

# Notions d'Antennes et Propagation

Jean-Jacques Laurin, PhD, Ing.  
Département de génie électrique  
École Polytechnique de Montréal

# Plan de la présentation

1. Ondes électromagnétiques
2. Fréquences pour communications mobiles
3. Antennes
4. Propagation
5. Limites d'exposition

# 1a. Ondes électromagnétiques

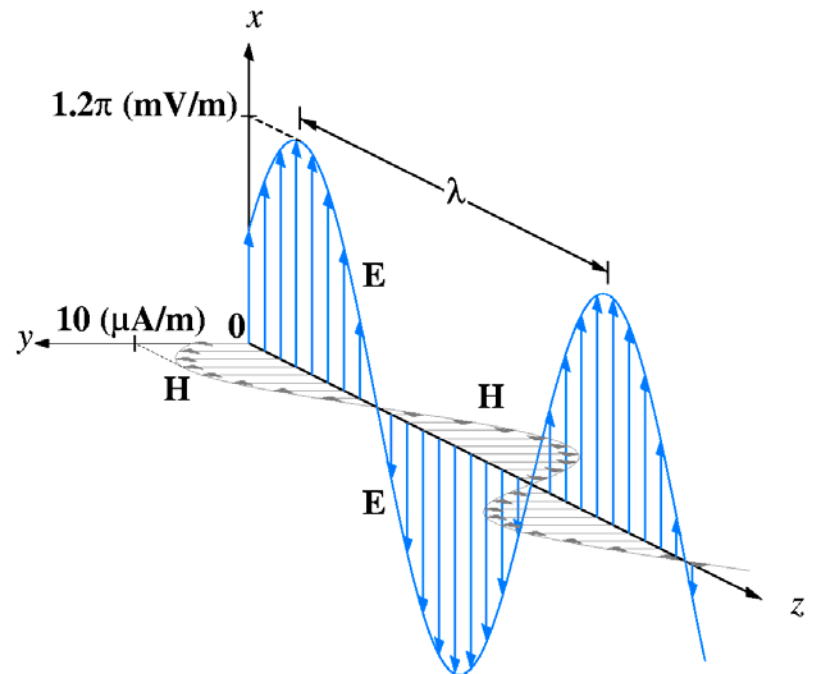


# 1b. Ondes électromagnétiques

- Contient champ électrique  $E$  et champ magnétique  $H$  perpendiculaires
- $E$  et  $H$  sont perpendiculaires à la direction de propagation
- $\lambda$  : longueur d'onde

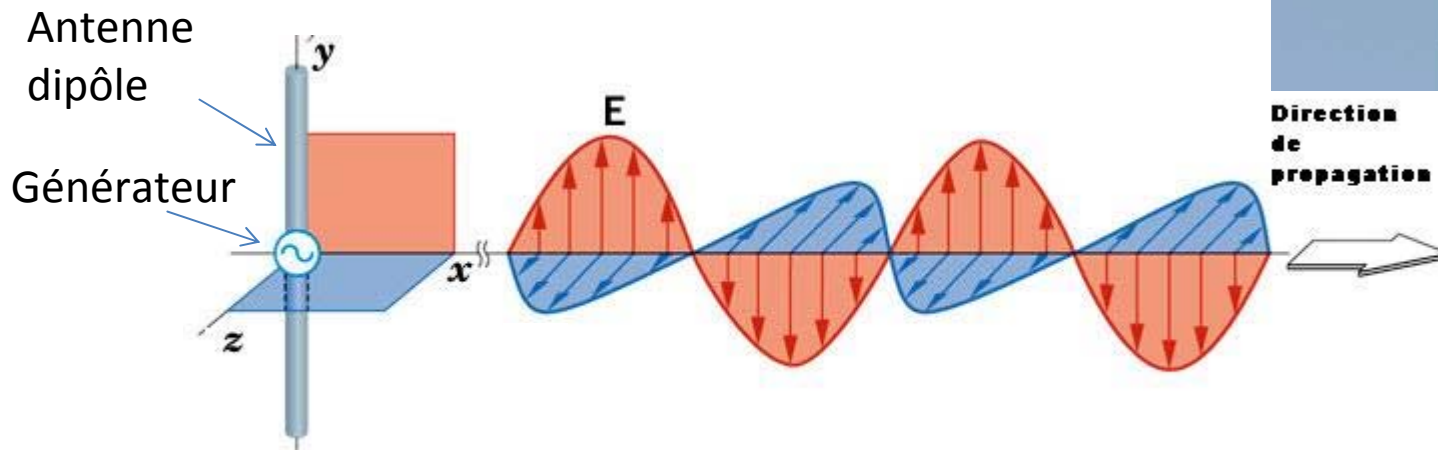
$$\lambda = \frac{\text{vitesse de la lumière}}{\text{fréquence}}$$

