



# Effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences

## Rapport ANSES du 21/06/2019

- Éléments complémentaires à l'article paru dans
- « Les nouvelles de DEA » d'octobre 2019



# Effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences

Avis de l'Anses  
Rapport d'expertise collective

Avril 2019 - Édition scientifique



# Plan

- Rappel du contexte et des objectifs
- Qu'est ce que l'ANSES, son fonctionnement
- Les principaux enseignements
- Puissance des statistiques
- Les niveaux d'exposition usuels public
- Exposition des travailleurs et de la femme enceinte
- Etablissement des valeurs limites
- Lignes aériennes et enterrées, tensions, disposition des câbles
- Conclusions

# Classification des tensions

- Différentes selon NF C 18510:
- TBT < 50 V
- BT : entre 50 et 1000 V
- HTA : entre 1000 V et 50000 V (50kV)
- HTB : > 50 kV
- Selon RTE : BT : 230 V et 400 V
- MT : 20 kV                      HT : 63 kV et 90 kV
- THT : 225 kV et 400 kV

# Contexte et objectifs

- Sollicité par les ministères concernés pour mettre à jour l'expertise de 2010 (possibles effets sanitaires à long terme)
- Cette nouvelle expertise visait à analyser les nouvelles études parues depuis, relatives aux CEM basses fréquences et à leurs éventuels effets biologiques et sanitaires.
- Mieux caractériser les expositions des populations en environnement extérieur et intérieur, notamment avec leurs lieux de résidence.
- Quantifier les populations sensibles exposées
- Faire des recommandations, pour le public et les travailleurs

# L'ANSES ex AFSSET

- Une expertise collective:
- qui relève du domaine de compétence du Comité d'Experts Spécialisés (CES) : Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements, qui a mandaté un groupe de travail sur les CEM BF, constitué suite à un appel public à candidature d'experts le 26 fev 2015.
- Spécialistes de la métrologie, des CEM, épidémiologie, biologie, médecine, physiologie, réglementation des RNI...
- Et des contributions extérieures convention avec l'INSERM, CHU et étude Geocap et analyse des publications depuis 2010

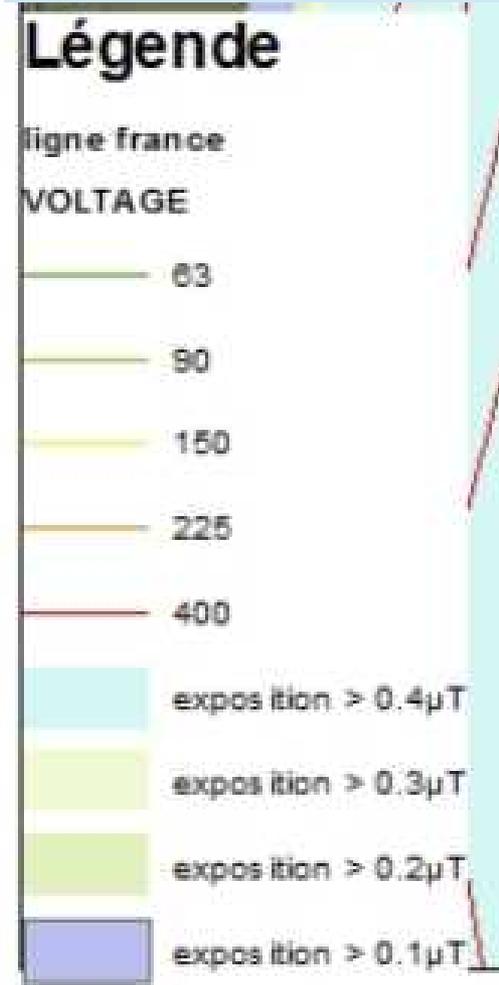
# Une meilleure connaissance des expositions

- Exposition à de multiples sources extérieures ou intérieures:
  - - lignes électriques, transports, transformateurs, appareils industriels, IRM, appareils électroménagers...
- Les nombreuses études menées depuis 2010 permettent d'avoir une vue plus précise de l'expositions des populations
- En extérieur les valeurs les plus élevées sont mesurées sous les lignes THT et à proximité des transfo et sous-stations.
- A l'intérieur, si le niveau des app. domestiques est parfois très élevé, l'exposition est brève et très localisée
- L'exposition professionnelle peut être très importante  femmes enceintes dont il faut surveiller l'exposition.

# Limiter l'exposition des populations sensibles à proximité des lignes HT et THT

- Convergence des études épidémiologiques montrant une association entre leucémie infantile (effet à long terme) et exposition à des CM de très basse fréquence pour des niveaux de 0,2 à 0,4  $\mu\text{T}$  en moyenne sur 24h
- 40000 enfants <15ans exposés dans le domicile à CM > 0,4 $\mu\text{T}$
- 8000 enfants sont scolarisés dans une école primaire où le CM est > 0,4  $\mu\text{T}$
- (étude Geocap enfants <5ans et expo  $\leq$  50m des lignes THT)
- au vu de ces résultats l'ANSES recommande de limiter par précaution le nombre des personnes sensibles exposées.
- Ne pas installer de nouveaux établissements , hôpitaux, écoles, à proximité immédiate des lignes THT

Fig.6 Modélisation des scénarios : Mantes la Jolie



# Puissance des statistiques

Etude GEOCAP cas témoins (2013) conduite entre 2002/2007

- En ne considérant que les lignes supérieures à 225 kV, le sur- risque était proche du seuil de significativité statistique pour les enfants résidant à moins de 50 m
- Ce sur-risque n'était significatif que chez les enfants de moins de 5 ans, avec une tendance significative en fonction de la distance et chez les enfants habitant dans les communes les moins urbaines

Malgré une très bonne puissance statistique\* (2 779 cas, 30 000 témoins), les effets rapportés dans cette étude demeurent à la limite du seuil de significativité, sauf pour les enfants de moins 5 ans habitant à moins de 50 m d'une ligne supérieure à 225 kV, où la sur-incidence est statistiquement significative

\* elles sont relativement peu précises : pas de mesure de l'intensité du champ magnétique, car basées uniquement sur la distance %lignes THT

# Autres pathologies envisagées

- Par ailleurs, l'ensemble des données considérées ne permet pas de conclure à l'existence ou non d'un effet de l'exposition aux champs magnétiques basses fréquences sur :
  - - les tumeurs du système nerveux central chez l'enfant ;
  - - le cancer du sein ; ce lien avait été mis en évidence par l'étude d'Erren *et al.*, (2001) mais les études menées ultérieurement ne confirment pas cette association ;
  - - les hémopathies malignes chez l'adulte ;
  - - les autres cancers de l'adulte ;
  - - la maladie de Parkinson.

