

HF : Puissances - niveaux d'exposition - Normes - 0,6V/m

La polémique actuelle sur les antennes-relais mobiles (cf. Grenelle des Antennes) porte sur le niveau d'exposition (champ électrique) et l'opportunité d'une révision vers le bas des normes en vigueur (le fameux 0,6V/m).

On lit et entend sur le sujet beaucoup d'erreurs et confusions (puissances, champs électriques, normes...), généralement involontaires, parfois voulues pour tenter d'orienter le débat dans une direction.

L'honnêteté intellectuelle et un minimum de connaissances sont donc nécessaires avant de prendre position.

Les ondes sont un sujet extrêmement complexe. Cependant quelques règles de base, simples, permettent d'avoir une bonne vue d'ensemble sur la problématique niveau de champ électrique.

1) Puissance rayonnée, propagation des ondes et mesure du champ électrique

La **puissance rayonnée par une antenne** est fonction de la puissance électrique appliquée et du gain de l'antenne. Une très bonne comparaison peut être faite avec un phare de voiture. Un phare comprend une ampoule (puissance électrique) et une optique destinée à concentrer les rayonnements vers la zone à éclairer. Dans cette zone le niveau d'éclairement (en Lux) est très élevé alors qu'il serait bien faible s'il n'y avait l'optique (réflecteur). Le rapport des niveaux est appelé le gain. De même une antenne relais n'est pas faite pour « éclairer » le ciel. Le rayonnement est concentré vers la zone à couvrir (cellule). On évalue le gain d'une antenne dans la direction où son efficacité est maximale, par rapport à une antenne isotrope (omnidirectionnelle). Le gain est exprimé en rapport, ou en dB.

Deux formules simples permettent de calculer la **Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente (P.I.R.E.)** :

PIRE (dBm) = Puissance électrique appliquée à l'antenne (dBm) + Gain de l'antenne (dBi)

PIRE (W) = Puissance électrique appliquée à l'antenne (W) * Gain de l'antenne

Si l'installation comprend des câbles de liaison avec des pertes sensibles, la formule devient :

PIRE (dBm) = Puissance de transmission (dBm) – Pertes dans les câbles et connecteurs (dB) + Gain Antenne (dBi)

Il existe une autre façon d'estimer la puissance rayonnée en prenant comme référence l'antenne dipôle demi-onde :

Puissance Apparente Rayonnée : PAR (dBm) = Puissance électrique (dBm) + Gain de l'Antenne (dB)

La PAR est utilisée en France par exemple pour les émetteurs radio et télévision. Par rapport à une antenne isotrope, le dipôle demi-onde a un gain de 2,15dBi. Donc : PAR = PIRE – 2,15dBi et PIRE = PAR + 2,15dBi.

On notera l'utilisation de dB (échelle logarithmique) avec la référence (m=milliwatt, i=isotrope, d=dipôle).

La formule pour passer des milliwatts (mW) aux décibels (dBm) est : **dBm = 10 * (log10 (mW))** .

Des tableaux de correspondances ou calembrettes permettent d'effectuer la conversion « dB – puissance » facilement.

Pour les antennes-relais la puissance électrique est de quelques dizaines de Watts, le gain des antennes est d'environ 50 (17dBi) et donc la puissance rayonnée (PIRE) est de quelques centaines de watts, voire quelques kilowatts.

(Exemple : PIRE (W)= 20W * 50 = 1000W ou PIRE (dBm) = 43dBm + 17 dBi = 60dBm , soit 1000W).

Résumé : pour les antennes-relais, la seule puissance à prendre en compte est la puissance rayonnée (PIRE) qui est le produit de la puissance électrique par le gain de l'antenne (valable dans l'axe de l'antenne).

Pour la **propagation des ondes** on peut également faire la comparaison avec le faisceau lumineux d'un phare.

L'atténuation est proportionnelle à la distance en champ libre. Chaque obstacle (relief, bâtiment) provoque une atténuation plus ou moins importante alors que les surfaces métalliques entretiennent ou amplifient le rayonnement.

Comme on mesure la lumière (Lux) pour un phare **on mesure pour les ondes le Champ Électrique (V/m).**

On peut également mesurer la **Densité de Puissance (W/m²)**, plus significative mais moins utilisée en France.

Conversions : V/m = √(W/m² x 377) - W/m² = (V/m)² / 377 - 1W/m² = 1000.000μW/m².

