

Exposition de la population française au champ magnétique 50 Hz : principaux résultats de l'étude EXPERS

Isabelle Magne¹, Mfoihaya Bedja², Gilles Fleury², Laurent Le Brusquet²,
Martine Souques³, Jacques Lambrozo³

¹ EDF R &D, Moret sur Loing, France

² Supelec, Gif-sur-Yvette, France

³ EDF Service des Etudes Médicales, Levallois-Perret, France



Sommaire

- ▶ Introduction
- ▶ Collecte des données
- ▶ Analyse de la base de données
- ▶ Description des expositions moyennes
- ▶ Caractérisation des expositions moyennes
- ▶ Réseaux électriques
- ▶ Conclusion et perspectives

Introduction et objectif

- ▶ 1979: étude Wertheimer
- ▶ 2001: classification II B du champ magnétique ELF par le CIRC
(*peut-être cancérigène pour l'homme*)
- ▶ 2007: expertise collective OMS
 - Association statistique observée entre leucémie de l'enfant et exposition au champ magnétique supérieure à $0,4\mu\text{T}$ en moyenne sur 24h
 - Pas de relation causale démontrée
- ▶ Objectif de l'étude: quelle est l'exposition de la population française?
 - 2007: étude EXPERS initiée par le ministère de la Santé

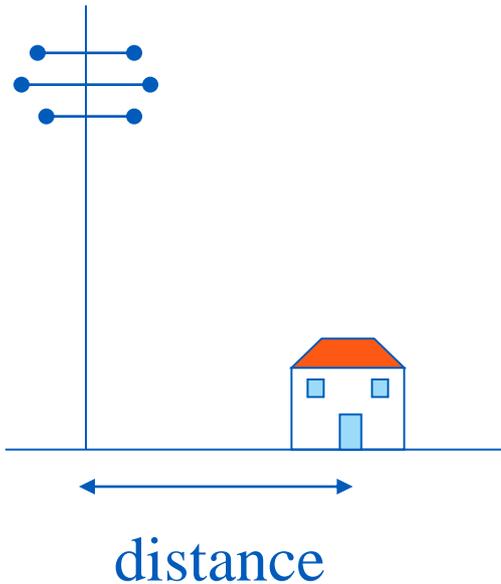
Recueil des données

- ▶ Recruter 1000 adultes et 1000 enfants représentatifs de la population française
- ▶ MV2 Conseil chargé du recueil des données
 - Méthode de tirage aléatoire sur n° de téléphone (hors n° professionnels)
 - Recrutement par téléphone, puis enquêteur sur place
 - Critère de répartition selon la répartition de la population française par région
 - 3 campagnes de mesures (février-avril 2007, octobre 2007-avril 2008 et octobre 2008-janvier 2009).
- ▶ Mesures pendant 24h avec un EMDEX II porté par le volontaire
 - une mesure toutes les 3 s
 - Mesure large bande (40-800 Hz) et harmoniques (100-800 Hz)
 - Gamme de mesure: 0,01 à 300 μ T
- ▶ Emploi du temps rempli par le volontaire
- ▶ Questionnaire rempli à la fin avec l'enquêteur
 - Informations sur le volontaire et son logement
- ▶ Mesure des coordonnées GPS à l'entrée du domicile



Réseaux électriques proches du logement

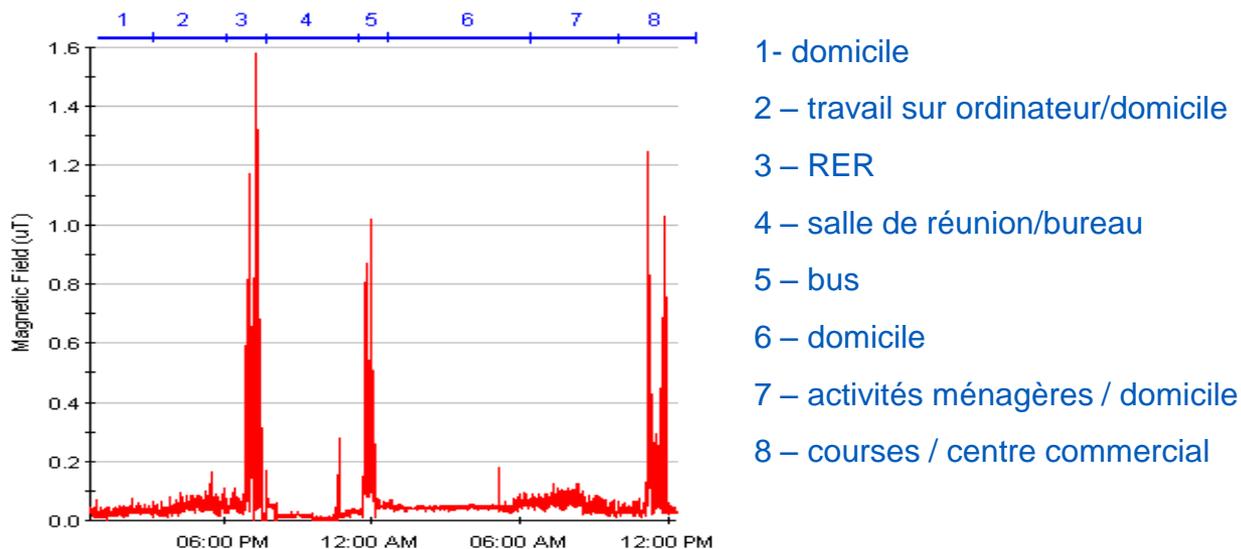
► Définition de la distance “proche du logement”