# Exposition du public

- En milieu extérieur les champs varient de 0,05 à 0,2  $\mu\text{T}$  avec
- 0,28 % de la population exposés à  $> 0,4 \mu\text{T}$
- 0,74 % exposés à une valeur  $> 0,1\mu\text{T}$
- En milieu urbain, le train, (3 à 8  $\mu\text{T}$ , 100 $\mu\text{T}$  dans la cabine) 6-7 $\mu\text{T}$  sur le quai, lors du passage de train, les trams, 0,01 à 5,5, les trolleys, la signalisation, les réseaux enterrés, les transformateurs etc.... sont à l'origine d'expositions parfois élevées mais brèves, avec une grande variabilité dans le temps. La carcasse métallique des pneus de voitures entraînent un CM de fréquence 12Hz à 80km/h, avec des harmoniques conduisant, en plus des circuits, à des valeurs de 2 à 6  $\mu\text{T}$ .
- Rien sur les futurs VE pas de mesures, ni de protocole.

# L'exposition professionnelle

- Les sources sont diverses : soudage par résist ou par perte diélectrique, magnétiseurs, chauffage par induction, magnétoscopie, électrolyse indust., IRM, RMN,  $\mu$ -ondes.
- Transport et distribution de l'électricité,...
- Dentistes, personnels hospitaliers, conducteurs de trains ...
- Les niveaux st très variables mais dépassent parfois les limites des Valeurs d'action (VA)  $1000\mu\text{T}$  pour le corps,  $1800$  pour les mains, nécessitant des mesures de prévention, d'information, d'éloignement, de blindages et de diminution du temps d'exposition.
- L'ANSES recommande aux constructeurs de machines d'indiquer les valeurs d'exposition.

# L'exposition des femmes enceintes

Enfin l'agence attire l'attention sur l'exposition de la femme enceinte, conduisant, pour le fœtus à des courants induits supérieurs aux valeurs limites fixées pour la population. (100 $\mu$ T)

Elle recommande de mieux informer et sensibiliser les femmes sur les dispositions d'aménagement de leur poste de travail lorsqu'elles sont enceintes afin de limiter l'exposition du fœtus aux CEM basses fréquences.

# Valeurs limites

- Elle sont basées par l'ICNIRP sur des effets avérés à haute intensité sur le SNC\* et le SNP\* ou sur des sensations légères de douleurs, l'apparition de phosphènes (éclairs lumineux)
- Le champ magnétique produit dans le corps des courants induits et donc un champ électrique interne, perturbant le fonctionnement des cellules nerveuses.
- A partir de facteurs de sécurité, sont définies des valeurs limites d'exposition (VLE) appelées restrictions de base et des niveaux de référence pour les travailleurs, Valeurs déclenchant l'Action (VA) dont le respect assure le non dépassement des VLE
- \* Système Nerveux Central ou Périphérique

# Valeurs limites

Pour le Public la VLE est fixée à 100  $\mu\text{T}$  (ICNIRP 1998) recommandations de l'UE de 1999.

- ( anciennement 500 $\mu\text{T}$  pour les travailleurs)
- Pour les travailleurs la VLE est fixée à 2000  $\mu\text{T}$  (ICNIRP 2010) et la VA basse à 1000 $\mu\text{T}$  décret de 2016-1074 du 3/08/2016 transposant la directive 2013/35/UE du parlement et du conseil européen

La nouvelle VLE « public » de 200  $\mu\text{T}$  n'a pas encore été transposée en droit français.

# Champs électromagnétiques

- C'est la juxtaposition:
- d'un champ électrique  $E$  en  $V/m$  et
- d'un champ magnétique  $H$  en  $A/m$ , mesuré plus communément en
- densité de flux magnétique  $B$  en ( $\mu T$ ) microtesla  $1 A/m \approx 1,25664\mu T$
- Dans le contexte des très basses fréquences, seules les valeurs du champ magnétique seront envisagées
- Le champ magnétique est donc proportionnel au courant qui circule dans l'appareil ou le conducteur, il sera donc plus intense si le courant est plus élevé, donc il est variable sous les lignes THT du fait que l'intensité demandée n'est pas constante et du fait aussi de la flèche des câbles ou creux de portée. Il varie en  $1/d^2$ .

# Creux de portée



# Champs électro et magnétiques

## Champs électriques (en V/m)

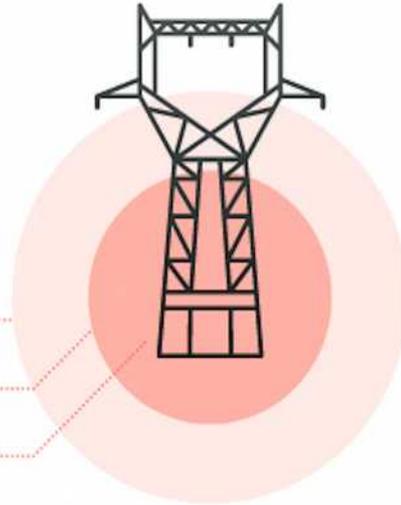
## Champs magnétiques (en $\mu\text{T}$ )

