

# CHAMPS ELECTRIQUES ET MAGNETIQUES DUS AUX COURANTS PORTEURS GENERES PAR LES COMPTEURS COMMUNICANTS

Willy PIRARD  
[w.pirard@issep.be](mailto:w.pirard@issep.be)

Benjamin VATOVEZ  
[b.vatovez@issep.be](mailto:b.vatovez@issep.be)

Paul BERNARD  
[p.bernard@issep.be](mailto:p.bernard@issep.be)

Amélie JACQUES  
[a.jacques@issep.be](mailto:a.jacques@issep.be)

Institut scientifique de Service publique (ISSeP)



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

1

## Sommaire

- Principe de la transmission de données par « courants porteurs en ligne »
- Résultats des mesures du champ électrique (E) et du champ magnétique (H) dus aux courants porteurs
  - Ces résultats concernent les éléments du réseau parcourus par les courants porteurs les plus élevés et qui sont les plus proches des personnes ⇒ ceux susceptibles de produire l'exposition la plus élevée
- Comparaison avec les niveaux de référence de la recommandation 1999/519/CE
- Comparaison avec les niveaux produits par d'autres sources fonctionnant à des fréquences identiques ou proches



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

2

## Contexte de l'étude

Les résultats présentés dans cet exposé ont été obtenus dans le cadre d'une étude commandée par la société ORES en réponse à une exigence de la CWAPE de faire réaliser, par un organisme agréé par la Région wallonne, des mesures des champs électriques et magnétiques générés par les compteurs communicants.

*CWAPE (Commission wallonne pour l'énergie) est l'organisme officiel de régulation des marchés wallons de l'électricité et du gaz.*



## Introduction

**Compteurs communicants (ou « compteurs intelligents » ou « smart meters »):** transmettent les données de consommation au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité.

### 2 types de transmission:

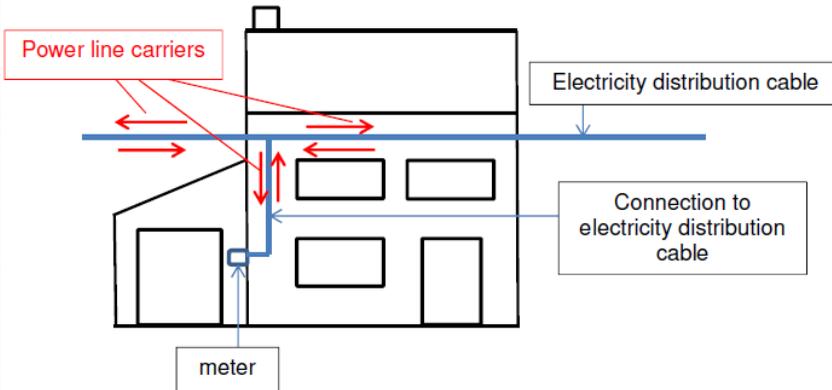
- par ondes radioélectriques (réseau de téléphonie mobile, Wi-Fi, liaison VHF, ...) – Pas abordée dans l'exposé
- via le réseau électrique par la technique des « courants porteurs en ligne » (CPL en abrégé ou PLC pour « Power Line Carrier »).

La transmission abordée dans l'exposé fonctionne selon la norme G3-PLC.



## Principe de la transmission par courants porteurs

Consiste à transmettre, via le réseau de distribution électrique à 50 Hz, des signaux à d'autres fréquences



Principe utilisé depuis très longtemps pour commuter les compteurs du « tarif jour » au « tarif nuit » et vice et versa.



