



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

JOURNEES CEM HYPER 2007

28 mars 2007

LA CEM DES SITES DE RADIOCOMMUNICATIONS

CEM DES SITES

DE

RADIOCOMMUNICATIONS



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

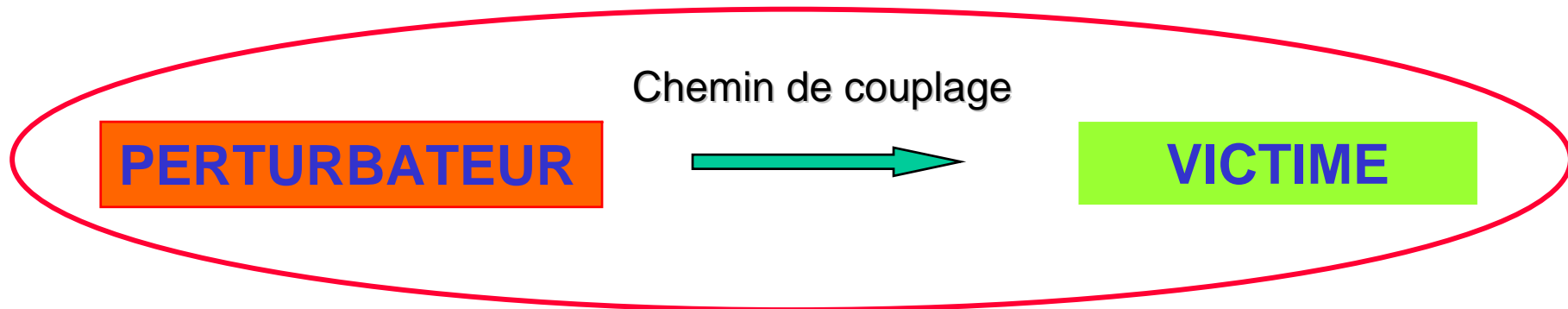
JOURNEES CEM HYPER 2007

28 mars 2007

LA CEM DES SITES DE RADIOCOMMUNICATIONS

LA SITUATION

Le schéma classique d'une analyse CEM est le suivant :



L'analyse CEM d'un site de radiocommunications fixe ou mobile suit la même logique, mais en plus complexe.

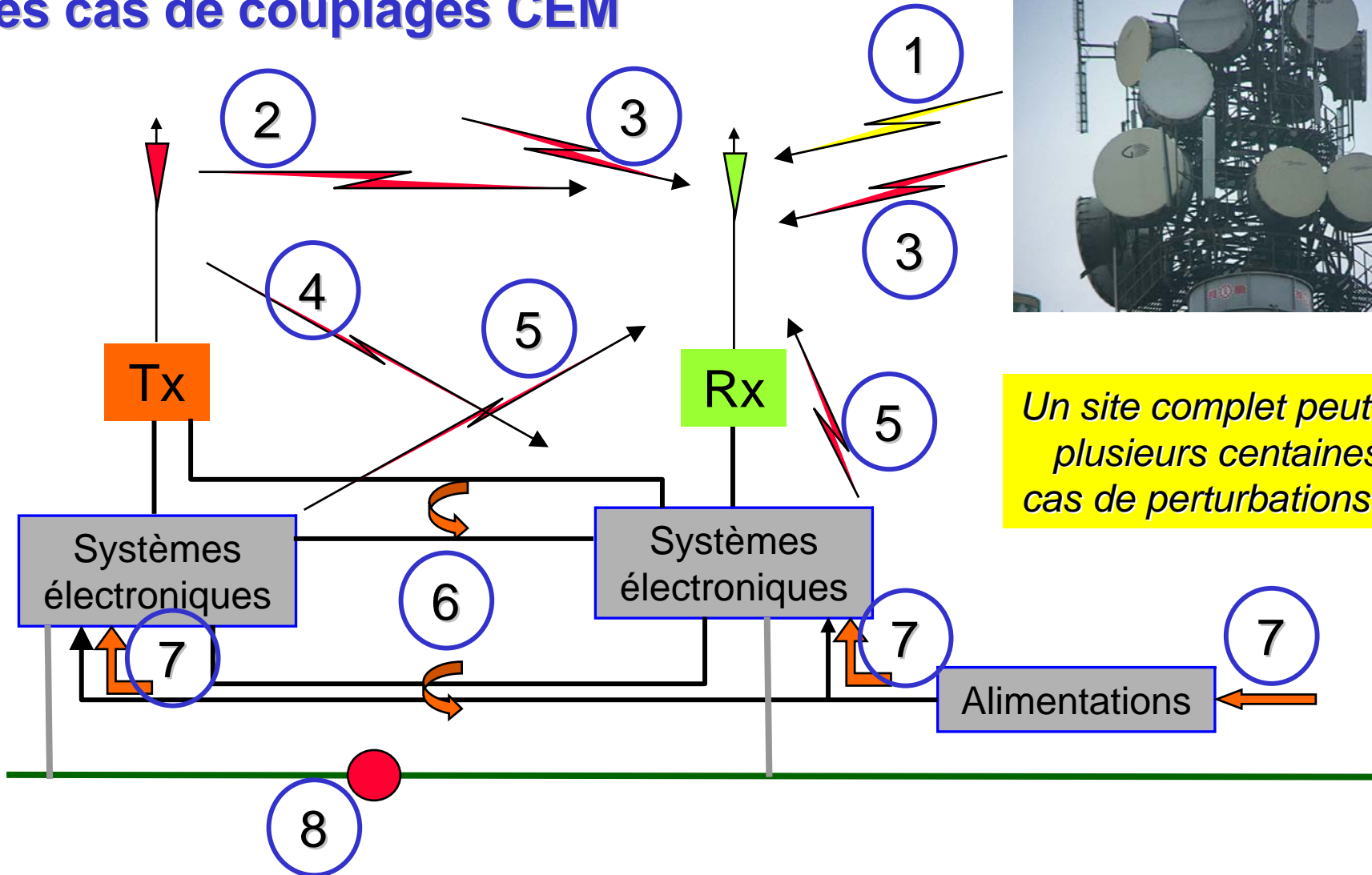
Nous retrouvons un mélange de CEM industrielle et de cohabitations de systèmes rayonnants.