**Lignes**  
**400 000 volts**

100 mètres de l'axe : **40**

30 mètres de l'axe : **1 164**

sous la ligne : **4 420**

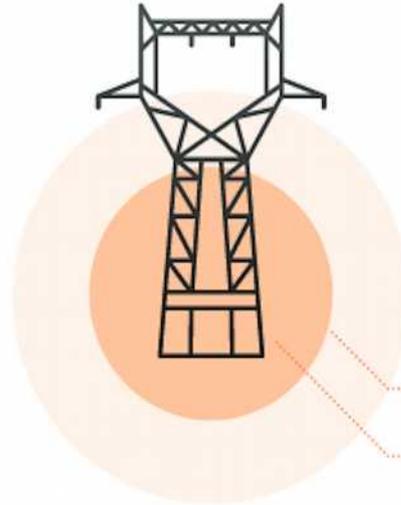


**Lignes**  
**400 000 volts**

à 100 mètres de l'axe : **0,16**

à 30 mètres de l'axe : **1,6**

sous la ligne : **6**



Val. moy



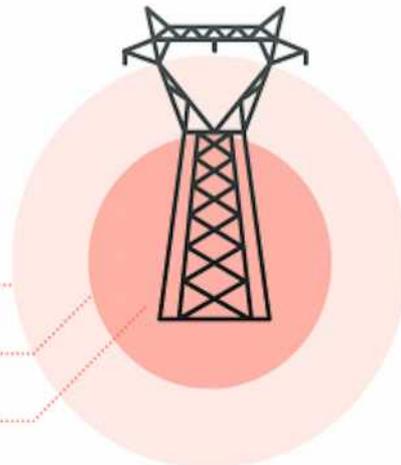
Val.lim.: 5000V/m

**Lignes**  
**225 000 volts**

100 mètres de l'axe : **8**

30 mètres de l'axe : **213**

sous la ligne : **1 639**

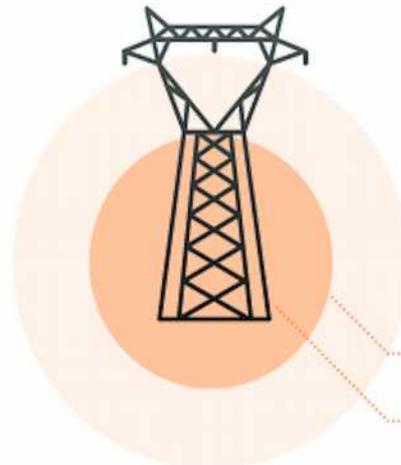


**Lignes**  
**225 000 volts**

à 100 mètres de l'axe : **0,06**

à 30 mètres de l'axe : **0,6**

sous la ligne : **4,3**

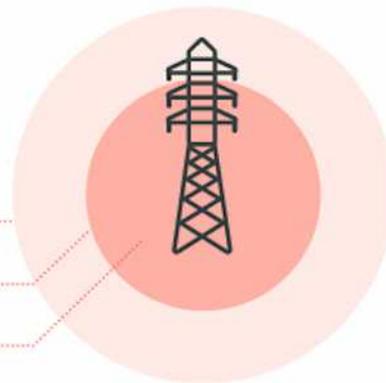


**Lignes  
90 000 / 63 000 volts**

100 mètres de l'axe : **1**

30 mètres de l'axe : **6**

sous la ligne : **383**

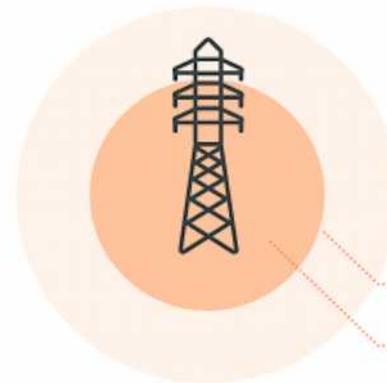


**Lignes  
90 000 / 63 000 volts**

à 100 mètres de l'axe : **0,16**

à 30 mètres de l'axe : **0,1**

sous la ligne : **2,1**



Source : [www.rte-france.com](http://www.rte-france.com)

Tension	support	Nb de circuit	CM sous la ligne	CM à 30 m	CM à 100 m
400 kV	BILC	1	6 à 25 $\mu$ T	3 à 5,5 $\mu$ T	0,4 à 0,6 $\mu$ T
225 kV	C4NC	1	1,5 à 15 $\mu$ T	0,5 à 1,5 $\mu$ T	< 0,2 $\mu$ T
90 kV	H92NT4	1	1,5 à 10 $\mu$ T	0,5 à 1 $\mu$ T	< 0,1 $\mu$ T
63 kV	H92NT4	1	1,2 à 10 $\mu$ T	0,6 à 1 $\mu$ T	< 0,1 $\mu$ T

Source : RTE

à 50 m : 0,21 à 0,36 (loi en inverse carré)

