

Les rayonnement non ionisants

- -Les champs statiques
- -Les champs basses fréquences
- -Les champs de fréquences intermédiaires

➤ Les radiofréquences

➤ -L'infrarouge

➤ -La lumière visible

➤ -Le rayonnement UV

LES CHAMPS D'EXTREMEMENT BASSE FREQUENCE

- Les rayonnements électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence (1 a 300 Hz) sont traités en tant que deux champs séparés le champ électrique et le champ magnétique
- Interactions avec la matière, dosimétrie
- Contrairement aux champs statiques, la variabilité des champs d'extrêmement basses fréquences augmente fortement leur capacité à induire des courants électriques dans la matière.
- Cela se traduit chez l'homme par une possible apparition de courants induits au niveau de cellules particulièrement sensibles comme les neurones ou les cellules cardiaques
-

Seuil de perception des champs

- Concernant les champs électriques, l'homme les percevrait à une intensité d'environ 5 kV/m, et leur présence deviendrait gênante voire douloureuse vers 20 kV/m

LIMITE D'EXPOSITION

Valeurs maximales d'exposition par plage de fréquence pour la population générale

Bande de fréquence	Champ électrique en kV/m	Champ magnétique en A/m	Champ magnétique en Tesla
1 Hz – 8 Hz	20	$1.63 \times 10^5 / f^2$	$0.2 / f^2$
8 Hz – 25 Hz	20	$2 \times 10^4 / f$	$2.5 \times 10^{-2} / f$
25 Hz – 300 Hz	$5 \times 10^2 / f$	8×10^2	1×10^{-3}
300 Hz – 3 kHz	$5 \times 10^2 / f$	$2.4 \times 10^5 / f$	$0.3 / f$
3 kHz – 30 MHz	1.7×10^{-1}	80	1×10^{-4}

- Pour les travailleurs, la limite est de 10 kV/m pour le champ électrique et de 1000 μ tesla pour le champ magnétique.
- Quant à la population générale, la limite est de 5 kV/m pour le champ électrique et 200 μ tesla pour le champ magnétique

