



ÉCOLE  
SUPÉRIEURE  
D'ÉLECTRICITÉ



# Dosimétrie des rayonnements électromagnétiques

Olivier Merckel

Supélec – Département Electromagnétisme  
3 rue Joliot-Curie – 91192 Gif-sur-Yvette  
[Olivier.Merckel@supelec.fr](mailto:Olivier.Merckel@supelec.fr)

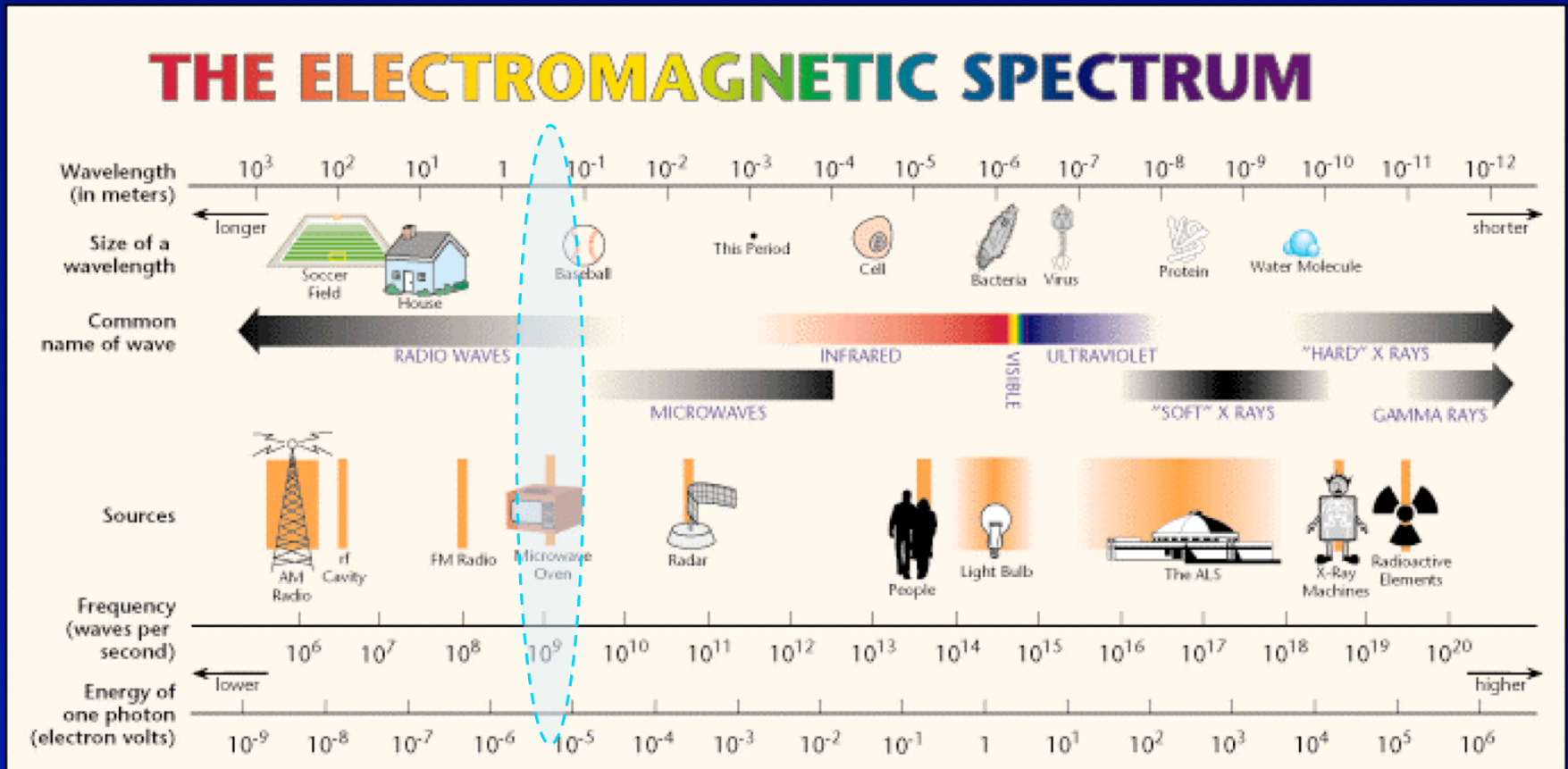
# DOSIMÉTRIE

Technique d'évaluation des doses de rayonnement absorbées par un tissu vivant.

La dosimétrie désigne l'ensemble des techniques de mesure et de *modélisation* qui permettent de calculer la puissance des rayonnements électromagnétiques . On l'utilise notamment pour calculer le DAS des téléphones mobiles et s'assurer de leur conformité avec les règles sanitaires.

Ces mesures sont effectuées en laboratoires sur des cobayes ou des mannequins. La dosimétrie utilise de nombreuses méthodes pour mesurer les doses de rayonnements électromagnétiques absorbées par les tissus et modéliser leur action. En laboratoires, certaines études biologiques portent sur des cobayes, principalement des rats, que l'on soumet à des rayonnements adaptés à leurs taille et poids. On constate ensuite l'apparition d'éventuels effets comme une augmentation de la température ou la dégradation de la santé du cobaye. D'autres études utilisent des sondes placées sur des mannequins aux propriétés proches de celles de l'être humain. Celles-ci permettent de calculer précisément la puissance absorbée, exprimée en watts par kilogramme pour le DAS.

# Le spectre électromagnétique



Source : Berkeley Lab - <http://www.lbl.gov/MicroWorlds/ALSTool/EMSpec/EMSpec2.html>

Personne en présence de champ E, H ou (E,H), ou courants de contacts

Effets sanitaires dus à l'exposition aux émissions RF ?

Si oui, quels mécanismes biologiques sont responsables des effets observés ?

