



Le réseau  
de transport  
d'électricité

# Etude épidémiologique GEOCAP Calculs d'exposition au CM50

---

2022/09/23

François DESCHAMPS - RTE

1. L'étude épidémiologique GEOCAP
2. Introduction aux calculs de champs magnétiques 50 Hz
3. L'outil de calcul RTE : EFC 400<sup>®</sup>
4. Calcul des expositions : sélection des sujets et traitement des données manquantes
5. Résultats :
  - Sujets « 400 kV »
  - Sujets « 225 kV »
  - Sujets « 63-90-150 kV »
6. Comparaison Calculs -mesures

1

Présentation générale de l'étude  
GEOCAP

# GEOCAP - Facteurs de risque environnementaux des cancers pédiatriques

## Programme GEOCAP « **GEO**localisation des Cancers Pédiatriques »

- Etudes à l'échelle nationale basées sur le RNCE pour étudier le rôle étiologique de plusieurs facteurs environnementaux dont **l'exposition est estimée à partir des adresses de résidence des enfants**
- Etude sans biais de sélection, sans biais de participation, d'une grande puissance statistique, basée sur des indicateurs d'exposition objectifs
- Deux fenêtres d'exposition : autour du diagnostic et de la naissance (grossesse et premières années de vie)
- Inclusion 0-14 ans

GEOCAP-Diag

GEOCAP-Birth

# GEOCAP - Facteurs de risques environnementaux des cancers pédiatriques

- Radiations UV
- Radiations ionisantes d'origine naturelle (radon, gamma)
- Pollution liée au trafic routier
- Pesticides agricoles – zones riveraines de cultures
- **Champs magnétiques à proximité des lignes à haute tension**
- Caractéristiques socio économiques
  
- Sites pollués
- Infections/épidémies

- ➔ Études écologiques (échelle communale)
- ➔ Études cas-témoins (échelle individuelle)

Etude des facteurs dont l'exposition varie sur de courtes distances  
➔ estimation locale de l'exposition



# GEOCAP – Proximité des LHT et exposition aux CM-EBF

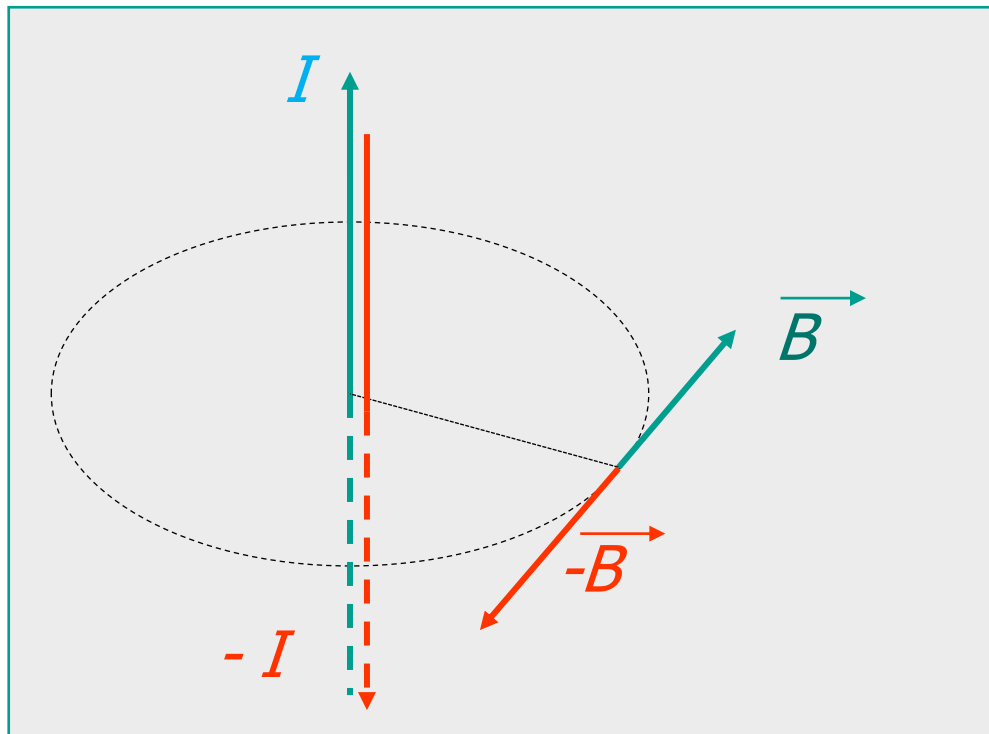
- Années 2002 – 2010
- Sujets inclus
  - 4 174 Cas (Leucémies Aigües)
  - 45 000 Témoins
- Géolocalisation des adresses de résidence
  
- Evaluation de l'exposition résidentielle aux CM-EBF à proximité des lignes aériennes à haute tension (> 63 kV en France) → [Présentation RTE](#)

# 2

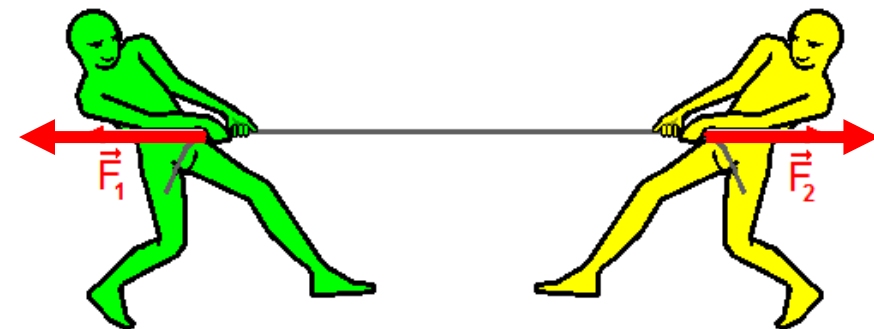
## ..... Considérations générales sur les calculs de champs magnétiques 50 Hz générés par les lignes électriques

# Considérations générales sur les calculs de CM50

Les champs magnétiques se composent **vectériellement**.  
Il faut tenir compte de leur direction pour les additionner.



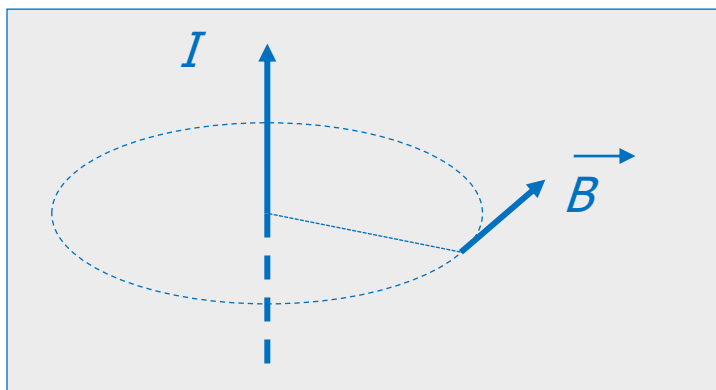
L'addition de 2 champs égaux et opposés donne un champ total nul.





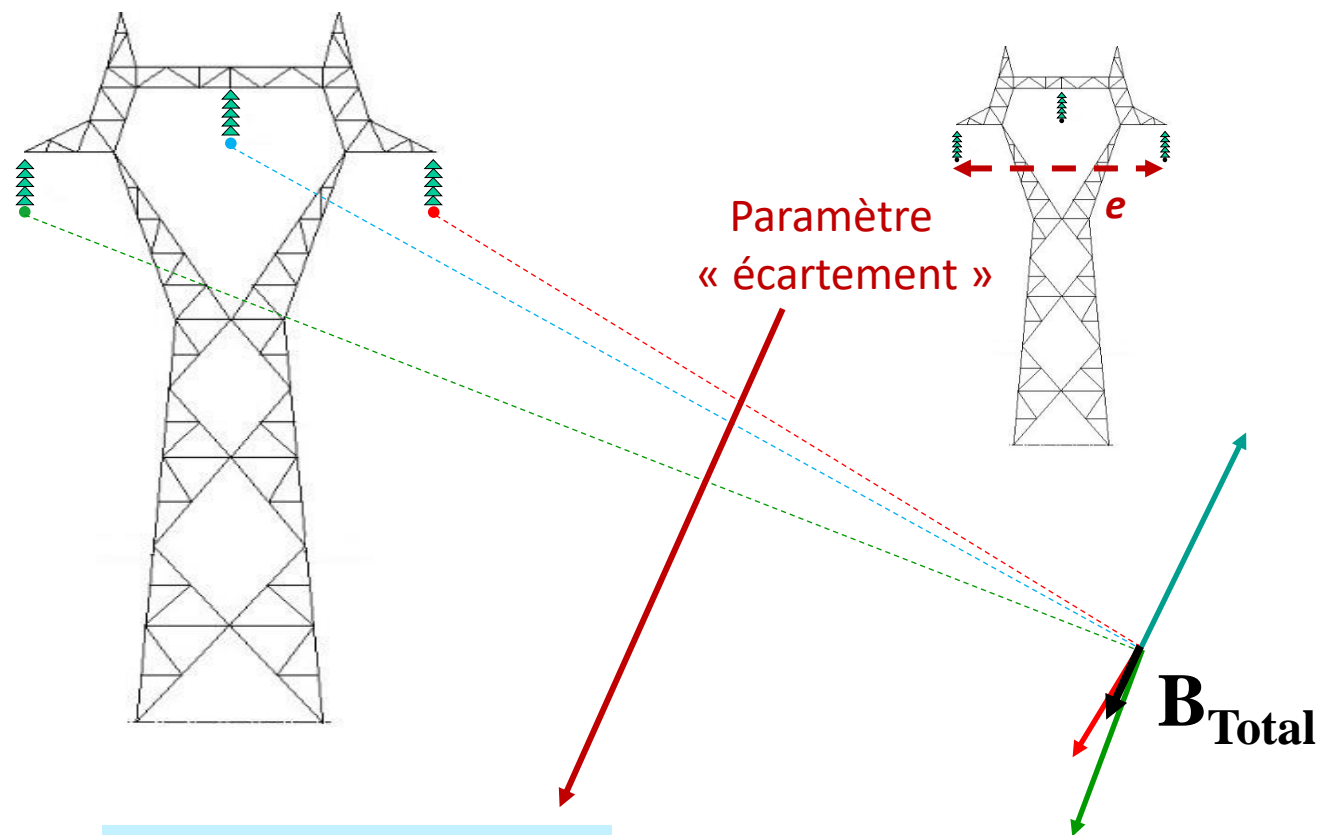
# Considérations générales sur les calculs de CM50

