

# Courants de contact et quantification des incertitudes dans les modèles électromagnétiques

C. Geuzaine, V. Beauvois, P. Dular, R. Sabariego  
(unité ACE)

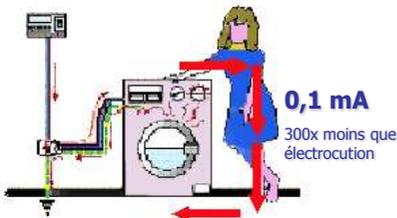
Jean-Louis Lilien, P.-P. Barbier  
(unité TDEE)

Université de Liège

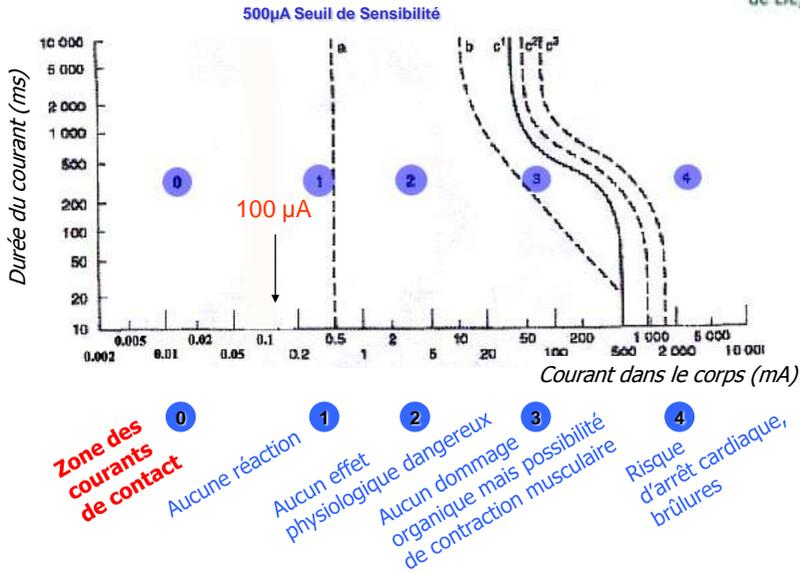
## Courant de contact

→ Peut apparaître quand une personne touche 2 surfaces conductrices

→ Pas une électrocution



→ En fonctionnement normal : quelques  $\mu\text{A}$

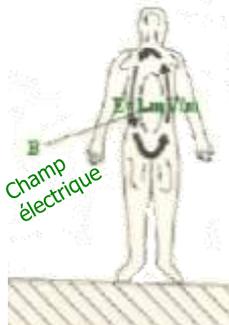


3

Champ magnétique

100 µT

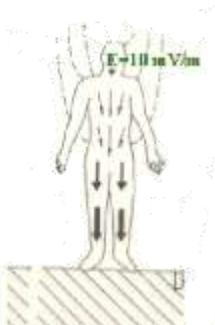
1 mV/m



Champ électrique

10 kV/m

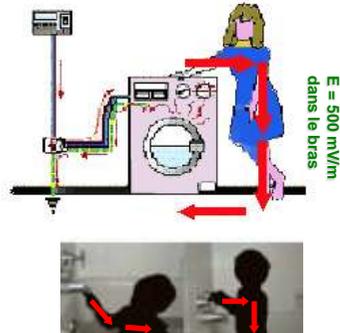
20 mV/m



Courant de contact

100 µA = 0,1 mA

500 mV/m



L'OMS estime que, en dessous de qq dizaines de mV/m, on reste dans le "bruit" biologique

