# les ondes, la santé et la 5G

**Joe Wiart**
*Ingénieur Général des Mines*
*Titulaire de la Chaire C2M*
*Télécom Paris , Institut Polytechnique de Paris*

FFB,
27 Janvier 2023

https://chairec2m.wp.imt.fr

# Sommaire

- Risque et perception de risque liés aux expositions aux ondes
- Effets biologiques et sanitaires des Expositions : état des connaissances.
- Quantification des Expositions.  Bases physiques et indicateurs
- Cadre réglementaire et normatif

# Risques ou perception de risques

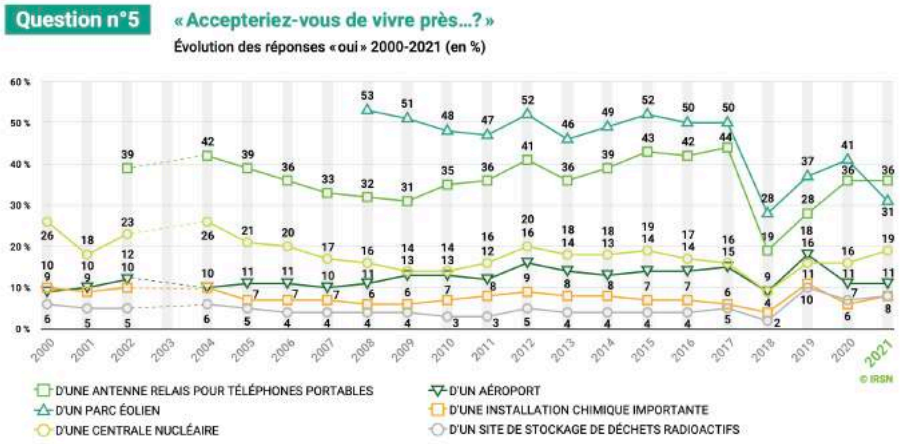
# Les réseaux sans fil se développent mais les questions ne disparaissent pas

## Les communications sans fils sont de plus en plus utilisés….

| | 12-17 ans | 18-24 ans | 25-39 ans | 40-59 ans | 60-69 ans | 70 ans et + | Total FR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Connexion Internet | 100% | 100% | 98% | 93% | 81% | 58% | **88%** |
| Téléphone mobile (tous types) | 90% | 99% | 99% | 97% | 93% | 86% | **95%** |
| Smartphone | 86% | 98% | 95% | 50% | 62% | 44% | **77%** |
| Téléphone fixe | 86% | 69% | 66% | 84% | 88% | 89% | **80%** |
| Ordinateur | 91% | 82% | 73% | 83% | 76% | 58% | **76%** |
| Tablette | 37% | 36% | 49% | 45% | 47% | 29% | **42%** |
| Objets connectés | 31% | 25% | 21% | 17% | 9% | 5% | **16%** |
| Assistants vocaux | 15% | 14% | 10% | 9% | 7% | 5% | **9%** |
| Consoles de jeux | | | | | | | |

…Mais les inquiétudes subsistent vis à vis des ondes électromagnétiques.

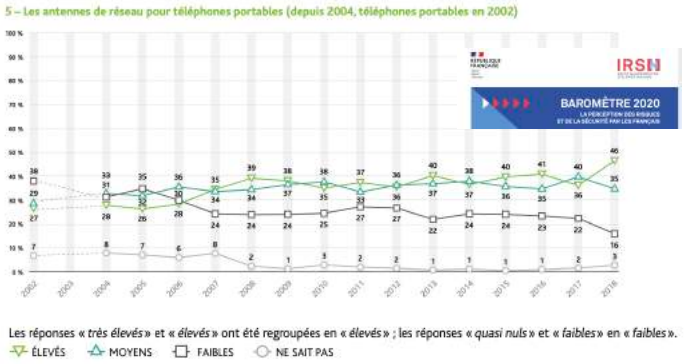
Les demandes contradictoires : recherche de connexion mais refus d'antennes distribuées



# La perception de risque est importante

Les niveaux d'expositions sont conformes aux contraintes réglementaires évitant les surexpositions.
Mais il perception de risque liée existe et est pour partie liée à

- des incompréhensions,
- des confusions
- de la méfiance
- des idées préconçues



40% des personnes interrogés considèrent que les risques sont élevés et 35% estiment qu'ils sont moyens . Ces niveaux sont stables depuis 2005

**Cette perception a des conséquences sociales et réglementaires**

# Impact de ces inquiétudes sur la responsabilité sociale et l'image

*« Si les hommes définissent des situations comme réelles, alors elles sont réelles dans leurs conséquences ».*
*William Isaac Thomas and Dorothy Swaine Thomas 1928*

## - Obligations réglementaires renforcées :

- Mise sur le marche et mise en service (directive RED)
- Caractérisation Information et prévention (directive travailleurs)

DIRECTIVES

DIRECTIVE 2013/35/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL
du 26 juin 2013
concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) (vingtième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE) et abrogeant la directive 2004/40/CE

- Mise en place d'infrastructure sobre . (loi Abeille) et analyse des points atypiques
- Mise en place de chartes limitant les expositions

PARIS

Les obligations de l'employeur

Evaluation des risques
L'employeur est tenu d'évaluer les risques résultant de l'exposition des travailleurs à des champs électromagnétiques.