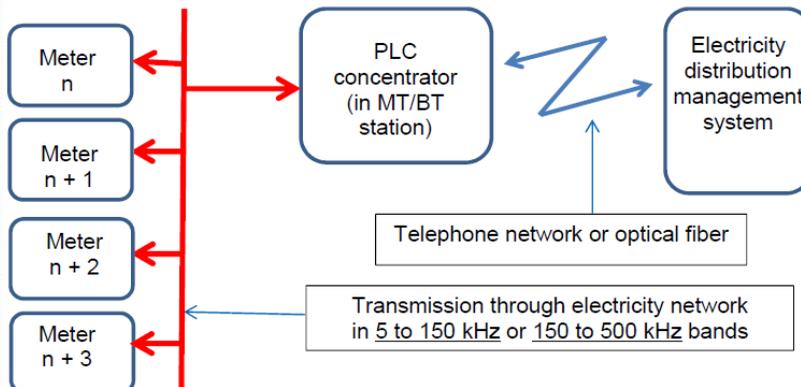
Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

5

## Lecture des compteurs par courants porteurs

Les données des compteurs sont lues par un concentrateur en principe situé dans la cabine MT/BT qui alimente cette partie du réseau.

Transmission entre compteurs et concentrateur selon norme G3-PLC entre 5 et 150 kHz (bande CENELEC) ou entre 150 et 500 kHz (bande FCC).



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

6

## Bandes de fréquences utilisées pour la transmission par courants porteurs entre compteurs et concentrateur

La bande comprise entre 5 et 150 kHz est appelée « bande CENELEC »

La bande comprise entre 150 et 500 kHz est appelée « bande FCC »

La norme G3-PLC permet l'utilisation d'une partie de ces bandes définies comme suit :

- **CENELEC-A** entre **35,9375 kHz et 90,625 kHz**
- **FCC-2** entre **150 kHz et 478,125 kHz**

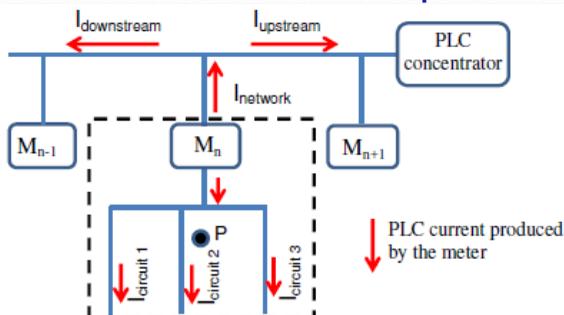
Les résultats présentés concernent des compteurs fonctionnant dans ces deux bandes



## Analyse du problème (1)

Ce sont les conducteurs parcourus par les courants porteurs qui produisent un champ H (et éventuellement E). Le compteur ne produit presque rien.

Les courants porteurs produits par le compteur (et le concentrateur) se répartissent dans le réseau de distribution (vers l'amont et l'aval) ainsi que dans les différents circuits de l'installation électrique du bâtiment.

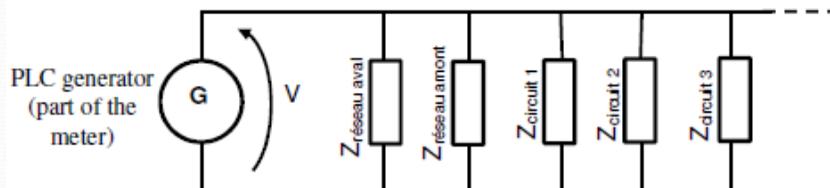


**Champ H (ou E) en un point P = somme vectorielle des champs H (ou E) produits par les différentes branches.**



## Analyse du problème (2)

Schéma équivalent des charges connectées aux bornes du générateurs de courants porteurs »



L'intensité des courants porteurs dans les différentes branches (réseau en amont et en aval, les différents circuits de l'installation) sont inversement proportionnels aux impédances correspondantes.

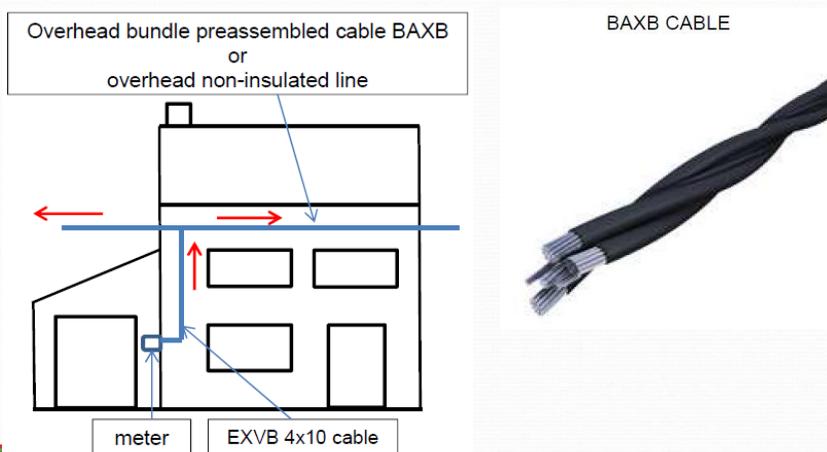
Les impédances du réseau de distribution (amont et aval) sont  $\ll$  à celles des différents circuits du bâtiment  $\Rightarrow$  c'est dans les câbles, entre compteur et réseau, que les courants porteurs sont les plus élevés.



