

MESURES DE L'EXPOSITION HUMAINE DES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES EMIS PAR LES LAMPES FLUORESCENTES COMPACTES

Rapport Final

François Gaudaire (CSTB)
Alain Monard (Floralis)

Demandeur de l'étude



Monsieur Bruno Lafitte
Département des Marchés et Services d'Efficacité Energétique
500, route des Lucioles
06560 VALBONNE

N/Réf. DAE/2010-194/FG/CM

Auteur(s)	Approbation	Vérificatrice
François Gaudaire (CSTB) Alain Monard (Floralis)	Christophe Martinsons	Cathy Mandon
17 juin 2010		

Toute reproduction partielle susceptible de dénaturer le contenu du présent document, qu'il s'agisse d'une omission, d'une modification ou d'une adaptation engage la responsabilité du client vis-à-vis du CSTB ainsi que des tiers concernés.

MESURES DE L'EXPOSITION HUMAINE DES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES EMIS PAR LES LAMPES FLUORESCENTES COMPACTES

Rapport Final

Demandeur de l'étude

ADEME (Marché n°0907C0073)
Département des Marchés et Services d'Efficacité Energétique
500, route des Lucioles
06560 VALBONNE

N/Réf. DAE/2010-194/FG/CM

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT

ÉTABLISSEMENT DE GRENOBLE | 24 RUE JOSEPH FOURIER | 38400 SAINT-MARTIN D'HÈRES
TÉL. (33) 04 76 76 25 25 | FAX. (33) 04 76 44 20 46 | SIRET 775 688 229 000 50 | www.cstb.fr

SIÈGE SOCIAL > 84 AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2

ÉTABLISSEMENT PUBLIC À CARACTÈRE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL | RCS MEAUX 775 688 229 | TVA FR 70 775 688 229

MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA-ANTIPOLIS

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION.....	5
2 - TEXTES DE REFERENCE.....	6
3 - DISPOSITIF DE MESURAGES	7
3.1 - ANALYSE SPECTRALE LARGE BANDE.....	7
3.2 - POSITIONNEMENT SONDE-LAMPE	7
3.3 - CONFINEMENT	9
3.4 - ALIMENTATION	9
3.5 - ANALYSE SPECTRALE FINE.....	10
4 - ESSAIS PRELIMINAIRES.....	11
4.1 - CARACTERISATION COMPORTEMENTALE	11
4.1.1 - Recherche de foyers électrique et magnétique	11
4.1.2 - Tendances des diagrammes des champs	11
4.1.3 - Influence du cordon secteur	11
4.1.4 - Influence de l'alimentation	12
4.2 - RACCORDEMENT DU DISPOSITIF DE MESURAGES	12
4.2.1 - Mesurage de la distance sonde-lampe.....	12
4.2.2 - Influence de la proximité sonde-lampe.....	13
4.2.3 - Influence de la proximité des parois de la cage de Faraday	13
4.2.4 - Bruits des mesures rendues par la sonde Narda	15
4.2.5 - Caractéristique du filtre d'analyse de la sonde de mesure	15
5 - RECAPITULATIF DES CORRECTIONS ET DES INCERTITUDES	18
6 - PROCEDURE D'ESSAI	20
6.1 - IDENTIFICATION DES LAMPES.....	20
6.2 - STABILISATION THERMIQUE	20
6.3 - ESTIMATION DE LA BANDE D'ANALYSE ET RELEVÉ QUALITATIF DES SPECTRES AVEC ANALYSE FINE	21
6.4 - RECHERCHE DE LA DIRECTION DE CHAMP ÉLECTRIQUE MAXIMUM.....	22
6.5 - SPECTRES LARGE BANDE	23
6.6 - SPECTRES DE BRUITS.....	24
6.7 - ENREGISTREMENT DES RESULTATS	24

7 - ESTIMATION DES INCERTITUDES SUR LES MESURES	26
8 - RESULTATS DES MESURES	27
8.1 - MESURES DE CHAMP ELECTRIQUE POUR LES 300 ECHANTILLONS DE LAMPES FOURNIS	27
8.2 - MESURES DE CHAMP MAGNETIQUE POUR LES 300 ECHANTILLONS DE LAMPES FOURNIS	32
8.3 - INFLUENCE DE LA PRESENCE D'UN ABAT JOUR	32
9 - CONCLUSION	34

1 - INTRODUCTION

La nécessité d'économiser de l'énergie mise en pratique par le Grenelle de l'environnement et la réglementation thermique entre autre, implique le remplacement progressif des lampes à incandescence par des lampes fluorescentes compactes (LFC).

Suite à la remise en cause récente des études sur la sécurité électromagnétique de ces lampes et leur impact sur l'homme en terme d'exposition aux champs électromagnétiques, l'ADEME a saisi l'AFSSET afin d'établir un protocole de mesure de l'émission électromagnétique des lampes fluorescentes compactes. L'ADEME a ensuite souhaité faire effectuer une campagne de mesure sur les lampes actuellement disponibles sur le marché.

En réponse à l'appel d'offre de l'ADEME (marché n°0907C0073), le CSTB, en association avec FLORALIS, filiale de valorisation de l'Université Joseph Fourier de Grenoble, a mené une campagne de mesures sur l'exposition humaine aux champs électromagnétique émis par les lampes fluorescentes compactes.

Cette campagne a été réalisée avec les moyens de mesurages mis en commun par le CSTB, l'Université Joseph Fourier et FLORALIS dans le cadre de leur plate-forme commune dédiée à l'environnement électromagnétique.

Des mesurages de champs électromagnétiques émis ont été réalisées pour 300 lampes fluorescentes compactes (LFC) du marché grand public. 100 références de lampes avec pour chacune 3 échantillons, ainsi que deux luminaires ont été fournis par l'ADEME.

Ces mesurages ont été réalisés conformément au cahier des charges de l'ADEME, au protocole de mesure de l'AFSSET ainsi qu'aux textes réglementaires en vigueur concernant l'exposition aux champs électromagnétiques.

Ce rapport présente la métrologie, la méthodologie et les résultats de la campagne de mesures.

2 - TEXTES DE REFERENCE

- Norme NF EN 50392 – mai 2004 – Norme de base pour démontrer la conformité des appareils électriques et électroniques, aux restrictions de base pour l'exposition du corps humain aux champs électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)
- Rapport AFSSET Saisine n°0497 – Analyse des champs électromagnétiques associés aux lampes fluorescentes compactes : Protocole de mesure de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques émis par des lampes fluorescentes compactes – février 2009
- ISO/CEI 98-3:2008, Incertitude de mesure – Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)
- ICNIRP Guidelines – Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields - 1998 Health Physics Society
- Recommandation du conseil du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz) – 1999/519/CE
- Décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunications ou par les installations radioélectriques mai 2002

3 - DISPOSITIF DE MESURAGES

3.1 - Analyse spectrale large bande

Les relevés des spectres des champs électrique et magnétique sont réalisées avec une sonde Narda EHP-200 dont les caractéristiques principales, telles qu'annoncées par le fabricant, sont :

- bande de fréquence : de 9 kHz à 30 MHz
- dynamique de champ électrique : de $0,02 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ à $1000 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
- dynamique de champ magnétique : de $0,6 \text{ mA}\cdot\text{m}^{-1}$ à $300 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$

Pour chaque champ, cette sonde indique les mesures des projections sur trois axes orthogonaux ainsi que la norme du vecteur.

Cette sonde est utilisée avec sa résolution la plus fine :

- largeur de bande d'analyse : 1 kHz
- pas d'échantillonnage : 250 Hz

3.2 - Positionnement sonde-lampe

La position du point M d'observation (le centre de la sonde), relativement à la lampe sous test, est relevée en coordonnées sphériques, avec (figure 3.2.1) :

- r : distance du point M au foyer O de la lampe (cf. §4.1.1)
- θ : colatitude du point M
- φ : azimuth du point M

Comme il n'est pas possible de définir une référence des angles d'azimut commune à tous les types de lampes, cet angle n'est pas mesuré. Quand la recherche de la direction d'observation pour laquelle l'amplitude du champ électrique est maximum donne une colatitude différente de 0, cet angle est matérialisé par un trait de couleur verte sur le culot de la lampe sous tests.

L'axe Oz, référence des angles de colatitude, est défini comme étant l'axe de symétrie approximative de l'ensemble culot + ballast.

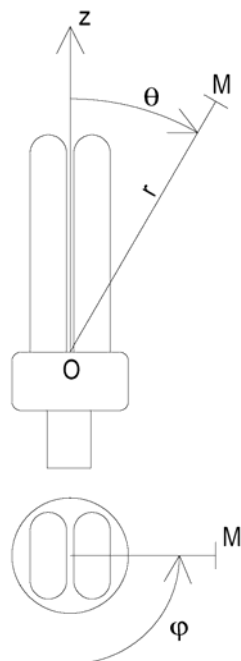


Figure 3.2.1 : Positionnement de la lampe

Le dispositif pratique est un goniomètre, réalisé en bois de pin, supportant la lampe sous test, lui conférant les angles de rotation θ et φ , autour de son foyer O.



Figure 3.2.2 : Goniomètre pour la recherche de la direction d'émission maximale et pour la mesure des champs électrique et magnétique

La sonde est immobile, installée sur le trépied en bois fourni par son fabricant. Son axe repéré « X » sur son boîtier est dirigé vers le foyer de la lampe.

La sonde est placée à une distance r du foyer de la lampe sous test. L'axe X de la sonde est dirigé vers le foyer de la lampe, l'axe Y de la sonde est dans le plan de rotation colatitudinal.

Avec cette disposition les composantes mesurées par la sonde, selon son axe X (resp. Y, Z), sont les composantes radiales E_r et H_r (resp. colatitudinales E_θ et H_θ , azimutales E_φ et H_φ) des champs électrique et magnétique.

3.3 - Confinement

L'ensemble sonde + lampe + goniomètre est placé dans une cage de Faraday de dimensions :

- Hauteur : 3 m
- Largeur : 3,6 m
- Longueur : 5,4 m

Le milieu du segment OM (sonde - lampe) est placé au centre de la cage, ce segment est aligné dans la longueur de la cage.

Les essais de raccordements (cf. §4.2.3) montrent que la proximité des parois de la cage avec la lampe et la sonde a une influence négligeable.