- $E = 377 \times H$



# 1c. Ondes électromagnétiques

- Polarisation linéaire:
  - Verticale ou
  - à +/- 45 degrés



# 1d. Ondes électromagnétiques

- Densité de puissance de l'onde:

$$P = \frac{E^2}{377}$$

- P: densité de puissance: watt/m<sup>2</sup>
- E: intensité du champ électrique: volt/m

# 2. Fréquences pour communications mobiles

Télévision VHF:

Canaux 2 à 6: 54 à 88 MHz

Canaux 7 à 13: 174 à 216 MHz

Télévision UHF:

Canaux 14 à 69: 470 à 806 MHz

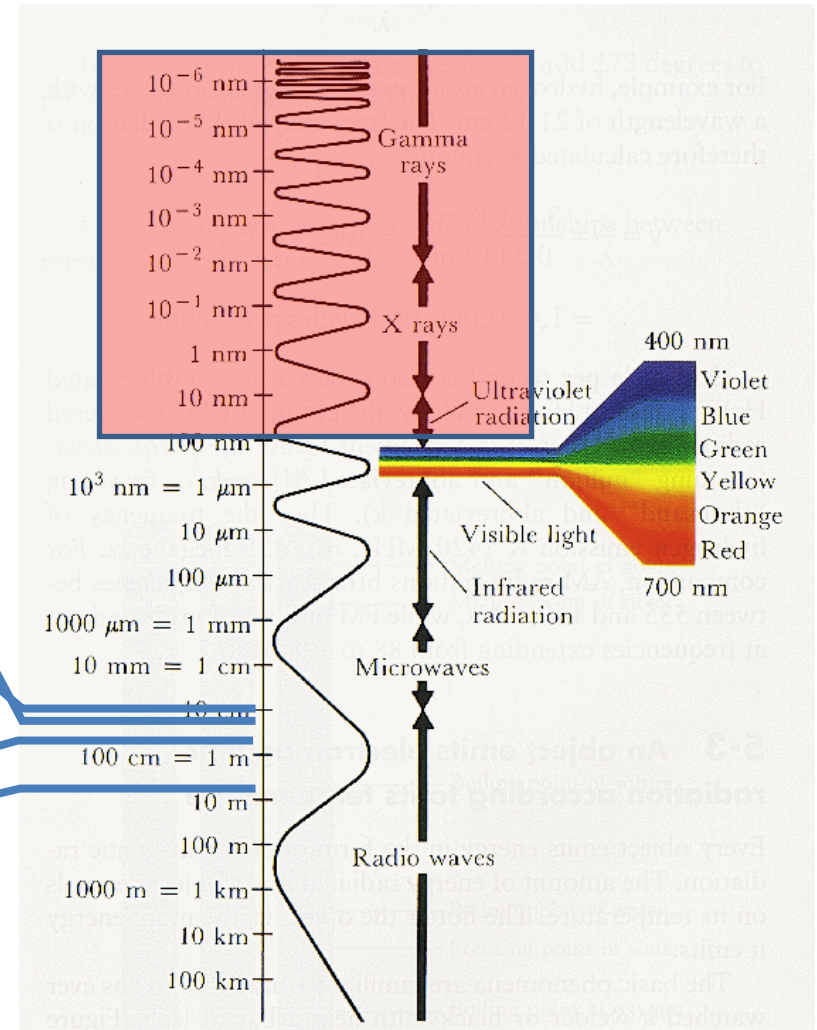
Radio FM analogique:

