

Compatibilité Electromagnétique
14^{ème} Colloque International et Exposition
&
Journées Scientifiques d'URSI France
Paris, 20-23 Mai 2008

**Projet d'élaboration d'un protocole de caractérisation des
émissions électromagnétiques des lampes fluorescentes compactes
à économie d'énergie**

**Thierry Letertre⁽¹⁾, Alain Azoulay⁽¹⁾, Alain Destrez⁽¹⁾
François Gaudaire⁽²⁾, Christophe Martinsons⁽²⁾**

⁽¹⁾SUPELEC – Département Télécommunications et Département d'Électromagnétisme

⁽²⁾CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

- 1) La polémique
- 2) Le dispositif de mesure
- 3) Les résultats
- 4) Le protocole de mesure
- 5) Proposition de la CEI
- 6) Conclusion

Une ampoule fluocompacte pour les économies d'énergie



Les **lampes basse consommation** (appelées aussi lampes fluocompactes ou LBC) permettent de diviser par 5 la consommation d'électricité avec une durée de vie 8 à 15 fois supérieure aux ampoules à incandescence. Ces lampes **ne chauffent pas**, elles sont bien adaptées aux pièces qui sont destinées à être allumées longtemps (salon, cuisine, chambre...).

Elles ont un culot similaire aux lampes classiques (E 27, B 22, E 14, GU 10, GU 5.3...) et peuvent donc être utilisées de la même façon , on trouve aussi des lampes LBC spéciales : minuterie, vario, dimmable... Une lampe basse consommation de **lampe classique** de 100 Watts et elle dure quinze fois plus (15.000 heures, soit une quinzaine d'années environ / 3 heures par jour) et participe pleinement à la protection de l'environnement .

(riirem

Centre de Recherche et d'Information Indépendantes
sur les Rayonnements Electromagnétiques

Communiqué de presse

Paris, 22 septembre 2007



Arca Ibérica

Asociación nacional de protección del patrimonio & Medio Ambiente
Comunicación Grupo Campos Electromagnéticos

San José, 63
Apto correo 78
12579 Alcossebre
(Castellón)
España

NIF G12606547

Tel : (34) 964 41 44 79

Email : arca-iberica@ya.com

Ampoules à économie d'énergie Alerte à l'allumage électropolluant !

Le fonctionnement des lampes basse consommation génère de puissants champs électromagnétiques, susceptibles de gravement perturber les biens et les personnes (riirem déconseille l'utilisation de ces ampoules en tant que lampes de chevet ou bureau et demande aux fabricants de remédier à cette électropollution.

Alerte !

Mise en garde sur les ampoules à économie d'énergie !

Communiqué de presse du 21 août 2007

Tableau sur les valeurs des champs électriques radiofréquences émis par les ampoules à économie d'énergie

Types d'ampoules	Normales E27 100 à 40 W		Economique E27 20 W 130 mA		Economique E27 15 W 110 mA		Economique E27 11 W 80 mA		Economique E27 7 W 50 mA		Economique E27 5 W 40 mA	
	OFF V/m	ON V/m	OFF V/m	ON V/m	OFF V/m	ON V/m	OFF V/m	ON V/m	OFF V/m	ON V/m	OFF V/m	ON V/m
5 cm	0,20	0,30	0,22	180,20	0,20	107,30	0,17	47,50	0,26	34,20	0,17	32,20
10 cm	0,20	0,30	0,24	48,60	0,20	21,30	0,20	13,60	0,22	9,34	0,20	7,20
20 cm	0,16	0,17	0,24	10,20	0,22	8,12	0,20	3,90	0,20	2,39	0,22	1,80
30 cm	0,16	0,20	0,22	3,80	0,22	3,20	0,20	1,70	0,20	1,00	0,20	0,80
40 cm	0,20	0,20	0,22	2,40	0,22	1,70	0,20	0,90	0,20	0,51	0,22	0,40
50 cm	0,16	0,16	0,22	1,40	0,20	0,96	0,20	0,60	0,20	0,35	0,22	0,29
70 cm	0,20	0,20	0,20	0,60	0,22	0,42	0,17	0,28	0,22	0,29	0,22	0,28
100 cm	0,16	0,14	0,20	0,32	0,20	0,20	0,17	0,24	0,22	0,20	0,22	0,22
150 cm	0,15	0,14	0,22	0,24	0,17	0,20	0,20	0,20	0,20	0,22	0,20	0,22
200 cm	0,16	0,14	0,22	0,24	0,17	0,20	0,20	0,20	0,22	0,20	0,20	0,22

Restriction de base et niveaux de références pour l'exposition de la population générale à des champs électriques et magnétiques alternatifs.

