

Faut-il avoir peur des ondes électromagnétiques ?

Par Robert BERRANGER, F5NB

Cet article ne concerne pas directement les radioamateurs, mais il peut leur fournir des arguments scientifiques lors de discussions avec leur voisinage. De tout temps l'Humanité s'est créé des peurs plus ou moins irrationnelles. Celles-ci proviennent en général de phénomènes physiques que l'on ne comprend pas et disparaissent dès que la science résout le mystère. Mais l'Homme est ainsi fait qu'il ne peut vivre sans peurs et il en trouve vite d'autres. Parmi ces dernières, la peur des ondes électromagnétiques prend des proportions insoupçonnables il y a seulement une vingtaine d'années.

Préambule.

La peur est reliée aux notions suivantes :

- Notion de "DANGER" relative à la vie humaine
- Notion de "RISQUE" qui quantifie la probabilité de la nuisance du danger
- Notion de "PREVENTION" qui est mise en œuvre pour diminuer les risques.

Quelles relations la peur entretient-elle avec ces notions ? C'est ce que nous allons voir :

- a) **Avec le danger.** Il y a deux sortes de dangers, les dangers "objectifs" et les dangers "subjectifs". Les dangers objectifs sont ceux qui sont indépendants de nous et les dangers subjectifs sont ceux que nous nous créons nous-mêmes. Exemple : le danger objectif qu'une voiture roulant en sens inverse vienne nous heurter de face et le danger subjectif résultant de notre propre dépassement dangereux. La peur n'évite pas le danger objectif, mais elle peut provoquer un danger subjectif (exemple : les ruées meurtrières).
- b) **Avec le risque.** Celui-ci est souvent lié au temps. Par exemple en ville, le risque de recevoir un pot de fleurs sur la tête est augmenté si l'on se promène le matin au moment de l'arrosage des plantes de balcon. La peur est indirectement liée au risque.
- c) **Avec la prévention.** Quand la peur n'augmente pas le danger, une peur raisonnée résultant d'une évaluation réelle du risque permet de mettre en œuvre les moyens pour réduire ce dernier. Par exemple, ne se promener sous les balcons que l'après-midi.

Avant de poursuivre, il convient de parler d'une prévention particulière : **le principe de précaution**. Alors que la prévention permet de réduire des risques quantifiés, soit par calculs, soit statistiquement (études épidémiologiques, par exemple), le principe de précaution se réfère à des risques supposés, résultant de dangers plus ou moins imaginaires (selon certaines "croyances"). Le principe de précaution peut se justifier dans le cas où l'on ne peut pas expérimenter rapidement les effets d'un processus. C'est le cas en chimie avec l'effet de nouvelles molécules sur la santé. Il y a des millions de possibilités de créer de nouvelles molécules et les risques sont difficiles à identifier. Malheureusement, il y a aussi les principes de précautions concernant des dangers supposés, résultant de peurs irraisonnées. Par exemple les Gaulois avaient peur que le ciel ne leur tombe sur la tête. Puis il y a eu la peur de l'an 1000 et celle de l'an 2000. Il y a eu aussi la peur des sorcières qui semblaient "en savoir trop" et le principe de précaution consistait à les brûler. Maintenant il y a la peur des ondes

électromagnétiques. Il est difficile de déterminer l'origine de cette peur. Cela est du sans doute au fait que l'on ne "voit" pas les ondes s'atténuer à la sortie de l'antenne. De là à croire "que l'on nous cache quelque chose", il n'y a qu'un pas que certains franchissent, même ceux qui normalement devraient "être au parfum" comme les médecins et les politiciens. Je laisse au lecteur le soin de déterminer leurs motivations (ou leur ignorance).

Les ondes régissent le comportement du champ électromagnétique qui est l'expression de la force électromagnétique, l'une des quatre forces fondamentales de la physique. C'est un phénomène unique qui est maintenant bien quantifié et constamment expérimenté (sinon notre monde moderne serait complètement différent).

Le but de cet article est de résumer succinctement le comportement des ondes électromagnétiques, suffisamment pour se faire une opinion. J'ai conscience que malgré mes efforts pour simplifier le propos, celui-ci ne soit pas accessible à ceux qui ne cultivent pas leur "fibre scientifique". Mais il devrait l'être pour la plupart des radioamateurs et leur servir pour argumenter sur le sujet lors de discussions (si la discussion est possible).