Il existe une formule simple qui permet de calculer le champ électrique théorique en fonction de la puissance (PIRE) de l'émetteur et de la distance « d » en mètres qui sépare celui-ci du point de mesure :

Champ électrique théorique : V/m = √(30 x P.I.R.E.) / d ou **W/m² = P.I.R.E. / (4 x Π x d²)**

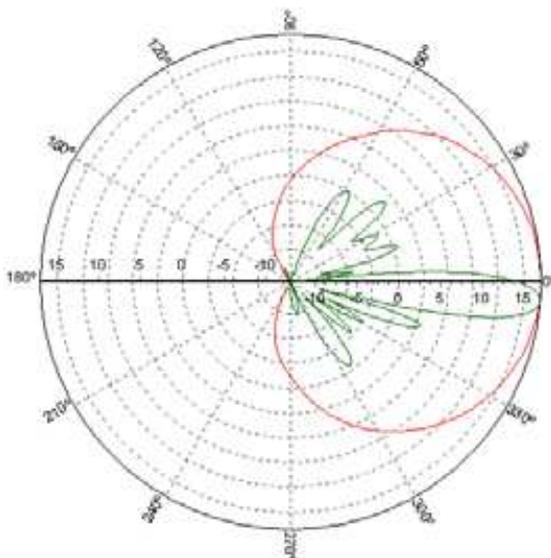
Cette formule donne d'assez bons résultats mais attention : **elle n'est valable qu'en champ libre** (absence d'obstacles et d'éléments réflecteurs importants) **et dans l'axe de l'antenne** (zone de gain maximal).

Le tableau suivant donne la valeur théorique du champ électrique (V/m) dans l'axe de l'antenne en fonction de la puissance PIRE de l'antenne et de la distance antenne – point de mesure, en champ libre bien sur.

On peut considérer que ce sont des maxima théoriques. La puissance PIRE est en Watts et la distance en mètres.

PIRE	Distance	20	30	40	50	75	100	150	200	300	400	500	750	1000	1500	2000
10	V/m	0,86	0,57	0,43	0,34	0,23	0,17	0,11	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00
20	V/m	1,22	0,81	0,61	0,48	0,32	0,24	0,16	0,12	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
50	V/m	1,93	1,29	0,96	0,77	0,51	0,38	0,25	0,19	0,12	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01
100	V/m	2,73	1,82	1,36	1,09	0,73	0,54	0,36	0,27	0,18	0,13	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02
250	V/m	4,33	2,88	2,16	1,73	1,15	0,86	0,57	0,43	0,28	0,21	0,17	0,11	0,08	0,05	0,04
500	V/m	6,12	4,08	3,06	2,44	1,63	1,22	0,81	0,61	0,40	0,30	0,24	0,16	0,12	0,08	0,06
750	V/m	7,50	5,00	3,75	3,00	2,00	1,50	1,00	0,75	0,50	0,37	0,30	0,20	0,15	0,10	0,07
1000	V/m	8,66	5,77	4,33	3,46	2,30	1,73	1,15	0,86	0,57	0,43	0,34	0,23	0,17	0,11	0,08
1500	V/m	10,60	7,07	5,30	4,24	2,82	2,12	1,41	1,06	0,70	0,53	0,42	0,28	0,21	0,14	0,10
2000	V/m	12,24	8,16	6,12	4,89	3,26	2,44	1,63	1,22	0,81	0,61	0,48	0,32	0,24	0,16	0,12
3000	V/m	15,00	10,00	7,50	6,00	4,00	3,00	2,00	1,50	1,00	0,75	0,60	0,40	0,30	0,20	0,15
4000	V/m	17,32	11,54	8,66	6,92	4,61	3,46	2,30	1,73	1,15	0,86	0,69	0,46	0,34	0,23	0,17
5000	V/m	19,36	12,90	9,68	7,74	5,16	3,87	2,58	1,93	1,29	0,96	0,77	0,51	0,38	0,25	0,19
7500	V/m	23,71	15,81	11,85	9,48	6,32	4,74	3,16	2,37	1,58	1,18	0,94	0,63	0,47	0,31	0,23
10000	V/m	27,38	18,25	13,69	10,95	7,30	5,47	3,65	2,73	1,82	1,36	1,09	0,73	0,54	0,36	0,27

Lorsqu'on s'éloigne de l'axe de l'antenne, l'atténuation devient importante et il faut tenir compte des caractéristiques.