## - Responsabilité sociale

- Répondre aux questions
- Prise en compte les inquiétudes

# Les acteurs du domaine

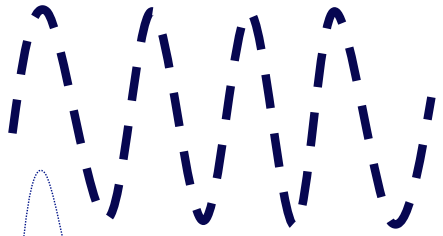
| | Autorités sanitaires | Régulateurs | Normes |
|---|---|---|---|
| **France** | anses | ANFR AGENCE NATIONALE DES FRÉQUENCES | afnor COMPÉTENCES |
| **Europe** | SCENIHR stands for Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks Abbreviations.com | Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE; Parlement européen | CENELEC |
| **International** | World Health Organization | ICNIRP INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION | ITU; IEC |

# Les Ondes et nous

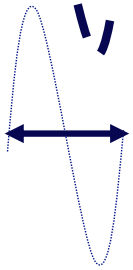
Dessine moi une onde

# Anatomie d'une onde électromagnétique.

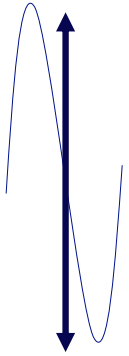
onde



Longeur d'onde

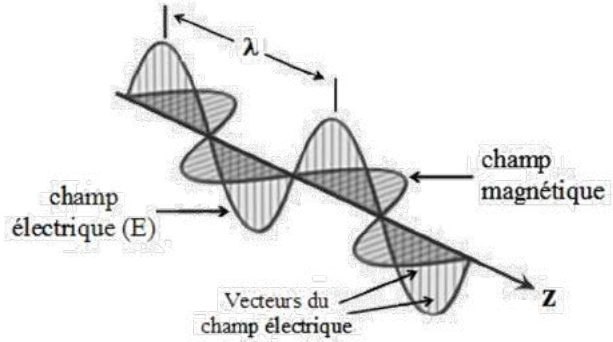


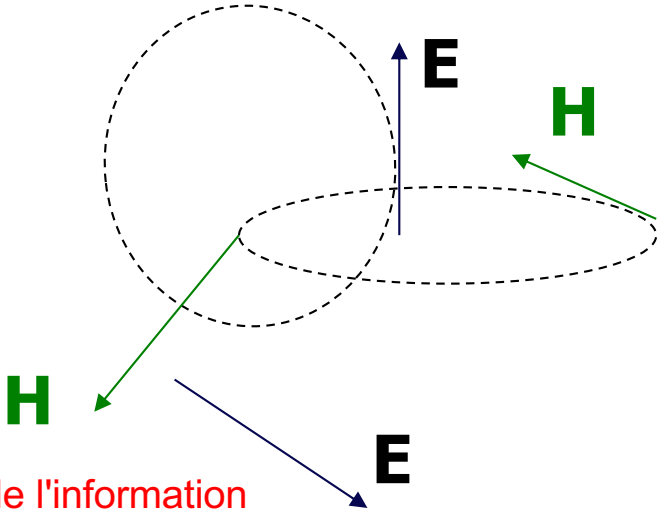
amplitude



periode : T
Fréquence: 1/T

Des champs électrique et magnétique couplés

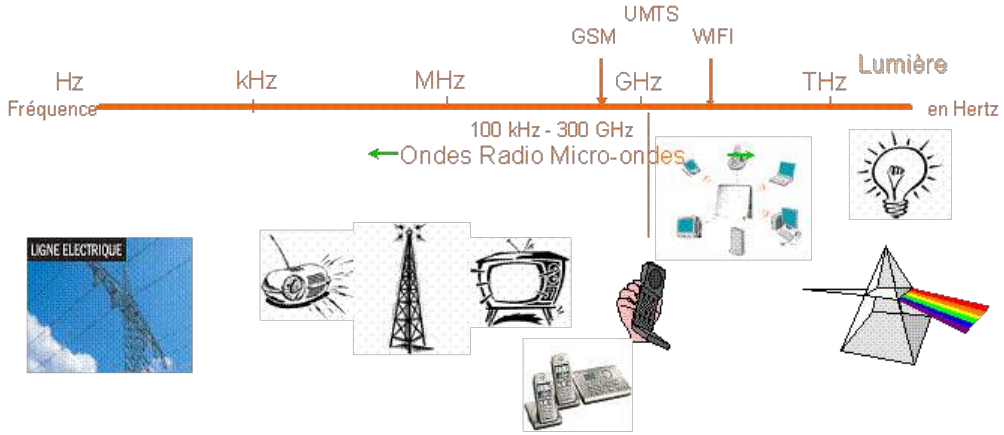



Une énergie transportée sans support matériel et qui véhicule l'information

# Les ondes électromagnétiques dans l'environnement domestique

- Les ondes électromagnétiques sont à la base de l'essentiel des communications sans fils.



