

Rayonnements non ionisants  
Etat des connaissances sur les effets biologiques et  
sanitaires des radiofréquences

**Anne Perrin**

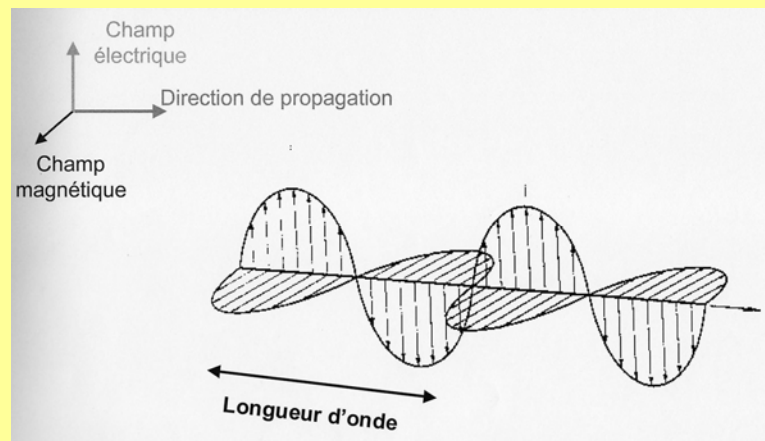
---

5 avril 2012

**Salon Microwave & RF  
Porte de Versailles - Paris**

# Onde électromagnétique

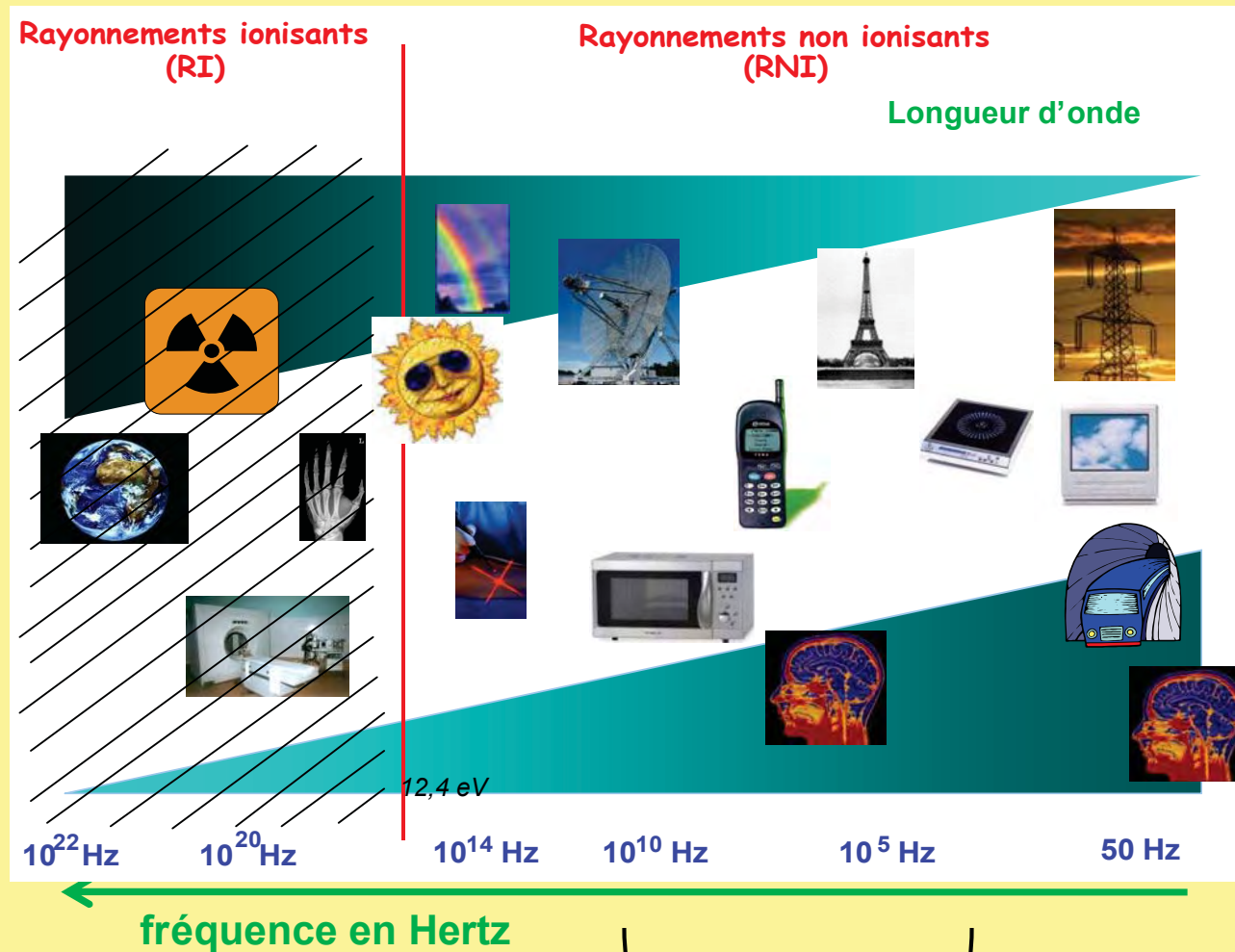
combinaison d'une onde magnétique et d'une onde électrique qui se propagent à la vitesse de la lumière en oscillant.



