

SCIENCES SANS CONSCIENCE : LES ONDES ET LA SANTE

ALAIN PRIOUX

ÉLECTRONICIEN, VICE-PRESIDENT CHARGE DES MOYENS

Contenu

1. Les ondes
2. Les principes des ondes
3. Effets thermiques
4. Effets non thermiques
5. Antennes relais et téléphonie mobile
 - Antennes relais et station de base
 - Téléphone mobile
6. Évolution technologique
7. Risques et Problèmes de société
8. Conclusions
9. Références

1. Les ondes

Les ondes traduisent la propagation d'une vibration qui peut être périodique dans le temps (fréquence F en Hertz) et périodique dans l'espace (amplitude a, vitesse v et longueur d'onde λ) :

$$\lambda = C / F \text{ (C = vitesse de la lumière)}$$

Une onde électromagnétique est l'association d'un champ E et d'un champ H, caractérisée par la fréquence F, l'intensité et la puissance. La lumière est une onde électromagnétique. La fréquence F de l'onde est le nombre de variations du champ par seconde et s'étend de 0 à l'infini.

F	bande	Applications
88-107Mhz	radiofréquences	FM
300 MHz - 3 GHz	RF et MO	
	400-800 MHz	Télévision, tél. analogique
	900-1900 MHz	GSM
	1900-2200 MHz	UMTS (tél. + Internet)
3- 100 GHz	Radars	

Le champ décroît en fonction du carré de la distance ($1/r^2$) : la puissance reçue à 40 m d'une antenne est 16 fois plus faible qu'à 20 m.

Les radiofréquences n'ont pas d'énergie suffisante pour perturber ou modifier les liaisons moléculaires.

L'intensité du champ peut s'exprimer en V/m pour E, en A/m ou T pour H et en W/m² pour la densité de puissance.

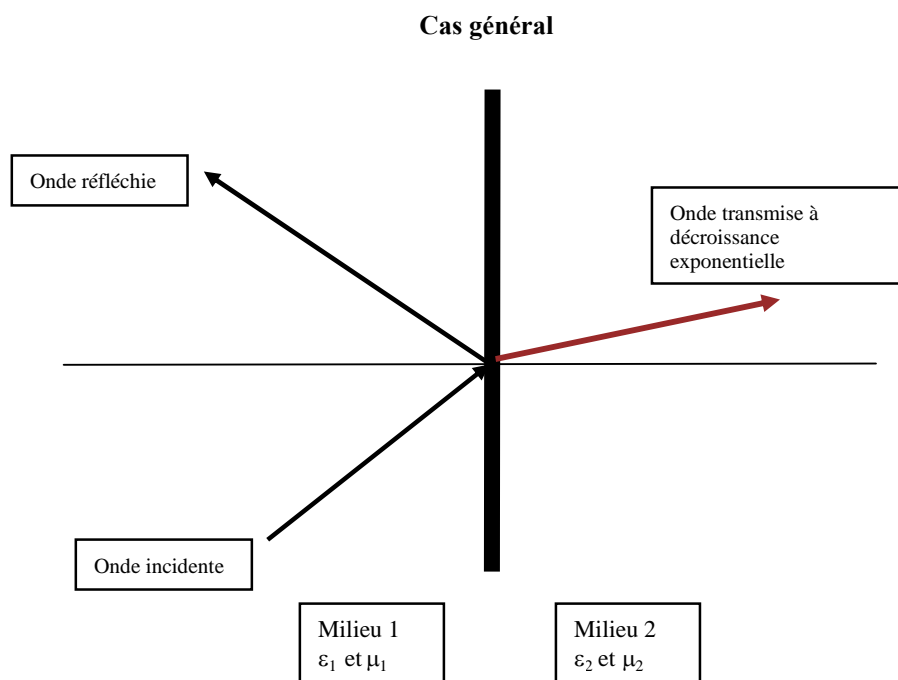
Champs électriques	
Habitation	20 V/m
Dans un wagon élec	300 V/m
Atmosphère calme	100-200 V/m
Orage	100 KV/m
Émissions GSM	90 V/m
à 1 cm d'un mobile	50 V/m
à 1m station de base	0,01 à qq V/M
à 5 m station de base	
Champs magnétiques	
Appartement	0,002 mT à 200T
Ligne HT	30 T
Terrestre	50 T
Train électrique	100 T
GSM	0,03 T
Prox station de base	0,3 T
Prox mobile	

