

Introduction à la compatibilité électromagnétique (CEM)

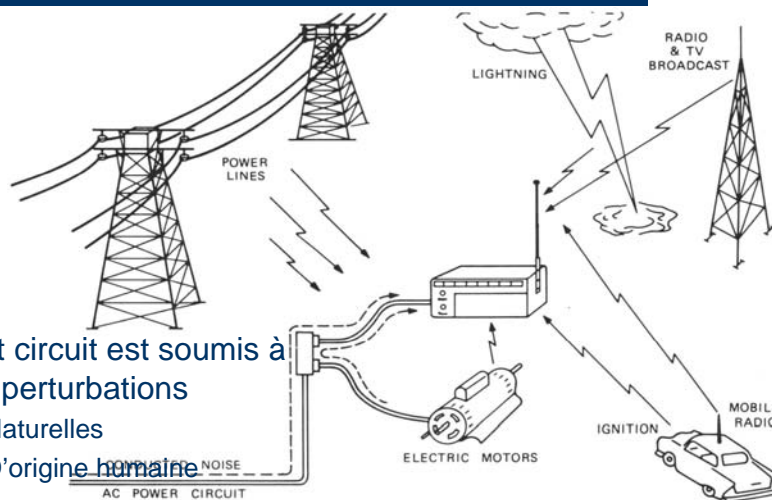
J. Unger – heig-vd - 2006

1

1- Introduction – Victime

Introduction CEM

- Tout circuit est soumis à des perturbations
 - Naturelles
 - D'origine humaine



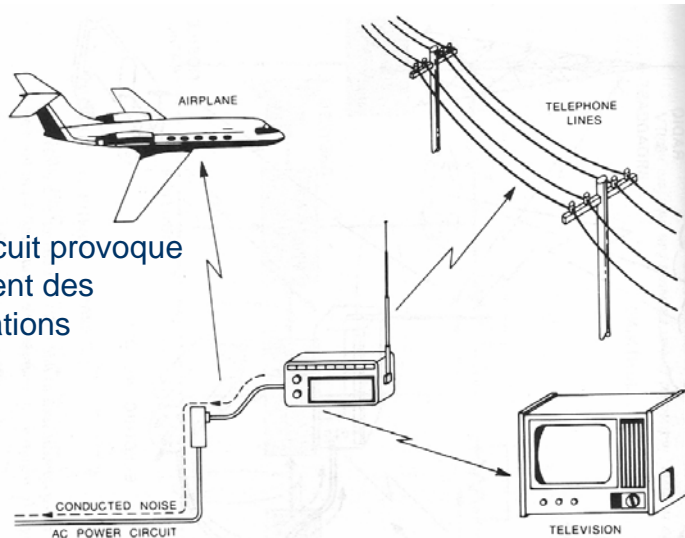
2

1- Introduction – source de perturbations

Introduction CEM

3

- Tout circuit provoque également des perturbations



1- Introduction – Définition

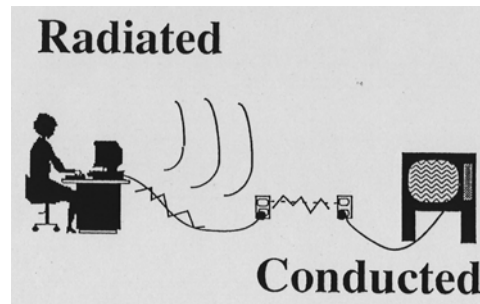
Introduction CEM

4

- Interférence = mauvais fonctionnement dû aux perturbations
 - Quel critère de mauvais fonctionnement ?
 - Analogique : toute perturbation visible ?
 - Numérique : perturbation > marge de sécurité ?
 - Codes redondants Taux d'erreur donné
- La compatibilité est la combinaison de 2 qualités:
 - Ne pas produire d'interférences
 - Ne pas subir des interférences
- L'intégrité des signaux est complémentaire à la CEM:
 - Ne pas générer d'interférences internes (auto-perturbations)