## Analyse du problème (3)

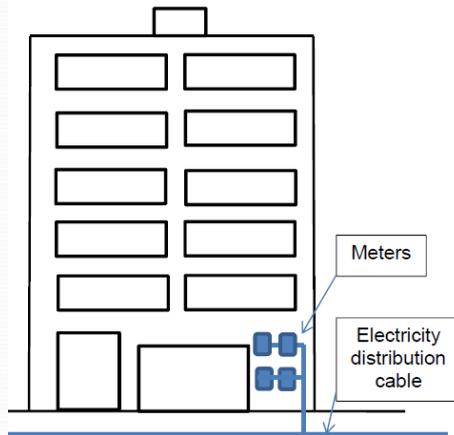
Le champ magnétique est le plus élevé autour des câbles :

- du réseau de distribution (torsadés isolés ou ligne aérienne en fils nus)
- entre réseau et compteur (câble isolé)



## Analyse du problème (4)

C'est autour du câble du réseau de distribution et de celui qui le relie au compteur que le champ magnétique est le plus élevé.



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

11

## Niveaux de référence de la rec. 1999/519/CE entre 5 et 500 kHz

### Effets avérés entre 5 et 500 kHz:

- champs E et H (entre 1 Hz et 10 MHz) induisent des courants électriques dans les tissus vivants qui peuvent produire la stimulation des organes sensoriels ainsi que la stimulation des nerfs et des muscles
- champs E.M. entre 100 kHz et 300 GHz peuvent produire une élévation de la température des tissus vivants

### Niveaux de référence pour exposition permanente de l'entièreté du corps

Communication standard (frequencies)	Electric field (V/m)	Magnetic field (A/m)
CENELEC (5 – 150 kHz)	87	5
FCC (150 – 500 kHz)	87	$730/f$ (with $f$ in kHz) Varies between 4,9 A/m at 150 kHz and 1,5 A/m à 500 kHz



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

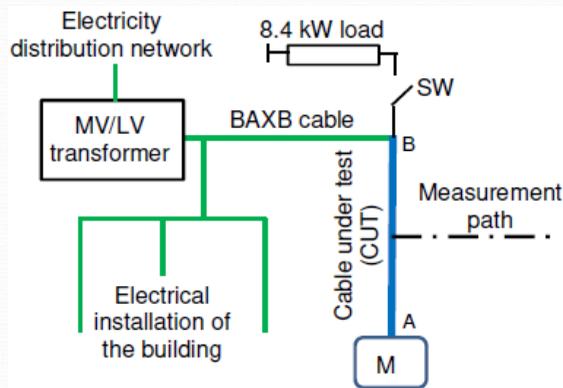
12

## Configuration de mesure

E et H mesurés le long d'un trajet de  $\approx 10\text{m}$  perpendiculaire à une longueur de  $\approx 8\text{m}$  successivement :

- d'un câble isolé et tressé de type BAXB
- d'un câble isolé de type EXVB 4 x 10
- d'une ligne aérienne constituée de fils nus

connectés au compteur et à l'installation du bâtiment alimentée par un transformateur MT/BT



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

13

## Configuration de mesure (2)

Mesures effectuées entre nov. 2015 et fév. 2016 dans une halle du centre de formation d'ORES à Marche-en-Famenne



