

Chapitre 9 : Interférences et immunité

par Pierre Cornélis, ON7PC rue J. Ballings, 88 1140 Bruxelles

Nous vivons dans un monde d'ondes électromagnétiques qui vont du 50 Hz à plusieurs centaines de milliers de GHz (lumière visible). Ces ondes peuvent engendrer des dysfonctionnements dans des appareils électroniques tels que les récepteurs radio, les récepteurs TV, les magnétophones, les magnétoscopes, les installations hi-fi, les installations téléphoniques, etc ...

En tant que radioamateur vous allez contribuer à "polluer" cet environnement et peut-être qu'un jour votre voisin viendra frapper à la porte, à sa mine peu réjouie vous comprendrez qu'il n'a pas pu voir "son" match de football. Vous savez que la loi sur le radio amateurisme vous interdit de perturber votre voisin. Il vous faudra alors chercher une solution pour éviter ces interférences.

Chercher la solution est probablement beaucoup plus difficile que de chercher un coupable ...mais votre voisin aura vite fait de vous désigner comme "solution". Chercher le coupable est également beaucoup plus improductif que de chercher la solution.

La solution est souvent constituée de 50% de diplomatie (ou de psychologie de conciliation) et de 50% de trucs et d'astuces. Il faudrait donc ici ajouter un cours de psychologie de la conciliation, mais ceci n'est pas prévu dans le règlement HAREC.

N'abordez pas le problème en arborant votre licence ou votre totale indifférence au problème. Ne mettez pas en cause son téléviseur ou sa chaîne hi-fi (même si c'est vrai et même si votre voisin a réellement acheté une sous marque "merdique" !). Votre voisin ne connaît rien en technique, ce qui l'intéresse c'est "son" match de foot et il a le réellement du droit de le voir ! Evitez l'escalade, évitez que le service NCS de l'IBPT ne doive intervenir ... Expliquez clairement à votre voisin ce que vous faites, inviter le à une jatte de café, et montrez lui un QSO. Expliquez à votre voisin qu'il est possible de trouver facilement une solution où il pourra regarder son match de foot en paix et où vous pourrez faire du DX, mais que cela nécessite une collaboration pour trouver les causes et les remèdes. Rassurez-le aussi et dites-lui que tous les frais des filtres seront à votre charge...

A côté des réels cas d'interférences, il y a encore les "effets induits" où le voisin est convaincu d'être perturbé par votre installation de radioamateur alors que vous n'émettez pas ... un "cross-check" avec votre log devrait rapidement vous mettre sur la voie ...

Et puis il y a certaine personne qui sont malades et qui entendent des voix ... ne riez pas c'est beaucoup plus fréquent qu'on le croit.

Mais dans les cas de réelles interférences il reste encore les 50% de trucs et astuces qui permettront d'arriver à une solution. Nous allons expliquer ces trucs et astuces avec encore un peu de théorie. Mais dans ce domaine aucune recette n'est une recette miracle, il faudra chercher parmi tous les trucs que nous expliquerons celui qui réellement fait de l'effet ! La chasse aux interférences c'est 1/3 de théorie et 2/3 de magie noire.

9.1. Brouillage des équipements électroniques

9.1.1. Blocage

9.1.2. Interférences avec le signal désiré

9.1.3. Distorsion d'intermodulation

La distorsion d'intermodulation se produit lorsque plusieurs signaux sont mélangés dans un élément non linéaire. Par exemple si vous émettez sur 144,850 MHz et que dans votre entourage il y a aussi une station FM sur 93,4 MHz, il peut se former un signal sur 238,25 MHz ce qui est un canal dans l'interbande TV.

Pour qu'il y ait produit d'intermodulation, il faut un **élément non linéaire**. Ceci peut être l'étage d'entrée d'un ampli de télédistribution, où une oxydation quelconque sur la câble de télédistribution. Pour que cette intermodulation soit gênante il faut "de la puissance". Ceci se passera donc uniquement si vous êtes près de ce voisin et si l'émetteur FM sur 93,4 MHz est également très près.