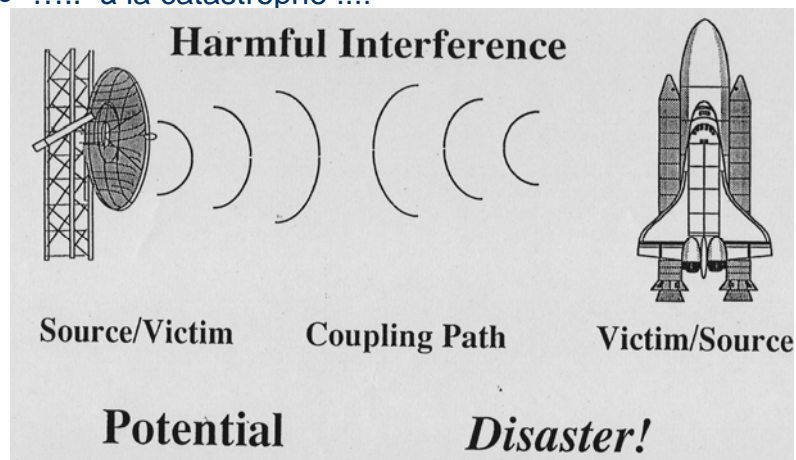
Conséquences des interférences

- Du simple désagrément



Conséquences des interférences

- à la catastrophe !!!!



Bibliographie

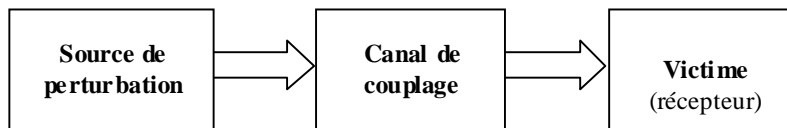
- Général
 - H. Ott : Noise reduction techniques in electronics systems (Wiley)
 - C. Paul : Introduction to Electromagnetic Compatibility (Wiley)
 - M. Mardiguian : Controlling radiated emission by design (Kluwer)
 - W. Duff: Fundamentals of Electromagnetic Compatibility (ICT Virginia)
 - B. Ritenour : EMC design and EMI Mitigation (CPFA)
- Circuits électronique et PCB
 - S. Hall, G. Hall, J McCall : High speed Digital system Design (Wiley)
 - H Johnson, M. Graham : High-speed digital design (Prentice Hall)
- Foudre
 - P.Degauque, J. Hamelin: Compatibilité électromagnétique (?)

Historique

- 1901- Marconi réalise la première transmission à travers l'atlantique
- 1933- la CEI institue le CISPR pour régir les domaine de fréquence et puissances d'émission
- 1950 –1970: transistor, thyristor, IC puis traitement numérique : augmentation des problèmes d'interférence
- Dès 1980 multiplication de PC, augmentation des vitesses d'horloge. Les pays édictent des normes (CENELEC en europe, FCC aux USA), pour limiter la pollution EM, et celle du réseau de puissance.
- Actuellement on exige des essais d'immunité en plus des essais d'émission
- La tendance est à l'augmentation des domaines de fréquence

Aspects fondamentaux

- Tout problème CEM implique
 - Une source de perturbations
 - Un canal de couplage
 - Conduction
 - rayonnement
 - Un récepteur
 - Le récepteur est une victime s'il y a interférence



Caractéristiques des sources probables de perturbations

- Grandes amplitudes (U, I ou P)
- Hautes fréquence ou émetteurs à forte puissance
- Signaux périodiques à transitions rapides (horloge, commutation de puissance...)
- Décharges électrostatiques, foudre, arcs (contenu à très large bande)
- En résumé:
Variations rapides (dU/dt , dI/dt)

Couplage par conduction

- Impédance commune à plusieurs circuits
 - Impédance de terre
 - Impédance du chemin commun de retour des signaux
 - Câbles d'alimentation réseau
 - Câbles d'interconnexion et de commande
- Courants parasites induits dans les blindages et boîtiers d'appareils