Téléphones cellulaires  
100 canaux disponibles

entre 88 MHz et 108 MHz  
Réseaux sans fil

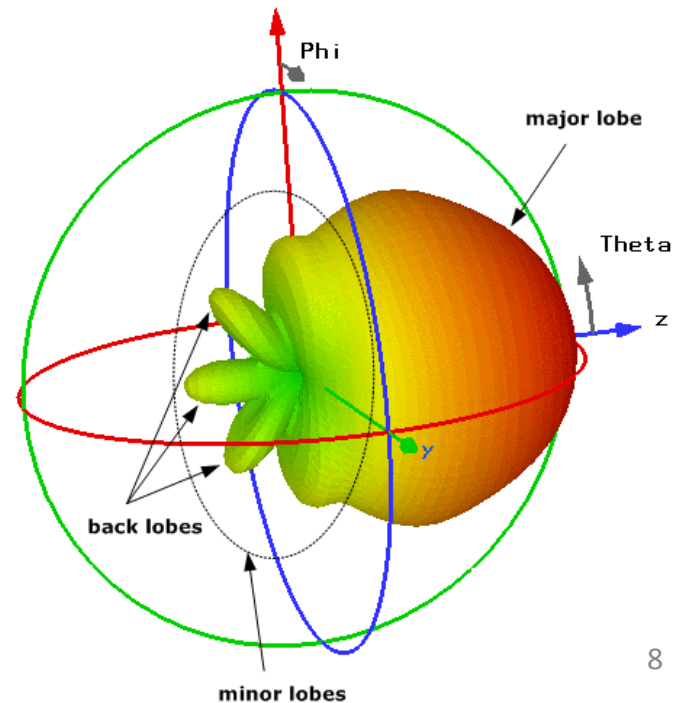
Services de communications personnelles  
Radiodiffusion numérique.

1452-1492 MHz



# 3a. Antennes

- L'intensité de rayonnement d'une antenne varie en fonction de:
  - La distance  $r$ :
    - Puissance  $P$  proportionnel à  $1/r^2$
    - Champs électriques et magnétiques ( $E$  et  $H$ ) proportionnels à  $1/r$
  - La direction de propagation



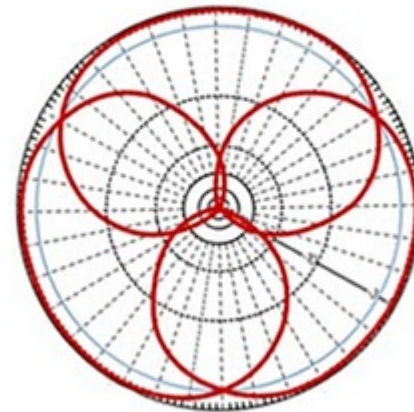


## 3b. Antennes

- Pour une antenne de téléphonie cellulaire typique le rayonnement est
  - Sectoriel en azimut

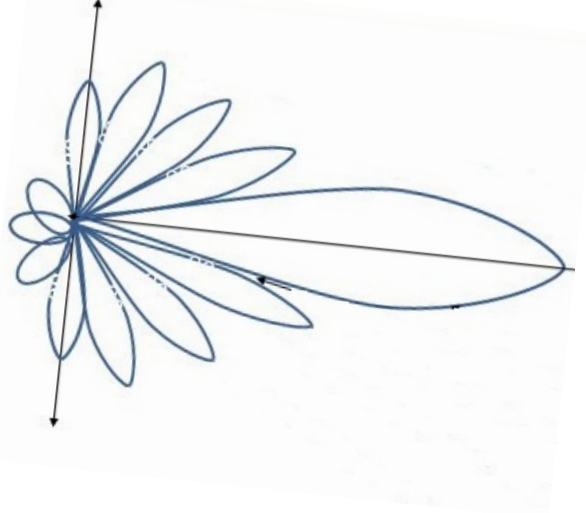


cell tower RF pattern - top down view



# 3c. Antennes

- Pour une antenne de téléphonie cellulaire typique le rayonnement est
  - Directionnel en élévation:  
Faisceau orienté vers zone de Couverture (clients)