Pour qu'il y ait intermodulation il faut qu'il y ait 2 (ou au moins deux ...) signaux simultanément. Si la perturbation disparaissait si vous arrêtez vos émissions ou si la perturbation disparaît si l'émetteur FM est coupé (il vous faudra peut-être attendre minuit pour faire cet essai !) alors il s'agit peut-être d'intermodulation.

Comment remédier à une interférence due à une intermodulation ? Tout simplement en supprimant un des trois éléments c.-à-d. en supprimant l'élément non linéaire (la rouille dans le boîtier de télédistribution, ...) en mettant un filtre qui supprime l'une des deux fréquences juste avant l'élément non linéaire.

Mais le problème peut être BEAUCOUP plus grave, sur un pylône de radiodiffusion, vous pouvez avoir plusieurs émetteurs de forte puissance (plusieurs dizaines de kW) et des éléments métalliques oxydés.

9.1.4. Désensibilisation

9.1.5. Interférences dues aux harmoniques

Une des causes en sont les harmoniques c.-à-d. les fréquences indésirables qui sont des multiples de la fréquence émise. Les émetteurs de radioamateurs sont normalement prévu de filtre pour réduire les harmoniques. Toutefois, il y a moyen de réduire encore ces interférences par l'usage d'un filtre passe-bas.

Ainsi si vous transmettez sur 14,200 MHz par exemple, l'harmonique 4, c.-à-d. $4 \times 14,2 = 56,8$ MHz, tombe en plein dans le canal 3 (porteuse image 55,25 MHz, porteuse son 60,75 MHz) produisant une interférence sur 1,55 MHz ($56,8 - 55,25$). Si votre voisin regarde le canal 3 en télévision il y aura donc une interférence qui sera d'autant plus importante (c.-à-d. dérangeante) que ce voisin est proche de votre station. Ceci peut se résoudre en mettant un filtre passe-bas dans la ligne d'alimentation de l'antenne du radioamateur et en mettant un filtre passe-haut dans la ligne d'alimentation de l'antenne du récepteur TV perturbé.

9.2. Les causes d'interférence dans les appareils électroniques

Il y a 3 chemins par lesquels les interférences peuvent arriver

- par radiation
- par conduction
- par induction

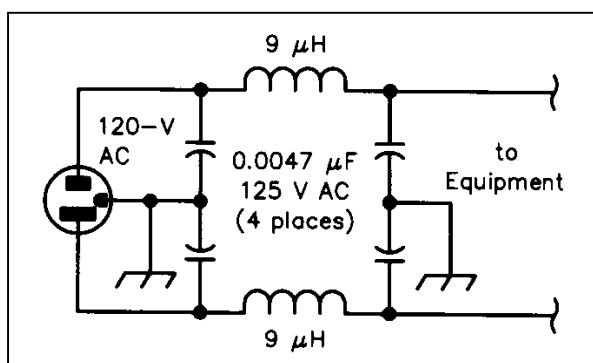
	remède	
differential mode		
common mode	self de choc	

- intensité du champ d'un émetteur
- émissions de spurious d'un émetteur (rayonnement parasites et harmoniques)
- effets non désirés sur les équipements : via l'entrée de l'antenne , via d'autres lignes de connexions, par rayonnement direct.

9.2.1. Les "machines à arc"

Une série d'appareils électriques produisent des arcs et peuvent générer des interférences. Dans ce groupe nous trouvons :