Type de réseau	Distance (m)
Ligne aérienne 400 kV	200
Ligne aérienne 225 kV	120
Ligne aérienne 150 kV	100
Ligne aérienne 63 et 90 kV	70
Ligne aérienne BT et 20 kV	20
Réseau ferré	200
Câble souterrain 225 kV	20
Câble souterrain 63 et 150 kV	20
Câble souterrain BT et 20 kV	20
Poste HTA/BT	20

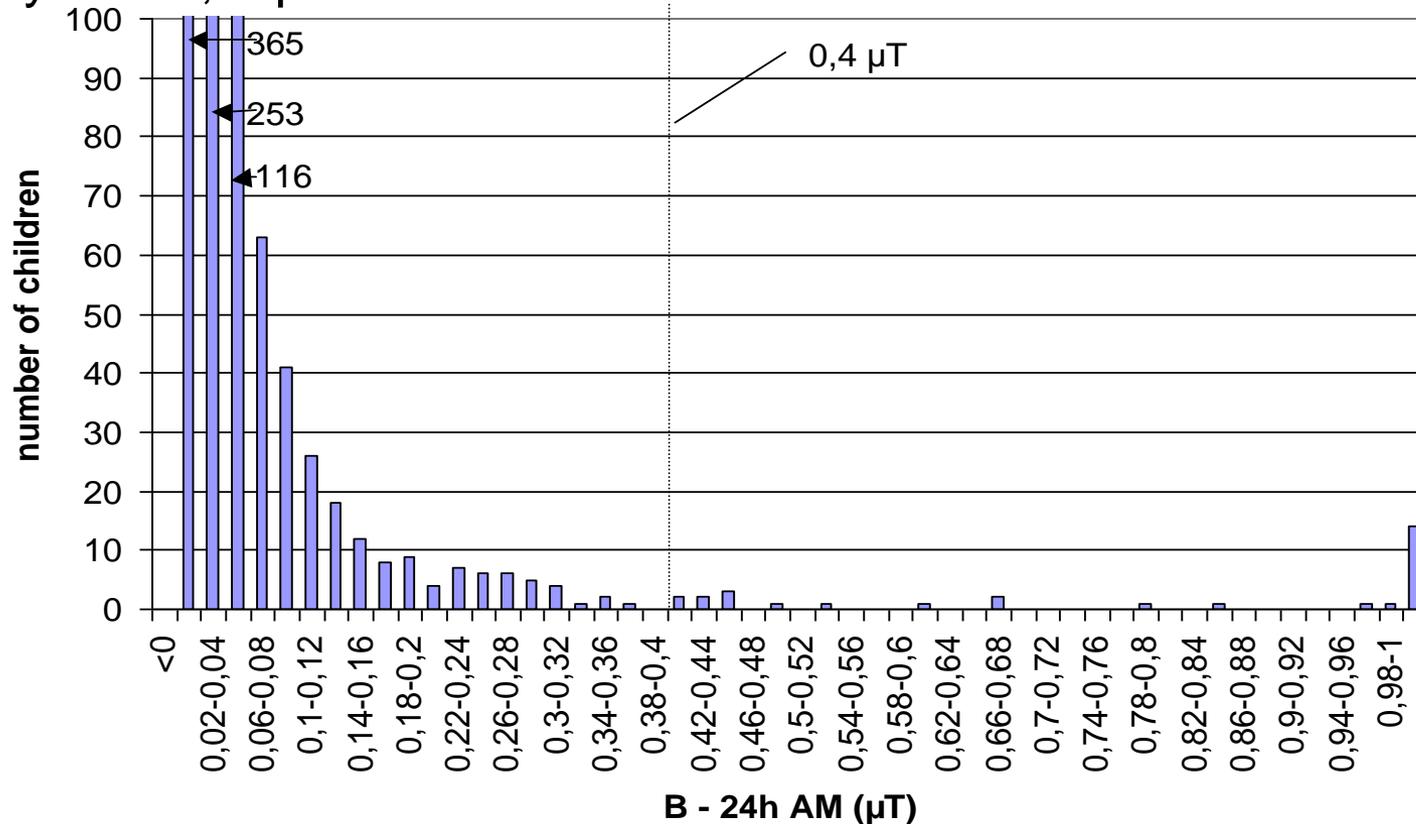
Analyse de la base de données

- ▶ 2048 mesures validées par MV2 Conseil
- ▶ Saisie des emplois du temps et des questionnaires
 - 19 series supprimées pour diverses raisons
 - 2029 mesures analysées
 - 977 mesures enregistrées par des enfants (0-14 ans)
 - 1 052 mesures enregistrées par des adultes (15 ans et plus)
- ▶ Exemple de découpage temporel affiné