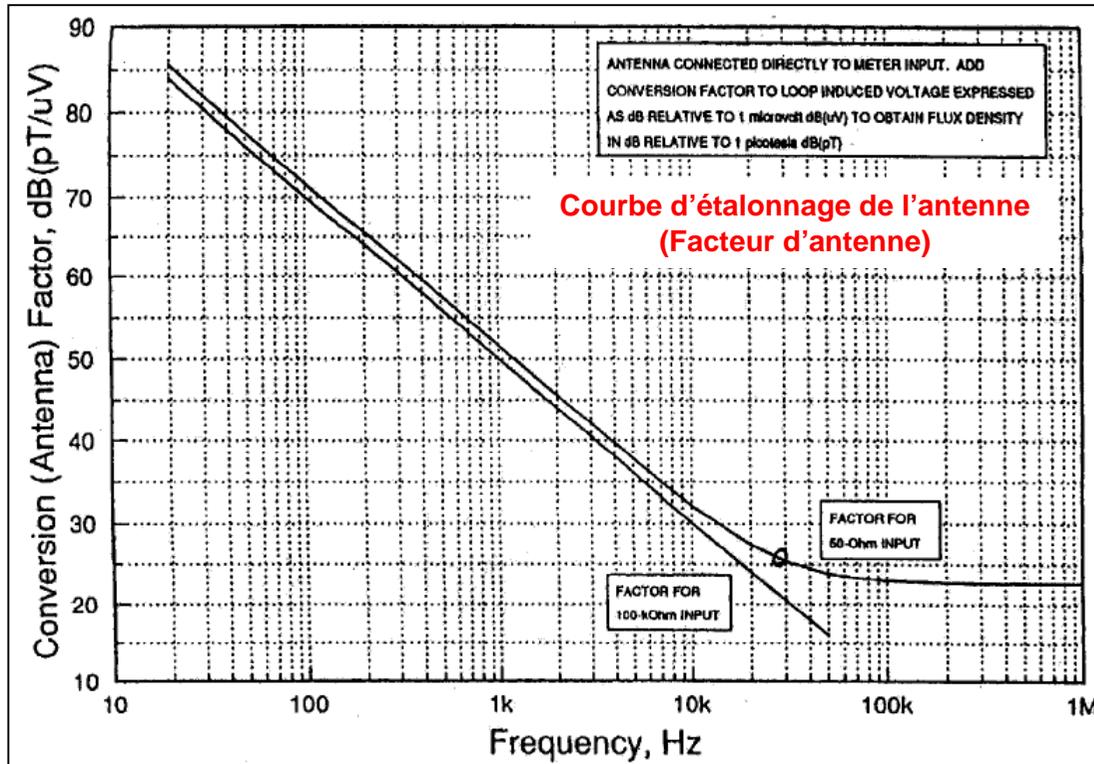
DOMAINE DE FRÉQUENCES	INTENSITE DE CHAMP E (V.m ⁻¹)	INTENSITE DE CHAMP H (A.m ⁻¹)	CHAMP B (μT)	DENSITE DE PUISSANCE DE L'ONDE PLANE EQUIVALENTE Seq (W.m ⁻²)
Jusqu'à 1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	-
1 - 8 Hz	10 000	3,2 x 10 ⁴ / f ²	4 x 10 ⁴ / f ²	-
8 - 25 Hz	10 000	4 000 / f	5 000 / f	-
0,025 - 0,8 kHz	250 / f	4 / f	5 / f	-
0,8 - 3 kHz	250 / f	5	6,25	-
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 - 1 MHz	87	0,73 / f	0,92 / f	-
1 - 10 MHz	87 / f ^{1/2}	0,73 / f	0,92 / f	-
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2 000 MHz	1,375 f ^{1/2}	0,0037 f ^{1/2}	0,0046 f ^{1/2}	f / 200
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Frequency range	Current density (head and trunk) mA/m ² (rms)	Average SAR (whole body) W/kg	Localised SAR (head and trunk) W/kg	Localised SAR (limbs) W/kg
Up to 1 Hz	8			
1-4 Hz	8/f			
4-1 000 Hz	2			
1-100 kHz	f/500			
100 kHz-10 MHz	f/500	0,08	2	4
10 MHz-10 GHz		0,08	2	4

NOTE f is the frequency in Hertz.

Références:

- ICNIRP'98,
- IEEE C95.1-2005,
- IEEE C95.6-2002.



Echantillon de lampes fluo-compactes testées

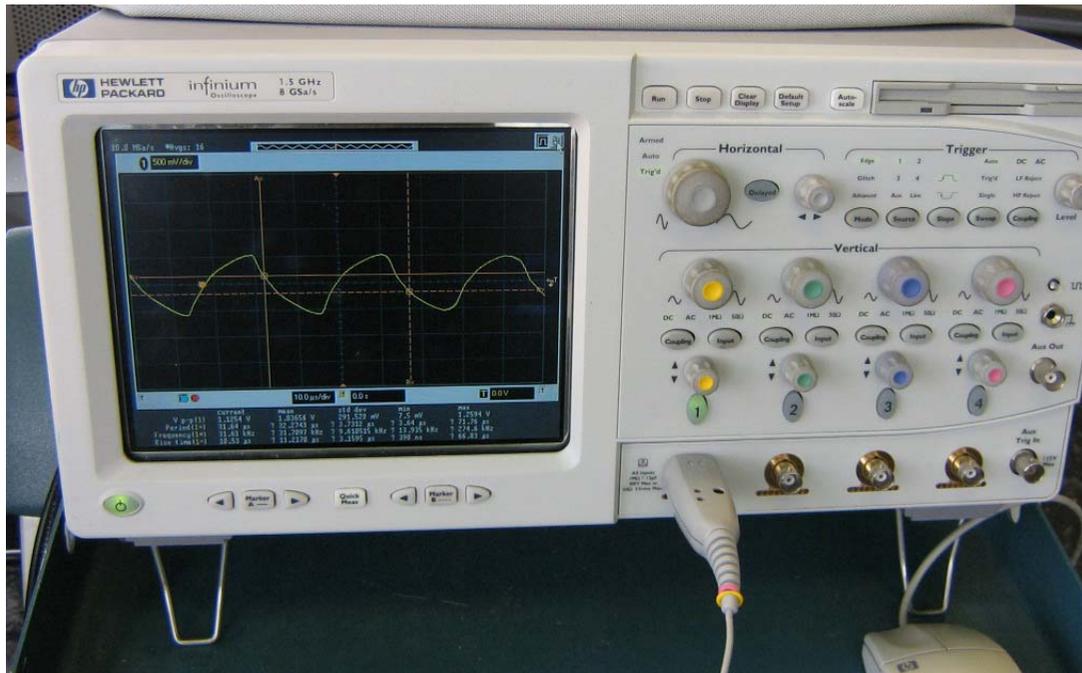
$$V'_{dB(\mu V)} = P_{dBm} - 20 \log(10^{-6}) - 30 + 10 \log(50) \approx P_{dBm} + 107$$

