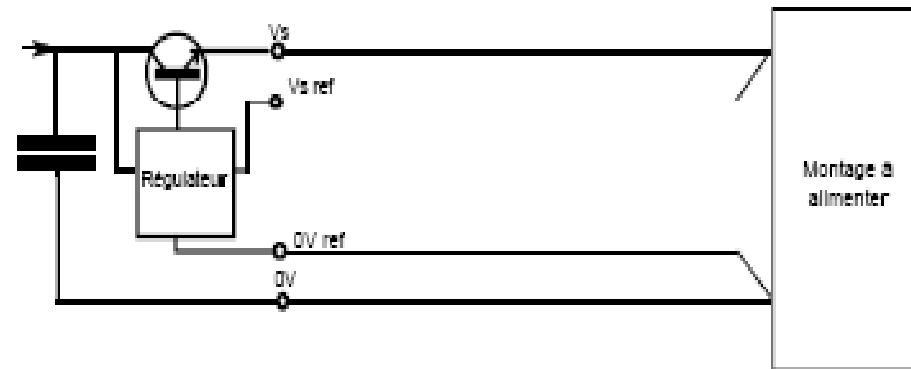
boucles de surfaces
minimales

courants faibles et
courants forts séparés
(éventuellement par une
séparation métallique)



[Les alimentations]

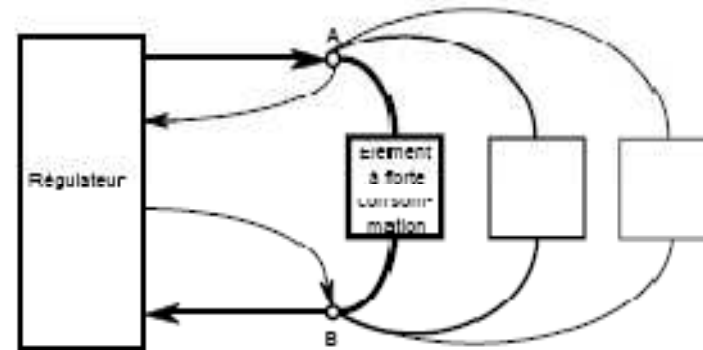
- Cas des alimentations



- Avec un régulateur unique, on ne peut réguler qu'un seul endroit du circuit

[Les alimentations]

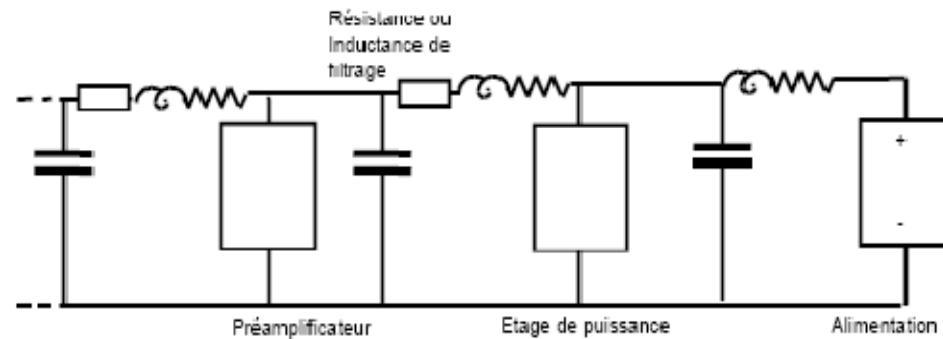
- Alimentations multiples



- On sépare en plusieurs groupes les alimentations.
- Les lignes de références, les lignes sensibles, les lignes de puissances,...