Quelques notions d'électricité.

Qu'est-ce que le courant électrique ?

La matière est formée d'atomes comprenant des charges électriques situées dans le noyau (charges positives) et dans les électrons (charges négatives). Dans un atome "au repos", les charges sont égales et l'atome est "neutre". S'il perd pour une raison ou une autre un électron, sa charge devient positive et on obtient un ion positif. S'il récupère un électron baladeur, sa charge devient négative et on obtient un ion négatif. L'état ionique n'est pas stable, l'atome essaie de retrouver son état neutre dès qu'il le peut. Pour que ce processus ait lieu, il faut que l'atome ait des propriétés particulières qualifiant les "conducteurs" d'électricité. Si dans un système bipolaire, les forces internes (chimiques) forcent les électrons à s'accumuler dans l'un des pôles, celui-ci acquiert un potentiel négatif, ce qui se fait au détriment de l'autre pôle qui perd ses électrons et acquiert un potentiel positif. Il existe donc entre les pôles une différence de potentiel appelée "force électromotrice" (f.é.m.). Si l'on relie les pôles à l'aide d'un fil conducteur, les électrons se précipiteront du pôle moins vers le pôle plus à travers le fil (effet dominos). Cette circulation d'électrons est appelée "courant". Noter que si les électrons vont du pôle moins vers le pôle plus, les absences d'électrons (les trous) circulent en sens inverse. C'est ce dernier sens qui a été adopté par convention pour la circulation du courant. Mais attention, la circulation des charges se fait dans l'autre sens.

Vitesse de déplacement du courant

Le courant se déplace lentement, quelques millimètres par seconde. La vitesse dépend de l'**intensité** du courant et de la **section** du conducteur, comme pour une rivière. Mais nous allons voir que s'il se produit une variation de l'intensité débitée par la source, celle-ci se propage avec la vitesse de la lumière (dépendante du milieu de propagation) qui est celle de la propagation des champs.

Le courant alternatif

Prenons un générateur qui se comporte comme une pile, mais avec les pôles de sortie qui s'inversent tous les temps t . Le cycle sera complet tous les temps $T=2t$. T est la période du signal alternatif. Pour faciliter les calculs, on prend une variation sinusoïdale du signal sachant, grâce au mathématicien Fourier, qu'un signal périodique quelconque peut être décomposé en un certain nombre de signaux sinusoïdaux. Nous constatons que plus T est petit

et moins les électrons ont le temps de se déplacer et rapidement ils ne font plus que "s'agiter sur place".

Energie transportée

Avec un courant continu l'énergie transite grâce au **champ magnétique** qu'il crée. Plus simplement, elle est proportionnelle au nombre d'électrons qui franchissent une section donnée du fil ($W=Q \times t$). La puissance **P** dissipée dans la charge est égale à $U \times I$, avec U = différence de potentiel à un endroit de la ligne et I = intensité du courant parcourant la ligne à cet endroit (U et I sont des constantes dans une ligne sans perte).

Avec un courant alternatif l'énergie transite grâce au **champ électromagnétique** qu'il crée. Un champ électromagnétique a non seulement les propriétés d'un champ magnétique, mais aussi celles d'un champ électrique. Ce dernier correspond à une d.d.p. qui se développe le long de la ligne, donc en série avec la f.é.m. de la source, mais en quadrature de phase. Ainsi la mesure de la puissance dissipée dans la charge est maintenant égale à $I \times (U \times \cos(\varphi))$ avec φ = déphasage entre I et U mesurés en un point de la ligne. Avant de poursuivre, explicitons les notions de force et de champ.

Forces et champs.

Mathématiquement les grandeurs des champs comme celles des forces sont représentées par des vecteurs, donc avec une valeur scalaire (le module), une direction et un sens. Les vecteurs s'additionnent selon leur nature (champs électriques entre eux et champs magnétiques entre eux). Ils peuvent se multiplier scalairement et vectoriellement ⁽¹⁾.

La force.

En électricité, la force définit l'action qu'exerce une charge électrique **a** sur une autre charge électrique **b**, que les charges soient reliées ou non (action "à distance"). Par exemple, la force électrostatique d'attraction qui s'exerce entre deux charges électriques de signes contraires et la force électrostatique de répulsion qui s'exerce entre deux charges de même signe (loi de Coulomb). La force à distance peut aussi être magnétique (magnétostatique) avec par exemple l'action qu'un courant continu dans un fil exerce sur une aiguille aimantée.

