

Du RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE à la NOTION de BRUIT...

DOCUMENTATION

Définitions

Depuis la fin des années 1970, une partie du public et des chercheurs s'interroge sur d'éventuels effets synergiques ou d'interactions entre les champs électriques et/ou magnétiques envers l'environnement et la santé.

Champ électromagnétique :

Champ produit par des objets chargés électriquement. Celui-ci est la résultante des composantes électriques et magnétiques du champ. Le niveau d'intensité de champ électromagnétique est généralement exprimé en V/m, ou en A/m lorsqu'il est purement magnétique.

Émetteur volontaire : Équipement dont sa fonction est d'émettre un champ électromagnétique dans un but de télécommunication (Émetteur TV, Émetteur radio, téléphonie mobile...), ou d'action sur la matière (four à micro-onde, plaque à induction...).

Émetteur involontaire : Équipement dont sa fonction n'est pas d'émettre un champ électromagnétique.

Cet équipement produit des perturbations inhérentes à son fonctionnement et provenant de ses composants (fréquences d'horloge, commutations d'énergie, circulation de courant fort, tensions élevées...). Un émetteur volontaire est considéré comme émetteur involontaire lorsqu'il émet en dehors de sa bande de fréquence autorisée.

Rayonnement : Action d'un appareil émettant un champ électromagnétique. Un rayonnement se produit par effet d'antenne, capacitif ou d'induction.

Sources de rayonnement électromagnétique

Sources naturelles

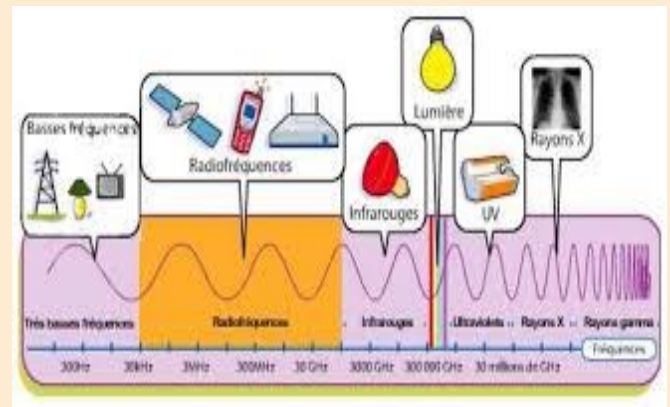
Les champs électriques et magnétiques terrestres sont des champs continus générés par les charges électriques présentes dans l'atmosphère (champ électrique), ou par les courants magmatiques, l'activité solaire et atmosphérique (champ magnétique).

Ces champs sont de l'ordre de 100-150 V/m pour le champ électrique atmosphérique (il peut atteindre 20 kV/m sous un orage), et environ 40 μ T pour le champ magnétique.

À ceux-ci s'ajoutent des champs naturels alternatifs de valeur très faible : 1 mV/m à 50 Hz, 0,013 à 0,017 μ T avec des pics à 0,5 μ T lors d'orages magnétiques (champs de fréquence supérieure à 100 kHz).

Le rayonnement solaire et stellaire produit des ondes électromagnétiques, très faibles par rapport à un rayonnement artificiel : environ 10 pW/cm².

Les cellules vivantes génèrent des champs électriques et magnétiques la plupart du temps très faibles.



Des cellules et organes spécialisés existent cependant chez certaines espèces leur permettant de produire des champs électriques plus puissants ; à titre d'exemple la torpille noire peut produire des chocs électriques de 60 à 230 volts et dépassant les 30 ampères.

La différence des charges électrostatiques sont aussi parmi les sources naturelles. Les décharges électrostatiques (dont la foudre) sont les conséquences de ces différences de charge électrostatiques.

Sources artificielles

Sources artificielles à champ statique (DC)

Les sources à champ statique sont typiquement :

des aimants (présents dans tout microphone, haut parleur) ;
certains **dispositifs médicaux** tels que les IRM ;

certaines lignes ferroviaires alimentées en courant continu, par exemple en 1 500 V DC (France) ou 3 000 V DC (Belgique, Pologne...).

