

## Note d'Information

Date : 2 septembre 2009 – actualisée à octobre 2010/ Doc sce communication

### WiMax, ondes électromagnétiques et santé

#### Sommaire :

- **1** Le contexte : rappel des arguments des associations et des collectifs « anti-antennes » concernant les ondes électromagnétiques, la santé et le WiMax en particulier (p 2)
- **2** Les contradictions opposées à ces arguments (p4)
  - o Concernant le Rapport Biolinitiative (p 4)
  - o Concernant la neutralité des études (p 6)
  - o Concernant l'origine du seuil 0,6 V/m (p 6)
  - o Concernant l'approche de l'électrosensibilité (p 8)
- **3** La position de Niverlan (p 14)
- **4** Tableau des valeurs moyennes de l'intensité de champ pour les BS d'Axione en France (bande de fréquence des 3,5 Ghz) (p 15)
- **5** Valeurs limites d'exposition en France (V/m) (p 17)
- **6** Valeurs limites d'exposition dans l'Union Européenne (téléphonie mobile – V/m) p 18
- **7** Ondes et champs électromagnétiques par Alain Azoulay (p 19 – 25)

**NB : Niverlan a lu le Rapport Biolinitiative, consulté les références données dans cette note et effectué les recherches en fonction des sources originales. Toutes les sources connues sont mentionnées.**

## Le contexte :

Depuis mars 2008, re-surgit de façon aiguë en France et partout dans le monde la problématique de l'influence des ondes électromagnétiques sur la santé humaine, ponctuée de procès, de multiplication de créations de collectifs anti-antennes soutenus par des associations françaises et internationales (Robin des Toits, PRIART'em, Next Up, BioElectromagnetic Working Group, etc).

Ces associations (lanceurs d'alerte, groupes de pression, cabinets privés ..) sont très présents dans les médias et sur l'Internet mondial et sont porteurs d'informations « catégoriques et irréfutables » sur le danger des ondes électromagnétiques toute source confondue : téléphonie mobile, wifi, wimax, , DECT, etc. Rien cependant de très lisible sur les équipements radio des services de secours, les antennes relais radio FM et TV, des hôpitaux, de l'armée ou même des radio-amateurs ...

Les associations françaises relayées localement par des collectifs, diffusent le même argumentaire concernant l'aménagement numérique du territoire. A savoir pour l'essentiel :

- Le territoire est couvert par l'adsl filaire à plus de 98 % [*« source technique syndicale »* dans le site Internet de Robin des Toits]
- Le WiMax et le Wifi ne sont donc pas utiles à déployer (coût excessif, problématique santé, environnement pollué par les pylônes et les antennes, technique peu performante) et préfère la technologie du satellite (*« qui ne génère pas d'onde électromagnétique »* et *« qui est plus performante »*).
- Les ondes électromagnétiques nuisent à la santé humaine (notamment les personnes jeunes, les femmes enceintes) et surtout à la vie des personnes électrosensibles dont le 1<sup>er</sup> collectif français soutenu par l'association des Robins des Toits est domicilié en Bourgogne. L'électrosensibilité est présentée par certaines associations, comme *« reconnue en tant que pathologie par la Suède »*.

- Ces associations militent pour que le Gouvernement français adopte le seuil maximal d'émission d'ondes électromagnétiques de 0,6 V/m, toutes sources d'émission confondues. Ainsi, Robin des Toits sur son site Internet milite pour que s'arrêtent le WiMax et le Wifi, en donnant toujours comme raison le fait que « *le territoire français est couvert à plus de 98 % par l'adsl filaire [source technique syndicale]* » et donne dans son « *pack Robin* » régulièrement mis à jour, les démarches à effectuer auprès des élus, les actions à mener sur le terrain et fournit même les lettres types. Il propose notamment l'aide d'une personnalité scientifique amie dans tout débat public (que les collectifs locaux sont invités à susciter).
- Toutes ces associations et le CRIIREM (laboratoire indépendant) présentent le rapport Bioinitiative du 31 août 2007 comme LA preuve irréfutable fournie par 14 scientifiques mondiaux de la nocivité des ondes électromagnétiques sur la santé humaine (leucémie infantile, cancers, désordres neurologiques, modification de l'adn cellulaire, etc). C'est la « *parole de la science libre sans lien financier* ». Ce rapport a été « validé » par l'Agence Européenne de l'Environnement qui n'a cependant pas retenu ce seuil comme maximum « imposable » aux pays européens.
- Le Gouvernement a initié en mai 2009, à la suite de ces alertes et de l'émotion suscitée par ces études, un « Grenelle des Ondes » et a demandé à l'AFSSET une nouvelle étude dont le rapport est sorti en octobre 2009. Des villes se sont proposées pour expérimenter l'abaissement du seuil d'émission des relais de téléphonie mobile à 0,6 V/m (à l'exemple, donné par les associations anti-antennes, de la ville de Salzbourg).

## Contradictions dans les arguments avancés par les associations :

### Concernant le Rapport Bioinitiative :

Le texte a été publié sur Internet le 31 août 2007 [<http://bioinitiative.org>, BioInitiative : *A rational for a biologically-based exposure standard for electromagnetic radiation*]. Il se présente sous la forme d'un volumineux rapport de 610 pages, organisé en 21 sections, et coédité par David Carpenter, Directeur de l'Institute for Health and the Environment de l'Université d'Albany (New York), et Mme Cindy Sage, propriétaire de *Sage EMF Design* une division de *Sage Associates*, entreprise de consultance localisée en Californie.

Un « *Résumé des conclusions pour le public* (Summary for the public) » (30 pages) rédigé par Madame Cindy Sage ouvre le rapport, suivi de quelques sections « de synthèse », en général rédigées par Cindy Sage, seule ou en collaboration avec son coéditeur, le Dr David Carpenter. Viennent ensuite des articles indépendants écrits par un groupe d'auteurs des USA, d'Europe (Suède, Danemark, Grande-Bretagne) et de Chine (au total, 14 contributeurs).

Le rapport porte à la fois sur les champs électromagnétiques de très basse fréquence (50-60 Hz) et sur ceux associés aux radiofréquences comme celles utilisées dans la téléphonie mobile. Les principales conclusions peuvent se résumer ainsi : les effets biologiques négatifs des champs électromagnétiques sont avérés, avec plus ou moins d'incertitudes selon les cas (utilisation du conditionnel (« *may* », « *might be* », « *could occur* », *etc*), les normes actuelles d'exposition aux rayonnements électromagnétiques sont inadaptées et doivent être révisées à la baisse, d'autres effets biologiques (autres que les effets thermiques actuellement retenus) doivent être pris en compte. Chacune des sections est signée de ses auteurs, et comme le rappelle la préface, « *les informations et conclusions de chacun des chapitres sont sous la seule responsabilité de leurs auteurs* ».

Dans le « Summary for the public », aucune information n'est donnée sur la méthode de travail, ni même si un quelconque travail collectif a été organisé. Tel est en particulier le cas des conclusions du rapport (signées de Cindy Sage et du Docteur David Carpenter) et du résumé pour le public (signé de Cindy Sage). Les différents chapitres reflètent les opinions ou convictions personnelles de leurs auteurs, souvent sans réelle confrontation avec les données scientifiques disponibles. Ainsi, le chapitre traitant de l'influence des champs électromagnétiques sur les cancers du sein (rédigé par Cindy Sage) se résume pour l'essentiel à une simple liste de références [*Sur les 8 pages du chapitre, une demi-page est consacrée à une introduction, une autre à la conclusion, les 7 autres à la liste de références, donnée sans analyse.*], incluant de nombreux « abstracts » de congrès, des textes non soumis à revue de comité de lecture, sans analyse, mélangeant les études *in vitro* et *in vivo* et des études