Le champ.

Le champ est une force potentielle qui s'exerce à distance. Donc il ne correspond pas à une action physique. Par exemple le champ électrostatique dû à la charge **a** et déterminé au point **M** est égal à la force qui **serait** exercée au point **M** sur une **charge unité** placée en ce lieu. Les charges peuvent être isolées ou faire partie d'un conducteur. En électricité, il y a trois sortes de champs :

- le champ électrique électrostatique qui existe dès qu'une particule chargée existe, que celle-ci soit statique ou en mouvement
- le champ magnétique qui existe dès qu'une particule électrique est en mouvement uniforme (courant continu)
- et le champ électromagnétique que nous allons voir.

Origine du champ électromagnétique

Quand un conducteur est parcouru par un courant continu, il génère un champ magnétique simple dépendant de la circulation des charges (intensité du courant) et indépendant de la

vitesse de déplacement de celles-ci. Par ailleurs le courant étant constant, la vitesse est invariable dans le temps.

Si la vitesse de déplacement des charges varie (si elles subissent des accélérations et des décélérations), alors le champ magnétique produit n'est plus simple. Il a à la fois les propriétés d'un champ magnétique \mathbf{H} et celles d'un champ électrique. Ce champ électrique lui-même résulte de l'addition d'un champ électrique \mathbf{E} dû à la variation du champ magnétique et d'un champ électrostatique \mathbf{E}_s dû aux différences de potentiel existantes ou créées aux bornes du circuit. Noter que les champs \mathbf{H} et \mathbf{E} sont tous les deux liés au courant. Par ailleurs, le rapport entre leurs modules est une constante qui ne dépend que du milieu dans lequel existe le champ électromagnétique.

Rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique correspond à une perte d'énergie sans l'existence d'une charge définie. Par convention il s'agit d'un rayonnement lointain. Le rayonnement proche qui ne donne pas lieu à une perte d'énergie est appelé "induction" s'il existe une charge couplée et "self-induction" s'il n'y en a aucune. La self-induction résulte de la réaction du circuit sur lui-même. La génération d'un champ électromagnétique est réversible : un courant alternatif circulant dans un fil crée un champ E-M (action) et un fil "baignant" dans un champ E-M est le siège d'un courant alternatif (réaction). Ce processus n'entraîne pas de pertes autres qu'ohmiques dans le conducteur. La self-induction est mesurée par un coefficient en Henrys. Si le circuit est petit par rapport à la longueur d'onde du signal de travail, on considère que l'intensité et la tension sont uniformes à l'intérieur de celui-ci. Si un tel circuit n'est pas chargé, il ne consomme pas d'énergie en régime établi. En effet, les modules des champs diminuent en $1/d^3$ pour le champ \mathbf{E}_s et en $1/d^2$ pour les champs \mathbf{E} et \mathbf{H} (d = distance du point M où est déterminé le champ). Ils restent donc "collés" au circuit.

Si la **longueur** du circuit n'est plus négligeable devant la longueur d'onde, il faut faire intervenir le temps et la vitesse de propagation des potentiels. Alors on constate qu'une partie du champ \mathbf{H} et une partie du champ \mathbf{E} diminuent en $1/d$. Si l'on intègre le flux E-M correspondant traversant la surface d'une sphère centrée sur le circuit et passant par M , la totalité du flux est constante quelle que soit la distance du point M (jusqu'à l'infini). L'énergie transportée par le flux est perdue par le circuit. Ce phénomène constitue ce que l'on appelle "le rayonnement électromagnétique".

Puissance transportée

Elle ne peut pas être mesurée physiquement. Sa "mesure" est obtenue par calcul à partir des effets que le champ électromagnétique engendre. Loin de la source, la propagation du champ E-M se fait sous forme d'onde plane. La puissance transportée vers le point M (disponible au point M) est égale au vecteur de Poynting multiplié par la **surface de captation isotrope**.

Celle-ci est égale à $\lambda^2/4\pi$. S'il y a une antenne de réception au point M , pour avoir la puissance disponible aux bornes de l'antenne il faut multiplier la surface de captation isotrope par la **directivité** de l'antenne (égale à son gain, si pas de pertes).

Dans le cas d'une onde plane ($\sin(\varphi)=1$), le flux du vecteur de Poynting en watts par m^2 est égal à $\mathbf{E} \times \mathbf{H}$ avec \mathbf{E} en V/m et \mathbf{H} en A/m ⁽¹⁾.