Enfants – exposition moyenne sur 24 h – moyenne arithmétique (MA)

► $B_{\text{moyen}} = 0,09 \mu\text{T}$

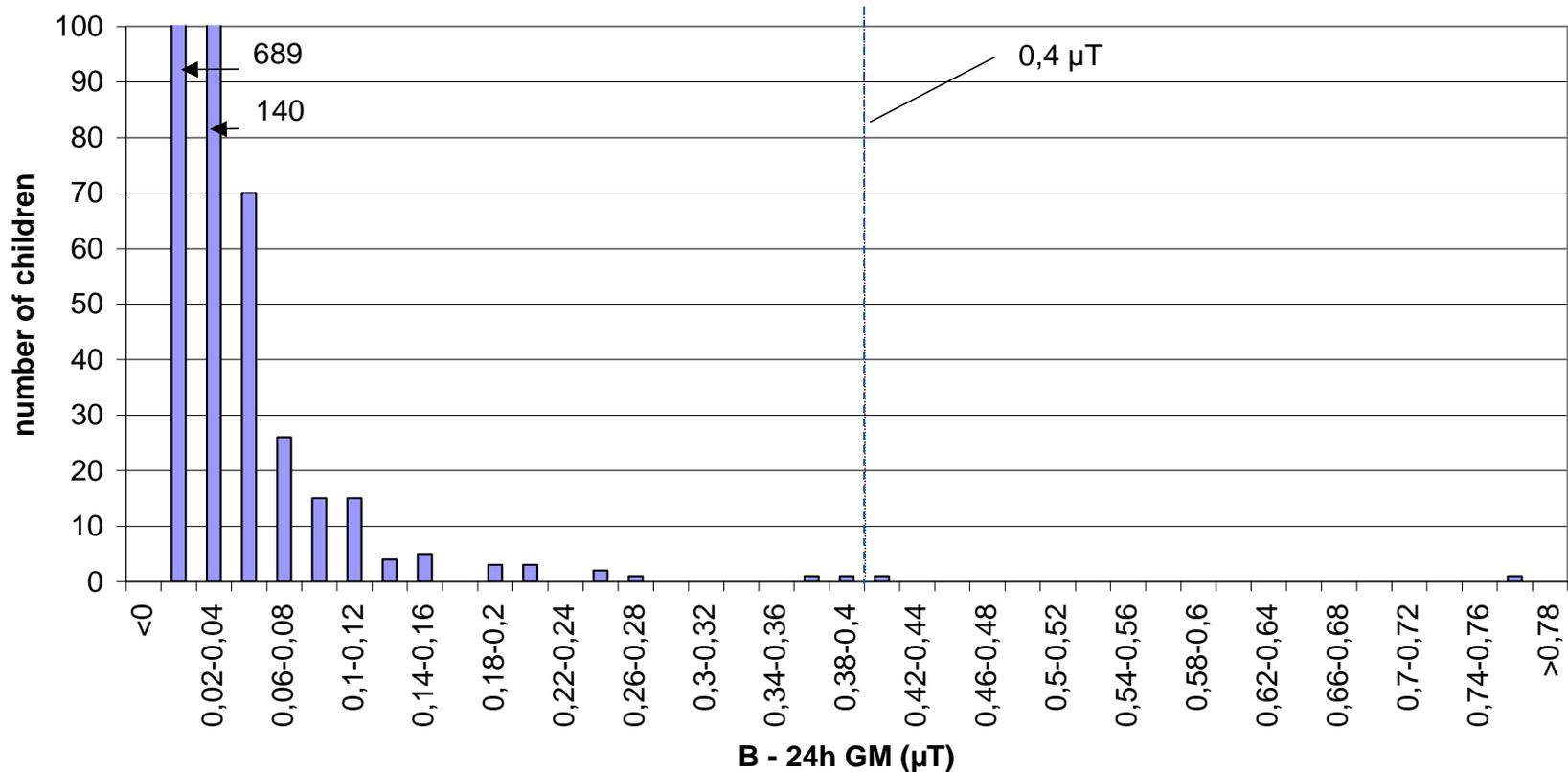


■ 30 enfants avec MA > 0,4 μT (3,1%)

Proportion (%)	25	50	75	99
Quartile en μT	0,01	0,03	0,06	1,22

Enfants – exposition moyenne sur 24 h – moyenne géométrique (MG)