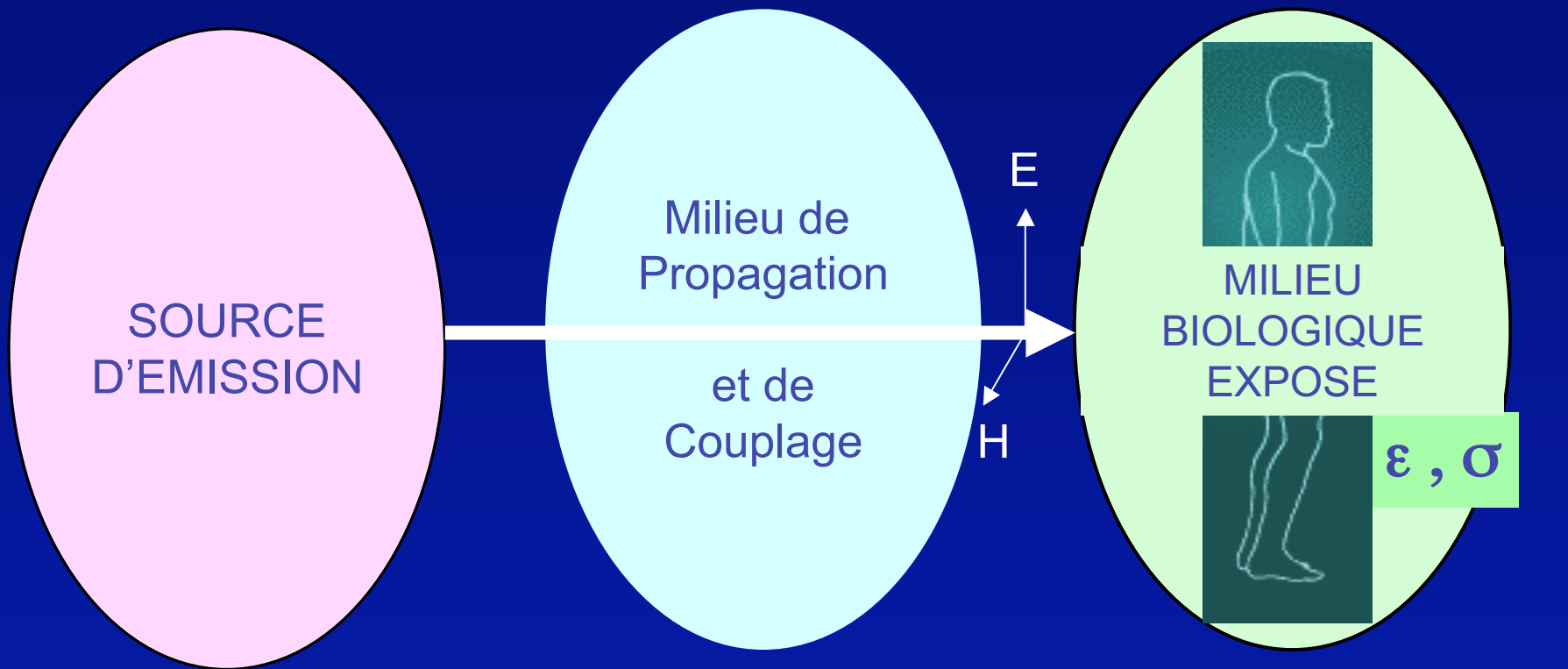
Recherches  
sur effets bio  
(*in vivo*, *in vitro*)

Recherches  
techniques  
dosimétrie

Facteurs d'influence :

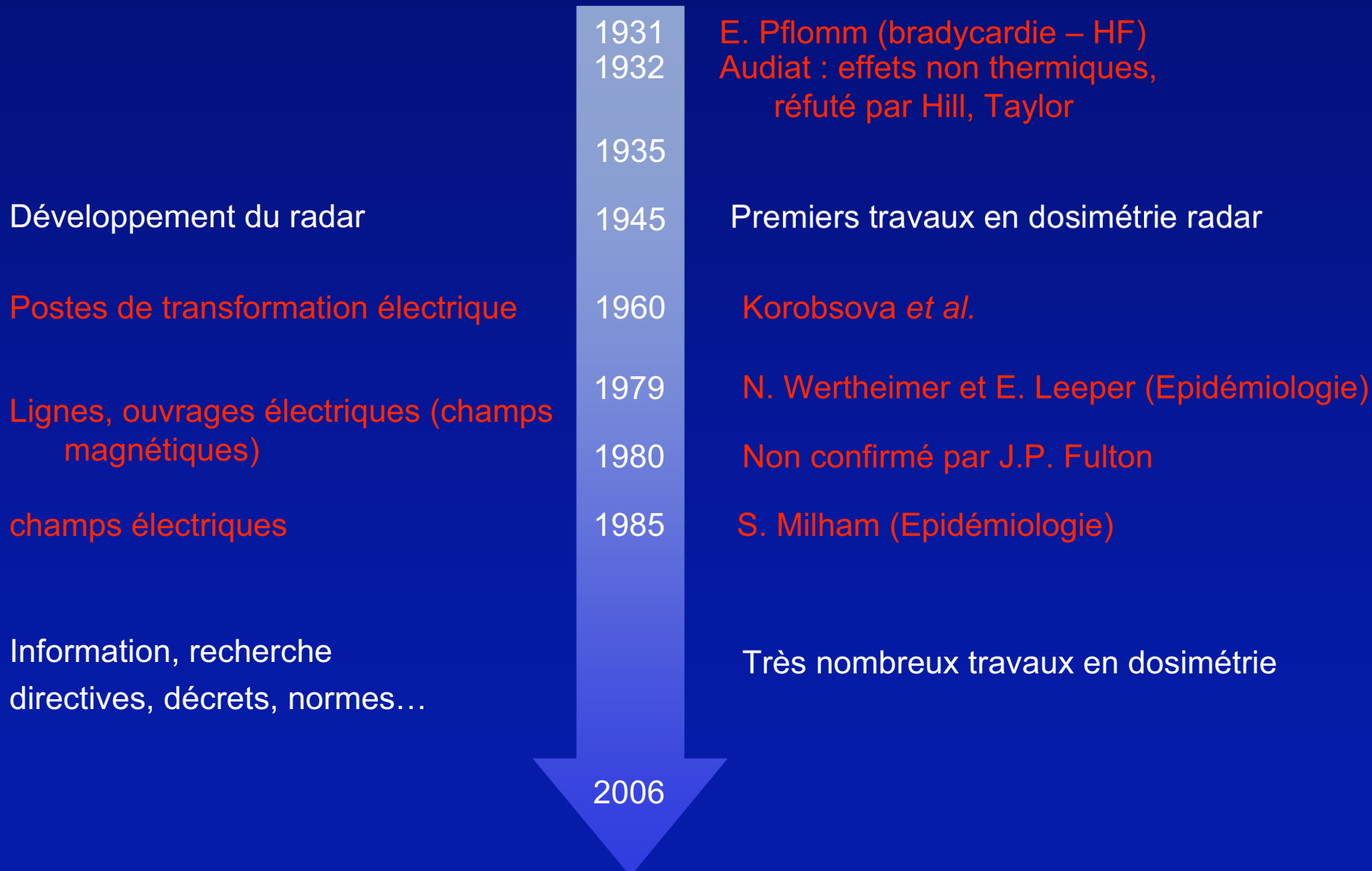
- caractéristiques de l'onde émise
- caractéristiques électriques des tissus biologiques
- environnement