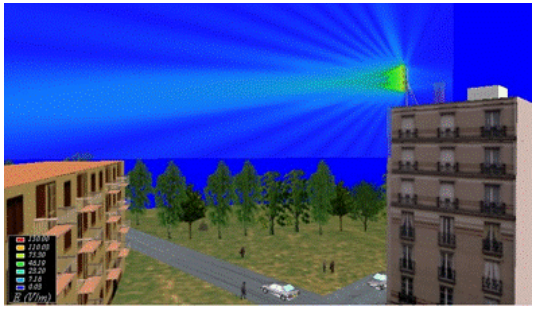

- Mais les systèmes de communications ne sont pas les seuls à utiliser ou émettre des ondes RF

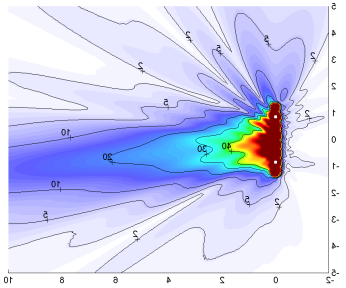
# Les antennes

- Le rôle d'une antenne est de créer ou de capter un champ électromagnétique
- Les antennes assurent la liaison entre systèmes sans fils

**Dans un réseau cellulaire Le rôle de l'antenne est**

- d'émettre et de recevoir le signal
- de privilégier une direction





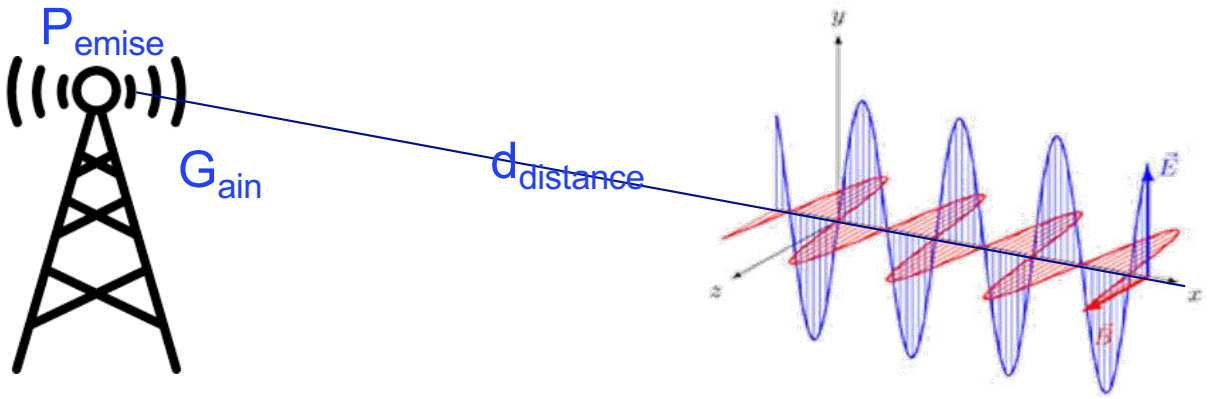
# Puissance transportée par une onde radioélectrique

- L'onde électromagnétique propage une énergie
- Densité surfacique de puissance (DP) transportée

**D**ensité surfacique de **P**uissance ($W/m^2$)

$$DP = \frac{1}{2}\mathrm{Re}\,(E \wedge H) = \frac{|E|^2}{377}$$

Dans le cas d'ondes planes ou loin de l'antenne d'émission

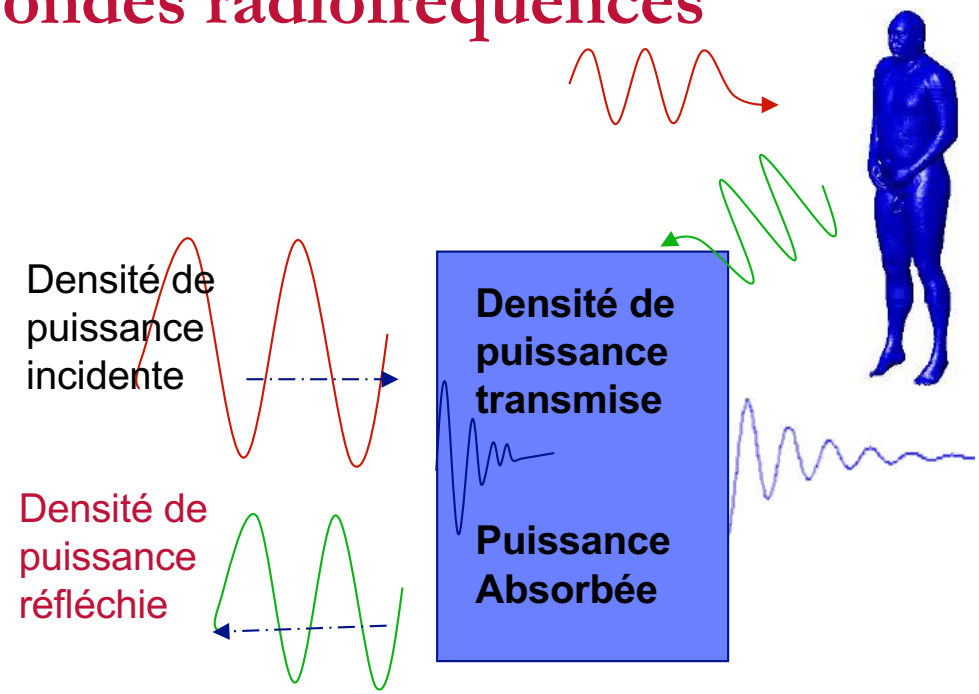


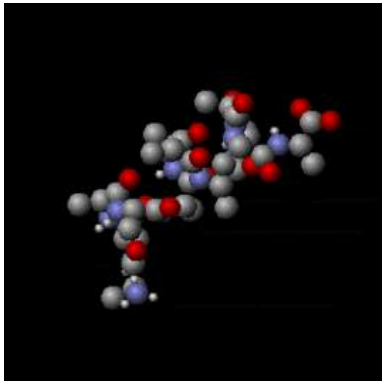

$$DP = \frac{P_{emis} G_{ain}}{4\pi d^2}$$

# Quantification des Expositions

# Interactions des ondes radiofréquences

- Quand une onde EM rencontre un obstacle elle est partiellement transmise.
- Elle interagie avec les molécules et est partiellement absorbée