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LA SITUATION

Les cas de couplages CEM



Un site complet peut créer plusieurs centaines de cas de perturbations CEM

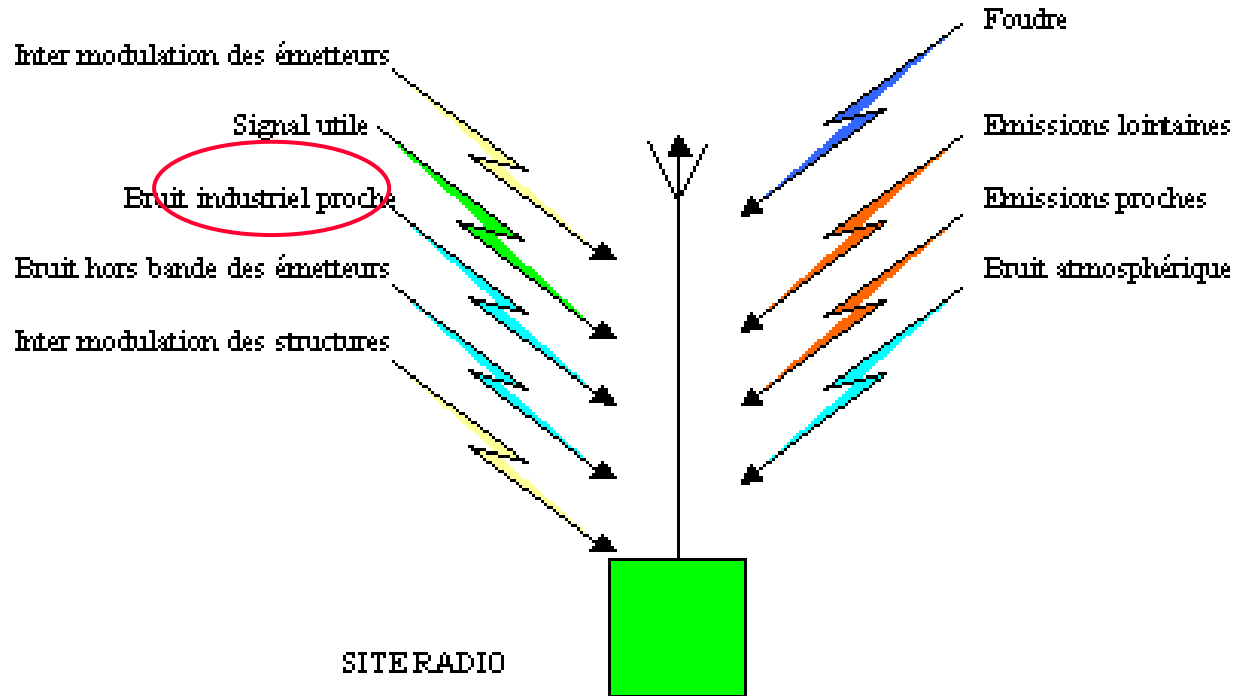


JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LA SITUATION

Pour la réception, une approche CEM d'un site de radiocommunications c'est analyser et régler les points suivants :

A LA RECEPTION



*SEUL LE SIGNAL UTILE EST ATTENDU
LES AUTRES SIGNAUX SONT INDESIRABLES*





JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LES ORDRES DE GRANDEURS

La puissance à l'émission est, en radiocommunication,
de l'ordre de 10W soit +40 dBm.

Le signal en réception de l'ordre de -113 dBm.

Si l'on représente le signal de réception par un vecteur
de 1mm,

l'émission est un vecteur de 153 dBmm

Il faut à la lumière presque 2 heures pour parcourir une
telle distance.

L'APPROCHE INTUITIVE EST UNE SOURCE
MAJEURE D'ERREUR AVEC DE TELS ORDRES DE
GRANDEURS

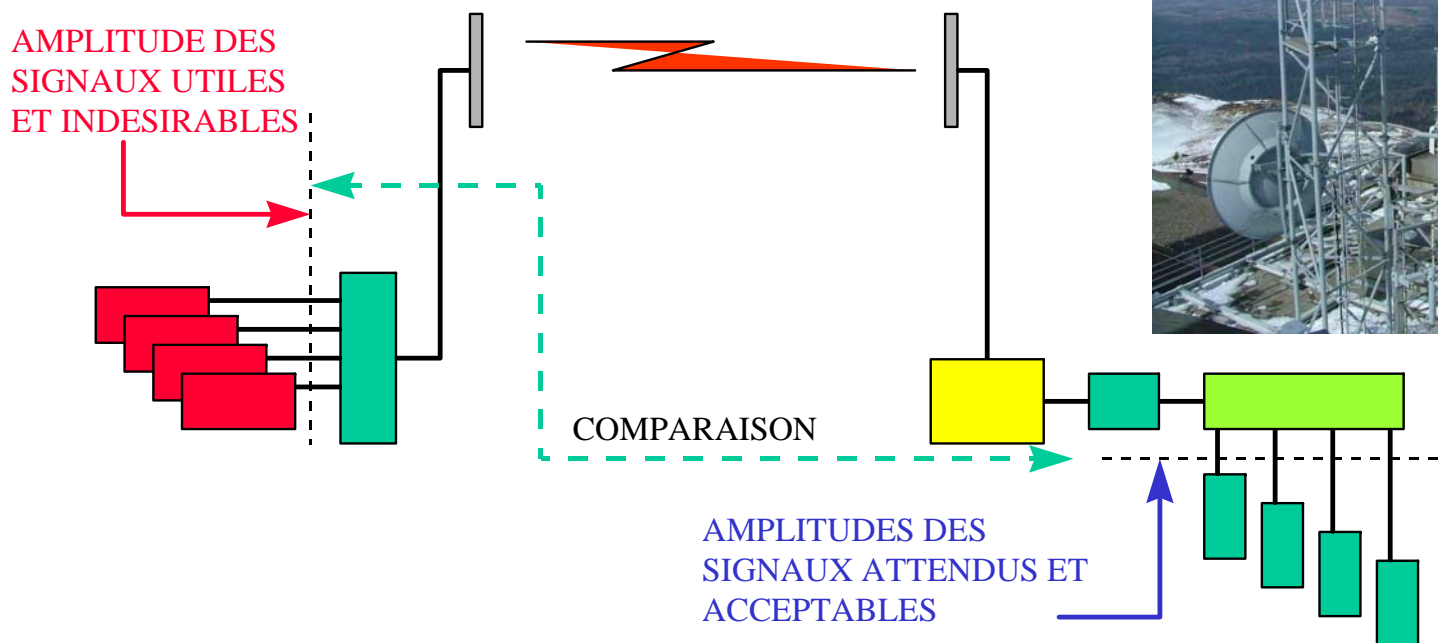




JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LA PRÉSENCE D'ÉMISSIONS PROCHES

Les conditions de cohabitations



L'amplitude des signaux utiles, attendus et indésirables est fournie par les normes des matériels. Mais il faut souvent interpréter ces textes car ils sont donnés sous forme de procédure de recette et non pas de système



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LA PRÉSENCE D'ÉMISSIONS PROCHES