# Mécanisme d'exposition aux ondes EM



Domaine de la physique  
Electromagnétisme

Domaine de la biologie,  
Biophysique et du  
Bio-électromagnétisme



Radiocom 2000 (1G)

Définition de la norme GSM (1982-1987)

Ouverture du réseau GSM en France (2G)

Norme IEEE 802.11 2Mb/s (WiFi)

Norme IEEE 802.11b 11Mb/s (WiFi)

Ouverture du réseau GPRS en France (2.5G)

Norme IEEE 802.11g 54Mb/s (WiFi)

Lancement UMTS en France (3G)

Lancement EDGE en France (2.75G)

OFDM (4G)

1983

1987

1990

1991

1992

1993

1994

1995

1996

1997

1998

1999

2000

2001

2002

2003

2004

2005

IEEE/ANSI C95.1

prES 59005

ICNIRP

IEEE/ANSI C95.1 +1999/519/EC

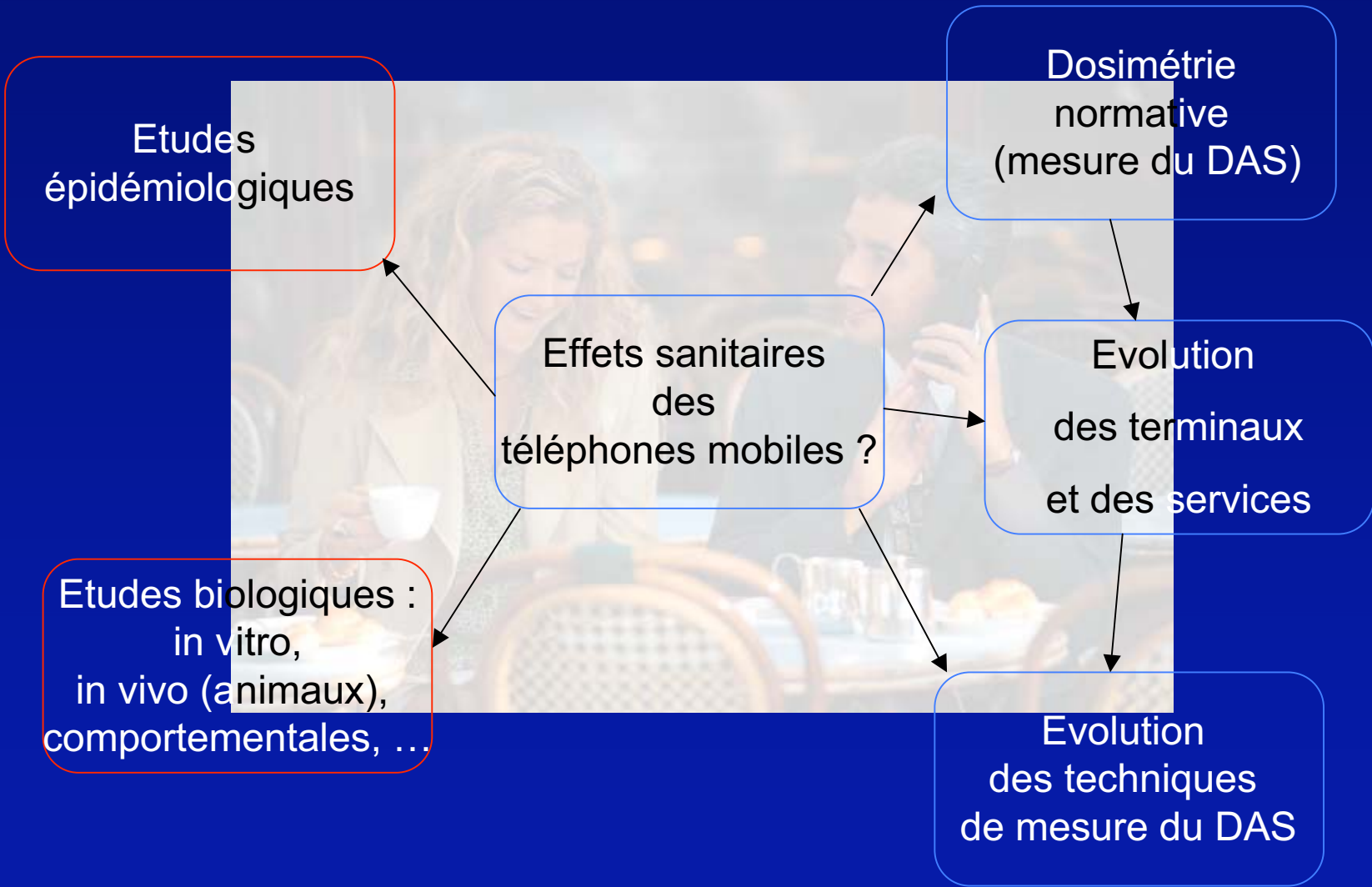
prEN 50361 + IEEE P1528

NF EN 50361

Décret 2002-775 (03/05/2002)

IEC 62209 Part 1

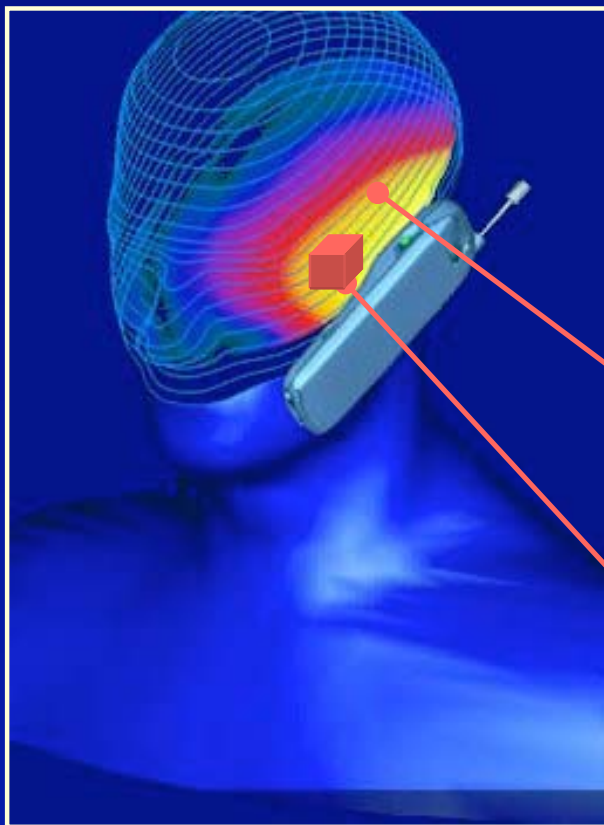
# Contexte



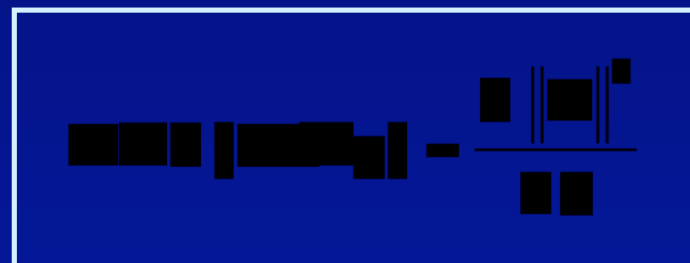


# Dosimétrie des téléphones portables

Le DAS (Débit d'Absorption Spécifique) représente la densité de puissance dissipée par unité de masse de tissu biologique