$$E_{V/m} = 10^{\frac{E_{dB(\mu V/m)}}{20}} \times 10^{-6}$$

$$H_{dB(\mu A/m)} = P_{dBm} + F_{dB(pT/\mu V)} + 107 - 2$$

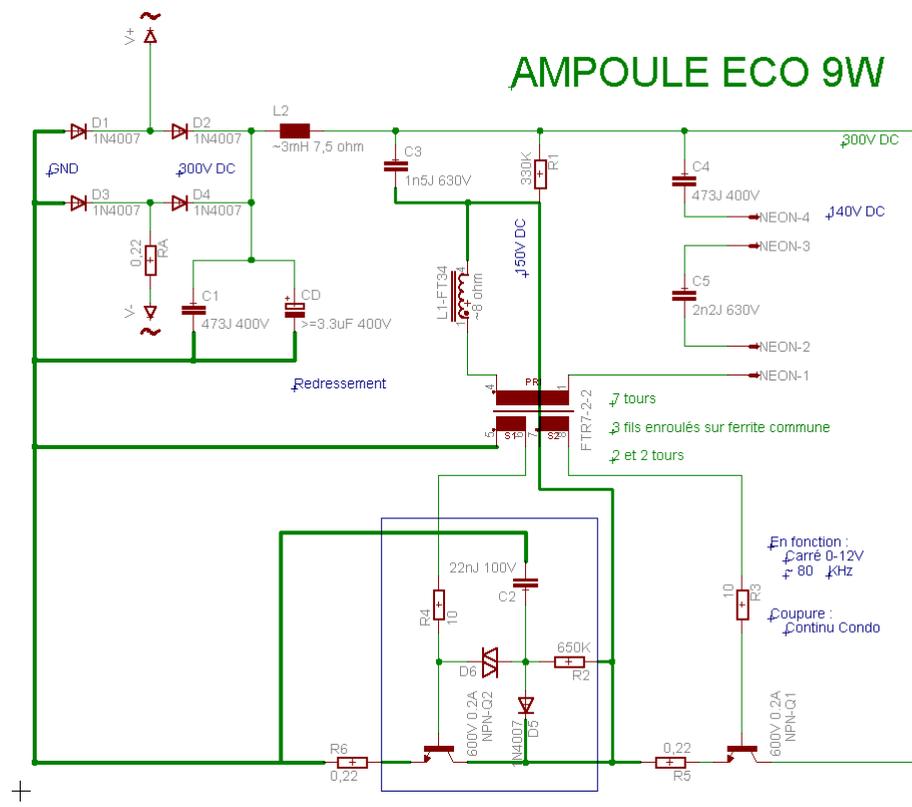
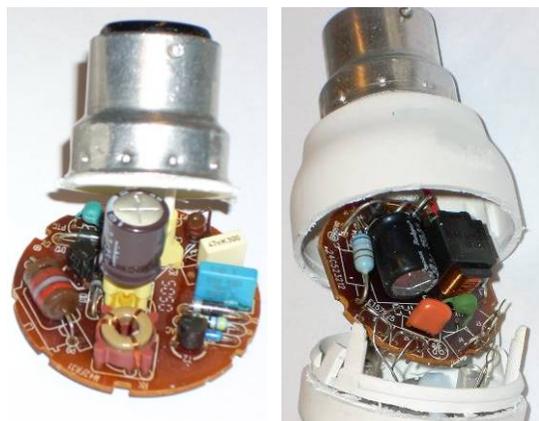
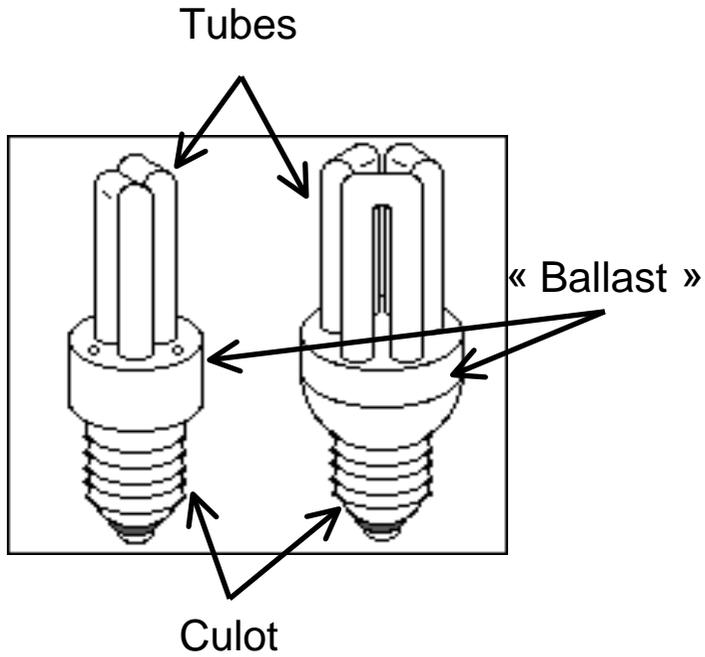
$$B = \mu_0 H$$