Les lignes à haute tension

La fréquence des champs électromagnétiques émise par les lignes à haute tension (HT) et à très haute tension (THT, jusqu'à 400 000 volts en France) est qualifiée d' « *extrêmement basse fréquence* » (EBF/ELF) (50 Hz en France et en Europe, 60 Hz en Amérique du Nord).

À proximité immédiate d'une ligne à très haute tension le champ électrique peut atteindre 10 kV/m et le champ magnétique plusieurs microteslas.

Cette intensité se réduit au fur et à mesure de l'éloignement, à partir de 100 mètres le champ magnétique créé par les lignes est de l'ordre du niveau moyen des champs électromagnétiques à très basse fréquence émis par les appareils électriques et les circuits électriques des habitations.

les appareils électriques

Aussi, les transformateurs et les moteurs génèrent des champs magnétiques importants.

DOCUMENTATION

Sources artificielles dans le domaine des radiofréquences (9 kHz à 300 GHz)

Les principales sources de perturbation, parasitage ou pollution électromagnétiques actuelles sont notamment :

- des **dispositifs industriels, scientifiques et médicaux** ;
- certaines dispositifs de stérilisation, de production d'électricité ;
- les **réseaux de télécommunications sans fil** : publics (analogiques, TETRA, ACROPOL), réseaux informatiques (WIFI, CPL, UWB, WIMAX), radiophoniques, audiovisuels (analogiques, TNT, satellitaires) ;
- certaines dispositifs d'identification (RFID) ;
- les radars (militaires, aériens, cinémométriques, météorologiques) ;
- les appareils électroménagers et électroniques grand public (four à micro-ondes, tubes cathodiques, plaques à induction...);
- les barrières de détection de vol des magasins.

Le développement des télécommunications sans fil a augmenté la présence d'ondes électromagnétiques dans l'environnement dans les bandes de fréquences autorisées.

Les équipements électroniques sans émetteur radio (de même pour les émetteurs en dehors de leurs bandes de fréquences assignées), produisent des rayonnements électromagnétiques involontaires (parasites).

Ceux-ci sont limités par la réglementation de compatibilité électromagnétique et de niveau moindre que ceux autorisés pour les émetteurs volontaires.

Exposition des personnes aux champs électromagnétiques

Effets connus

Effets athermiques (effets sensoriels)

La présence d'un champ électrique ou magnétique statique (DC) et excessivement intense crée des troubles du sens de l'équilibre (sensation de vertige).

La présence d'un champ électrique ou magnétique entre 1 Hz et 400 Hz et entre 1 Hz et 10 MHz excessivement intense

La présence d'un champ électromagnétique excessivement intense et dense entre 0,3 et 6 GHz (200 MHz et 6,5 GHz selon l'OMS) de rayonnement pulsés peut créer des effets auditifs (bourdonnement, cliquettement, sifflement, crépitement...).

Effets thermiques

Dès 100 kHz, les champs électromagnétique ont un effet calorifique

Le principe de l'effet thermique est notamment utilisé par le four à micro-onde.



Réglementation sur l'évaluation, la surveillance, le contrôle

La protection des personnes envers les effets thermiques est prise en considération dans plusieurs directives issues du parlement européen et du conseil :

2006/95/CE: directive basse tension, s'appliquant à tout produit électrique ou électronique alimenté entre 50 V et 1 000 V (remplacée par la directive 2014/35/UE dès le 20 avril 2016).

1999/5/CE : directive s'appliquant à tous les équipements radio et les terminaux de télécommunication (remplacée par la directive 2014/53/UE à partir du 13 juin 2016).

2013/35/UE : directive « concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) », d'application obligatoire à partir du 1^{er} juillet 2016.

De plus, la **recommandation européenne 1999/519/CE** donne des limites de l'exposition du public aux champs électromagnétiques.