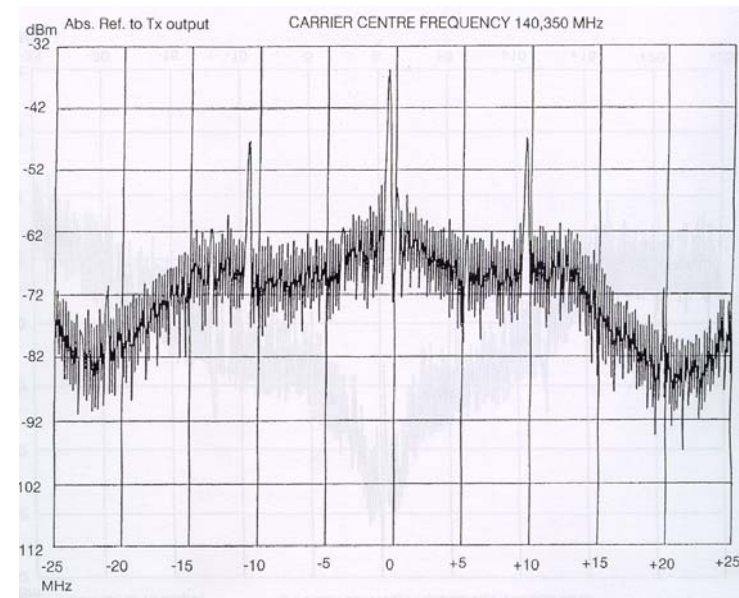
Exemple le bruit des émetteurs :



Remarque:

La norme **ETS 300 086** portant sur les caractéristiques des émetteurs récepteurs ne précise pas le bruit lointain des émetteurs. Elle indique que dans la gamme de 30 à 2 000 MHz les signaux indésirables ne doivent pas excéder -36 dBm (Bande passante?) à la sortie du connecteur (soit environ 80 dB sous la puissance porteuse).

Le bruit dans les canaux adjacents reste inférieur de 60 à 70 dB à la porteuse suivant l'espacement des canaux., sans descendre sous -37 dBm.



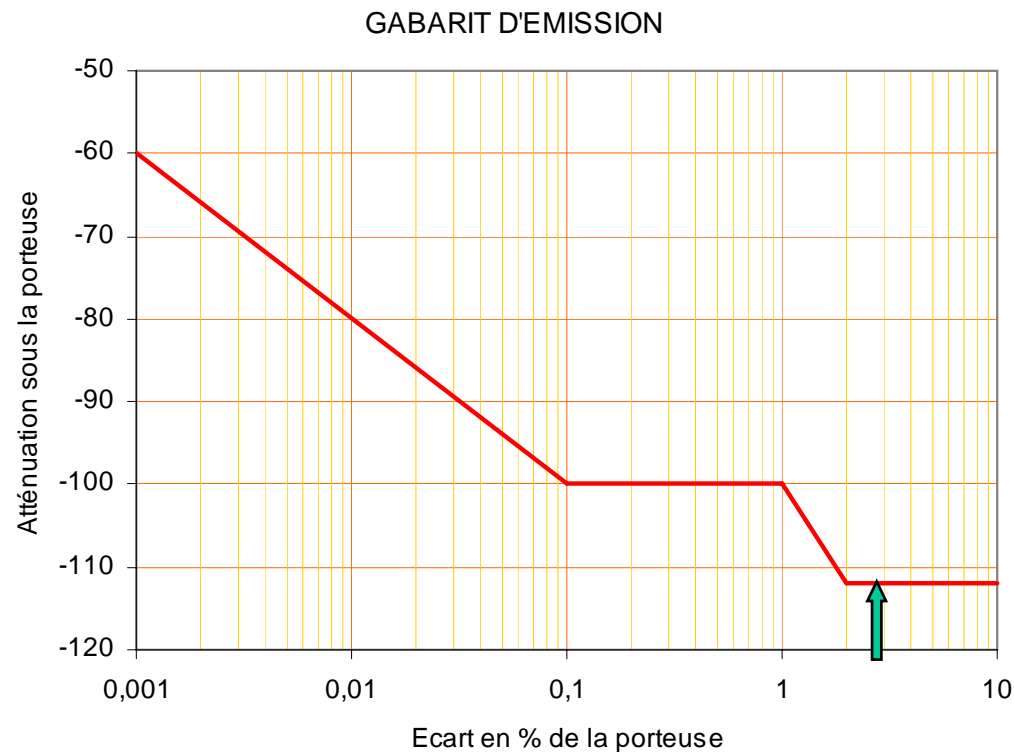
Spectre dans une bande de 100 KHz



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LA PRÉSENCE D'ÉMISSIONS PROCHES

Exemple le bruit des émetteurs :



APPLICATION:

Émetteur VHF

Puissance d'émission 16W = + 42 dBm

Écart duplex = 4,6 MHz = 2,8 %

Bruit à -112 dBc

Bruit Tx = +42 – 112 B = -70 dBm

Bruit Rx = -127 dBm

Isolement Tx / Rx =

-127 dBm – (-70 dBm) = -57 dB.



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LA PRÉSENCE D'ÉMISSIONS PROCHES

La marge de conception :

Cette marge permet de prendre en compte:

- La réalité du site
- L'évolution du site dans le temps
- Le vieillissement des composants



*On montre statistiquement, qu'une **marge de 10 dB** permet de faire face à ces points de façon satisfaisante pour 90% des installations. Pour les 10% restant, un filtre ou un circulateur supplémentaire suffisent le plus souvent. Le coût assez faible de ces composants justifie une étude simplifiée*



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

JOURNEES CEM HYPER 2007

28 mars 2007

LA CEM DES SITES DE RADIOCOMMUNICATIONS

LA PRÉSENCE D'ÉMISSIONS PROCHES

Un travail comparable doit être mené pour :

Les récepteurs:

Les niveaux de bruit propre

Les niveaux de réception

Les niveaux de saturation

Les seuils d'intermodulations,

La protection hors bande des émissions

Les émetteurs

Les niveaux d'émissions

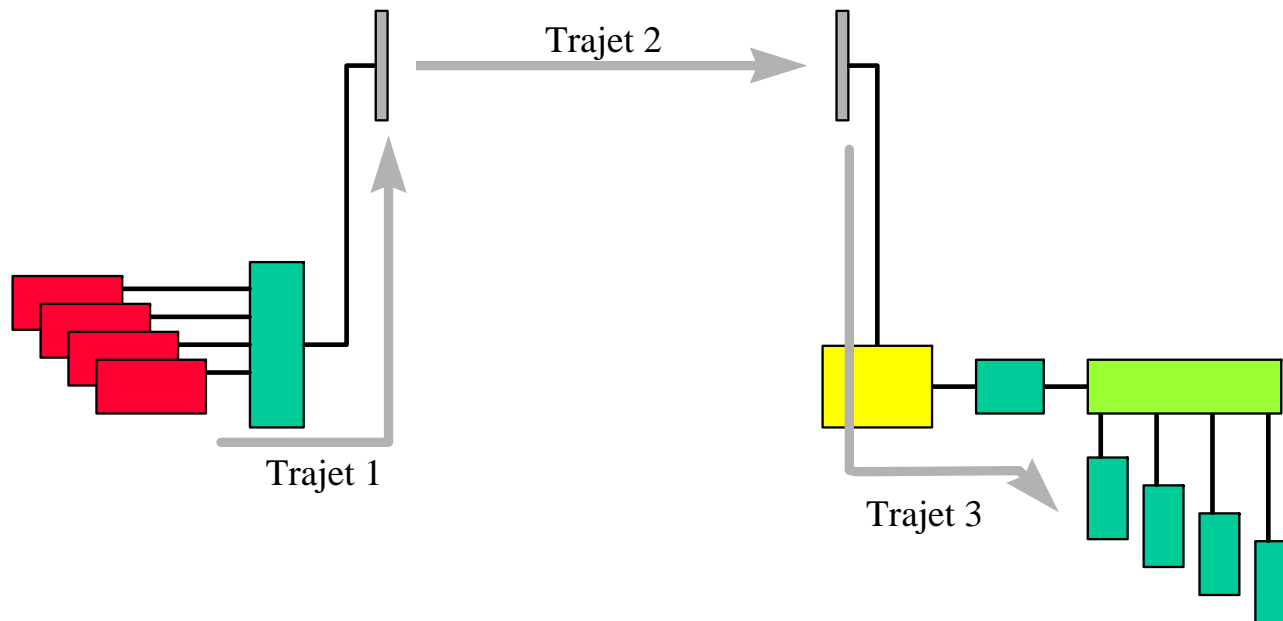
Les seuils d'intermodulations





LA PRÉSENCE D'ÉMISSIONS PROCHES

L'estimation des isolements



L'estimation se fait, en fonction de l'analyse, à la fréquence du perturbateur ou du perturbé.

L'isolement créé par les trajets 1 et 3 est dû aux pertes coaxiales, au ROS et à la protections de filtres éventuels

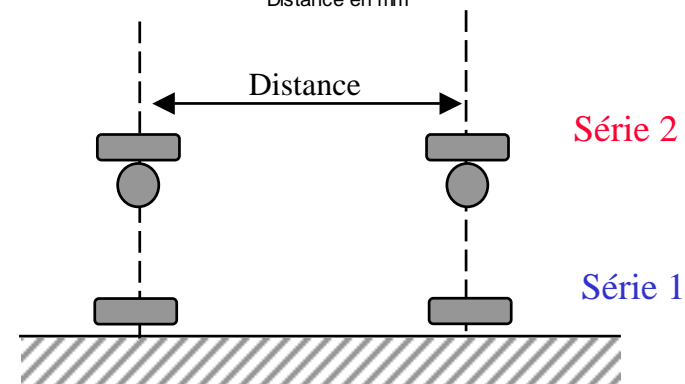
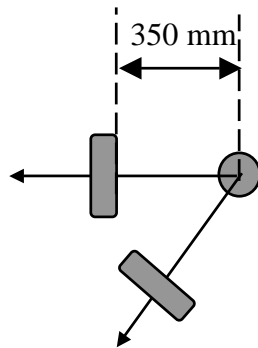
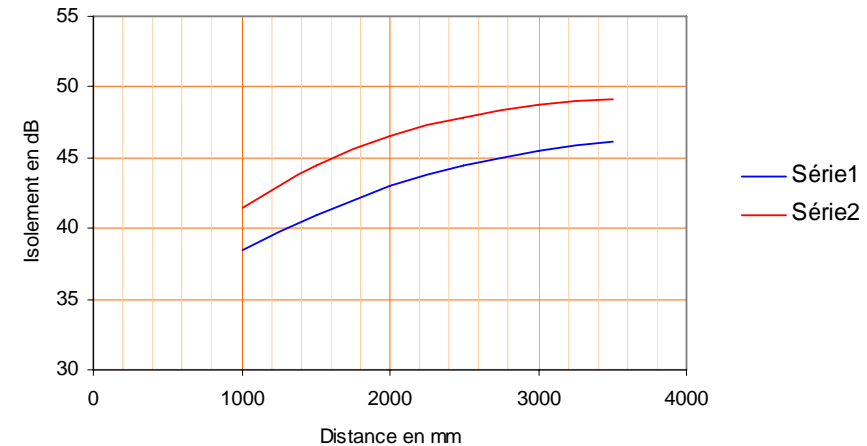
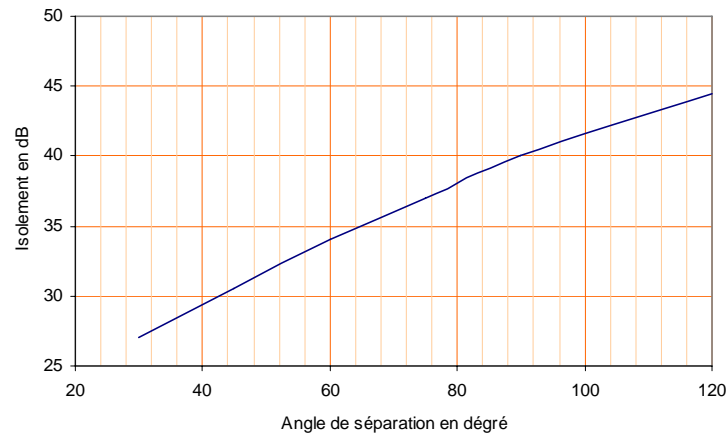
L'isolement du trajet 2 est créé par l'isolement entre antennes. Assez facile à calculer quand les fréquences sont proches, l'opération est plus difficile quand elles sont très différentes.



