

# Métrologie et incertitudes en BF

0Hz – quelques kHz

# Plan

Capteurs

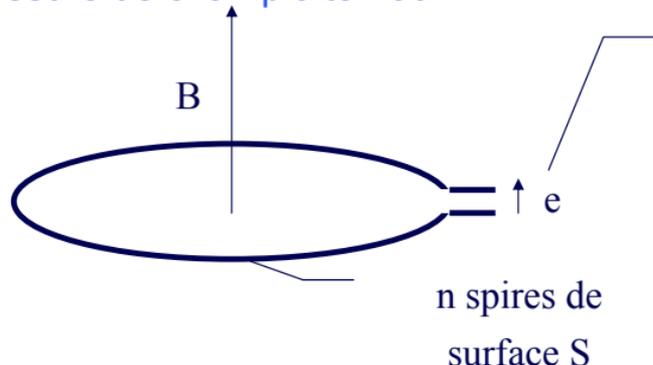
Comment faire une mesure

Comment interpréter une mesure

Atténuation et blindage

# Capteur de champ B: principe des capteurs inductifs 1/2

Mesure de champ alternatif



Mesure de la tension  
induite dans une boucle

$$e = -nS \frac{dB}{dt}$$
$$e_0 = -2\pi f n S B_0$$

Relation non linéaire si plusieurs fréquences  $\Rightarrow$  intégration du signal

Intensité du signal proportionnelle à la surface  $\Rightarrow$  il vaut mieux de grandes spires (généralement 10cm de diamètre) ou de nombreuses spires

# Capteur de champ B: principe des capteurs inductifs 2/2

## Sonde monoaxiale ou triaxiale

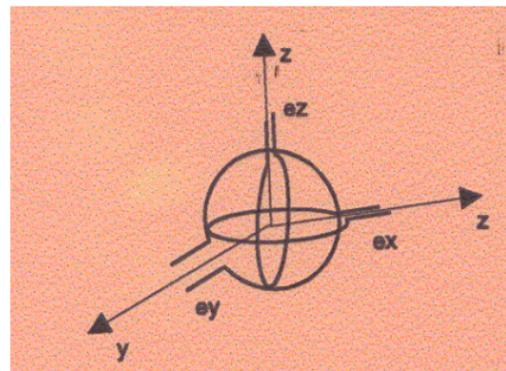
Champ résultant d'une sonde triaxiale

$$B_{eff} = \sqrt{B_{xeff}^2 + B_{yeff}^2 + B_{zef}^2}$$

Limite de sensibilité: 0,01μT

## Remarques:

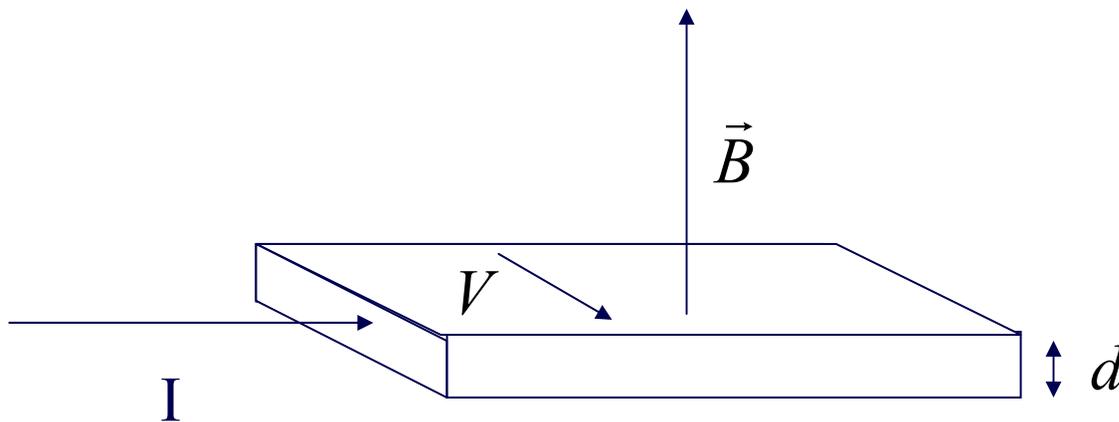
- Une sonde de grande taille est peu adaptée à la mesure des champs fortement non uniformes
- Si on cherche à mesurer un niveau ambiant, une sonde de grande taille fera une meilleure mesure qu'une petite