Champ magnétique généré par un conducteur rectiligne



$$B[\mu\text{T}] = 0,2 \frac{I}{d}$$

Champ magnétique généré par un système de 3 conducteurs triphasés

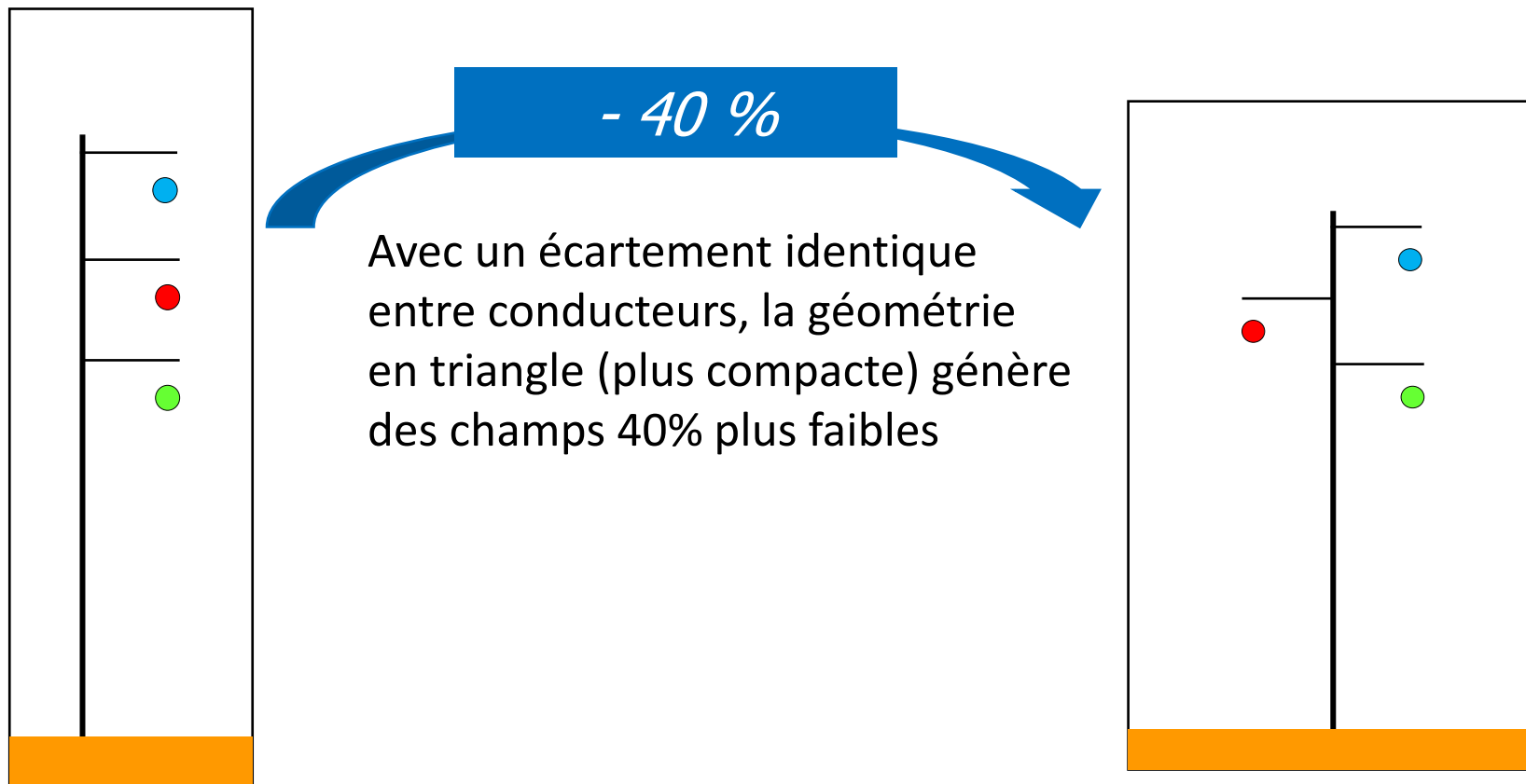


$$B[\mu\text{T}] = 0,2 \frac{e \cdot I}{d^2}$$

Décroissance en  $1/d^2$

# Considérations générales sur les calculs de CM50

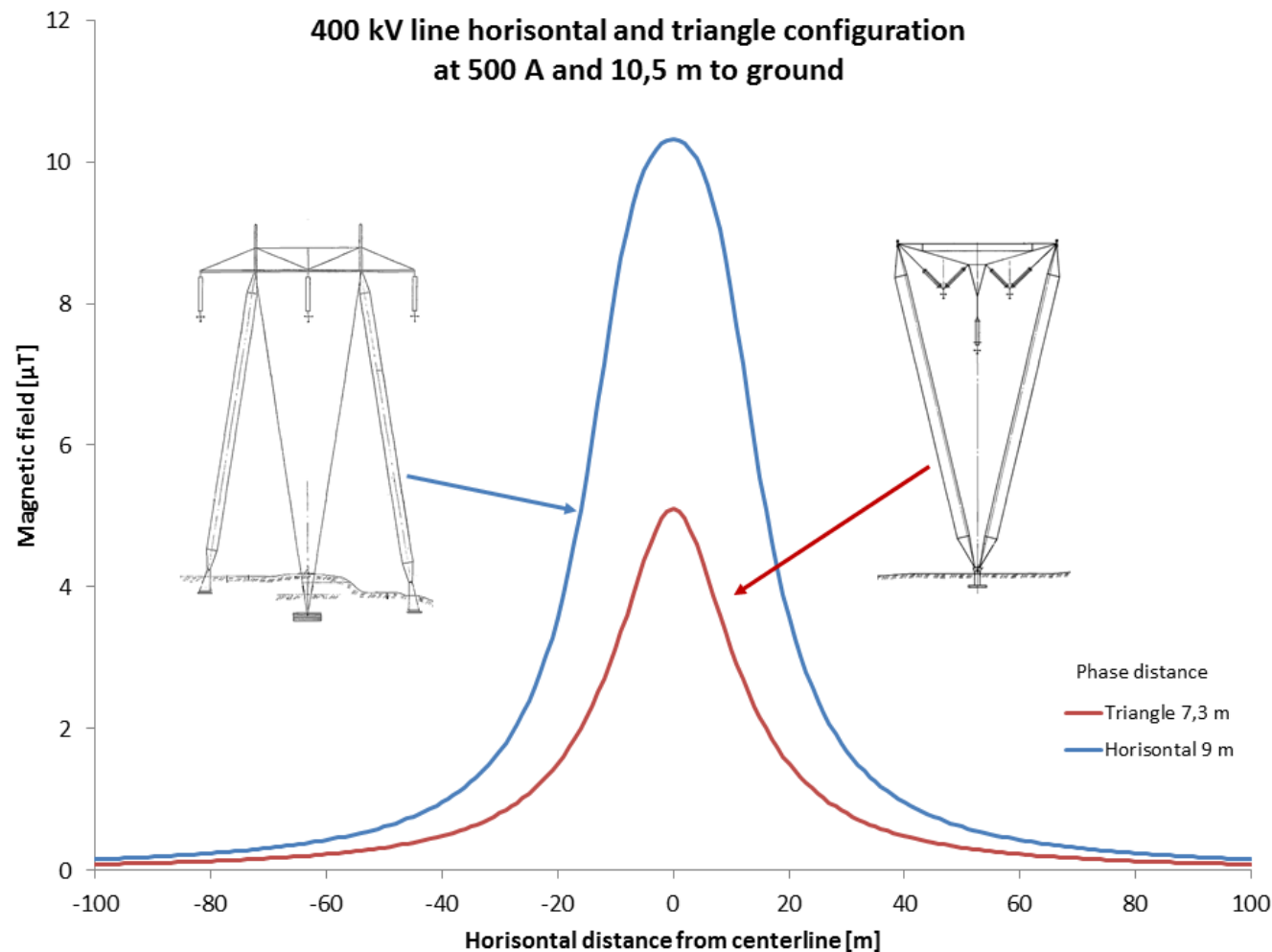
## Influence de la géométrie d'une ligne aérienne



# Considérations générales sur les calculs de CM50

## Influence de la géométrie d'une ligne aérienne

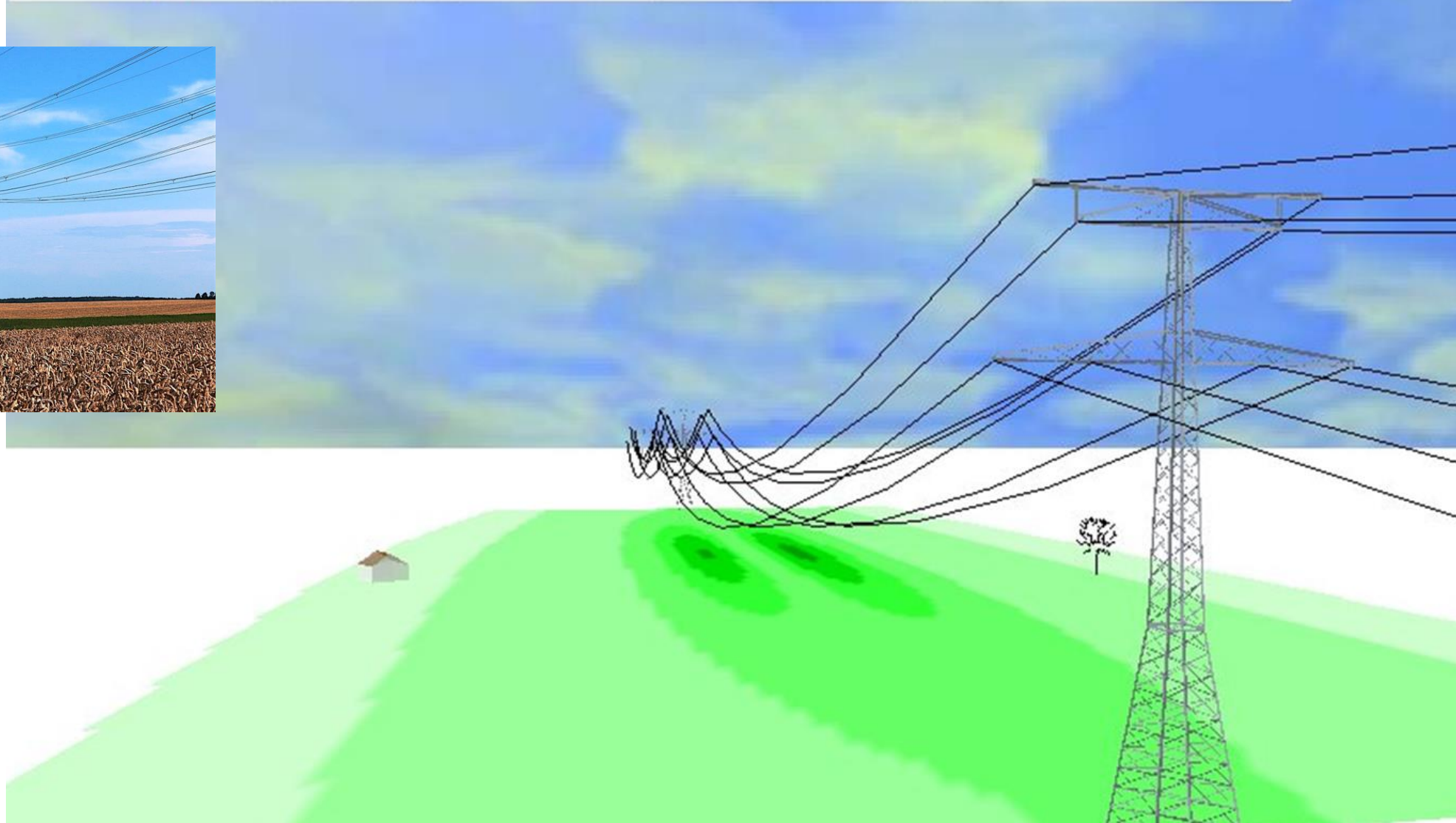
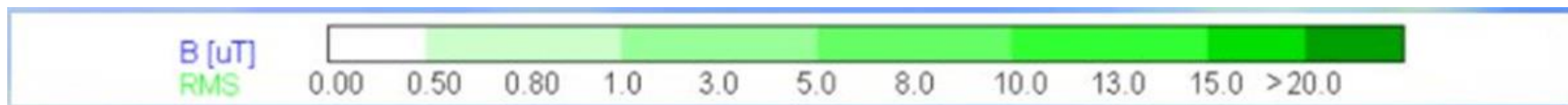
nappe → triangle  
+  
écartement réduit