► Bmoyen = 0,02μT

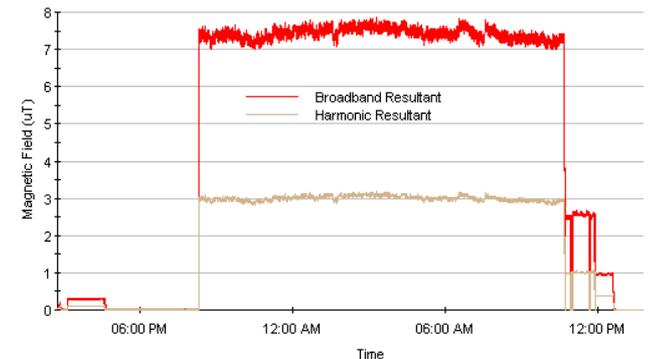


■ 2 enfants avec MG > 0,4μT

Proportion (%)	25	50	75	99
Quartile in μT	0,00	0,01	0,02	0,20

Expositions de type “radio-réveil”

- ▶ Proportion plus forte d'enfants avec une MA > 0,4μT que dans la littérature
- ▶ Recherche d'explications de ces expositions élevées
 - Signal élevé la nuit
 - 1/3 d'harmonique
 - Correspond au champ mesuré à proximité d'un radio-réveil
- ▶ Investigations complémentaires
 - Forte variation de B selon radio-réveil
 - Source = transformateur
 - B décroît très vite avec la distance (négligeable à 50 cm)
- ▶ Ces mesures sont-elles représentatives de l'exposition des personnes?
 - Demande de respecter une distance de 50 cm entre l'EMDEX et tout appareil électrique la nuit
 - Question posée dans le questionnaire pour vérifier
 - Les mesures sur 24h surestiment l'exposition
- ▶ Distinguer exposition sur 24h et exposition hors sommeil

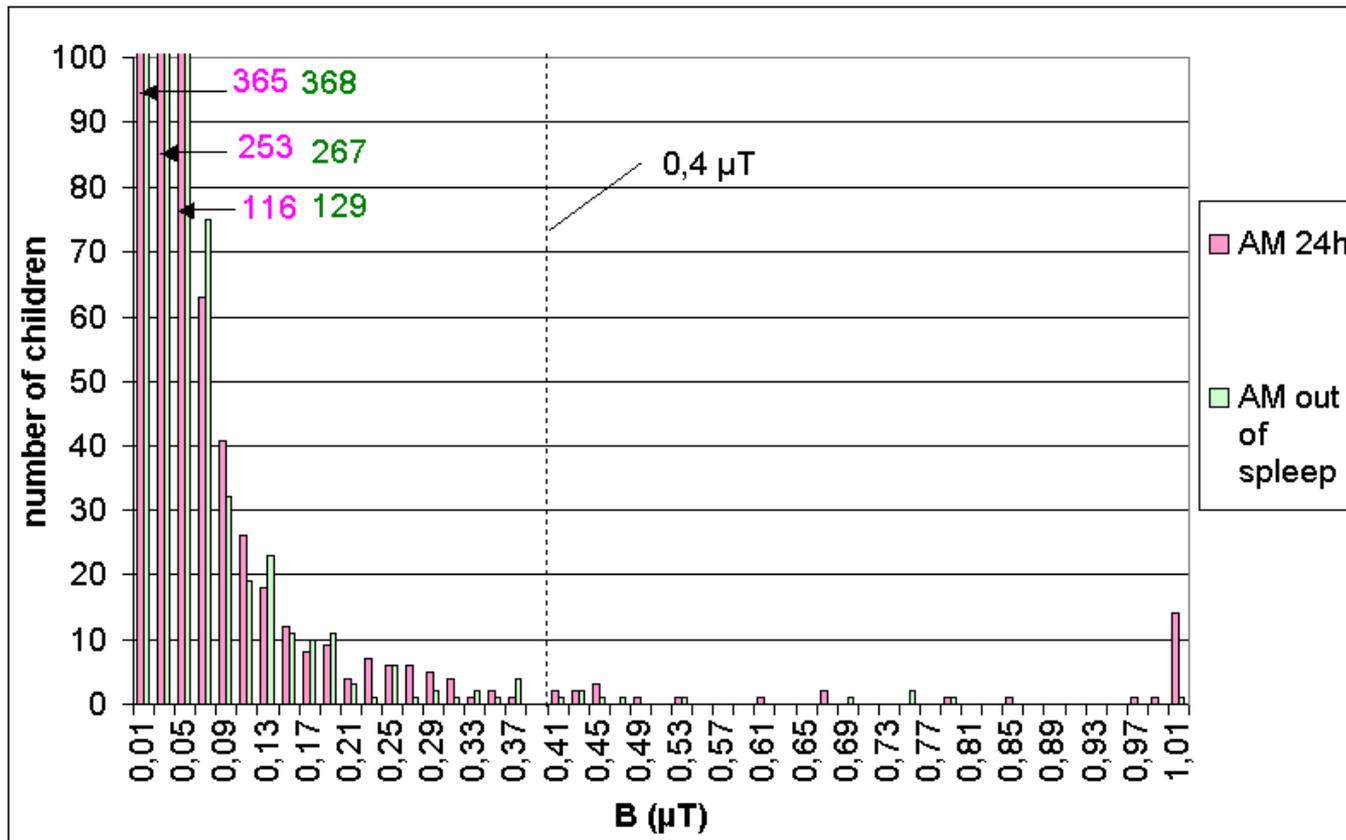


Enfants – expositions moyennes hors sommeil

▶ AM = 0,05 μT

■ 11 enfants avec MA > 0,4 μT (1,1%)