- les contacts des thermostats de chauffage : le remède consiste à mettre un condensateur de 1 à 10 nF en parallèle sur le contact qui produit des arcs. On peut aussi utiliser des condensateurs appelés condensateurs de déparasitage, il s'agit en fait d'un condensateur de 10 nF avec une résistance de 330 Ω en série.
- tous les moteurs avec des collecteurs et des balais : le remède consiste à mettre un filtre LC comme indiqué ci-contre. la valeur des selfs et celle des condensateurs ne sont pas critiques.
- les enseignes au néon : le remède consiste à mettre un filtre LC (comme ci-dessus) et des résistances de 10 k Ω /10 Watts dans chacun des fils de la haute tension.
- les postes à souder à arc : le remède consiste à mettre un filtre LC à l'entrée. Etant donné les puissances à mettre en jeu la self est donc "une grosse self" ...
- les clôtures électriques du type à décharge : le circuit électronique fournit une décharge haute tension toutes les secondes à peu près et constitue un excellent générateur de parasite qui a l'art d'ennuyer les radioamateurs. Plus le propriétaire du champ est riche, plus la clôture sera importante, plus cette antenne émettrice de parasite sera bonne et plus les parasites seront ennuyeux. La solution consiste à remplacer ce circuit par une simple alimentation haute tension (200 à 400 V) en courant continu. A cette fin, on peut utiliser le transformateur d'un vieux poste de radio et limiter le courant à 10 mA au moyen d'une résistance de 20 à 40 k Ω . Etant donné qu'il s'agit maintenant de courant continu, il n'y a plus de rayonnement de parasites.
- une autre source d'arcs sont les isolateurs de lignes HT défectueux. Lorsque ces isolateurs sont défectueux (micro fissures internes) des arcs se produisent à l'intérieur (surtout par temps humide). Les radioamateurs peuvent à l'aide d'un récepteur détecter le pylône suspect et prévenir la compagnie d'électricité qui procédera au remplacement.

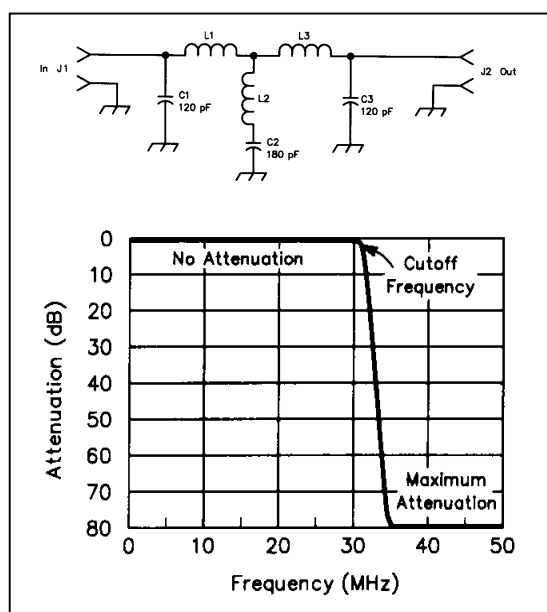


9.3. Mesures à prendre contre les interférences

Le remède le plus radical et aussi le moins bon est de supprimer la licence d'un radioamateur. C'est aussi la solution du fonctionnaire paresseux, car il existe beaucoup de remèdes pour supprimer les interférences des stations radioélectriques et en particulier des stations de radioamateurs chez les voisins.

Toutefois il faut "vouloir", il faut "vouloir aller" chez le voisin perturbé, il faut "vouloir chercher une solution", il faut "vouloir payer" quelques euros pour améliorer l'installation de votre voisin.

9.3.1. Filtrage de l'émetteur décamétrique



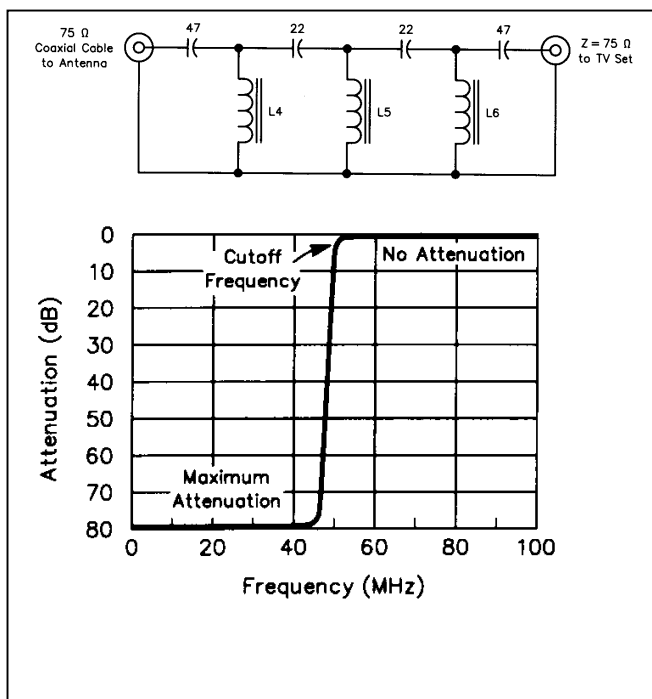
Une façon de séparer les signaux consiste à les séparer en fréquence. Les filtres peuvent ainsi avoir une grande atténuation pour certaine fréquence et très peu pour d'autres.