Exemple de diagramme de niveau / directivité d'une antenne GSM.

La courbe en rouge indique le gain de l'antenne sur le plan horizontal.

Il est maximal dans l'axe de l'antenne et décroît progressivement

lorsqu'on s'éloigne de l'axe. On obtient une couverture homogène de

l'espace lorsqu'on dispose 3 antennes de ce type à 120° .

Le diagramme en vert indique le gain de l'antenne en fonction de l'angle

par rapport à la perpendiculaire de l'antenne (diagramme vertical).

Les variations sont beaucoup plus importantes que sur le plan horizontal.

Ce diagramme explique qu'on trouve un lobe primaire puissant dans

l'axe de l'antenne accompagné de plusieurs lobes secondaires, moins

puissants mais non négligeables à proximité. On en déduit également

l'importance du tilt de l'antenne, de la distance et de la hauteur relative antenne / sujet exposé.

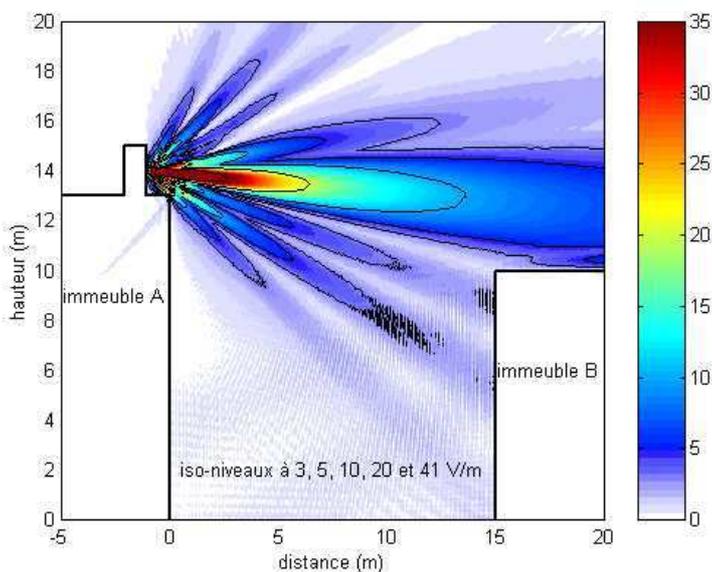
Les caractéristiques varient bien sur d'un modèle à l'autre mais le

schéma général reste le même.

Les principales caractéristiques des antennes sont donc : le **gain maxi en dBi** (dans l'axe) et les **angles d'ouverture** (horizontal et vertical). L'angle d'ouverture définit l'angle pour lequel le gain est supérieur au maxi - 3dB (moitié).

Sur le plan vertical l'angle d'ouverture est de l'ordre de 10°. Au niveau du positionnement des antennes les données importantes sont l'**azimut** (direction), le **tilt** (inclinaison) qui peut être électrique ou mécanique et la **hauteur**.

Ci-dessous une simulation des champs électriques générés à proximité d'une antenne-relais (source : ENSTB)



Les données de base étaient :

Puissance de sortie : 43dBm

Gain de l'antenne : 15,5dBi

PIRE résultante : 700W

Tilt : 5°

Ce dessin illustre bien la forme des lobes principaux et secondaires, l'importance de la distance, de la hauteur et du tilt.

Ici le faisceau principal passe au-dessus de l'immeuble. Lorsqu'il frappe une façade les niveaux peuvent devenir très élevés.

Mesures : Si l'estimation des champs électriques peut être intéressante, surtout pour comprendre les mécanismes des ondes, il est plus sûr d'effectuer des mesures sur site pour connaître le niveau d'exposition effectif aux ondes. Comment mesurer ? On peut utiliser des appareils « **large bande** » qui donnent le niveau d'exposition global (généralement en V/m ou $\mu\text{W}/\text{m}^2$, peu importe, la conversion étant facile) sur la bande de fréquences couverte par l'appareil (exemple : entre 0,8 et 2,5GHz). On trouve des appareils pour amateurs (entre 50 et 1000€ environ) qui donnent pour certains des résultats tout à fait honorables. Si l'on veut connaître le détail des fréquences/niveaux présents il faut utiliser des **analyseurs de spectre** (on tombe alors dans le domaine professionnel).

On peut demander des **mesures officielles** (à l'opérateur gérant le site ou à la mairie) qui sont **gratuites**. Elles sont effectuées par des organismes agréés COFRAC et sont publiées sur le site de l'ANFR : www.cartoradio.fr.