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LA PRÉSENCE D'ÉMISSIONS PROCHES

Les isollements entre antennes : exemples

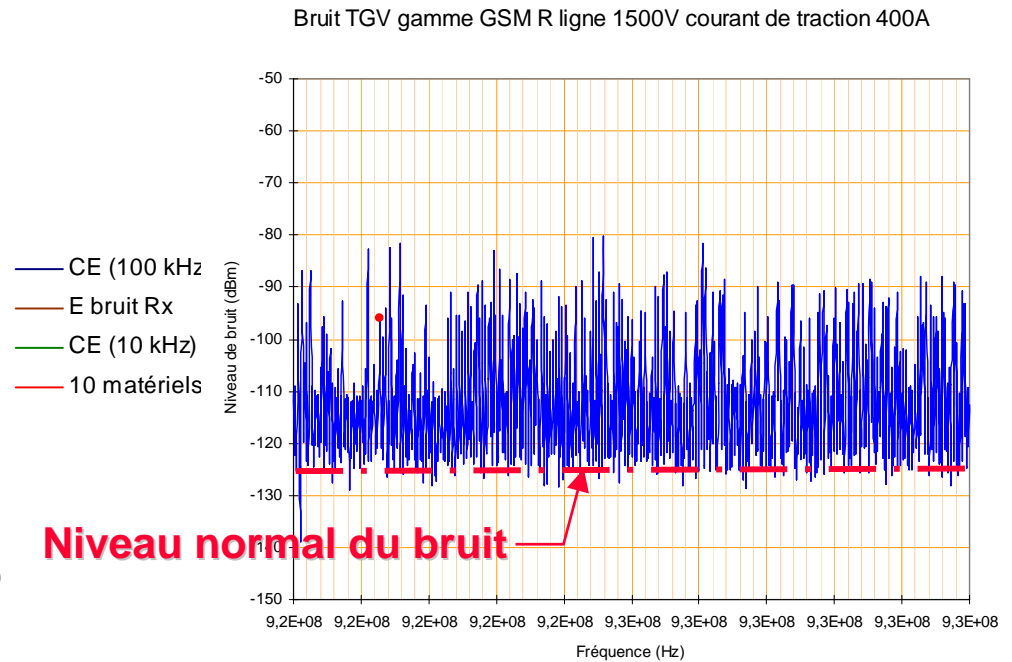
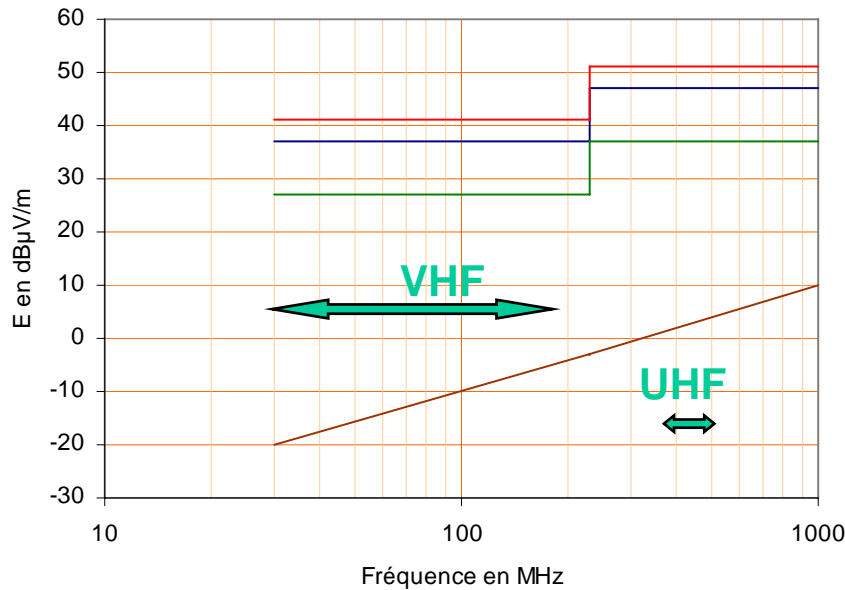




JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LE BRUIT INDUSTRIEL PROCHE

Il est créé par l'ensemble des matériels électriques et électroniques sur le site de radiocommunication. Le niveau est limité par les normes.



Le bruit industriel proche peut créer une désensibilisation > 35 dB!!

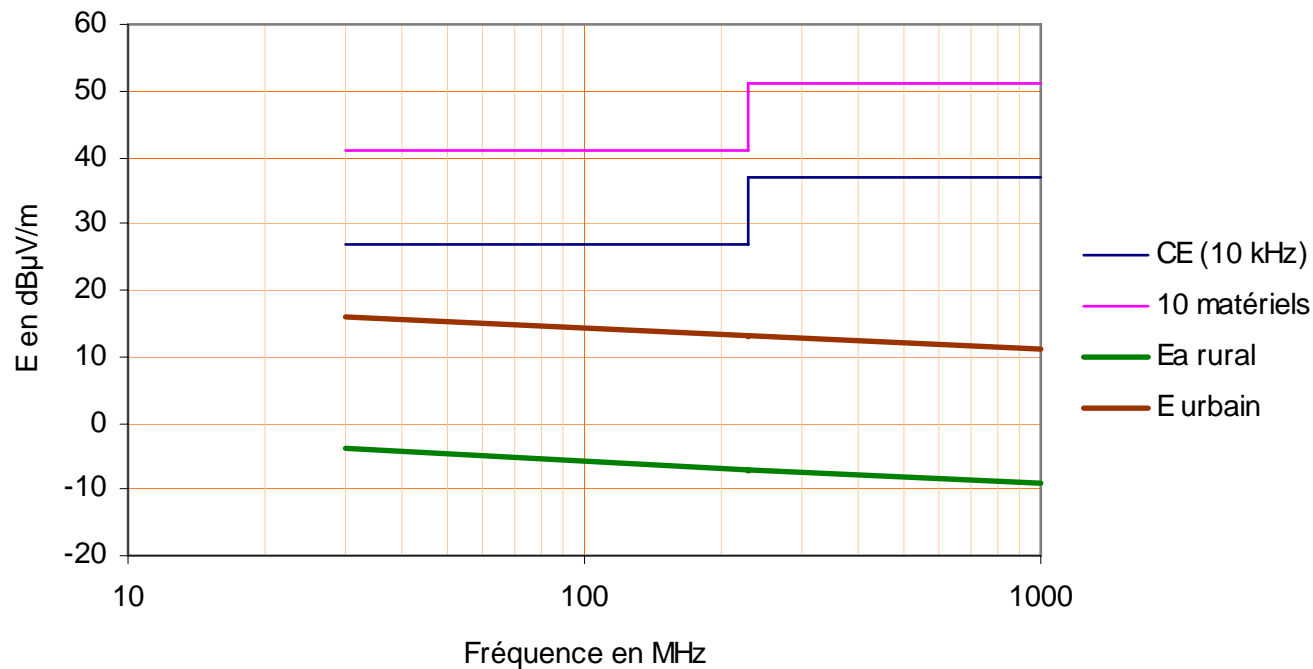


JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LE BRUIT INDUSTRIEL LOINTAIN

Il est créé par l'ensembles des matériels électriques et électroniques sur la zone de fonctionnement.

Le niveau n'est pas limité par les normes, mais on trouve des ordres de grandeur dans les recommandations de l'ETSI.



Le bruit industriel
proche peut rester
une cause de
désensibilisation



Réalisation CEM des
sites soignées



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

L'INTERMODULATION

Origine de l'intermodulation

L'intermodulation se crée dès que des signaux puissants à des fréquences différentes, se trouvent en présence de milieux non linéaires.