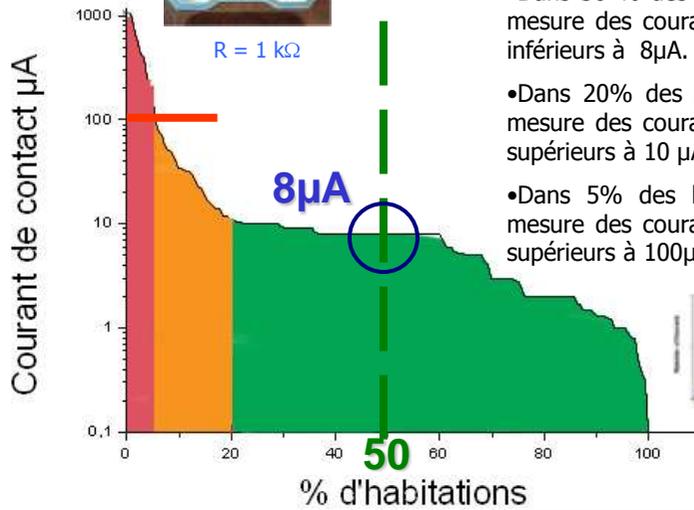
4

## Courant de contact – Mesures

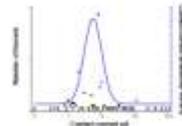


$R = 1\text{ k}\Omega$

Total : 150 habitations  
belges proches de lignes HT

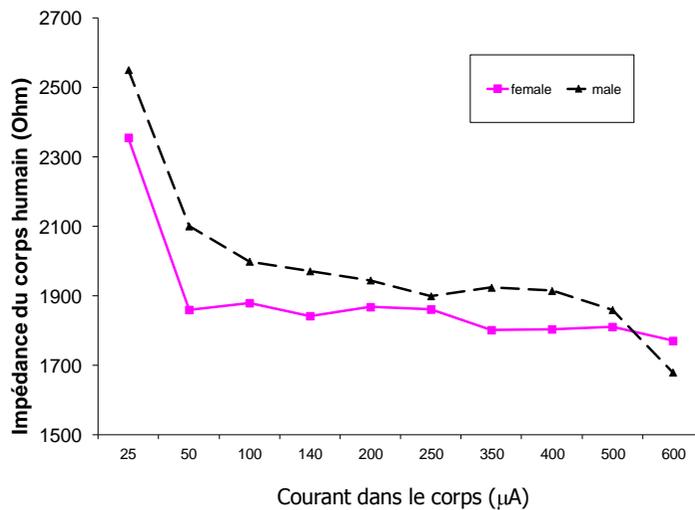


- Dans 50 % des habitations, on mesure des courants de contact inférieurs à  $8\mu\text{A}$ .
- Dans 20% des habitations, on mesure des courants de contact supérieurs à  $10\mu\text{A}$
- Dans 5% des habitations, on mesure des courants de contact supérieurs à  $100\mu\text{A}$

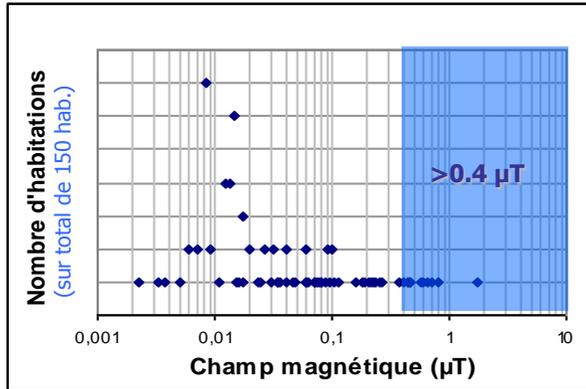


5

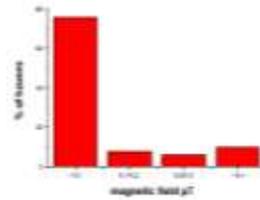
## Résistance du corps humain – Mesures



6

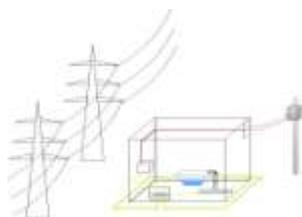
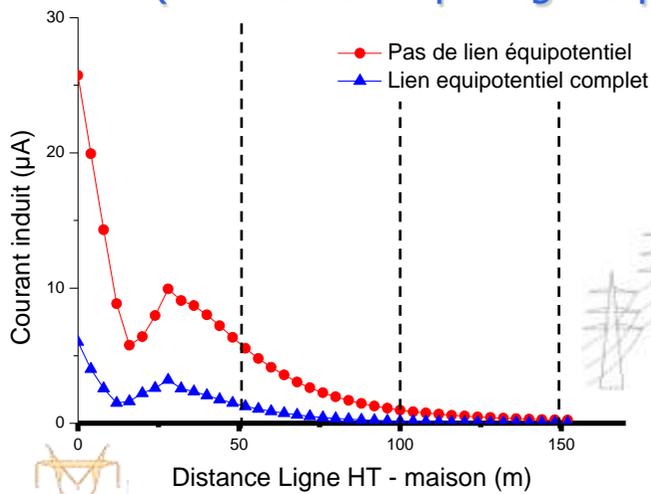