La mesure liste les fréquences détectées et le niveau de champ électrique associé en V/m ainsi que le niveau total. Le niveau total n'est pas la somme arithmétique des niveaux individuels, mais est donné par la formule suivante :

$E_{\text{total}} = \sqrt{(\sum E_i^2)}$. Exemple : pour 1V/m, 0,5V/m et 0,2V/m présents : $E_{\text{total}} = \sqrt{(1^2 + 0,5^2 + 0,2^2)} = 1,13\text{V/m}$.

2) Normes

Il faut distinguer les normes s'appliquant à la puissance d'émission et celles s'appliquant au niveau d'exposition.

a) Normes s'appliquant à la puissance d'émission (PIRE) :

Ce type de normes s'applique généralement à des équipements individuels. Elles définissent une puissance d'émission maximale (PIRE) à ne pas dépasser. Dans le domaine qui nous intéresse, sont concernés les équipements **WiFi (0,1W)**, **DECT (0,25W)**, **GSM (2W)**. On peut en déduire les niveaux d'exposition maxi suivant la distance :

Distance	10cm	50cm	1m	2m	3m	5m	10m
WiFi - 100mW - V/m	17,3	3,46	1,73	0,87	0,58	0,35	0,17
DECT - 250mW - V/m	27,4	5,48	2,74	1,37	0,91	0,55	0,27
GSM - 2W - V/m	77	15,5	7,7	3,87	2,58	1,55	0,77

La puissance effective peut bien sûr être inférieure. L'émission peut être intermittente et modulée suivant les appareils. La modification des appareils pour augmenter la PIRE (antenne à plus fort gain) rend l'appareil non conforme à la législation et expose les utilisateurs et voisins à des champs électriques élevés !

(Les bien connues boîtes de conserves pour le WiFi (norme 0,1W) font passer la puissance à 1 à 10W...)

b) Normes s'appliquant au niveau d'exposition (champ électrique) :

Dans ce cas il n'y a pas de limite sur la puissance d'émission mais une limite à la valeur du champ électrique mesuré dans tout lieu habité. Actuellement, cette limite est fonction du type d'émission (radio, tv, gsm, etc...).

Pour les antennes relais, les normes actuelles sont : **41V/m (GSM900)**, **58V/m (GSM1800)** et **61V/m (UMTS)**.

Les valeurs les plus élevées se mesurent dans les logements les plus proches et dans l'axe des antennes.

Ces valeurs sont de l'ordre de quelques V/m, très largement inférieures aux normes actuelles.

Attention aux amalgames : il est bien sûr faux de dire qu'on émet à 61V/m ! : 61V/m correspondent non pas à la puissance d'émission (PIRE) mais au niveau d'exposition maximal auquel on doit être soumis dans la gamme de fréquences UMTS sur un lieu d'habitation. Il est tout aussi faux de dire que dans les pays où la norme est à 6V/m les antennes émettent 10 fois moins fort ou qu'on est exposé à des champs électriques 10 fois plus faibles !

Sachant qu'il est rare que le niveau mesuré dépasse 6V/m l'adoption de ce niveau de norme ne changerait que très peu la situation sur le terrain. Même l'adoption d'une norme à 3V/m aurait une incidence assez modeste.

Par contre la norme demandée à 0,6V/m amènerait des bouleversements plus profonds car cette valeur est souvent dépassée. De plus ce projet prévoit une limite non plus par type de fréquences mais toutes fréquences confondues.

Si on voulait comparer les niveaux des normes HF aux limitations de vitesse sur la route cela pourrait ressembler à :

61 V/m = 800 Km/h , 6 V/m = 200 Km/h , 3 V/m = 170 Km/h , 0,6 V/m = 130 Km/h .

3) 0,6V/m : origine, faisabilité, contrôle

Cette fameuse norme à 0,6V/m réclamée de manière pressante mérite une attention particulière. Son adoption entrainerait des changements significatifs (niveau de protection des riverains, qualité et organisation du réseau).

a) Origine :

D'où vient cette valeur et pourquoi ? On entend parfois dire qu'elle est arbitraire ou sans fondement.

En fait, contrairement aux apparences, elle correspond à un chiffre rond : $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2 = 0,614 \text{ V}/\text{m}$.