Aussi, la conformité à ces directives est généralement établies par l'application des **normes CENELEC**, définissant les spécifications d'essais des produits ou installations.



LE BRUIT RADIOELECTRIQUE

Le bruit, notions.

Électronique et télécommunications

Dans le domaine des transmissions et télécommunications, la notion de bruit s'oppose à celle de signal.

Alors que le signal transporte une information, dans ce contexte le bruit est ce qui, dans le canal de transmission, n'en transporte pas, ou, s'il s'agit d'une interférence, transporte une information indésirable.

De ce fait, la notion de bruit est fortement liée à la notion de signal aléatoire qu'on ne peut décoder.

En traitement du signal, le **bruit** est une altération (externe ou intrinsèque) qui s'ajoute au signal sans lui être corrélé.

En métrologie on l'appelle bruit de mesure.

Le **rapport signal sur bruit**, qui se calcule en faisant le rapport de la puissance du **bruit de fond** sur la puissance du signal, est un indice de la qualité de la transmission. On l'exprime le plus souvent par une valeur logarithmique en décibels.

Un **bruit blanc** est un signal modélisant un processus complètement aléatoire.

Il existe aussi des **bruits colorés**, différents entre eux par leur densité spectrale de puissance.

En électronique.

le **facteur de bruit** indique la variation de puissance de bruit produit par un composant en fonction de la température,

les Bruit thermique, bruit de scintillation, bruit d'avalanche, bruit de grenaille se produisent dans les circuits électroniques.

En photographie numérique

On appelle **bruit numérique** les imperfections visibles produit par le bruit électronique dû aux capteurs. La photographie argentique, se référant aux arts graphiques, parle de *grain*.

En astrophysique

le **bruit cosmique** désigne les radiations électromagnétique qui ne correspondent à aucun astre,

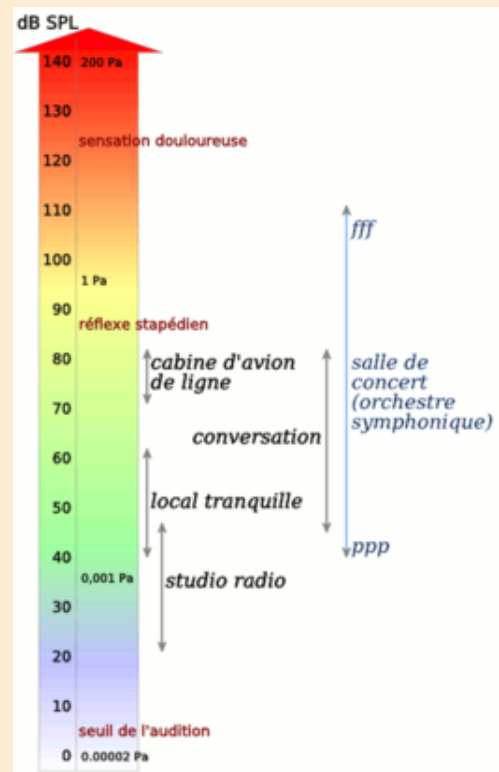
le **bruit chronométrique** désigne les irrégularités dans les émissions des pulsars.

Mesure des niveaux d'ambiance sonore

Le sonomètre sert à mesurer le niveau sonore en un point. Dès que les mesures sont destinées à appuyer une revendication ou à étayer les arguments d'une controverse, des règles précises définissent les méthodes de mesure.

L'instrument effectue les conversions de la pression acoustique, les pondérations selon la tonalité du son et ses variations plus ou moins rapides.

DOCUMENTATION



Le rayonnement électromagnétique et Radioastronomie du système solaire

La principale radiosource du système solaire est le Soleil, seule étoile " normale " radio-observable, qui émet un spectre très complexe, dont l'analyse est fondamentale pour l'astrophysique stellaire.

La planète Jupiter est une radiosource relativement puissante, émettant un rayonnement thermique.