épidémiologiques (incidence et mortalité). Mais permettant néanmoins, pour l'auteur, de conclure que « *la constellation de textes scientifiques fournissent des preuves concordantes d'une association entre cancers du sein et champs électromagnétiques de basse fréquence* ». La même « méthode » est utilisée dans la section 11 (« Childhood Cancer and EMF ») sur la leucémie infantile ; un long tableau donne la liste des études menées dans différents états fédéraux des Etats Unis (parfois même remontant à 1958). Ce tableau répertorie le nom de l'étude, le pays concerné, la période, la méthode d'évaluation, les périodes de mesures intermédiaires, les critères pris en compte et enfin, les ratios et pourcentages des cas étudiés. Ainsi, l'étude « Linet et al. 1997 » réalisée entre 1989 et 1994 (durée 5 ans) dans 9 états fédéraux\*, grâce à des mesures effectuées avec l'appareil EMDEX C dans la chambre de l'enfant, la pièce de vie principale et à l'entrée principale, avec une mesure intermédiaire (2 ans) sur une population d'enfants classés selon l'âge, l'origine ethnique, le sexe, la domiciliation, le poids de naissance, l'âge de la mère, et les contrôles radios (« medical X rays »), donne 638 cas de leucémie enregistrés par le Children's Cancer Group. Le Rapport BioInitiative qui aurait dû directement renseigner sur le contenu de l'étude et la méthode de sélection des familles et enfants, sur la certification des appareils de mesures et des auteurs des mesures, sur les antécédents médicaux des enfants, n'est pas donné. Juste une liste de rapports dont il est conclu que la cause des leucémies infantiles est bien dû aux ondes électromagnétiques. Niverlan a quand même trouvé le résumé du rapport de Martha S. Linet sur le site internet du NCBI (National Center for Biotechnology Information) et celui-ci donne des conclusions beaucoup plus mesurées : *(Division of Cancer Epidemiology and Genetics, National Cancer Institute, Bethesda, Md 20892-7362, USA). BACKGROUND: Previous studies found associations between childhood leukemia and surrogate indicators of exposure to magnetic fields (the power-line classification since known as "wire coding"), but not between childhood leukemia and measurements of 60-Hz residential magnetic fields. METHODS: We enrolled 638 children with acute lymphoblastic leukemia (ALL) who were under 15 years of age and were registered with the Children's Cancer Group and 620 controls in a study of residential exposure to magnetic fields generated by nearby power lines. In the subjects' current and former homes, data collectors measured magnetic fields for 24 hours in the child's bedroom and for 30 seconds in three or four other rooms and outside the front door. A computer algorithm assigned wire-code categories; based on the distance and configuration of nearby power lines, to the subjects' main residences (for 416 case patients and 416 controls) and to those where the family had lived during the mother's pregnancy with the subject (for 230 case patients and 230 controls). RESULTS: **The risk of childhood ALL was not linked to summary time-weighted average residential magnetic-field levels, categorized according to a priori criteria.** The odds ratio for ALL was 1.24 (95 percent confidence interval, 0.86 to 1.79) at exposures of 0.200  $\mu$ T or greater as compared with less than 0.065  $\mu$ T. **The risk of ALL was not increased among children whose main residences were in the highest wire-code category** (odds ratio as compared with the lowest category, 0.88; 95 percent confidence interval, 0.48 to 1.63). Furthermore, the risk was not significantly associated with either residential magnetic-field*

*levels or the wire codes of the homes mothers resided in when pregnant with the subjects.*  
*CONCLUSIONS: Our results provide little evidence that living in homes characterized by high measured time-weighted average magnetic-field levels or by the highest wire-code category increases the risk of ALL in children....*

*\*USA : Illinois, Indiana, Michigan, Iowa, Minnesota, New Jersey, Ohio, Pennsylvania et Wisconsin.*

## **La médiatisation du Rapport BioInitiative a conduit plusieurs grandes institutions scientifiques à se pencher sur son contenu :**

- En France, l'**AFSSET** [Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail] a rendu public son avis le **15 octobre 2009**.  
**« Les radiofréquences : mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences, L'Afsset recommande de réduire les expositions. »**

*Communiqué de presse de l'AFSSET du 15 10 09 : « Face aux incertitudes l'Afsset considère qu'il convient d'agir et fait les recommandations suivantes : développer la recherche, pour lever les incertitudes qui demeurent et se tenir aux aguets des signaux nouveaux qui émergeraient ; réduire les expositions du public.*

- *Le rapport de l'Afsset met en évidence l'existence d'effets des radiofréquences sur des fonctions cellulaires, rapportés par une dizaine d'études expérimentales considérées par l'Afsset comme incontestables. Néanmoins aucun mécanisme d'action entre les radiofréquences et les cellules pour des niveaux d'exposition non thermique n'a été identifié à ce jour. De même le niveau de preuve épidémiologique concernant des excès de certaines tumeurs reste très limité. A contrario, un nombre important d'études ne rapporte pas d'effet particulier. Au total, le niveau de preuve n'est pas suffisant pour retenir en l'état des effets dommageables pour la santé comme définitivement établis. Pour l'Afsset ils constituent des signaux indéniables. Face à ces incertitudes l'Afsset considère qu'il convient d'agir et fait les recommandations suivantes :*
  - *Développer la recherche, pour lever les incertitudes qui demeurent et se tenir aux aguets des signaux nouveaux qui émergeraient.*

*L'Afsset recommande de cibler en priorité les études épidémiologiques, ainsi que les études sur la reproduction, le développement de l'enfant et de répliquer d'études qui montrent des effets biologiques. Elle recommande de prêter une plus grande attention aux aspects méthodologiques, et, en particulier d'affiner la caractérisation des expositions des populations, à commencer par celle des enfants. Elle met en lumière le retard pris sur la connaissance des effets sanitaires concernant les bandes de fréquences inférieures à 400 MHz et celles de plus de 2GHz, qui correspondent à des expositions professionnelles. D'autres hypothèses sont infirmées par cette expertise (perméabilité de la barrière hématoencéphalique, risque de neurinomes de l'acoustique, effet sur la mélatonine...).*

● **Réduire les expositions du public.**

*Ce potentiel de réduction existe s'agissant de l'exposition aux radiofréquences. La priorité va au téléphone portable qui est la première source d'exposition du public. L'affichage intelligible du débit d'absorption spécifique (DAS) permettrait de privilégier les téléphones portables les moins exposants. Par ailleurs, l'Afsset recommande de rechercher les quelques points du territoire où les niveaux d'ondes de radiofréquences sont nettement plus élevés que la moyenne, de les cartographier et de proposer une procédure pour réduire les niveaux. Cette démarche s'inscrit dans une logique environnementale, où, dès lors qu'une exposition peut être réduite, elle doit être envisagée.*

*L'expertise menée par l'Afsset est inédite tant par l'exhaustivité des publications analysées que par la méthode et l'approche novatrice développée afin de la réaliser. L'expertise a recensé 3 500 références. Le travail a fait se confronter diverses écoles de pensées des scientifiques, des parties prenantes et des lanceurs d'alerte, notamment au travers d'auditions. Les sciences humaines ont été prises en compte dans le processus d'expertise. Enfin, pour la première fois un observateur issu du monde associatif aura suivi l'intégralité des débats.*

*En savoir plus :*

- [Consulter ou télécharger l'AVIS de l'Afsset \(1 Mo\)](#)
  - [Consulter ou télécharger la NOTE DE SYNTHÈSE de l'Afsset \(1 Mo\)](#)
  - [Consulter ou télécharger le COMMUNIQUE DE PRESSE de l'Afsset \(60 Ko\)](#)
  - [Consulter ou télécharger la COUVERTURE DU RAPPORT du l'Afsset \(3 Mo\)](#)
  - [Consulter ou télécharger le RAPPORT de l'Afsset \(6 Mo\)](#)
- Le **réseau EMF-Net**, programme européen de recherche et de développement technologique [EMF-Net est un programme de recherche financé par la commission européenne et portant sur l'étude des effets biologiques de l'exposition aux champs électromagnétiques. Il regroupe plus d'une quarantaine d'organismes, publics et privés, issus de 13 pays de l'Union européenne. <http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net...>], Après avoir relevé les termes alarmistes et émotionnels du rapport, « sans base scientifique provenant d'une recherche bien conduite », il souligne qu'« aucune mention n'est faite des rapports qui ne concordent pas avec les déclarations et les conclusions des auteurs » et que « les résultats et les conclusions sont très différents de ceux de revues nationales et internationales de ce sujet » [<http://www.izmf.de/download/archiv/> .. 30 octobre 2007]
- Pour le **Danish National Board of Health** [[http://www.sst.dk/upload/forebyggelse/cff/miljoemedicin/ikke\\_ion/bioinitiative\\_4okt07.pdf](http://www.sst.dk/upload/forebyggelse/cff/miljoemedicin/ikke_ion/bioinitiative_4okt07.pdf)], le rapport *BioInitiative* n'apporte aucune raison

de changer l'évaluation actuelle du risque pour la santé de l'exposition aux champs électromagnétiques, ne comporte pas de nouvelles données, et n'a pas pris en considération de la manière habituelle la qualité scientifique des travaux cités.