# 4a. Propagation

- Champ proche réactif:
  - E proportionnel à  $1/r^2$  et  $1/r^3$
  - $r < \lambda$ ; pire cas  $r \approx 15$  cm
- Champ proche en rayonnement
  - E proportionnel à  $1/r$
  - $r < 2 \times (\text{taille antenne})^2/\lambda$ ; valeur typique  $r \approx 6$  à 15 mètres
  - faisceau pas tout à fait formé
- Champ lointain en rayonnement
  - E proportionnel à  $1/r$

## 4b. Propagation

- Hauteurs des pylônes:
  - 10 m et plus en zone urbaine
  - 35 m en zone rurale
- Puissances d'émission typiques pour services de communications personnelles (SCP)
  - 200 watts en zone urbaine
  - Fonctionne habituellement sous la capacité maximale
  - Gain de l'antenne: 15 dB environ
  - Comparaison: un téléphone mobile émet de l'ordre de 0,5 -- 1 watt .

# 5a. Limites d'exposition

- Limites d'exposition humaines aux champs radiofréquences régies par le *Code de sécurité 6 de Santé Canada*
- Limites prescrites pour le grand public:

Fréquence (MHz)	Limite du champ E (volt/m)	Limite du champ H (amp./m)	Limite de puissance P (watt/m <sup>2</sup> )
300 - 1500	$1,585 f^{0,5}$	$0,0042f^{0,5}$	$f/150$
1500 - 15000	61,4	0,163	10

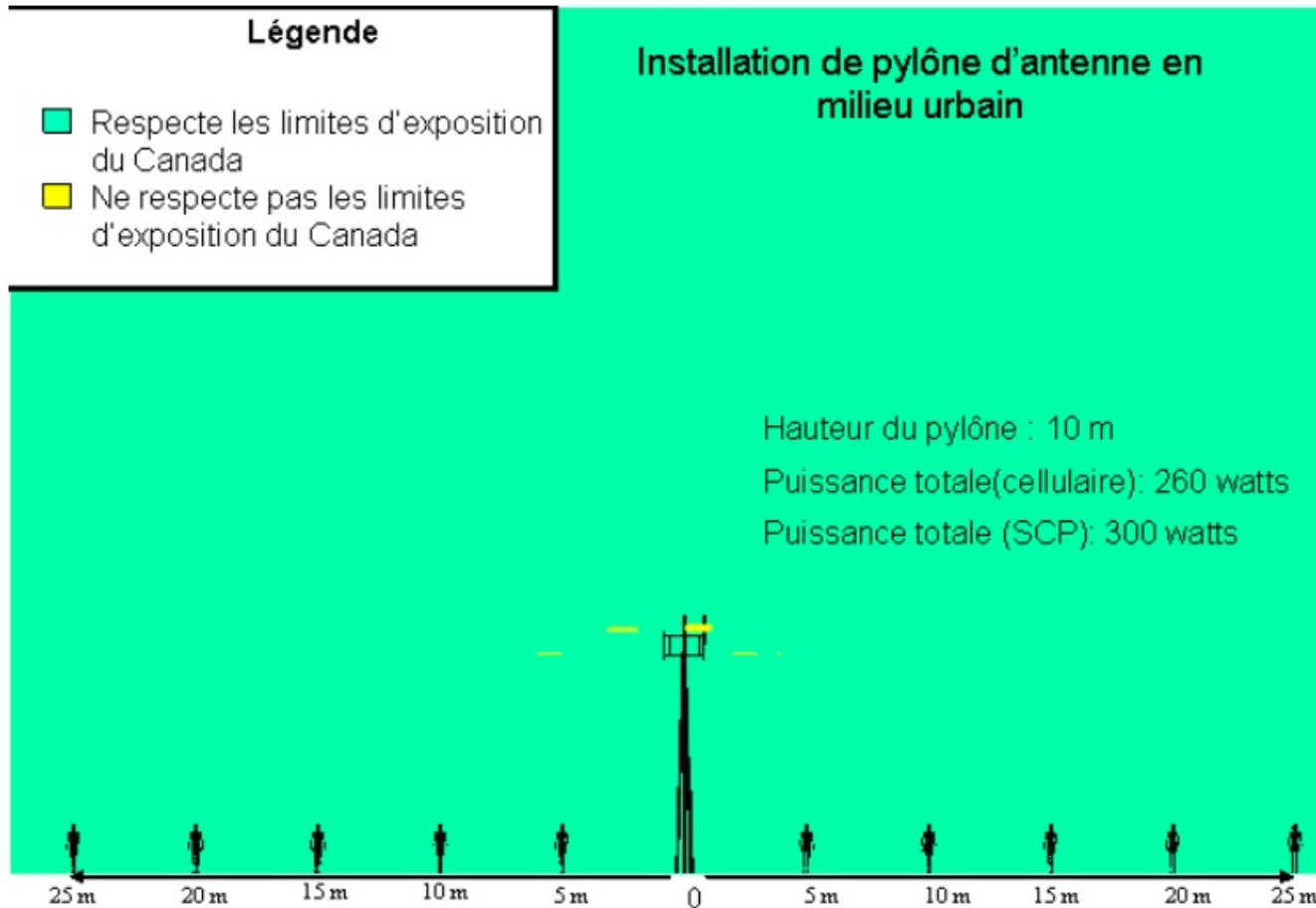
NB: f est la fréquence donnée en unités de MHz