Figure 3.3.1 : Cage de Faraday

3.4 - Alimentation

Le comportement fréquentiel de l'électronique des ballasts étant, pour différents types de lampes essayées dans ce cadre, dépendant de l'impédance présentée par la ligne

d'alimentation (cf. §4.1.4), un réseau stabilisateur d'impédance de ligne (RSIL) EMC MASTER PD-30 est utilisé. Ce type d'équipement est conçu et normalisé pour les essais de perturbation et susceptibilité conduite en qualification CEM.

3.5 - Analyse spectrale fine

La résolution la plus fine de la sonde (bande 1 kHz / pas de 250 Hz) ne permettant pas de discriminer les composantes espacées de 50 Hz, dues à la modulation de la tension d'alimentation des tubes des lampes à la fréquence du secteur, une analyse qualitative est réalisée à l'aide d'un analyseur de spectres Rohde & Schwarz FSIQ26 :

- largeur de bande d'analyse : 20 Hz
- pas d'échantillonnage : 10 Hz

L'entrée de l'analyseur est reliée à une antenne brin, placée à proximité de la lampe sous test. Ce dispositif, bien que non métrologiquement raccordé, permet de donner une image qualitative des différentes composantes fréquentielles et de leurs amplitudes relatives. La procédure suivie est décrite au §5.3.

4 - ESSAIS PRELIMINAIRES

4.1 - Caractérisation comportementale

4.1.1 - Recherche de foyers électrique et magnétique

L'utilisation de sondes de champs proche HAMEG HZ530, ne permet pas de localiser, de façon déterministe, des pôles ou des dipôles.

La convention arbitraire suivante est alors conjointement adoptée en accord avec l'ADEME :

Le foyer de la lampe est situé dans son axe approximatif de révolution, dans le plan de sortie des tubes du corps du ballast, tel que schématisé en figure 3.2.1.

4.1.2 - Tendances des diagrammes des champs

Des essais qualitatifs pratiqués sur différents types de lampes (tubes en U ou en spires, petites ou grandes dimensions), sur la gamme de fréquence de la sonde (de 9 kHz à 30 MHz), à la distance $r = 30$ cm, donnent des tendances générales :

- aucune contribution de champ électrique n'est mesurable au delà de 300 kHz
- aucune contribution de champ magnétique n'est mesurable dans toute la gamme de fréquence de la sonde
- l'angle de colatitude pour lequel le champ électrique présente un maximum est 0, pour la plus part des cas, et inférieur à $\pi/6$, pour les exceptions.

Sur ces mêmes lampes, des essais, à distance r variable de 30 cm à 80 cm, montrent que l'évolution du champ électrique est de type polaire (en $1/r^2$), pour une colatitude $\theta = 0$ et tend à être dipolaire (en $1/r^3$) pour des colatitudes supérieures à $\pi/2$.

Lors de ces essais, le cordon secteur de la lampe est aligné sur l'axe Oz, sur une distance d'au moins 1 m, et ses deux conducteurs sont maintenus rectilignes et parallèles (sans torsion).

4.1.3 - Influence du cordon secteur

Pour le même groupe de lampes que précédemment, la sonde est placée à 30 cm du foyer, et le cordon secteur subit différents coudages, par exemple azimutaux dès sa sortie de l'embase recevant le culot de la lampe. Les différences relevées sur les niveaux de champ mesuré ne sont pas quantifiables.

Par la suite et pour des raisons de simplicité de mise en œuvre, le cordon secteur est aligné sur l'axe Oz sur une distance d'au moins 20 cm, à compter de sa sortie de l'embase

recevant le culot de la lampe. Sa torsion dans cette distance est non maîtrisée, le cheminement au delà de cette distance n'est pas maîtrisée non plus.

4.1.4 - Influence de l'alimentation

Les fluctuations de la tension du secteur utilisé ($230\text{ V} \pm 3\%$) induisent un léger décalage fréquentiel d'au pire $\pm 40\text{ Hz}$, pour le groupe de raies prédominant.

La fréquence de ces fluctuations étant suffisamment basse pour que les analyses spectrales soient déterministes, et compte tenu de la stabilité temporelle des signaux mesurées, il n'est pas jugé nécessaire d'utiliser une source stabilisée en tension.

L'introduction d'éléments, inductif ($70\text{ }\mu\text{H}$) en série ou capacitif (470 nF) en parallèle, induit, dans les pires cas, des décalages fréquentiels de l'ordre de 1 kHz , pour le groupe de raies prédominant.

Bien que les variations induites des amplitudes des raies spectrales ne soit pas quantifiables, l'utilisation d'un réseau stabilisateur d'impédance de ligne (RSIL) EMC MASTER PD-30 permet la poursuite des tests dans des conditions déterministes et normalisées CEM.

4.2 - Raccordement du dispositif de mesures

4.2.1 - Mesurage de la distance sonde-lampe

En l'absence de spécification du fabricant de la sonde, quant à la position des foyers des capteurs de champs, il est arbitrairement admis que :

Les foyers des capteurs de champs électrique et magnétique sont supposés superposés au centre géométrique du boîtier de la sonde.

Cette supposition induit une erreur systématique, corrigée par la procédure décrite au §4.2.2.

Compte-tenu de l'imprécision de localisation des foyers des capteurs et des lampes, ainsi que de la variation de la distance sonde-lampe r , lors des rotations de la lampe, l'incertitude sur les mesures r est estimée à $\delta r = \pm 10\text{ mm}$.

Ainsi que constaté, lors des essais préliminaires (cf. §4.1.2 -), l'évolution du champ électrique, en direction frontale (colatitude $\theta = 0$), est en $1/r^2$. L'incertitude sur les mesures de champ, due à celle sur les mesures de distances, est :

$$\left(\frac{\delta E}{E} \right)_{\text{dist}} = 2 \frac{\delta r}{r} \quad (1)$$

Soit, pour les distances spécifiées :

- pour $r = 30 \text{ cm}$: $\left(\frac{\delta E}{E}\right)_{\text{dist}} = \pm 6,7 \%$
 - pour $r = 50 \text{ cm}$: $\left(\frac{\delta E}{E}\right)_{\text{dist}} = \pm 4 \%$
- (2)**

4.2.2 - Influence de la proximité sonde-lampe

Comme cela est constaté, lors des essais préliminaires (cf. §4.1.2), et confirmé par la suite lors des mesurages sur les lampes, le champ magnétique produit par les lampes n'est pas significatif. Compte tenu de la faiblesse des niveaux de champ magnétique, la qualification de l'influence de la proximité sonde-lampe n'est donc effectuée que pour le champ électrique.

La sonde étant étalonnée en usine, en conditions de champ électrique quasi-uniforme, il est nécessaire de qualifier son comportement dans les présentes conditions : source proche et de petites dimensions.

Une source de champ de type polaire, dont les dimensions sont du même ordre de grandeur que celles des lampes testées (sphère de 5 cm de diamètre), et dont le diagramme de champ électrique est connu, est installée en lieu et place de ces lampes. La sonde est installée frontalement ($\theta = 0$), aux deux distances de mesurages spécifiées : $r = 30 \text{ cm}$ puis $r = 50 \text{ cm}$.

La comparaison de la mesure rendue par la sonde et de la valeur efficace du champ à l'emplacement du centre de la sonde, en l'absence de celle-ci, permet d'établir le facteur F_{prox} à appliquer aux mesures rendues par la sonde lors des essais.

L'incertitude $\delta F_{\text{prox}}/F_{\text{prox}}$ sur ce rapport est due à l'incertitude $\delta r = \pm 2 \text{ mm}$ sur la mesure de la distance du foyer de la sonde au centre de la sphère et à l'incertitude, $\delta E/E = \pm 1 \%$, d'étalonnage de la source.

Comme en direction frontale, la variation du champ est en $1/r^2$, alors :

$$\frac{\delta F_{\text{prox}}}{F_{\text{prox}}} = 2 \frac{\delta r}{r} + \frac{\delta E}{E} \quad (3)$$

Les valeurs de ce rapport, pour les deux distances spécifiées, sont :

- pour $r = 30 \text{ cm}$: $F_{\text{prox}} = 0,84 \pm 2,3 \%$
 - pour $r = 50 \text{ cm}$: $F_{\text{prox}} = 1,01 \pm 1,8 \%$
- (4)**

4.2.3 - Influence de la proximité des parois de la cage de Faraday

Les parois de la cage sont considérées comme infiniment conductrices, par rapport au milieu ambiant qui est de l'air. Ces parois sont donc équipotentielles.

La déformation du champ électrique dans la cage, par rapport au champ en espace libre, peut être traitée en considérant que chaque paroi donne une image de la lampe, de polarité opposée, symétrique de la lampe par rapport au plan de cette paroi.

Sur les figures 4.2.1 et 4.2.2, le carré M représente la sonde, et le cercle O la lampe sous tests.

L'image de la lampe donnée par la paroi Nord (resp. paroi Sud, plancher, toit, paroi Est, paroi Ouest) est représentée par le cercle I_N (resp ; I_S , I_P , I_T , I_E , I_O).

Les parois donnent également des images des images, non représentées, formant des réseaux de sources à polarités alternées, et espacées d'une distance égale à celle entre la lampe et la première image de chaque réseau.

Le choix de disposer le milieu du segment lampe-sonde au milieu de la cage fait que les contributions des images des parois Nord et Sud s'annulent deux à deux.

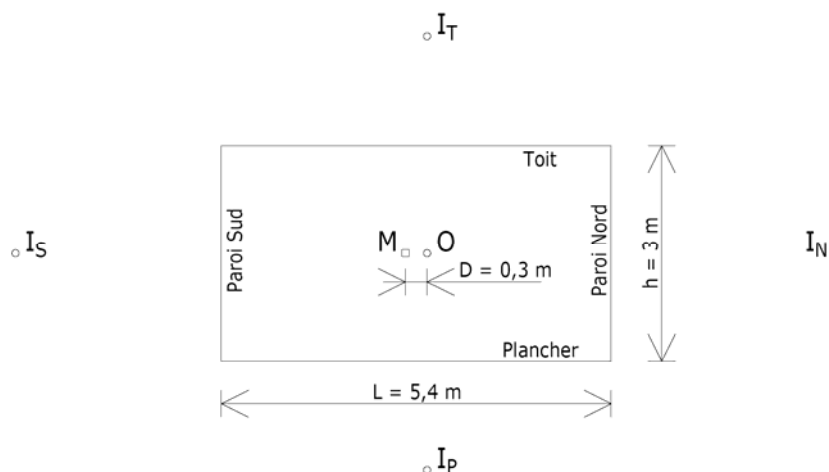


Figure 4.2.1 : Cage de Faraday – coupe longitudinale

La contribution des images dues au plancher, au plafond et aux parois Est et Ouest est déterminée par calcul, dans le pire cas d'une conductivité infinie des revêtements métalliques, et dans le pire cas d'un modèle électrostatique de lampe (modèle polaire).