- **L'Office Fédéral Allemand de Radioprotection** indique dans son analyse [[http://www.emf-forschungsprogramm.de/int\\_forschung/wirk\\_mensch\\_tier/Synopse\\_EMFStudien\\_2008.pdf](http://www.emf-forschungsprogramm.de/int_forschung/wirk_mensch_tier/Synopse_EMFStudien_2008.pdf)] que « *le rapport Biolnitiative a des faiblesses scientifiques claires, y compris un biais de sélection dans plusieurs domaines de recherche* ».
- Le **Conseil de Santé des Pays-Bas** [2 septembre 2008. <http://www.gr.nl/pdf.php?ID=1743&p=1>], en réponse à une demande du Ministère du Logement, de l'Aménagement et de l'Environnement, exprime lui aussi de très sérieuses réserves sur la méthode suivie pour la préparation du rapport : « *le rapport Biolnitiative n'est pas un reflet objectif et équilibré de l'état actuel de la connaissance scientifique, en conséquence, il n'apporte aucune base pour réviser les points de vue actuels sur les risques liés à l'exposition aux champs électromagnétiques* ». Au passage, le **Conseil de Santé des Pays-Bas** relève quelques erreurs flagrantes, approximations ou non-sens, comme par exemple le fait que ce serait « *l'information transportée par les champs électromagnétiques (et non la chaleur) qui [serait] à l'origine des effets biologiques, certains de ces effets conduisant à une perte de bien-être, la maladie, et même la mort* » [Page 6 du rapport, « *résumé des conclusions pour le public* », Cindy Sage]. Or, selon le **Conseil**, pour les champs basse-fréquence (liés aux usages de l'électricité), aucune information n'est transportée, et de plus, aucun échauffement n'intervient. Pour les champs aux fréquences radio, l'information est transportée par modulation, et si certaines études expérimentales semblent indiquer que des effets biologiques pourraient intervenir dans le cas de l'exposition à un signal modulé, il n'existe à ce jour aucune base scientifique pour affirmer que ces effets puissent conduire à des conséquences sanitaires [L'analyse du **Conseil de Santé des Pays-Bas** souligne également la confusion faite entre effet biologique et dommages sanitaires, lorsque le rapport Biolnitiative recommande que tout effet des champs électromagnétiques sur les systèmes biologiques doit être évité.].

### Concernant la non-neutralité des études réalisées par l'AFSSET et autres organismes européens ou l'AFOM (Association Française des Opérateurs Mobiles) par exemple :

Les associations anti-antennes accusent souvent le service public de l'expertise scientifique et les instituts scientifiques dont les résultats n'abondent pas dans leur sens, de partialité, de non-indépendance vis-à-vis des lobbies industriels,

d'avoir des conflits d'intérêts, d'être incompetents (*exemple l'APAVE sur le site Internet de Robin des Toits*).

Or une interrogation entoure un conflit d'intérêts autour de *BioInitiative*. Le réseau scientifique *EMF-net* cité plus haut relève qu'il n'est mentionné nulle part « *qui a initié l'étude, qui finance le travail, pas plus que les éventuels conflits d'intérêt* ». Et, concernant la principale éditrice du rapport, auteur de six chapitres entiers, et co-auteur d'un septième, aucune des associations anti-antennes ne relève que Cindy Sage est propriétaire d'un cabinet de consultants [<http://www.sageassociates.net/>], Sage EMF Design, (*une division de Sage Associates*) spécialisé en outre dans l'étude des environnements électromagnétiques, et qui commercialise des solutions pour « caractériser ou atténuer » les impacts des champs électromagnétiques. Ses clients sont, entre autres, les services professionnels des collectivités locales et des particuliers. Mais Sage EMF Design commercialise également la location de « EMF EMDEX », un petit appareil de mesure des champs électromagnétiques à utiliser au bureau ou chez soi. Des interventions sur place sont proposées pour remédier à des champs trop élevés [*« Often simple changes in behavior (avoidance) or simple electrical wiring changes can substantially reduce or eliminate elevated magnetic fields » = « souvent un simple changement de comportement ou un simple changement dans l'installation électrique peut substantiellement réduire ou éliminer un seuil élevé de champs magnétique »*]. Enfin, Sage EMF Design travaille en collaboration avec des architectes pour concevoir et réaliser des maisons à « bas champs électromagnétiques » ([www.silcom.com](http://www.silcom.com) / *Sage EMF Design website*).

### Concernant l'origine du seuil de 0,6 V/m :

Ce chiffre s'appuie sur une étude de 1996 qui a démontré des effets biologiques (sur les hormones liées au rythme sommeil/éveil) mais dont les résultats n'ont pu être répliqués malgré deux tentatives. L'OMS avait pris en compte cette étude quand elle a recommandé d'adopter les seuils qui sont aujourd'hui en vigueur. Aucune autorité sanitaire au monde ne recommande à ce jour ce seuil de 0,6 V/M. Niverlan a retrouvé l'abstract de l'étude de J Rösche et Mann sur l'influence des ondes électromagnétiques (bande des 900Mhz pulsés) sur la production de cortisol et de mélatonine pendant le sommeil –étude réalisée sur « 20 hommes en bonne santé » ; les 3 mesures différentes concluent à un résultat non-significatif (*« no significant effects were found under exposure to the field compared to the placebo condition, regarding both total hormone production during the entire night and dynamic characteristics of the secretion pattern »*). Niverlan a aussi lu avec attention l'étude « The Schwarzenburg Shut-down Study » de M Rössli/ M Battaglia et al. fréquemment citée par les associations anti-antennes. Elle conclue : *« our findings support a relationship between operation of the radio transmitter under investigation and sleep disturbances in the exposed population, and they are compatible with a causal dose-effect model between radio frequency EMF exposure and sleep quality as well as melatonin excretion. Due to the observational*

*nature of the study, a direct biological effect cannot be causally proven and the possibility of psychological (Nocebo) rather than a biological effect cannot be excluded. From a public health perspective, our findings call for caution in exposing populations to EMF from short-wave radio transmitter. But they do not allow for any firm conclusions about effects of mobile phone radiation, a short-wave frequency is different from mobile phone radiation.”*

La fiche 03 – « Comparaison des réglementations européennes » du rapport du Ministère de la Santé et des Sports (mai 2009) donne la synthèse des lois et réglementations de tous les pays européens concernant les seuils à respecter : ce chiffre de 0,6 V/m n'est et n'a été en vigueur dans aucun pays de l'Union européenne. Le Parlement européen a voté une résolution demandant la révision des seuils mais ne fait pas référence à ce chiffre. Il a demandé en mars 2009 que la révision soit confiée au SCENIHR (Comité Scientifique de la Commission européenne) dont le dernier avis date de janvier 2009 et qui a confirmé les seuils de l'OMS.

Les Associations anti-antennes font souvent référence à la **ville de Salzburg** qui limiterait le seuil à 0,6 V/m (*Conférence de Salzburg du 7 juin 2000*) mais ces dispositions ne reposent en fait sur aucun texte ou engagement officiel du Land. Du 12 novembre au 19 décembre 2001, des mesures aléatoires ont été réalisées par le centre de recherche ARC Seibersdorf Research : sur 13 mesures, 8 étaient, malgré tout l'effort de la ville et des acteurs de cette « résolution », supérieures au seuil de 0,6 V/m (**voir tableau infra p 13**). En outre, la fixation des seuils n'est pas de la compétence municipale et l'Etat autrichien a adopté les seuils de l'OMS.