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

14

## Compteurs utilisés pour les mesures

Compteurs fonctionnant selon la norme G3-PLC

- Bande CENELEC-A: compteur SAGEMCOM (modèle CX1000-6)
- Bande FCC-2 : aucun compteur complet disponible lors des mesures  
Tests effectués sur un modem FCC de MAXIM INTEGRATED  
Réf. G3-PLC MAC/PHY Powerline Transceiver, modèle MAX2992EVKIT

## Appareils de mesure des champs

Selective Radiation Meter NARDA de type SRM-3006 (fréq.: 9 kHz à 6 GHz)

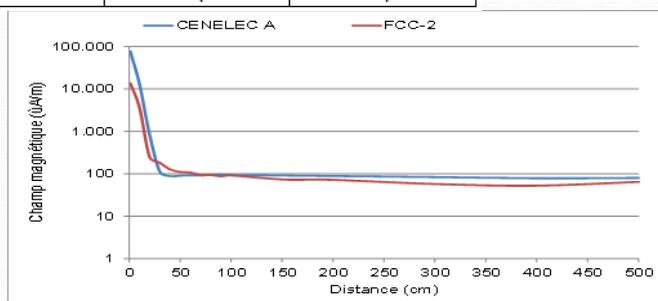
- pour le champ magnétique:  
sonde triaxiale NARDA type P/N 3581/02 – Fréq. : 9 kHz à 250 MHz
- pour le champ électrique  
sonde uniaxiale NARDA type BN 3531/04 – Fréq. : 9 kHz à 300 MHz



## Résultats : Champ H autour d'un câble BAXB

Distance	CENELEC-A	FCC-2
Ref. Lev. Rec. 1999/519/CE	5 000 000 $\mu\text{A/m}$	1 500 000 $\mu\text{A/m}$
Probe against cable	$\cong 77\,000 \mu\text{A/m}$	$\cong 23\,000 \mu\text{A/m}$
10 cm	$\cong 22\,000 \mu\text{A/m}$	$\cong 3900 \mu\text{A/m}$
100 cm	$\cong 100 \mu\text{A/m}$	$\cong 100 \mu\text{A/m}$

$$\begin{aligned} 1 \text{ A/m} &= 1.25 \mu\text{T} \\ 1 \text{ mA/m} &= 1.25 \text{ nT} \\ 1 \mu\text{A/m} &= 1.25 \text{ pT} \end{aligned}$$



**N.B:** - Les résultats sont similaires autour d'un câble EXVB 4 x 10

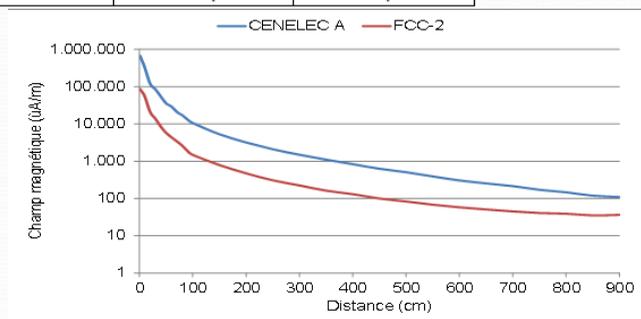
- Le champ E produit par un câble torsadé est pratiquement indétectable



## Résultats : Champ H autour d'une ligne aérienne

Distance	CENELEC-A	FCC-2
Ref. Lev. Rec. 1999/519/CE	5 000 000 $\mu\text{A/m}$	1 500 000 $\mu\text{A/m}$
Against cable	$\cong 680\,000\ \mu\text{A/m}$	$\cong 87\,000\ \mu\text{A/m}$
10 cm	$\cong 330\,000\ \mu\text{A/m}$	$\cong 56\,000\ \mu\text{A/m}$
100 cm	$\cong 10\,500\ \mu\text{A/m}$	$\cong 1,500\ \mu\text{A/m}$
200 cm	$\cong 3200\ \mu\text{A/m}$	$\cong 480\ \mu\text{A/m}$

$1\ \text{A/m} = 1.25\ \mu\text{T}$   
 $1\ \text{mA/m} = 1.25\ \text{nT}$   
 $1\ \mu\text{A/m} = 1.25\ \text{pT}$