L'onde électromagnétique

La notion d'onde est associée à la propagation d'un phénomène oscillatoire lié, pour l'électromagnétisme, à la génération d'un signal sinusoïdal. Dans la nature un comportement

ondulatoire est souvent obtenu après filtrage (résonance) d'un signal de forme quelconque (percussion d'une cloche par exemple).

La longueur d'onde λ correspond à la distance pour laquelle les caractéristiques du champ propagé se retrouvent identiques, soit toutes les périodes pour un signal sinusoïdal. Elle dépend donc de la durée T de la période et de la vitesse v de propagation et l'on obtient : $\lambda = v \times T$ ou $\lambda = v / F$. Dans le vide et dans l'air, $v = c = 3.10^8 \text{ m/s}$ (c = vitesse de la lumière dans le vide). Voir dans le tableau 1 les longueurs d'ondes correspondantes aux phénomènes électromagnétiques liés à la physique du rayonnement.

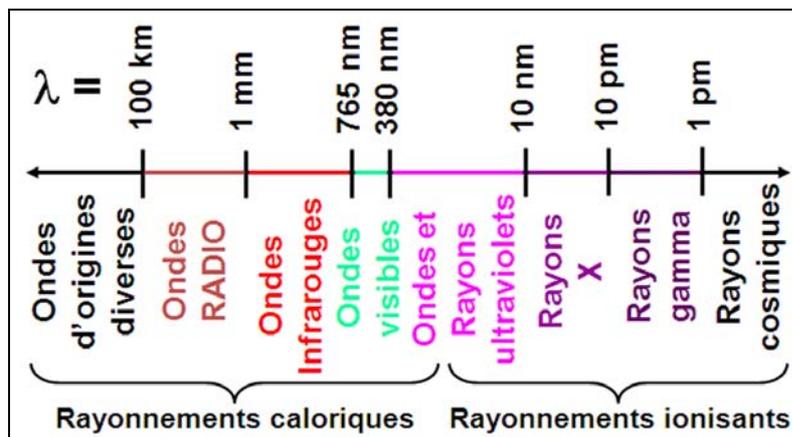


Tableau 1. "Longueurs d'ondes électromagnétiques"

Dualité onde - particule (photon)

La méthode ondulatoire pour décrire la propagation des champs est dérivée de la mécanique classique et convient bien pour la lumière et la propagation radioélectrique. Mais elle ne prend pas en compte la nature de l'énergie transportée. C'est cette méconnaissance qui a abrégé la vie de Marie Curie qui n'avait pas soupçonné la dangerosité des matières radioactives qu'elle manipulait. Il a fallu attendre la **théorie des quanta** pour la découvrir. Cette théorie entraîne que l'énergie n'est pas une grandeur continue, mais qu'elle est une somme de quantas d'énergie indivisibles. En ce qui concerne l'électromagnétisme, le quantum d'énergie est appelé "photon". Le photon est une particule sans masse qui se déplace à la vitesse de la lumière. L'énergie E transportée par le photon en une seconde est égale à $[h \cdot \nu]$ avec h = constante de Planck ($h = 6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ kg.m}^2/\text{s}$) et ν = fréquence de l'onde électromagnétique en Hz. En utilisant la longueur d'onde, on obtient : $E = h \times c / \lambda$. On constate que l'énergie du photon est inversement proportionnelle à la longueur d'onde. Pour une même énergie totale rayonnée, cela montre que plus la longueur d'onde est grande et plus il y a de photons de plus faible énergie. Inversement, plus la longueur d'onde est petite et moins il y a de photons de plus grande énergie. A partir de cette constatation, il est aisé de déterminer les relations qui existent entre la longueur d'onde et les cellules du vivant (dont le corps humain).

Longueur d'onde, énergie et cellules du vivant.