- **Fréquence** (hertz -*Hz*) : nombre d'oscillations par seconde (*F*)
- **Longueur d'onde** (mètre) : sépare 2 points d'oscillation ( $\lambda$ )  
 $F : c/\lambda$
- **Puissance** (watt - *W*) : quantité d'énergie émise par seconde (*P*)
- **Intensité** (volt/mètre) : intensité du champ électrique induit (*E*)  
 $P = E^2 / 377$

# Les sources d'expositions

## Spectre électromagnétique et applications

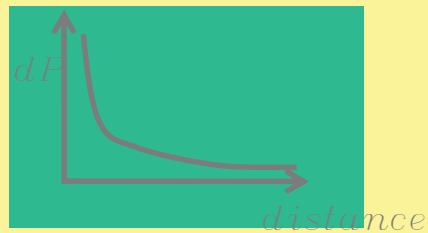


NB - kilo =  $10^3$  Hz ; mega :  $10^6$  Hz ; giga :  $10^9$  Hz

A. Perrin - Salon MW&RF-avril2012

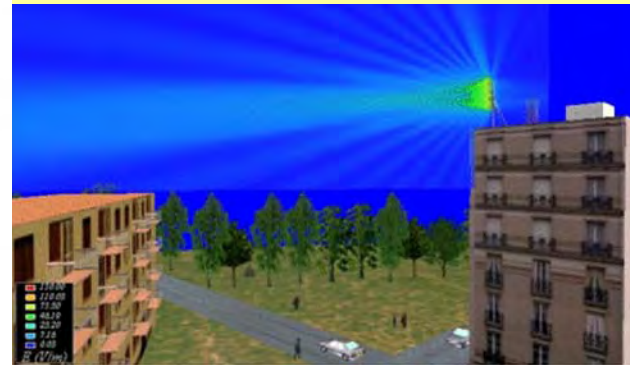
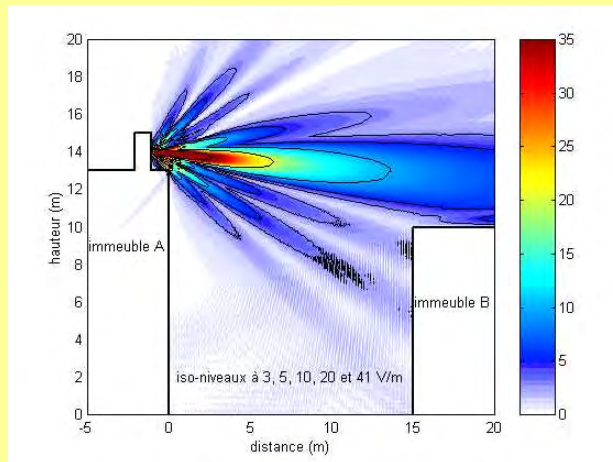
# Propagation de l'onde

**Dans l'espace : propagation rectiligne** en l'absence de tout obstacle, l'énergie se répartit sur une surface de plus en plus grande.