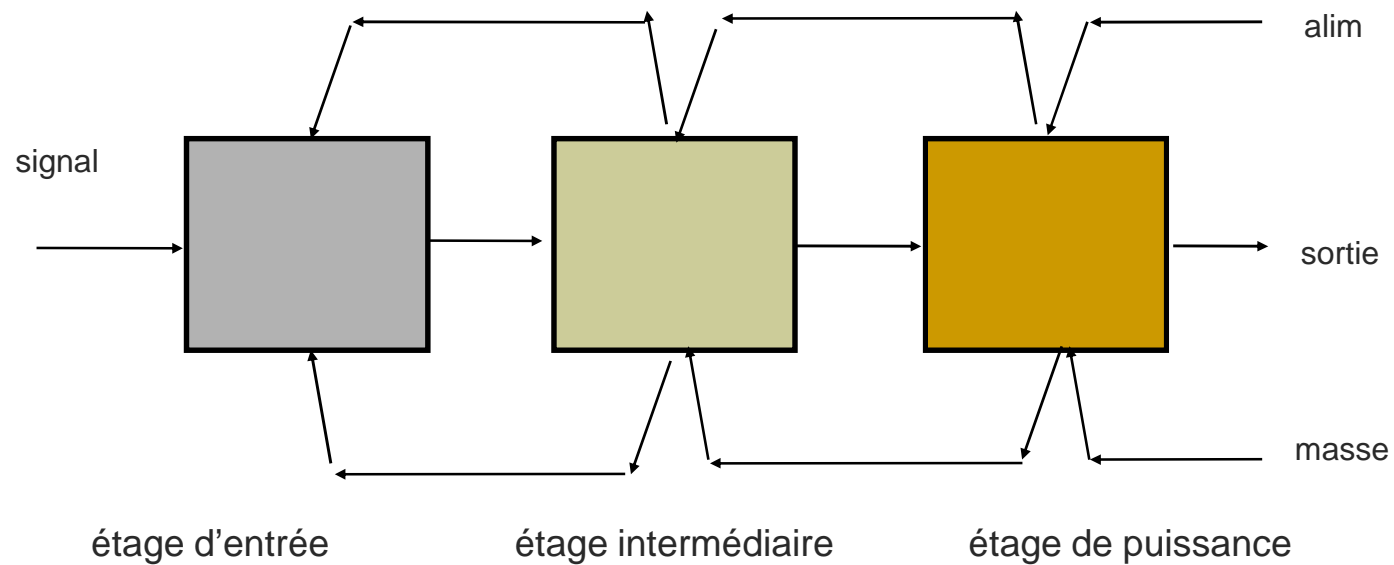
[Les alimentations]

■ Le filtrage



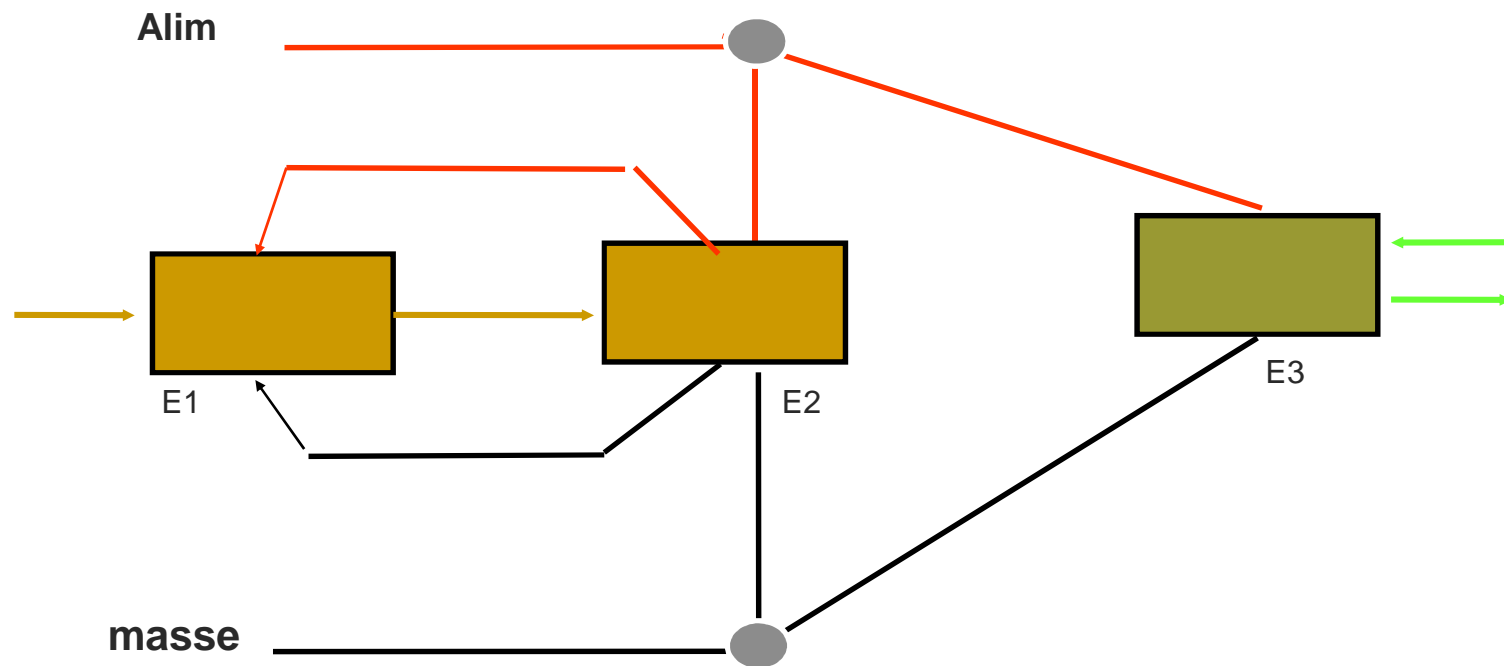
- L'importance de l'ordre de distributions.
- Du + consommateur au - consommateur