Le facteur F_{cage} à appliquer aux mesures rendues par la sonde, pour obtenir les valeurs de champ produit par la lampe en espace libre est donc compris entre 1 et sa valeur de pire cas :

- distance lampe-sonde de 30 cm : $1 < F_{\text{cage}} < 1,003$
 - distance lampe-sonde de 50 cm : $1 < F_{\text{cage}} < 1,014$
- (5)**

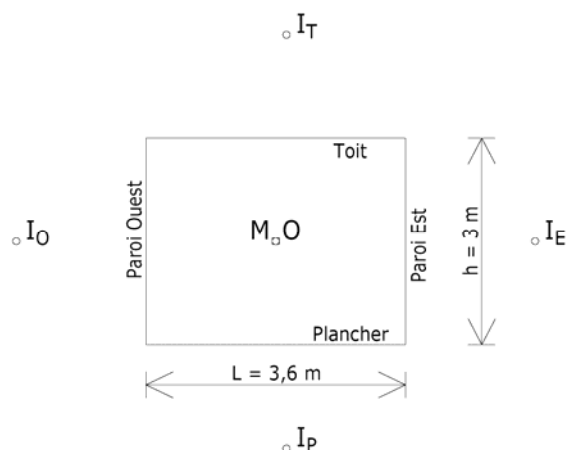


Figure 4.2.2 : Cage de Faraday – coupe transversale

4.2.4 - Bruits des mesures rendues par la sonde Narda

Les spectres rendus par la sonde, dans l'intervalle de fréquence [10 kHz - 300 kHz], en présence d'une lampe éteinte, montrent que chaque échantillon de mesure du module du champ électrique est affecté d'un bruit E_{bruit} dont la valeur moyenne est :

$$E_{\text{bruit}} = 0,3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} \pm 0,05 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} \quad (6)$$

De même, le bruit H_{bruit} sur les échantillons de mesures du module du champ magnétique a pour valeur moyenne, dans l'intervalle [40 kHz - 300 kHz] :

$$H_{\text{bruit}} = 0,04 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} \pm 0,007 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} \quad (7)$$

La figure 4.2.1 et la figure 4.2.2 ci-dessous représentent les spectres moyens de bruits rendus par la sonde, lors des essais préliminaires.

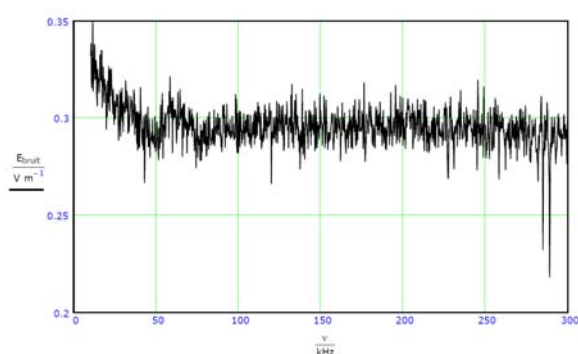


Figure 4.2.1 : Champ électrique

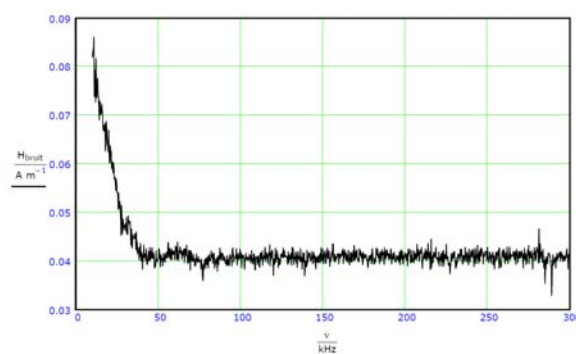


Figure 4.2.2 : Champ magnétique

4.2.5 - Caractéristique du filtre d'analyse de la sonde de mesure

En l'absence de spécification du fabricant de la sonde sur la caractéristique du filtre d'analyse, en largeur de bande nominale de 1 kHz, celle-ci est relevée en alimentant la même source de champ que dans l'essai du §4.2.1, par un signal sinusoïdal de fréquence 45 kHz, représentant une moyenne des fréquences centrales des groupes de raies

prédominantes observées lors des essais sur les lampes. Le spectre rendu par la sonde est alors relatif à la réponse fréquentielle de son filtre d'analyse.

La sonde est munie d'un préamplificateur dont la valeur du gain, telle que spécifiée par le fabricant, est de 14 dB.

Les présents essais montrent que pour des modules de champ supérieurs $5,6 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$, le spectre rendu par la sonde présente des lobes latéraux supérieurs au bruit.

Les essais préliminaires (cf. §4.1.2) montre que les valeurs maximales des échantillons de mesures rendues par la sonde sont supérieures à $5,6 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$. Pour la suite, il est alors décidé que :

Même si la valeur maximale des échantillons de mesures rendues par la sonde est inférieure à $5,6 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$, le préamplificateur n'est pas utilisé.

Une interpolation au second ordre du spectre rendu par la sonde, donne la fonction de transfert suivante :

$$F(\delta v) = 2^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\delta v}{v_C}\right)^2} \left(1 + \left(\frac{\delta v}{v_D}\right)^2\right) \quad (8)$$

Avec :

- δv : écart entre la fréquence d'analyse et la fréquence du signal sinusoïdal analysé
 - $v_C = 504,2 \text{ Hz}$: fréquence de coupure à mi-puissance
 - $v_D = 2,121 \text{ kHz}$: fréquence de rupture avec modèle gaussien
- (9)

La caractéristique de ce filtre est quasi-gaussienne (écart-type de 605,6 Hz). Le rapport du pas de balayage (250 Hz) à l'écart-type étant de 0,413, la somme quadratique des échantillons de mesures rendues par la sonde est indépendante de la position relative de la raie spectrale du signal analysé et du peigne de fréquences d'analyse (les fluctuations relatives de cette somme sont théoriquement comprises dans $\pm 10^{-16}$).

Sous réserve que l'intervalle de fréquences d'analyse soit suffisamment large, pour que les échantillons latéraux disparaissent dans le bruit, le facteur F_{quad} à affecter à la somme quadratique des échantillons de mesures rendues par la sonde, pour obtenir la valeur efficace du signal sinusoïdal analysé, est donné par l'intégration du carré de la fonction de transfert (8) :

$$F_{\text{quad}} = 0,494 \quad (10)$$

Ce même facteur est à appliquer à la somme quadratique des échantillons de mesures rendues par la sonde, dans le cas d'un signal analysé composé de plusieurs signaux sinusoïdaux, pour obtenir la somme quadratique des valeurs efficaces des composantes.

L'interface de gestion de la sonde et les rapports qu'elle produit présentent cette valeur calculée sur l'ensemble des échantillons du balayage en fréquence effectué, sous le libellé « WideBand E ».

5 - RECAPITULATIF DES CORRECTIONS ET DES INCERTITUDES

La première correction consiste à tenter de retrancher le bruit de la valeur efficace mesurée par la sonde dans la bande analysée :

$$E_{\text{sonde_sans_bruit}} = \sqrt{E_{\text{sonde_avec_bruit}}^2 - E_{\text{bruit_moyen}}^2} \quad (11)$$

Où :

$E_{\text{sonde_sans_bruit}}$: Valeur efficace du module du champ électrique dans la bande de fréquence analysée

$E_{\text{sonde_avec_bruit}}$: Somme quadratique des échantillons de mesures rendues par la sonde, présentée sous le libellé « WideBand E »

$E_{\text{bruit_moyen}} = 0,3 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$: Valeur efficace moyenne du bruit (cf. §4.2.4)

L'incertitude sur la valeur efficace du bruit, intervenant au second ordre, est négligée.

La deuxième correction consiste à déterminer le champ à l'emplacement de la sonde $E_{\text{sans_sonde}}$, en l'absence de la sonde :

$$E_{\text{sans_sonde}} = E_{\text{sonde_sans_bruit}} \times F_{\text{prox}} \quad (12)$$

Où F_{prox} : facteur de proximité tel que déterminé au §4.2.2

La troisième correction consiste à déterminer le champ produit par la lampe sous test en espace libre de tout conducteur (et de charges électriques) :

$$E_{\text{espace_libre}} = E_{\text{sans_sonde}} \times F_{\text{cage}} \quad (13)$$

Où F_{cage} : facteur de confinement tel que déterminé au §4.2.3

Ces facteurs de correction sont établis pour les conditions suivantes :

- Fréquence : 45 kHz
- Température : 21 °C
- hygrométrie relative : 40 %

L'incertitude relative globale sur la valeur efficace de champ ainsi calculée est la somme des incertitudes relatives sur les facteurs F_{prox} et F_{cage} et de l'incertitude relative

$\left(\frac{\delta E}{E}\right)_{\text{dist}}$ sur les mesures de distance sonde-lampe.

Soit, au final :

- Pour $r = 30 \text{ cm}$: $\frac{E_{\text{espace_libre}}}{E_{\text{sonde_sans_bruit}}} = 0,84 \pm 9,2 \%$

- Pour $r = 50 \text{ cm}$: $\frac{E_{\text{espace_libre}}}{E_{\text{sonde_sans_bruit}}} = 1,02 \pm 6,5\%$

(14)

6 - PROCEDURE D'ESSAI

6.1 - Identification des lampes

Chaque lampe reçoit un identifiant, consigné de façon durable sur le corps de son ballast :

- un code de type de lampe
- un indice dans ce type

La codification est laissée à l'initiative de l'intervenant.

Dans les tableaux de présentation des résultats, (cf. §7), les propriétés de chaque lampe testée sont rappelées :

- code de lampe
- indice dans le type
- type de culot (E14 ou E27)
- type de tube : éléments en U ou en spires et nombre de ces éléments
- puissance électrique absorbée, telle que spécifiée par le fabricant de la lampe

6.2 - Stabilisation thermique

Avant de subir les essais de caractérisations fréquentielle et spatiale des champs électrique et magnétique, chaque lampe est alimentée pendant au moins 15 mn.

Pendant ce temps, une analyse fine, telle que décrite dans ci-dessous (§5.3) est pratiquée.