# Capteur de champ B: exemples de capteurs inductifs



# Capteur de champ B: principe du capteur à effet Hall



$$V = -\frac{IB}{\rho ed}$$

Permet également la mesure de champ continu

Capteur très compact

Limite de sensibilité:  $1\mu\text{T}$

Doit être calibré quasiment à chaque mesure

# Capteur de champ B: exemple de capteur à effet Hall

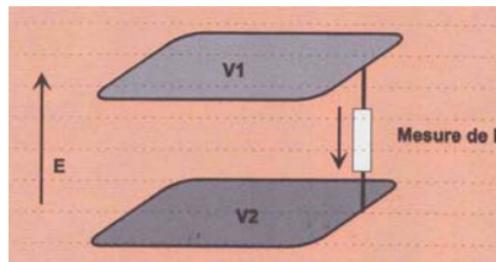


Capteur : taille millimétrique

# Capteur de champ E: principe

## Mesureur à potentiel flottant

- Portable
- Mesure de courant
- Sonde monoaxiale ou triaxiale



$$E_R = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

- Limite de sensibilité: 10V/m

# Capteur de champ E: exemples



# Étalonnage des capteurs

Faire une mesure dans un champ uniforme

## Champ E

- Système de plaques parallèles

## Champ B

- Bobines de Helmholtz
- Problème de l'uniformité du champ

# Précaution de mesure en champ B

## Risque :

perturbations possibles des forts champs électriques, pouvant générer une différence de potentiel parasite entre les spires du capteur

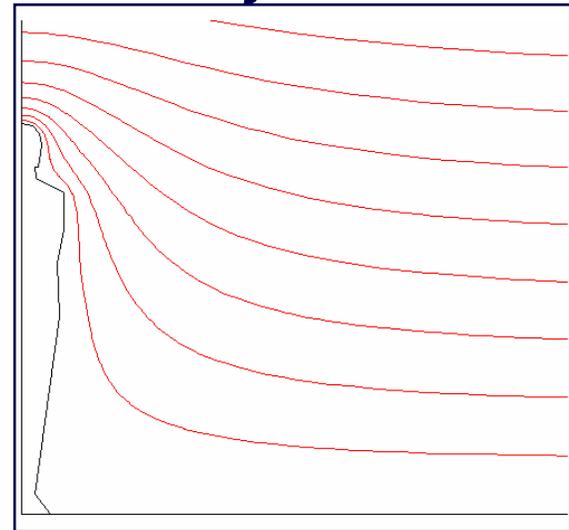
## Solution :

s'assurer que l'appareil est blindé contre le champ électrique (facile à réaliser)

# Précaution de mesure en champ E 1/3

Risque :

perturbation locale du champ par les objets conducteurs (opérateur, ...)