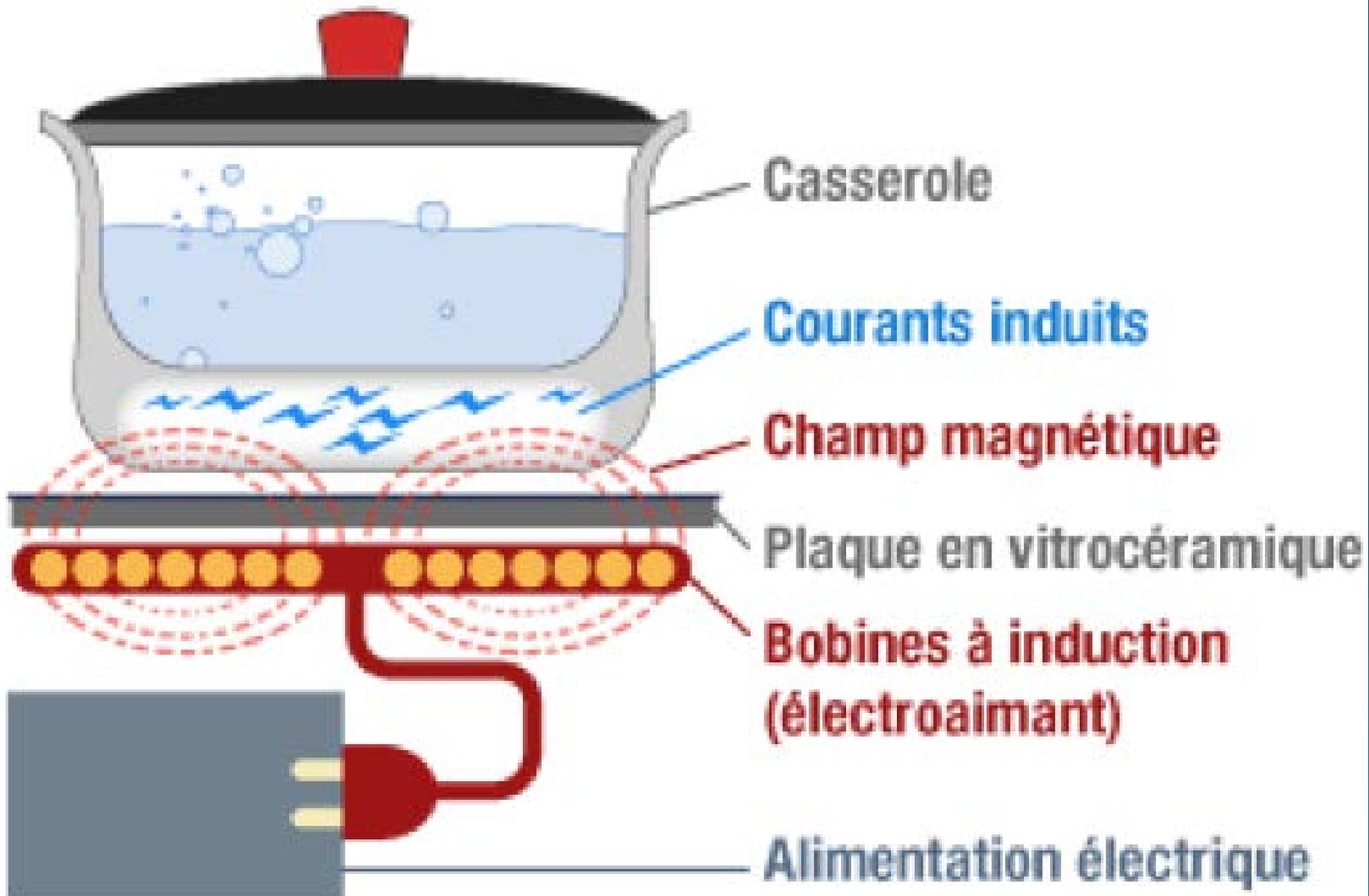
LES CHAMPS DE FREQUENCE INTERMEDIAIRE

- Les champs électromagnétiques de fréquence comprise entre 300 Hz et 10 MHz sont appelés champs de fréquence intermédiaire
- car ils font la jonction entre les champs basses fréquences et les radiofréquences

Principales utilisations

Cuisson par induction

- L'utilisation la plus courante de ces champs est lors de la cuisson des aliments avec les plaques à induction mettant en jeu la composante magnétique de ces champs.
- En effet le principe en utilisant ce type de champ est d'induire des courants électriques dans le récipient placé sur la plaque (appelés courants de Foucault) afin de le chauffer son contenu



La radiodiffusion

- Ces champs électromagnétiques sont aussi utilisés pour la radiodiffusion de longue portée.
- En effet, aux fréquences utilisées (entre 150 et 26 MHz) les longueurs d'ondes sont particulièrement grandes, permettant une diffusion de très longue portée.

C'est d'ailleurs pour cette raison que ces ondes sont aussi appelées grandes ondes

LES RADIOFREQUENCES (10MHZ A 300GHZ)

- La famille des radiofréquences est très vaste, puisqu'elle comprend de nombreux rayonnements servant de base pour les communications sans fil.
- D'origine exclusivement humaine, ces rayonnements sont en contact quasi-permanent avec une grande proportion de la population générale:

Télévision,

Téléphonie mobile,

Wi-Fi, Bluetooth,

Réseau de données 3G et maintenant 4G

- Classification

- En ce qui concerne les communications sans fils, on les partage en quatre types de réseaux :
 - -Le réseau sans fil longue distance
 - -Le réseau sans fil courte distance
 - -Le réseau audiovisuel
 - -La radio FM