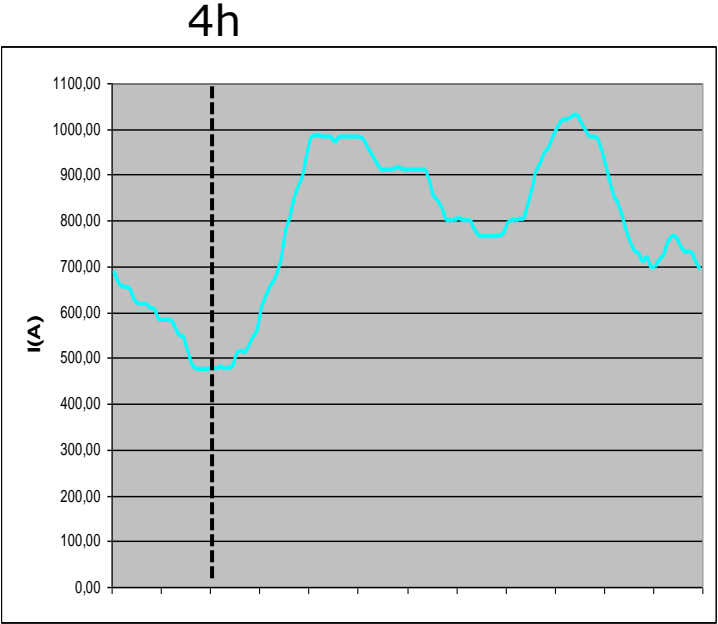
3

..... EFC 400<sup>®</sup> : l'outil de calcul RTE

# L'outil de calcul utilisé par RTE

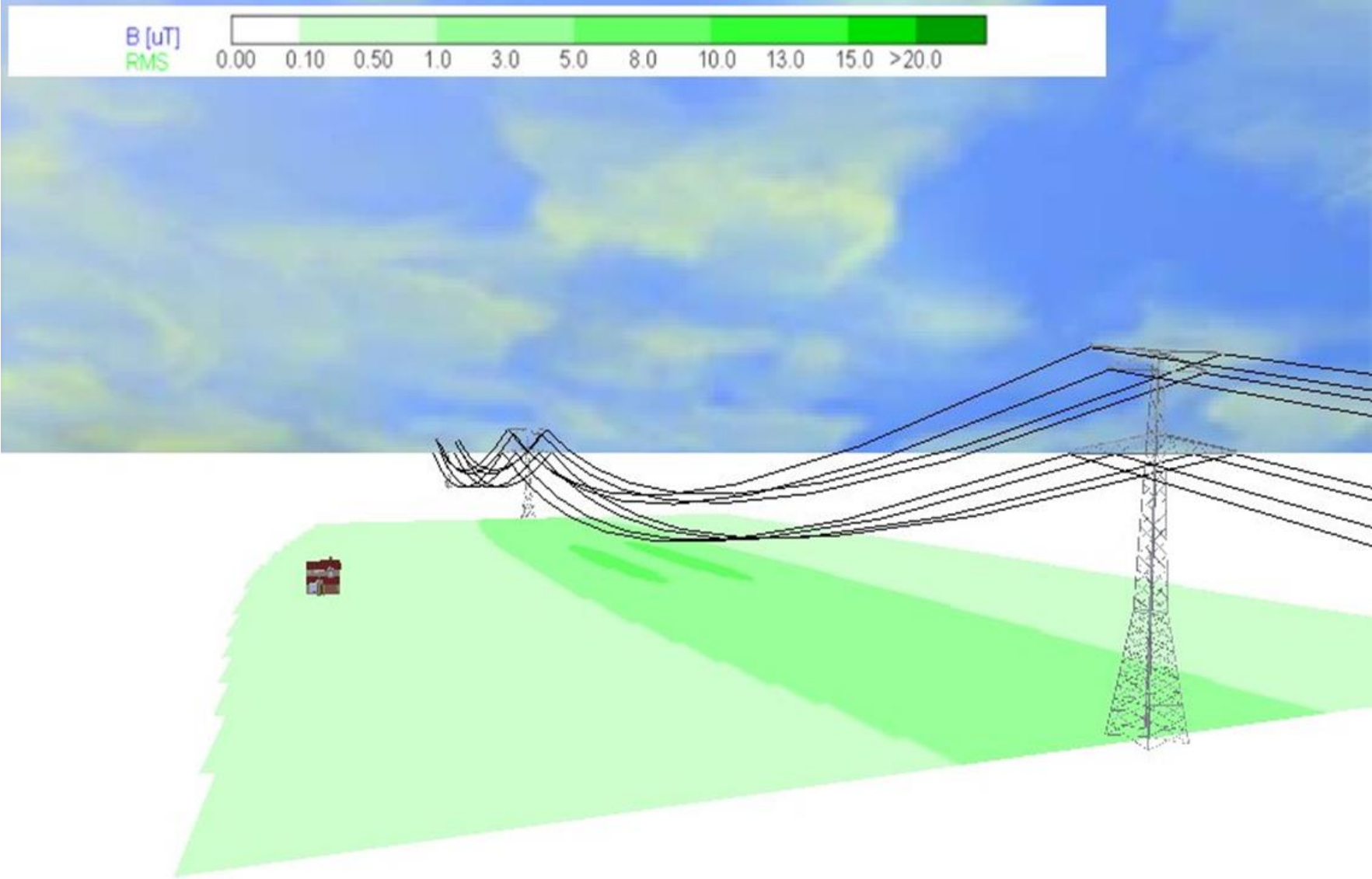


# De l'importance du courant

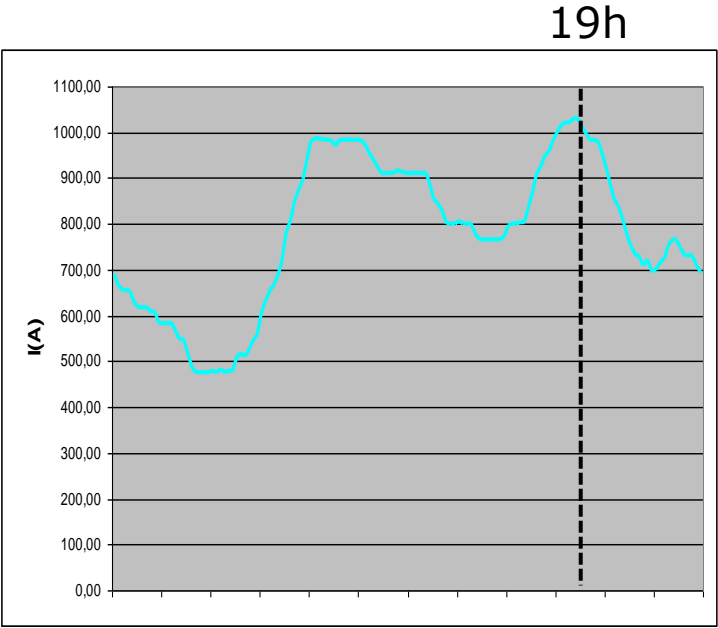


**475 A**

21 décembre 2007

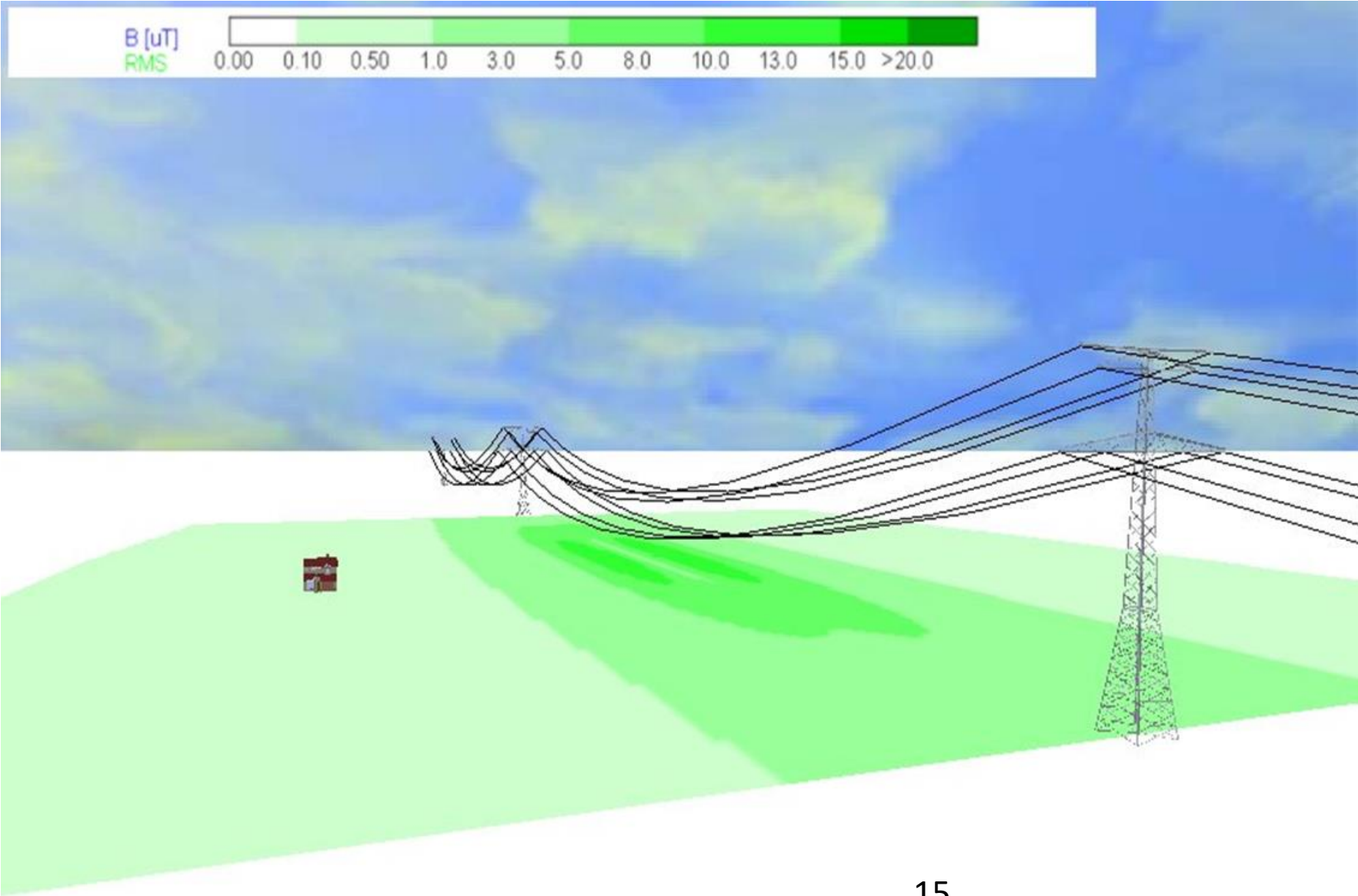


# De l'importance du courant



**1029 A**

21 décembre 2007



# 4

Calculs d'exposition :  
Sélection des sujets  
Traitement des données manquantes



# Sélection des sujets pour le calcul d'exposition

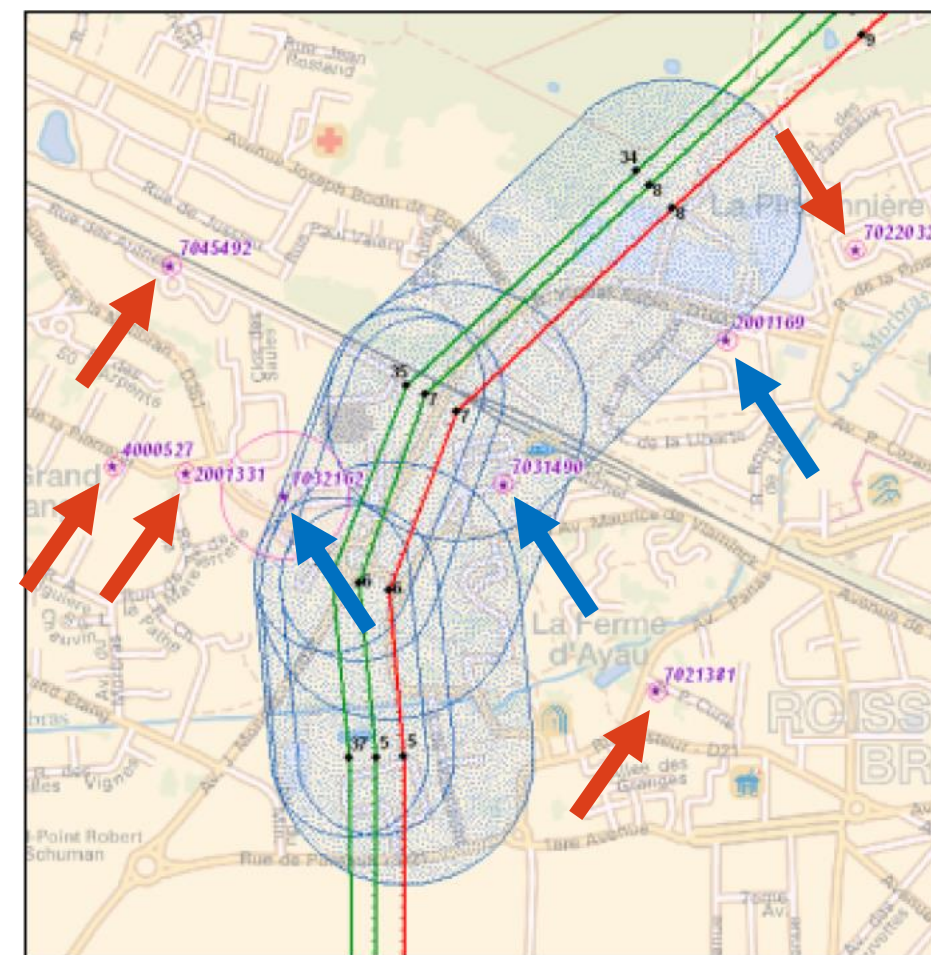
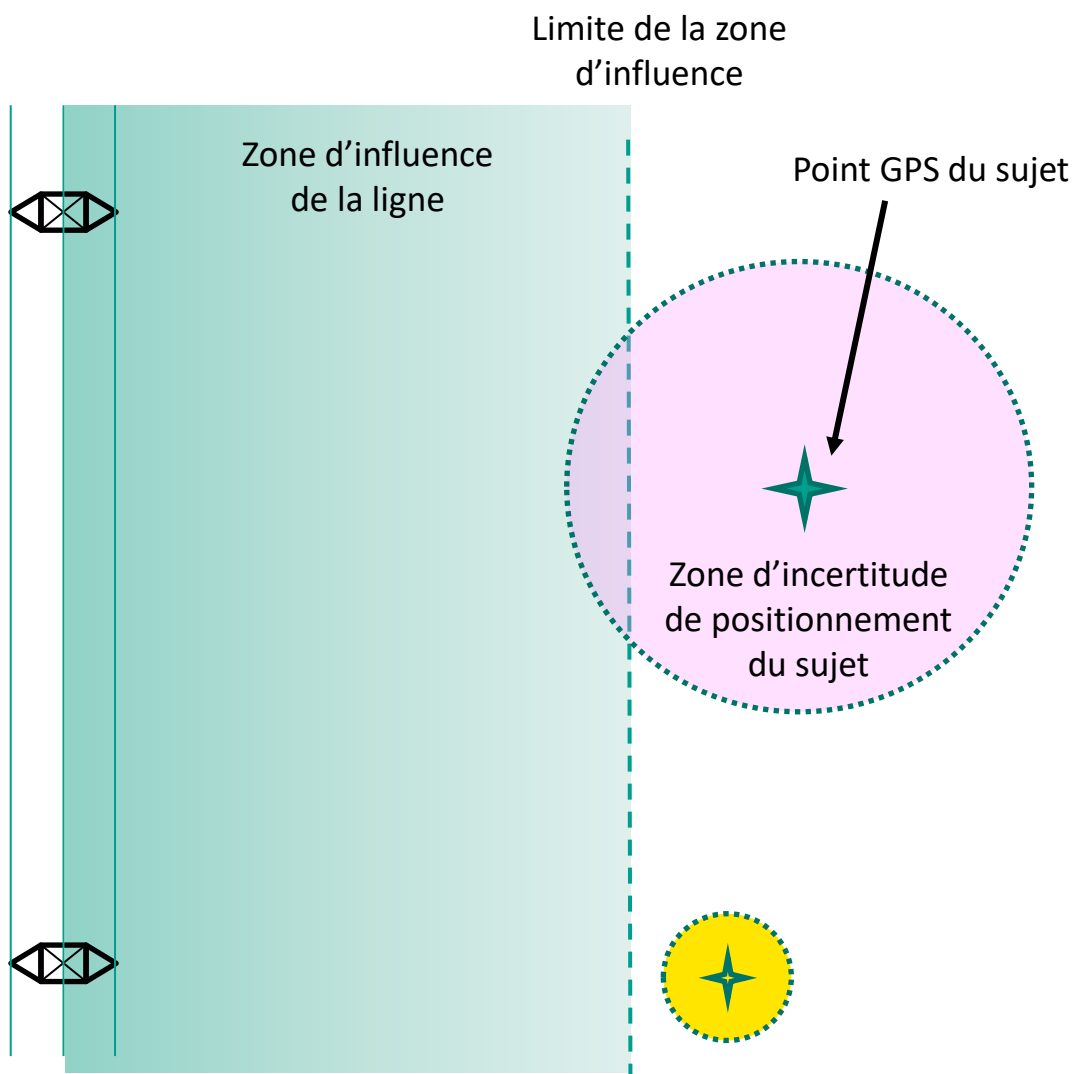
---

- Le niveau « non exposé » est  $0,1 \mu\text{T}$  (comme dans toutes les études comparables)
- La « **distance maximale d'influence des lignes** » est la distance à partir de laquelle le champ généré par les lignes est assurément négligeable, c'est-à-dire  $< 0,1 \mu\text{T}$  :

Tension	Distance maximale d'influence
400 kV	200 m
225 kV	120 m
150 kV	100 m
63/90 kV	70 m

- Sur cette base, on délimite des zones d'influence autour des lignes
- Si le sujet est possiblement dans cette zone, alors un calcul d'exposition est réalisé

# Sélection des sujets pour le calcul d'exposition



# Traitement des données manquantes

---

- Type pylône : remplacement par pylône équivalent (= de même géométrie) mesure de la largeur de la nappe sur des photos aériennes.
- Courant : remplacement par année connue la plus proche ou par une moyenne sur plusieurs années

si aucune donnée de courant n'est disponible, on prend la médiane « arrondie » de la distribution des courants, c'est-à-dire :

- 400 A (*418 A*) pour les lignes 400 kV => 1 cas / 124
- 200 A (*195 A*) pour les lignes 225 kV => 13 cas / 412
- 100 A (*100 A*) pour les lignes 63-90-150 kV => 76 cas / 588