Un groupe de chercheurs indépendants ayant fait des études sur le sujet, les résultats les ont incités à choisir cette valeur comme étant raisonnablement positionnée pour protéger la population. Comme pour toutes les normes dans le domaine environnemental, elles sont amenées à évoluer en fonction de nouvelles connaissances et des possibilités de réalisation. Certaines personnes sont sensibles à des niveaux moins élevés et on pourrait être tenté de demander une valeur plus basse (0,2V/m). Toutefois, si l'obtention aujourd'hui des 0,6V/m relèverait d'une performance, 0,2V/m n'aurait certainement aucune chance de passer car trop difficiles à appliquer sur le terrain.

b) Faisabilité :

C'est le cœur du débat. Il faut d'abord rester objectif et éviter les clichés stéréotypés (c'est impossible ou c'est très facile). Précisons d'abord que cette norme a été adoptée par le Liechtenstein (mise en œuvre prévue pour 2012) et qu'une expérience pilote 0,6V/m a eu lieu à Salzbourg avec un opérateur. Cette expérience a été positive mais il n'y a pas aujourd'hui de pays appliquant une norme à 0,6V/m, légale et effective.

Problématique : contrairement au satellite qui rayonne par le haut sans obstacles un niveau de champ électrique très faible mais homogène sur un territoire, les antennes relais sont obligées d'émettre à un niveau élevé pour compenser les obstacles et les différences de distance antenne-utilisateur. Les champs électriques sont donc très élevés à proximité (faible distance et dans l'axe) mais très faibles à distance élevée avec de multiples obstacles.

Il y a donc une double contrainte : champs électriques partout inférieurs à la norme en vigueur, mais supérieurs au seuil de fonctionnement d'un mobile. Ce seuil est variable. On peut l'estimer aux environs de 0,002V/m ($0,01 \mu\text{W}/\text{m}^2$). Prenons par exemple un site où on mesure 3V/m à 50m. D'après notre tableau il reste 0,15V/m à 1000m. Si on n'est pas dans l'axe de l'antenne le niveau sera inférieur, par exemple 0,08V/m. En intérieur le niveau peut être divisé par 10 par exemple, reste 0,008V/m. S'il y a des obstacles entre l'antenne et le logement le niveau diminue encore et on s'approche du seuil de fonctionnement. Tout le problème consiste à apprécier la marge entre le niveau disponible et ce seuil de bon fonctionnement. Ainsi il serait naïf de penser que parce que le mobile peut fonctionner avec 0,002V/m ou qu'on a 5 barrettes avec 0,2V/m par exemple, la réduction de la norme à 0,6V/m ne poserait aucun problème. A l'inverse, précisons que de nombreux sites respectent déjà cette norme (site implantés à distance des villages à la campagne). Il n'y a pas de règles générales, que du cas par cas, hélas.

Les solutions :

Comment arriver à 0,6V/m en conservant une qualité de service ? Ce serait une erreur d'appliquer une seule stratégie. Par exemple la seule diminution de la puissance créerait de nombreuses zones d'ombre. La seule multiplication des antennes relais irait à l'encontre d'un grief majeur (envahissement par les antennes) et coûterait très cher. Connaissant les principes de base des antennes, on en déduit les solutions (nous en avons dénombré 7), l'idéal étant bien entendu de les combiner, et de choisir les meilleures en fonction de la situation actuelle, site par site.

1) Baisser la puissance : le plus facile, mais ...

Cette solution, gratuite, est de loin la plus facile et rapide à mettre en œuvre (il suffit de « baisser les curseurs »). La diminution du champ électrique est homogène sur toute la zone couverte, le ratio étant identique à proximité et à distance. Ceci peut conduire à des niveaux trop faibles aux limites de zone. Par exemple pour une cellule donnée (zone couverte par une antenne relais) : si la valeur maxi actuellement relevée est de 3V/m, il faudrait arriver à diviser par 5 le champ électrique pour satisfaire la norme de 0,6V/m, ce qui risque de créer des zones d'ombre (signal trop faible). Par contre si la valeur maxi actuelle est plus basse (1V/m par exemple) la baisse de champ électrique sera moindre après correction et le niveau restant pourrait être suffisant. A noter que, contrairement à ce qui est affirmé

parfois, une baisse de puissance d'émission des relais n'entraînerait pas une augmentation du niveau d'émission des mobiles, les conditions de communication mobile vers relais ne changeant pas.