Quand un photon rencontre la matière, on distingue deux conséquences possibles selon l'énergie du photon, donc de la longueur d'onde du rayonnement (rappel : $E = h \times c / \lambda$). En deçà d'une longueur d'onde critique, le photon possède assez d'énergie pour créer des dommages dans la matière qu'il traverse. Dans ce cas, on parle de "rayonnement ionisant" ⁽²⁾. Au-delà de la longueur d'onde critique, l'énergie des photons est insuffisante pour créer des dommages aux atomes. Les photons dissipent leur énergie en la transférant aux électrons (excitation des

atomes). Finalement l'énergie du photon est convertie en chaleur dans la matière sans avoir provoqué de dégâts. Alors on parle de "rayonnement calorifique" (ou rayonnement chauffant). Dans le cas où la matière est composée de cellules "vivantes" (en particulier les nôtres), nous allons voir où se situe concrètement cette longueur d'onde critique dans l'échelle du tableau 1. Partons de la longueur d'onde la plus courte que l'on puisse attribuer à un phénomène physique : celle du rayonnement cosmique. Celui-ci provient des étoiles, en particulier de la voie lactée. Très peu de photons parviennent dans l'environnement terrestre, mais avec une énergie considérable. Les astronautes dans l'ISS y sont soumis en permanence, sans conséquence apparemment, vu le nombre restreint de particules. En effet les facultés de régénération des cellules humaines suffisent à parer le danger. Au niveau du sol, nous ne risquons rien car nous sommes protégés par l'atmosphère qui en entraînant de multiples collisions transforme la particule cosmique en une multitude de particules d'énergies suffisamment faibles au niveau du sol pour ne pas être dangereuses (quand elles y parviennent) ⁽³⁾.

Poursuivons avec le rayonnement gamma. Il fait partie des rayonnements dits "nucléaires". Ils sont moins énergétiques que les rayons cosmiques mais beaucoup plus nombreux (surtout au cœur des centrales nucléaires). Ils sont produits naturellement par certains constituants du sol, sans véritable danger pour le vivant ⁽⁴⁾.

Avec les rayons X, nous entrons dans le domaine du rayonnement solaire qui parvient d'une manière significative dans l'environnement Terrestre. Les rayons X sont "arrêtés" en majorité par la haute atmosphère à une altitude de 60 à 100 km. On aurait plus à craindre ceux que nous produisons industriellement pour raisons médicales (risque augmenté pour les opérateurs de radiographie).

Puis nous arrivons au rayonnement ultraviolet du soleil. Celui-ci en produit en grande quantité bien qu'elle ne représente en moyenne qu'environ 1% de son rayonnement total.

Alors que la protection contre les rayons X nécessiterait de porter une armure, il est relativement facile de se protéger des rayons UV qui nous parviennent au sol. Pourtant, non seulement une majorité de personnes s'exposent complaisamment aux rayons UV du soleil pour "bronzer", mais elles utilisent un rayonnement artificiel quand la météo est défavorable. Conséquence : le mélanome est l'un des cancers les plus répandus dans la population des latitudes moyennes. La majorité du rayonnement UV du soleil est "arrêtée" par l'atmosphère à une altitude de 20 à 40 km. A cette altitude, le rayonnement a une énergie suffisante pour "transformer" des atomes d'oxygène en atomes d'ozone par absorption. Ce phénomène chimique est contrarié par les très basses températures et par la présence de gaz aérosols. On détermine l'efficacité de la réaction par la mesure de l'épaisseur de la couche d'ozone. Les rayons UV qui n'ont pas assez d'énergie pour effectuer la réaction traversent en partie le bas de l'atmosphère pour venir nous "réchauffer la carcasse". En effet, ces rayons UV se dissipent dans notre peau et dans certains cas, en absence de protection, cela peut aller jusqu'à des brûlures du second degré (les "coups de soleil").

Ainsi pour les cellules vivantes, la transition entre rayonnement ionisant et rayonnement chauffant se situe au milieu de la longueur d'onde des UV. Pour des longueurs d'ondes plus petites, les rayons UVB sont arrêtés par l'atmosphère en créant une "couche" d'ozone et pour des longueurs d'ondes plus grandes, les rayons UVA arrivent jusqu'au sol en chauffant l'épiderme des vacanciers du bord de mer (mais aussi quelques UVB et le capital "peau" perd 10%, pour un mois d'exposition quotidienne en été) ⁽⁵⁾.