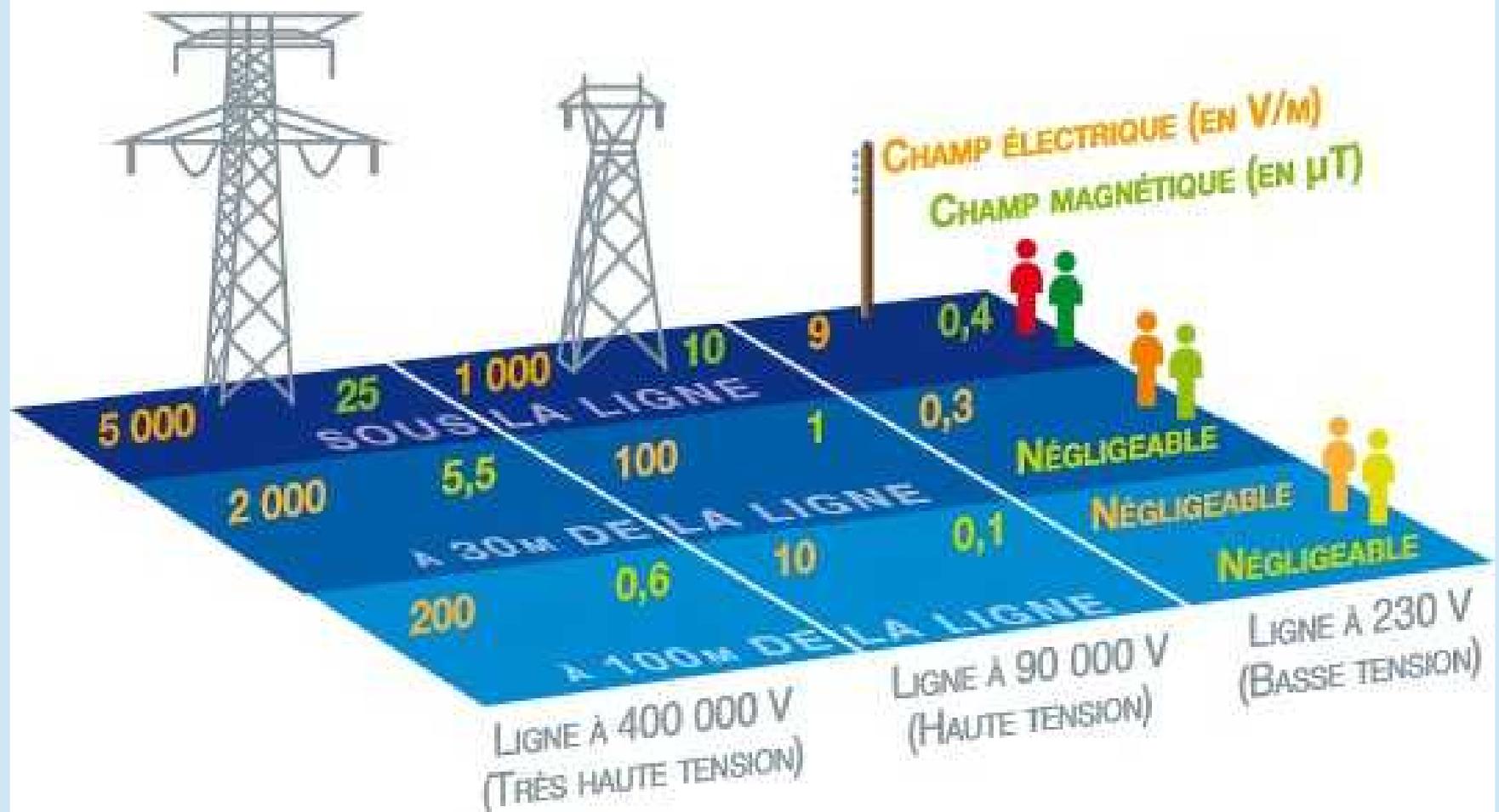
Pour les câbles souterrains posés en "trèfle non jointif" avec enrobage béton avec un transit de 1000 A, les champs magnétiques mesurés à 1 m au dessus du sol sont donnés par le tableau suivant (estimations RTE) :

Tension	CM sur l'axe	CM à 5 m	CM à 10 m
400 kV	13,2 $\mu$ T	2,7 $\mu$ T	0,7 $\mu$ T
225 kV	11,5 $\mu$ T	2 $\mu$ T	0,6 $\mu$ T
63/90 kV	8,6 $\mu$ T	1,4 $\mu$ T	0,4 $\mu$ T

Source : RTE

Valeurs du CM sous les lignes RTE

Figure 2 • Valeurs moyennes des champs électrique et magnétique autour des lignes aériennes de transport d'électricité à 50 Hz



Source : MEDDE *Instruction du 15 avril 2013 relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité.*

Appareil	Champ magnétique (uT)	Champ électrique (V/m)
Radio-réveil A	0,08	16
Bouilloire élec A	0,06	11
Grille-pain	0,21	10
Lave-vaisselle	0,21	9
Radio-réveil B	0,14	30
Machine à café express	0,7	8
Four à micro-ondes A	3,6	13
Cuisinière mixte	0,2	6
Four à micro-ondes B	7	4
Table à induction	0,2	32
Sèche-cheveux	0,05	28
Alimentation de PC	0,02	18
Bouilloire élec. B	0,05	18
Téléviseur LCD 15 p	0,01	75

# SOURCES DOMESTIQUES DE CHAMPS ÉLECTRIQUES ET DE CHAMPS MAGNÉTIQUES ET LIGNES ÉLECTRIQUES

## CHAMP ÉLECTRIQUE (en V/M)



Rasoir : négligeable



Ordinateur : négligeable



Grille pain : 40



Téléviseur cathodique: 60\*  
\*Pour un écran plat : 20



Chaine HIFI : 90



Réfrigérateur : 90



Ligne 90 000 V à 30 m : 100  
Ligne 400 000 V à 100 m : 200

## CHAMP MAGNÉTIQUE (en $\mu$ T)



Réfrigérateur : 0,30



Grille pain : 0,80



Chaine HIFI : 1,00



Ligne 90 000V à 30 m : 1,00  
Ligne 400 000V à 100 m : 0,16\*  
\*valeur moyenne indicative