Bien que la plupart des émetteurs (ou des émetteurs-récepteurs) donne des valeurs de réjections d'harmonique 2 supérieure à 50 dB, il est parfois nécessaire de mettre un filtre qui donne quelque dB de plus.

Attention : si on met un filtre qui atténue de 30 dB par exemple en série avec un autre filtre qui atténue de 30 dB, cela ne signifie pas qu'on aura atténué de 60 dB, mais bien de 33 dB au meilleur des cas!

Il existe de nombreuses descriptions de tels filtres, ci-contre celui décrit par l'ARRL.

9.3.2. Filtrage du récepteur TV ou FM perturbé



Le filtrage du côté émetteur peut s'avérer insuffisant, il faut alors filtrer aussi du côté récepteur.

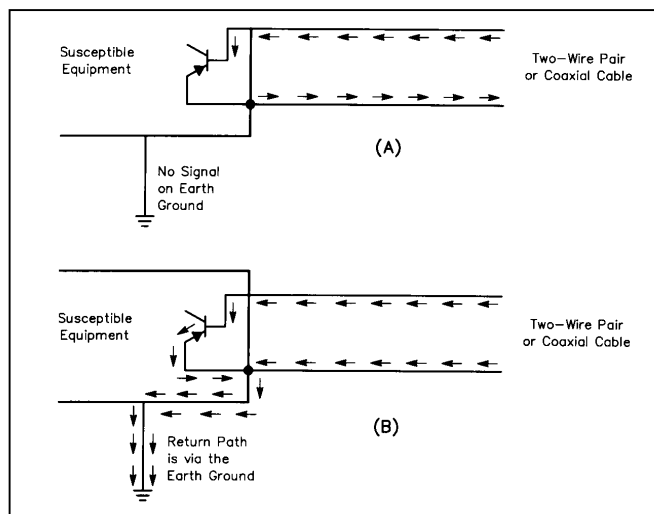
Comme les fréquences sont

- bande I : 47 à 68 MHz
- bande FM : 87,5 à 108 MHz
- bande III : 174 à 230 MHz
- bande IV-V : 470 à 862 MHz

il suffit donc d'un filtre passe haut, tel que celui représenté ci-contre. L4 et L6 = 0,157 uH , L5 = 0,135 µH

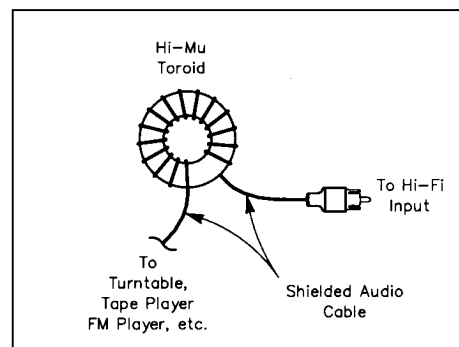
9.3.3. Filtrage de l'entrée audio

Le mode commun :

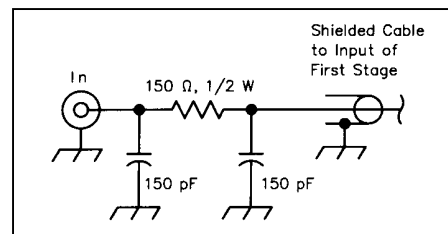


Parmi les problèmes les plus fréquemment rencontrés, il y a l'interférence sur les appareils audio (amplificateur, lecteur de CD, lecteur de cassette, ...). Si en débranchant une entrée l'interférence disparaît on peut essayer de découpler cette entrée pour les signaux HF.