Le critère arbitraire suivant est alors appliqué :

La lampe est considérée comme thermiquement stabilisée si, entre deux balayages successifs :

- *la position fréquentielle des raies n'a pas varié de plus ou moins de 10 Hz*
- *l'amplitude de chaque raie n'a pas varié de plus ou moins de 1 dB*

6.3 - Estimation de la bande d'analyse et relevé qualitatif des spectres avec analyse fine

Un analyseur de spectres Rohde & Schwarz FSIQ26, muni d'une antenne brin disposée au plus proche du foyer de la lampe (cf. §4.1.1) est utilisé pour :

- qualifier le spectre de champ électrique dans une gamme de fréquence jusqu'à 26,5 GHz, si nécessaire.
- relever les spectres qualitatifs des groupes de raies les plus significatifs.

Il est décidé que :

En raison de la proximité de l'antenne et de la source (et donc la prépondérance du trajet direct par rapport aux éventuelles trajets réfléchis par l'environnement), il n'est pas nécessaire d'installer ce dispositif en cage faradisée.

Pour les relevés des spectres locaux, cet analyseur est configuré comme suit :

- largeur de bande du filtre d'analyse : 20 Hz (= « RBW »)
- temps de balayage : 25 s (= « Sweep time »)
- largeur de bande de traçage : 5Hz (= « VBW »)
- largeur d'intervalle de fréquence : 4,99 kHz (= « Sweep »)

Comme l'analyseur échantillonne 500 points de fréquence lors de son balayage, la résolution d'analyse est de 10 Hz.

Le choix des groupes de raies significatifs et la définition des intervalles de fréquence pour les spectres à enregistrer sont laissés à l'appréciation de l'intervenant.

L'enregistrement des spectres des groupes de raies, dont l'intervalle de fréquence significatif est supérieur 5 kHz, est réalisé en découpant cet intervalle en autant d'intervalles de 4,99 kHz que nécessaire. Ces enregistrements de spectres sont archivés pour éventuelle exploitation ultérieure.

Cette analyse permet, pour chaque type de lampe, de définir l'intervalle de fréquence à consigner à la sonde Narda, lors des essais suivants.

Suite aux essais préliminaires (cf. §4.1.2) il est décidé que :

Même si la fréquence maximale des groupes de raies significatifs est jugée très inférieure à 300 kHz, l'intervalle d'analyse de la sonde Narda est consigné à [10 kHz - 300 kHz].

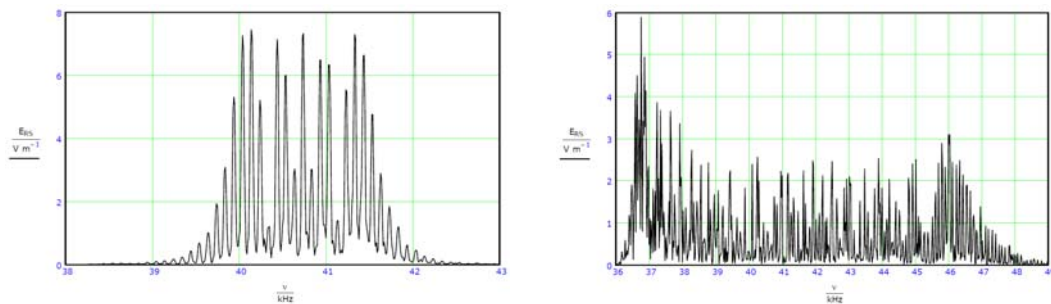


Figure 6.3.1 : Exemples de spectres de champs électriques relevés

6.4 - Recherche de la direction de champ électrique maximum

Le présent essai et le suivant (§5.5) sont pratiqués avec la lampe installée sur son support tel que décrit au §3.2.

Le positionnement de la lampe est ajusté tel que l'axe de rotation du plateau tournant imposant l'angle de colatitude θ , passe par le foyer de la lampe (cf. 4.1.1). Le positionnement final de ce foyer est laissé à l'appréciation de l'intervenant, en fonction de la géométrie du boîtier du ballast.



Figure 6.4.1 : Positionnement de la lampe et recherche de la direction d'émission maximale

La sonde est a priori configurée comme suit :

- type de balayage : rafraîchissement de l'affichage à chaque balayage (= « Free »)
- intervalle de fréquence : conforme à celui qui a été constaté, pour le groupe de raies le plus significatif, lors de l'essai précédent
- largeur de bande d'analyse : 10 kHz (= « RBW »)

- visualisation des champs : électrique, composantes X, Y et Z

Tout aménagement de cette configuration est laissé à l'appréciation de l'intervenant, en fonction des différents comportements constatés.

La colatitude est imposée à $\pi/2$. L'azimut est ajusté pour obtention de la valeur maximale de la somme quadratique des mesures (= « WideBand E »).

La colatitude est alors ajustée pour obtention d'une nouvelle valeur maximale de la somme quadratique des mesures.

Tous autres ajustements sont laissés à l'appréciation de l'intervenant, en fonction des différents comportements constatés.

Si la colatitude ainsi obtenue est différente de 0, un trait de couleur verte est tracé sur le corps du ballast pour matérialiser l'azimut de la direction de plus fort champ électrique.

6.5 - Spectres large bande

La colatitude et l'azimut sont maintenu tels que déterminés lors de l'essai précédent (§5.4).

La sonde est impérativement configurée comme suit :

- type de balayage : moyenne quadratique sur 6 mn (= « RMS over 6 mn »)
- intervalle de fréquence : de 10 kHz à 300 kHz
- largeur de bande d'analyse : 1 kHz (= « RBW »)
- visualisation des champs : électrique et magnétique (normes des vecteurs)
- arrêt du balayage : lorsque la sonde a terminé les moyennes quadratiques telles que spécifiées (= « Hold when done »)

Pendant ce balayage moyenné, les données suivantes sont relevées et consignés dans la zone de commentaires du fichier de résultats :

- intervalle de fréquence de chaque groupe significatif, tel que lu à l'affichage de l'application de gestion de la sonde
- température et hygrométrie relative de l'air de la cage
- colatitude
- Toute autre information considérée comme pertinente par l'intervenant

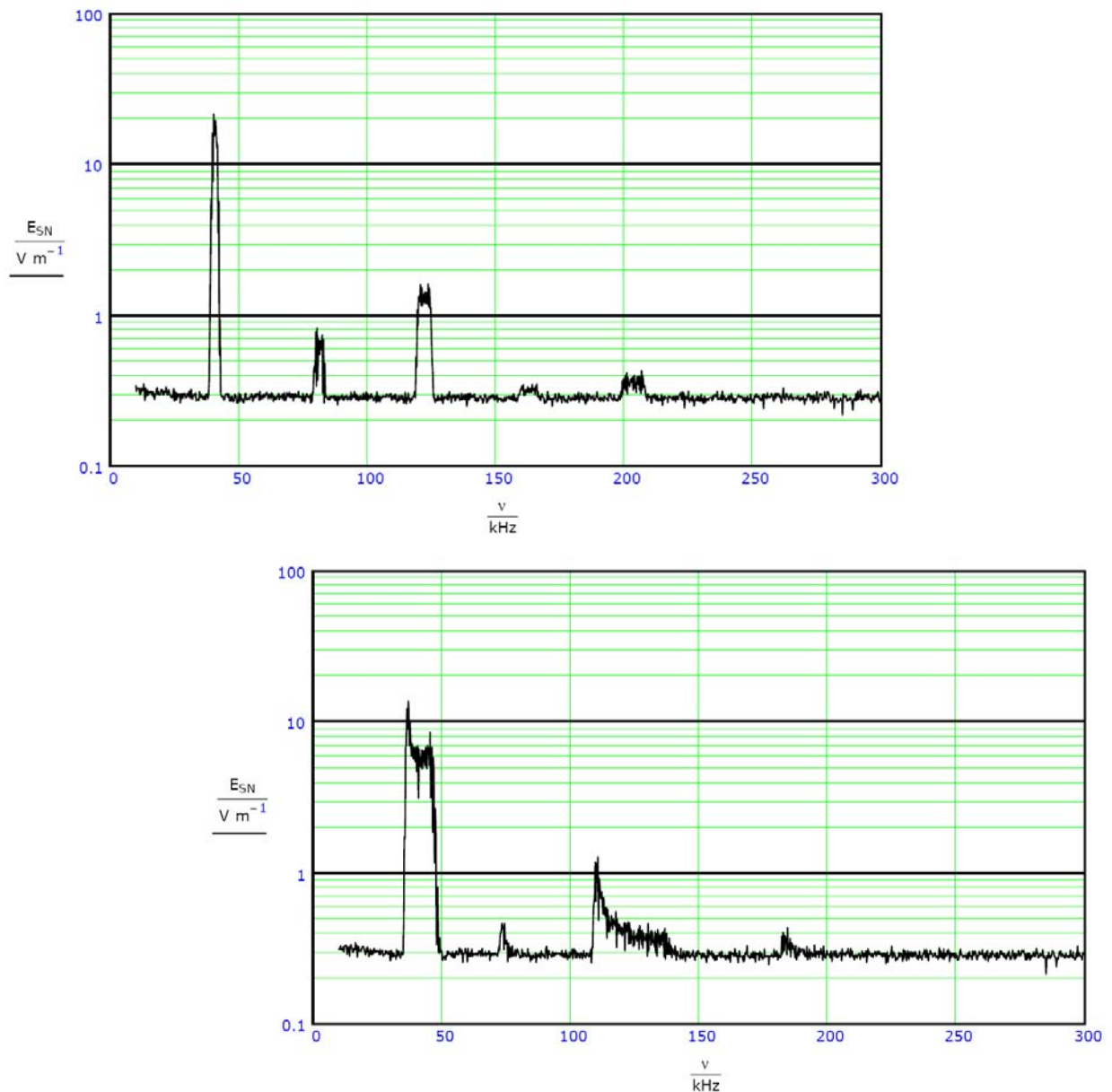


Figure 6.5.1 : Exemples de spectre large bande mesuré

6.6 - Spectres de bruits

Sur une base a priori et au maximum journalière, puis définie par l'intervenant en fonction de la reproductibilité des résultats, la procédure précédemment décrite (§5.5) est appliquée en présence d'une lampe non alimentée.

6.7 - Enregistrement des résultats

Les résultats des mesurages sont enregistrés sous formes de fichiers de texte non formaté (« Save as text »), dont le nom rappelle l'identifiant de la lampe, selon une syntaxe définie par l'intervenant.