▶ GM = 0,02 μT



Sources des expositions moyennes élevées

▶ Exemple des enfants, MA sur 24h

- 24 cas d'EMDEX posés à proximité immédiate de radio-réveils la nuit
- 2 cas d'EMDEX posés à proximité d'un appareil électrique équipé d'un transformateur pendant la journée
- 1 cas d'EMDEX posés à proximité d'un appareil électrique inconnu au domicile pendant la journée et la nuit
- 1 cas d'EMDEX posé à proximité d'un appareil électrique équipé d'un transformateur à l'école
- 1 cas de voie ferrée électrifiée en courant alternatif à proximité du domicile et de l'école
- 1 cas de ligne aérienne basse tension à proximité du domicile

▶ Exemple des enfants, MA hors période de sommeil

- 5 cas d'EMDEX posés à proximité d'un appareil électrique équipé d'un transformateur pendant la journée
- 1 cas d'EMDEX posés à proximité d'un appareil électrique inconnu au domicile pendant la journée et la nuit
- 1 cas d'EMDEX posé à proximité d'un appareil électrique équipé d'un transformateur à l'école
- 1 cas de voie ferrée électrifiée en courant alternatif à proximité du domicile et de l'école
- 1 cas de ligne aérienne basse tension à proximité du domicile
- 1 cas de réseau électrique à proximité de l'école (à confirmer)
- 1 cas d'EMDEX posé près d'un câble électrique sur le plancher d'une voiture

Résultats pour les adultes

► Exposition sur 24h

- MA = 0,14 μ T et MG = 0,03 μ T

► Exposition hors période de sommeil

- MA = 0,10 μ T et MG = 0,03 μ T

► Expositions les plus élevées (1% supérieur)

- Sur 24h = 11 adultes ayant une exposition > 1,54 μ T en MA et 0,26 μ T en MG.
- Hors période de sommeil = 11 adultes avec une exposition > 0,83 μ T en MA et 0,21 μ T en MG

► Sources des expositions les plus élevées

- EMDEX posés à proximité immédiate de radio-réveils la nuit
- Appareils électriques équipés de transformateurs
- Transports ferroviaires

Comparaison des expositions moyennes

▶ Enfants / adultes

- Les enfants sont moins exposés que les adultes (sur 24h et hors sommeil)

▶ Domicile / extérieur

- Les enfants sont plus exposés au domicile qu'à l'extérieur, alors que c'est le contraire pour les adultes (sur 24h et hors sommeil)

▶ Jour / nuit

- Au domicile, les deux populations sont plus exposées le jour que la nuit (c'est le contraire pour les adultes en MG)

▶ Région

- Les personnes habitant en Ile-de-France sont plus exposées que dans les autres régions (sur 24h et hors sommeil)

▶ Résultats réseaux électriques

- Les expositions moyennes (au domicile et sur 24h) sont plus élevées pour les volontaires habitant à proximité des réseaux électriques que pour ceux qui habitent loin de ces réseaux
- Les expositions moyennes (au domicile et sur 24h) ne sont pas différentes pour les volontaires habitant à proximité des réseaux électriques à haute tension et pour ceux habitant à proximité des réseaux ferrés électrifiés à 50 Hz.
- Ce calcul reste à faire pour les réseaux électriques de distribution (BT et 20 kV)

Caractérisation des expositions

- ▶ Exemple des enfants (réseau de distribution et type d'alimentation des traons pas encore pris en compte)