150 habitations belges proches de lignes HT

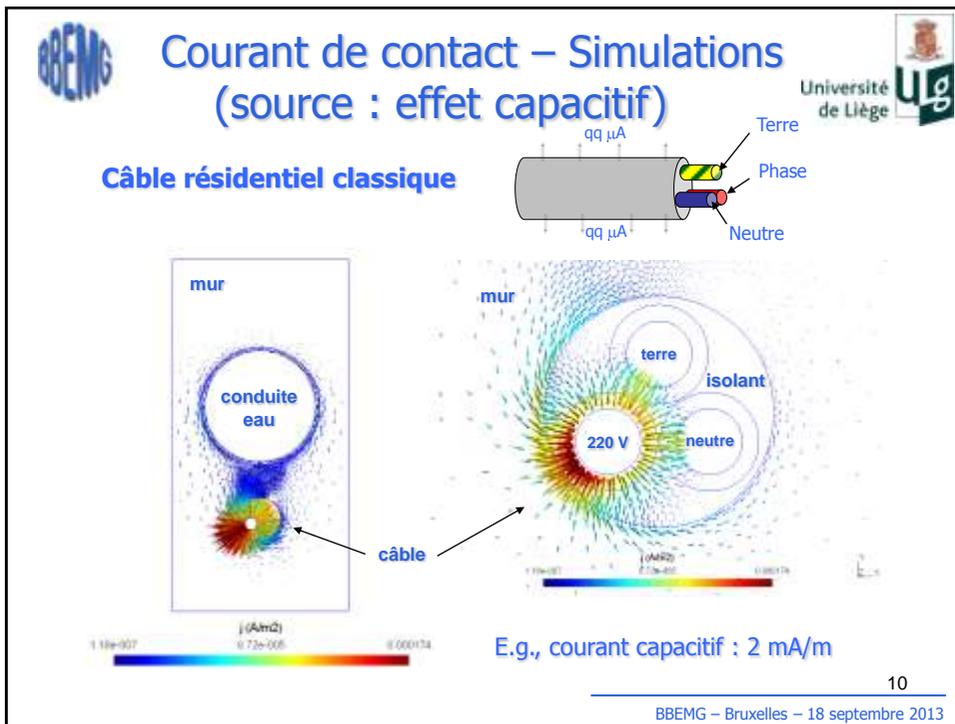
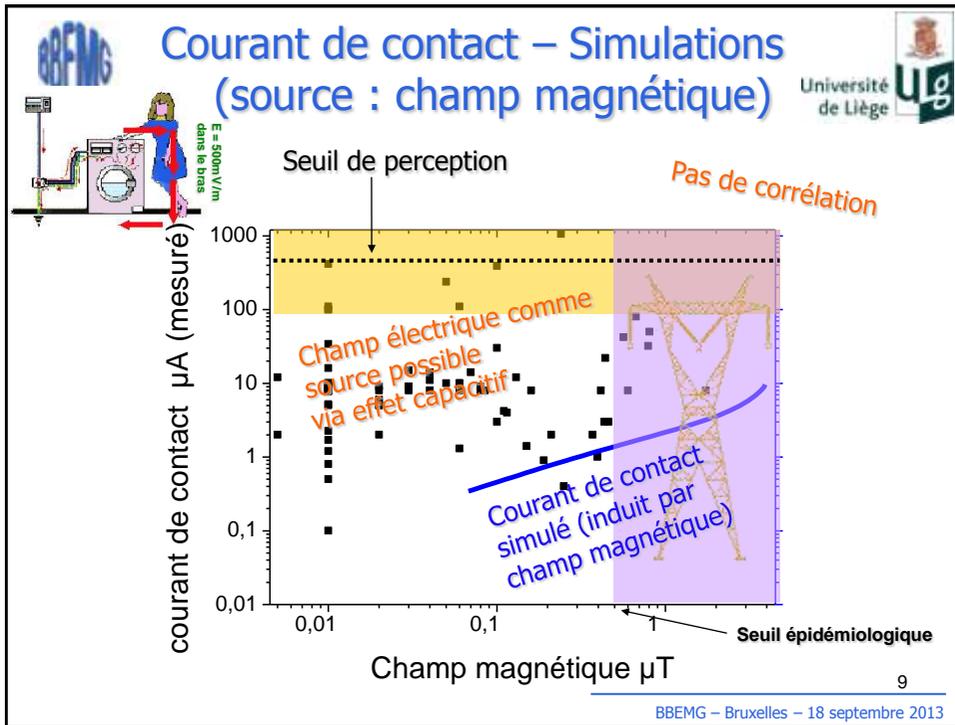