[Les alimentations]



Chaînage d'alimentation

[Les alimentations]

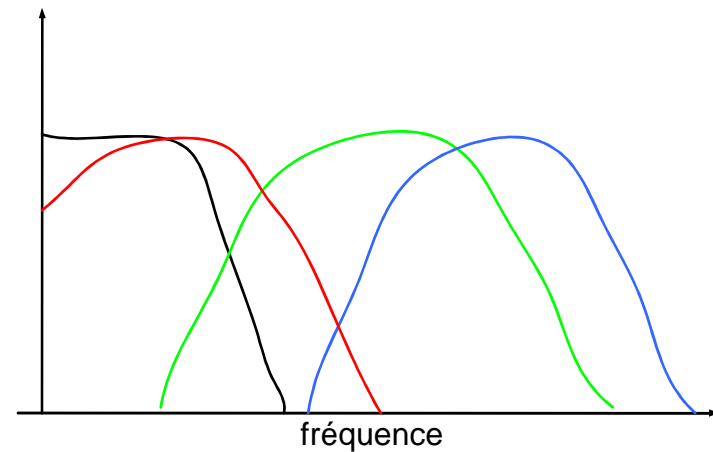
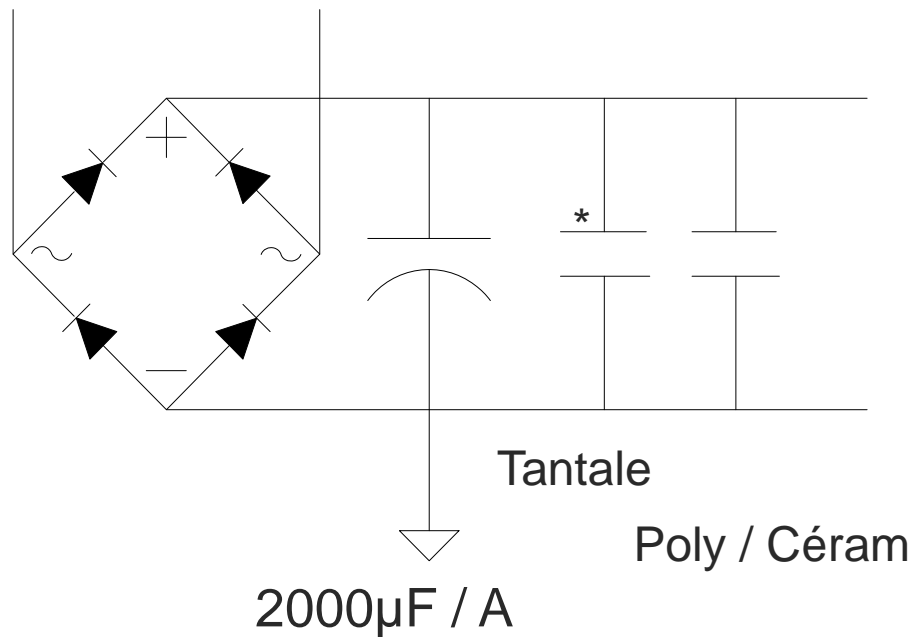