Ordinateur : 1,40



Téléviseur cathodique : 2,00\*  
\*Pour un écran plat, négligeable



Rasoir électrique : 500

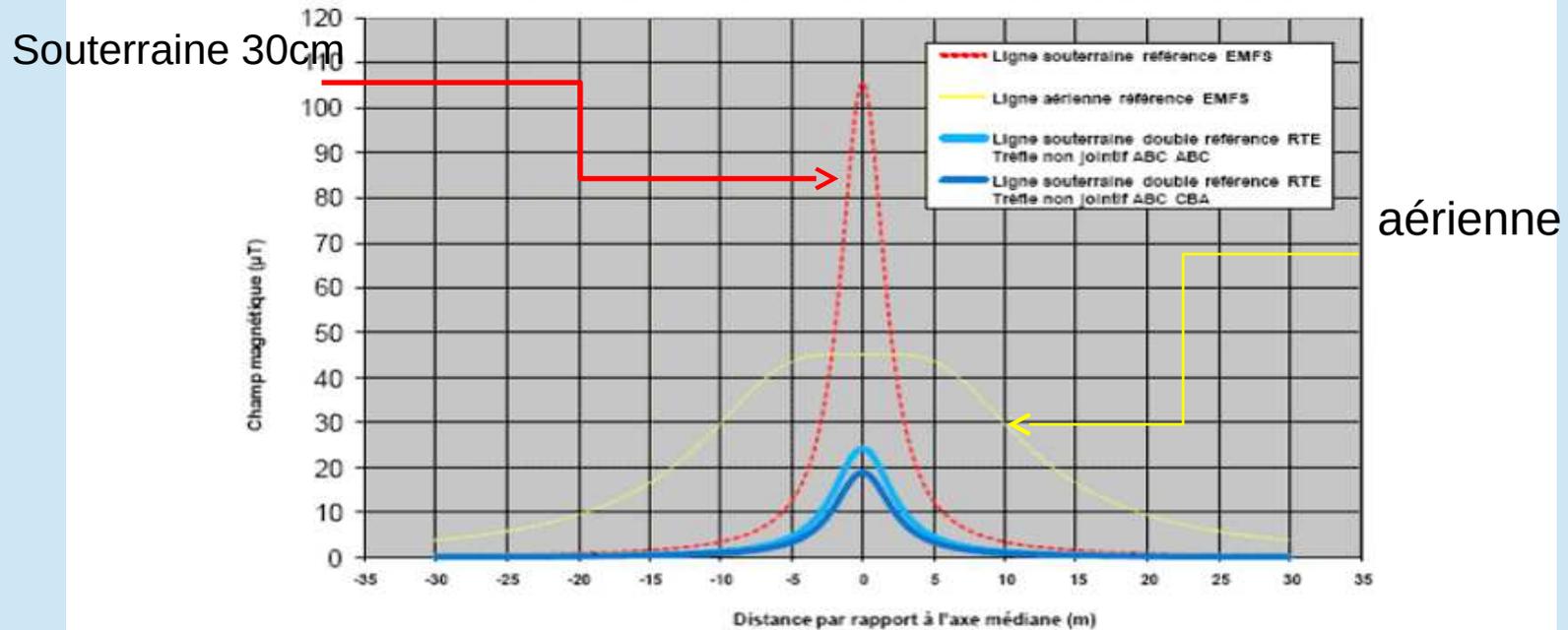
# Lignes enterrées

- En France il y a 100.000 km de lignes aériennes
- 5.000 km de lignes enterrées dont plus de 1000km en THT = plus grd réseau d'Europe
- A Toulouse une 63 kV sur 5 km = 4,5 M€
- Jusqu'à 90 kV le ratio enfouissement /aérien = 1 à 1,5
- C'est 2 x plus cher pour le 225kV et 4 x plus pour le 400kV
- Le 400 kV pour 2x 2000 MVA enterré = 7 à 10 M€/ km

# Disposition des câbles lignes souterraines

Une **pose en trèfle** des câbles permet d'atténuer encore le champ émis, la disposition des différents conducteurs dans le trèfle a alors moins d'impact :

## Profils des champs magnétiques Tension 400kV Courant : 2x1000A/câble

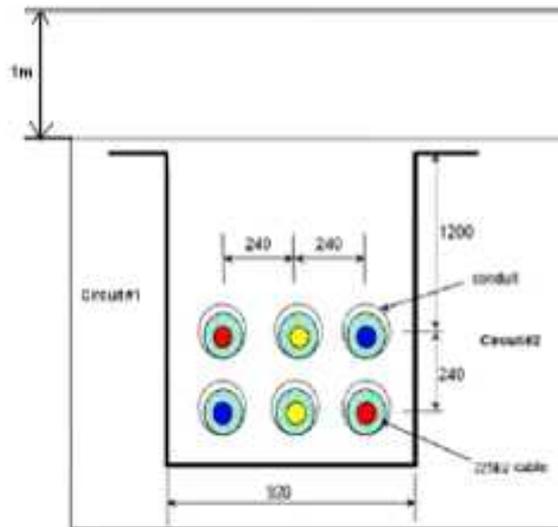


La pose de la ligne souterraine **en nappes dédoublées** est encore plus efficace et permet d'atteindre un champ encore plus faible. Le positionnement des câbles dans la nappe reprend logiquement une forte importance :