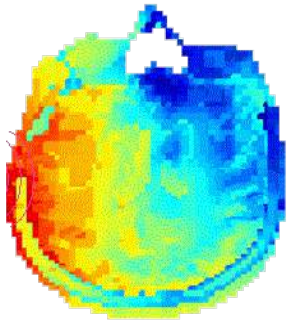



# Indicateurs d'expositions

## F <6GHz : L' indicateur d'exposition est le débit d'absorption spécifique (DAS)

**Le DAS (ou SAR) quantifie la puissance absorbée par les tissus (watt) par unité de masse**

Pour l'analyse de conformité des systèmes Le **DAS est usuellement moyenné**
- **sur un cube de 10g** ( DAS « local ») et sur une durée de 6 minutes
- **sur toute la personne** ( DAS « corps entier ») et sur une durée de 30 minutes



$$DAS = \frac{P\ absorbée}{Masse}$$

**Localement le DAS local est proportionnel au champ électrique (au carré) à l'intérieur des tissus et à la conductivité de ces tissus**

$$DAS = \frac{\sigma E^2}{\varphi}$$

**Les valeurs diélectriques des tissus dépendent de la fréquence**

**Aux fréquences élevées toute la puissance est absorbée par les tissus périphériques**

## F >6GHz : L' indicateur d'exposition est la Densité surfacique de Puissance (DP)

**La DP quantifie la puissance transportée (watt) dans les tissus par unité de surface**

# Etat des connaissances

# Effets biologiques et sanitaires des  expositions aux ondes radioélectriques

# état des connaissances relatif aux effets sanitaires.

**Le matériel biologique est complexe.**

**La réplication et la synthèse des études sont donc essentielles.**

## Etat des connaissances :

Effets avérés :

RF : Effets thermiques
BF : Courant induits

Effets impossibles : Les effets mutagènes (les rayonnements non ionisant ne peuvent affecter les liaisons atomiques)

Effets possibles : Possible : qui n'est pas impossible, différent de probable…

*https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf*

# Connaissances relatives aux effets possibles autre que thermiques

- **Un effort de recherche mondial et d'expertise important.**

  Des centaines d'études (www.emf-portal.org/en )

  Programmes de recherches nationaux (e.g ANSES), Europe ( FP5, FP7, H2020

  Rapport de l'ANSES, IGAS, health council of NL, BFS ..

- **Pas d'effet sanitaire avéré autre que thermique**

- **Les usages et les technologies évoluent, un principe d'attention est à appliquer**

# Les questions actuelles

## Cancer

**Le résultats des études menées ne démontrent pas d'effet**
(www.radiofrequences.gouv.fr/effets-sur-la-sante-a8.html )

**Mais il y a impossibilité de démonter d'inexistence d'effet …**

Classification 2B par l'IARC (possible)

Pas de consensus sur certaines études (e.g NTP )

www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPnote2018.pdf

www.anses.fr/fr/system/files/AP2016SA0176.pdf

Le centre de recherche (JRC) de la Commission Européenne a analyse la corrélation entre la diffusion des mobiles et les maladies telles que le cancer . Les conclusions ne montrent pas de corrélation

Classification du CIRC

- Groupe 1 : agent cancérogène (parfois appelé cancérogène avéré ou cancérogène certain),
- Groupe 2A : agent probablement cancérogène,
- **Groupe 2B** : agent peut-être cancérogène (parfois appelé cancérogène possible),
- Groupe 3 : agent inclassable quant à sa cancérogénicité,
- Groupe 4 : agent probablement pas cancérogène.

## Enfants

*« Les travaux d'expertise menés par l'Agence …ne permettent pas de conclure à l'existence ou non d'effets des radiofréquences chez l'enfant sur le comportement, les fonctions auditives, le développement, le système reproducteur mâle et femelle, le système immunitaire et la toxicité systémique, ni d'effets cancérogènes ou tératogènes. »*

*« En revanche, l'Agence conclut à un effet possible de l'exposition aux radiofréquences sur le bien-être des enfants … Les effets observés sur le bien-être pourraient toutefois davantage être liés à l'usage des téléphones mobiles plutôt qu'aux radiofréquences qu'ils émettent »*

www.radiofrequences.gouv.fr/effets-sur-la-sante-a8.html

## Hypersensibilité

Aucune étude n'a démontré l'existence de l'hypersensibilité : »les connaissances scientifiques actuelles ne mettent pas en évidence de lien de cause à effet entre les symptômes dont souffrent les personnes se déclarant EHS et leur exposition aux ondes électromagnétiques » www.anses.fr/fr/system/files/AP2011SA0150Ra.pdf