**Densité de puissance ( $\text{W}/\text{m}^2$ )** : *inversement proportionnelle au carré de la distance depuis la source.*

## ...sur le terrain



Orange Télécom

*Exemple*

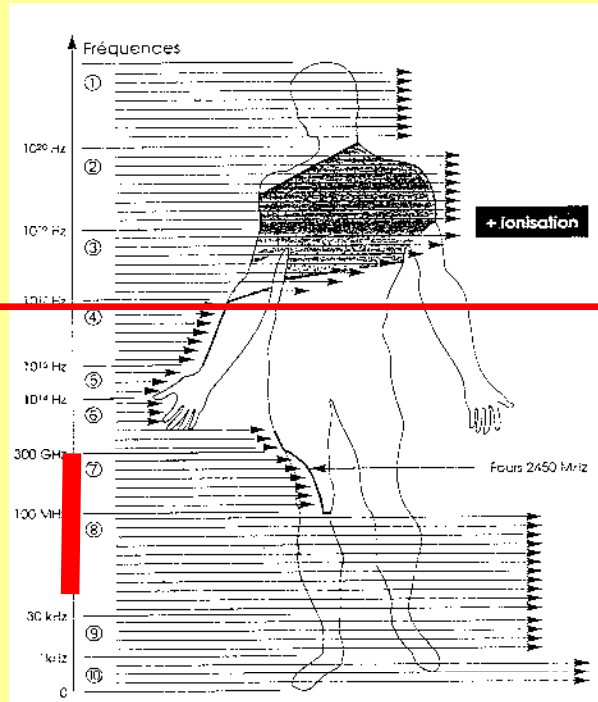
*de 10 cm à 10 m d'une antenne => puissance reçue diminue d'un facteur 10 000 ( $100^2$ )*

**Au contact de la matière** : réflexion, diffusion, diffraction, absorption...

# Interactions onde-matière

## RNI

- 4- Ultra-Violet
- 5- Spectre visible
- 6- Infra-rouge
- 7-8- Radiofréquences**  
*(dont Hyperfréquences ou micro-ondes)*
- 9- Très basses fréquences
- 10- Extrêmement basses fréquences (électricité)



## Fréquences hautes

> 10 MHz

Absorption prédominante

→ échauffement

W/kg, W/cm<sup>2</sup>, J/m<sup>2</sup>

## Fréquences intermédiaires

100 kHz – 10 MHz

→ mélange échauffement / stimulation

## Fréquences basses

< 100 kHz (champs électrique et magnétique)

→ stimulation tissus excitables, courants induits

T, A/m<sup>2</sup>

**pénétration et effets différents selon la fréquence, variables selon la puissance**

**Sécurité sanitaire => limitation des expositions => réglementation**

# *Radiofréquences (10 MHz-10 GHz)*

## *Caractérisation de l'exposition*

### Dosimétrie biologique

#### → débit d'absorption spécifique (DAS)

Quantifie la puissance absorbée par unité de masse

$$DAS = dW/dm.dt \text{ (watts par kilogramme : W/kg)}$$

pas mesurable directement

=> Simulations numériques et mesures physiques

**c'est toujours le DAS qui compte**

# Valeurs limites d'exposition

- **Europe : ICNIRP\*** (1998, 2009)

## → Restrictions de base

| <u>DAS</u>         | <u>Public*</u> | <u>x5</u> | <u>Professionnel</u> |
|--------------------|----------------|-----------|----------------------|
| Corps entier       | 0,08 W/kg      |           | 0,4 W/ kg            |
| Tête (local)       | 2 W/kg         |           | 10 W/kg              |
| Extrémités (local) | 4 W/kg         |           | 20 W/kg              |

*•50x inférieures aux seuils d'apparition d'effets avérés*

En pratique => dispositions pour que les valeurs limites de DAS ne soient jamais dépassées

## → Niveaux de référence

**Public** : Recommandation européenne (12/7/1999), transposée en droit français (décret n°2002-775 du 3 mai 2002)

**Professionnel** : directive

**Ministère Défense** : instruction DREP (18/8/2003)

\* Commission Internationale pour la Protection contre les Rayonnements Non Ionisants



## *Pourquoi des recherches ?*

*Positionnement du **téléphone** contre la tête*

*Procès aux USA (1993)*

*Exposition massive*

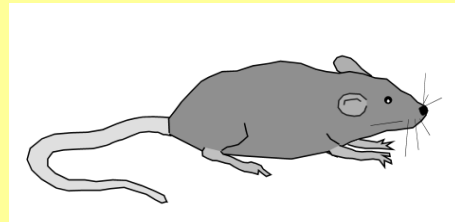
**→ Incertitudes**

**Existe-t-il des effets biologiques non thermiques ?**

Indépendants d'effets dus à un échauffement

## *Différents types d'études*

- **Épidémiologiques** (population réelle)
- ***In vivo*** (animaux, humains, végétaux)
- ***In vitro*** (cellules en culture, bactéries)
- **Physique** (dosimétrie biologique)