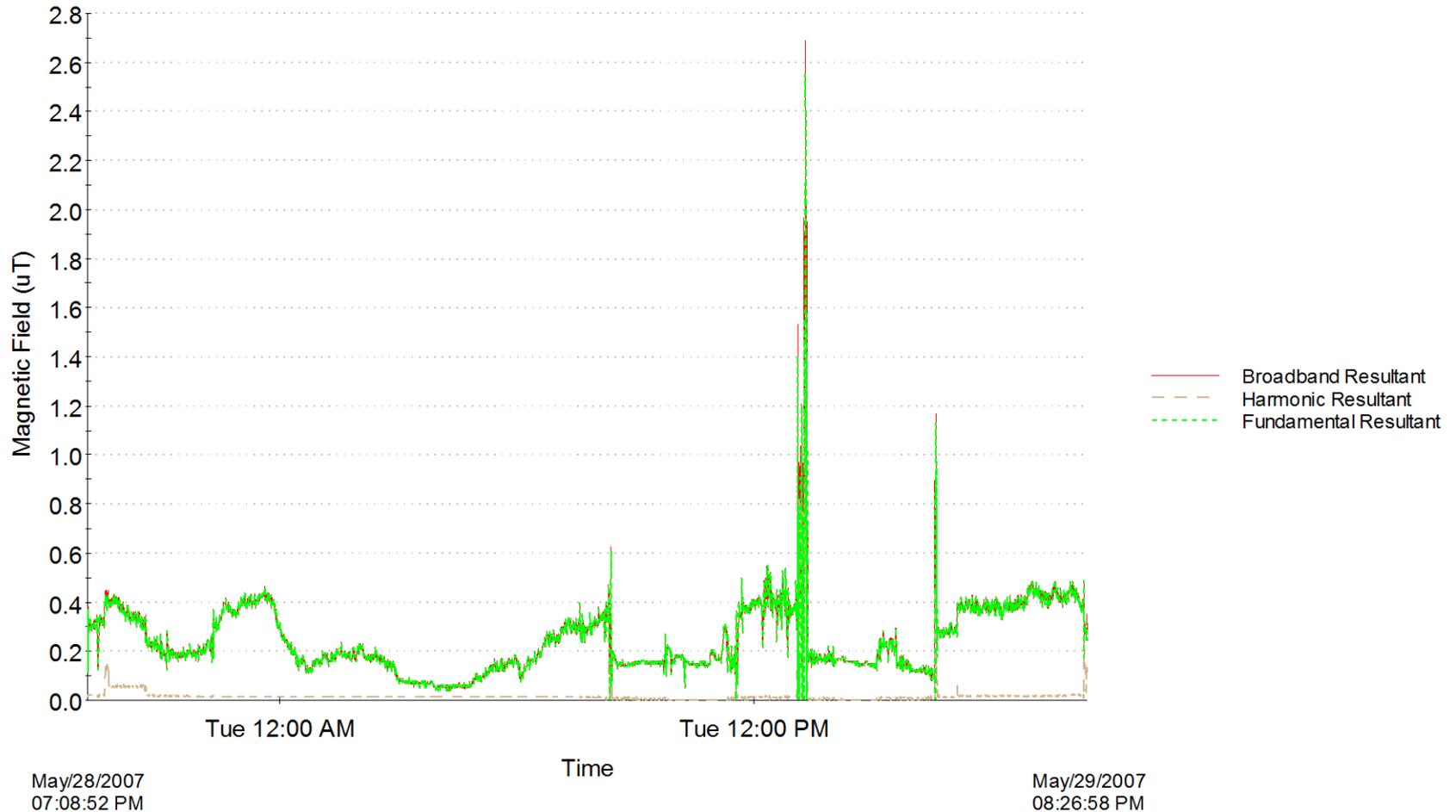
Nom de la variable	Enfants sur 24h		Enfants hors sommeil	
	MA	MG	MA	MG
Densité de population du département	x	x	x	x
Avoir posé l'EMDEX près d'un radio-réveil	+	+		
Domicile proche de lignes aériennes THT	+	+	+	+
Domicile proche de réseaux ferrés électrifiés	+	+	+	+
Population ville (> 2 000 habitants)	+	+	+	+
Age	+		x	
Habitation = immeuble	+	+	+	+
Energie de chauffage = électrique	-	-		-
Temps passé sur l'ordinateur		+	+	+
Temps passé dans les centres commerciaux				x
Temps passé dans les transports ferroviaires		x	x	x
Temps passé devant la télévision				+
Temps passé dans les transports non électriques		x		x
Temps passé à l'école	-	-	x	-
Taux de la variance expliquée	17,2%	27,2%	17,7%	29,8%

De combien est l'indicateur "proche des réseaux électriques" conservatif?

- ▶ Classification arbitraire des sujets dans les couloirs comme "exposés" au champ magnétique généré par les réseaux électriques
- ▶ Mais la largeur des couloirs est surestimée
- ▶ Est-ce que la mesure de champ magnétique des sujets "exposés" montre l'influence d'un réseau électrique?
- ▶ La variation sur 24h du champ magnétique généré par un réseau électrique est assez caractéristique