# Les émissions de la 5G

- La 5G va pouvoir utiliser (via DSS) les fréquences utilisées par la 2G, 3G ( principe de neutralité) par la 5G.
- La nouveauté de la 5G réside dans l'utilisation des fréquences 3,4GHz – 3,8GHz et des fréquences millimétriques autour de 26GHz

- L'utilisation de la bande de fréquence autour des 3,5 GHz est spécifique à la 5G et nouvelle mais reste dans la gamme des fréquences déjà utilisées par le LTE (2,6 GHz) ou le WiFi. (2,4 et 5,1GHz)

- Pour la bande proche des 26 GHz les experts de l'ANSES n'ont pas identifié d'étude cependant « *il est concevable de supposer que les effets biologiques potentiels des champs électromagnétiques dans cette gamme de fréquences [autour de 30 GHz] sont similaires à ceux des champs électromagnétiques à des fréquences légèrement plus élevées (comprises entre 40 et 60 GHz)* »

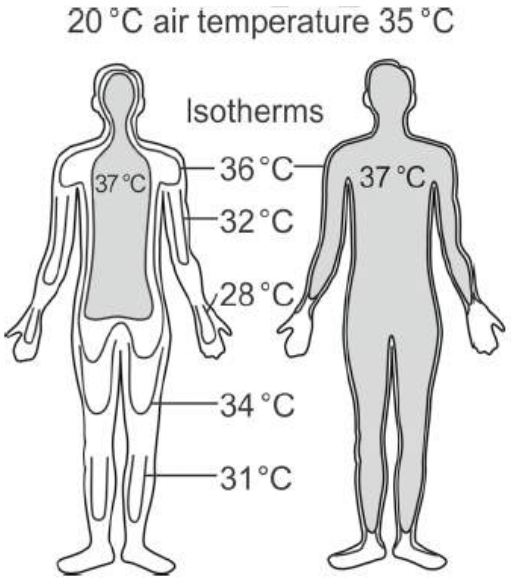
# Protection  vis à vis des effets connus

# Les effets avérés des radiofréquences : les effets thermiques

ICNIRP
INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION

## Effets thermiques

- Corps entier : Effets sanitaires si la température >1°c ( exposure > 4-6 W/kg)
- Tête, tronc. : Effets sanitaire si la température >2°c (local exposure > 20 W/kg
- Membres : Effets sanitaire si la température >5°c (local exposure > 40W/kg)




INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION ICNIRP

**ICNIRP GUIDELINES**

**FOR LIMITING EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS (100 kHz TO 300 GHz)**

PUBLISHED IN: HEALTH PHYS 118(5): 483–524; 2020

*https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf*

# Les recommandations de l'ICNIRP :

# Les Restrictions de base.

**Exposition locale** freq <6GHz , limites en W/kg

## Local (Tête, tronc)

| | Limites sanitaires | Augmentation max 2°C tete,tronc |
|---|---|---|
| | | ↓ |
| Exposition | | 20 W kg$^{-1}$ |

| | Travailleurs | Grand public |
|---|---|---|
| Marge | 2 | 10 |
| Restrictions de Base | 10 W kg$^{-1}$ | **2 W kg$^{-1}$** |

## Local (Membres)

| | Limites sanitaires | Augmentation max 2°C tete,tronc |
|---|---|---|
| | | ↓ |
| Exposition | | 40 W kg$^{-1}$ |

| | Travailleurs | Grand public |
|---|---|---|
| Marge | 2 | 10 |
| Restrictions de Base | 20 W kg$^{-1}$ | **4 W kg$^{-1}$** |

## Corps entier,
## Toutes fréquences, limites en W/kg

| | Limites sanitaires | Augmentation max Temp corps 1°C |
|---|---|---|
| Exposition | | 4-6 W kg$^{-1}$ |

| | Travailleurs. | Grand Public. |
|---|---|---|
| Marge | 10 | 50 |
| Restrictions de base | **0.4 W kg$^{-1}$** | **0.08 W kg$^{-1}$** |

Moyenné pendant 30 min pour le corps entier et pendant 6 min localement

| | Limites sanitaires | Augmentation max 2°C |
|---|---|---|
| Exposition | | 200 W m$^{-2}$ |

| | Travailleurs | Grand public . |
|---|---|---|
| Marge | 2 | 10 |
| Restrictions de Base | 100 W m$^{-2}$ | **20 W m$^{-2}$** |

## Exposition locale, Tous les tissus

freq >6GHz

Limites en W / m2

# Evaluation du Débit d'Absorption Spécifique

La mesure de DAS évalue l'exposition à l'intérieur des tissus, elle est invasive

La mesure est utilisée pour évaluer le DAS induit par un système dans un fantôme homogène.

Ce fantôme est conçu pour être conservatif

La simulation propage dans les tissus la puissance émise par le système.