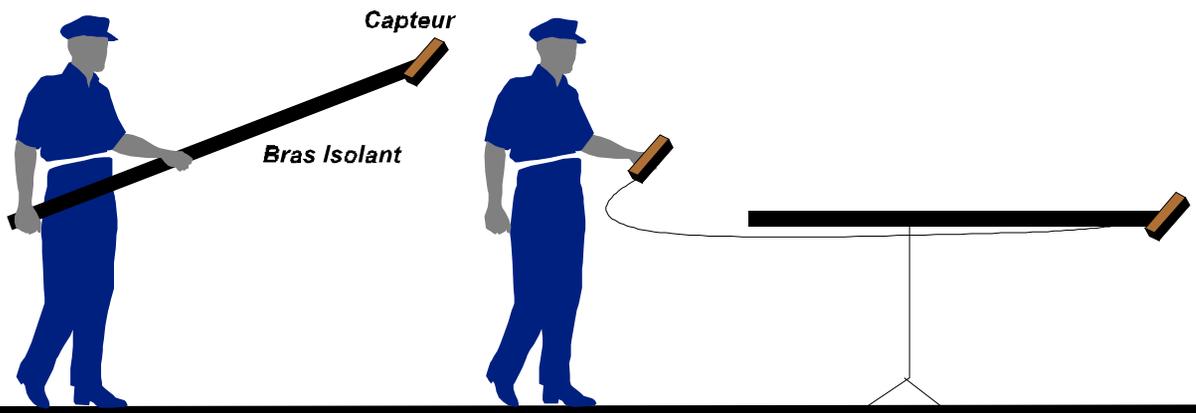
= ce qu'il ne faut pas faire

Mauvaise position

# Précaution de mesure en champ E 2/3

Solution : influence de l'opérateur

➤ Distance entre opérateur et sonde  $> 2$  m



Bonnes positions

Solution : influence du trépied

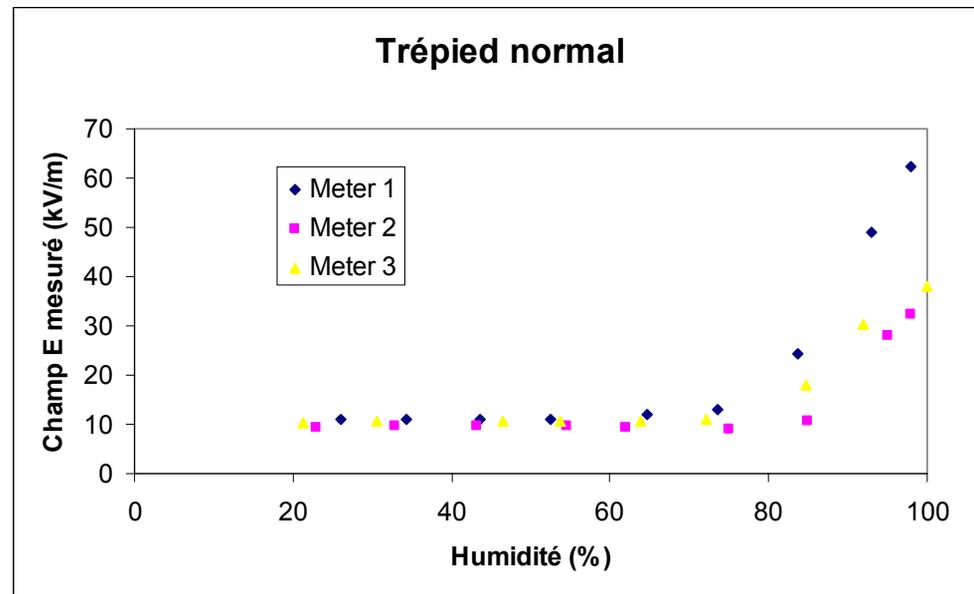
➤ Déporter le capteur de 50cm par rapport au trépied



# Précaution de mesure en champ E 3/3

## Influence de l'humidité si

- Humidité supérieure à 60 % (trépied normal)
- Humidité supérieure à 70% (trépied avec déport du capteur)



## Influence de la température

- Mettre le capteur à la température ambiante avant les mesures

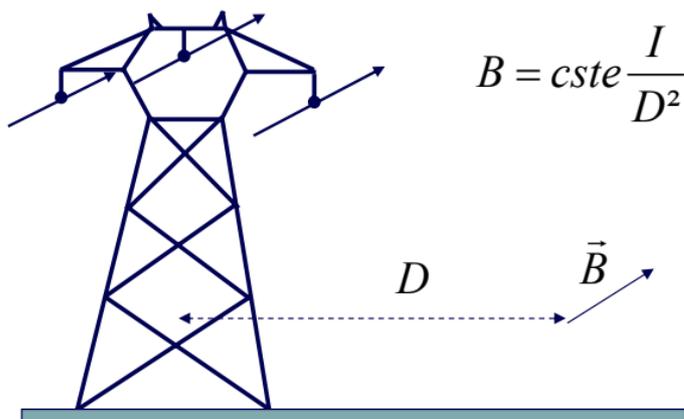
## Non uniformité du champ E

# Interprétation de mesure - champ B 1/2

Incertitude:

inférieure à 10% si les précautions indiquées sont prises

Cas de mesure près d'une source de courant I

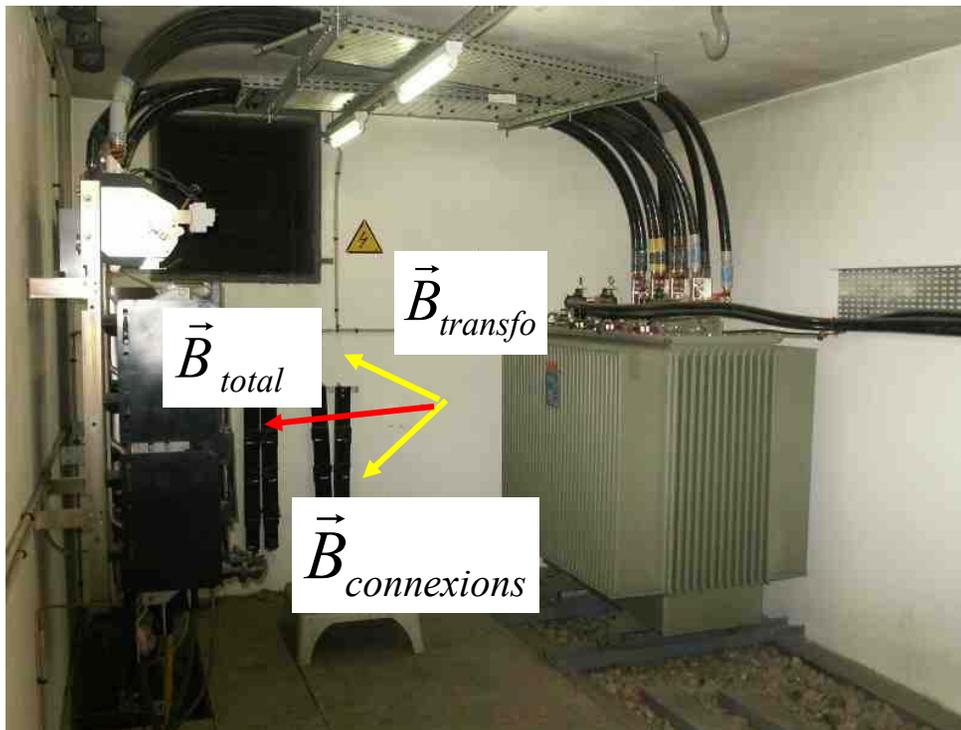


$$B = cste \frac{I}{D^2}$$

- B est proportionnel à I
- I varie au cours du temps
- $\Rightarrow$  **il faut connaître I au moment de la mesure** pour pouvoir utiliser le résultat de la mesure

# Interprétation de mesure - champ B 2/2

## Cas des sources multiples



- La mesure ne donne que le champ total
- Le champ émis par une source n'est pas accessible par la seule mesure