L'oscilloscope numérique HF pour les mesures dans le domaine temporel



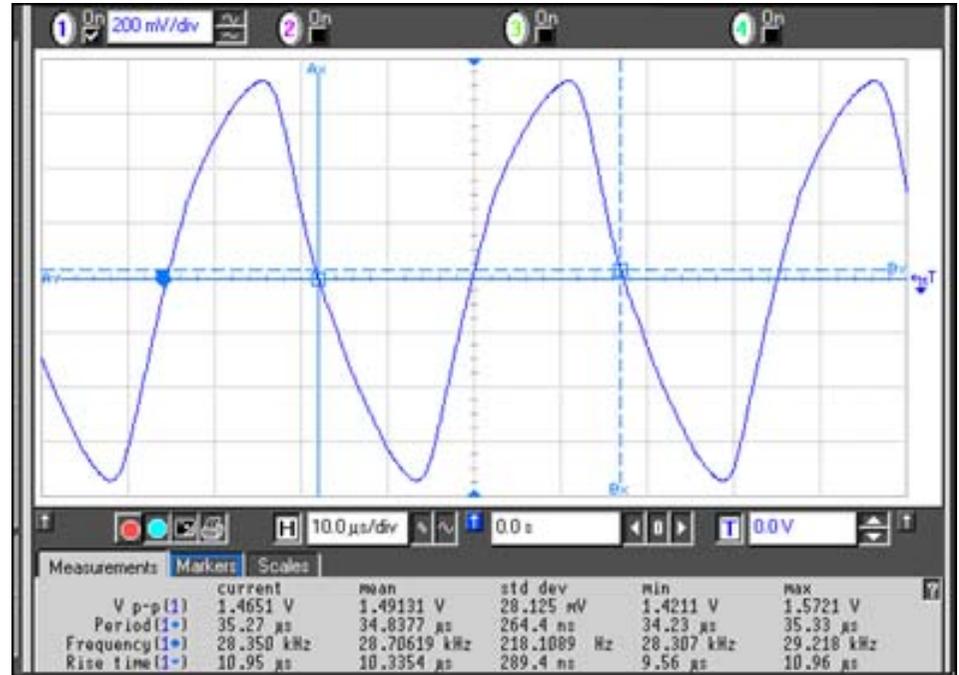
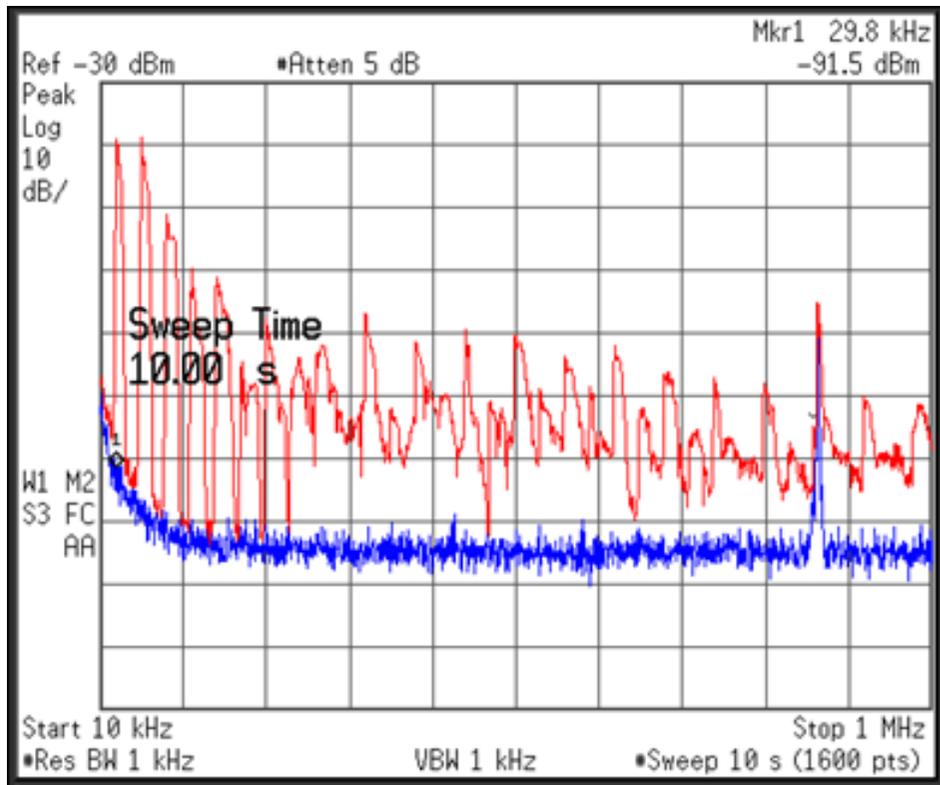
L'analyseur de spectre utilisé pour les mesures sélectives en fréquences

Le fautif: Le ballast électronique



Génération d'une tension continue HT par redressement du ~ 220 V puis « Hachage » du signal en HF (qq 10 kHz) pour améliorer le rendement.

**Forme fréquentielle mesurée à l'aide d'un
analyseur de spectre: des raies régulièrement
espacées**



**Forme temporelle mesurée à l'aide d'un oscilloscope
numérique rapide: signal périodique à ~20kHz**

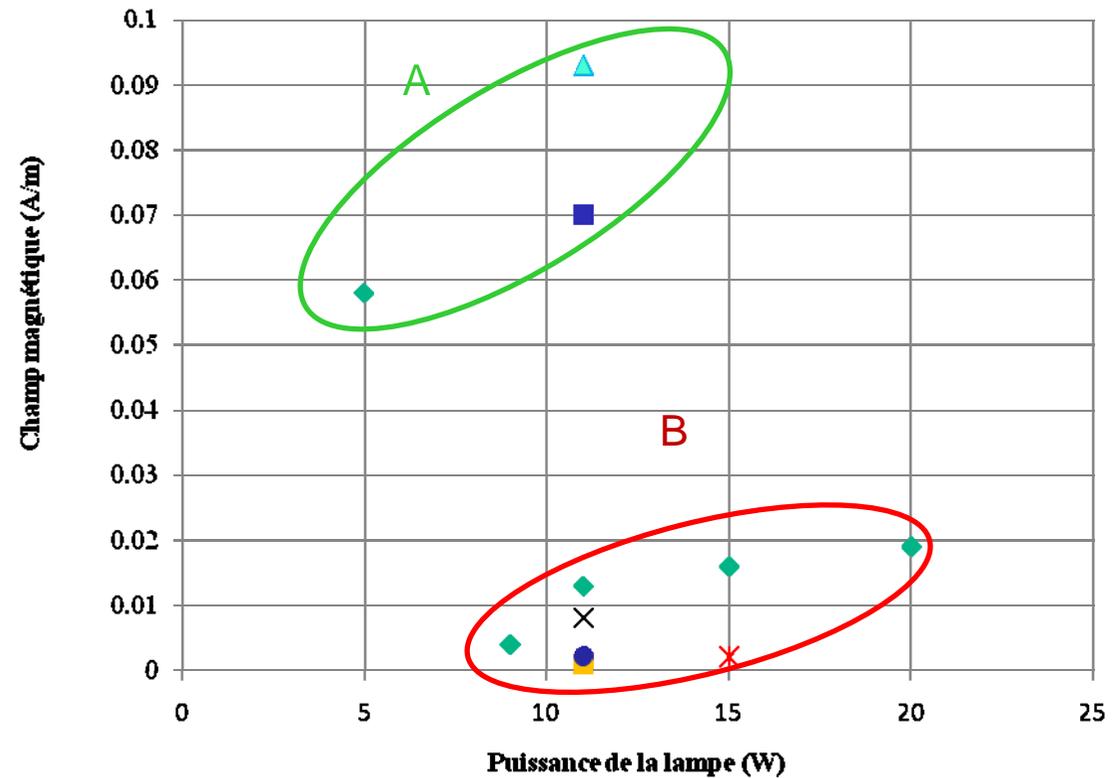
Quelques résultats de mesures:

5W		9W	
D (m)	H (A/m)	D (m)	H (A/m)
0x		0	0,133
0,25	0,058	0,25	0,004
0,5	0,01	0,5	0,001
1x		1x	

11W	LA	LB	LC	LD
D (m)	H (A/m)	H (A/m)	H (A/m)	H (A/m)
0	0,41	5,8x		x
0,25	0,013	0,07	0,093	0,008
0,5	0,002	0,01	0,019x	
1x		0,001x		x

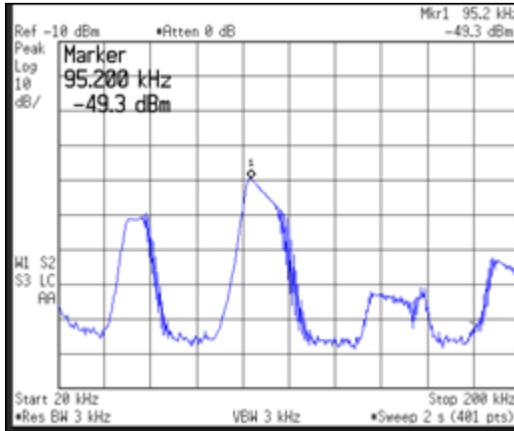
15W		20W	
D (m)	H (A/m)	D (m)	H (A/m)
0x		0x	
0,25	0,016	0,25	0,19
0,5x		0,5x	
1x		1x	

Champ magnétique total en fonction de la puissance électrique consommée à 25 cm

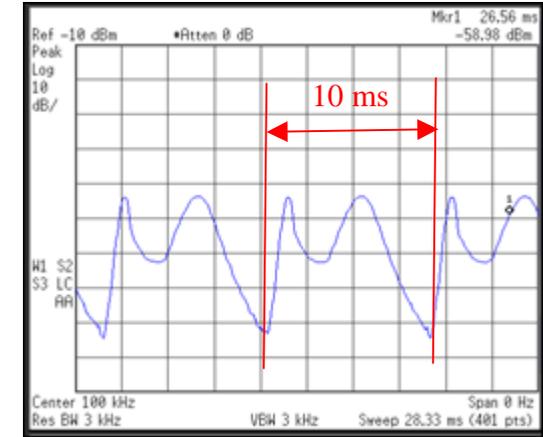
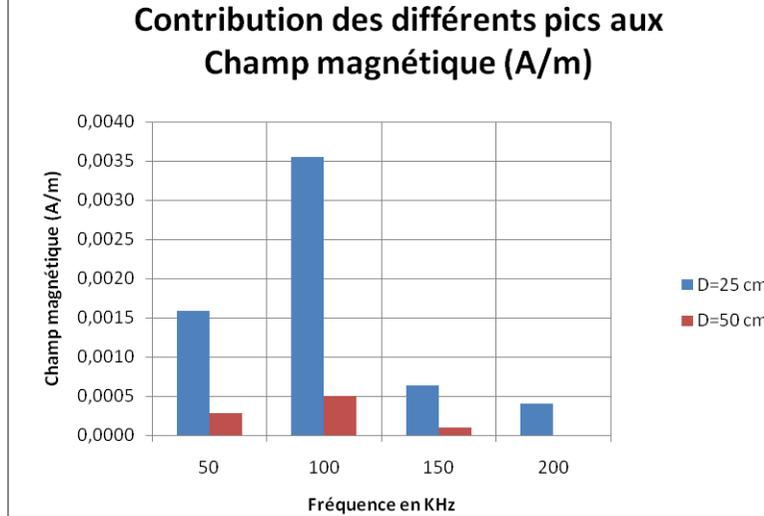


* La valeur 0 => contact

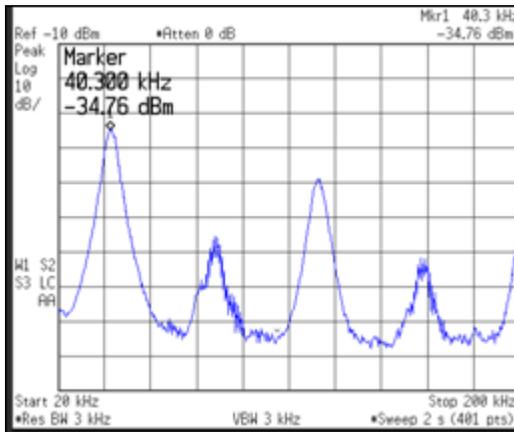
Détails de l'émission EM (pour deux lampes de types différents)



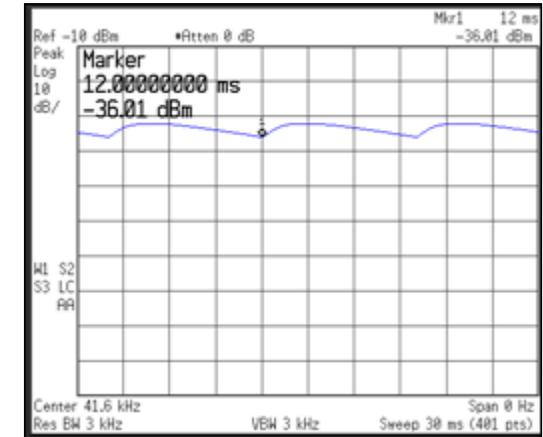
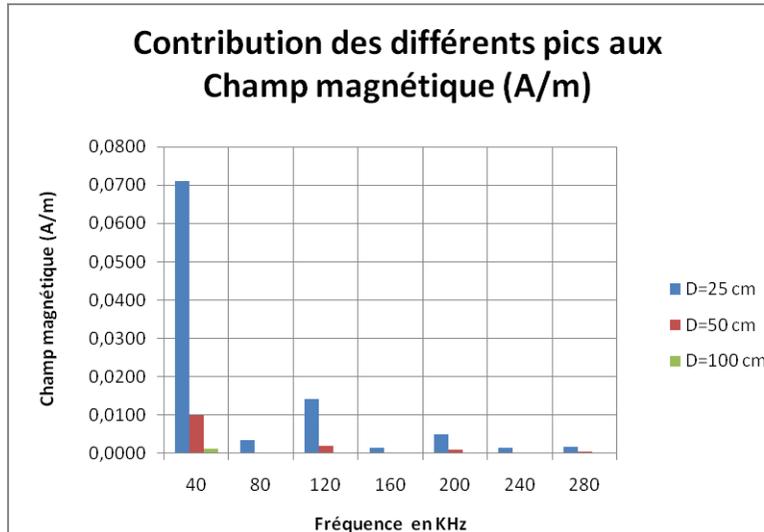
Spectre avec harmoniques