2) Éloigner les antennes : la meilleure solution

L'éloignement des antennes des habitations (minimum 300 à 500m) est la meilleure solution pour épargner les riverains : en effet la diminution de niveau pour les habitations les plus proches est très importante, alors que la baisse de niveau en fond de zone est relativement faible, permettant le maintien de la qualité. (cf. tableau d'affaiblissement). La pratique qui consiste à la campagne à placer un pylône supportant les antennes entre les villages, éloignés des habitations constitue une configuration idéale. La norme est respectée, la valeur moyenne est plus basse mais les valeurs minimales restent suffisantes. Cette solution est hélas peu applicable en ville ou les zones non habitées sont rares.

3) Surélever les antennes : efficace mais vu d'un mauvais œil ?

Les situations les plus critiques se rencontrent dans les logements proches d'une antenne, à une hauteur égale ou légèrement inférieure (se trouvant donc dans le faisceau principal). Cette configuration se rencontre hélas trop souvent : quartiers d'immeubles de location, l'antenne arrosant les immeubles voisins (de hauteur égale ou proche). Le niveau d'exposition croît alors avec la hauteur du logement. Exemple sur le terrain : dans un immeuble de 4 étages situé à 80m d'antennes montées sur un immeuble de 5 étages, on mesure de 0,8 à 2,5V/m du 1^{er} au 4^{ème} étage ! Le fait de surélever les antennes permettrait non seulement une diminution drastique des niveaux mais aussi un meilleur « éclairage » de la zone permettant alors une baisse de puissance. Inconvénients : nécessite un permis et surtout l'intégration au site risque de soulever des oppositions compréhensibles. Ceci souligne la nécessité de choisir des sites naturellement surélevés et d'éviter les configurations trop défavorables. Sur le terrain cela se confirme : dans la même commune une autre antenne bien située en hauteur (à flanc de colline) : on ne mesure que 1,5V/m à 50m.

4) Réorienter les antennes : optimisation payante dans certains cas

L'orientation des antennes comporte deux réglages :

- le tilt est optimisé pour « éclairer » la zone dans le sens de la longueur et donc peu susceptible d'être modifié.
- l'azimut donne la direction des antennes. Comme il y a généralement 3 antennes pour couvrir les 360° (3x120°), il n'est pas exclu de revoir ce réglage pour optimiser l'impact d'exposition. Ceci est intéressant s'il y a un immeuble particulièrement exposé et situé dans l'axe d'une antenne. Le fait de modifier l'azimut pour que l'immeuble se situe dans la zone de moindre gain de l'antenne peut réduire sensiblement le champ électrique.

5) Multiplier les antennes : une vraie fausse bonne idée ?

Les opérateurs agitent-ils cet épouvantail pour dissuader les associations ? Les inconvénients sont nombreux :

- cette solution coûte très cher aux opérateurs (et par ricochet aux utilisateurs)
 - Le public est irrité par l'omniprésence des antennes (environ 70.000 stations actuellement).
Veut-on passer à par exemple 200.000 stations ? Cela ne paraît pas raisonnable ni souhaitable.
 - Si cela permet une diminution de l'exposition maximale, il n'est pas sûr que la valeur moyenne diminue (il faut étudier au cas par cas la situation actuelle et celle proposée pour en juger). De plus cela rend plus difficile la recherche de zones faiblement exposées (loin des antennes) pour les personnes sensibles.
- Si cette solution ne se justifie absolument pas à la campagne, elle peut trouver une application en hyper-centre de grandes agglomérations où le problème n'est pas la distance (une station tous les 300m environ) mais la forte atténuation par l'habitat hyperdense et élevé. A condition bien sûr d'appliquer alors de faibles puissances.

6) Mutualiser les (bons) sites : le bon sens retrouvé

L'ouverture à la concurrence de la téléphonie mobile a donné lieu à un déploiement anarchique et sans concertation des stations de base. Souvent deux ou trois sites par commune, dont parfois un ou deux très mal placés !

Accepterions-nous 3 bureaux de poste ou gares (de préférence excentrés pour des raisons économiques) dans nos villages ? Il est regrettable de voir dans une commune une station bien placée en hauteur, légèrement excentrée, et une autre coincée entre une école, une résidence 3^{ème} âge et des immeubles HLM, difficile de faire pire !