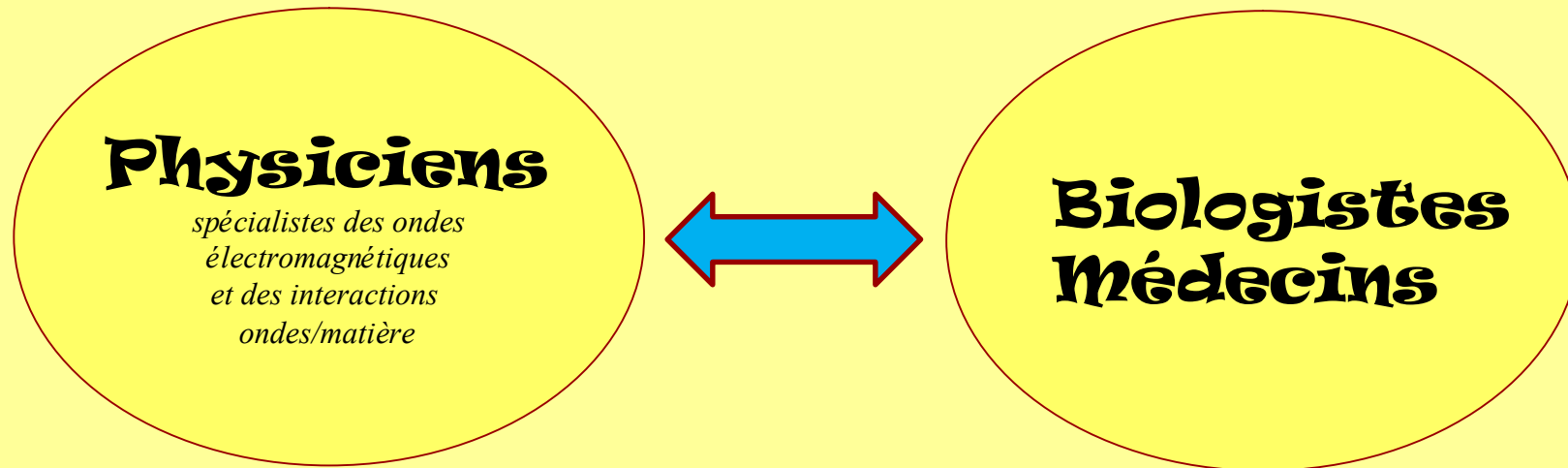


Rats, souris

*adultes,  
jeunes,  
nouveaux nés,  
en gestation,  
foetus*

*Fréquences de téléphonie mobile et Wifi : ~ 1200 études publiées  
et 300 en cours (OMS, mai 2009)*

# *Protocoles expérimentaux*



# *Etudes expérimentales*

## Partie physique

qualité du système d'exposition et dosimétrie

## Partie biologie, cibles potentielles

- expression génique et la synthèse de protéines
- stress oxydant et la production de radicaux libres
- ADN (génotoxicité, co-génotoxicité)
- apoptose
- développement des cancers
- système immunitaire
- système nerveux
- développement, reproduction
- audition
- système oculaire
- système cardio-vasculaire; hématologie
- mélatonine
- et divers mécanismes cellulaires (+ ponctuellement)

**ENCORE BEAUCOUP D'ETUDES DE  
MAUVAISE QUALITE PUBLIEES !**

# *De la recherche à l'évaluation du risque*

**Expertises collectives régulières**



**Etat des connaissances**

## *Identification des effets*

Les effets considérés comme **avérés (certains)**

- ***Identifiés***

*études publiées, revues à comité de lecture, méthodologie correcte*

- ***Répliqués***

*Une étude ne détient pas la vérité à elle seule !*

- ***Cohérents*** entre différentes études

**Seuls les effets avérés peuvent constituer la base de données pour établir ou modifier des limites d'exposition (restrictions de base).**