Le 31 août 2009, **Niverlan** a sollicité par mail le Bureau du Maire de Salzburg et Cindy Page (Co-rédactrice du Rapport BioInitiative) en demandant que nous soit transmis les références de l'étude qui a établi ce seuil de 0,6 V/m (*mail envoyé à Cindy Page via Silcom.com*) et la copie du texte réglementaire du Parlement de Salzburg actant ce chiffre (*mail envoyé au bureau du Maire de Salzburg [post@stadt-salzburg.a](mailto:post@stadt-salzburg.a)*). La réponse par mail, immédiate et très sympathique, de Mrs Sage reprend le rapport BioInitiative (chapitres 1 et 17), précise que ce rapport ne répond pas à toutes les questions de Niverlan (notamment à la question du « rapport à l'origine de l'évaluation du seuil de 0,6 V/m » sur lequel le Rapport se base). Ce chiffre est bien repris par le Rapport BioInitiative comme le souligne Cindy Page dans son mail à Niverlan mais elle nous redit qu'il s'agit de la préconisation d'un seuil extérieur, cumulatif de toutes les émissions électromagnétiques (« *The BioInitiative Report suggested a precautionary level of 0,614 V/m for all pulsed communication frequencies combined. It is an outdoor cumulative total for outdoor exposures* » ). Dans le Rapport BioInitiative, même l'abstract n'est pas donné.

Autre élément important, les études européennes font état de mesures ou de préconisations « indoor » : reprenant le Rapport BioInitiative, les associations type Robin des Toits demandent que ce seuil de 0,6 V/m soit appliqué outdoor,

toutes émissions confondues ([communiqué de presse de Robin des Toits du 11 mai 2009](#)). Le remplacement des seuils de l’OMS par ce chiffre de 0,6 V/m signifierait la fin des moyens de communications. Les habitants des communes concernées seraient privés de la téléphonie mobile, de la radio, de la télévision et de tous les services radio de la police, de la Gendarmerie, des services de secours et d’incendie, du SAMU. Notons par exemple que l’opérateur WiMax Numéo a comme clients les hôpitaux, ceux-ci doublant leur système de communications électroniques par ... le WiMax ou le wifi (cf Centre Hospitalier de Rodez, par exemple) !

Enfin, l’Association Robin des Toits dans son communiqué de presse du 11 mai 2009, indique que les citoyens seraient d’accord pour les installations d’antennes relais à condition que le seuil d’émission soit en dessous de 0,6 V/m. Or des mesures qui donnaient un seuil de 0,29 V/m ([Commune de Sanguinet dans le département des Landes dont le collectif était soutenu par l’association Agir pour l’Environnement – voir leur site Internet](#)) n’ont pas empêché une habitante de déménager à 80 kms pour que ses enfants changent d’école. Robin des Toits ne répercute jamais sur son site Internet les mesures (ni les reportages TV ou les articles de scientifiques) qui pourtant donnent des faits tangibles et rassurants.

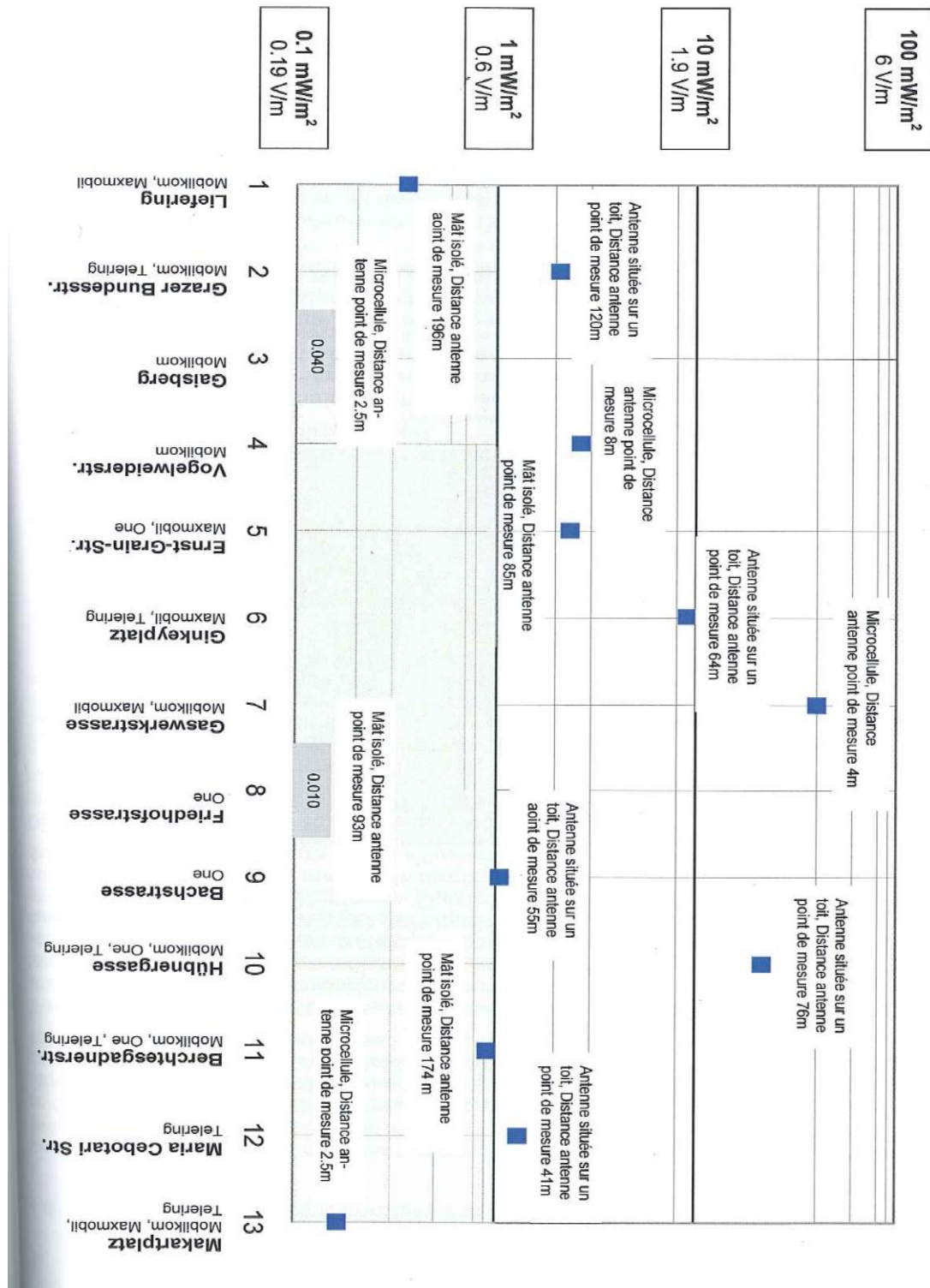
### Concernant l’électrosensibilité :

Un document de la **Belgium Electromagnetic Society** (<http://bbemg.ulg.ac.be/FR/3CEMSante/ESdefinition.swf>) explique clairement ce qu’est l’électrosensibilité, ses symptômes et les traitements : « *A ce jour, les chercheurs s’accordent sur une origine multifactorielle de l’électrosensibilité : causes psychosociales, physiques, chimiques et organiques, prédisposition physiologique, plus grande réactivité du système nerveux central... Il existe des similitudes avec d’autres pathologies tel que le syndrome chimique multiple ou le sick building syndrome /SBS* » ([voir aussi le Rapport du Danish Environmental Protection Agency, 2005](#)). Enfin, contrairement à ce qu’affirment des associations anti-antenne, la **Suède** n’a pas reconnu l’électrosensibilité comme une *pathologie* mais comme un *handicap* ([voir l’article de Laurent Carpentier « Les révoltés des Ondes » sur Le Monde.fr, 2 mai 2008](#)). En 2005, un rapport de **l’Agence de Protection Sanitaire du Royaume Uni** concluait que l’électrosensibilité devait être prise en considération par d’autres voies que son étiologie : les souffrances sont réelles même si les causes de ces souffrances ne sont pas définies [*N Irvine, A Johansson, N Kalezic, E Lyskov et M Sandstrom – « Definition, epidemiology and management of electrical sensitivity » in Report for the Radiation Protection Division of the UK Health Protection Agency, avril 2005 – texte intégral*]. Selon le Groupe d’experts de la **Commission Européenne** (Bergqvist et al, 1997) et le groupe de travail de l’OMS, le terme

« électrosensibilité » n'implique pas une relation entre les champs électromagnétiques et des symptômes sanitaires (expérience réalisée en double aveugle). Voir l'étude menée par le Belgium Electromagnetic Society ([www.bbemg.ulg.ac.be/FR/3CEMSante/ESdefinition.swf](http://www.bbemg.ulg.ac.be/FR/3CEMSante/ESdefinition.swf)) pour qui : « *les études épidémiologiques ne permettent pas de clairement déterminer la cause réelle des symptômes rapportés (effets liés à l'exposition aux champs ou liés à la perception d'un risque et des craintes engendrées ?). Les études de provocation n'ont pas permis d'établir un lien de cause à effet direct entre l'apparition des symptômes et l'exposition aux champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques quelque que soit leur fréquence : l'exposition à ces champs n'entraîne pas toujours des symptômes, et inversement, ces derniers apparaissent également en l'absence des champs* ». Voir aussi le problème des riverains d'une antenne relais d'Orange à Saint Cloud qui manifestaient des symptômes (picotements, maux de tête, saignements de nez, etc) alors que l'antenne relais n'était pas activée. Même « couac » en Lorraine où les habitants d'un lotissement de Moineville se sont soulevés contre l'installation d'une antenne relais d'Orange. L'opérateur a dû mandater un huissier de justice qui dans un rapport de 10 pages certifie que « ce site radio n'est pas en service »...