Les résultats des mesurages sur les spectres de bruits sont enregistrés selon la même procédure. Le nom de chaque fichier rappelle la date de l'essai, selon une syntaxe définie par l'intervenant.

Outre les points de mesures, constitués de triplets (fréquence, norme du champ électrique, norme du champ magnétique), ces fichiers comportent un récapitulatif des conditions de mesurages, les commentaires renseignés par l'intervenant et des données calculées telle que la somme quadratique de tous les échantillons de mesures (= « WideBand E » et « WideBand H »).

La base de données relative à la campagne d'essais est alors constituée d'autant de fichiers de texte que de lampes testées.

7 - ESTIMATION DES INCERTITUDES SUR LES MESURES

Les incertitudes sur les mesures sont données dans le tableau 6.1.1. Elles sont déterminées pour une configuration de mesure à 30 cm de la lampe, à partir des données techniques et du certificat d'étalonnage de la sonde de mesure et des conditions de mesures sur le banc de test (cf. §4.2 et §5).

Source d'erreur	Valeur d'incertitude		Distribution de probabilité		Incertitude std u_i (66%)
	%	dB	Loi	Diviseur	
Température	1.9%	0.16	Rectangulaire	1.7	1.1%
Réponse fréquentielle / linéarité	5.9%	0.5	Rectangulaire	1.7	3.5%
Isotropie	9.6%	0.8	Rectangulaire	1.7	5.7%
Positionnement sonde et lampe, facteurs de correction F_{prox} ...	19.0%	1.5	Rectangulaire	1.7	11.2%
Incertitude standart (66%)	13.1%	1.1			
Incertitude combinée (95%)	26.1%	2.0			

Tableau 7.1.1 : Incertitudes sur les mesures

8 - RESULTATS DES MESURES

8.1 - Mesures de champ électrique pour les 300 échantillons de lampes fournis

Le tableau suivant présente l'ensemble des résultats des mesures de valeurs efficaces de champ électrique à une distance de 30 cm de la lampe, dans la bande de fréquences [10 kHz – 300 kHz]. Ces mesures sont obtenues selon la procédure et dans les conditions décrites dans les paragraphes 3 et 5.

Les valeurs minimum et maximum correspondant à la prise en compte des incertitudes de mesure, qui sont données pour un intervalle de confiance à 95% autour des la grandeur mesurée.

Enfin, les valeurs efficaces de champ électrique sont comparés aux niveaux de références de la réglementation (valeurs limites d'exposition « ICNIRP ») dans la bande de fréquence considérée et en accord avec la norme NF EN 50392 (valeur quadratique moyenne sur 6 minutes pour l'ensemble de la bande de fréquence).

Echantillon mesuré					Niveau de champ électrique - E				
Référence	Marque	Type de tube	Culot	Puissance	Valeur mesurée	Intervalle de		Valeur limite d'exposition	
Lampe n°		Ux = x tubes en U Spiresx = tube en x spires		Watts	rms - 6 min. V/m	min - V/m	max - V/m	Niveaux de référence ICNIRP V/m	%
001	1 Lexman	U3	E27	23	11.0	8.1	13.9	87.0	12.7%
001	2 Lexman	U3	E27	23	25.1	18.5	31.6	87.0	28.8%
001	3 Lexman	U3	E27	23	11.3	8.3	14.2	87.0	13.0%
002	1 Osram	Spires2	E27	18	6.6	4.8	8.3	87.0	7.5%
002	2 Osram	Spires2	E27	18	7.1	5.2	8.9	87.0	8.1%
002	3 Osram	Spires2	E27	18	5.7	4.2	7.2	87.0	6.6%
003	1 Agir	Spires4	E27	23	28.4	21.0	35.8	87.0	32.7%
003	2 Agir	Spires4	E27	23	8.5	6.3	10.7	87.0	9.8%
003	3 Agir	Spires4	E27	23	9.3	6.8	11.7	87.0	10.6%
004	1 Philips	Spires4	E27	23	9.3	6.8	11.7	87.0	10.6%
004	2 Philips	Spires4	E27	23	12.9	9.5	16.2	87.0	14.8%
004	3 Philips	Spires4	E27	23	11.7	8.6	14.7	87.0	13.4%
005	1 Megaman	U6	E27	30	63.4	46.9	80.0	87.0	72.9%
005	2 Megaman	U6	E27	30	60.5	44.7	76.3	87.0	69.5%
005	3 Megaman	U6	E27	30	55.8	41.2	70.3	87.0	64.1%
006	1 Govena	Spires4	E27	23	27.8	20.6	35.1	87.0	32.0%
006	2 Govena	Spires4	E27	23	28.5	21.1	36.0	87.0	32.8%
006	3 Govena	Spires4	E27	23	26.4	19.5	33.3	87.0	30.4%
007	1 XanLite	U4	E27	15	29.4	21.7	37.0	87.0	33.7%
007	2 XanLite	U5	E27	16	29.7	21.9	37.4	87.0	34.1%
007	3 XanLite	U6	E27	17	30.2	22.3	38.1	87.0	34.7%
008	1 Coming	Spires4	E27	20	33.6	24.8	42.3	87.0	38.6%
008	2 Coming	Spires4	E27	20	22.0	16.2	27.7	87.0	25.2%
008	3 Coming	Spires4	E27	20	22.2	16.4	28.0	87.0	25.5%
009	1 Economic	U2	E27	15	21.8	16.1	27.5	87.0	25.0%
009	2 Economic	U2	E27	15	HS : ne s'allume pas				
009	3 Economic	U2	E27	15	HS : ne s'allume pas				
011	1 Lexman	Spires5	E27	20	20.0	14.8	25.2	87.0	23.0%
011	2 Lexman	Spires5	E27	20	20.9	15.4	26.3	87.0	24.0%
011	3 Lexman	Spires5	E27	20	20.4	15.1	25.8	87.0	23.5%
012	1 Osram	U3	E27	22	36.2	26.7	45.6	87.0	41.6%
012	2 Osram	U3	E27	22	34.6	25.6	43.7	87.0	39.8%
012	3 Osram	U3	E27	22	33.6	24.9	42.4	87.0	38.7%
013	1 Agir	Spires3	E27	20	20.5	15.2	25.9	87.0	23.6%
013	2 Agir	Spires3	E27	20	21.0	15.5	26.5	87.0	24.2%
013	3 Agir	Spires3	E27	20	21.7	16.0	27.4	87.0	24.9%

Echantillon mesuré						Niveau de champ électrique - E				
Référence		Marque	Type de tube	Culot	Puissance	Valeur mesurée	Intervalle de		Valeur limite d'exposition	
Lampe	n°		Ux = x tubes en U			rms - 6 min.	confiance à 95%		Niveaux de référence ICNRP	
			Spiresx = tube en x spires			Watts	V/m	min - V/m	max - V/m	V/m
014	1	Philips	U3	E27	18	19.7	14.5	24.8	87.0	22.6%
014	2	Philips	U3	E27	18	20.8	15.4	26.2	87.0	23.9%
014	3	Philips	U3	E27	18	HS : ne s'allume pas				
015	1	Megaman	U6	E27	23	27.4	20.3	34.6	87.0	31.5%
015	2	Megaman	U6	E27	23	24.2	17.9	30.5	87.0	27.8%
015	3	Megaman	U6	E27	23	25.1	18.6	31.7	87.0	28.9%
016	1	Govena	Spires3	E27	20	23.3	17.2	29.4	87.0	26.8%
016	2	Govena	Spires3	E27	20	24.2	17.9	30.5	87.0	27.8%
016	3	Govena	Spires3	E27	20	23.3	17.2	29.4	87.0	26.8%
018	1	Coming	Spires4	E27	15	23.0	17.0	29.1	87.0	26.5%
018	2	Coming	Spires4	E27	15	23.5	17.4	29.7	87.0	27.1%
018	3	Coming	Spires4	E27	15	22.7	16.8	28.6	87.0	26.1%
021	1	Lexman	U3	E27	21	18.5	13.7	23.3	87.0	21.3%
021	2	Lexman	U3	E27	21	14.6	10.8	18.5	87.0	16.8%
021	3	Lexman	U3	E27	21	16.2	12.0	20.5	87.0	18.7%
022	1	Osram	U3	E27	20	21.1	15.6	26.6	87.0	24.3%
022	2	Osram	U3	E27	20	20.3	15.0	25.6	87.0	23.3%
022	3	Osram	U3	E27	20	19.5	14.4	24.6	87.0	22.4%
023	1	Agir	Spires3	E27	14	13.0	9.6	16.4	87.0	15.0%
023	2	Agir	Spires3	E27	14	11.9	8.8	15.0	87.0	13.6%
023	3	Agir	Spires3	E27	14	10.8	8.0	13.6	87.0	12.4%
024	1	Philips	inconnue	E27	20	27.4	20.3	34.6	87.0	31.5%
024	2	Philips	inconnue	E27	20	25.0	18.5	31.5	87.0	28.7%
024	3	Philips	inconnue	E27	20	27.0	20.0	34.0	87.0	31.0%
025	1	Megaman	U6	E27	20	22.2	16.4	28.0	87.0	25.5%
025	2	Megaman	U6	E27	20	21.0	15.5	26.5	87.0	24.2%
025	3	Megaman	U6	E27	20	21.5	15.9	27.1	87.0	24.7%
026	1	Govena	Spires4	E27	18	27.8	20.5	35.0	87.0	31.9%
026	2	Govena	Spires4	E27	18	30.5	22.6	38.5	87.0	35.1%
026	3	Govena	Spires4	E27	18	31.9	23.6	40.2	87.0	36.6%
028	1	Coming	U3	E27	11	14.0	10.3	17.6	87.0	16.0%
028	2	Coming	U3	E27	11	12.9	9.5	16.2	87.0	14.8%
028	3	Coming	U3	E27	11	12.7	9.4	16.0	87.0	14.6%
031	1	Lexman	Spires3	E27	15	21.2	15.7	26.7	87.0	24.4%
031	2	Lexman	Spires3	E27	15	18.4	13.6	23.2	87.0	21.2%
031	3	Lexman	Spires3	E27	15	19.7	14.5	24.8	87.0	22.6%
032	1	Osram	Spires3	E27	18	16.4	12.1	20.7	87.0	18.9%
032	2	Osram	Spires3	E27	18	18.3	13.5	23.1	87.0	21.1%
032	3	Osram	Spires3	E27	18	19.1	14.1	24.1	87.0	21.9%
033	1	Agir	U3	E27	14	14.2	10.5	17.9	87.0	16.3%
033	2	Agir	U3	E27	14	14.6	10.8	18.5	87.0	16.8%
033	3	Agir	U3	E27	14	14.3	10.6	18.0	87.0	16.4%
034	1	Philips	U3	E27	16	11.5	8.5	14.5	87.0	13.2%
034	2	Philips	U3	E27	16	11.7	8.6	14.7	87.0	13.4%
034	3	Philips	U3	E27	16	11.7	8.6	14.7	87.0	13.4%
035	1	Megaman	U6	E27	11	15.1	11.1	19.0	87.0	17.3%
035	2	Megaman	U6	E27	11	14.7	10.9	18.6	87.0	16.9%
035	3	Megaman	U6	E27	11	14.9	11.0	18.8	87.0	17.1%
036	1	Govena	Sipres3	E27	11	12.8	9.4	16.1	87.0	14.7%
036	2	Govena	Sipres3	E27	11	13.7	10.1	17.3	87.0	15.8%
036	3	Govena	Sipres3	E27	11	13.8	10.2	17.4	87.0	15.9%
041	1	Lexman	U2	E27	15	19.4	14.4	24.5	87.0	22.3%
041	2	Lexman	U2	E27	15	18.8	13.9	23.8	87.0	21.7%
041	3	Lexman	U2	E27	15	19.9	14.7	25.1	87.0	22.9%
042	1	Osram	Spires3	E27	15	16.4	12.1	20.7	87.0	18.9%
042	2	Osram	Spires3	E27	15	17.0	12.6	21.4	87.0	19.5%
042	3	Osram	Spires3	E27	15	17.4	12.9	22.0	87.0	20.0%
043	1	Agir	Spires3	E27	15	17.2	12.7	21.7	87.0	19.8%
043	2	Agir	Spires3	E27	15	18.8	13.9	23.6	87.0	21.6%
043	3	Agir	Spires3	E27	15	17.4	12.9	22.0	87.0	20.0%
044	1	Philips	U3	E27	12	12.5	9.3	15.8	87.0	14.4%
044	2	Philips	U3	E27	12	9.3	6.9	11.8	87.0	10.7%
044	3	Philips	U3	E27	12	10.5	7.8	13.3	87.0	12.1%
051	1	Lexman	U2	E27	15	13.0	9.6	16.4	87.0	15.0%
051	2	Lexman	U2	E27	15	13.6	10.1	17.2	87.0	15.7%
051	3	Lexman	U2	E27	15	13.7	10.1	17.3	87.0	15.8%