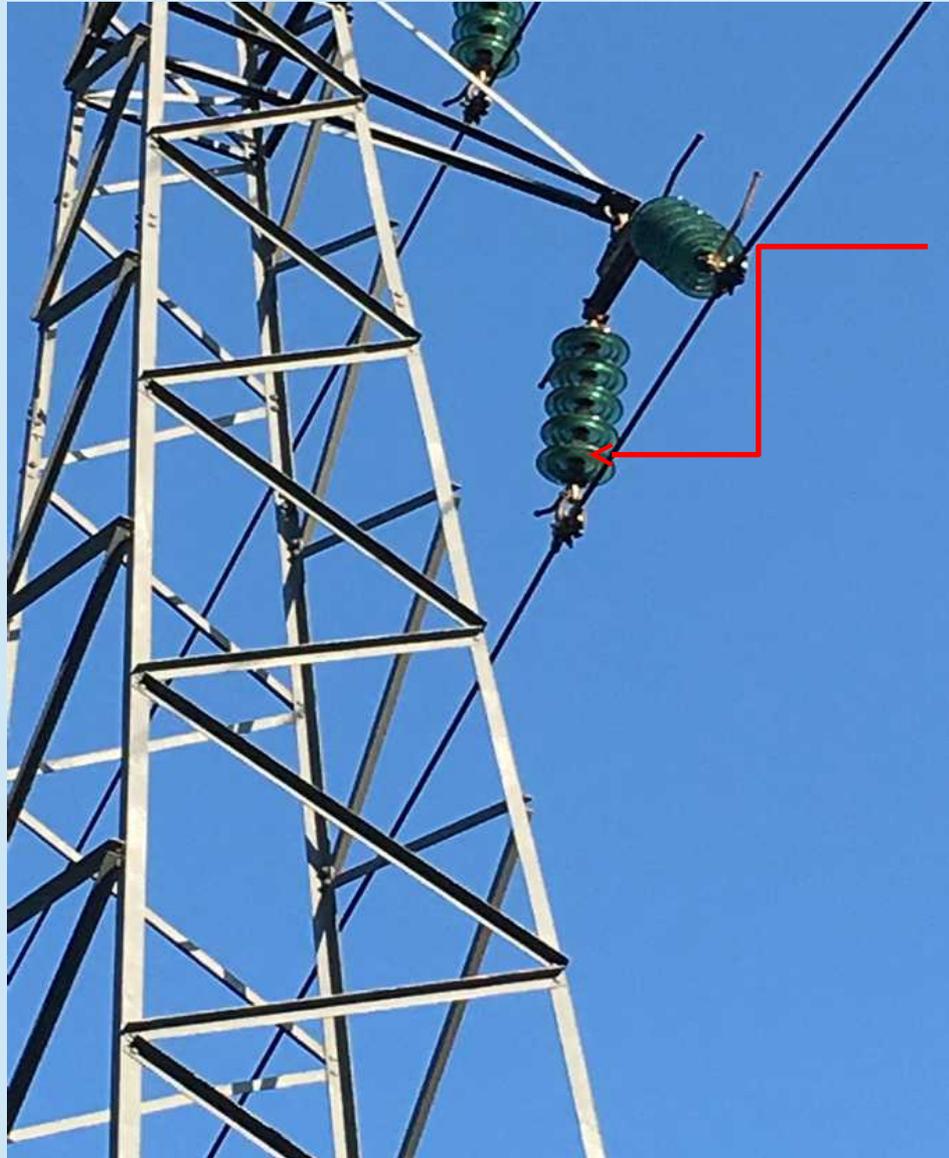
# Disposition des câbles

Il peut s'agir d'une pose en **deux nappes dédoublées**. Il s'agit alors de disposer deux nappes de conducteurs à 250 A au lieu d'un à 500 A. Elle permet une division par 10 environ du champ :



Profondeur 1.20m	à l'axe	à 2m
Variante 2 nappes 250A	0.9	0.4
Standard 1 nappe 500A	8.3	4.6