Mesures de contrôle effectuées à Salzburg après la mise en œuvre de la décision du Parlement Municipal de la ville: 8 mesures sur 13 supérieures à 0,6V/m (nov/dec 2001)

### 1.8 Valeurs d'immissions en ville de Salzburg (valeurs totales de tous les exploitants)



### 3 La position de Niverlan :

**Niverlan ainsi que son délégataire, NiverTel, respectent la législation en vigueur et vont même au-delà :**

- Niverlan est à disposition des élus pour toute information concernant le dossier « Santé et WiMax ». Très attentif à la fois aux inquiétudes de la population au regard du lobbying des lanceurs d'alerte et au respect de la Loi et de la Constitution, Niverlan applique le principe d'attention et le principe de précaution. Le tableau des valeurs de l'intensité des champs électromagnétiques des BS Axione le prouve (cf infra, page 15).
- A la demande de Niverlan et conformément au contrat de concession, des mesures d'intensité de champs électromagnétiques selon le protocole strict de l'ANFR (Agence Nationale des Fréquences) ont été réalisées sur 2 stations de base (Alcatel et Motorola) en avril 2010, par un laboratoire neutre, indépendant et certifié COFRAC (APAVE). Ce laboratoire n'avait jamais travaillé sur la boucle radio nivernaise auparavant ; il n'a pas réalisé les mesures de couverture radio. Niverlan et NiverTel ont rendu publiques les mesures de champs électromagnétiques ; APAVE a communiqué les résultats directement à l'ANFr.

**NB : La réglementation en vigueur (texte et jurisprudence) est disponible, entre autre, sur le site Internet de l'Agence Nationale des Fréquences : [www.anfr.fr](http://www.anfr.fr)**

## 4 Tableau des valeurs moyennes de l'intensité de champ pour les stations de base Axione sur le territoire français (bande de fréquences des 3,5 Ghz):

Distances	BS Omni En V/m	BS 4 sect. En V/m
< 100 m	< 0,30 V/m	< 0,40 V/m
200 m	0,16 V/m	0,3 V/m
500 m	0,06 V/m	0,09 V/m
1000 m	0,03 V/m	0,05 V/m

Avec les BS Wimax d'Axione,

À 10 m, le niveau de rayonnement est de 15 fois inférieur au seuil de sécurité.

À 100 m, le niveau de rayonnement est de 1500 fois inférieur au seuil.

À 1km, le niveau de rayonnement est de 150.000 fois inférieur au seuil.

**→ Pour atteindre le seuil d'émission électromagnétique légal, il faut être sous l'influence de 14 BS émettant au maximum de leur puissance dans un périmètre de moins de 10 mètres !**

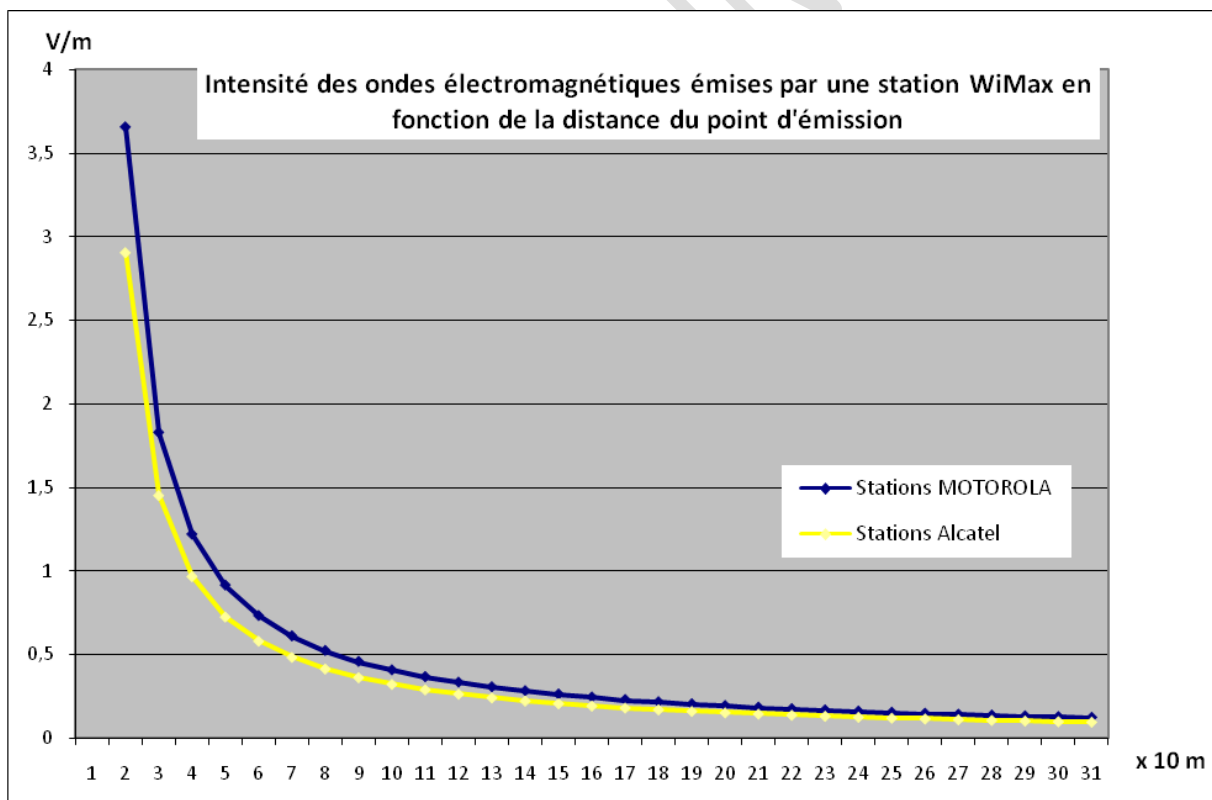
En Nièvre, pendant le déploiement des stations de base, des mesures ont été faites en interne avec un appareil certifié (HF -detektor II Profi, certifié TÜV fabriqué en Allemagne par AARONIA), au droit du pylône WiMax de Lavault de Fretoy ; elles ont donné une mesure de champ électromagnétique inférieure à 0,04 V/m.

Enfin, des mesures financées par Orange et effectuées en février 2009 à Coulanges les Nevers par un laboratoire certifié COFRAC (A Expertise) où l'ensemble du spectre a été analysé, donnent pour la bande de 2,5 Ghz à 3 Ghz, des valeurs inférieures ou égales à 0,0204 V/m.

[www.cartoradio.fr/html/FicheMesure15612.htm](http://www.cartoradio.fr/html/FicheMesure15612.htm).

Pour information : schéma de l'intensité des ondes électromagnétiques émises par une station WiMAX, en fonction de la distance du point d'émission (en V/m)

Par comparaison, l'intensité du champ électromagnétique d'un téléphone mobile le temps de la recherche d'un correspondant est de 7 V/m en moyenne à une distance de 2 cm de l'oreille et redescend à moins de 0,6 dès que le correspondant est trouvé.



## 5 Décret n°2002-775 Valeurs limites d'exposition en France (V/m) :

Service ou application		Valeur limite (V/m)
HF	Grandes ondes	28
PMR	Réseaux radioélectriques indépendants	28
FM	Modulation de fréquence	28
PMR, balises	Réseaux radioélectriques indépendants, balises	28
TV	Télévision et TNT	34
GSM 900	Radiotéléphonie	41
Radars, DAB	Radar, radio numérique	43
GSM 1 800	Radiotéléphonie	58
DECT	Téléphones sans fil	59
UMTS	Radiotéléphonie	61
Radar, BLR, FH	Radar, boucle locale radio, faisceau hertzien	61

Ou plus simplement ....