**Champ magnétique > 0,4 µT : 10% habitations visitées**  
**Valeur médiane : 0,02 µT**

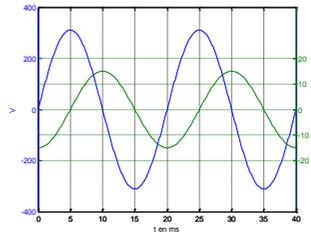
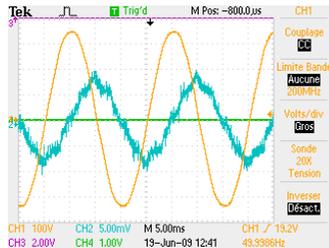
7



8

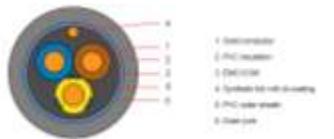


## Câble résidentiel classique



**Courant de fuite capacitif : entre 2 et 10  $\mu\text{A}/\text{m}$**

## Câble résidentiel gainé/blindé (VMVB)



**Courant de fuite capacitif :  
négligeable**

11

BBEMG – Bruxelles – 18 septembre 2013

- Incertitudes sur les propriétés électriques des tissus humains
  - Etablir un **lien quantitatif** entre la valeur des **courants** dans le corps humain et la valeur du **champ électrique interne** requiert la connaissance de la conductivité électrique des tissus humains, qui est complexe à mesurer/estimer
  - **Objectif** : quantifier comment les incertitudes sur les conductivités influencent les valeurs du champ électrique interne et les densités de courant
    - Les tissus humains sont hautement hétérogènes, éventuellement anisotropiques, avec des propriétés qui dépendent de l'âge, de conditions physiologiques, et qui changent rapidement après la mort
    - Les mesures effectuées in vitro peuvent ne pas être représentatives ; les mesures in vivo sont en général effectuées sur des animaux
    - Les estimations numériques ne sont pas concluantes
    - Bases de données de propriétés mesurées, remises en question (techniques diverses de mesures)

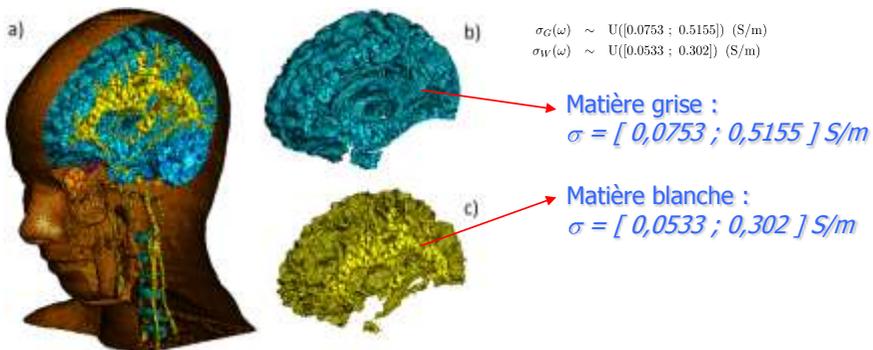
12

BBEMG – Bruxelles – 18 septembre 2013

- **Approche classique : méthode de *Monte Carlo***
  - Génération aléatoire de propriétés dans des intervalles donnés (distribution de probabilité sur les données)
  - Calculs déterministes avec chaque jeu de données
  - Agrégation des résultats de calculs : distribution de probabilité des résultats
  - Inconvénient : très grand nombre de calculs requis, trop lourd pour des modèles réalistes (plusieurs semaines de calcul)
- **Approche développée et appliquée**
  - Solveur probabiliste ("Méthode de chaos polynomial non-intrusif", "variables aléatoires") couplé aux logiciels maison GetDP/Gmsh
  - Temps de calcul significativement réduit (quelques heures ou même minutes)
  - Modèles réalistes du corps humain