L'imagerie médicale (IRM, US) permet d'avoir des modèles anatomiques précis

La précision des résultats des simulations repose sur la précision des modèles de source

# Les indicateurs dérivés de l'ICNIRP

## Le champ électrique incident E (ou la densité de puissance incidente) sont des indicateurs dérivés

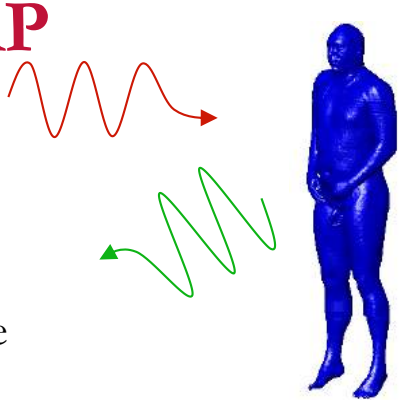
Les limites sanitaires associées à ces indicateurs dérivés sont les niveaux de références

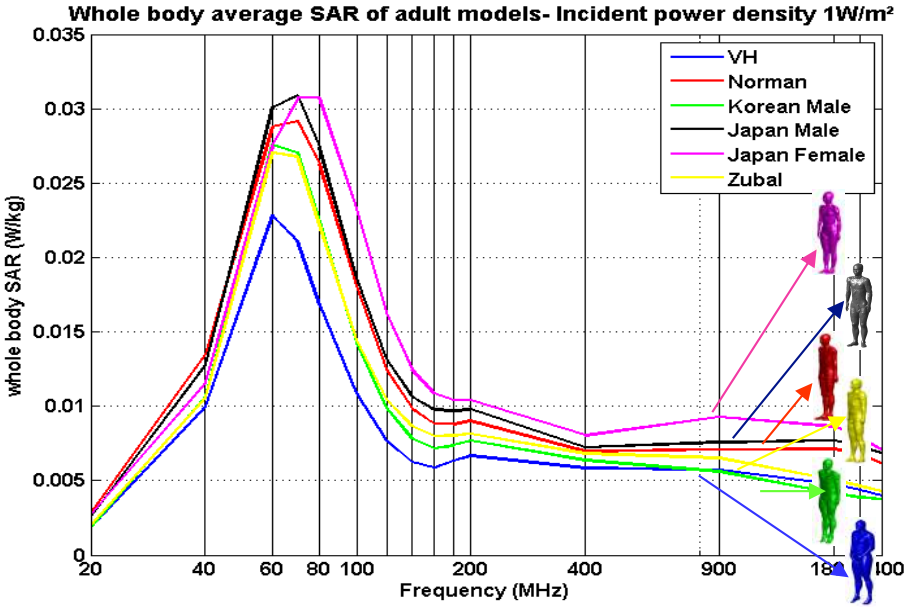
La valeur du champ électrique **INCIDENT** permet d'évaluer la puissance absorbée le corps entier

**Le DAS corps entier est proportionnel à $E^2$**

**Cette relation dépend de la fréquence**

Les simulations ont permis d'évaluer numériquement la relation entre le champ électromagnétique incident et le DAS corps entier






**La morphologie influence la relation entre champ incident et le DAS corps entier**

# Les niveaux de référence de l'ICNIRP

**Table 5.** Reference levels for exposure, averaged over 30 min and the whole body, to electromagnetic fields from 100 kHz to 300 GHz (unperturbed rms values).[a]

| Exposure scenario | Frequency range | Incident E-field strength; $E_{inc}$ (V m$^{-1}$) | Incident H-field strength; $H_{inc}$ (A m$^{-1}$) | Incident power density; $S_{inc}$ (W m$^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|
| Occupational | 0.1 – 30 MHz | $660/f_M^{0.7}$ | $4.9/f_M$ | NA |
| | >30 – 400 MHz | 61 | 0.16 | 10 |
| | >400 – 2000 MHz | $3f_M^{0.5}$ | $0.008f_M^{0.5}$ | $f_M/40$ |
| | >2 – 300 GHz | NA | NA | 50 |
| General public | 0.1 – 30 MHz | $300/f_M^{0.7}$ | $2.2/f_M$ | NA |
| | >30 – 400 MHz | 27.7 | 0.073 | 2 |
| | >400 – 2000 MHz | $1.375f_M^{0.5}$ | $0.0037f_M^{0.5}$ | $f_M/200$ |
| | >2 – 300 GHz | NA | NA | 10 |

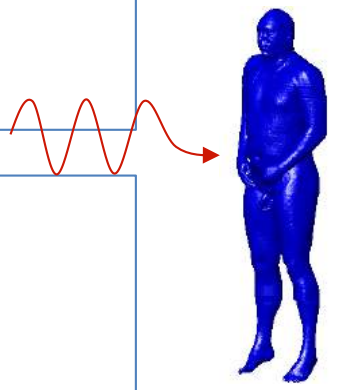


**Table 6.** Reference levels for local exposure, averaged over 6 min, to electromagnetic fields from 100 kHz to 300 GHz (unperturbed rms values).[a]

| Exposure scenario | Frequency range | Incident E-field strength; $E_{inc}$ (V m$^{-1}$) | Incident H-field strength; $H_{inc}$ (A m$^{-1}$) | Incident power density; $S_{inc}$ (W m$^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|
| Occupational | 0.1 – 30 MHz | $1504/f_M^{0.7}$ | $10.8/f_M$ | NA |
| | >30 – 400 MHz | 139 | 0.36 | 50 |
| | >400 – 2000 MHz | $10.58f_M^{0.43}$ | $0.0274f_M^{0.43}$ | $0.29f_M^{0.86}$ |
| | >2 – 6 GHz | NA | NA | 200 |
| | >6 – <300 GHz | NA | NA | $275/f_G^{0.177}$ |
| | 300 GHz | NA | NA | 100 |
| General public | 0.1 – 30 MHz | $671/f_M^{0.7}$ | $4.9/f_M$ | NA |
| | >30 – 400 MHz | 62 | 0.163 | 10 |
| | >400 – 2000 MHz | $4.72f_M^{0.43}$ | $0.0123f_M^{0.43}$ | $0.058f_M^{0.86}$ |
| | >2 – 6 GHz | NA | NA | 40 |
| | >6 – 300 GHz | NA | NA | $55/f_G^{0.177}$ |
| | 300 GHz | NA | NA | 20 |