Source : [www.semcad.com](http://www.semcad.com)



Champ  $E$  local, DAS local  
(grandeurs de référence)

DAS moyenné dans  $n$  grammes

Mesure de  $E$  plutôt que  $T^\circ$  :  
meilleure sensibilité

# Valeurs limites d'exposition

Proposées par l'ICNIRP (Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants) en 1998

Connaissance scientifique  
Expérimentations animales

Effet biologique observé au plus faible niveau d'exposition (thermique) -> altération comportementale (animal)  
si DAS (corps) > 4 W/kg répartis dans le corps

DAS **corps entier** < 0.08 W/kg  
DAS **local** tête et tronc < 2 W/kg  
DAS **local** membres < 4 W/kg

1/50

Restrictions de base (DAS)

Le respect des niveaux de référence **garantit** le respect des restrictions de base.  
le non-respect des niveaux de référence n'implique pas un dépassement des restrictions de base (conditions majorantes).

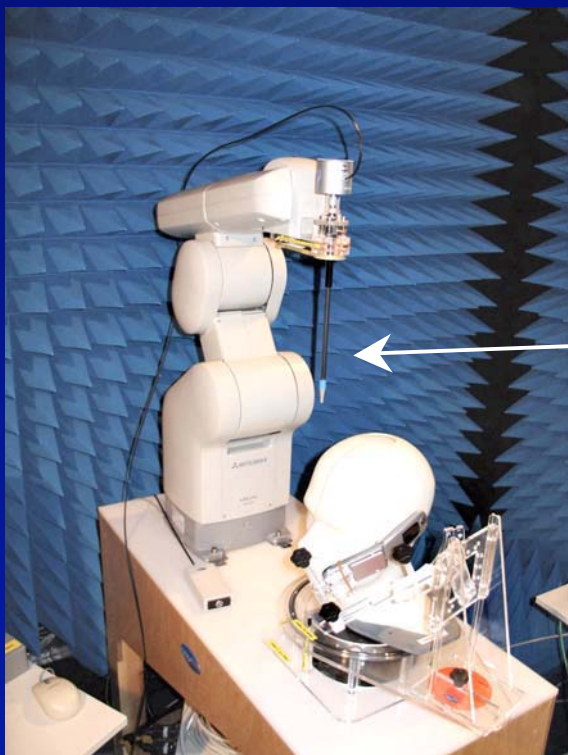
Niveaux de référence (Champs E et H)