# Reconnaître les lignes THT et HT



2 ou 3 galettes  
= 20 kV

5 galettes = 63 kV

LIGNE A 63 KV  
CHARPERAY  
ORAPONNE  
BARDILLY

ELECTRICITE DE FRANCE  
DEFENSE ABSOLUE  
DE TOUCHER AUX FILS  
MEME  
TOMBES A TERRE  
DANGER DE MORT

DE CES ECRANS PERMET D'APPRENDRE  
ELECTRICITE DE FRANCE - LES POMPIERS  
LA GENDARMERIE OU LA POLICE

PYLONE N°

117

Vers champ  
d'obstacles du haras  
de Villedieu



Ligne 2 x 225 kV ch. de traîne -cul



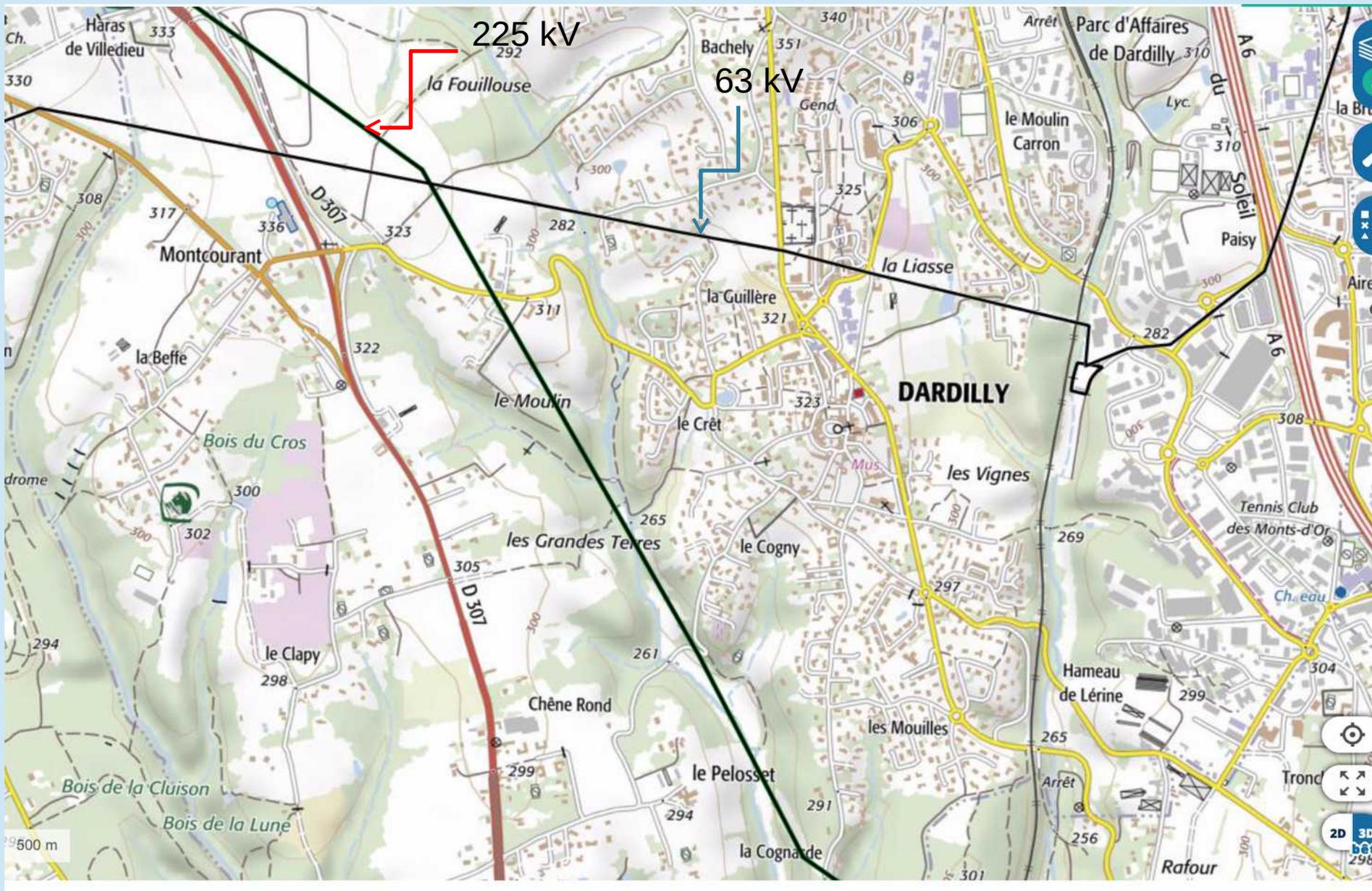
# Reconnaître les lignes THT

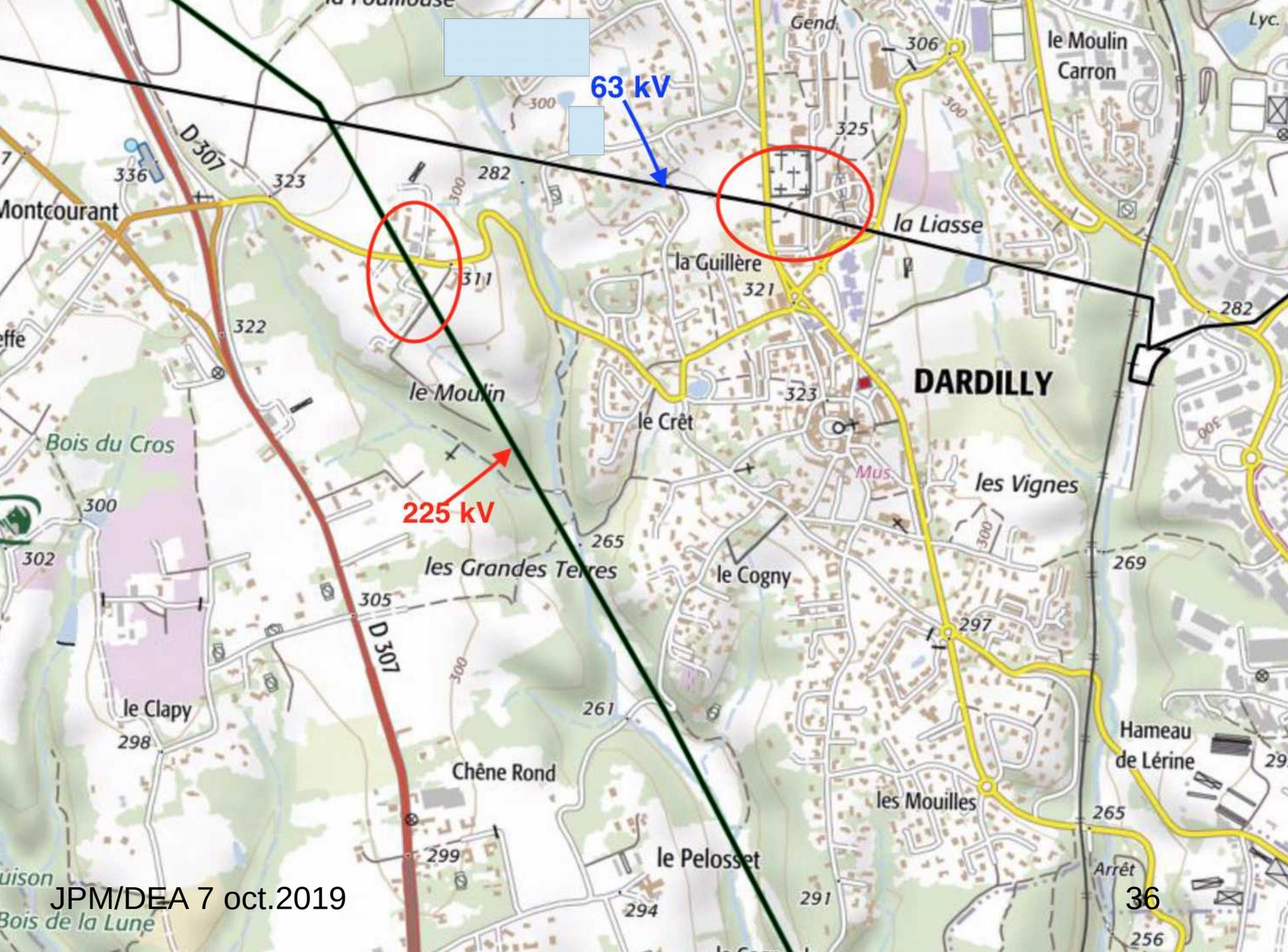


12 gallettes x2  
ligne 2 x 225 kV

Pylone vers haras  
de Villedieu







63 kV

225 kV

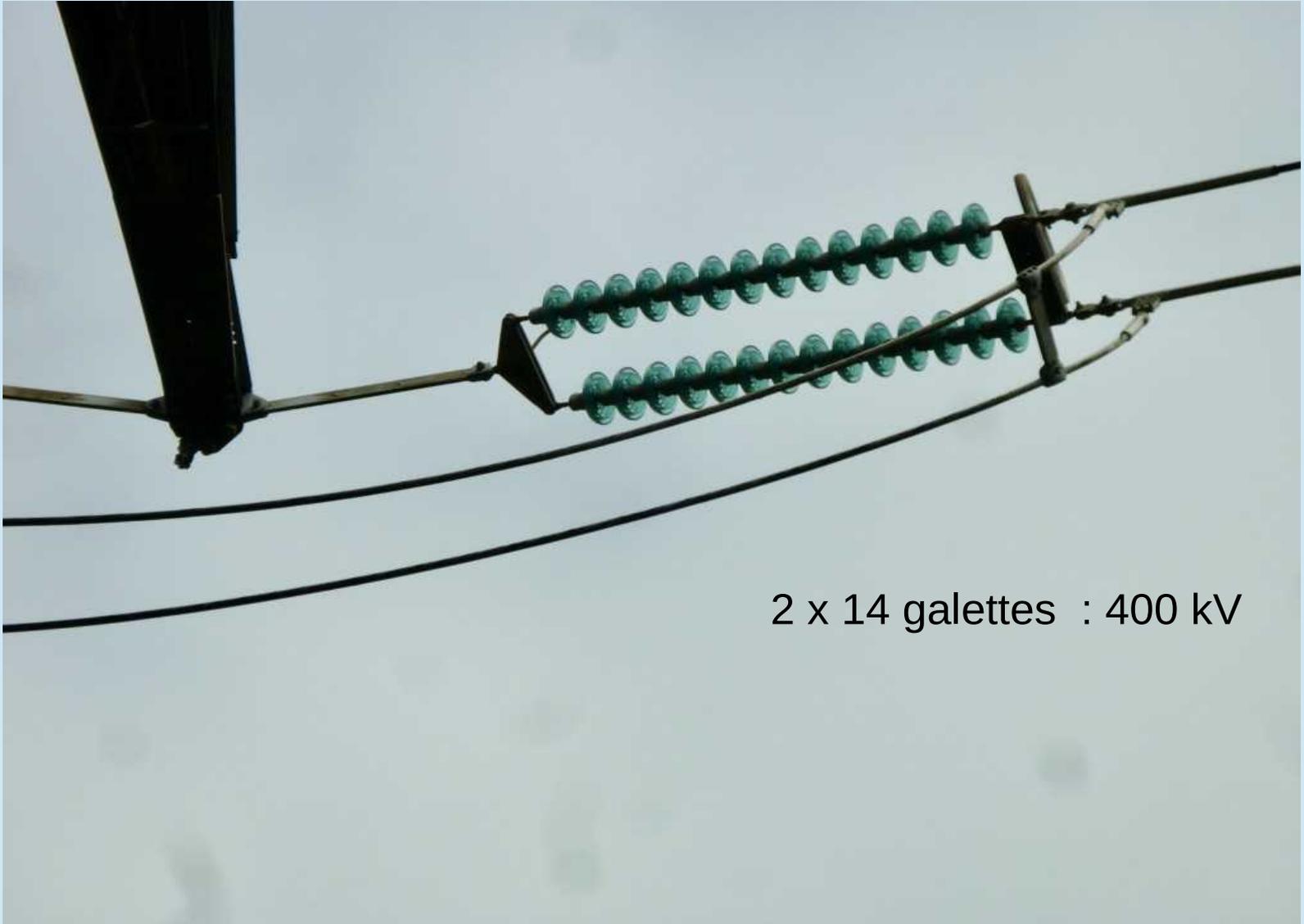
**DARDILLY**

JPM/DEA 7 oct.2019

36

Ligne 3x400 kV Lentilly/Charpenay





2 x 14 galettes : 400 kV

LIGNE A 2X400 KV  
CHARPENAY  
ECHALAS II

LIGNE A 400 KV  
CHARPENAY  
PIVOZ CORDIER 1

ELECTRICITE DE FRANCE  
DEFENSE ABSOLUE  
DE TOUCHER AUX FILS  
MEME  
TOMBES A TERRE  
DANGER DE MORT

EN CAS D'ACCIDENT PREVEZ L'URGENCE  
ELECTRICITE DE FRANCE - LES POMPIERS  
LA GENDARMERIE OU LA POLICE

PYLONE N° 2

PRISE DE TERRE PROTEGEE

# Réglementation

- La recommandation 1999/519/CE du 12 juillet 1999 du conseil de l'Union européenne concernant la population générale préconise une exposition maximale de 100  $\mu\text{T}$ .
- Décret 2011-1697 du 1 dec 2011 : obligation de mesurage sur les réseaux électriques.

Le décret n° 2016-1074 du 3 août 2016 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques fixe une valeur d'action basse VA à 1 000  $\mu\text{T}$  (cf. 5.3.3 du rapport d'expertise)