Le bruit dans les composants

En télécommunications et en électronique, la **densité spectrale de bruit** se définit comme la densité de bruit présente dans un signal, rapporté à une bande passante de 1Hz.

On distingue la densité de puissance, exprimée en V^2/Hz , de la densité de tension, exprimée en V/\sqrt{Hz} .

La densité spectrale de bruit est généralement utilisée pour spécifier les exigences de bruit d'un composant ou d'un système électronique.

Définition du rapport signal/bruit

Le **rapport signal sur bruit** est un indicateur de la qualité de la transmission d'une information.

C'est le rapport des puissances entre :

le signal d'amplitude maximale pour laquelle la distorsion à la sortie reste inférieure à une valeur limite ;

le bruit de fond, correspondant en général au signal présent à la sortie du dispositif en l'absence d'un signal à l'entrée.

Il s'exprime généralement en décibels (dB)

La plupart du temps, l'information est transmise par un signal électrique.

Niveau maximal du signal

Le niveau maximal d'un signal est limité par les capacités techniques du dispositif utilisé.

Quand ces limites sont atteintes, les signaux sont transmis avec une déformation involontaire appelée distorsion, qui croît progressivement.

On définit le niveau maximal en spécifiant la distorsion maximale admissible.

On peut améliorer le rapport signal sur bruit d'un dispositif en augmentant la valeur maximale du signal. Cependant, souvent, à partir d'un certain point les mesures prises pour augmenter la valeur maximale se répercutent aussi sur le bruit de fond du signal.

Méthodes classiques pour améliorer le rapport signal à bruit :

optimiser les processus internes pour réduire les sources de bruit (valeurs et nombre des composants, dessin des circuits) ;

limiter la bande passante strictement à la bande utile par un filtrage électronique

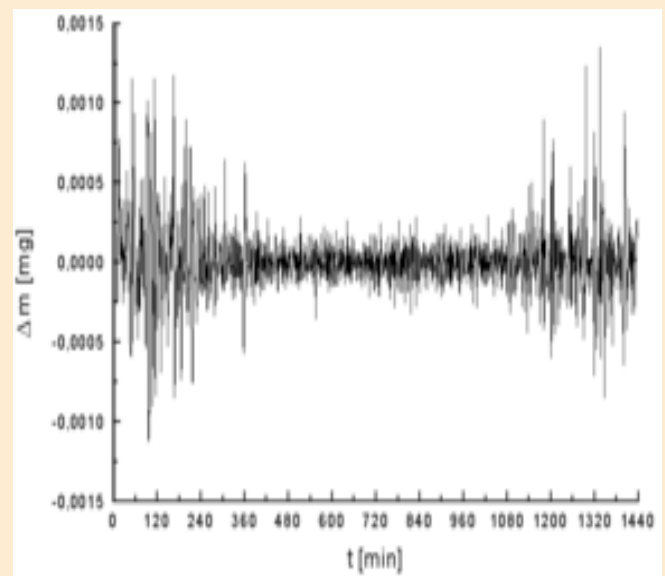
dans le cas d'un signal stocké et/ou transmis de manière analogique, on peut augmenter les signaux faibles sans toucher aux signaux forts, pour ne pas provoquer de saturation, par l'opération de compression ;

lors de la restitution, on applique l'opération inverse, l'expansion, ce qui « écrase » le bruit de fond ; c'est par exemple la méthode utilisée par le procédé Dolby NR ;

diminuer la température pour diminuer le bruit thermique ;

réduire les perturbations extérieures par blindage électromagnétique, ou tout autre procédé ;

DOCUMENTATION



Enregistrement de bruit

Réception des ondes radioélectriques

Les techniques de **réception des ondes radioélectriques** permettent de restituer les informations analogiques ou numériques portées par une onde radioélectrique :

divers schémas de récepteurs, de filtrage, de démodulation sont utilisés, en fonction des applications et des fréquences.