Echantillon mesuré						Niveau de champ électrique - E				
Référence		Marque	Type de tube	Culot	Puissance	Valeur mesurée	Intervalle de		Valeur limite d'exposition	
Lampe	n°		Ux = x tubes en U			rms - 6 min.	confiance à 95%		Niveaux de référence ICNRP	
			Spiresx = tube en x spires			Watts	V/m	min - V/m	max - V/m	V/m
052	1	Osram	U3	E27	18	21.3	15.7	26.8	87.0	24.5%
052	2	Osram	U3	E27	18	19.9	14.7	25.1	87.0	22.9%
052	3	Osram	U3	E27	18	21.0	15.5	26.5	87.0	24.2%
053	1	Agir	U3	E27	11	10.6	7.8	13.4	87.0	12.2%
053	2	Agir	U3	E27	11	10.3	7.6	13.0	87.0	11.9%
053	3	Agir	U3	E27	11	10.4	7.7	13.2	87.0	12.0%
054	1	Philips	U3	E27	11	9.6	7.1	12.1	87.0	11.0%
054	2	Philips	U3	E27	11	9.2	6.8	11.6	87.0	10.5%
054	3	Philips	U3	E27	11	9.6	7.1	12.1	87.0	11.0%
061	1	Lexman	U2	E27	15	13.0	9.6	16.4	87.0	15.0%
061	2	Lexman	U2	E27	15	13.0	9.6	16.4	87.0	15.0%
061	3	Lexman	U2	E27	15	14.5	10.7	18.2	87.0	16.6%
062	1	Osram	Spires4	E27	18	23.5	17.4	29.7	87.0	27.1%
062	2	Osram	Spires4	E27	18	23.6	17.5	29.8	87.0	27.2%
062	3	Osram	Spires4	E27	18	24.5	18.1	30.9	87.0	28.1%
064	1	Philips	U4	E27	11	11.1	8.2	14.0	87.0	12.8%
064	2	Philips	U4	E27	11	11.0	8.1	13.9	87.0	12.7%
064	3	Philips	U4	E27	11	11.7	8.6	14.7	87.0	13.4%
071	1	Lexman	U2	E27	11	12.7	9.4	16.0	87.0	14.6%
071	2	Lexman	U2	E27	11	12.4	9.2	15.7	87.0	14.3%
071	3	Lexman	U2	E27	11	12.7	9.4	16.0	87.0	14.6%
072	1	Osram	Spires3	E27	15	16.7	12.4	21.1	87.0	19.2%
072	2	Osram	Spires3	E27	15	13.9	10.3	17.5	87.0	16.0%
072	3	Osram	Spires3	E27	15	17.6	13.0	22.2	87.0	20.2%
074	1	Philips	U3	E27	8	8.1	6.0	10.2	87.0	9.3%
074	2	Philips	U3	E27	8	8.2	6.1	10.4	87.0	9.5%
074	3	Philips	U3	E27	8	8.1	6.0	10.2	87.0	9.3%
082	1	Osram	Spires3	E27	13	15.8	11.7	19.9	87.0	18.2%
082	2	Osram	Spires3	E27	13	15.8	11.7	19.9	87.0	18.2%
082	3	Osram	Spires3	E27	13	16.0	11.8	20.1	87.0	18.4%
092	1	Osram	U3	E27	14	13.0	9.6	16.4	87.0	15.0%
092	2	Osram	U3	E27	14	12.5	9.3	15.8	87.0	14.4%
092	3	Osram	U3	E27	14	12.3	9.1	15.5	87.0	14.1%
102	1	Osram	U3	E27	14	13.5	10.0	17.1	87.0	15.6%
102	2	Osram	U3	E27	14	14.0	10.3	17.6	87.0	16.0%
102	3	Osram	U3	E27	14	14.4	10.6	18.1	87.0	16.5%
112	1	Osram	Spires3	E27	14	16.0	11.8	20.1	87.0	18.4%
112	2	Osram	Spires3	E27	14	16.7	12.3	21.0	87.0	19.1%
112	3	Osram	Spires3	E27	14	16.3	12.1	20.6	87.0	18.8%
122	1	Osram	Spires3	E27	15	12.5	9.3	15.8	87.0	14.4%
122	2	Osram	Spires3	E27	15	17.2	12.7	21.6	87.0	19.7%
122	3	Osram	Spires3	E27	15	Echantillon non fourni				
132	1	Osram	Spires2	E27	11	10.0	7.4	12.6	87.0	11.5%
132	2	Osram	Spires2	E27	11	9.2	6.8	11.6	87.0	10.5%
132	3	Osram	Spires2	E27	11	9.2	6.8	11.6	87.0	10.5%
142	1	Osram	Spires2	E27	11	11.2	8.3	14.1	87.0	12.9%
142	2	Osram	Spires2	E27	11	13.4	9.9	16.9	87.0	15.4%
142	3	Osram	Spires2	E27	11	12.6	9.3	15.9	87.0	14.5%
152	1	Osram	Spires3	E27	11	17.1	12.6	21.5	87.0	19.6%
152	2	Osram	Spires3	E27	11	18.3	13.5	23.1	87.0	21.1%
152	3	Osram	Spires3	E27	11	17.3	12.8	21.8	87.0	19.9%
162	1	Osram	U3	E27	12	13.3	9.8	16.8	87.0	15.3%
162	2	Osram	U3	E27	12	13.1	9.7	16.5	87.0	15.1%
162	3	Osram	U3	E27	12	13.4	9.9	16.9	87.0	15.4%
172	1	Osram	Spires3	E27	7	6.6	4.8	8.3	87.0	7.5%
172	2	Osram	Spires3	E27	7	7.5	5.5	9.4	87.0	8.6%
172	3	Osram	Spires3	E27	7	6.3	4.7	8.0	87.0	7.3%
182	1	Osram	Spires2	E27	8	12.3	9.1	15.5	87.0	14.1%
182	2	Osram	Spires2	E27	8	12.9	9.5	16.2	87.0	14.8%
182	3	Osram	Spires2	E27	8	12.9	9.5	16.2	87.0	14.8%
192	1	Osram	U2	E27	7	9.4	7.0	11.9	87.0	10.8%
192	2	Osram	U2	E27	7	9.6	7.1	12.1	87.0	11.0%
192	3	Osram	U2	E27	7	9.7	7.1	12.2	87.0	11.1%
202	1	Osram	Spires2	E27	5	7.5	5.5	9.4	87.0	8.6%
202	2	Osram	Spires2	E27	5	6.6	4.9	8.4	87.0	7.6%
202	3	Osram	Spires2	E27	5	6.5	4.8	8.2	87.0	7.4%