## Valeurs limites :

- recommandation du Conseil de l'Union Européenne 1999/519/ CE du 12 juillet 1999
- décret n° 2002-775 du 3 mai 2002

Valeurs limites	DAS corps entier (W/kg)	DAS zone locale (W/kg)
Public		
CENELEC	0,08	2,0 (dans 10 g)
IEEE/ANSI	0,08	1,6 (dans 1 g)
Professionnels		
CENELEC	0,4	10,0 (dans 10 g)
IEEE/ANSI	0,4	8,0 (dans 1 g)

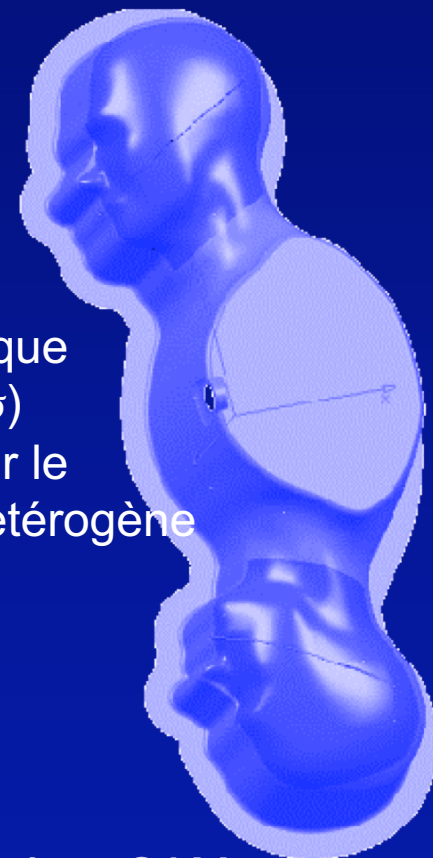
## Mesure du DAS selon la norme EN 50360 / 50361



Robot de positionnement pour la sonde de champ E

Coque plastique  
Liquide ( $\epsilon_r'$ ,  $\sigma$ )  
Majorant pour le  
DAS / tête hétérogène

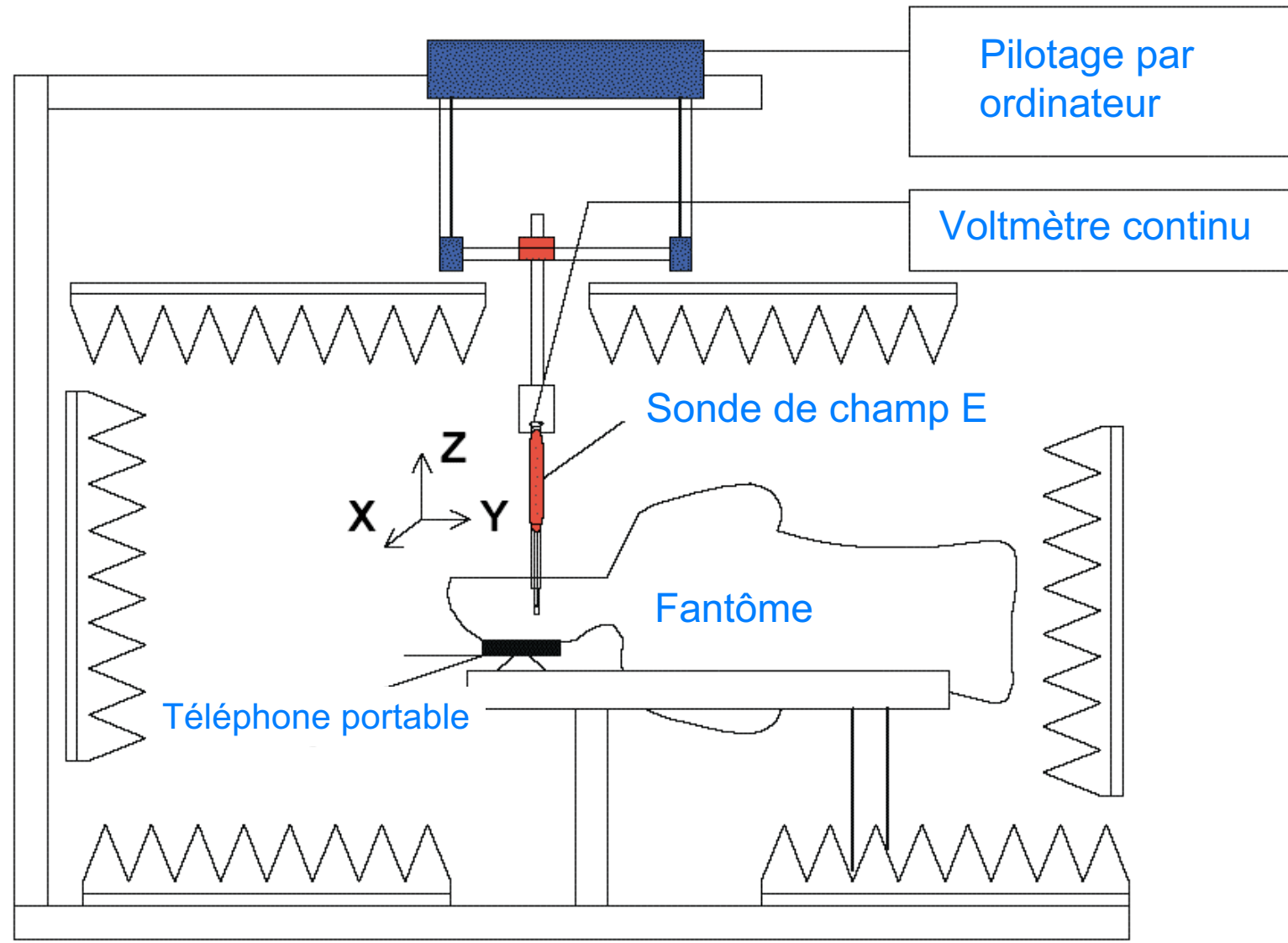
Définition des  
Caractéristiques fantôme  
à partir de simulations / mesures