- Répartition horaire des phases : on prend par défaut la répartition symétrique

# 5

## Résultats des calculs d'exposition

# 5.1 Résultats des calculs : Sujets 400 kV

# Sujets 400 kV (n = 124)

26 sujets  $\geq 0,4 \mu\text{T}$

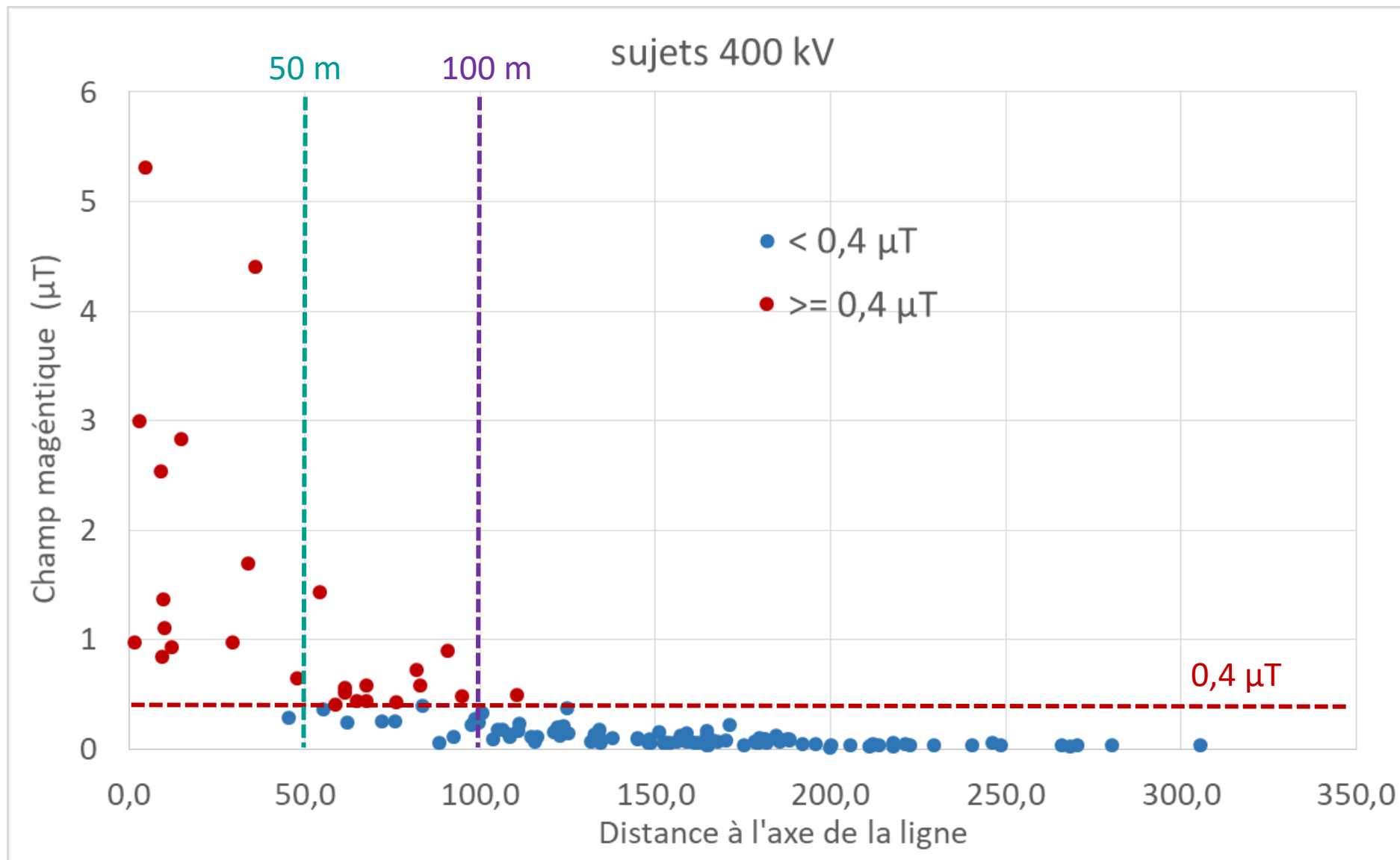
- 13 < 50 m
- 12 entre 50-100 m
- 1 > 100 m

14 sujets < 50 m

- 13  $\geq 0,4 \mu\text{T}$
- 1 à  $[0,1 - 0,4 \mu\text{T}]$

36 sujets < 100 m

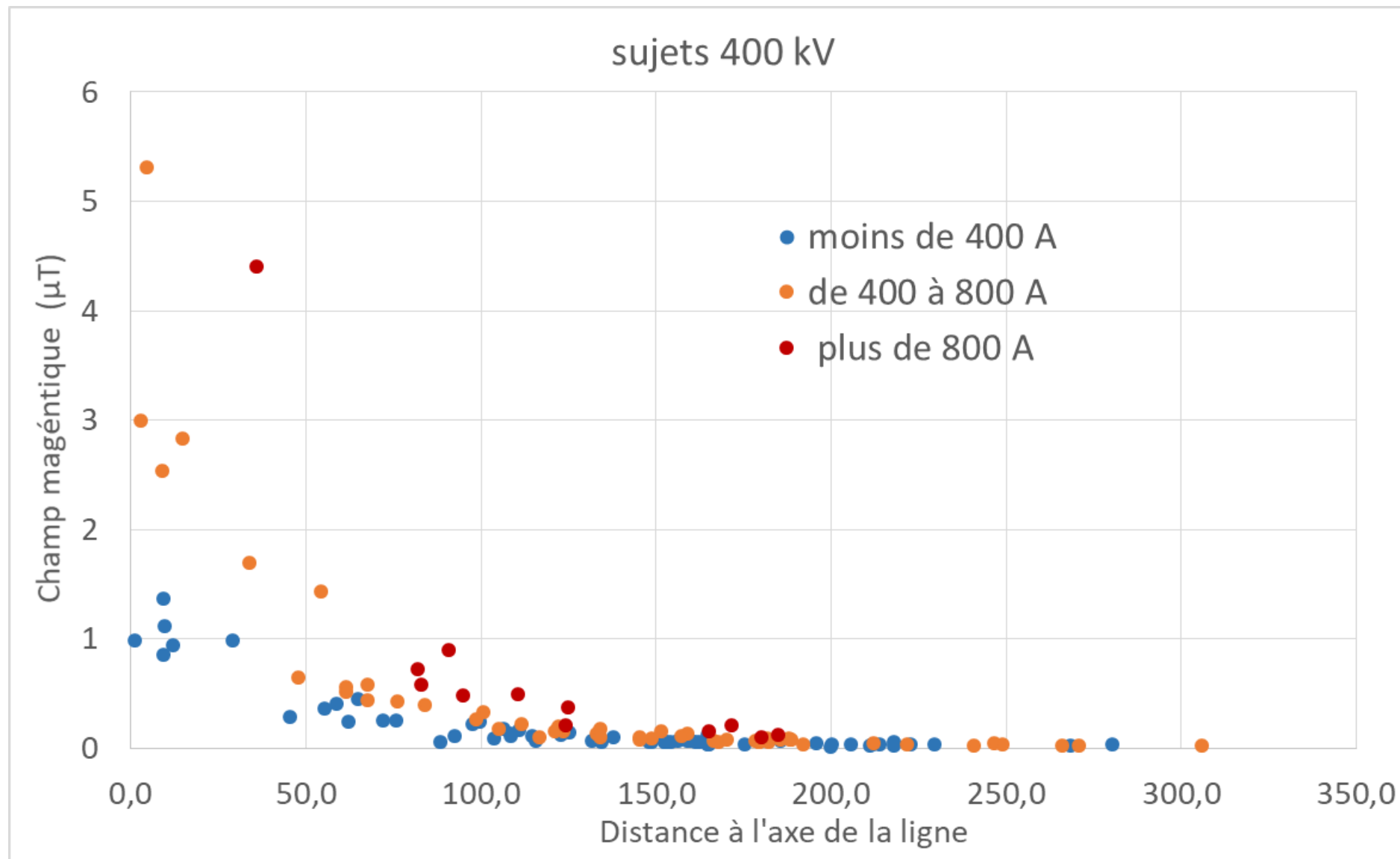
- 25  $\geq 0,4 \mu\text{T}$
- 10 à  $[0,1 - 0,4 \mu\text{T}]$
- 1 <  $0,1 \mu\text{T}$



# Sujets 400 kV : répartition en fonction du courant

50<sup>ème</sup> centile des courants = 418 A

90<sup>ème</sup> centile des courants = 785 A



# 5.2

## Résultats des calculs : Sujets 225 kV



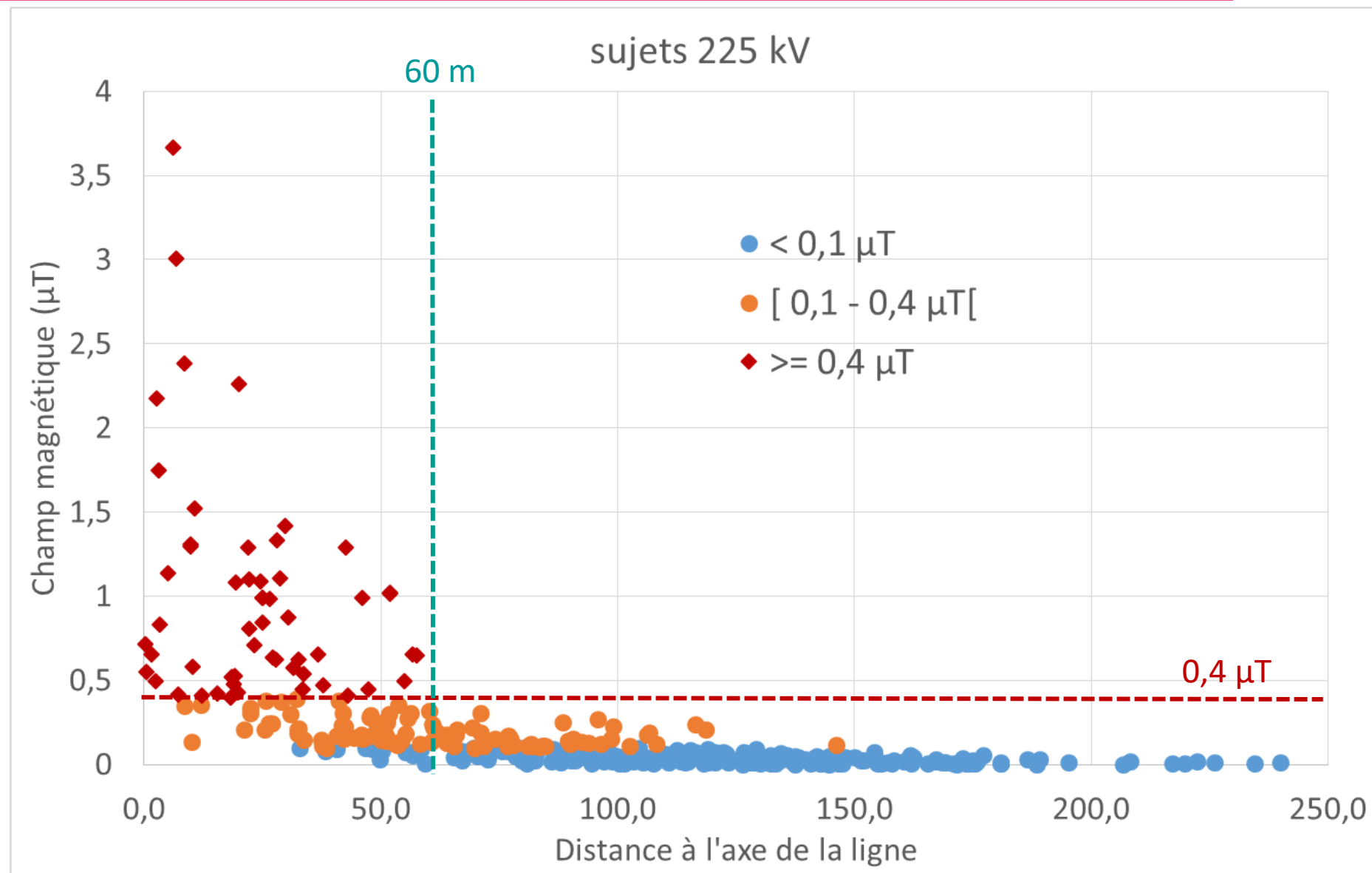
# Sujets 225 kV (n = 412)