Le réseau sans fil longue distance

Appelé réseau cellulaire, il rassemble plusieurs bandes de fréquence

- **Le réseau sans fil courte distance**

- Il correspond aux technologies Bluetooth, Wi-Fi, Wimax

Technologie	Bandes de fréquences
Bluetooth	2400 à 2483.5 MHz
Wi-Fi	2400 à 2483.5 MHz / 5150 à 5350 MHz/ 5470 à 5725 MHz
Wimax	3.4 à 3.8 GHz
Wimax mobile	2 à 6 GHz

Interaction avec la matière, dosimétrie

Un indicateur universel : le DAS

En ce qui concerne les appareils mobiles, l'irradiation ne concerne qu'une partie du corps.

- C'est pourquoi on parle des risques directs dus à l'absorption des rayonnements.
- En effet même s'ils sont en partie réfléchis par le corps, le reste des rayonnements est absorbé par les différents tissus irradiés.

- De cette absorption résulte une chaleur, qui sera neutralisée par des mécanismes de thermorégulation.
- Cette absorption est quantifiée par la mesure du Débit d'Absorption Spécifique (DAS) exprime en W/Kg.
- Le décret n°2002-775 du 3 mai 2002 (France) impose un DAS (mesure sur 10g de tissu) maximum de 2W/kg pour les appareils télécoms ainsi que les émetteurs Wi-Fi pour une exposition de la tête et du tronc à des fréquences de 10MHz à 10GHz

Pour les différents types de fréquences, on obtient les valeurs limites suivantes :

□ 28 V/m pour l'émission FM

□ 41 V/m pour une antenne GSM 900

□ 58 V/m pour une antenne GSM 1800

□ 61 V/m pour une antenne 3G et Wi-Fi

- Ces valeurs d'intensité de champ électrique sont atteintes a moins de 5 m de ces antennes
- mais en ce qui concerne la population générale au sol, elle n'est irradiée en pratique que par des champs électriques d'une intensité avoisinant les 2 V/m, ce qui est loin des valeurs limites d'exposition

- La description des différents matériels met en évidence une complémentarité :
- **Les sondes de mesures** de champs sont peu sensibles et très peu sélectives (elles captent toutes les émissions radiofréquences), mais permettent des mesures sur site à proximité des antennes.
- **Les analyseurs de spectre** sont plus précis et plus sélectifs, mais les antennes de réception associées ne permettent pas de mesurer facilement à proximité des antennes d'émission.



- L'incertitude de mesures est fonction de nombreux facteurs :

Environnementaux

- Le type d'antenne
- Les réflexions des ondes sur le sol
- La hauteur de l'antenne de mesure par rapport au sol
- La polarisation de l'onde
- La multiplicité des sources d'émission
- La modulation et le débit des communications

- **Instrumentaux**

- La linéarité des appareils de mesures
- L'étalonnage
- La température

- L'incertitude totale peut être estimée à 6,9 dB avec une sonde de mesure de champ et de 5,6 dB avec un analyseur de spectre.
- Un exemple de caractérisation d'un site équipé d'une antenne de station de base de radiotéléphone est présenté.

- **LES GRANDEURS A MESURER POUR EVALUER LES RISQUES DES RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES**

Dans le cadre de l'exposition aux champs électromagnétiques, huit grandeurs physiques sont couramment utilisées :

le courant de contact (I_c) entre une personne et un objet est exprimé en ampère (A). Un objet conducteur dans un champ électrique peut être chargé par ce champ,

la densité de courant (J) est définie comme le courant traversant une unité de surface perpendiculaire au flux de courant dans un volume conducteur tel que le corps humain ou une partie du corps, exprimée en ampère par m^2 (A/ m^2),

l'intensité de champ électrique est une grandeur vectorielle (E) qui correspond à la force exercée sur une particule chargée, indépendamment de son déplacement dans l'espace. Elle est exprimée en volt par mètre (V/m),