## *Exemple : rapport AFSSET 2009*

### **Conclusion générale du rapport d'experts sur les effets sanitaires**

*« Les données issues de la recherche expérimentale disponibles n'indiquent pas d'effets sanitaires à court terme ni à long terme de l'exposition aux radiofréquences. Les données épidémiologiques n'indiquent pas non plus d'effets à court terme de l'exposition aux radiofréquences. Des interrogations demeurent pour les effets à long terme, même si aucun mécanisme biologique analysé ne plaide actuellement en faveur de cette hypothèse. »*

➔ Rapport « Les radiofréquences » AFSSET 2009 (site ANSES, ex AFSSET)

## Depuis 2009

- **≈ 400 études publiées et d'autres rapports**
- **Etude cas-témoin INTERPHONE (juin 2010) : 13 pays**  
cancers de la tête : 2708 gliomes ; 2409 méningiomes  
=> accroissement du risque de développer un gliome trouvé pour le sous-groupe de malades ayant rapporté les temps de communication les plus longs sur une période de 10 ans (jugé peu réalistes pour certains cas)  
=> effet protecteur pour le méningiome trouvé chez les utilisateurs plus récents (1 à 4 ans)  
=> Pas de progression logique avec la durée

**Biais, hasard, réalité ?**

*Les auteurs n'ont pas conclu à l'existence d'un risque,  
sans être en mesure de l'exclure totalement.*

**→ Classification 2B « cancérogène possible » - CIRC (mai 2011)**  
(RF du téléphone mobile)



# Echelle de classification du CIRC

Concerne uniquement le risque de cancer. Caractérise l'état des connaissances.

**Groupe 1 « cancérogène pour l'homme »** (107 agents) preuves suffisantes (*sufficient evidence*), risque avéré.  
→ amiante, tabac, benzène, boissons alcoolisées, virus de l'hépatite C...

## **Groupe 2**

- **groupe 2A « cancérogène probable pour l'homme »** (59 agents),

→ vapeurs d'échappement de diesel, trichloréthylène...

- **groupe 2B « cancérogène possible pour l'homme »** (267 agents) - éléments de preuves limités (*limited evidence*), soit dans les études expérimentales, soit chez l'homme ; ou bien ceux pour lesquels il n'y pas indication de cancérogénicité chez l'homme, ni chez l'animal (*inadequate evidence*) mais des éléments de preuve jugés suffisants d'un point de vue mécanistique. Des biais, des facteurs de confusion ou le fait que les résultats soient obtenus par hasard ne sont pas exclus et ne permettent pas de tirer une conclusion.

→ plomb, chloroforme, café, légumes au vinaigre, dioxyde de titane, lignes THT...

**Groupe 3 « non classifiable comme cancérogène pour l'homme »** (508 agents),

→ éthylène, colorants pour cheveux, polystyrène...

**Groupe 4 « probablement non cancérogène pour l'homme »** (1 agent), des preuves expérimentales ou chez l'homme indiquent une absence de caractère cancérogène.

→ caprolactame.

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>

## *Etudes complémentaires*

- **Etude de cohorte Danoise (oct. 2011) :**

358 403 personnes suivies sur 18 ans (1990-2007)

10 729 tumeurs du système nerveux central (5 111 hommes et 5 618 femmes),

**=> Aucune différence significative entre les abonnés et les autres.**

### **Analyses de l'incidence des cancers (registres nationaux)**

- **Etude anglaise (2011)**

suivi incidence/100.000 p ; 1998-2007 (SN, tous cancers)

- **Etude danoise sur Pays nordiques (2011, 2012)**

35250 gliomes (sujets 20-79 ans) ; 1979-2008

- **USA (2012)**

24 813 gliomes (sujets de 18 ans et +) ; 1992-2008

**=> Pas de variation d'incidence corrélée à l'usage du portable**

- De Vocht F. & al (2011), Bioelectromagnetics, 32:334-9
- Frei & al. (2011), British medical journal, BMJ, 343:d6387 doi: 10.1136/bmj.d6387
- Deltour I. & al (2012), Epidemiology, 23: vol2, www.epidem.com
- Little MP et al (2012). BMJ.; 344:e1147. doi: 10.1136/bmj.e1147

**Pas de relation causale établie**

**entre l'exposition aux radiofréquences et une quelconque pathologie aux niveaux autorisés par la réglementation.**

# *Apparition du syndrome d'électrosensibilité ou hypersensibilité électromagnétique (EHS)*



Site next-up



Dauphiné Libéré - 2010

**Fortement médiatisé → registre émotionnel, comportement spectaculaire**  
**EHS témoignent de la dangerosité des ondes par leur récit**  
**Point clé de l'amplification sociale du risque**