La non linéarité peut être active : non linéarités des circuits actifs, des amplificateurs etc..

La non linéarité peut être passive lorsque la caractéristique tension / courant n'est pas linéaire.

Elle peut se matérialiser sur une jonction de métaux différents (la pression est un paramètre important), sur une oxydation (situation très fréquente)

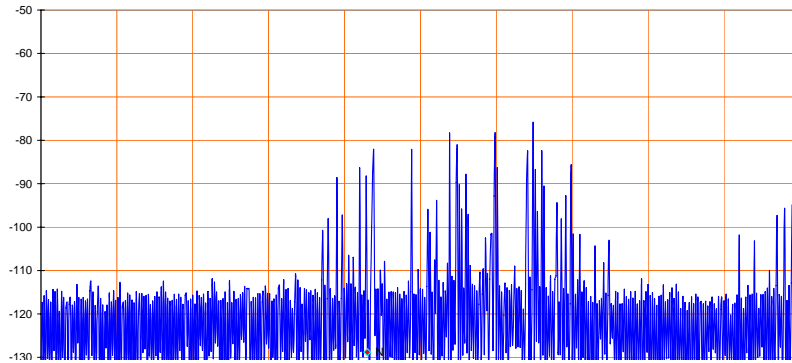
Elle peut également se créer dans des matériaux non linéaires: matériaux à conductivité non linéaire, effet de magnétorésistance, non linéarité des diélectriques ou enfin dans des variations de perméabilité dans des matériaux ferromagnétiques.

La non linéarité des circuits actifs est assez bien identifiée, les non linéarités passives le sont beaucoup moins

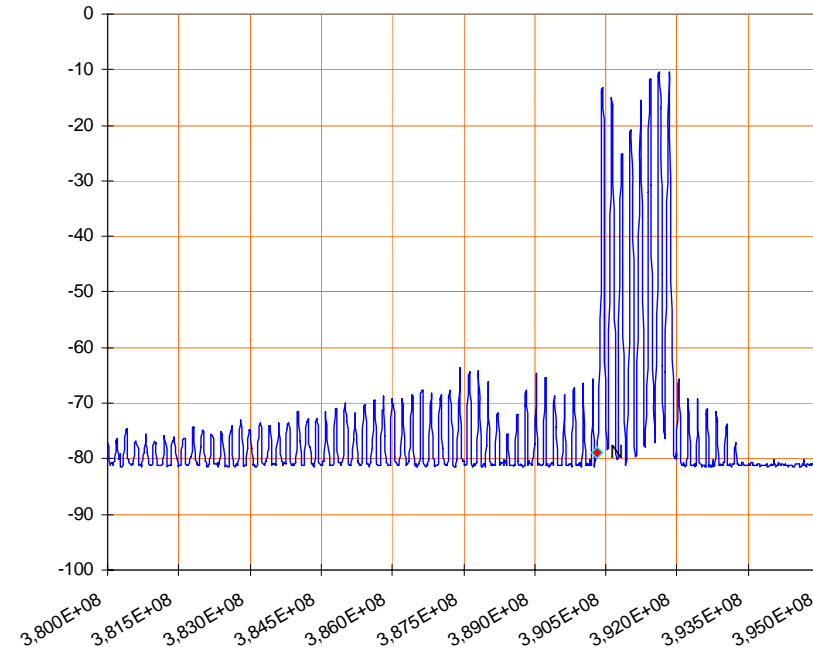
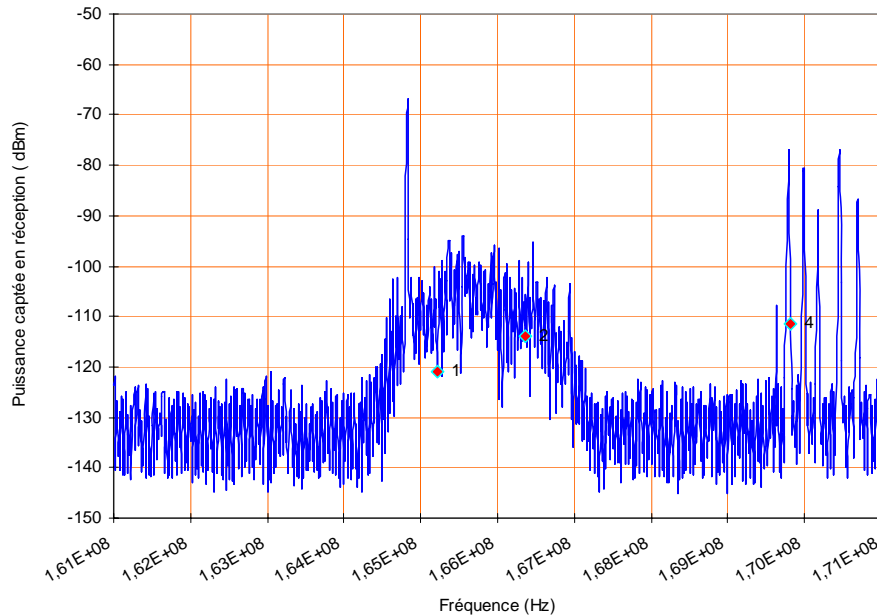


JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

L'INTERMODULATION



Site de Moontparnasse
mise en évidence de la perturbation



Diverses présentations de
l'intermodulation sur site



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

JOURNEES CEM HYPER 2007

28 mars 2007

LA CEM DES SITES DE RADIOCOMMUNICATIONS

L'INTERMODULATION

Un exemple :L'oxydation dans les contacts des connecteurs

Consécutif à un impact de foudre direct ou secondaire
ou par manque d'étanchéité

Au connecteur d'antenne

Répartiteur de puissance

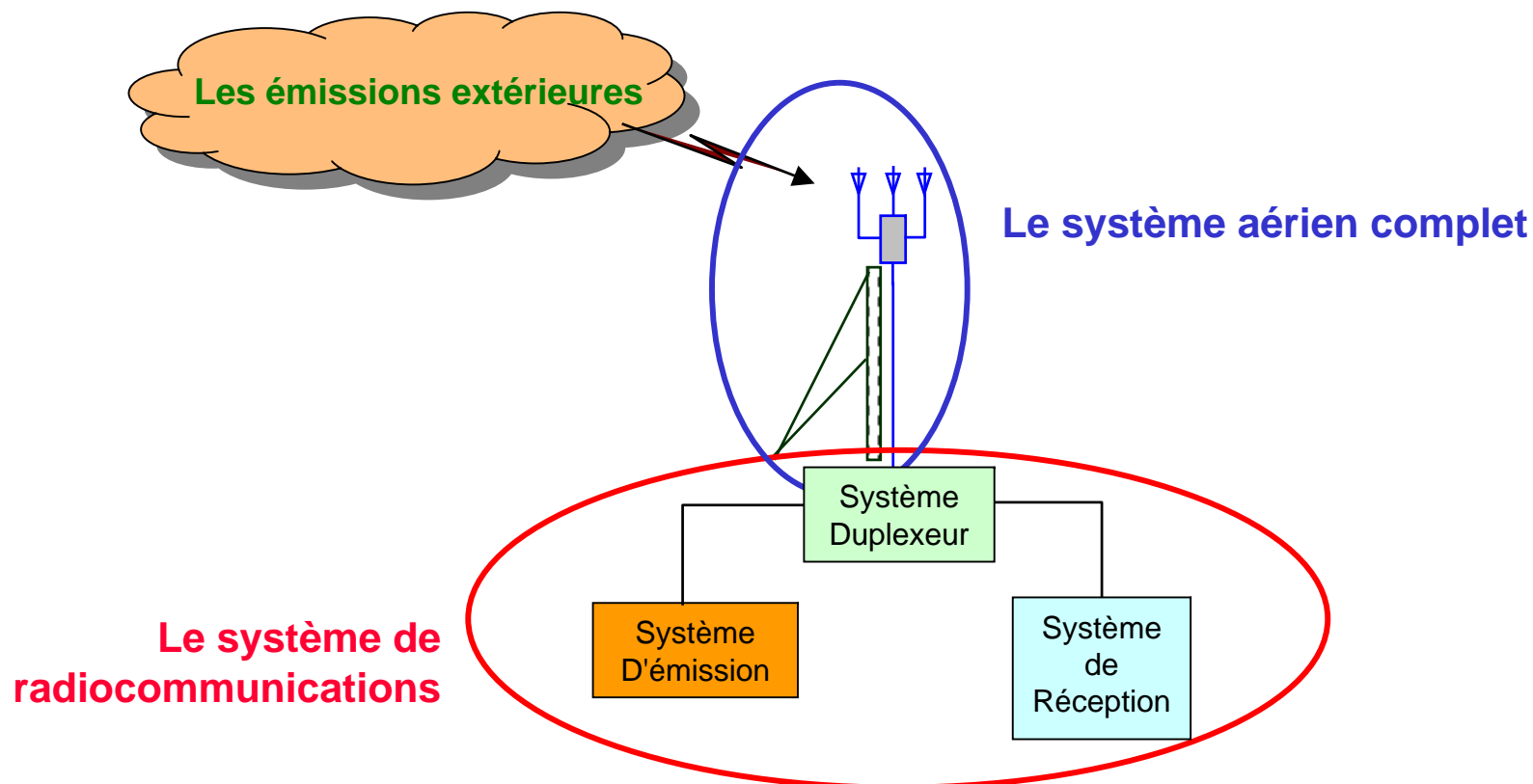
Connecteur de sortie de duplexeurs





L'INTERMODULATION SUR SITES

Stratégie de répartition d'analyse des zones sources d'intermodulation:





JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

JOURNEES CEM HYPER 2007

28 mars 2007

LA CEM DES SITES DE RADIOCOMMUNICATIONS

UN AGRESSEUR PUISSANT : LA FOUDRE



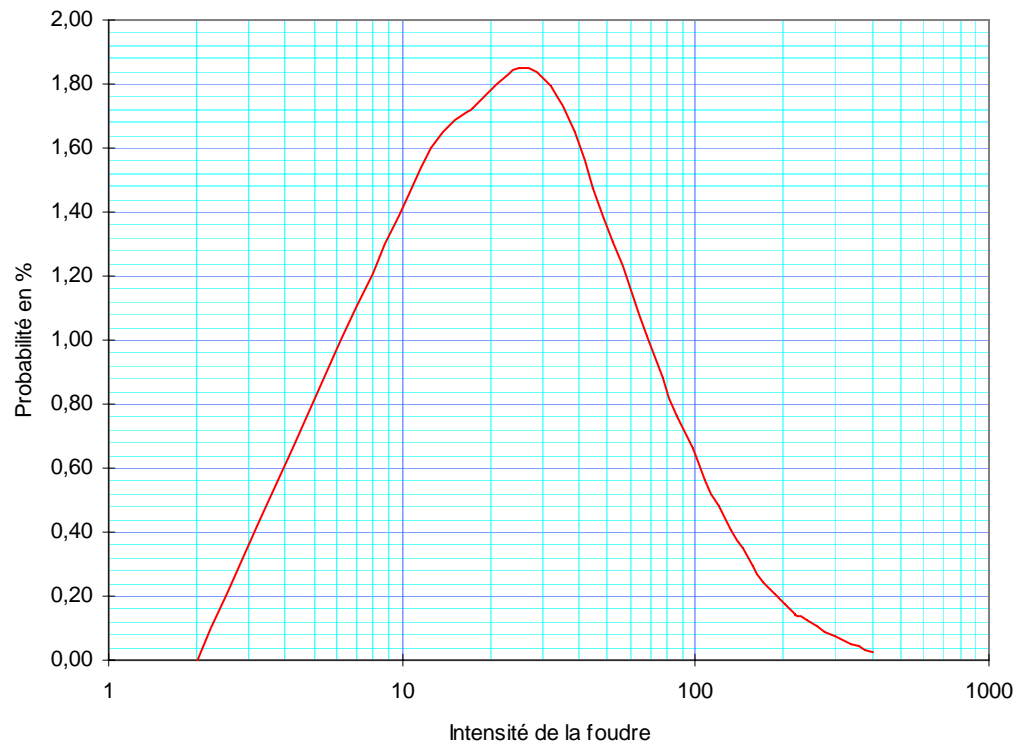
Photographies aimablement fournies par Ste APEI



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

UN AGRESSEUR PUISSANT : LA Foudre

Probabilité d'être frappé par la foudre
pour un pylône de 30m



La probabilité du coup de foudre direct est assez faible, environ 2%. Mais il y a en France au moins 550 sites de frappés par an.

(Statistiques confirmées récemment par une analyse des sites SFR)

Par contre les perturbations créées par la foudre via le réseau énergie sont très importantes car les sites de radiocommunications sont souvent en bout de ligne du réseau EDF.