Ce qu'il est important de retenir, c'est que l'effet du rayonnement électromagnétique sur le corps humain ne constitue un danger pour les cellules vivantes (risque de cancers) que pour des longueurs d'ondes inférieures à la longueur d'onde de transition située dans les UV (transition entre les UVA et les UVB). Ainsi pour la lumière visible et l'infrarouge, qui

représentent la grande majorité de l'énergie électromagnétique que nous dispense le soleil, non seulement elle n'est pas néfaste, mais c'est elle qui est à l'origine de la vie. En ce qui concerne les ondes radioélectriques dont la longueur d'onde est beaucoup plus grande et l'énergie rayonnée (W/m^2) beaucoup plus faible que pour le soleil, leur effet ne peut être qu'un petit réchauffement insignifiant. Sauf pour un four à micro-ondes où la densité d'énergie est plus de mille fois celle reçue du soleil. Alors, si l'on y fait sécher un poussin, ne pas s'étonner qu'il se transforme en poulet rôti. Et s'il faut appliquer un principe de précaution, il vaut mieux ne pas coller son visage à la fenêtre du micro-onde pour voir ce qui se passe à l'intérieur ⁽⁶⁾. Malgré tout, certaines personnes, en particulier celles appartenant au corps médical, dont le métier ne repose pas entièrement sur une rigueur scientifique (effets "placebo" et maladies psychosomatiques), ont des doutes que l'on peut résumer ainsi :

Quel pourrait être l'effet d'un échauffement ponctuel d'une partie du cerveau, en particulier chez l'enfant ? On remarquera que cet effet potentiel n'est pas spécifique aux ondes radio, mais qu'il s'applique également au rayonnement solaire. Dans ce cas, le principe de précaution consiste à munir le bébé d'un bonnet. Mais il n'est pas toujours appliqué. Pourtant on n'a pas constaté de problèmes de santé particuliers (quoique, quand on voit le comportement de certains adultes, on se demande s'ils n'ont pas oublié de mettre leur bonnet quand ils étaient petits).

Pour rassurer la population, les autorités des télécommunications ont alors décidé de mettre en place une réglementation sur l'exposition aux rayonnements radioélectriques. Voici les bases de la réglementation sur le sujet. Elle s'applique à tous les cas où des personnes sont soumises au rayonnement permanent ou non d'une antenne d'émission.

Lorsqu'on soumet un corps humain à des rayonnements électromagnétiques de faible énergie, on observe à partir d'une certaine valeur un léger échauffement du corps, et les mécanismes de thermorégulation interviennent, comme lorsqu'on passe de l'ombre au soleil.

On a déterminé expérimentalement qu'une absorption par un modèle du corps humain d'un rayonnement électromagnétique d'une puissance de 4 W par kilogramme provoquait au bout de 30 minutes un échauffement du corps inférieur ou égal à $1^\circ C$, et qu'en dessous de cette puissance on n'observait pas d'effet physiologique significatif. Cette puissance de 4 W/kg a été retenue comme référence pour l'établissement des limites réglementaires d'exposition aux ondes électromagnétiques.

Pour la population en général, on a fixé un coefficient de sécurité de 50 et défini une limite d'exposition permanente de 80 mW/kg. Pour les professionnels des télécommunications, on a retenu un coefficient de sécurité de 10 et défini une limite d'exposition de 400 mW/kg ⁽⁷⁾.

A partir de ces limites, compte-tenu des propriétés physiques des ondes et de la capacité d'absorption du corps humain (dépendant de la longueur d'onde et de la proximité de l'antenne), on a calculé la distance nécessaire, appelée distance de sécurité, au-delà de laquelle le champ électromagnétique est inférieur à la limite réglementaire.

Voici quelques exemples d'application, calculés pour le champ lointain, valable pour la population en général et pour une exposition permanente de **l'ensemble** du corps :

- Pour l'émetteur Grandes Ondes de France Inter sur 162 kHz ($P=2$ MW), la distance de sécurité depuis l'antenne est de l'ordre de 150 mètres.
- Pour un émetteur de télévision sur 470 MHz ($P=200$ kW), la distance de sécurité depuis l'antenne est de l'ordre de 100 mètres.
- Pour un émetteur FM sur 100 MHz ($P=10$ kW), la distance de sécurité depuis l'antenne est de l'ordre de 20 mètres.
- Pour une station de base GSM sur 900 MHz (les fameuses antennes relais) d'une puissance de 100 W, la distance de sécurité **dans l'axe** du rayonnement de l'antenne est de l'ordre de **1,3 mètre**.

- Pour un émetteur Wi-Fi de 20 mW (ceux de nos "Box" Internet), la distance de sécurité depuis l'antenne est de l'ordre de 13 mm (!)