Couplage par rayonnement

- Couplage en champ lointain dans les câbles et fils du circuit
- Effet d'antennes
 - Antenne à antenne
 - Antenne -> câble
 - Câble -> antenne
- Couplage en champ proche
 - Capacité parasite entre armatures conductrices
 - Couplage inductif par variation de flux magnétique

Caractéristique des circuits susceptibles aux perturbations

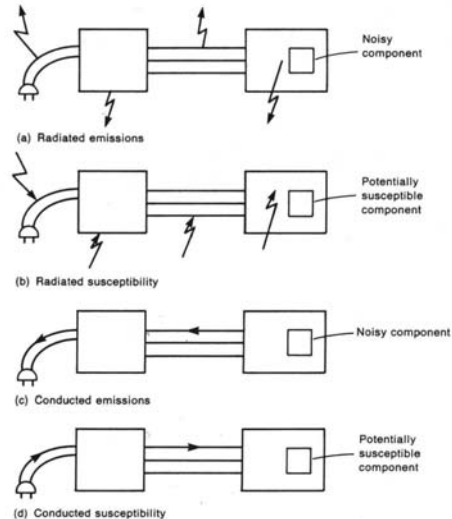
- Circuits sensibles, travaillant à faible signal
- Circuits large bande
- Circuits à faible marge de bruit (numériques, par exemple $V_{cc} = 3V$ au lieu de $5V$)
- Circuits accordés ou résonnants
- Long câbles, ou larges surfaces englobées
- Câbles et équipements non-blindés

Moyens de réduction des perturbations

- On distingue les sources et récepteurs:
 - Volontaire ou intentionnels (radio, TV, téléphonie mobile)
 - Involontaire ou non-intentionnels (PC, convertisseurs....)
- 3 moyens d'action:
 - Diminuer les émissions à la source
 - Diminuer la sensibilité du récepteur
 - Agir sur le canal de couplage

Les 4 types d'essai de compatibilité

- Emissions rayonnées
- Susceptibilité aux rayonnements EM
- Emissions conduites (réseau)
- Susceptibilité aux perturbations conduites (réseau)



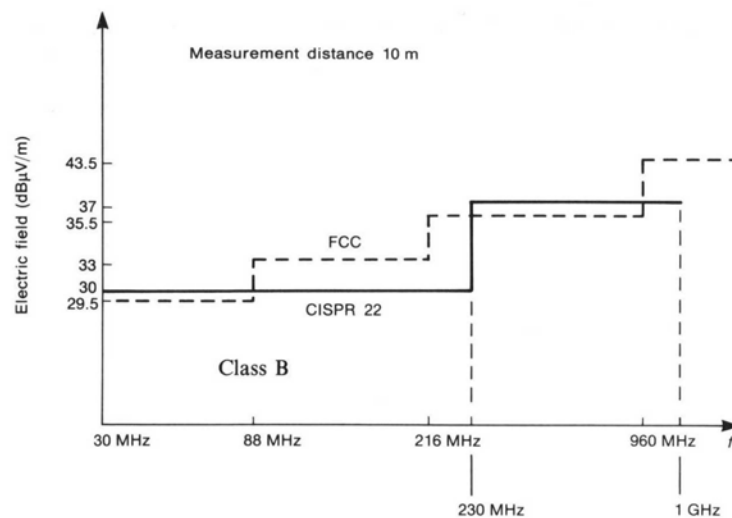
Normes

- Objectif :
 - Garantir qu'un équipement ne pollue pas trop
 - Garantir que l'équipement fonctionne correctement en présence d'une pollution donnée
- Deux classes de spécifications:
 - Classe A : industrie lourde
 - Classe B : milieu résidentiel, commercial et industrie légère (plus sévère)