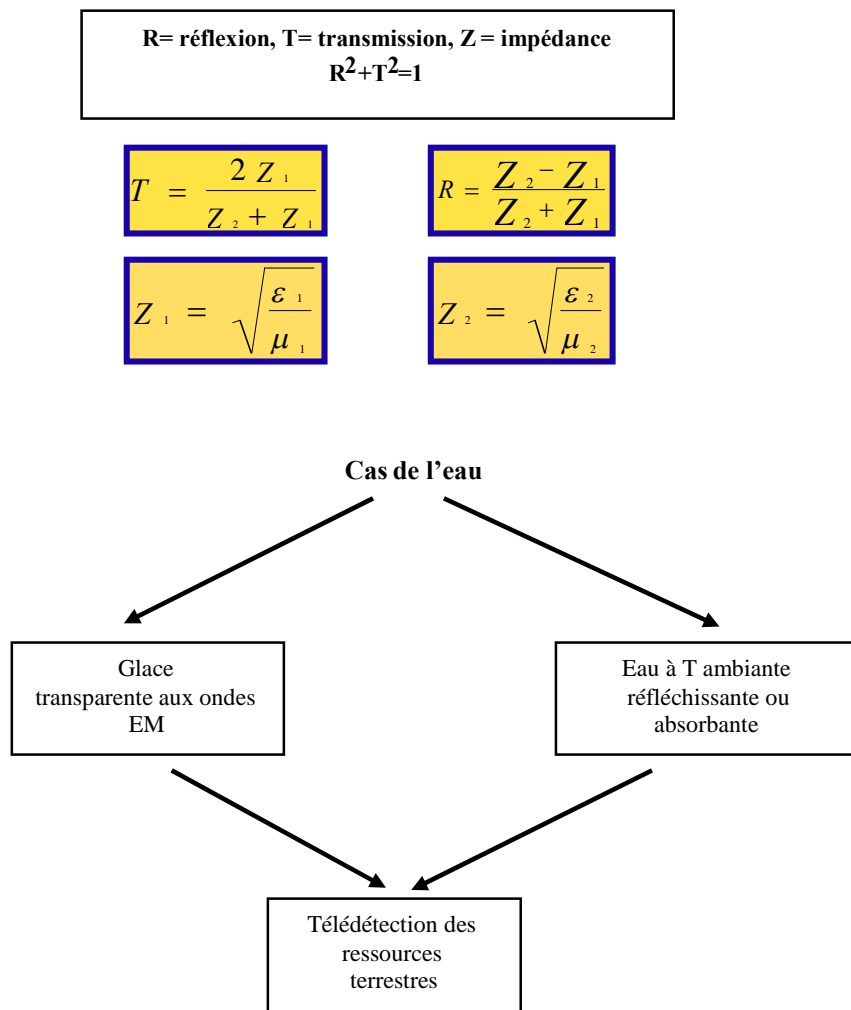
2. Principes des ondes

Les ondes se propagent dans l'air sans atténuation, sauf à des fréquences de résonance de certaines molécules. Applications : communications spatiales et satellitaires, téléphone mobile, télévision, télédétection et radars.

Les ondes se propagent dans un milieu diélectrique avec une réduction de la vitesse de propagation en $1/\epsilon^{1/2}$, où ϵ est la permittivité du milieu.

Si les dimensions du milieu (L) sont proportionnelles à la longueur d'onde ($\lambda/4 < L < \lambda$), un effet de résonance se met en place avec échange d'énergie entre l'onde et le milieu.





3. Effets thermiques

Les micro-ondes provoquent une agitation des molécules d'eau et entraînent une élévation de la température du milieu si le niveau de puissance transmise au milieu est suffisant.

$$P_{abs} \cong F E^2 \epsilon'' \approx 4,18mc \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

Pertes diélectriques

Applications : fours micro-ondes ménagers, fours industriels (tunnel de séchage, lyophilisation, cuisson industrielle, décongélation) équipements de diathermie, brise-béton, soudage, réparation des chaussées. Les processus sont bien connus et maîtrisés.

4. Effets non thermiques

1. Un effet non thermique n'est pas dû à un échauffement. Il peut être dû à la forme d'onde, aux phénomènes de résonance interne, aux phénomènes coopératifs.
2. Des effets biologiques peuvent se manifester comme une réponse « adaptative » normale du milieu biologique, du tissu ou de l'organisme à une stimulation. Cet effet est généralement réversible et disparaît avec la contrainte.
3. Des effets athermiques peuvent exister si l'échauffement est empêché par un processus de thermorégulation.

Ces effets sont explorés depuis plus de 40 ans sur les milieux biologiques.