Une réalisation CEM des sites soignées



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

JOURNEES CEM HYPER 2007

28 mars 2007

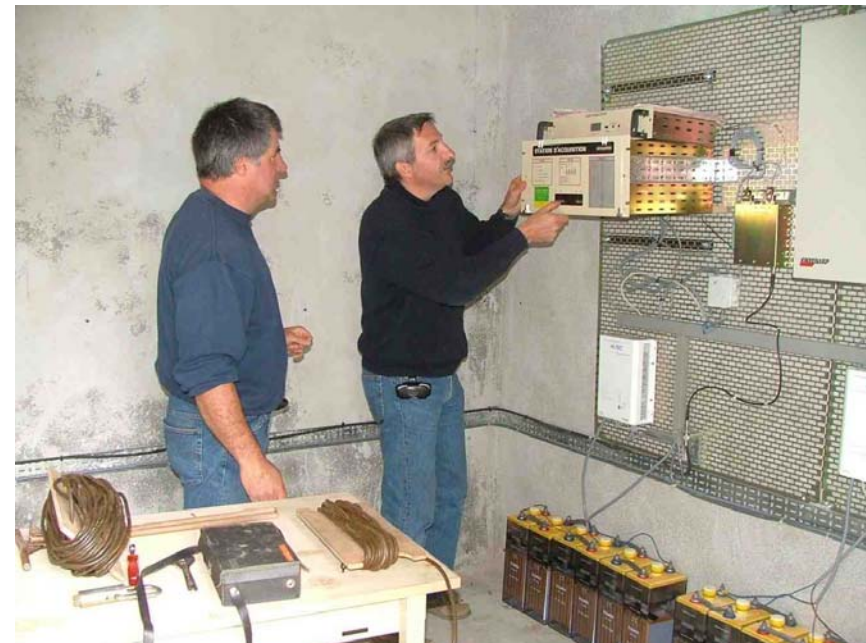
LA CEM DES SITES DE RADIOCOMMUNICATIONS

SOLUTION : UNE BONNE ÉQUIPOTENTIALITÉ



Avant : station détruite en partie par
la foudre tous les six mois

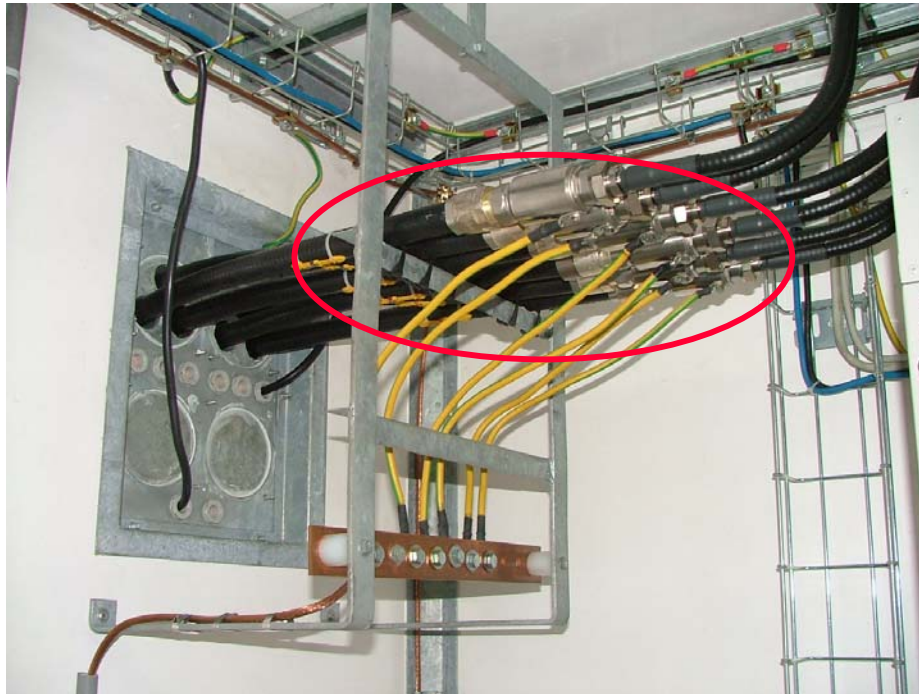
Après : aucune perturbation





JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

UNE BONNE ÉQUIPOTENTIALITÉ



Coaxiaux semi rigides

Baies faradisées



Mises à la masse successives



JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

PROTECTION DES ENTRÉES ÉNERGIE



Disjoncteur à réarmement
automatique

Parasurtenseurs en entrée
d'énergie





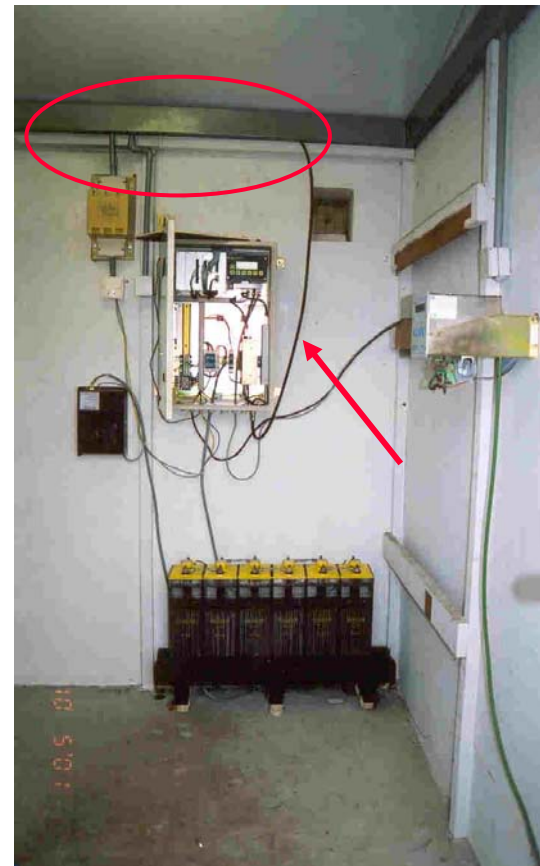
JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

LA RÉDUCTION DES DIAPHONIES

Le blindage simple tresse est souvent insuffisant pour réduire les diaphonies en réception. Il faut utiliser soit du blindage à double tresse soit du semi rigide.



Généralement semi rigide en extérieur et double tresse en intérieur





JEANNOLLE Joël
Cabinet d'étude en
ELECTROMAGNETISME

EN MATIERE DE CONCLUSION

La CEM d'un site de radiocommunications suit la logique suivante:

- Définir à partir de bases de données et de logiciel de couverture radioélectrique les sites potentiels
- Identifier sur place : le bruit radioélectrique, le spectre capté, les éventuels cohabitants, l'état des structures, l'implantations des antennes, les passages de câbles, les sources d'énergies et leurs protection, la qualité des lieux, les éventuelles protections foudres, la qualité des équipotentialité du local.
- Établir les conditions de cohabitations
- Estimer ou mesurer les isolements entre antennes
- Ajouter une marge
- Définir l'implantation des antennes et des filtres en émission et en réceptions, nécessaire au bon fonctionnement de la stations.