Alimentation étoile pour des sous ensembles

[Les alimentations]

Alimentation et filtrage

L'importance du choix des capacités



[CEM appliquée au routage]

- Les « lois »:
- Les recommandations: tracé des alimentations
- Les astuces:

[Propagation]

- Couche interne : $6.83603E-12$ s/mm
 $6.84E-09$ s/m
- En surface : $5.37028E-12$ s/mm
 $8.37E-09$ s/m
- Vitesse lumière 299792458 m/s = $3.33564E-12$ s/mm

[Impédance d'un plan de cuivre]

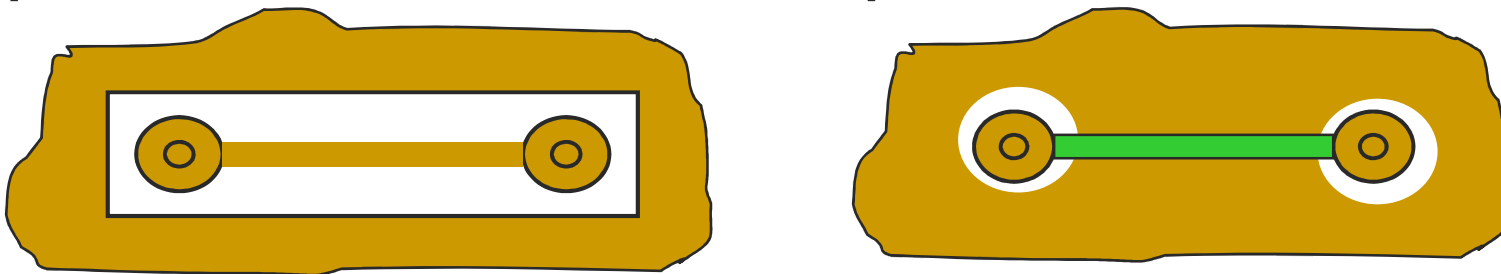
- Impédance d'un plan de masse:

Cc: $R=17/e$ HF: $Z= 370\sqrt{F}$ (z en mΩ/ F en Mhz)

(F > 2 Mhz e est indifférent)