Mode temporel «Span Zero »



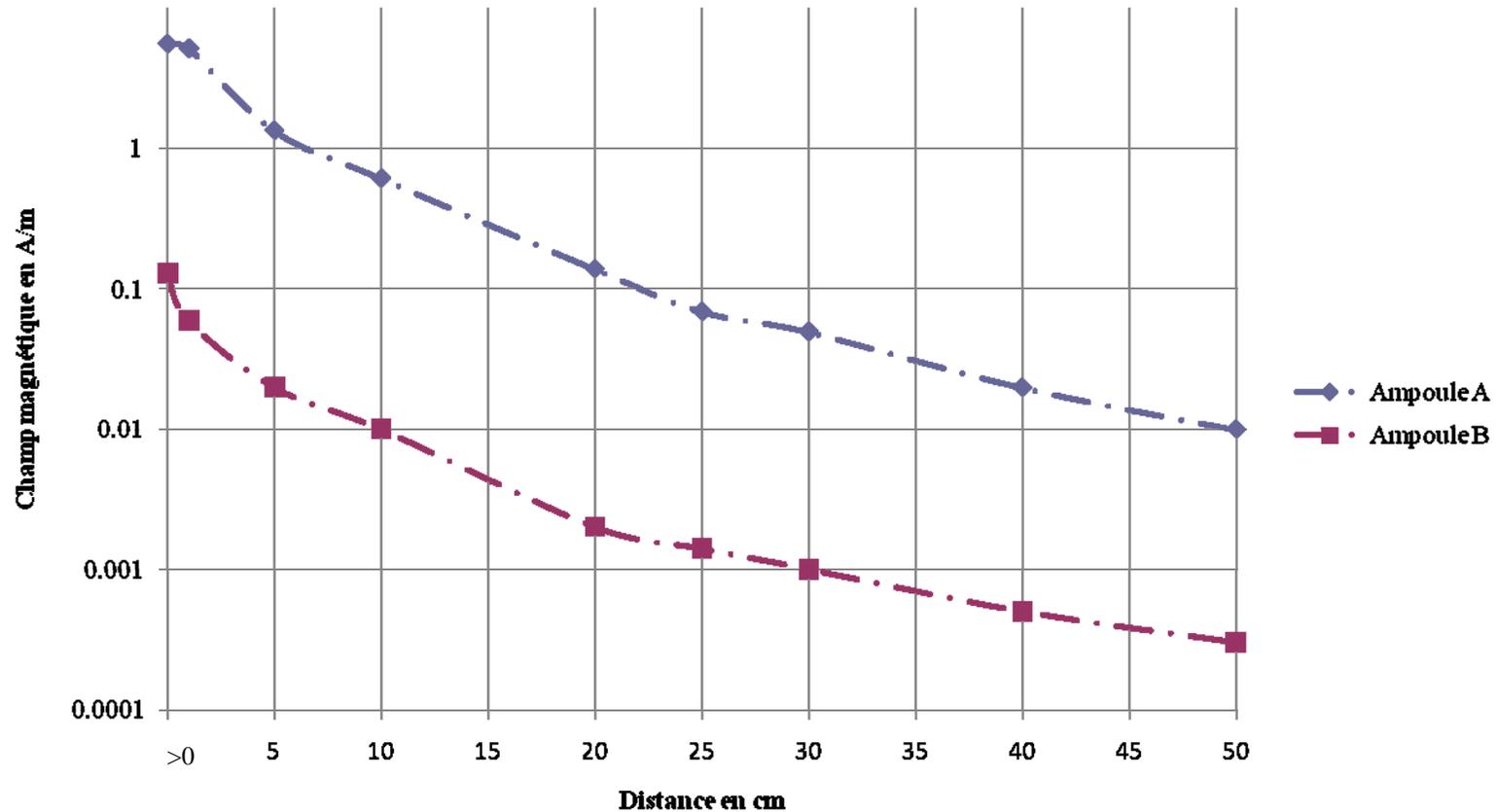
Spectre avec harmoniques



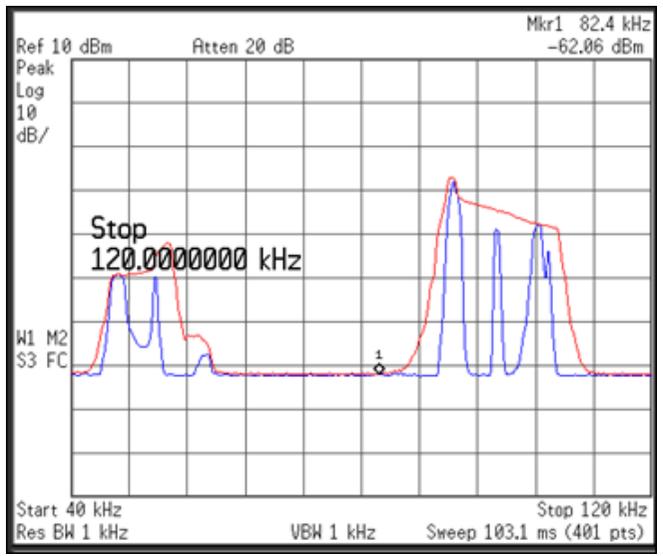
Mode temporel «Span Zero »

Mesures faite avec deux lampes de puissance électrique consommée équivalente (11 W)