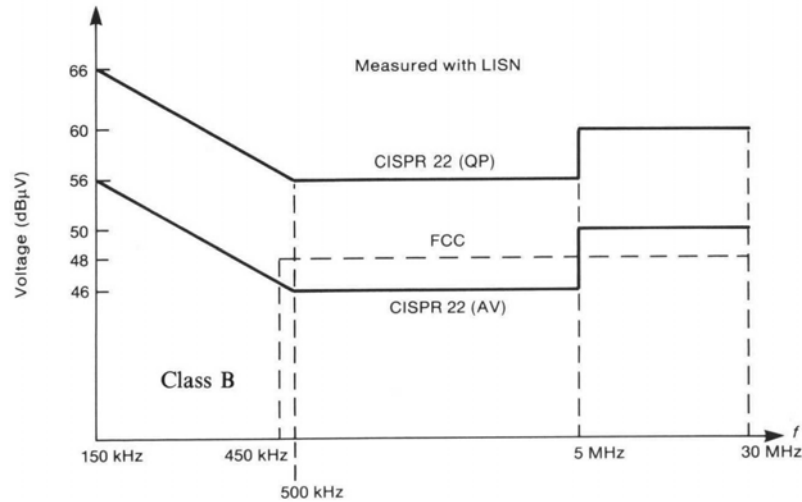
Normes - suite

- Normes génériques : *limites et méthodes générales*
 - EN 61000-6-1 Immunité – classe B
 - EN 61000-6-2 Immunité – classe A
 - EN 61000-6-3 Émissions – classe B
 - EN 61000-6-4 Émissions – classe A
- Normes spécifiques
 - Cas spécifiques (p.ex. sources intentionnelles)
 - Complément ou exceptions aux normes génériques applicable seulement à une catégorie particulière d'équipement

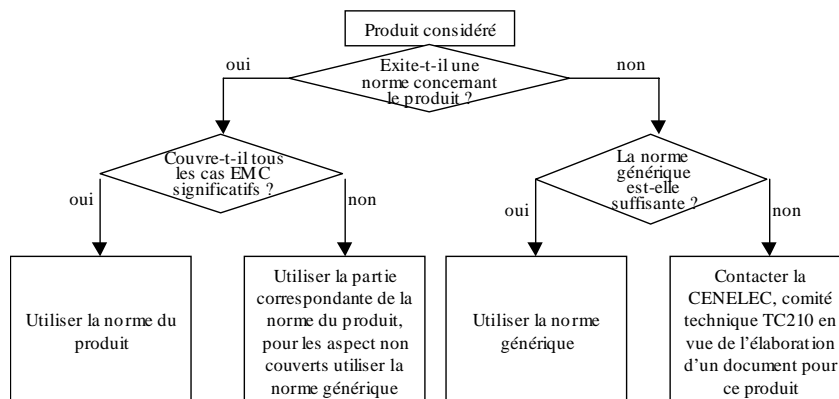
Limites génériques rayonnement



Limites génériques conduction

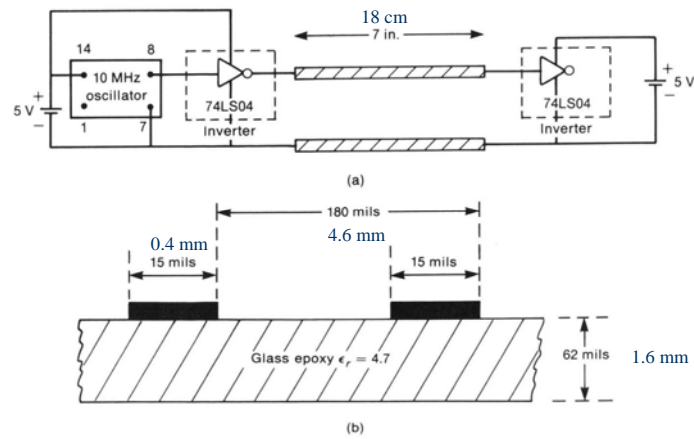


Démarche d'utilisation des normes



Exemple de mesure

- Circuit essayé (C. Paul)



Résultats de mesure du rayonnement (C. Paul)