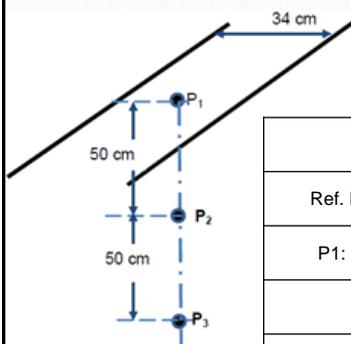
**Remarque:** les lignes aériennes sont devenues très rares (sont remplacées par des câbles isolés et torsadés)



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

17

## Résultats : Champ E généré par une ligne aérienne



	CENELEC A	FCC-2
Ref. Lev. Rec. 1999/519/CE	87 V/m	87 V/m
P1: between 2 conductors	3,5 V/m	2,5 V/m
P2: 50 cm below	0,4 V/m	0,25 V/m
P3: 1 m below	0,06 V/m	0,09 V/m

**Conclusion:** Champ E négligeable, même à très courte distance des conducteurs constituant la ligne aérienne



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

18

## Durées journalières de transmission

Certains compteurs fonctionnent en mode « répéteur », c'est-à-dire qu'ils amplifient les signaux de compteurs trop éloignés du concentrateur.

La durée journalière de transmission dépend:

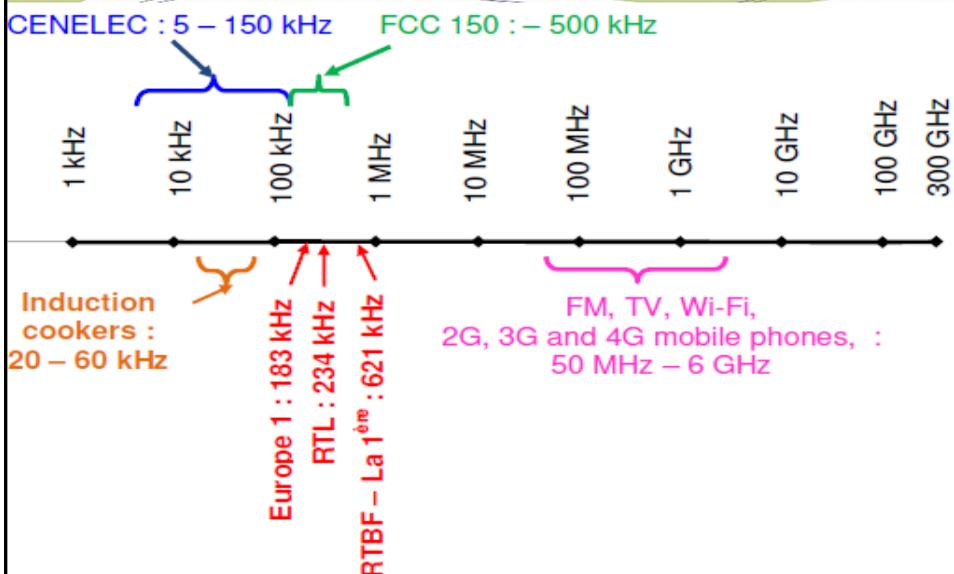
- du volume journalier de données;
- du nombre journalier de lecture des compteurs;
- du débit de la transmission.

Mode de fonctionnement	Durées de transmission*
compteur	de $\approx 4$ s à $\approx 4$ minutes par jour
relais	de $\approx 1$ à $\approx 30$ minutes par jour

\* estimations déduites de données communiquées par ORES et fournies à titre indicatif car dépendent sensiblement en fonction de paramètres fixés par l'exploitant