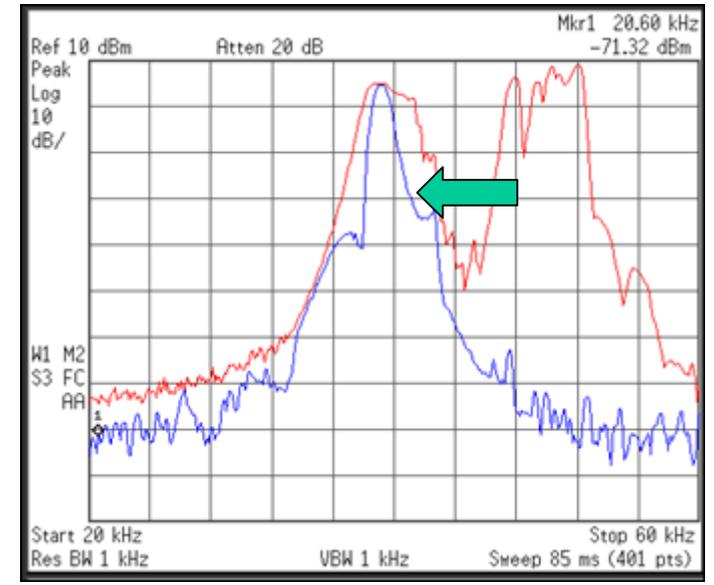
Champ magnétique ($\sqrt{\sum H_i^2}$) fonction de la distance



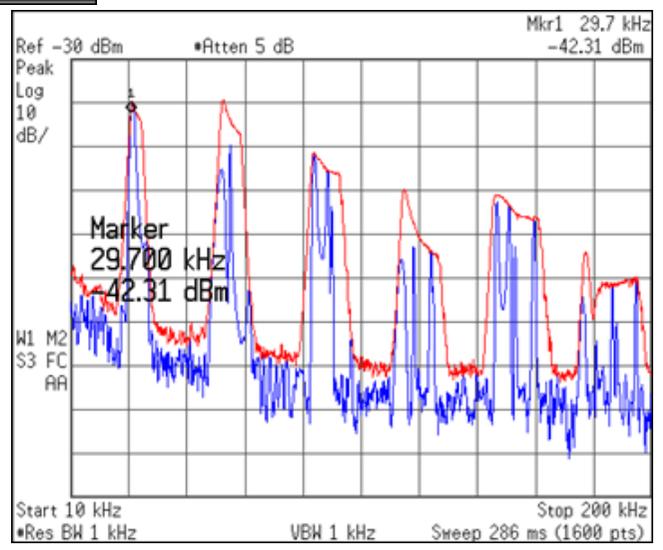
Etude de la variation du rayonnement émis en fonction du temps



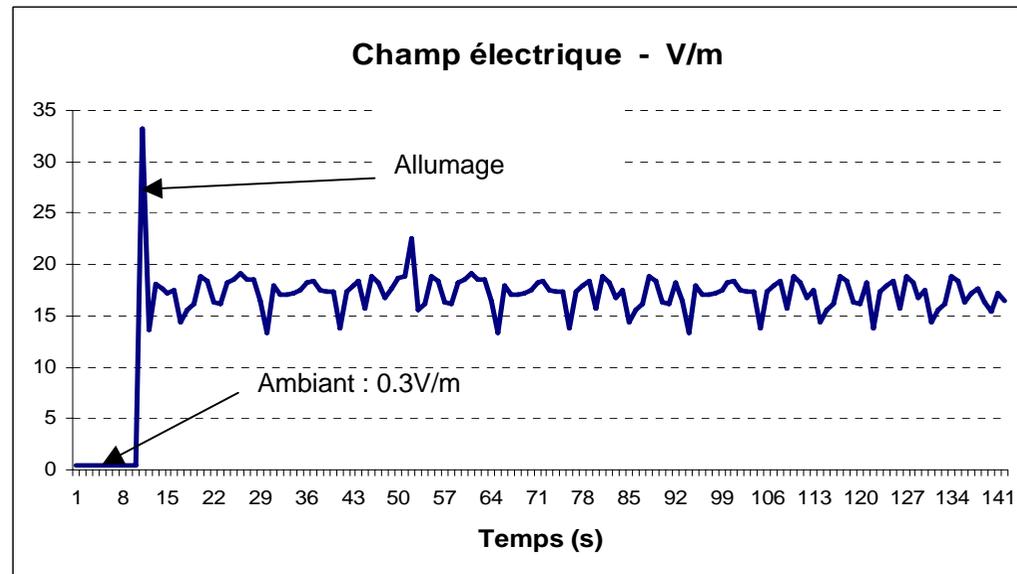
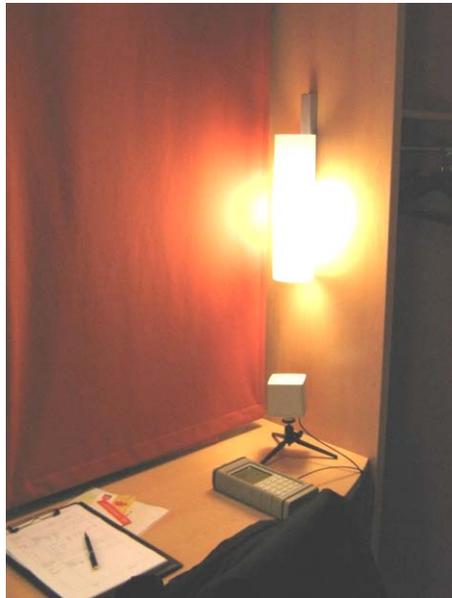
Instabilité de la fréquence d'oscillation



Effet de l'allumage: stabilisation de la décharge électrique



Etude de la variation du rayonnement (champ électrique) émis en fonction du temps



Sur le bureau, sous le luminaire, à 30cm du bas de la lampe (cf. photo)		
Niveau moyen relevé 5kHz – 100kHz		Valeur limite d'exposition
lampe fluo compacte en fonctionnement		
Champ électrique – E	17.7 V/m	87 V/m
Induction magnétique - B	0.2 μ T	6.25 μ T

- Dans le choix du lieu de mesure, **une cage de Faraday** pour éliminer les rayonnements "parasites" extérieurs,
- Dans le choix du capteur de champ, **la boucle magnétique** est la plus adaptée à ce type de mesure car elle est adaptée aux fréquences mise en jeu (de quelques kHz à 500 kHz),
- Dans le choix de l'appareil de mesure proprement dit, **un analyseur de spectre** est parfait pour ce type d'analyse (**Mesures sélectives en fréquences**),
- Il faut **laisser le temps à la lampe de se stabiliser**, du point de vue thermique (pas seulement), temps qui va de quelques secondes à quelques minutes suivant les lampes.