On peut très bien concevoir l'obligation de mutualiser les sites, ce qui permettrait, selon le cas de :

- héberger tous les opérateurs sur un seul site (le mieux placé) pour les petites et moyennes communes. Avantages : réduction du nombre de sites, baisse des niveaux maxi et moyen. Inconvénient : les niveaux de champs générés par

- les opérateurs s'additionnent (racine de la somme des carrés) et il faut alors partager la ressource 0,6V/m.
- augmenter le nombre de stations sans augmenter le nombre de sites (même inconvénient que ci-dessus)

7) Compromis Niveau d'exposition / Qualité : hautement souhaitable

Jusqu'à présent uniquement les aspects cout et qualité entrent en ligne de compte dans l'architecture et les niveaux d'émissions des stations de base. Dans le cadre d'une norme à 0,6V/m le souci de baisser au maximum les niveaux d'exposition doit s'ajouter aux deux critères initiaux et conduire, comme dans beaucoup de domaines, à des compromis. Les clients qui veulent téléphoner et les riverains souhaitant une exposition la plus faible possible sont les mêmes personnes. Aussi peut-on renoncer à la course aux barrettes, accepter dans certains cas limites de ne pas avoir de réseau dans une cave ou une pièce aveugle. Si une baisse de niveau raisonnée crée quelques zones d'ombre des solutions existent. Au niveau individuel (habitat), l'utilisation de la ligne filaire, ainsi que des solutions de couplage fixe/mobile. Pour les bâtiments publics, les répéteurs GSM avec antenne extérieure sont une solution.

c) Contrôles :

Si le contrôle du respect des normes est aujourd'hui une simple formalité (niveaux toujours très inférieurs), il n'en irait pas de même si la norme 0,6V/m était adoptée. Il y a fort à parier qu'on flirterait très souvent avec les niveaux autorisés, et les dépassements ne seraient pas rares. Le contrôle systématique ou la surveillance par sondes des 70000 stations de base est impossible. On peut alors imaginer une organisation à deux niveaux :

- surveillance et alerte, réalisée par exemple par le service technique ou environnement de la commune ou/ou et des associations locales, avec des appareils bon marché fiables. En cas de dépassement, déclenchement d'une procédure
- mesure officielle effectuée par un organisme agréé.

Si le dépassement est confirmé, saisie d'un organisme chargé de la mise en œuvre des mesures nécessaires, avec un arbitrage si plusieurs opérateurs sont concernés (qui baisse les niveaux et de combien, ou modification de l'architecture), opération délicate s'il en est.

Et les émetteurs de TV/FM ?

Ces émetteurs ont des puissances très variables. Les émetteurs principaux affichent des puissances d'émission (PAR) impressionnantes (plusieurs centaines de KW). Heureusement ils sont très rares (1 ou 2 par département) et s'ils sont bien placés leur impact est limité. Par exemple dans le Bas-Rhin le seul gros émetteur est celui de Nordheim, bien placé au sommet d'une colline. Les petits réémetteurs de proximité ont une puissance faible. Il y a donc effectivement des cas où le niveau d'exposition dépasse 0,6V/m, du à la TV/FM. (même s'ils sont beaucoup plus rares que ceux dus aux antennes relais mobiles). Suivant les cas on peut procéder à des réaménagements ou accorder des dérogations exceptionnelles.

Et après ?

La mise en place du 0,6V/m ne « résout » (améliore) que la situation des émetteurs et antennes relais. Elle ne change rien au problème des équipements individuels (DECT, Wifi, GSM) soumis aux seules normes de puissance. Aujourd'hui le sans-fil tend à devenir la règle et le filaire l'exception. Il faut inverser la tendance pour que le sans-fil redevienne l'exception. Les box Wifi devraient être configurées en filaire (mode à encourager) par défaut, et l'activation du Wifi sur les PC devrait nécessiter une action spécifique à chaque usage. Les DECT et box Wifi devraient adopter le principe de fonctionnement des éco-dect : le rayonnement n'est activé que lors de l'utilisation effective. La puissance d'émission devrait être modulée (optimisation) comme sur les GSM. Pour les téléphones mobiles, la puissance de 2W peut paraître modeste mais le problème est la proximité. Le champ électrique est de plusieurs dizaines de V/m à proximité immédiate et plusieurs V/m jusqu'à plusieurs mètres de distance, ce qui pose le problème de la téléphonie passive. Les conseils habituels (utilisation d'oreillettes et limitation de la durée des communications) ne changent pas grand-chose au problème puisqu'à proximité on dépasse largement les 0,6V/m et si on limite l'usage de son propre mobile on est soumis au rayonnement des mobiles proches. Le problème est particulièrement critique dans les trains par la promiscuité, l'amplification du champ électrique par les parois métalliques et la vitesse qui fait qu'on change régulièrement de relais donc tous les mobiles allumés émettent à fond plusieurs secondes à chaque occurrence. En fin de journée la durée (dose) d'exposition à plus de 0,6V/m du fait des mobiles n'est pas négligeable. A terme une législation type tabac est inévitable pour les lieux publics et surtout les transports publics. Si on fait l'impasse on n'aura résolu que la moitié du problème globalement.