56 sujets  $\geq 0,4 \mu\text{T}$   
tous à moins de 60 m

121 sujets  $\leq 60$  m

- 56  $\geq 0,4 \mu\text{T}$
- 51 à  $[0,1 - 0,4 \mu\text{T}[$
- 14  $< 0,1 \mu\text{T}$

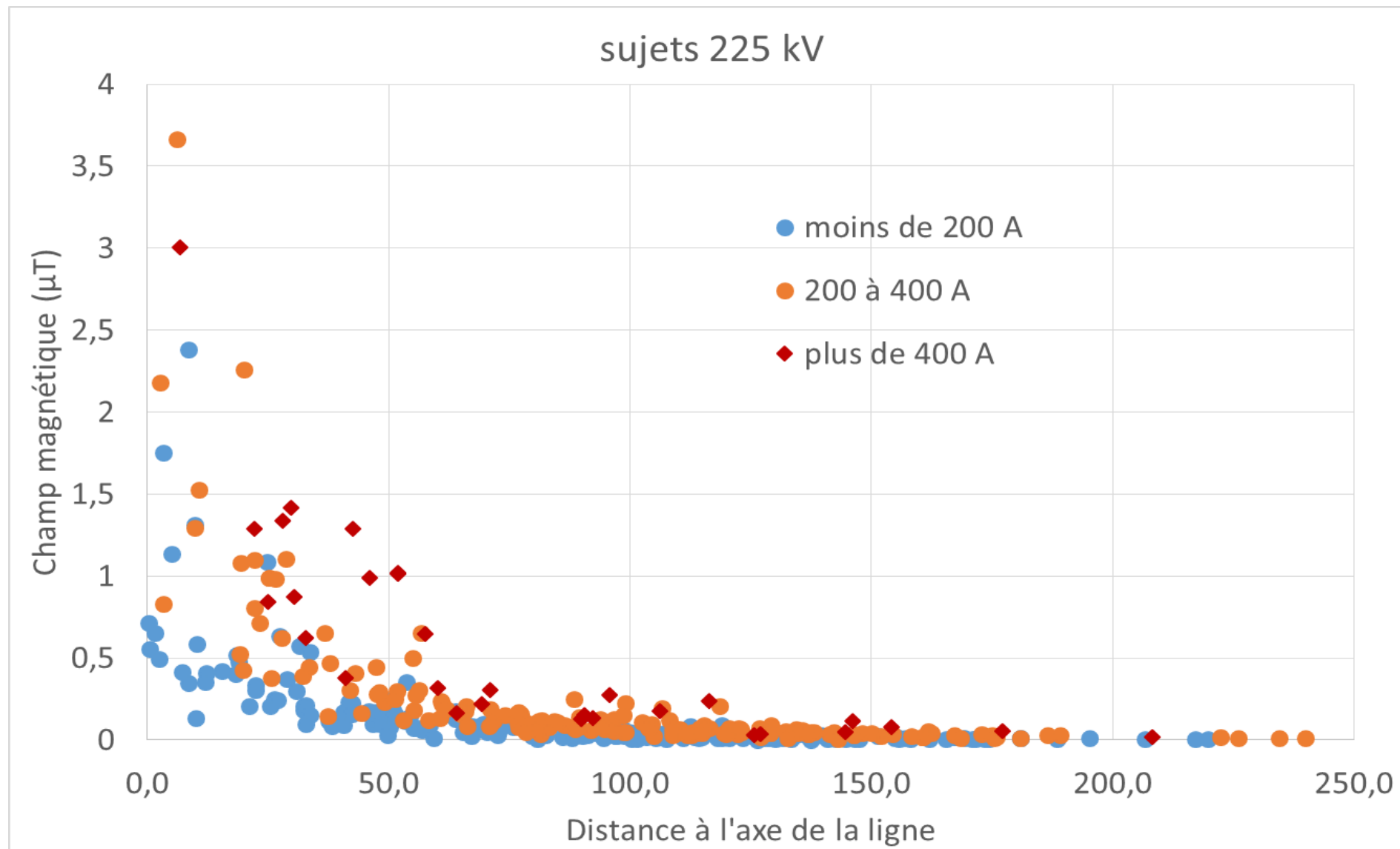
> 50 % des sujets à moins  
de 60 m sont donc exposés  
à moins de  $0,4 \mu\text{T}$



# Sujets 225 kV : répartition en fonction du courant

50<sup>ème</sup> centile des courants = 195 A

90<sup>ème</sup> centile des courants = 359 A



# 5.3

Résultats des calculs : Sujets 63-90-150 kV

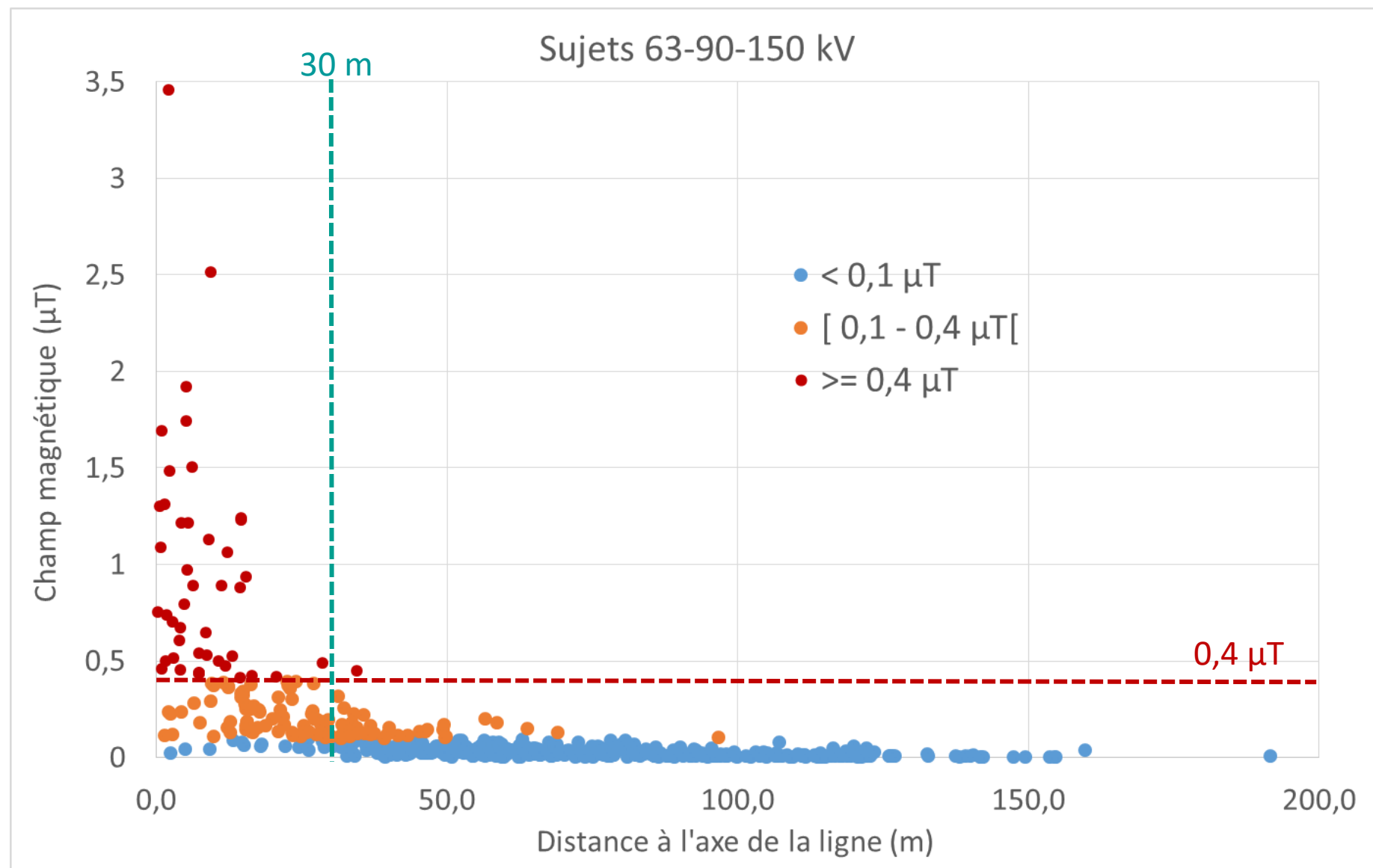
# Sujets 63-90-150 kV (n = 588)

45 sujets  $\geq 0,4 \mu\text{T}$   
tous à moins de 30 m  
sauf 1

134 sujets  $\leq 30 \text{ m}$

- 44  $\geq 0,4 \mu\text{T}$
- 71 à  $[0,1 - 0,4 \mu\text{T}[$
- 19  $< 0,1 \mu\text{T}$