# Expositions multiples

## Pour un volume donné (e.g le corps entier)
## la puissance totale absorbée = somme des puissances absorbées

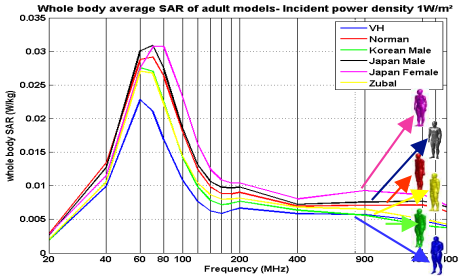
Pour une émission, la puissance absorbée

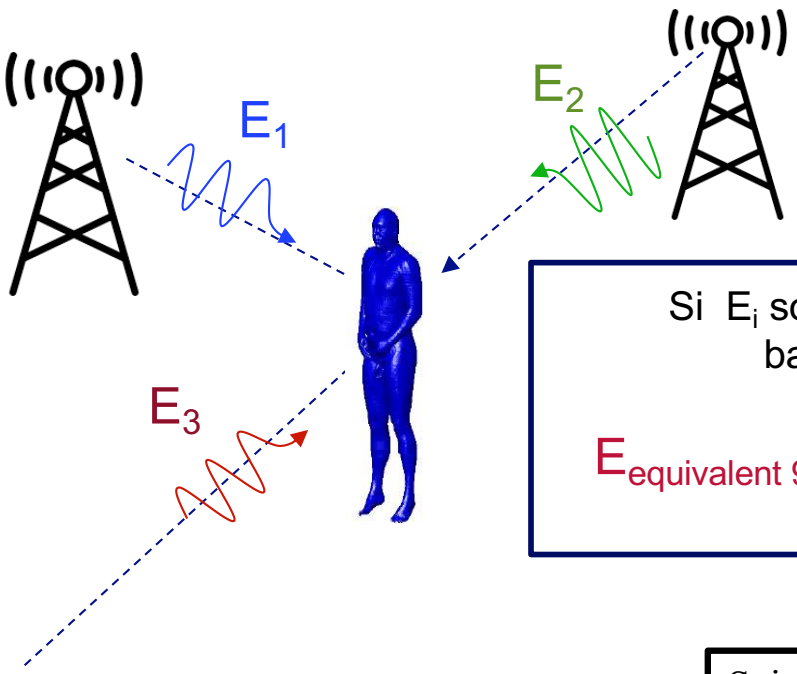
1) est proportionnelle au carré du champs électrique
2) dépend de la fréquence

Pour une exposition multiple

$$P = \sum_i \beta_i E i^2$$

Dépend de la fréquence




**limites ($L_i$)**

- Public
  - 900 MHz : 41vm
  - 1800 MHz : 58 v/m
  - 2100 MHz : 61 v/m

Si $E_i$ sont émis dans différentes bandes de fréquence

$$E_{equivalent\ 900} = \sqrt{\sum \left(\frac{L_{900}}{L_i}\right)^2 (E_i)^2}$$

Si $E_i$ sont émis dans la même bande de fréquence

$$E = \sqrt{\sum (E_i)^2}$$

Soit
$E_1$ =20 volt/m à 900 MHz
$E_2$ = 30 v/m à 1800 Mhz

$$E_{equivalent\ 900} = \sqrt{20^2 + \left(\frac{41}{58}\right)^2 (30)^2}$$

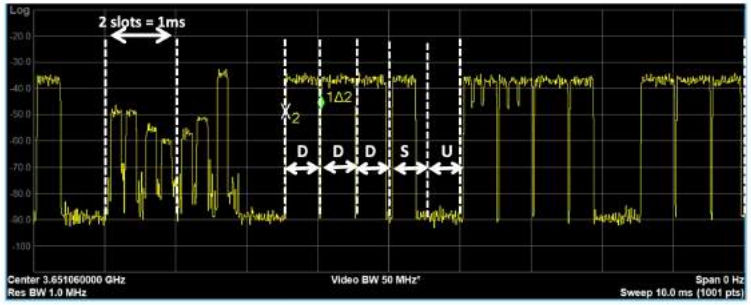
# Evolution des expositions

## Évolution des niveaux expositions environnementales en France

| | Nombre de mesures | | | | | | 50 % (médiane) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Rural | 472<br>16% | 421<br>12 % | 364<br>12% | 425<br>16 % | 578<br>19% | 526<br>17% | 0,26*<br>V/m | 0,23*<br>V/m | 0,24*<br>V/m | 0,25*<br>V/m | 0,23*<br>V/m | 0,22*<br>V/m |
| Urbain | 2483<br>84% | 3154<br>88 % | 2629<br>88% | 2166<br>84 % | 2490<br>81% | 2494<br>83% | 0,43<br>V/m | 0,40<br>V/m | 0,41<br>V/m | 0,40<br>V/m | 0,48<br>V/m | 0,45<br>V/m |
| Intérieur | 1797<br>61% | 2387<br>67 % | 2046<br>67% | 1666<br>64% | 1952<br>64% | 2059<br>68% | 0,31*<br>V/m | 0,36*<br>V/m | 0,30*<br>V/m | 0,31*<br>V/m | 0,33*<br>V/m | 0,38<br>V/m |
| Extérieur | 1158<br>39% | 1190<br>33 % | 947<br>33% | 914<br>36% | 1116<br>36% | 961<br>32% | 0,53<br>V/m | 0,56<br>V/m | 0,56<br>V/m | 0,52<br>V/m | 0,62<br>V/m | 0,56<br>V/m |
| **Total** | **2955** | **3577** | **2993** | **2591** | **3068** | **3020** | **0,38<br>V/m** | **0,36*<br>V/m** | **0,38<br>V/m** | **0,36*<br>V/m** | **0,4<br>V/m** | **0,38<br>V/m** |