Echantillon mesuré						Niveau de champ électrique - E				
Référence		Marque	Type de tube	Culot	Puissance	Valeur mesurée	Intervalle de		Valeur limite d'exposition	
Lampe	n°		Ux = x tubes en U			rms - 6 min.	confiance à 95%		Niveaux de référence ICNIRP	
			Spirex = tube en x spires			Watts	V/m	min - V/m	max - V/m	V/m
212	1	Osram	Spires1	E27	5	7.1	5.2	8.9	87.0	8.1%
212	2	Osram	Spires1	E27	5	6.8	5.0	8.6	87.0	7.8%
212	3	Osram	Spires1	E27	5	6.8	5.0	8.6	87.0	7.8%
501	1	Lexman	U2	E14	11	12.1	8.9	15.3	87.0	13.9%
501	2	Lexman	U2	E14	11	12.5	9.3	15.8	87.0	14.4%
501	3	Lexman	U2	E14	11	11.9	8.8	15.1	87.0	13.7%
502	1	Osram	U3	E14	12	13.4	9.9	16.9	87.0	15.4%
502	2	Osram	U3	E14	12	13.7	10.1	17.3	87.0	15.8%
502	3	Osram	U3	E14	12	14.0	10.4	17.7	87.0	16.1%
503	1	Agir	Spires2	E14	8	14.1	10.4	17.8	87.0	16.2%
503	2	Agir	Spires2	E14	8	9.6	7.1	12.1	87.0	11.0%
503	3	Agir	Spires2	E14	8	9.3	6.9	11.8	87.0	10.7%
504	1	Philips	Spires3	E14	12	12.1	8.9	15.3	87.0	13.9%
504	2	Philips	Spires3	E14	12	13.0	9.6	16.3	87.0	14.9%
504	3	Philips	Spires3	E14	12		Echantillon non fourni			
505	1	Megaman	U6	E14	15	21.1	15.6	26.6	87.0	24.3%
505	2	Megaman	U6	E14	15	19.8	14.6	24.9	87.0	22.7%
505	3	Megaman	U6	E14	15	20.4	15.1	25.8	87.0	23.5%
507	1	XanLite	Spires4	E14	9	11.4	8.4	14.3	87.0	13.1%
507	2	XanLite	Spires4	E14	9		Echantillon non fourni			
507	3	XanLite	Spires4	E14	9		Echantillon non fourni			
511	1	Lexman	U2	E14	8	9.5	7.0	12.0	87.0	10.9%
511	2	Lexman	U2	E14	8	9.5	7.0	12.0	87.0	10.9%
511	3	Lexman	U2	E14	8	9.1	6.7	11.5	87.0	10.4%
512	1	Osram	U3	E14	11	14.0	10.3	17.6	87.0	16.0%
512	2	Osram	U3	E14	11	13.9	10.3	17.5	87.0	16.0%
512	3	Osram	U3	E14	11	14.0	10.3	17.6	87.0	16.0%
514	1	Philips	U3	E14	7	7.0	5.2	8.8	87.0	8.0%
514	2	Philips	U3	E14	7	6.5	4.8	8.2	87.0	7.4%
514	3	Philips	U3	E14	7		Echantillon non fourni			
515	1	Megaman	U6	E14	11	14.4	10.6	18.1	87.0	16.5%
515	2	Megaman	U6	E14	11	13.2	9.8	16.6	87.0	15.2%
515	3	Megaman	U6	E14	11	14.2	10.5	17.9	87.0	16.3%
521	1	Lexman	U3	E14	8	8.3	6.2	10.5	87.0	9.6%
521	2	Lexman	U3	E14	8	9.0	6.7	11.3	87.0	10.3%
521	3	Lexman	U3	E14	8	8.5	6.3	10.7	87.0	9.8%
522	1	Osram	Spires3	E14	11	16.1	11.9	20.4	87.0	18.6%
522	2	Osram	Spires3	E14	11	17.7	13.1	22.3	87.0	20.3%
522	3	Osram	Spires3	E14	11	18.9	14.0	23.9	87.0	21.8%
524	1	Philips	U3	E14	7	7.1	5.2	8.9	87.0	8.1%
524	2	Philips	U3	E14	7	6.9	5.1	8.7	87.0	7.9%
524	3	Philips	U3	E14	7		HS : cassée dans son emballage			
525	1	Megaman	U6	E14	11	16.9	12.5	21.3	87.0	19.4%
525	2	Megaman	U6	E14	11	14.5	10.7	18.2	87.0	16.6%
525	3	Megaman	U6	E14	11	14.4	10.6	18.1	87.0	16.5%
531	1	Lexman	U3	E14	7	8.7	6.5	11.0	87.0	10.1%
531	2	Lexman	U3	E14	7	9.1	6.7	11.5	87.0	10.5%
531	3	Lexman	U3	E14	7	8.8	6.5	11.1	87.0	10.2%
532	1	Osram	Spires3	E14	11	17.6	13.0	22.2	87.0	20.2%
532	2	Osram	Spires3	E14	11	17.2	12.7	21.6	87.0	19.7%
532	3	Osram	Spires3	E14	11	17.9	13.2	22.6	87.0	20.6%
534	1	Philips	Spires1	E14	5	9.3	6.8	11.7	87.0	10.6%
534	2	Philips	Spires1	E14	5	8.7	6.5	11.0	87.0	10.1%
534	3	Philips	Spires1	E14	5		HS : cassée dans son emballage			
535	1	Megaman	U3	E14	7	6.6	4.8	8.3	87.0	7.5%
535	2	Megaman	U3	E14	7	7.2	5.3	9.1	87.0	8.3%
535	3	Megaman	U3	E14	7	6.8	5.0	8.6	87.0	7.8%
541	1	Lexman	U3	E14	5	9.5	7.0	12.0	87.0	10.9%
541	2	Lexman	U3	E14	5	9.4	7.0	11.9	87.0	10.8%
541	3	Lexman	U3	E14	5	9.0	6.7	11.3	87.0	10.3%
542	1	Osram	Spires3	E14	8	10.2	7.5	12.8	87.0	11.7%
542	2	Osram	Spires3	E14	8	11.0	8.1	13.9	87.0	12.7%
542	3	Osram	Spires3	E14	8	11.4	8.4	14.3	87.0	13.1%
544	1	Philips	U2	E14	5	7.1	5.2	8.9	87.0	8.1%
544	2	Philips	U2	E14	5	7.1	5.2	8.9	87.0	8.1%
544	3	Philips	U2	E14	5	7.1	5.2	8.9	87.0	8.1%

Echantillon mesuré					Niveau de champ électrique - E				
Référence	Marque	Type de tube	Culot	Puissance	Valeur mesurée	Intervalle de		Valeur limite d'exposition	
Lampe n°		Ux = x tubes en U Spiresx = tube en x spires		Watts	rms - 6 min. V/m	min - V/m	max - V/m	Niveaux de référence ICNIRP V/m	%
545 1	Megaman	U3	E14	5	6.2	4.6	7.8	87.0	7.2%
545 2	Megaman	U3	E14	5	6.2	4.6	7.8	87.0	7.2%
545 3	Megaman	U3	E14	5	6.2	4.6	7.8	87.0	7.2%
551 1	Lexman	U4	E15	5	9.3	6.8	11.7	87.0	10.6%
551 2	Lexman	U5	E16	5	9.0	6.7	11.3	87.0	10.3%
551 3	Lexman	U6	E17	5	8.8	6.5	11.1	87.0	10.2%
552 1	Osram	U2	E14	8	9.3	6.9	11.8	87.0	10.7%
552 2	Osram	U2	E14	8	9.0	6.7	11.3	87.0	10.3%
552 3	Osram	U2	E14	8	9.3	6.9	11.8	87.0	10.7%
562 1	Osram	Spires2	E14	7	8.0	5.9	10.1	87.0	9.2%
562 2	Osram	Spires2	E14	7	8.5	6.3	10.7	87.0	9.8%
562 3	Osram	Spires2	E14	7	8.0	5.9	10.1	87.0	9.2%
572 1	Osram	Spires3	E14	7	7.6	5.6	9.5	87.0	8.7%
572 2	Osram	Spires3	E14	7	Echantillon non fourni				
572 3	Osram	Spires3	E14	7	Echantillon non fourni				
582 1	Osram	Spires2	E14	5	6.6	4.8	8.3	87.0	7.5%
582 2	Osram	Spires2	E14	5	7.5	5.5	9.4	87.0	8.6%
582 3	Osram	Spires2	E14	5	7.8	5.8	9.9	87.0	9.0%
592 1	Osram	Spires2	E14	5	7.3	5.4	9.2	87.0	8.4%
592 2	Osram	Spires2	E14	5	6.8	5.0	8.6	87.0	7.8%
592 3	Osram	Spires2	E14	5	7.1	5.2	8.9	87.0	8.1%
602 1	Osram	Spires2	E14	5	8.7	6.4	11.0	87.0	10.0%
602 2	Osram	Spires2	E14	5	7.1	5.3	9.0	87.0	8.2%
602 3	Osram	Spires2	E14	5	7.3	5.4	9.2	87.0	8.4%

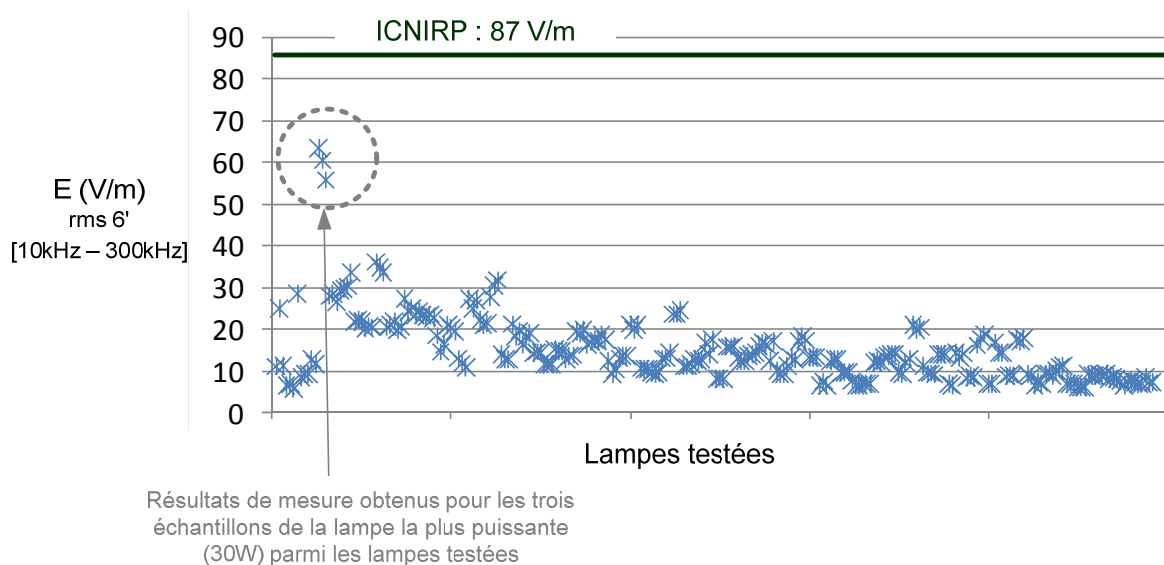


Figure 8.1.1 : Résultats des niveaux de champ électrique mesurés pour l'ensemble des lampes testées

8.2 - Mesures de champ magnétique pour les 300 échantillons de lampes fournis

Pour l'ensemble des lampes testées, à une distance de 30 cm les mesures de valeurs efficaces en large bande de champ magnétique correspondent au bruit de fond qui est de 0.07 A/m (valeur quadratique moyenne sur 6 minutes dans la bande de fréquences [10 kHz – 300 kHz]). La valeur efficace de champ magnétique émise par la lampe à cette distance n'est donc pas significative.