L'exposition est calculée sur une durée moyenne de 6 minutes

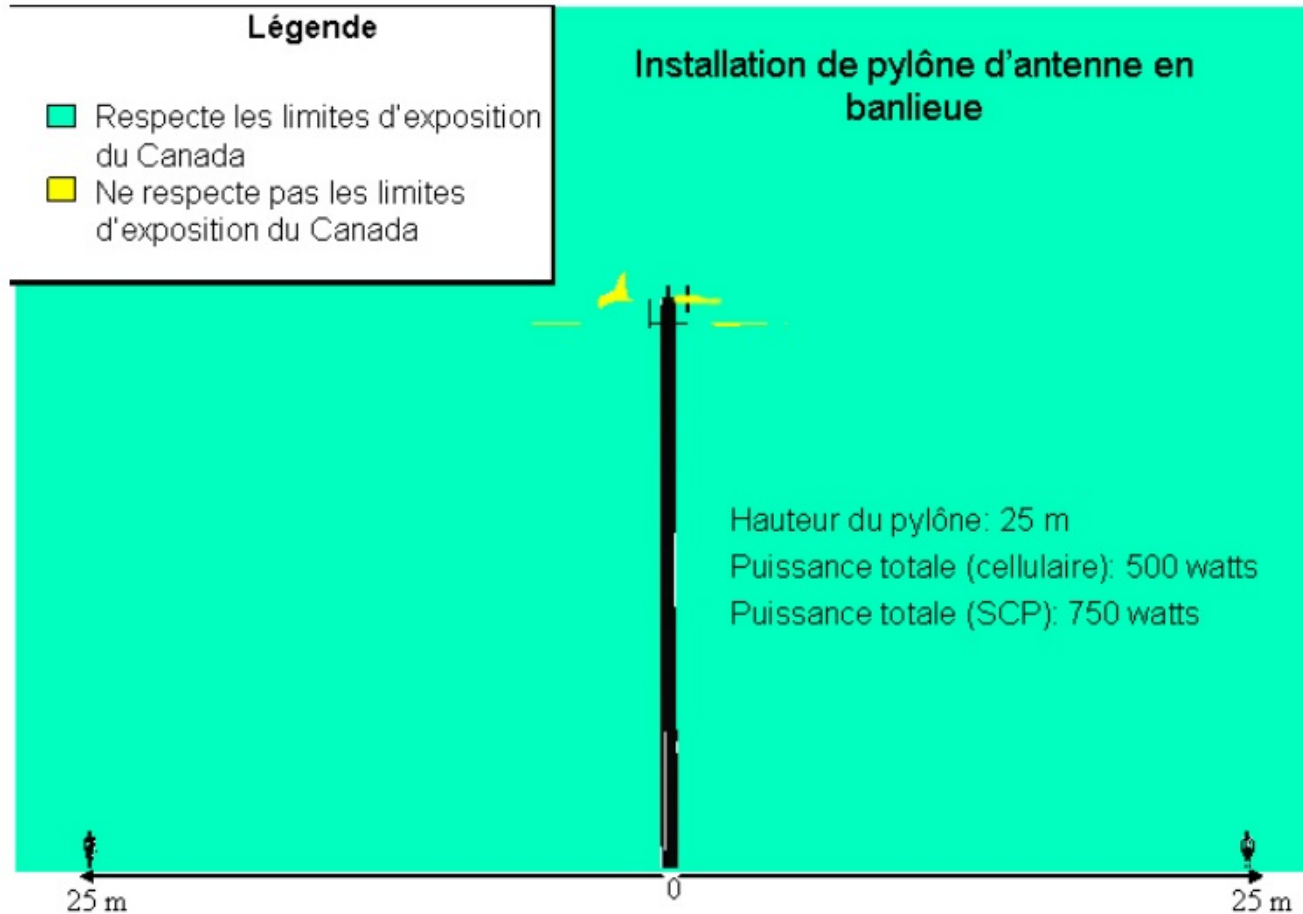
# 5c. Limite d'exposition – exemple

- Hypothèses:
  - Tour SCP émettant 300 watts
  - Fréquence 1900 MHz
  - Distance à l'antenne  $r = 100$  mètres
  - Gain de l'antenne de 15 dB, (i.e.  $10^{15\text{dB}/10} = 31,6$ )
  - On est dans le faisceau principal de l'antenne
- Calculs
  - $P = 300 \text{ watts} \times 31,6 / (4\pi \times (100^2)) = 0,075 \text{ watt/m}^2$
  - $E = (377 \times P)^{0.5} = 5,4 \text{ V/m}$
- Limite Code 6: 10 watts/m<sup>2</sup> ou 61,4 V/m
- La limite est respectée

# 5d. Région de dépassement de la limite – milieu urbain



# 5e. Région de dépassement de la limite – banlieue





# 5f. Effets des ondes de téléphones mobiles sur la santé

- Plusieurs études épidémiologiques multinationales de grande envergure ont été menées à bien ou se poursuivent, y compris des études cas-témoins et des études de cohorte prospectives examinant un certain nombre de paramètres sanitaires chez les adultes. La plus grande étude cas-témoins à ce jour, **INTERPHONE, coordonnée par le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC)**, a été conçue pour déterminer s'il existe des liens entre l'utilisation des téléphones portables et les cancers de la tête et du cou chez l'adulte. À partir de l'analyse internationale regroupant les données recueillies dans treize pays participants, **aucune augmentation du risque de gliome ou de méningiome n'a pu être établie en relation avec l'utilisation du téléphone portable sur une période supérieure à 10 ans.**