Elles ont été l'objet de spectaculaires évolutions depuis l'apparition des circuits intégrés (synthétiseurs, processeurs).

Caractéristiques principales d'un récepteur

La sensibilité d'un récepteur est l'amplitude du signal à appliquer à son entrée pour obtenir à la sortie du démodulateur un rapport signal sur bruit déterminé.

La sensibilité d'un récepteur définit sa capacité à recevoir des signaux faibles.

Elle s'exprime de diverses façons selon les applications :

En radio AM ou radio FM : en volts ou dBV à l'entrée pour obtenir une puissance de sortie audio donnée.

Elle est alors mesurée en utilisant un générateur de signaux calibrés ; le signal de sortie est modulé à 30 % par un signal audio de 1 kHz.

En radiotéléphonie HF et VHF, c'est le niveau à l'entrée antenne donnant un rapport signal sur bruit (S/B) donné en sortie audio, dans chaque modulation.

En effet le bruit dans le récepteur dépend de la largeur du filtre utilisé et du type de démodulation.

DOCUMENTATION

Exemple de spécification d'un récepteur de trafic sensible :

0,3 μV à l'entrée pour 10 dB de S/B en sortie, en BLU.

Le S/B de 10 Db étant une limite basse acceptable en BLU, un signal de 0,3 μV est nécessaire pour l'obtenir, en ne considérant que la contribution du récepteur (le bruit propre de l'antenne, et surtout de l'environnement extérieur pouvant être prépondérant).

En transmission de données et radio numérique, c'est le niveau à l'entrée antenne donnant un taux d'erreurs (BER) inférieur à une valeur donnée.

Receiver system IC 7300			
Direct Sampling Superheterodyne			
Intermediate frequency	36kHz		
Sensitivity	0.5– 1.8MHz	1.8– 29.995MHz	50MHz
SSB/CW (at 10dB S/N)	–	0.16 μV	0.13 μV
AM (at 10dB S/N)	12.6 μV	2.0 μV	1.0 μV
FM (at 12dB SINAD)	–	0.5 μV	0.25 μV
		(28.0– 29.7MHz)	

Pour un récepteur entrant dans un système (exemple : faisceau hertzien, répéteur satellite, etc.), la sensibilité est séparée en deux paramètres : le facteur de bruit d'entrée et le gain global.

Les signaux d'entrée pouvant être très faibles, les niveaux sont exprimés en microvolts, ou en « dB μV » (dB relatif à 1 microvolt).

La sensibilité d'un récepteur dépend essentiellement du facteur de bruit du premier étage et de sa bande passante globale.



La liste de Rod Sherwood

Rob souligne encore et encore que la liste représente seulement un petit partie de la performance globale des radios.

La liste classe les radios par une seule mesure, à proximité de la plage dynamique (DR3). Ceci est un attribut très important, peut-être le plus important, mais il est erroné d'interpréter cette mesure unique comme étant représentatifs de la performance globale de la radio.

<http://www.sherweng.com/table.html>

Dispositif sous test	Noise Floor (dBm)	AGC Thrshld (uV)	dB	100kHz Blocage (dB)	Sensibilité (uV)	LO bruit (dBc / Hz)
<i>Ajouté 29/09/14</i> Systems FlexRadio 6700	-118 -135	3,0 1,0	Var	130 pré-ampli Off	2.0 0,25	145 155
<i>Added 11/10/15</i> Elecraft K3S	-135 -138 -145	1,5 0,45	3	150	0,27 0,20 0,08	144 146
<i>Ajouté 23/02/15</i> Elecraft K3 (RX Gain Recal)	-136 -139	1,0 0,3	3	141	0,27 0,20	145 147
<i>Ajouté 25/04/16</i> Icom IC-7851	-123 -135 -141	8,5 1,85 1,16	3	149	0,65 0,16 0,11	148 153
<i>Ajouté 10/02/12</i> Hilberling PT-8000A	-128 -141	5.4 1.0	3	142	0,45 0,11	144 149