## Autres expositions aux mêmes fréquences (1)



## Autres expositions aux mêmes fréquences (2)

**Radiodiffusion en ondes moyennes**  
Pylône RTBF à Wavre utilisé pour émettre la 1<sup>ère</sup> (à 621 kHz)

Pylône alimenté à sa base fait office d'antenne

Hauteur : 245 m

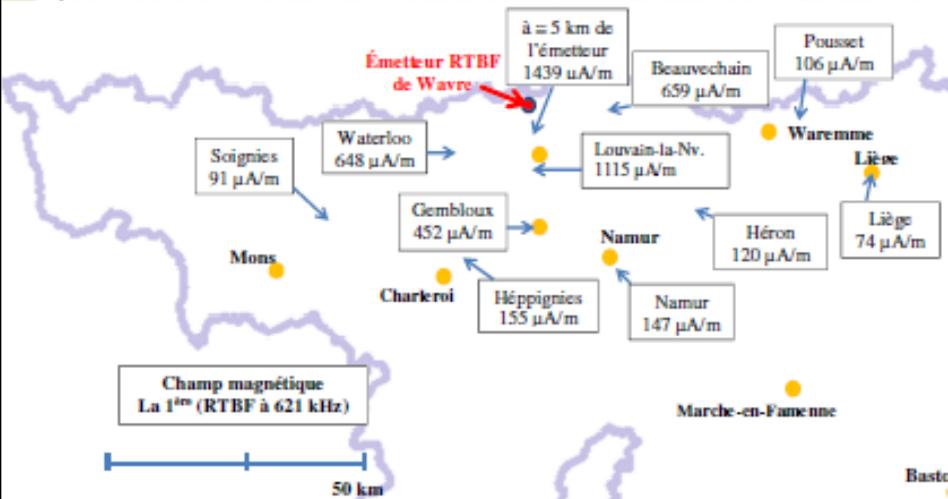
Puissance : plusieurs centaines de kW

Mise en service dans les années 50

Fut également utilisé par la VRT (à 540 kHz) jusqu'il y a une dizaine d'années



## Autres expositions aux mêmes fréquences (3) Champ magnétique produit en Wallonie par pylône RTBF (La 1<sup>ère</sup> à 621 kHz)



**N.B:** Mesures à l'extérieur effectuées en 2016



## Autres expositions aux mêmes fréquences (4)

### Radiodiffusion en ondes longues

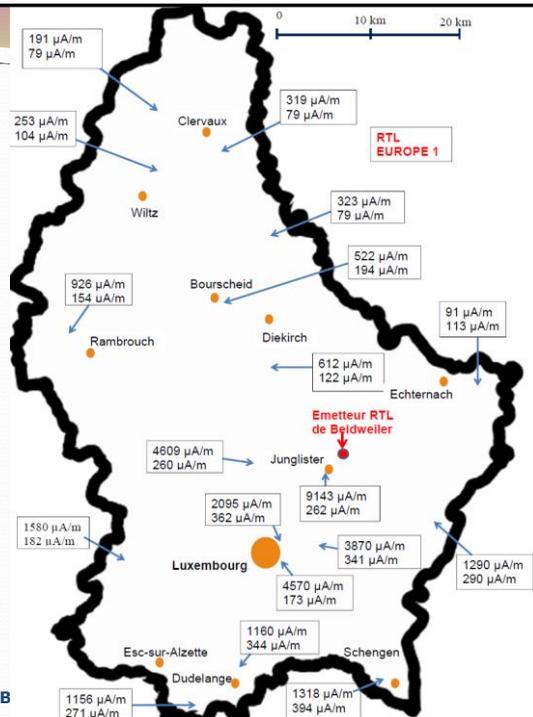
Champ magnétique produit au Grand-Duché de Luxembourg par:

- RTL (à 234 kHz) émetteur situé à Beidweiler Puissance 1500 kW
- EUROPE 1 (à 183 kHz) émetteur situé à überhem (D) Puissance 1500 kW