Valeurs limites d'exposition du public	
Service	Valeur limite (V/m)
Radio FM	28 V/m
Télévision	34 V/m
Téléphonie GSM 900MHz	41 V/m
Téléphonie GSM 1800MHz	58 V/m
Téléphonie GSM 2100MHz	61 V/m
Wi-Fi	61 V/m
WiMax	61 V/m

## 6 Valeurs limites d'expositions européennes (RF & téléphonie mobile en U/m)

Pays, état ou ville	Texte « valeurs limites »	Texte « mesure in situ »	Champ d'application		Limites exposition globale (900MHz) en V/m	
France	Décret	rec ECC (02) 04	RF		41	
Allemagne	Loi	Protocole national	RF		41	
Autriche	Norme E8850	?				
Danemark	Recommandation	?				
Espagne	Décret royal	?				
Estonie	“regulation”	rec ECC (02) 04				
Finlande	Ordonnance	?				
Hongrie	Ordonnance	?				
Irlande	Recommandation	?				
Lettonie	Norme	?				
Malte	Recommandation	?				
Pays-Bas	Recommandation	rec ECC (02) 04				
Portugal	Loi	rec ECC (02) 04				
Rép. Tchèque	Décret	?				
Roumanie	Ordonnance	rec ECC (02) 04				
Royaume-Uni	Recommandation	rec ECC (02) 04				
Slovaquie	Norme	?				
Suède	Recommandation	rec ECC (02) 04				
Belgique	Arrêté royal	Protocole national	RF		20.6	
Bulgarie	Ordonnance	Protocole national	RF		6	
Grèce	Loi	Protocole national	RF		34.5	31.9 (sites sensibles)
Italie	Loi	?	RF		20	6 (lieux occupés)
Lituanie	Norme	Protocole national	RF		6	
Luxembourg	Circulaire	?	RF	Tél. mobile	41	3 (lieux occupés)
Pologne	Ordonnance	Protocole national	RF		7	
Slovénie	Décret	IEEE C95.3	RF		41	13 (lieux occupés)
Liechtenstein	Loi		Tél mobile		4 (lieux occupés) (limite installation)	
Suisse	Loi	Protocole national	RF	Tél. mobile	41 (immission)	4 (lieux occupés) (limite installation)
Bruxelles-capitale	Ordonnance (15 sept 2009)		Tél. mobile		3	
Catalogne			RF		27	
Paris	Charte	rec ECC (02) 04	Tél. mobile		2 (lieux occupés)	
Salzbourg			RF		0.6	0.06 (lieux occupés)
Canada	Code de Sécurité	IEEE C95.3	RF		47	
Etats-Unis	Norme obligatoire	IEEE C95.3				
Japon	Réglementation	?				
Russie	Norme obligatoire	Protocole national	RF		6 (alignement icnirp sous peu)	

## 7 - Ondes et champs électromagnétiques

### Mieux comprendre la notion de champ électromagnétique et de propagation des ondes

par **Alain Azoulay** - avril 2009 et avec son accord.

Alain Azoulay est professeur au Département Électromagnétisme de l'École Supérieure d'Électricité (Supelec) à Gif sur Yvette. Il est Senior Member de l'IEEE et membre des sociétés Compatibilité électromagnétique (EMC) et Antennes et Propagation (AP) de l'IEEE. Son activité s'est principalement consacrée à la compatibilité électromagnétique des systèmes de télécommunications, à la caractérisation des champs électromagnétiques rayonnés par de nombreux dispositifs électroniques.

La préoccupation relative à l'exposition des personnes à différentes sources d'émissions électromagnétiques a mis en exergue le besoin de mieux comprendre les phénomènes associés et en particulier, la notion de champ électromagnétique et de propagation des ondes.

Nous allons le voir : les conducteurs parcourus par des courants variant en fonction du temps, rayonnent un champ électromagnétique. Ce rayonnement peut être intentionnel (on s'en sert pour établir des communications sans fil), ou non intentionnel (il est la conséquence du transport d'énergie électrique).

On s'intéressera ici essentiellement aux définitions ainsi qu'aux phénomènes physiques de l'électromagnétisme (en excluant les considérations relatives au magnétisme naturel et en se limitant aux phénomènes à très basse fréquence et radioélectriques).

Si l'on revient à des notions de base, il est possible de définir un champ électrique et un champ magnétique à partir de la présence ou de la circulation de charges électriques ou de courant sur des conducteurs.

#### Le champ électrique

Au plan statique, la présence d'une charge électrique dans l'espace ou sur un corps isolant immobile (domaine de l'électrostatique) induit un **champ électrique** tout autour de cette charge. Ce champ électrique est mis en évidence par la force qu'il induit si une charge se trouve au voisinage. On a alors une force électrique d'attraction ou de répulsion selon les signes respectifs des deux charges, positif ou négatif : deux charges de même signe se repoussent, deux charges de signe opposé s'attirent. Le champ électrique induit par une charge en un point donné s'exprime en fonction de la charge électrique et de la distance du point à la charge. Son amplitude est proportionnelle à la charge et inversement proportionnelle au carré de la distance (voir encadré).

## Le champ magnétique

Que se passe-t-il au plan dynamique, c'est-à-dire si, au lieu d'une charge statique, on considère la circulation d'un courant (charges électriques en mouvement) ? Que se passe-t-il au voisinage de ce courant, par exemple sur une autre charge électrique ponctuelle ?

### La « décroissance en $1/r^2$ »

Les personnes travaillant à l'installation ou à la réparation des antennes relais ont pour consigne de ne pas rester face à l'antenne plus de quelques dizaines de secondes d'affilée si l'antenne est branchée. Cette consigne est motivée par des arguments de sécurité pour l'ouvrier.

En apprenant cela, beaucoup de personnes en déduisent qu'il y a donc un danger reconnu des antennes relais, et que le principe de précaution devrait donc conduire à les interdire. Cette conclusion repose pourtant sur une erreur d'estimation : il est effectivement dangereux de se tenir à 1 cm ou 10 cm de l'antenne relais... mais pas à 10 m. La puissance des ondes que l'on reçoit en provenance des antennes décroît en effet en raison du carré de la distance, si bien qu'en passant de 10 cm à 10 m, par exemple, on diminue cette puissance d'un facteur 10000 ( $100^2$ ).

Comme l'intuition a peu de prise sur ces nombres, une image est sans doute préférable : imaginez donc un feu de cheminée. Si vous placez votre main à 1 cm des flammes pendant une minute, le risque est énorme. À 10 cm, vous risquez encore une brûlure importante. Mais à 2 mètres du foyer il n'existe plus aucun risque. Et à 10 mètres, il vous sera impossible de détecter la présence des flammes.

La réduction rapide de la puissance avec la distance à l'émetteur permet ainsi de comprendre comment il peut être très dangereux à quelques centimètres, et pas du tout à quelques mètres.

D'autre part, exactement comme pour le feu, les effets de l'énergie que l'on reçoit ne s'accumule pas : ainsi, passer 10 000 minutes (environ une semaine) à un mètre du feu n'est pas du tout équivalent – bien que la quantité d'énergie totale soit la même – que de passer 1 minute à un centimètre du feu. De la même manière, on ne peut pas considérer *a priori* que la durée pendant laquelle nous recevons les ondes des antennes relais compense la distance.

C'est peut-être pourquoi les études soupçonnant un effet nocif des téléphones portables ne citent que l'utilisation du portable lui-même, qui émet des ondes très faibles, mais à proximité immédiate de l'oreille.

*Nicolas Gauvrit*

Une particule électrique en mouvement produit autour d'elle un **champ magnétique**. Une autre force va alors venir s'ajouter à la force décrite précédemment, force qui va dépendre de la vitesse des charges en mouvement et appelée force magnétique.

### **Les ondes électromagnétiques**

Le champ électrique et le champ magnétique constituent un ensemble appelé **champ électromagnétique** (ou **onde électromagnétique**) dont les vecteurs sont liés par les équations de Maxwell au plan microscopique.