Parfois il suffit d'enrouler le câble autour d'un tore de ferrite. Il faut utiliser un tore qui a un grand μ et il faut que l'impédance de la bobine ainsi constituée soit grande par rapport à l'impédance d'entrée. Ainsi, si l'entrée fait $10\text{ k}\Omega$, il faudra que la bobine fasse quelques $100\text{ k}\Omega$ pour que son action soit efficace. Dans le chapitre 6 nous avons donné les formules,



Une autre façon consiste à insérer un petit filtre RC en série dans le circuit d'entrée. Supposons que les interférences ne soient gênantes qu'à partir de 14 MHz , dans ce cas on peut ajouter un circuit RC dont la fréquence de coupure soit par exemple 7 MHz ($f_c = 1 / (2 \pi R C)$). les valeurs ci-contre (150 pF et $150\text{ }\Omega$) conviennent donc



Les derniers conseils sont

- utiliser du câble blindé avec un bon recouvrement (une bonne tresse de masse, bien serrée)
- éviter les longueurs de câble excessives
- éviter les câbles de longueur voisine à $\lambda/4$ des fréquences favorites.

9.3.4. Filtrage d'un téléphone

Les interférences dans le téléphone sont probablement les plus fréquentes et les plus gênantes ... surtout chez les voisins. Une première chose consiste à offrir à vos voisins un téléphone qui n'est pas perturbé chez vous. Essayez plusieurs modèles, demandez la couleur préférée de votre voisin et n'hésitez pas à la dépense ... votre hobby est à ce prix !

9.3.4.1. Le filtre en série

9.3.4.2. La méthode des 6 condensateurs

Lorsqu'il y a des interférences entre une station de radioamateurs et un poste téléphonique, une des méthodes consiste à utiliser 6 condensateurs : On prend 6 condensateurs de 10 nF, un fil de chaque condensateur est raccordé à 6 points particuliers du poste téléphonique, l'autre fil de chaque condensateur va vers un point commun (ce point commun est "flottant", c.-à-d. isolé du reste du circuit). Ces 6 points sont : les deux connexions vers le micro, les deux connexions vers l'écouteur et les deux connexions vers la ligne téléphonique. La valeur des condensateurs dépend de la fréquence concernée : la valeur de 10 nF signalée plus haut convient pour les bandes décadiques, mais si la perturbation provient uniquement d'émissions VHF on utilisera des condensateurs de 100 pF. Cette méthode a donné de bons résultats, mais comme dans tout problème de compatibilité électromagnétique, rien n'est garanti, rien n'est universel mais tout est à essayer !

9.3.5. Le problème des clôtures électriques

Les radioamateurs qui habitent à la campagne disposeront probablement de beaucoup de place pour mettre des antennes, et notamment des antennes pour les bandes basses, ils n'auront peut-être pas beaucoup de voisins, mais ils auront peut-être des problèmes d'interférences avec les clôtures électriques.

Les modèles actuellement en vente et en exploitation sont tous du type impulsif. La clôture n'est donc pas en permanence sous tension, mais il y a une impulsion toute les seconde ou toute les 2 secondes. Si un isolateur est défectueux (micro fêlure parfois remplie d'eau), il se produira un arc à cet endroit et par conséquent un "tac" toutes les secondes dans votre réception.

Les signes caractéristiques sont donc cette répétitivité, le fait que l'interférence est en permanence sur toutes les fréquences, et que le phénomène est aggravé en cas de pluie !

Pour détecter l'isolateur qui fuit il suffit de prendre un récepteur (ou un émetteur-récepteur) portable, sans antenne (ou alors avec un simple morceau de fil d'un mètre ...) et une batterie de quelques Ah. A l'aide de ce "renifleur" aller alors vous balader le long de la clôture.