**N.B:** Mesures à l'extérieur effectuées en 2016

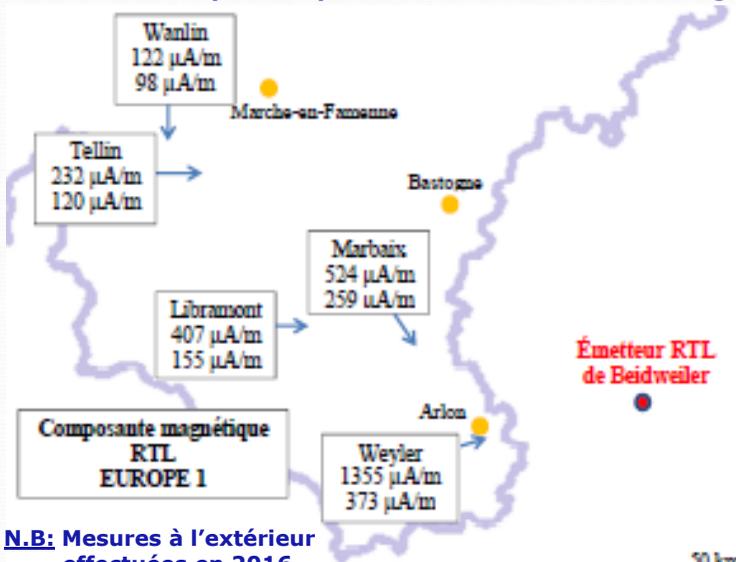


Workshop BBEMG – B



## Autres expositions aux mêmes fréquences (5)

Champ magnétique produit par RTL (234 kHz) et EUROPE 1 (183 kHz) dans la Province de Luxembourg



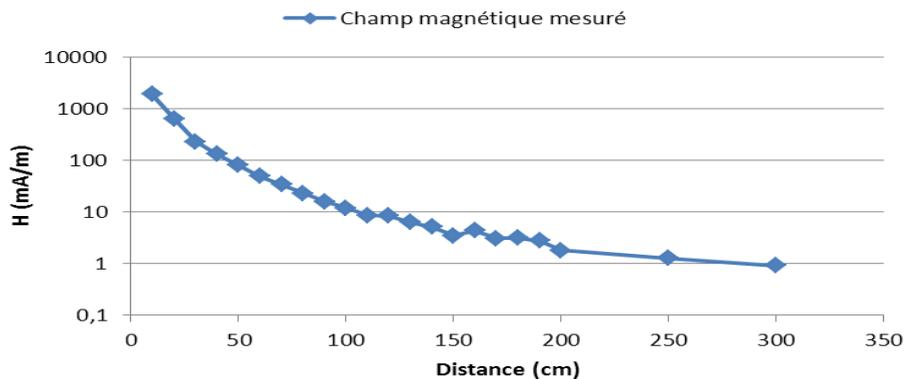
**N.B:** Mesures à l'extérieur effectuées en 2016



24

## Autres expositions aux mêmes fréquences (6) Cuisinière à induction

Champ magnétique (en mA/m) généré par une cuisinière à induction BOSCH  
(fréquence : 40 kHz) en fonction de la distance



Maximum = 2 A/m à 10 cm à comparer aux 5 A/m qui est le niveau de réf. de la rec. 1999/519/CE



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

25

## Conclusions

### Concernant les câbles torsadés (et isolés):

- E est pratiquement indétectable
- H à 1 m du câble du réseau de distribution ou de celui que le relie au compteur est  $\approx 100 \mu\text{A/m}$ , càd 50.000 fois (CENELEC-A) ou 15.000 fois (FCC-2) sous le niveau de réf. de la rec. 1999/519/CE.

C'est du même ordre qu'à plusieurs dizaines de kilomètres (voire même >100 km) d'émetteurs de radiodiffusion émettant en ondes longues ou moyennes et dont certains émettent 24h/24 depuis plus de 80 ans.

### Concernant les lignes aériennes (devenues assez rares):

- $E < 0,1 \text{ V/m}$  à 1 m des conducteurs
- H à 2 m d'un conducteur du réseau de distribution est  $\approx 3000 \mu\text{A/m}$  (CENELEC-A) et  $500 \mu\text{A/m}$  (FCC-2), càd environ 1700 et 3000 fois sous le niveau de réf. de la rec. 1999/519/CE.

C'est du même ordre que dans un rayon de quelques kilomètres autour de l'émetteur en ondes moyennes de Wavre ou à Luxembourg-Ville.

Conclusions en accord avec celles du rapport de l'Anses (F) de déc. 2016 intitulé : « Exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les "compteurs communicants" »



Workshop BBEMG – Bruxelles, 22 septembre 2017

26