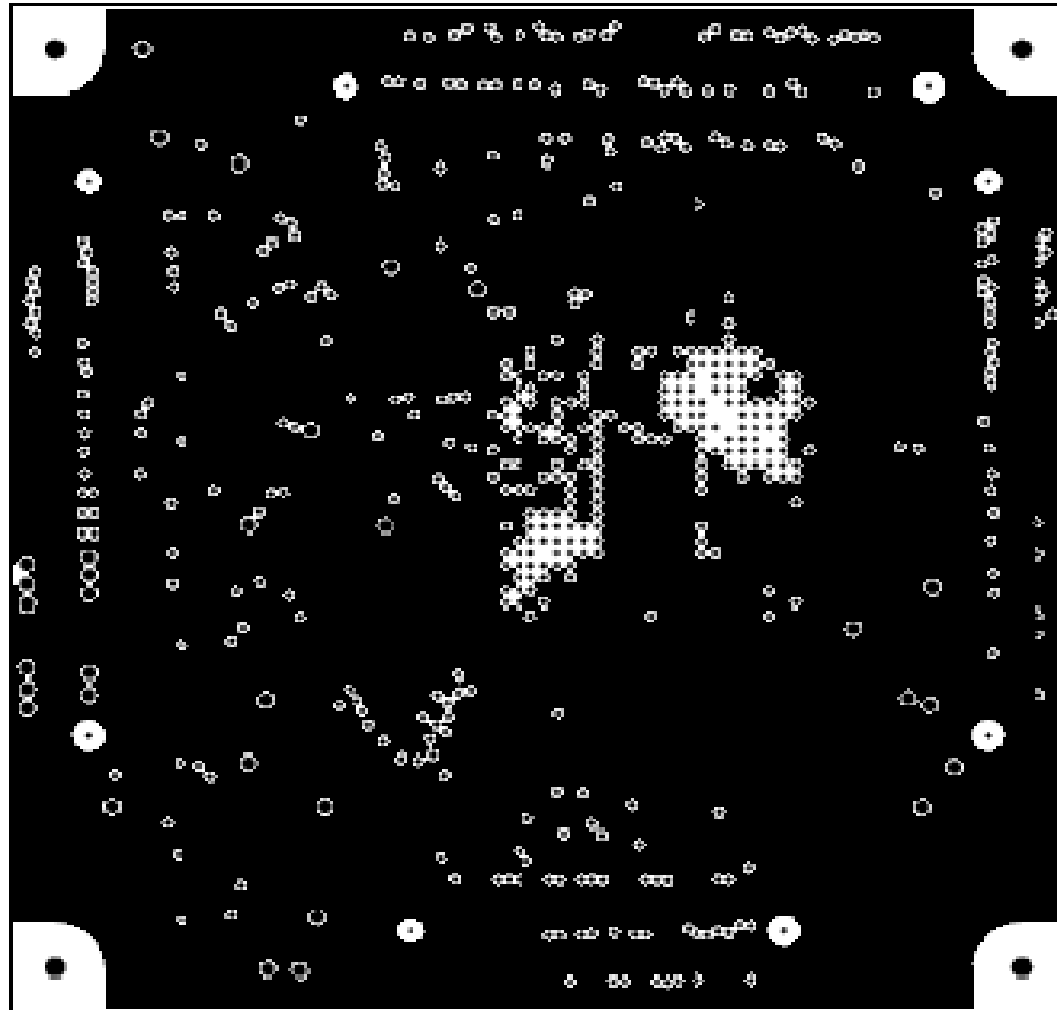
*Ex: s=15*30 15*15= 3.7mΩ *2 = 7,4m Ω*

Un plan de masse ne doit pas être fendu.



[Impédance d'un plan de cuivre]

- GND
- Plan non coupé



[Impédance des pistes]

- $R = 17 L / d e$ (pour $35\mu\text{m}$ $R=0.5L/d$)
- $Z = 0.06LF$ L: cm F: Mhz ($\sim 1\Omega = 1\text{cm} \times 10\text{Mhz}$)

[Le bruit dans un conducteur]

■ $Z_1 = 0.06 L F$ L en cm F en MHz (pour 1nH L = 1cm)

■ $Z = L Z_1 K$ Impédance de piste Z1= impéd self 10nH
K coeff de longueur
L en cm

■ $U = L (\Delta I / \Delta t)$ Bruit

Exemple:
HCMOS 50mA 3.5ns génère 850mv sur piste alim de 6cm
Pistes alim mitoyennes de 0.8 à 0.2 écartement
 $U \approx 170\text{mv}$

[BF - HF]

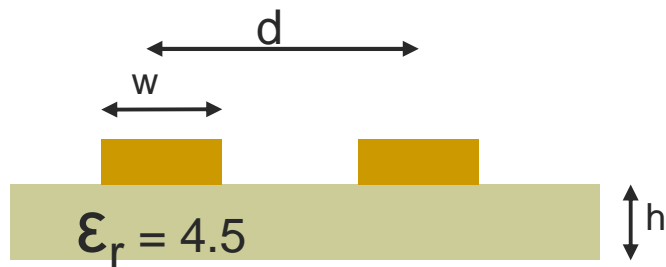
- Fréquence équivalente:

$$F_{\text{éq}} = 0.35 / T_{\text{montée}} \quad (1\text{ns} = 350\text{Mhz})$$

- **Fourrier** 3F,5F,7F...18F
24Mhz*37 \approx 900Mhz

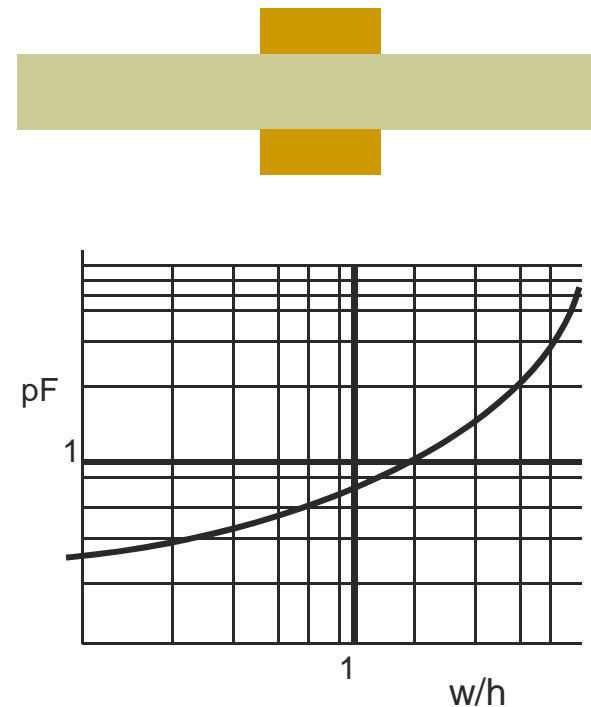
[Capacité mutuelle des pistes]

- Plusieurs géométries



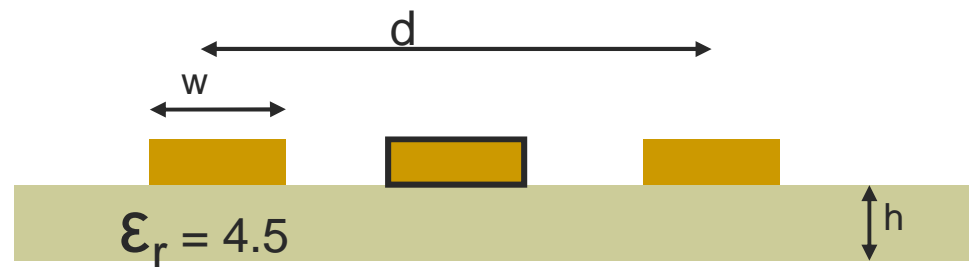
La capacité piste à piste décroît peu avec la distance

On la diminue en réduisant la longueur commune



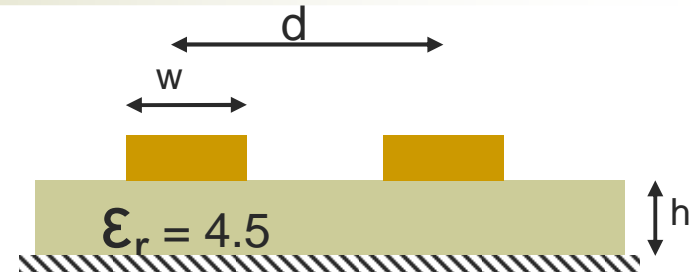
[Capacité mutuelle des pistes]

- Piste écran
- *Réduction du couplage d'un facteur 2*
- *En BF: on raccorde qu'une extrémité à 0v, mais on le fait aux 2 extrémités en numérique (coupl.induct)*

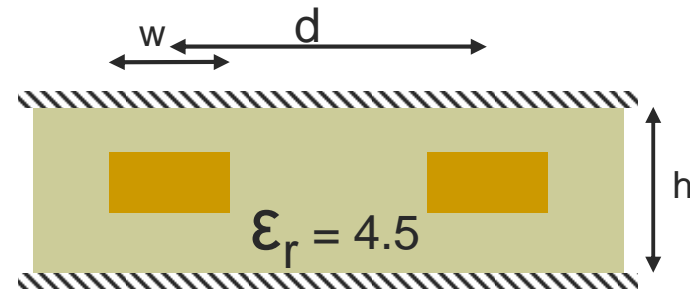


[Capacité mutuelle des pistes]