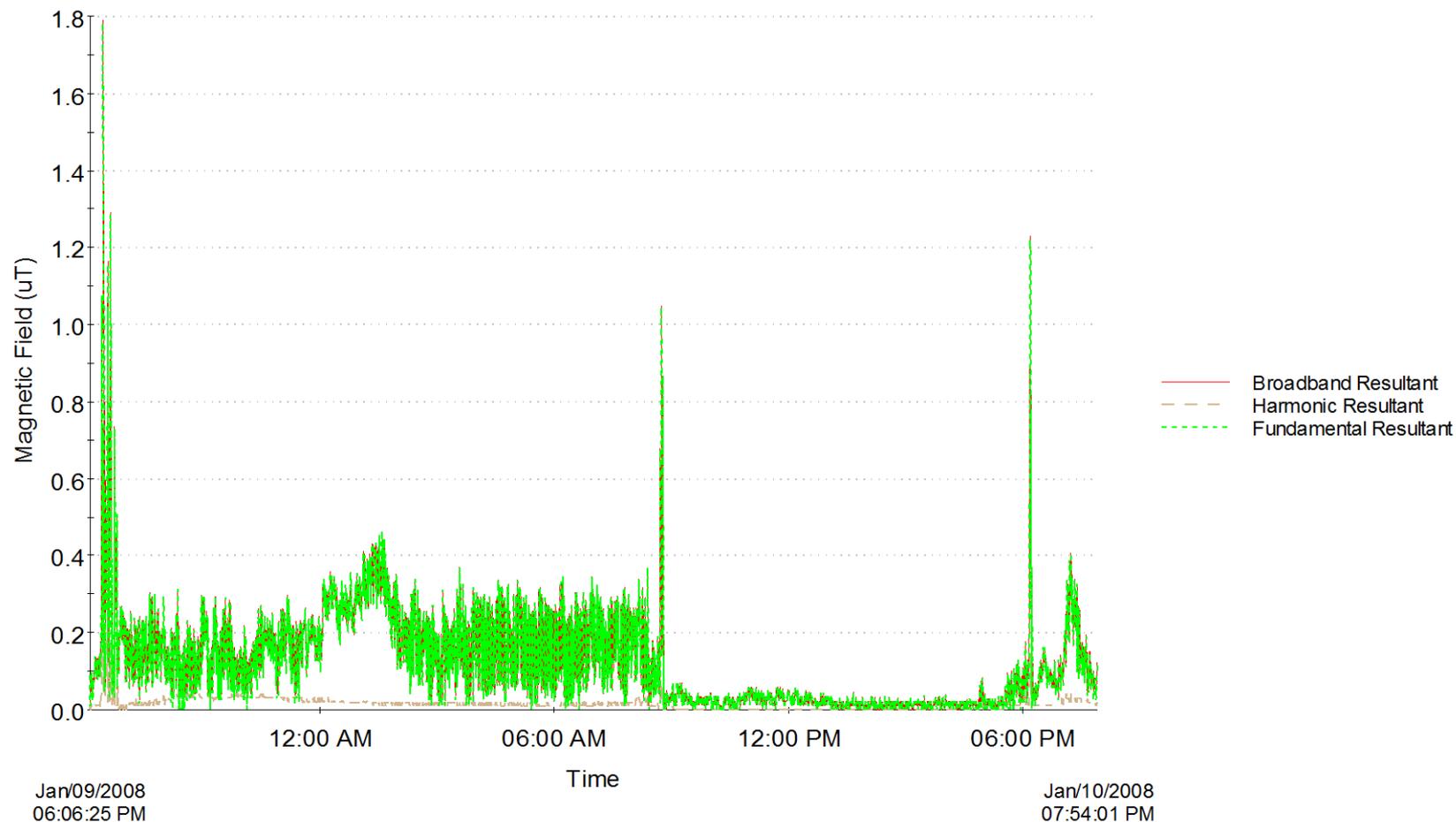
- ▶ Vérification visuelle

Example - source = ligne aérienne THT



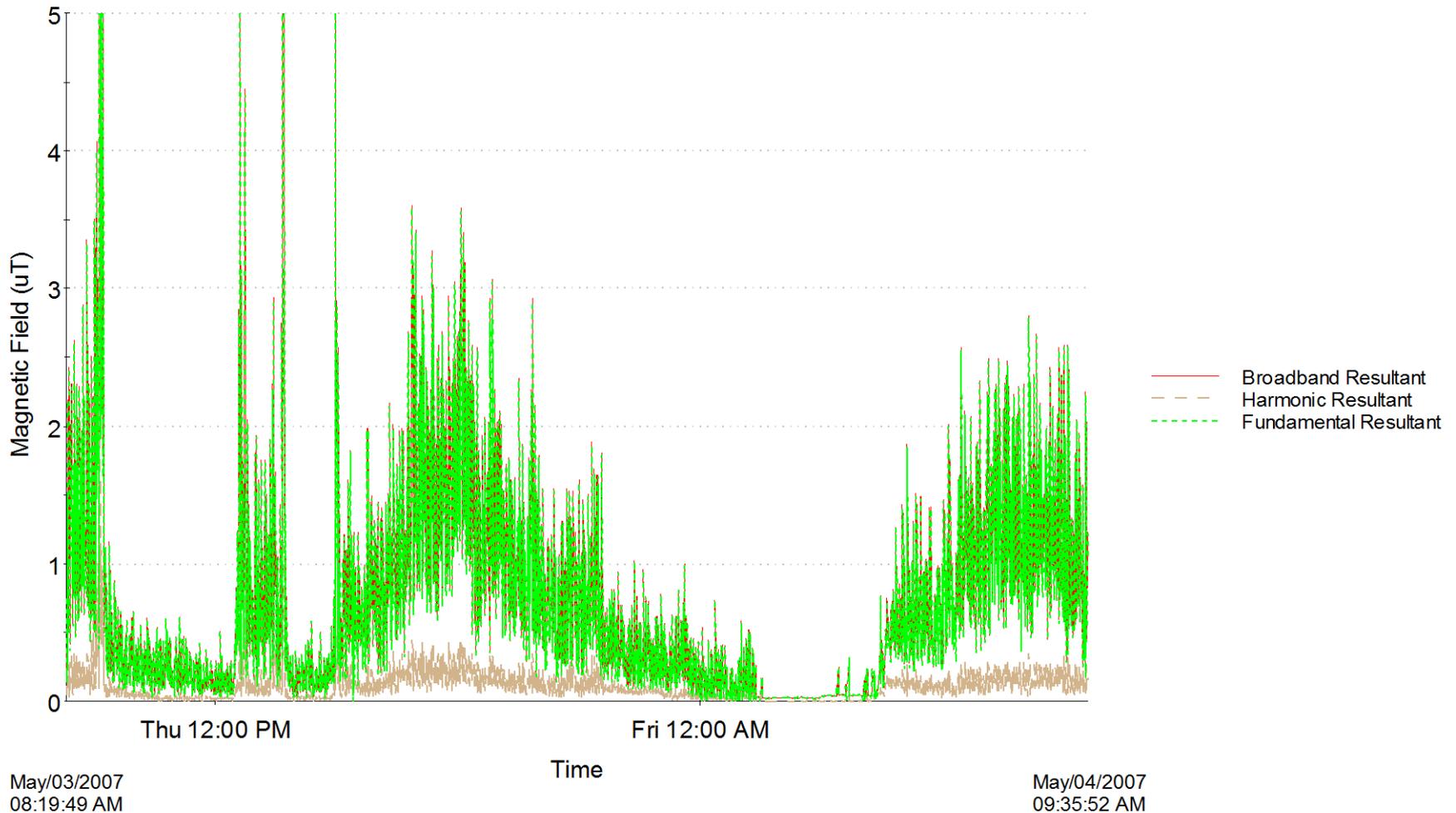
- ▶ Signal avec peu de bruit et proportionnel à la courbe de charge d'une ligne THT