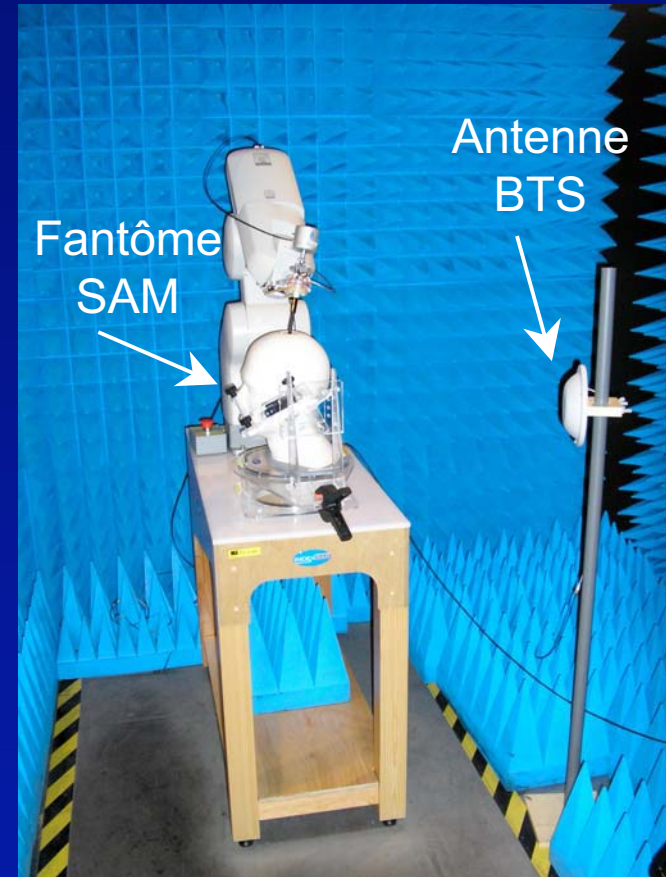
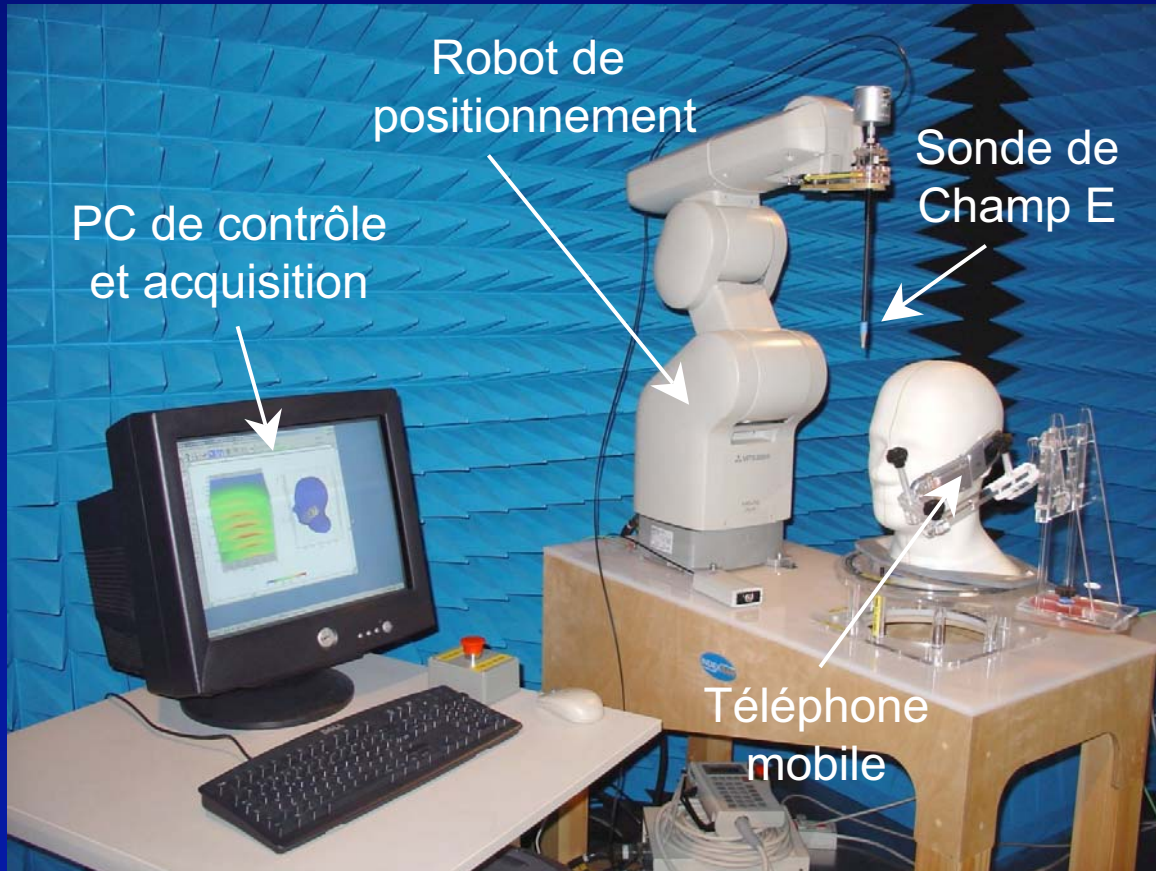
Base dosimétrique SARA2  
Supélec

Fantôme SAM  
(*Specific Anthropomorphic Mannequin*)