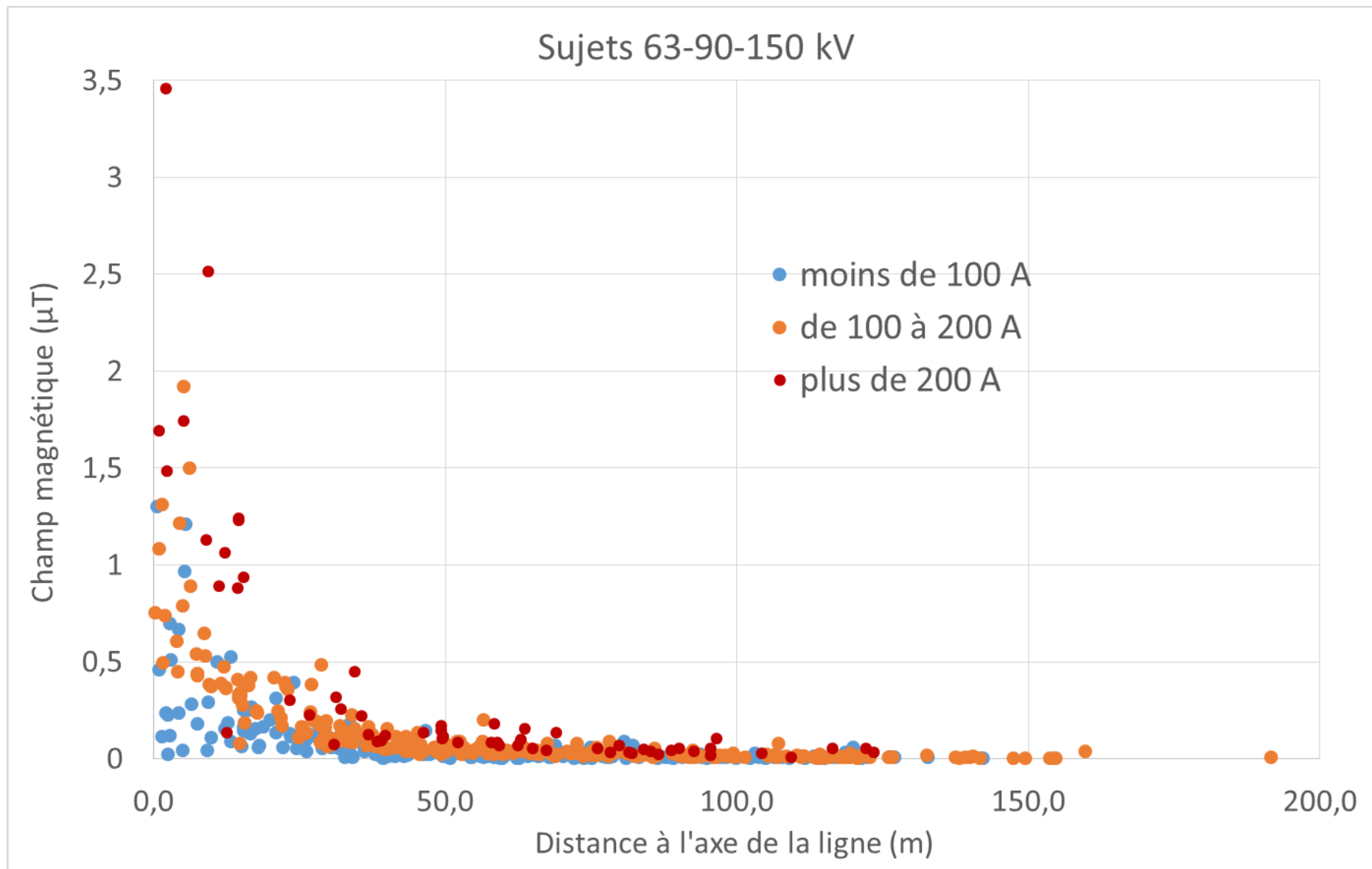
2/3 des sujets à moins de  
30 m sont donc exposés  
à moins de  $0,4 \mu\text{T}$



# Sujets 63-90-150 kV : répartition en fonction du courant

50<sup>ème</sup> centile des courants = 100 A

90<sup>ème</sup> centile des courants = 200 A



# 5.4

## Résultats des calculs : Synthèse

## Résultats des calculs – Synthèse

1124 sujets ont fait l'objet d'un calcul d'exposition.

Classement par niveau d'exposition :

Ligne la plus influente	< 0.1 $\mu$ T	0.1 - 0.2 $\mu$ T	0.2 - 0.4 $\mu$ T	> 0.4 $\mu$ T	Total
400 kV	60	23	15	26	<b>124</b>
225 kV	258	60	38	56	<b>412</b>
Total 225-400 kV	318	83	53	82	536
63-90-150 kV	435	68	40	45	<b>588</b>
Total général	<b>753</b>	<b>151</b>	<b>93</b>	<b>127</b>	<b>1124</b>

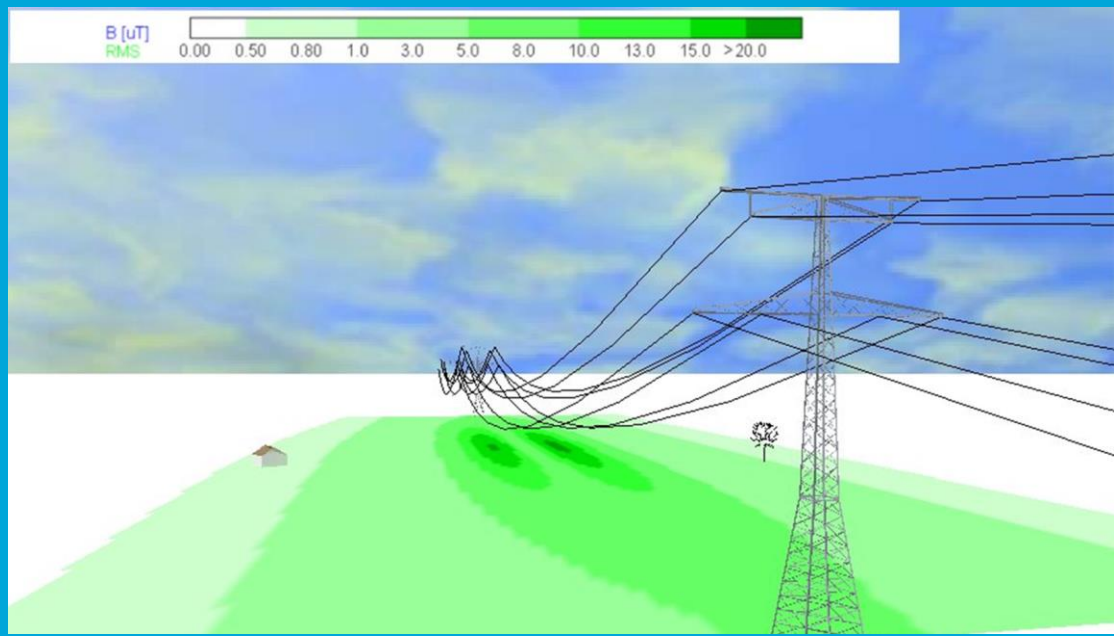
# Résultats des calculs – Synthèse

Classement par distance à la ligne la plus influente :

225 kV 400 kV	Distance	< 0.1 $\mu$ T	0.1 - 0.2 $\mu$ T	0.2 - 0.4 $\mu$ T	> 0.4 $\mu$ T	Total
	< 50 m	8	16	23	64	<b>111</b>
	50 – 100 m	72	40	22	17	<b>151</b>
	> 100 m	238	28	7	1	<b>274</b>
	<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>84</b>	<b>52</b>	<b>82</b>	<b>536</b>

63 kV 90 kV 150 kV	Distance	< 0.1 $\mu$ T	0.1 - 0.2 $\mu$ T	0.2 - 0.4 $\mu$ T	> 0.4 $\mu$ T	Total
	< 30 m	19	36	35	44	<b>134</b>
	30 – 60 m	155	29	5	1	<b>190</b>
	> 60 m	261	3			<b>264</b>
	<b>Total</b>	<b>435</b>	<b>68</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>588</b>





# 6

## ..... Comparaison calculs-mesures



# Les mesures disponibles en France

Dispositif réglementaire des PCS : Plans de Contrôle et de Surveillance des CEM  
Mis en place en 2011 avec calendrier de réalisation de mesures sur 2013-2018

## Critères :

- Toutes lignes 400 kV
- Autres lignes : IRSP > 400 A
- Expose la population  
= traverse les zones urbanisées

## Résultats :

- 5000 mesures réalisées

<https://www.cem-mesures.fr/>

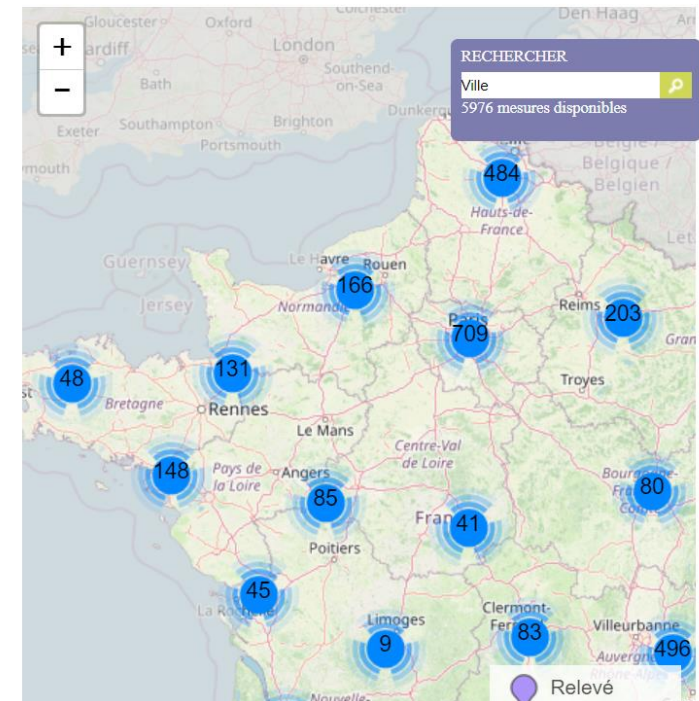


### CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES DES LIGNES À HAUTE TENSION : LA CARTE DES RELEVÉS PUBLICS

En application des lois sur le Grenelle de l'environnement, un dispositif d'information du public sur les champs électromagnétiques émis par les lignes à haute tension a été créé en 2013.

Des mesures sont réalisées dans les zones urbanisées de communes traversées par des lignes à haute tension et prennent en compte les effets de variation du courant électrique dans les lignes concernées.

Les modalités de réalisation de ces mesures offrent des garanties d'indépendance et sont réalisées par des organismes spécialement accrédités.