5. Antennes relais et téléphonie mobile

Position du problème :

À la fin de l'année 2005, il y a environ 2 milliards de téléphones mobiles en service et à la fin 2010, ce nombre pourrait atteindre trois milliards. Des progrès très importants ont été faits dans la recherche et le développement des communications sans fil ces dix dernières années faisant apparaître de nouvelles applications. L'augmentation des mobiles et des stations de base ou des antennes relais a conduit à penser que les niveaux d'énergie mis en jeu pourraient causer des effets inconnus sur la santé humaine.

Les radiofréquences des mobiles ont les caractéristiques suivantes :

- pour les mobiles, l'appareil et son antenne sont très proches de la tête,
- pour les stations de base ou antennes relais, c'est leur multiplication dans un environnement proche qui pose problème.

Il a été suggéré que les mobiles et les antennes relais pouvaient induire le développement de cancer ou d'autres effets inconnus des systèmes nerveux centraux ou encore avoir des effets subjectifs. Cela a entraîné des débats médiatiques et politiques intenses avec le développement de nombreux programmes de recherche dans le monde.

5.1 Antennes relais ou stations de base

L'Agence Nationale des Fréquences a montré que :

Sur une station de base à 900 MHz de forte puissance (20 watts), ayant une antenne de 15 db de gain et un diagramme de rayonnement orienté de 5° vers le sol, dans les zones où le public peut séjourner le niveau est inférieur à 3V/m et est très inférieur dans les appartements situés au dessous de l'antenne

La tour Eiffel a des émetteurs de télévision de très forte puissance (puissance équivalente à celle de toutes les stations de base françaises réunies). L'environnement de l'habitat ne semble pas souffrir de la présence de ces émetteurs (pour une antenne à 45 m d'altitude à 500 m le champ est de 0,13 V/m ou 45µw/cm²)

5.2 Téléphonies mobiles

En France, les systèmes sont bi-bandes et centrés sur :

- GSM 900, fonctionnant de 870 à 960 MHz.
- GSM 1800, fonctionnant de 1700 à 1880 MHz.

- À l'intérieur de cette bande, on a un découpage en 0,2 MHz pour chaque communication et à l'intérieur de cette gamme de 0,2 MHz, il y a un découpage temporel (TDMA) pour plusieurs utilisateurs.

GSM émet des impulsions de 576 μ s toutes les 4,6 ms. La fréquence de répétition est de 217 Hz et le rapport cyclique de 1/8. Huit utilisateurs différents peuvent se partager les bandes étroites.

Le mobile n'émet au maximum qu'un huitième de temps :

- GSM 900 de 2 watts de puissance crête aura une puissance moyenne de 250 mw.
- GSM 1800 de 1 watt, aura une puissance moyenne de 125 mw.
- C'est la puissance moyenne qui se dégrade en chaleur dans le milieu.

La puissance d'émission d'un mobile est modulée par un dispositif de contrôle de puissance : 250 mw à plusieurs kilomètres et 10 mw à quelques mètres. Quinze niveaux de puissance sont possibles avec les GSM.

Des études expérimentales et théoriques ont permis de montrer que la zone proche de l'oreille interne absorbe une grande partie de l'énergie émise :

- la puissance absorbée par unité de masse (DAS) est évaluée dans l'oreille à 0,4 w/kg pour une puissance de 250 mw et une fréquence de 900 MHz.
- Échauffement faible de la peau. Les tissus profonds ne sont pas échauffés ($\Delta T < 0,1^\circ\text{C}$ dans le cerveau) par suite de l'absorption des ondes dans les tissus superficiels.

Normes pour les équipements téléphoniques :

- DAS corps entier $< 0,08$ w/kg
- DAS local < 2 w/kg sur 10 g de tissus

Norme pour les stations de base : niveaux de références

Systèmes	F en MHz	E (V/m)	H (A/m)	dP (W/m ²)
GSM 900	925-960	41	0,11	4,6
GSM 1800	1800-1880	58	0,15	9
UMTS	2110-2170	61	610,16	10

6. Évolution technologique

Pour les mobiles, en plus de la transmission de la voix, on aura :

- la transmission d'images photos ou Internet ;
- le développement des services interactifs : météo, actualité, loisirs, annonces commerciales ;
- la transmission de musique : intégration du MP3 ;
- le couplage aux NTIC d'accès fixe sans fil (bluetooth, WLAN), d'accès mobiles (GSM/GPRS, UMTS, GPS) s'accompagne à la fois d'un accroissement de bande de fréquences et de vitesse de transmission.