# Principe de la mesure de DAS



# Principe de la mesure de DAS

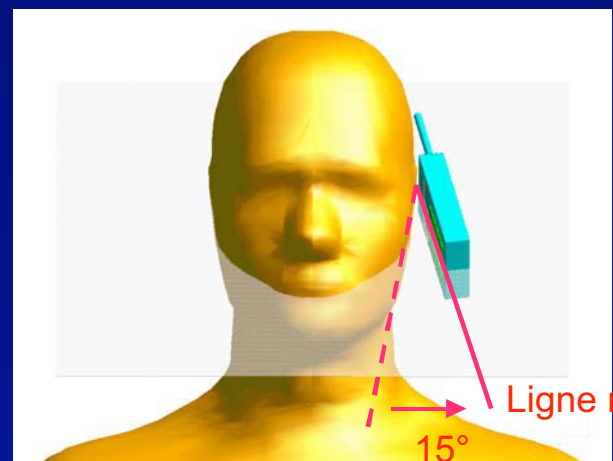
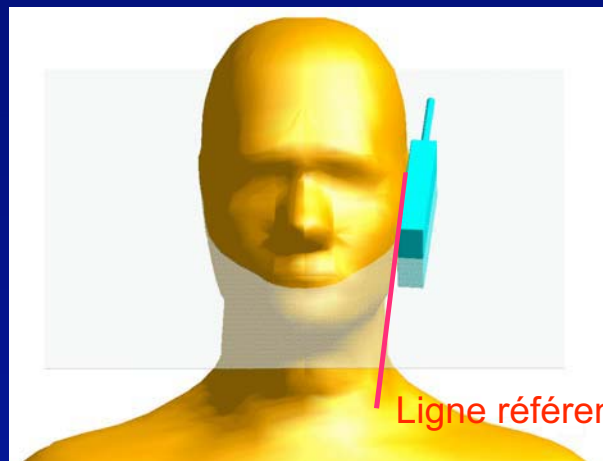


Base dosimétrique SARA2 - Supélec

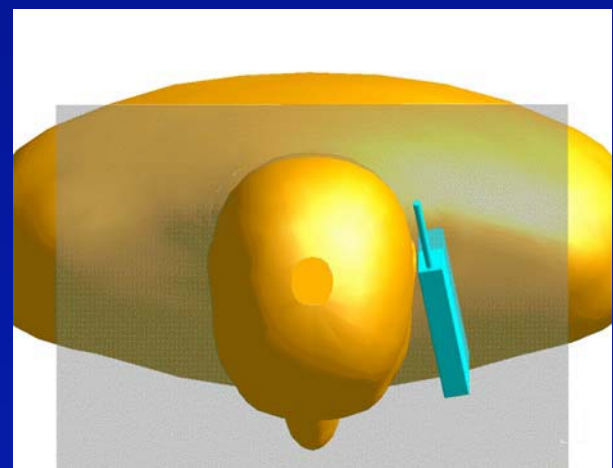
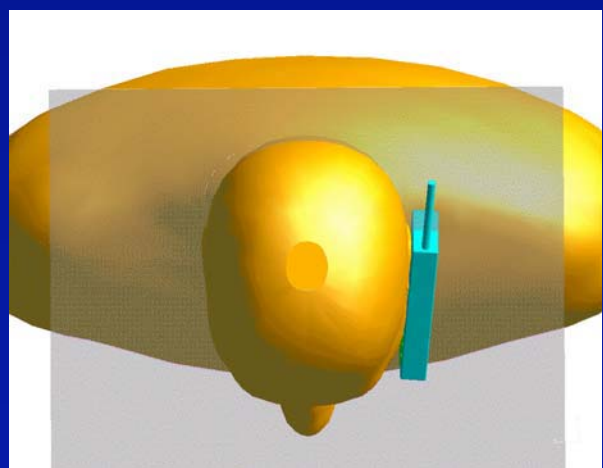
Mobile en émission à  $P_{max}$  contrôlée par émulateur de BTS  
Principe : recherche du pire cas systématique

# Position du téléphone en test

Vue de face



Vue de dessus



Position « joue »

Position « incliné »

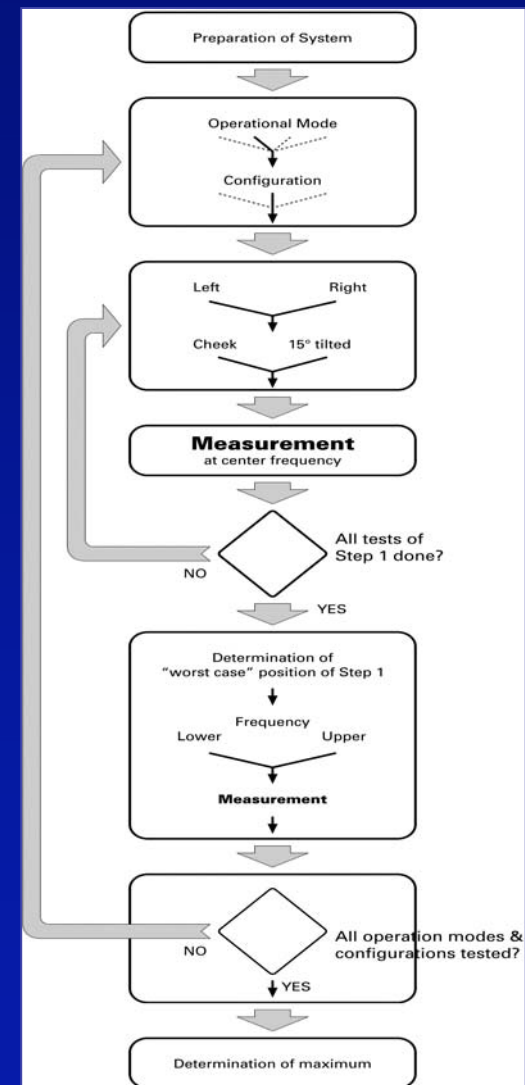
## Mesure du DAS maximum dans 10g de tissus :