13

## Incertitude sur la conductivité ( $\sigma$ ) des tissus humains

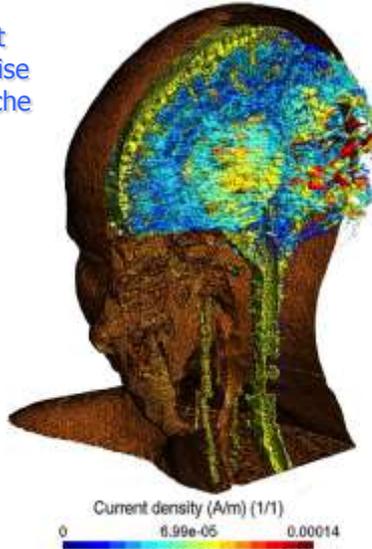


*Maillage de la tête : 300 000 noeuds, 27 tissus*

14

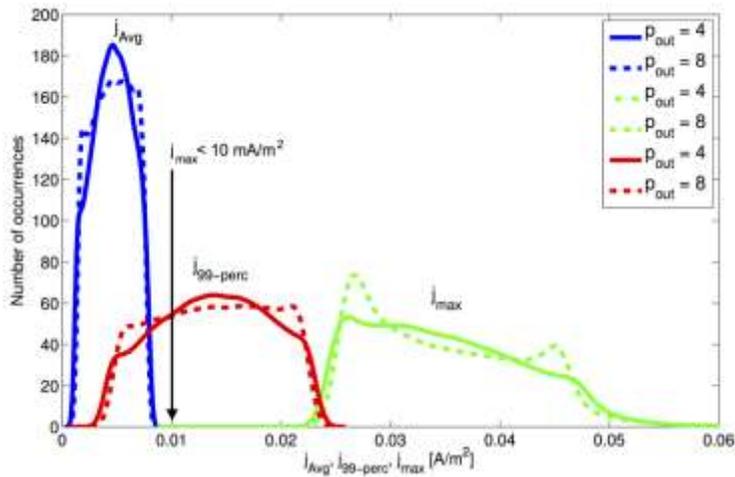
Densité de courant dans la matière grise et la matière blanche

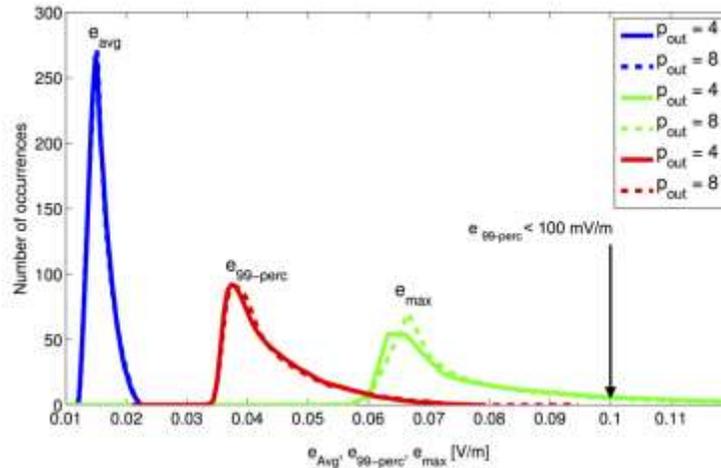
*La probabilité de dépasser des seuils de champ sélectriques et de courants peut être calculée*



Densité de courant dans la matière grise

Exemple :  $I = 1000$  A (50Hz) proche de la tête



Densité de courant  
dans la matière blanche
Exemple :  $I = 1000 \text{ A}$  (50Hz) proche de la tête

17

BBEMG – Bruxelles – 18 septembre 2013

- En Belgique, les **courants de contact** sont la **cause la plus probable de champ électrique élevé dans le corps humain**
- Habitations belges proches de lignes HT : courant de contact moyen mesuré de  **$7\mu\text{A}$  (pas de problème)**
- **5%** des habitations ont des courants de contact supérieurs à  **$100\mu\text{A}$ , niveau insensible mais à corriger**
- Pas de différence entre les Etats-Unis et la Belgique au niveau des valeurs de courant de contact malgré des différences significatives au niveau des installations électriques
- **Corrélation très limitée**, sauf cas particulier, entre le courant de contact et le **champ magnétique** (mesures et calculs)
- Les mesures montrent que les courants de contacts sont dûs principalement aux **effets capacitifs** entre les câbles électriques et les conduites d'eau ; confirmation par calculs

18

BBEMG – Bruxelles – 18 septembre 2013