Exemple – source = réseau moyenne tension enterré



► Signal avec une tendance de courbe de charge la nuit, mais bruité

Exemple – source = réseau ferré 50 Hz



➤ Signal très bruité, proportionnel au trafic et avec des harmoniques

Mesures avec influence d'un réseau électrique – résultat pour les enfants

Type de réseau	Nombre d'enfants vivant près d'un réseau électrique	Nombre d'enfants avec influence d'un réseau électrique
Ligne aérienne 400 kV	4	4
Ligne aérienne 225 kV	7	6
Ligne aérienne 63 à 150 kV	11	3
Ligne aérienne 20 kV	24	1
Ligne aérienne BT	371	53
Réseau ferré 50 Hz	41	12
Câble souterrain 225 kV	11	4
Câble souterrain 63 à 150 kV	10	5
Câble souterrain 20 kV	331	60
Câble souterrain BT	524	75
Poste HTA/ BT	45	9
Poste HTA/ BT en immeuble	13	3

► Noter que:

- 977 enfants au total
- Le champ B mesuré est la somme de toutes les sources
- Le signal est souvent à la limite du bruit de fond et non spécifique
- En prenant en compte l'étage dans les immeubles, les chiffres diminueraient pour les réseaux souterrains et les postes en immeuble

Conclusion et perspectives (1/2)

- ▶ Première étude d'exposition personnelle d'une population à l'échelle d'un pays
- ▶ 3,1% des enfants ont observé une MA > 0,4 μ T
 - principales sources = radioréveils
 - l'exposition réelle de la personne a été surévaluée
- ▶ Hors période de sommeil, 1,1% des enfants ont observé une MA > 0,4 μ T
 - cohérent avec la littérature.
- ▶ Les enfants sont moins exposés que les adultes
- ▶ L'analyse des expositions moyennes a montré que les variables retenues ne permettent pas à elles seules de caractériser ces moyennes
- ▶ Des facteurs d'exposition ont été identifiés, qui dépendent de la population considérée (adulte ou enfant), du type de moyenne (arithmétique ou géométrique), et du scénario (sur 24h ou hors période de sommeil).

Conclusion et perspectives (2/2)

- ▶ L'analyse qualitative des réseaux électrique montre que:
 - La part de la population dont l'exposition au champ magnétique 50 Hz est influencée par les lignes THT est faible
 - Le critère de distance choisi dans cette étude est maximisant et donc surestime le nombre de personnes dont l'exposition au champ magnétique 50 Hz est influencée par les réseaux électriques
 - On ne peut pas conclure que les réseaux électriques souterrains sont vraiment la source d'exposition vue dans certaines mesures
- ▶ Poursuivre l'analyse en améliorant la description des réseaux électriques
 - Inclure les ouvrages électriques de distribution
 - Distinguer réseaux ferrés à courant continu et à 50 Hz
- ▶ Autre utilisation possible de ces données
 - validation de modèles physiques d'estimation des champs magnétiques.

Cette étude est subventionnée par le Ministère de la Santé et des Solidarités et réalisée par Supélec avec la collaboration technique et le soutien financier de EDF et RTE.



Merci de votre attention !