- 2 positions par côté du visage
- 3 fréquences par bande

-> 12 mesures pour chaque téléphone portable

Tous les téléphones commercialisés en France sont conformes à la norme 2W/kg dans 10g

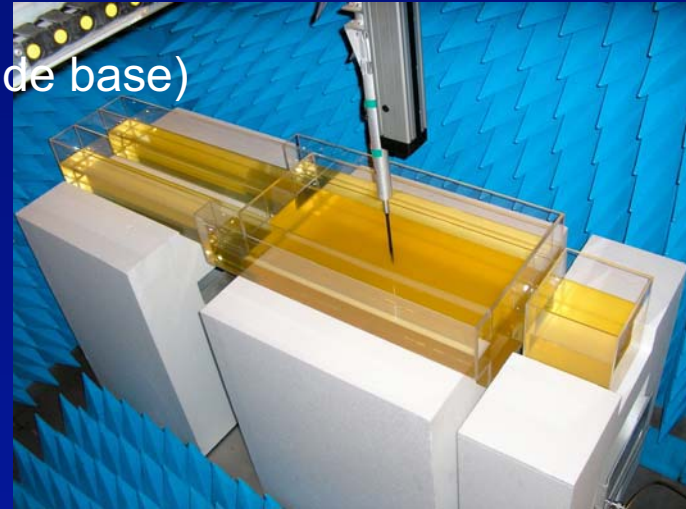
Tests constructeurs et/ou opérateurs, par des laboratoires indépendants



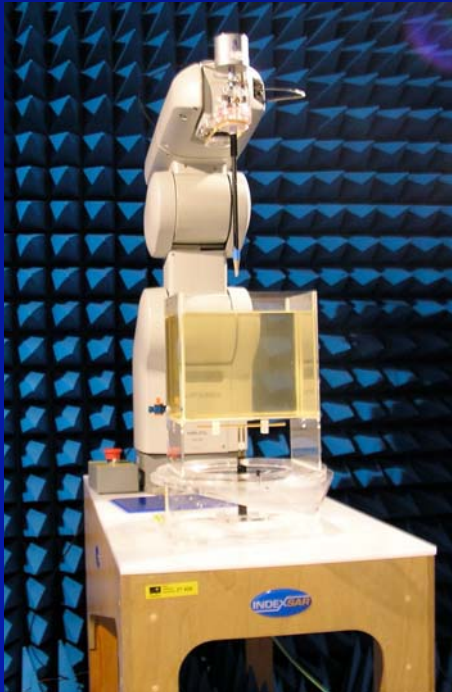


# Aspects non normatifs et nouveaux usages

- Dosimétrie corps entier (stations de base)
- Dosimétrie des kits piétons



D. Picard - Supélec



- Mobiles pour la transmission de données
- Bornes et cartes WiFi

# Evolution des terminaux mobiles

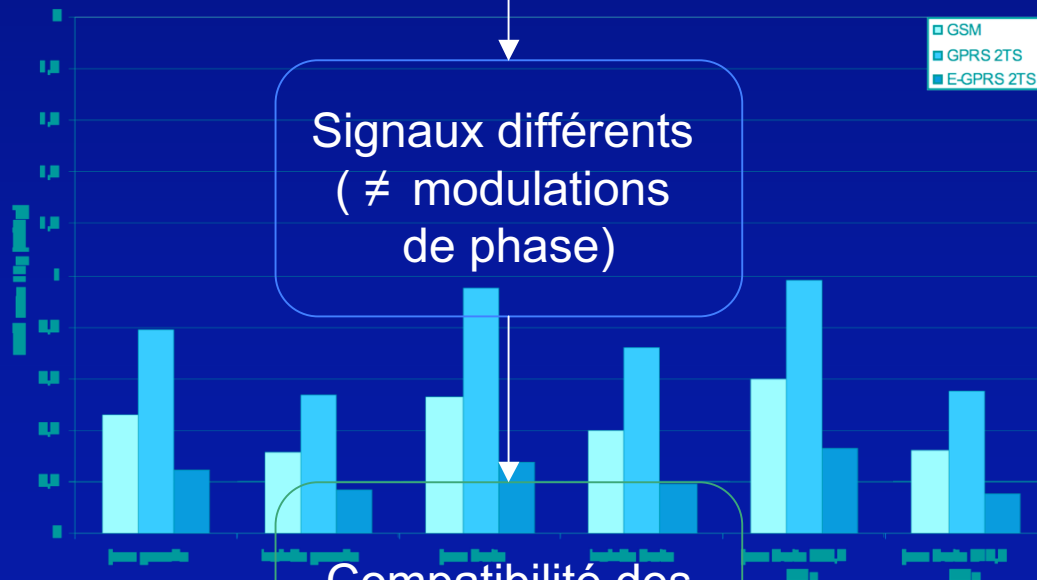
Nouveaux services  
(voix + données)

↗ nombre de configurations  
à mesurer

Durée des batteries  
Amplis RF  
Pertinence  
des mesures

Montée en fréquence

Signaux différents  
( $\neq$  modulations  
de phase)



Compatibilité des sondes de mesure

## Techniques actuelles figées par les normes :

- sondes à détection d'enveloppe
- exploration complète 3D
- grand nombre de configurations
- absence d'étalon de mesure ou au moins de références communes

## Proposition de nouvelles techniques :

- Sondes miniaturisées ou de technologies différentes (RF, diffusion modulée)
- Rapidité : pour tests R&D et essais en ligne de production
- Mesures avec phase (pertinence pour un signal modulé en phase ?)

# La dosimétrie en constante adaptation



1998



2006



Merci à Alain Azoulay