# Impact de la 5G sur l exposition

- **Pour les expositions induites par les antennes relais, la nouveauté réside dans**
  - l'utilisation des antennes directives actives
  - Le mode TDD



| 5G | Hypothèse basse | Hypothèse haute |
|---|---|---|
| Puissance | 80 W | 200 W |
| Gain | 24 dBi | 24 dBi |
| Atténuation sur 6 minutes | - 13,5 dB | - 13,5 dB |
| Vitrage | - 2 dB | - 2 dB |
| TDD | - 1,25 dB | - 1,25 dB |
| **E estimé à 100 m** | **1,1 V/m** | **1,8 V/m** |

- **Pour les portables les expositions réelles vont prendre avantage des gains directifs important**

# Cadre réglementaire et normatif

# Cadre réglementaire

## EU

- **Directive RED . (2014/53/EU)**
  - Art 3. « *Les équipements radioélectriques sont construits de telle façon qu'ils garantissent la protection de la santé et de la sécurité des personnes et des animaux* »
  - Art 17. « *..dans les conditions d'utilisation qui peuvent être raisonnablement prévues* ».
    - Equipements doivent respecter les recommandations du conseil (1999/519/EC) basées sur le SCENHIR et l'ICNIRP
    - Pour les usages raisonnablement prévisible

- **Directive Travailleurs . ( 2013/35/EU)**
  - Art 4 « Evaluation des risques et détermination de l'exposition »
  - Art 5 « Dispositions visant à « éviter ou à réduire les risques »

Guide pratique de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la directive 2013/35/UE

https://op.europa.eu/fr/publication-detail/-/publication/c6440d35-8775-11e5-b8b7-01aa75ed71a1/language-fr

Outil simplifié accompagnant l'employeur dans sa démarche d'évaluation des risques dus aux rayonnements électromagnétiques

https://www.inrs.fr/publications/outils/ oseray

## FR

- **Décret n°2002-775 de Mai 2002 et décret 2019-1186 du 15 novembre 2019**
- **Loi Abeille (2015-136) du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques**
- **Charte des villes**

# Cadre normatif

- **Europe**
  - Téléphone
    - Norme harmonisée EN 50560 Usage prés de la tête.
      - Basée sur les normes EN62209-1
    - Norme harmonisée EN 50566 Usage prés du corps
      - Basée sur les normes EN62209-2
  - Station de base
    - Norme harmonisée EN 50385 ( mise sur le marché)
      - Basée sur EN62232
    - Normes  harmonisée EN 50401 ( mise en service)
  - Émission de faible puissance (e.g moins de 20 mW)
    - Norme harmonisée EN 62479
- **France**
  - AFNOR
  - Protocole afnor ANFr ANFR AGENCE NATIONALE DES FRÉQUENCES

# Avant de conclure

# Chaire C2M :

# Motivations et Axes scientifiques.

## Motivations de la chaire CEM

***En 2015 Telecom Paris et Telecom Bretagne ont décidé de créer une nouvelle chaire*** *de l'institut Mines afin de mener des études et développer des méthodes et des outils dédiés à la caractérisation, la prédiction et la maîtrise de l'exposition aux ondes radioélectriques.*

*L'ANFR a apporté son soutien à la création de cette chaire qui est ouverte au Mécénat*

http://chairec2m.wp.imt.fr

**<u>Caractériser</u> , comprendre et évaluer l'exposition des personnes et des populations et comprendre la perception du risque**
**<u>Modéliser</u> et prédire**
**<u>Maitriser</u> et anticiper. Contribuer à la traçabilité par la normalisation**

- **Développer les méthodes mathématiques et expérimentales**
  - Méthodes numériques (FDTD, FIT..)
  - Modélisation statistique ( Polynômes chaos, simulateur stochastiques, géométrie stochastiques, modèles réduits .. )
  - Apprentissage, Intelligence Artificielle (ANN, time series..)
- **Développer les outils de la Dosimétrie**
  - Dosimétrie stochastique
  - Développement de modèles anatomiques
  - impact des nouveaux usages et réseaux
- **Caractériser de l'exposition .**
  - Caractérisation de l'exposition induite par les voies montantes et descendantes
  - Caractérisation de l'exposition d'une population induite par les architectures des réseaux et systèmes de communication sans fils.
  - Maîtrise des interactions et contraintes associées aux systèmes sans fils prés du corps humain.

# Conclusions

**Dans la confusion trouver la simplicité**

**De la discorde faire jaillir l'harmonie**

**Au milieu de la difficulté se trouve l'opportunité**

**Albert Einstein,**

***Trois règles de travail***