Ce décret s'applique aux femmes enceintes et recommande pour celles-ci la conformité aux prescriptions du décret n°2002-775 du 3 mai 2002, qui concerne la population générale, s'appuyant sur la recommandation 1999/519/CE du 12 juillet 1999 de l'Union européenne.



# Réglementation

- 
- 

L'ICNIRP a publié de nouvelles valeurs limites non reprises actuellement pour le public.

L' instruction du 15 avril 2013 relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité, conseille désormais de ne pas implanter d'établissements sensibles dans lesquels l'exposition pourrait être supérieure à 1 microtesla.

# conclusions

- Une sur-incidence statistiquement significative entre leucémie et exposition aux CM, seulement pour les enfants de moins de 5 ans habitant à moins de 50m de lignes THT > 225kV : L'effet est considéré comme « POSSIBLE »
- Des valeurs limites très éloignées des valeurs d'exposition.
- Une exposition du public modérée
- une exposition des professionnels restant à maîtriser ainsi que celle des femmes enceintes dans certains métiers
- Une meilleure connaissance des sources d'exposition et du nombre des individus exposés

# Conclusions

- Une réglementation qui doit évoluer, en particulier pour le public, seules des limites pour le réseau électr. sont établies.
- Pas de disposition pour l'habitat : l'agence préconise d'intégrer l'instruction de 2013 dans la réglementation ( lim. de  $1\mu\text{T}$ )
- Poursuivre les recherches sur les effets sanitaires des CEM basses fréquences pour les travailleurs et dans un futur proche pour les nouvelles technologies de distribution de l'énergie et des voitures électriques.
- Les nouvelles études postérieures à 2010 basées sur l'exposition à partir de mesures ou de modélisations des CEM n'ont pas montré d'effet statistiquement significatif.

Je vous remercie de votre attention