En Résumé :

Une antenne génère un faisceau plus ou moins concentré d'où la notion de gain. La puissance effectivement rayonnée par l'antenne est la : **PIRE (W) = Puissance électrique appliquée à l'antenne * Gain de l'antenne.** Pour les antennes relais la PIRE est de quelques centaines de Watts dans l'axe de l'antenne (gain ~50 ou 17dBi). On peut calculer le champ électrique théorique à une distance « d » d'une antenne en champ libre suivant la PIRE : **Champ électrique théorique : V/m = $\sqrt{(30 \times \text{P.I.R.E.}) / d}$** dans l'axe de l'antenne. Hors axe de l'antenne il faut connaître ses caractéristiques (**diagrammes de niveau/directivité**, angle d'ouverture). Il faut aussi connaître les éléments de réglage : **hauteur, azimut** (direction) et **tilt** (inclinaison). De plus sur le terrain les obstacles affaiblissent le signal et les éléments métalliques peuvent le renforcer. Tout ceci est complexe et pour connaître le niveau d'exposition à un endroit donné il faut faire une mesure sur le terrain : mesure gratuite par un organisme agréé ou un organisme indépendant (niveaux, détails par fréquences). On peut aussi estimer soi même le niveau global d'exposition avec des appareils de mesures large bande. Il existe quelques modèles pour amateurs à budget raisonnable et donnant des résultats tout à fait honorables. Les **normes** peuvent s'appliquer à la **puissance (PIRE) des équipements (GSM 2W, DECT 0,25W, Wifi 0,1W)** ou au **niveau d'exposition (champ électrique)** pour les **antennes émetteurs et relais mobiles**. Actuellement elles sont fonction des fréquences (de **41V/m à 61V/m pour les relais mobiles**). Ces niveaux ne doivent pas être dépassés dans tout lieu habité. Les niveaux maxi concrètement relevés (plusieurs V/m) sont actuellement très inférieurs aux normes. La révision des normes actuellement demandée à **0,6V/m** concerne par contre le **niveau d'exposition global à l'ensemble des hautes fréquences**, et non plus par tranches de fréquences comme aujourd'hui. La mise en place de cette norme à 0,6V/m entraînerait des modifications importantes du réseau. S'il existe de nombreuses zones où elle est déjà respectée, il en existe d'autres où on la dépasse largement. Le problème des antennes relais est que le champ électrique est très élevé à proximité et très faible aux endroits les plus éloignés avec des obstacles. Il doit être partout plus élevé que le seuil de fonctionnement des mobiles mais moins élevé que la norme en vigueur. La marge de manœuvre est variable. Il y a plusieurs possibilités pour réduire le niveau d'exposition et passer sous les 0,6V/m : baisse de puissance, éloignement, surélévation, réorientation des antennes, multiplication, mutualisation des sites et l'acceptation de compromis niveau d'exposition / qualité. Le contrôle des niveaux prendrait toute son importance et les mécanismes devraient être revus, incluant les municipalités, associations et organismes indépendants dans le processus de surveillance et d'alerte. Après restera le problème des équipements (Dect, Wifi, GSM) dont le fonctionnement et l'usage sont à réglementer pour limiter au maximum l'exposition directe et passive de la population.

Liens intéressants sur le sujet :

Calculatrice champ électrique, PIRE, conversions : <http://www.electrosmog.info/spip.php?article18>

Le dossier technique très complet de *Next-Up* : <http://www.next-up.org/main.php?param=antennereleistm#1>

Cartographie des émetteurs pour la France : <http://www.cartoradio.fr/netenmap.php?cmd=zoomfull>

Accès rapide aux mesures par départements : <http://mesures.anfr.fr/>

La liste des émetteurs TV avec leur PAR : http://www.csa.fr/infos/operateurs/sites_tableau.php