- ***l'intensité de champ magnétique*** est une grandeur vectorielle (H) qui, avec l'induction magnétique, définit un champ magnétique en tout point de l'espace. Elle est exprimée en ampère par mètre (A/m),
- ***l'induction magnétique*** (*densité de flux magnétique*) est une grandeur vectorielle (B) définie en terme de force exercée sur des charges circulantes, et elle est exprimée en teslas (T).
- En espace libre et dans les milieux biologiques, l'induction magnétique et l'intensité de champ magnétique peuvent être utilisées indifféremment selon l'équivalence $1 \text{ Am}^{-1} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$,

- **la densité de puissance (S)** est la grandeur appropriée utilisée pour des hyperfréquences
- lorsque la profondeur de pénétration dans le corps est faible. Il s'agit du **quotient de la puissance** rayonnée incidente perpendiculaire à une surface **par l'aire de cette surface** ; elle est exprimée en watts par m² (W/m²).

L'absorption spécifique (AS) de l'énergie est définie comme l'énergie absorbée par une unité de masse de tissus biologiques et est exprimée en joules par kilogramme (J/kg).

Elle est utilisée pour limiter les effets non thermiques des rayonnements micro-ondes pulsés,

Le débit d'absorption spécifique (DAS) de l'énergie moyennée sur l'ensemble du corps ou sur une partie quelconque du corps est défini comme le débit avec lequel l'énergie est absorbée par unité de masse du tissu du corps et elle est exprimée en watts par kilogramme (W/kg).

Le DAS "corps entier" est une mesure largement acceptée pour établir le rapport entre les effets thermiques et l'exposition aux radiofréquences.

En complément du DAS moyenné sur le corps entier, des valeurs de DAS local sont nécessaires pour évaluer et limiter un dépôt excessif d'énergie dans des petites parties du corps résultant de conditions d'exposition spéciales

- Le DAS sous cutané s'exprime sous la forme :
-
- avec : σ conductivité des tissus biologiques (\approx Siemens à 900 MHz)
- ρ masse volumique (de l'ordre de 1000 kg/m³)
- E_{int} est le champ électrique interne en surface

Gamme des fréquences	Induction magnétique (mT)	Densité de courant S (mA/m ²) (valeur efficace)	Moyenne DAS pour l'ensemble du corps (W/kg)	DAS localisé (tête et tronc) (W/kg)	DAS localisé (membres) (W/kg)	Densité de puissance S (W/m ²)
0 Hz	40	-	-	-	-	-
> 0 - 1 Hz	-	8	-	-	-	-
1 - 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 - 1 000 Hz	-	2	-	-	-	-
1 000 Hz - 100 kHz	-	f/500	-	-	-	-
100 kHz - 10 MHz	-	f/500	0,08	2	4	-
10 MHz - 10 GHz	-	-	0,08	2	4	-
10 - 300 GHz	-	-	-	-	-	10

Restrictions de base pour les champs électriques, magnétiques et électromagnétiques (0 Hz-300 GHz)

Mesures du champ électromagnétique

- Le champ électromagnétique est **une grandeur vectorielle**.
L'amplitude du champ résultant est la somme quadratique des composantes du champ :

- Une antenne capte un champ et le convertit en grandeur électrique à ces bornes (tension ou courant)
- La détermination du champ s'obtient en faisant le produit de la mesure électrique par le facteur d'antenne.
- Le facteur d'antenne ne peut être déterminé intrinsèquement, il est calculé ou mesuré par comparaison avec une autre antenne dont on connaît le facteur théorique.

- Le champ électrique s'exprime sous la forme (en dBV/m) :

Le champ magnétique s'exprime sous la forme (en dBA/m) :

- avec : F : Facteur d'antenne
- V : Tension moyenne efficace
- P_c : Pertes des câbles

Effets néfastes sur la santé

- Malgré le grand nombre d'études publiées, les résultats ne permettent pas d'émettre une conclusion définitive sur ce sujet condamne à rester polémique.
- Les méthodes employées dans ces études manquent de précision, de véracité dans leurs propos pour servir de références