- Avec plan de masse



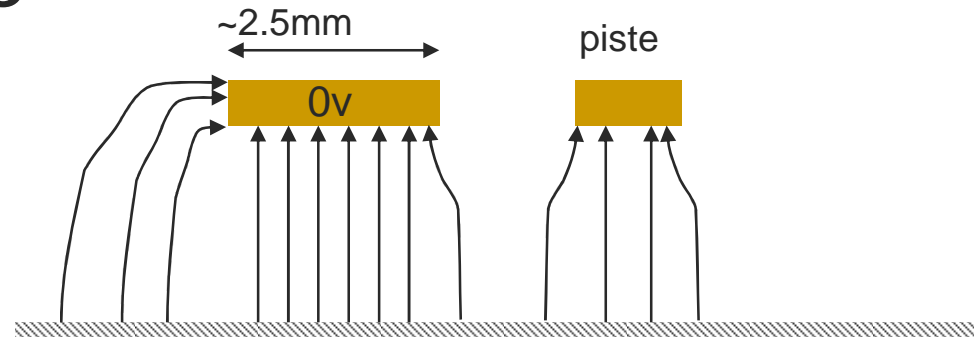
- Piste interne



Les plans de masses réduisent de façon très importante la diaphonie

[Capacité mutuelle des pistes]

- Anneau de garde

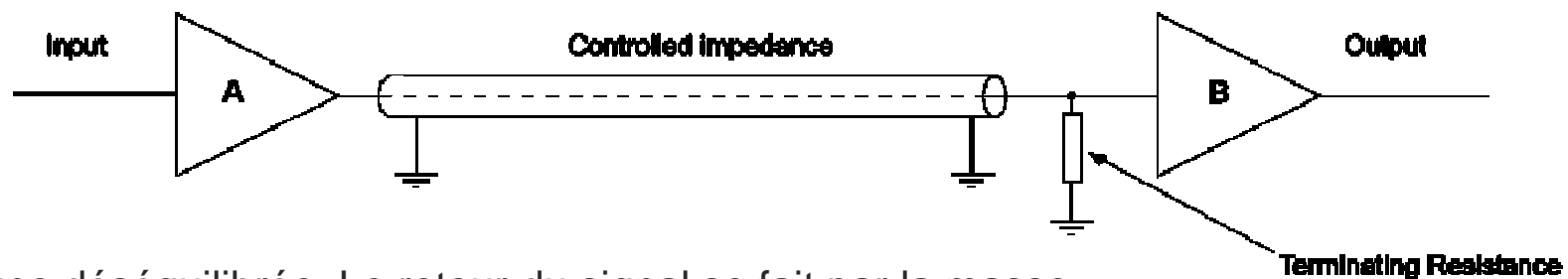


En numérique : Il doit être fermé et raccordé au PDM en de nombreux points

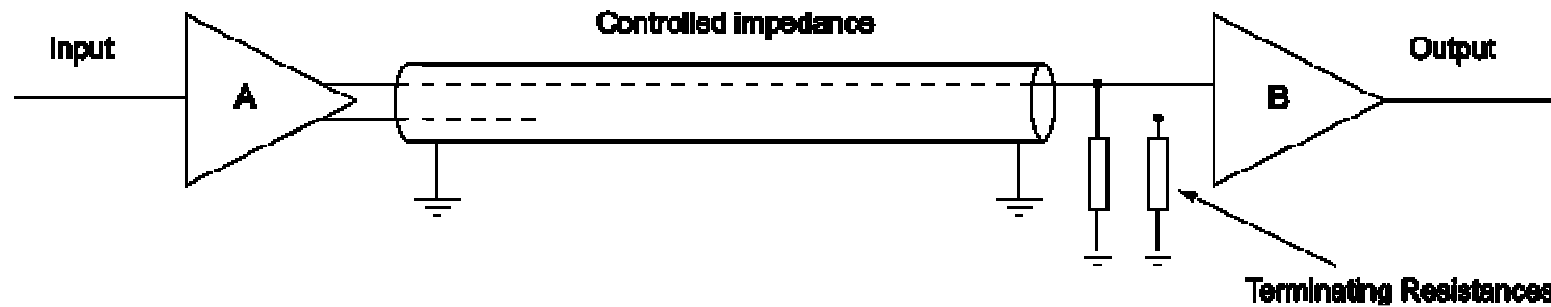
En analogique : attention au couplage entre fonctions

Carte avec isolement galvanique: un double anneau peut être nécessaire

[Adaptation des lignes...]



Ligne déséquilibrée: Le retour du signal se fait par la masse, les sections lignes/masse sont différentes



Lignes équilibrées, meilleure immunité au bruit et un meilleur timing

[Fin de la première partie]