8.3 - Influence de la présence d'un abat jour

L'influence de la présence d'un abat-jour a été étudiée sur les modèles de lampes dont le niveau de champ électrique émis est le plus élevé, et dont la dimension est compatible avec les abat-jour de format et type standard fournis par l'ADEME. Des mesures complémentaires ont aussi été obtenues en métallisant l'abat jour avec du film et scotch aluminium.

Afin de tester l'influence de l'abat-jour, toutes ces mesures ont été obtenues dans la direction d'émission maximum (0° - axe de la lampe) ainsi que pour des directions latérales pour lesquelles l'abat-jour fait écran entre la lampe et la sonde de mesure (figure 7.3.1).

Les résultats sont illustrés dans le tableau 7.3.1. La présence du luminaire a une influence négligeable sur les niveaux de champ électrique émis par la lampe.

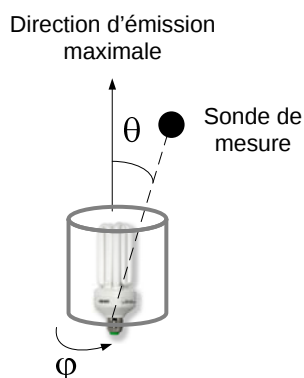


Figure 8.3.1 : Point de mesure avec abat-jour

Référence (*)		Position du point de mesure	Niveau de champ électrique - E		
Lampe	n°	ϕ pour $E_{\max}$	valeur efficace - bande 10 kHz - 300 kHz		
		θ (°)	Sans abat-jour	Avec abat-jour "normal"	Avec abat-jour "métallisé"
			V/m	V/m	V/m
505	1	0	25.1	25.4	21.1
505	1	30	25.0	25.2	20.6
505	1	60	24.9	24.3	20.0
505	1	90	24.0	20.1	20.9
505	1	120	20.2	18.5	22.8
505	1	150	16.5	16.1	22.2
522	3	0	21.1	19.7	15.7
522	3	30	20.6	19.0	15.0
522	3	60	18.5	16.6	14.1
522	3	90	15.3	14.1	14.3
522	3	120	12.7	12.1	15.7
522	3	150	10.7	10.6	15.1
008	1	0	26.6	25.0	21.4
008	1	30	26.0	24.8	21.5
008	1	60	25.8	22.4	18.2
008	1	90	22.1	19.1	17.1
008	1	120	17.9	15.4	18.9
008	1	150	15.4	13.7	19.1

(*) Lampes choisies parmi les plus génératrices de champ et dont les dimensions sont compatibles avec les abat-jour fournis

Tableau 8.3.1 : Influence de la présence d'un abat-jour

9 - CONCLUSION

Ce rapport présente l'ensemble des résultats de la campagne de mesures de valeurs efficaces de champs électriques et magnétiques produits par des lampes fluorescentes compactes.

Des mesures de valeurs efficaces de champ électrique ont été obtenues à une distance de 30 cm de la lampe en régime stabilisé sur environ 300 lampes (100 modèles à raison de 3 échantillons par modèle). Pour chaque lampe, la direction d'émission maximale a été identifiée et le spectre d'émission analysé.

Pour l'ensemble des lampes, la direction d'émission maximale est située dans l'axe de la lampe, la distribution fréquentielle de production de champ électrique est comprise dans la bande de fréquences située entre 10 kHz et 300 kHz. La source d'émission est le ballast électronique au sein duquel les distributions de charges électriques et leur mouvements, à l'origine des champs électromagnétiques produits par les lampes, sont probablement dus au hachage de la tension secteur, redressée plus ou moins parfaitement à une fréquence comprise entre 30 kHz et 60 kHz.

Après analyse des résultats des mesurages, et compte tenu des incertitudes associées, toutes les lampes testées sont conformes aux valeurs limites d'exposition de la réglementation (valeurs données par l'ICNIRP et reprises dans le décret n°2002-775).

En moyenne sur l'ensemble des lampes testées, la valeur efficace du champ électrique dans la bande de fréquences [10 kHz – 300 kHz] dans la direction maximale d'émission à une distance de 30 cm vaut 15.2 V/m, soit 17.4 % de la valeur limite d'exposition.

La valeur efficace du champ magnétique, dans la bande de fréquence analysée, n'est pas quantifiable car inférieure à la valeur du bruit ambiant : elle est inférieure à 0.07 A/m, soit 1.4 % de la valeur limite d'exposition.

Parmi toutes les mesures obtenues, la valeur efficace de champ électrique maximum mesurée est de 63.4 V/m, soit 72 % de la valeur limite d'exposition. Ces niveaux n'ont été mesurés que pour les trois échantillons de la lampe la plus volumineuse et la plus puissante (puissance nominale électrique donnée par le constructeur de 30 Watts) parmi l'ensemble des lampes testées.

Conformément au protocole de mesure de l'AFSSET et au cahier des charges de l'ADEME, cette campagne de mesures concerne la caractérisation de l'exposition continue en régime stabilisé des lampes fluo compactes. L'exposition brève due à la phase d'allumage de la lampe, qui nécessiterait à priori des mesurages plus complexes (analyses temporelles et mesures de courants induits), n'a pas été étudiée.

MOYENS DE MESURAGES

➤ Sonde de mesure Narda EHP-200

Electric Field & Magnetic Field

Frequency Range 9 kHz to 30 MHz

Measurement Range @ 10 KHz RBW @ Preamp ON : 0.1 to 1000 V/m / 0.03 to 300 A/m

Dynamic Range >80 dB

Sensitivity @ 10 kHz RBW @ Preamp ON 0.1 V/m / 0.02 V/m

Resolution 0.01 V/m 1 mA/m 0.1 mA/m 0.01 dB

Flatness ± 0.5 dB (20 V/m, from 0.1 to 27 MHz)

± 0.8 dB (166 A/m, from 0.15 to 30 MHz)

± 0.8 dB (53 mA/m, 0.3 to 27 MHz) ± 0.4 dB (-20 dBm)

Anisotropy ± 0.8 dB at 1 MHz

Linearity 0.5 dB @ 1 MHz from Full Scale to -60 dB Full Scale

Typical Accuracy at 1 MHz ± 0.8 dB @ 20 V/m ± 0.8 dB @ 53 mA/m ± 0.8 dB @ 53 mA/m ± 0.3 dB @ -10 dBm

Maximum Frequency Span 6 kHz to 30 MHz

Resolution Bandwidths Available 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz, 30 kHz, 100 kHz, 300 kHz

Rejection to E-field — > 20 dB

Rejection to H-field > 20 dB

Calibration Errors Stored in internal EEPROM

Temperature Error 0.02 dB/oC

➤ Analyseur de spectres Rohde & Schwarz FSIQ26

20 Hz to 27 GHz

Resolution bandwidth 1 Hz to 10 MHz in 1/2/3/5 steps

5-pole resolution filters with high selectivity

FFT filter with 1 Hz to 1 kHz RBW for fast measurements

Displayed average noise floor typ.

-150 dBm in 10 Hz bandwidth

Third-order intercept +20 dBm with FSIQ 7, +22dBm with FSIQ26

Phase noise -150 dBc/Hz at 5 MHz offset

+ Divers moyens et étalons de travail, raccordés lors de la campagne de mesurages



Narda Safety Test Solutions S.r.l.
Sales & Support: Via Leonardo da Vinci 21/23
20090 Segrate (MI)
Tel.: +39 02 26998711 Fax: +39 02 26998700
Manufacturing Plant: Via Benesse, 29/B
17035 Cicano sul Neva (SV)
Tel.: +39 0182 58841 Fax: +39 02 588400

CERTIFICATE OF CALIBRATION
Certificato di taratura

Number 80512
Numero

Item <i>Oggetto</i>	Electric and Magnetic field Probe - Analyzer
Manufacturer <i>Costruttore</i>	Narda S.T.S. / PMM
Model <i>Modello</i>	EHP 200
Serial number <i>Matricola</i>	020WJ80512
Calibration procedure <i>Procedura di taratura</i>	Internal procedure PTP 09-43
Date(s) of measurements <i>Data(e) delle misure</i>	03.11.2008
Result of calibration <i>Risultato della taratura</i>	Measurements results within specifications

This calibration certificate documents the traceability to national/international standards, which realise the physical units of measurements according to the International System of Units (SI). Verification of traceability is guaranteed by mentioning used equipment included in the measurement chain. This equipment includes reference standard directly traceable to (international standard (accuracy rating A) and working standard calibrated by the calibration laboratory of Narda Safety Test Solutions (accuracy rating B) by means of reference standard A or by other calibration laboratory.

The measurement uncertainties stated in this document are estimated at the level of twice the standard deviation (corresponding, in the case of normal distribution, to a confidence level of about 95%). The uncertainties are calculated in conformity to the ISO Guide (Guide to the expression of uncertainty in measurement). The metrological confirmation system for the measuring equipment used is in compliance with ISO 10012-1. The applied quality system is certified to UNI EN ISO 9001.

Questo certificato di taratura documenta la tracciabilità a campioni primari nazionali o internazionali i quali realizzano la riferibilità alle unità fisiche del Sistema Internazionale delle Unità (SI). La verifica della tracciabilità è garantita elencando gli strumenti presenti nella catena di misura. La catena di riferibilità metrologica fa riferimento a campioni di prima linea direttamente riferiti a standard (internazionali (classe A), di seconda linea, tarati nel laboratorio metrologico della Narda Safety Test Solutions con riferibilità ai campioni di prima linea oppure tarati da Enti esterni accreditati (classe B).

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono espresse come due volte lo scarto tipo (corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa 95%). Le incertezze di misura sono calcolate in riferimento alla guida ISO. La conferma metrologica della strumentazione usata è conforme alla ISO 10012-1. Il sistema di qualità è certificato ISO 9001.

COMPANY WITH QUALITY MANAGEMENT
SYSTEM CERTIFIED BY DNV
= ISO 9001:2000 =

Date of issue
Data di emissione

24.11.2008

Measure operator
Operatore misure

G. Cambareni

Person responsible
Responsabile

G. Basso

This calibration certificate may not be reproduced other than in full. Calibration certificate without signature are not valid. The user is recommended to have the object recalibrated at appropriate intervals.
La riproduzione del presente documento è ammessa in copia conforme integrale. Il certificato non è valido in assenza di firma. All'utente dello strumento è raccomandata la ricallibrazione nell'appropriato intervallo di tempo.