# Interprétation de mesure - champ E

## Incertitude

Inférieure à 10% si les précautions indiquées sont prises

## Pas de difficultés d'interprétation

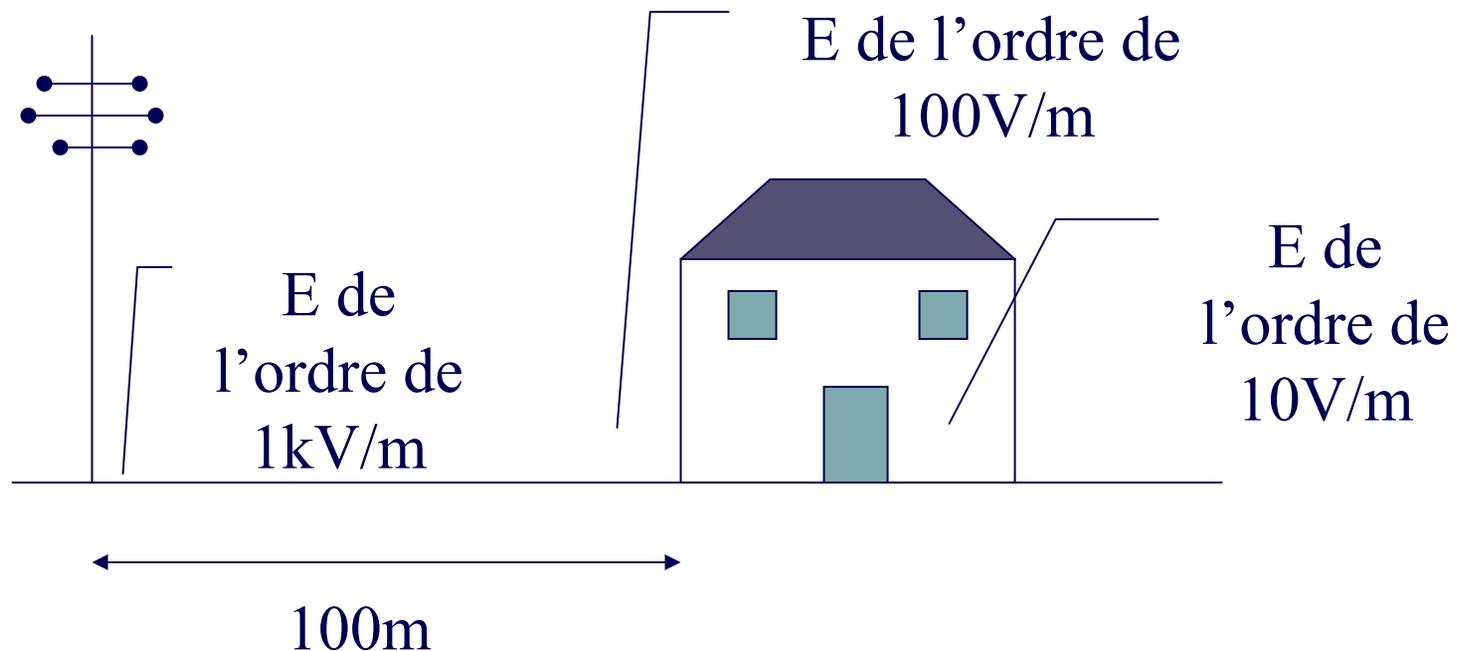
- Source de champ identifiée = source de haute tension
- Mesure variant peu dans le temps: le champ électrique dépend de la tension (constante) et de la hauteur des conducteurs (donc de leur température)

# Blindage contre le champ E

Très facile

Le champ est arrêté par tout conducteur

Exemple



# Blindage contre le champ B

Très difficile

Techniques de réduction de champ:

- S'éloigner de la source
- Améliorer la disposition des conducteurs
- Ajouter une source de contre champ

Blindage coûteux

- Blindage absorbant (efficace contre B perpendiculaire) : tôle d'aluminium ou cuivre de bonne épaisseur
- Blindage déflecteur (efficace contre B tangentiel) : tôles à grain orientés (ex Fer/Silicium - coût de l'ordre de 1000 €/ m<sup>2</sup>), ou tôles de Mumétal (2 à 3 fois plus cher)

# Conclusion

## Champ électrique

- Mesure délicate mais facile à interpréter
- Facilement arrêté par presque tous les obstacles (bâtiments, ...)

## Champ magnétique

- Mesure techniquement simple mais souvent difficile à interpréter
- Difficile à arrêter (blindages conducteurs ou magnétiques)