Conséquences :

- Des antennes relais plus petites, plus performantes et plus nombreuses (500 000 antennes envisagées) ;
- Des terminaux mobiles dédiés aux échanges de données et sécurisés par kit mains libres et bluetooth ;
- Une exposition globale aux champs électromagnétiques en augmentation : à surveiller sur lieu de travail et dans les habitations.

7. Risques et problèmes de société

Risques

De nombreuses études ont été réalisées :

- Quelques unes ont révélé des effets biologiques sans conséquence sanitaire grave ;
- Consensus sur la non-induction des cancers et pas d'accélération de développement de tumeurs existantes avec les mobiles ;
- Aucune conclusion nette sur des effets sanitaires portant sur l'emploi des mobiles à l'heure actuelle ;
- Situation à surveiller avec l'accroissement des mobiles ;
- Peu d'effets constatés à proximité des stations de base ou des antennes relais par suite des niveaux faibles.

S'il existe un risque lié à la téléphonie mobile, il est faible et est lié aux portables et non aux antennes relais.

Paradoxes

Les craintes concernent les stations de base en France et les portables aux USA :

- rejet des 30 000 stations de base construites en quelques années (dépréciation du patrimoine immobilier liée à l'esthétisme ou à des craintes sanitaires, opposition propriétaire, locataire et syndic et choix imposé) ;
- les personnes, rejetant les antennes relais « n'admettent pas que le risque le plus important se situe au niveau des portables » et laissent les enfants jouer avec des portables. L'utilisateur d'un portable est en situation « active », c'est lui qui choisit de s'exposer à un risque éventuel ;
- l'oignement ou la suppression des antennes relais ne peut qu'augmenter l'exposition aux rayonnements électromagnétiques des mobiles et des antennes voisines qui doivent émettre plus d'énergie (cas d'une école maternelle où le niveau a augmenté après la suppression des relais) ;
- augmentation importante choisie de l'emploi des portables par des publics plus jeunes et plus nombreux entraînant, de fait, une nécessaire augmentation du nombre de relais.

Attitude de prudence et de sagesse plutôt que principe de précaution sont à adopter selon les recommandations Européennes.

Les principes de sagesse et de prudence s'articulent autour de :

- Traiter scientifiquement les problèmes scientifiques, aborder les aspects sanitaires, organiser la formation et l'information scientifique (jeunes et corps médical dans son ensemble), poursuivre la dosimétrie associée ;
- Traiter socialement les problèmes de société, à différencier des problèmes sanitaires. Se doter des outils de dialogues sur les antennes relais, faciliter l'accès à l'information et donner les moyens individuels d'action (individuel, élus et chartre entre usagers, opérateurs et mairie) ;
- Donner les moyens d'agir dans ces deux domaines en renforçant les structures existantes ou en créant des structures spécifiques.

Le rapport de l'Assemblée nationale (N° 346), du Sénat (N° 52) sur la téléphonie mobile et santé de novembre 2002 indique quelques pistes à envisager dans les trois domaines.

8. Conclusions

Concertation nécessaire et indispensable entre tous les acteurs :

- Les scientifiques doivent apprendre à communiquer leurs résultats qui doivent être reproductibles dans des laboratoires différents. Ils doivent éviter de tirer des conclusions trop rapides sur des effets potentiels ou non (concertation entre scientifiques du domaine et de domaines connexes) ;
- Les sciences humaines et les sciences de l'éducation doivent s'emparer de ce problème pour essayer de comprendre les réels phénomènes, de comprendre les phobies des uns et des autres et *faciliter le dialogue entre usagers, opérateurs, scientifiques et élus locaux* ;
- Établir un état de veille permanent pour préparer l'avenir qui va augmenter la « pollution électromagnétique » par l'accroissement des portables et des antennes de base ou des antennes relais.

9. Références

PRIOU A. (1999), « les matériaux en électromagnétiques », in *Les techniques de l'Ingénieur*, N° AF 3 370 à 3 373.

LORRAIN J.-L., RAOUL D. (2002), « Téléphonie mobile et santé », rapport Assemblée Générale N° 346 et Sénat N° 52, nov. 2002.

LIN J.-C. (2005), Research on subjective symptoms and mobile telephony, *IEEE Microwave magazine*, décembre 2005, p. 50.

LANG S. (2006), *Recent advances in bioelectromagnetic research on mobile telephony and health : an introduction*, PIERS 2006, Cambridge, 26-29 mars 2006.