# 5g. Effets des ondes de téléphones mobiles sur la santé

- Il existe quelques signes d'un risque accru de gliome pour les 10% d'usagers dont le nombre d'heures cumulées d'utilisation était le plus élevé, bien qu'aucune tendance systématique de risque accru n'ait été établie pour une plus longue durée d'utilisation. Les chercheurs ont conclu que les biais et les erreurs limitent la validité de ces conclusions et ne permettent pas une interprétation de causalité. Se fondant en grande partie sur ces données, le CIRC a classé les champs électromagnétiques de radiofréquence dans la catégorie des cancérogènes possibles pour l'homme (Groupe 2B), catégorie utilisée lorsqu'on considère comme crédible un lien de cause à effet, mais sans qu'on puisse éliminer avec une certitude raisonnable le hasard, un biais ou des facteurs de confusion.

# Quiz????

- Un usager fréquent de téléphone mobile est préoccupé par les effets possibles des ondes électromagnétiques sur sa santé. Afin de diminuer son niveau d'exposition aux ondes électromagnétiques, cet usager devrait:
  - a) Habiter là où la réception du signal est la meilleure.
  - b) Habiter là où la réception du signal est suffisante mais nettement moins forte.
  - c) Aucune de ces réponses.

Merci de votre  
attention!