On pourra alors demander au fermier de remplacer cet isolateur défectueux, ou mieux encore lui proposer de faire le travail à sa place.

Si malgré vos recherches le problème persiste, il reste une autre solution : remplacer la source de tension impulsif par une tension continue : Fabriquez une alimentation continue à partir d'un vieux transformateur de poste à lampe, essayez d'obtenir 400 à 600 Volts et placez en série une résistance qui limite le courant à quelques 10 à 20 mA (400 V et 20 mA $\rightarrow$ 20 k Ω et capable de dissiper au moins 15 Watts). Le grand luxe consiste à mettre un milliampère mètre en série pour s'assurer que la clôture n'est pas à la masse quelques part !

9.3.6. Le problème des lignes à haute tension

Il arrive que les isolateurs des lignes à haute tension claquent. Il y a alors un arc électrique qui produit une perturbation permanente sur presque toutes les fréquences. Le problème est parfois aggravé par la pluie ou les vents violents. Même méthode que ci-dessus : Pour détecter l'isolateur qui fuit il suffit de prendre un récepteur (ou un émetteur-récepteur) portable, sans antenne (ou alors avec un simple morceau de fil d'un mètre ...) et une batterie de quelques Ah et d'aller se balader le long de la ligne haute tension.

Lorsque vous aurez repérer l'isolateur qui fuit, prenez contact avec le cabinier, ne lui dites surtout pas que vous êtes gêné par cette perturbation, mais expliquez lui plutôt que "pour le bien de son réseau, et pour éviter de problèmes, il faudrait peut-être mieux faire quelque chose ...". Lorsque vous aurez gagné sa confiance il sera alors temps de lui dire que vous êtes radioamateur et que cela vous gênait un peu !

N'oubliez pas que l'isolateur coûte probablement beaucoup plus que votre installation de radioamateur !

9.4. Le programme HAREC

Que faut-il connaître d'après le programme HAREC ?

CHAPITRE 9	Vilnius
9. BROUILLAGE ET PROTECTION	2004 ¹
9.1 Brouillage des équipements électroniques	
- Blocage	
- Brouillage avec le signal désiré	
- Intermodulation	
- Détection par les circuits audio [BF]	
9.2 Cause de brouillage des équipements électroniques	
- Intensité de champ de l'émetteur	
- Rayonnements non essentiels de l'émetteur [rayonnement parasite, harmoniques]	
- Effets indésirables sur l'équipement :	
- par l'entrée de l'antenne [tension à l'antenne, sélectivité d'entrée]	
- par d'autres lignes de connexion	
- par rayonnement direct	
9.3 Protection contre les brouillages	
Mesures pour prévenir et éliminer les effets de brouillage	
- Filtrage	
- Découplage	
- Blindage	

¹ Cette colonne indique la nouvelle matière ajoutée ou supprimée lors de la réunion CEPT de 2004.

9.5. Table des matières

9.1. Brouillage des équipements électroniques	2
9.1.1. Blocage	2
9.1.2. Interférences avec le signal désiré	2
9.1.3. Distorsion d'intermodulation	2
9.1.4. Désensibilisation	2
9.1.5. Interférences dues aux harmoniques	2
9.2. Les causes d'interférence dans les appareils électroniques	3
9.2.1. Les "machines à arc"	3
9.3. Mesures à prendre contre les interférences	4
9.3.1. Filtrage de l'émetteur décamétrique	4
9.3.2. Filtrage du récepteur TV ou FM perturbé	5
9.3.3. Filtrage de l'entrée audio	6
9.3.4. Filtrage d'un téléphone	7
9.3.4.1. Le filtre en série	7
9.3.4.2. La méthode des 6 condensateurs	7
9.3.5. Le problème des clôtures électriques	7
9.3.6. Le problème des lignes à haute tension	8
9.4. Le programme HAREC	9
9.5. Table des matières	10