# Comparaison calculs mesures

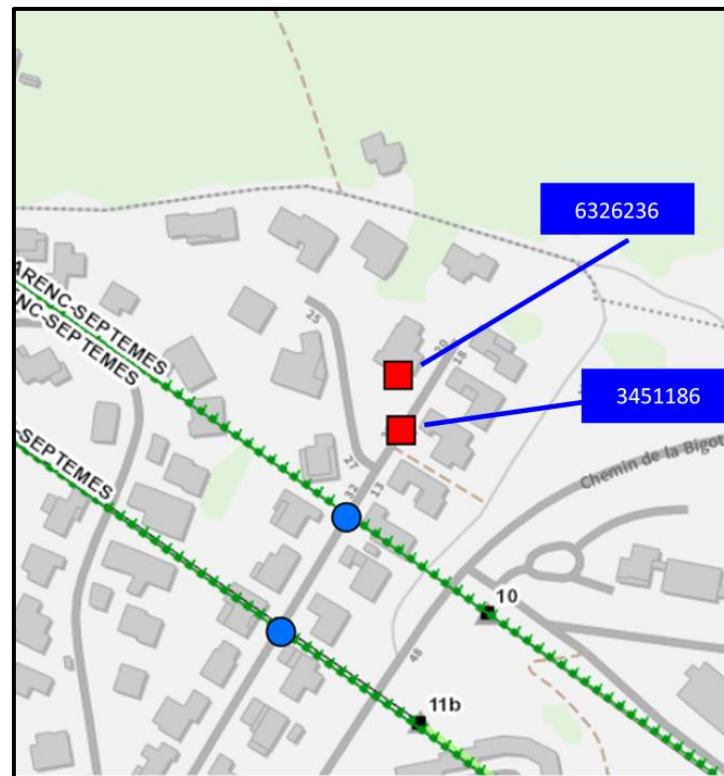
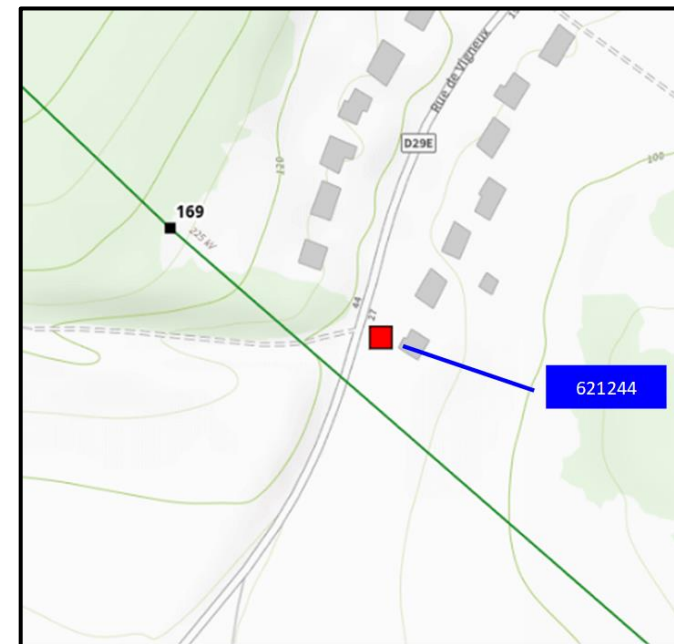
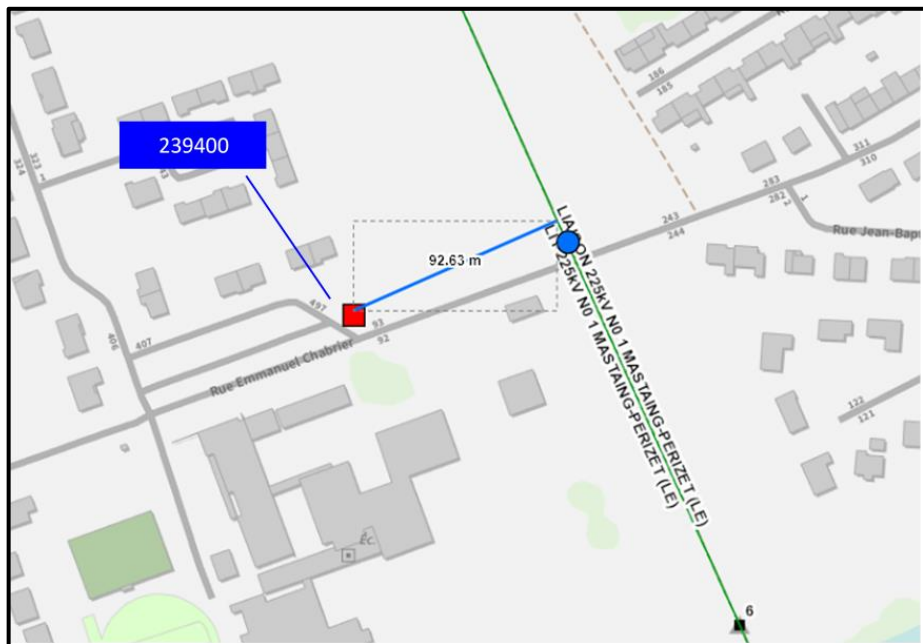
---

On prend en compte tous les sujets pour lesquels l'exposition calculée est  $> 0,1 \mu\text{T}$ , et on regarde si des mesures sont disponibles pour ces sujets.

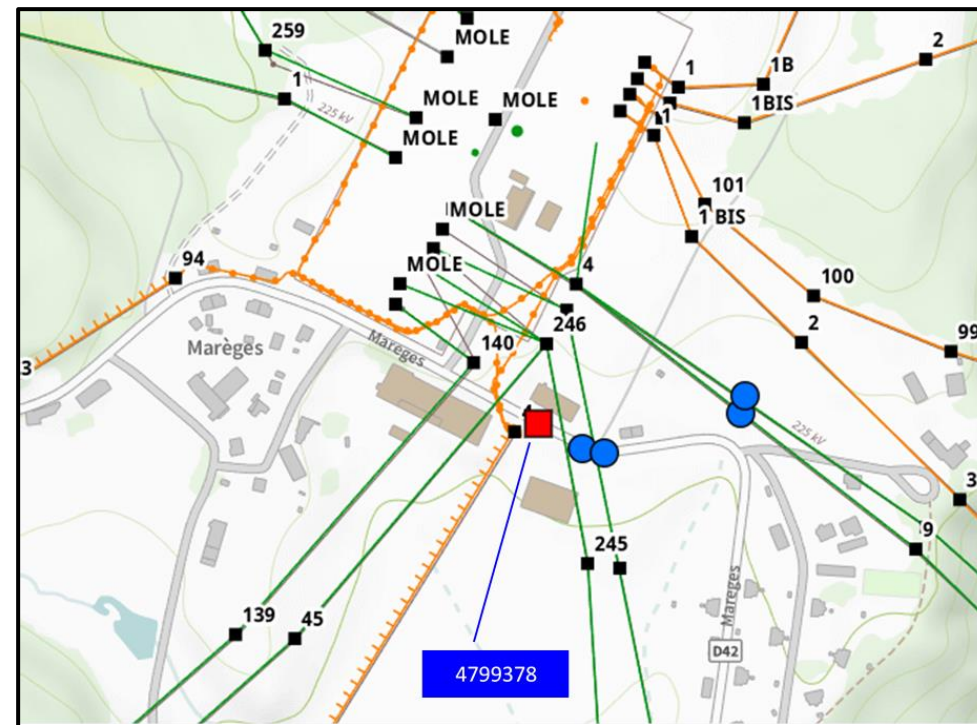
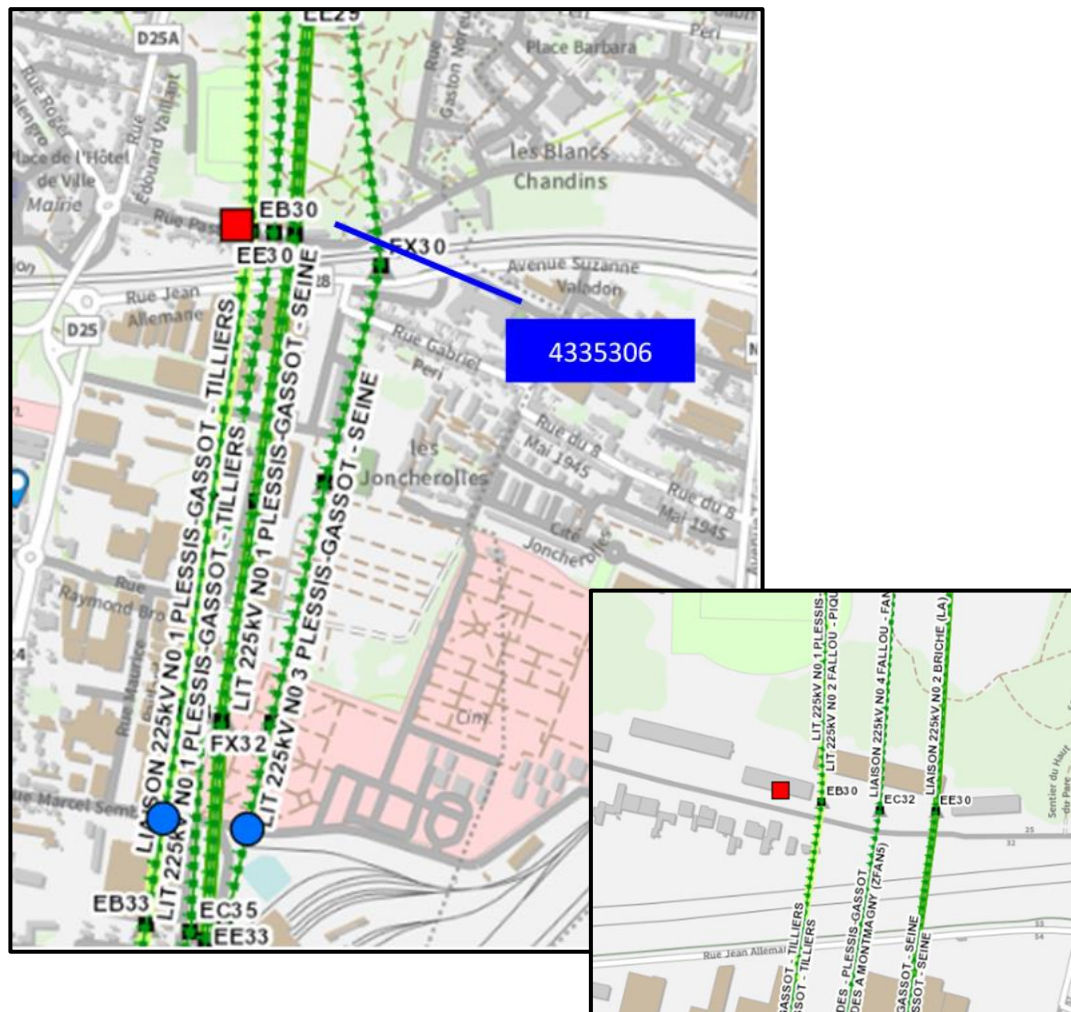
Ligne la plus influente	Sujets exposés $> 0.1 \mu\text{T}$	Mesures disponibles
400 kV	64	54
225 kV	154	119
63-90-150 kV	153	33
Total général	<b>371</b>	<b>206</b>

Pour chaque sujet, on extrapole les valeurs mesurées à la distance correspondant au point GPS du sujet et à la valeur du courant des calculs.

# Comparaison calculs mesures : quelques exemples de cas simples



# Comparaison calculs mesures : quelques exemples de cas complexes



# Comparaison calculs mesures : Résultats

Tableau de synthèse des écarts calculs-mesures :

Ecart calcul-mesures	Sujets 400 kV	Sujets 225 kV	Sujets 63-90 kV	Total
< 10%	22	24	11	57 (37%)
10-20 %	11	24	11	46 (30%)
20-30 %	5	15	1	21 (14%)
> 30 %	9	20	3	32 (20%)
Total	47	83	26	156
Comparaison impossible	7	36	7	50

Ecart < 20 % pour 2/3 des sujets

Écart < 30 % pour 4/5 des sujets



Le réseau  
de transport  
d'électricité

# Merci de votre attention !

**Référence de publication :**

Deschamps et al 2023 *J. Radiol. Prot.*

<https://doi.org/10.1088/1361-6498/acd0b9>