La résolution de ces équations en fonction des structures rayonnantes, des répartitions de courant sur les structures et de la connaissance de l'environnement permet d'établir les conditions de propagation des ondes en tout point de l'espace.

Si le courant circulant sur le conducteur varie en fonction du temps et est sinusoïdal, l'amplitude des champs électrique et magnétique induits variera de la même façon à la même fréquence. La résolution des équations de Maxwell montre que le champ électromagnétique se propage en ondes sphériques (comme les ronds dans l'eau) autour de la structure conductrice avec une vitesse finie, la vitesse de la lumière lorsque le circuit est dans l'air. On va ainsi définir la longueur d'onde d'un champ électromagnétique.

### **Différents types d'ondes électromagnétiques**

Les conducteurs parcourus par des courants variant en fonction du temps rayonnent donc un champ électromagnétique, intentionnellement ou non intentionnellement.

- ▶ Dans le premier cas, ces conducteurs sont des antennes qui émettent de l'énergie électromagnétique afin d'établir des communications sans fil avec des récepteurs radioélectriques. Les antennes ont diverses formes suivant les fréquences utilisées et les applications associées (radiodiffusion, télévision, communications avec les mobiles, faisceaux hertziens, stations de réception par satellite, réseaux locaux radio comme Wifi ou Wimax, antennes de radioamateurs, téléphones domestiques sans fil etc.).
- ▶ Dans le second cas, ce sont des conducteurs parcourus par des courants alimentant des circuits électriques ou électroniques. Pratiquement, tout conducteur ou appareil électrique ou électronique actuel est une source de rayonnement électromagnétique non intentionnel dès lors que circule un courant variable dans le temps.

On fait beaucoup de cas des lignes à très haute tension qui produisent des champs électromagnétiques à 50 Hz. Mais ce sont loin d'être les seules sources de champ électromagnétique non intentionnel, car il suffit de prendre des appareils électroménagers ou électroniques, ou un moteur de voiture, pour se

rendre compte que ceux-ci peuvent produire des champs électromagnétiques, non seulement à 50 Hz mais parfois dans d'autres bandes de fréquences. Toutefois, les niveaux de champs rayonnés sont extrêmement variables suivant les types ou les marques d'appareils, en général assez faibles en regard des questions d'exposition des personnes, mais dans certains cas suffisants pour brouiller des récepteurs radioélectriques (fours à micro-ondes, lampes à basse consommation, aspirateurs etc.).

Quoi qu'il en soit, il faut bien distinguer les fréquences mises en jeu, et c'est parfois une question particulièrement délicate lorsqu'il y a à la fois de très basses fréquences (50 Hz et ses harmoniques) et des fréquences plus élevées, dans le spectre radioélectrique, qu'on ne peut distinguer qu'avec des appareils spécialisés comme l'analyseur de spectre ou de signaux.

### **Propriétés des champs électromagnétiques**

De façon générale, les propriétés du champ électromagnétique diffèrent beaucoup en fonction de la distance à la source de rayonnement, de la longueur d'onde, des caractéristiques de la structure rayonnante et de l'environnement.

On distingue trois zones autour d'une source d'émission ou d'une structure rayonnante :

- ▶ La zone de champ très proche réactif (située à une fraction de la longueur d'onde de la source, généralement entourant immédiatement la source ou la structure rayonnante) appelée zone d'évanescence ou de Rayleigh. L'onde électromagnétique n'est pas formée dans cette région. Il n'y a pas de relation simple entre les deux champs électrique et magnétique. Le seul cas de proximité en zone de champ très proche pour les personnes est le téléphone portable où l'antenne se trouve à très faible distance de la tête ou du corps. C'est un cas où la mesure du débit d'absorption spécifique est plus pertinente que la seule mesure du champ électromagnétique extérieur.
- ▶ La zone de transition, ou région de Fresnel, qui assure la transition entre la zone de Rayleigh et la zone suivante, appelée zone de champ lointain. Dans cet espace, situé un peu plus loin autour de la structure rayonnante, le phénomène de propagation commence à apparaître mais on dit que l'onde n'est pas encore formée.
- ▶ Enfin, la zone de champ lointain, ou région de Fraunhofer, où les propriétés du champ électromagnétique sont bien établies et où apparaissent les phénomènes classiques de propagation des ondes électromagnétiques. Cette région se situe généralement à plusieurs longueurs d'onde du périmètre de la structure avec un champ électromagnétique dont l'amplitude des vecteurs champ électrique et magnétique diminue lorsque la distance à l'antenne augmente, et s'annule à l'infini.

## Rayonnements ionisants et rayonnements non ionisants

La longueur d'onde et la fréquence déterminent une autre caractéristique importante des champs électromagnétiques, à savoir que les ondes électromagnétiques sont transportées par des « particules » (ou « grains d'énergie ») appelées quanta. Les quanta associés aux ondes de haute fréquence (ou de courte longueur d'onde) véhiculent davantage d'énergie que ceux qui sont associés aux ondes de basse fréquence (ou de grande longueur d'onde). Pour certains rayonnements électromagnétiques, le quantum d'énergie est tellement élevé que ces ondes sont capables de briser les liaisons intra et intermoléculaires. Parmi les rayonnements qui composent le spectre électromagnétique, les rayons gamma émis par les substances radioactives, les rayons cosmiques et les rayons X possèdent cette propriété et sont appelés « rayonnements ionisants ». Les rayonnements qui ne sont pas suffisamment énergétiques pour rompre les liaisons intramoléculaires sont dits « non ionisants ». Les champs électromagnétiques d'origine humaine qui résultent, pour une part importante, de l'activité industrielle (électricité, hyperfréquences et radiofréquences) engendrent des rayonnements qui correspondent à la région du spectre électromagnétique où la fréquence est relativement basse, c'est-à-dire du côté des grandes longueurs d'onde et les quanta d'énergie qu'ils transportent sont incapables de provoquer la rupture des liaisons chimiques.

Source : site de l'OMS. <http://www.who.int/peh-emf/about/Wh...>

## La réglementation des ondes électromagnétiques

Lorsqu'il y a émission intentionnelle de signaux à fréquence radioélectrique, cette émission ne peut se faire que dans un cadre réglementaire bien défini et dépend très fortement du service radioélectrique concerné. Au plan international, c'est l'Union Internationale des Télécommunications (U.I.T.) qui assure la réglementation mondiale à travers un document fondamental appelé *Règlement des Radiocommunications* applicable comme référence au plan international.



Au préalable et par convention, l'U.I.T. a défini le spectre radioélectrique comme l'ensemble des fréquences utilisables entre 9 kHz et 3000 GHz et les ondes hertziennes comme des ondes électromagnétiques utilisant ces fréquences et se propageant dans l'espace.

Le spectre radioélectrique est un sous-ensemble du spectre électromagnétique qui couvre toutes les fréquences jusqu'aux fréquences des rayons gamma en passant par le rayonnement infrarouge, le rayonnement visible, et les rayons X. Dans le spectre radioélectrique, des bandes de fréquences sont affectées à des services, soit au plan mondial (par exemple, dans l'aéronautique, pour les radiocommunications ou la radio navigation), soit au plan régional (Europe, Amérique du Nord ou du Sud, Asie, Afrique, Océanie), parfois spécifiquement au plan national.

On distingue un assez grand nombre de services radioélectriques comme par exemple, le service de radiodiffusion qui comprend la radiodiffusion sonore et télévisuelle, le service mobile qui se décline en services mobiles aéronautique, terrestre, maritime, par satellite etc., le service fixe qui correspond à des liaisons de radiocommunications entre points fixes (exemple : faisceaux hertziens), le service de radiolocalisation, le service de radionavigation, le service de radioastronomie, le service de recherche spatiale, le service de radioamateur etc.

En France, ces services sont liés à des « affectataires » du spectre radioélectrique qui ont en charge de gérer les affectations de bandes de fréquences sous leur responsabilité, comme l'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et de la Poste (ARCEP) qui a, entre autres, la responsabilité des principales bandes de fréquences dédiées aux opérateurs de réseaux de téléphonie cellulaire (GSM, UMTS, Wimax, Wifi etc.), le Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA) qui gère les bandes de fréquences pour l'audiovisuel (Radiodiffusion et TV), le Ministère de la Défense pour toutes les bandes de fréquences utilisées par les armées, le Ministère de l'Intérieur pour les bandes de fréquences des réseaux de la police et des réseaux des pompiers, etc.