Lorsque l'exposition est localisée, soit à la tête, soit au tronc, soit aux membres (jambes et bras), on a considéré, sans doute en raison d'une régulation thermique plus efficace ⁽⁸⁾, que l'on pouvait retenir des puissances spécifiques plus élevées dans une proportion :

- 25 fois plus forte, soit 2 W/kg pour la tête ou le tronc.
- 50 fois plus forte, soit 4 W/kg pour les membres.

Pour les téléphones portables c'est cette limite de 2 W/kg appelée DAS (**D**ébit d'**A**bsorption **S**pécifique) qui s'applique. Il est calculé pour une puissance moyenne de 150 mW (valeur maximum en limite de propagation) et une distance entre le téléphone et la tête de l'ordre de 10 millimètres. Il faudrait ajouter, du fait de la proximité, les effets du champ réactif qui sont difficiles à évaluer. Aussi, pour les inconditionnels du principe de précaution, il serait préférable pour les "accros" au téléphone portable de l'éloigner de l'oreille ou d'utiliser un kit "piéton" ⁽⁹⁾.

Conclusion.

Parents, ne vous trompez pas d'ennemi. Celui-ci n'est pas caché dans les antennes relais, mais bien dans votre progéniture. Si vous voulez absolument appliquer un principe de précaution, interdisez le téléphone portable à vos enfants et ne les empêchez pas d'aller à l'école, même si une antenne relais surplombe la cour de récréation. Et si malgré mes explications, vous militez toujours pour la suppression des antennes relais, ayez conscience que vous vous tirez une balle dans le pied. En effet : **pas d'antenne relais = pas de téléphone portable...** ⁽¹⁰⁾.

F5NB.

Notes.

- 1) Nous avons vu un exemple de multiplication scalaire avec la puissance transportée dans une ligne : $[P=I \times U \cdot \cos(\varphi)]$ (le résultat est un nombre). Nous avons un exemple de multiplication vectorielle avec le calcul du vecteur de Poynting : $[Q=E \wedge H \times \sin(\varphi)]$ (le résultat est un vecteur). Relire l'article "Quelques définitions mathématiques utiles en électromagnétisme" paru dans R-REF de juin 2009.
- 2) Un rayonnement ionisant atteignant un organisme vivant peut endommager ses constituants cellulaires (ADN).
- 3) On lit quelquefois, même dans des revues scientifiques, que la Terre est protégée par son champ magnétique. C'est faux. La Terre est protégée par son atmosphère (épaisseur et densité). Le champ magnétique n'exerce une action que sur des particules matérielles de faible énergie, comme le "vent solaire". Et il ne les repousse pas, il les dirige vers les calottes polaires où elles produisent de belles aurores. Au cours de l'existence Terrestre, le champ magnétique a changé d'amplitude et passé par des périodes où il était nul. Il ne s'est pas produit de catastrophe pour autant (ce qui n'est pas le cas lors d'une modification importante de l'état de l'atmosphère).
- 4) Bien qu'ils soient à certains endroits bien plus nombreux que les normes de sécurité concernant les rayonnements industriels.
- 5) Les UVB sont encore plus dangereux en altitude (moins d'épaisseur d'atmosphère à traverser) :

- *Cancer du nez chez les alpinistes fervents des 8000 ...*
- *Risques de malformations chez les femmes enceintes, aux deux premiers trimestres de grossesse, en cas de bains de soleil à plus de 2000 m d'altitude.*
- 6) *On prend sans doute plus de mille fois plus de risques qu'en regardant une antenne sur le toit de l'immeuble voisin depuis la cour d'école. Mais évitons quand-même à nos chers bambins d'aller coller leur joue contre l'antenne GSM "pour voir si ça chauffe".*
- 7) *Cela s'explique, car en principe, eux n'ont pas peur (!).*
- 8) *L'échange se fait entre les parties chaudes et froides du corps et non seulement avec le milieu extérieur.*
- 9) *En particulier pour les adolescents. Personnellement j'ai vécu mon adolescence sans le téléphone portable et je ne pense pas que cela ait nui à mon développement intellectuel. A contrario, pour les adolescents actuels, on pourrait penser que l'usage du téléphone portable est plutôt abêtissant au vu des échanges qu'ils ont grâce à ce médium.*
- 10) *Et pour être cohérent avec vous-mêmes, ne laissez pas sortir votre enfant sans être protégé par une bulle opaque (comme les "enfants lune") au cas où un rayon de soleil viendrait à les toucher.*