# Signes cliniques

## Principaux symptômes attribués à des radiofréquences

Signes cutanés (face)

Fatigue

Palpitation

Maux de tête

Difficultés concentration

Troubles du sommeil

Nervosité

Douleurs ostéo-musculaires

Troubles respiratoires

Troubles de l'équilibre

Acouphènes

Troubles de l'audition

Troubles de la vision

Signes cutanés (généraux)

Engourdissement de la tête

Troubles de la mémoire

Irritation

Agitation

Spasmes intestinaux

Jambes (agitation)

## Au total 57 symptômes répertoriés à ce jour

(Eltiti, Bioelectromagnetics, 2007, 28, 137-151)

⇒ rencontrés dans la population générale, mais ressentis de façon plus fréquente et exacerbée (sévérité significativement > témoins)

**Symptômes non spécifiques,  
retrouvés dans le syndrome de la guerre du  
Golfe, SBS, fibromyalgie, sensibilité chimique  
multiple**

**→ Intolérance environnementale  
idiopathique : IEI (OMS 2004)**

- **Prévalence actuelle**
  - de 1,5 à 10 % selon les pays (UE, USA, recensement pas aisé)  
France 2 à 3 % de la clientèle de MG (enquête SFRP)
  - Majorité de femmes
  - Indépendant de l'âge,
  - Indépendant de l'urbanisation
- **Inconnu il y a 20 ans**  
sources d'expositions diverses
- **Peut se propager au sein de groupes,**
- **Aucun système sensoriel humain adapté aux ondes EM**

*tous les individus qui émettent des inquiétudes quant aux effets nocifs des champs électromagnétiques ne deviennent pas hypersensibles...*

## *Les études de provocation*

*Des individus sont-ils capables de percevoir les radiofréquences aux niveaux d'exposition rencontrés dans l'environnement quotidien ?*

tests réalisés en double aveugle (> 40 études)

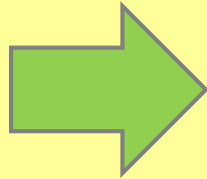
### **Sujets EHS :**

→ ne sont pas plus capables de détecter la présence d'un champ EM que ceux du groupe témoin

→ déclarent des symptômes lors des expositions factices

→ ne déclarent pas plus de symptômes lors des expositions réelles que lors des expositions factices

→ un certain nombre d'études mettent en évidence l'existence d'un effet *nocebo*



Souffrance réelle  
Isolement  
Nomadisme médical  
Vie perturbée, voire désocialisation  
Regroupement en collectifs, associations  
Recherche de reconnaissance sociale

- Rôle ambiguë des ONG et associations dans ce processus
- Demande de prise en charge de l'EHS comme un handicap
- En Suède prise en charge du syndrome handicapant dans les cas extrêmes, sans pour autant que soit reconnu un lien de causalité avec l'exposition aux CEM.
- France (fév. 2012) : évaluation d'un protocole de prise en charge spécialisée - 24 points d'accueil

[www.radiofrquences.gouv.fr/spip.php?article102](http://www.radiofrquences.gouv.fr/spip.php?article102)



# *Conclusion*

## **Multiples composantes entrent en jeu pour la gestion du risque radiofréquence :**

évaluation scientifique, mais aussi enjeux économiques, intérêts divers, perception du risque, imaginaires

- **Respecter les normes de sécurité**

= > Connaître l'exposition liée aux systèmes, anticiper

- **Prendre en compte les inquiétudes**

=> Informer, réduire l'incertitude résiduelle (connaissance)

- **Prendre en compte les effets de l'information sur la santé** (perception, bien-être, EHS)

=> Informer sans alarmer inutilement

*« La science est à ce jour le meilleur moyen de s'approcher de la réalité à un moment donné. Même si elle n'a pas vocation à éclairer sur le sens de la vie ou à fournir la vérité avec un grand V, elle peut y contribuer en fournissant aux décideurs et aux citoyens qui en font l'effort les moyens de se forger leur propre opinion »*

*Alan Sokal et Jean Bricmont*

**Merci de votre  
attention**

*aperrin.crssa@gmail.com*