La majorité des utilisations classiques des radiocommunications se situent entre 150 kHz et 100 GHz, avec une très forte concentration entre 150 kHz et quelques dizaines de GHz. L'Agence Nationale des Fréquences [1] (ANFR) publie le « Tableau National de répartition des bandes de fréquences » qui présente la répartition des fréquences par service radioélectrique de fréquence et les affectataires en charge des bandes de fréquences.

On trouve donc un nombre très important de sites d'émission/réception radioélectrique relevant des différents services. Aujourd'hui, les sites de radiotéléphonie mobile (GSM, UMTS) et de réseaux locaux radioélectriques (WiFi, Wimax) soulèvent des interrogations dans le public alors que les niveaux d'exposition de la population induits par ces sites sont généralement plus faibles que ceux induits par la proximité des terminaux mobiles ou ceux d'autres services radioélectriques. En réalité, c'est un calcul de densité surfacique de puissance ou du champ électromagnétique en zone de Fraunhofer qui devrait permettre l'évaluation de l'exposition par service radioélectrique ou par source d'émission radiofréquence. L'ANFR par son protocole mis en place en 2001, basé sur des mesures de champ et encore amélioré depuis, tend à faire réaliser

des évaluations aussi précises que possible de l'exposition du public à des sources d'émission radioélectriques fixes malgré les difficultés multiples liées à la fois aux techniques de mesure de champ électromagnétique et à la variété des signaux complexes rayonnés par les nouvelles technologies radioélectriques.

Ces mesures sont extrapolées afin de prévoir les maxima possibles en termes d'exposition du public. L'existence d'une norme européenne (NF EN 50492. – Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base) homologuée par l'Union Technique de l'Électricité (UTE) depuis le 17 janvier 2009, applicable fin 2009, issue de compromis au plan européen, n'enlève rien à la qualité du protocole ANFR actuel qui permet une détermination de l'exposition par service ou même par site d'émission (GSM, UMTS) avec une extrapolation au maximum de trafic.

### Champs électromagnétiques pulsés

Les émissions radioélectriques intentionnelles servent soit à transmettre de l'information (radiocommunications), soit à la radiodétection (radar par exemple). Elles s'appuient en général sur une fréquence fondamentale ou fréquence centrale autorisée réglementairement (appelée porteuse radioélectrique).

Historiquement, la radiodétection classique consiste à effectuer une émission *tout ou rien*, c'est-à-dire qu'on émet pendant un temps très bref de quelques microsecondes cette porteuse, puis qu'on arrête cette émission pendant un temps assez long de plusieurs millisecondes pour écouter des signaux en retour sur la même fréquence, permettant d'identifier la présence et la distance d'un objet réfléchissant, avant de recommencer à émettre. Il y a donc création de champs radioélectriques pulsés issus des antennes radars de radiodétection classique.

Pour les radiocommunications, l'information fait partie du signal radiofréquence par la technique de modulation associée à la technique d'accès, c'est-à-dire à la façon dont l'utilisateur va avoir accès à la ressource radioélectrique. Les techniques fondamentales de modulation sont la modulation d'amplitude, la modulation de fréquence et la modulation de phase. La combinaison de ces modulations est utilisée pour les communications numériques où l'on définit des états de phase et/ou d'amplitude. Les techniques d'accès ont pour but d'optimiser l'utilisation des fréquences radioélectriques compte tenu des aspects réglementaires contraignants en terme d'utilisation du spectre radioélectrique.

Une des techniques d'accès classique est celle relative au GSM appelée TDMA en anglais ou AMRT en français (Accès Multiple par Répartition dans le Temps), ce qui signifie que la fréquence d'émission est utilisée en temps partagé entre les utilisateurs d'une même cellule. Le téléphone n'émet donc que pendant un certain laps de temps (577 microsecondes) et ne réémet en général au plus tôt

que 4,6 millisecondes plus tard ce même intervalle de temps, la voix étant numérisée. On a donc dans ce cas une émission non permanente et répétitive pendant la durée de la communication.

### **Champs électromagnétiques directionnels**

On parle d'antennes directionnelles ou directives par opposition à des antennes omnidirectionnelles ou isotropes. Une antenne isotrope est une antenne rayonnant le champ électromagnétique de la même façon dans toutes les directions de l'espace (rayonnement à symétrie sphérique). Bien que servant de référence à de nombreux calculs, une antenne isotrope parfaite n'a malheureusement pas de réalité physique.

Par contre, une antenne omnidirectionnelle a une réalité physique et rayonne de façon identique dans un plan perpendiculaire à son axe. Son rayonnement est donc à symétrie cylindrique ou axiale. Une antenne de téléphone portable est souvent omnidirectionnelle.

Enfin, on dit qu'une antenne est directive lorsqu'elle rayonne de façon privilégiée dans une direction ou un secteur de l'espace. Les antennes de stations de base GSM ou UMTS sont souvent directives dans le plan horizontal (antennes trisectorielles) et systématiquement directives et légèrement inclinées (on dit souvent « tiltées ») dans le plan vertical de façon à ne pas générer de champ important sous les antennes à faible distance mais de pouvoir porter correctement dans la cellule qu'elles desservent.

### **Les différentes classes de rayonnement**

Sont regroupées sous le terme rayonnements non ionisants (RNI) toutes les ondes dont l'énergie n'est pas suffisante pour rompre les liaisons moléculaires par un phénomène d'ionisation à l'origine notamment d'effets mutagènes et cancérigènes. Notons que les rayons UV sont classés dans ce groupe mais se trouvent à la limite ionisant/non ionisant.

On parle communément en fréquence (Hz, kilohertz, mégahertz, gigahertz...) jusqu'aux micro-ondes les plus élevées (environ 300 GHz) puis ensuite en longueur d'onde (km, mètre, cm, mm). La longueur d'onde et la fréquence sont inversement proportionnelles.

Désignation	Fréquence	Longueur d'onde	Exemples
Fréquences extrêmement basses (ELF)	0 - 300 Hz	$10^5 - 10^3$ km	Réseau électrique 50 Hz, électroménager...
Fréquences audio (VF)	0,3 - 3 kHz	1000 - 100 m	Transmission de données vocales, métallurgie, chauffage par induction...
Très basses fréquences (VLF)	3 - 30 kHz	100 - 10 km	Radio communications...
Basses fréquences (LF)	30 - 300 kHz	10 - 1 km	Radio diffusion GO, Fours à induction...
Fréquences moyennes (MF)	0,3 - 3 MHz	1 km - 100 m	Radio diffusion MO, PO, diathermie médicale...
Hautes fréquences (HF)	3 - 30 MHz	100 - 10 m	CB (Citizen Band), soudage, collage...
Très hautes fréquences (VHF)	30 - 300 MHz	10 - 1 m	Télévision, radio FM...
Fréquences ultra hautes (UHF)	0,3 - 3 GHz	1 - 0,1 m	Télévision, radars, téléphones mobiles, fours à micro-ondes, hyperthermie médicale...
Fréquences super hautes (SHF)	3 - 30 GHz	0,1 - 0,01 m	Radars, alarmes anti-intrusion
Fréquences extrêmement hautes (EHF)	30 - 300 GHz	0,01 - 0,001 m	Radars, communications par satellite...
Infrarouge (IR)	0,3 - 385 THz	1 mm - 780 nm	Spectrométrie IR, chauffage...
Lumière visible	385 - 750 THz	780 - 400 nm	Vision humaine, photosynthèse...
Ultraviolet (UV)	750 THz - 3 PHz	400 - 100 nm	Spectrométrie, lampes germicides, solarium...

Préfixes utilisés : k = kilo =  $10^3$ , M = méga =  $10^6$ , G = giga =  $10^9$ , T = téra =  $10^{12}$ , P = péta =  $10^{15}$ , E = exa =  $10^{18}$ , m = milli =  $10^{-3}$ ,  $\mu$  = micro =  $10^{-6}$ , n = nano =  $10^{-9}$ , p = pico =  $10^{-12}$ .

Les rayonnements électromagnétiques dont la longueur d'onde est comprise entre 400 et 750 nm sont perceptibles par l'œil humain. Si l'intensité énergétique est suffisante, les différentes longueurs d'onde sont perçues comme des couleurs différentes, du rouge (600-750 nm) au violet (400-450 nm).

[1] <http://www.anfr.fr/>.