Dans ces conditions, et compte-tenu de l'expérimentation conduite, le protocole de mesure peut être fondé sur une mesure de champ magnétique produit par les lampes aux diverses fréquences identifiées (généralement comprises entre 10 kHz et 1 MHz) et à différentes distances.

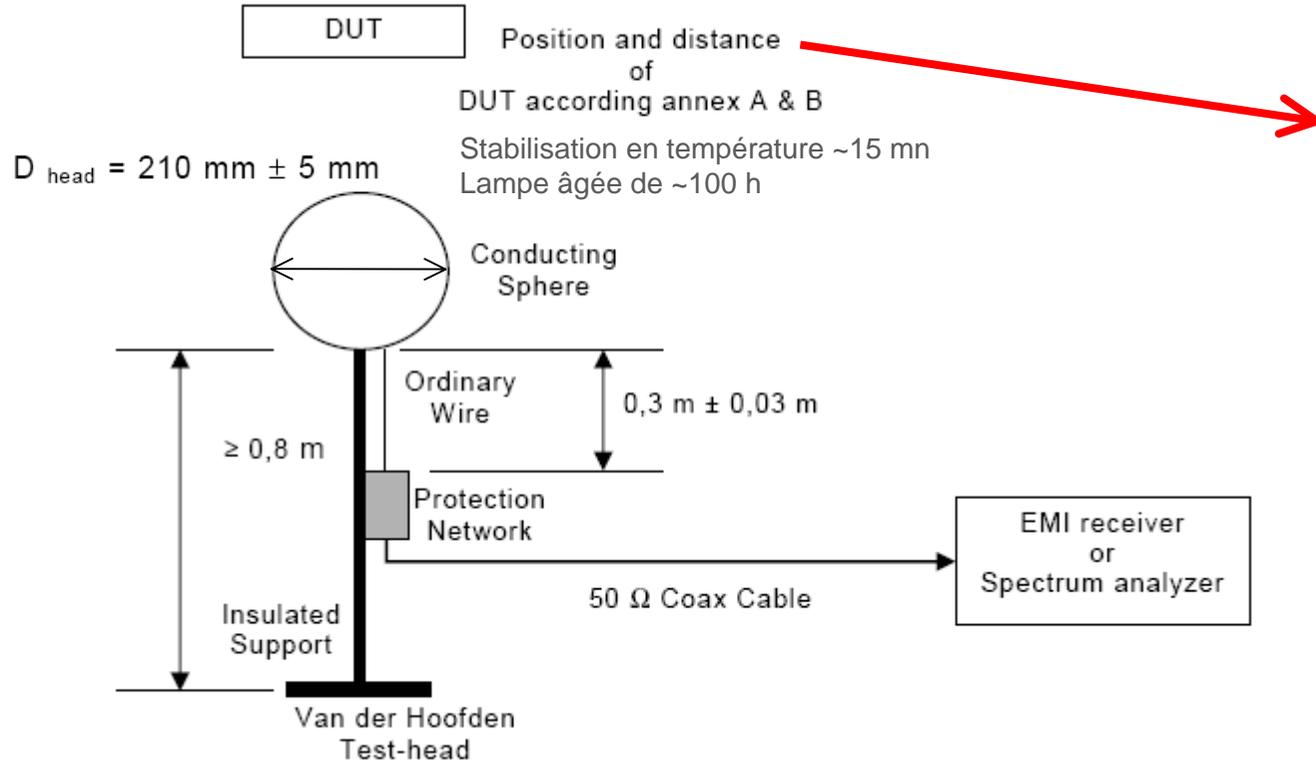
Proposition de la CEI (International Electrotechnical Commission):

Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields

Product family standard

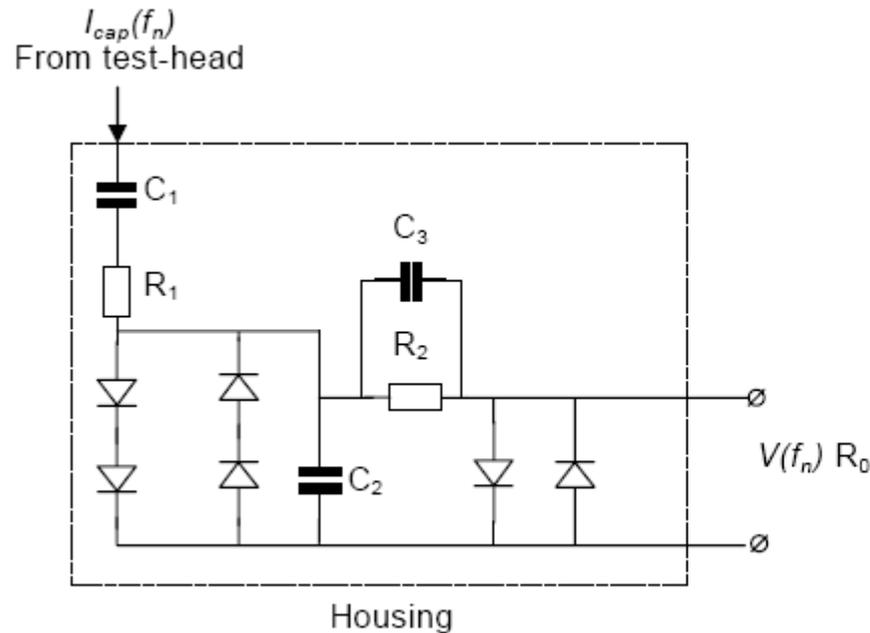
Commity draft: IEC 62493 Ed. 1

Dispositif expérimental de mesures



Type of lighting equipment	Measurement distance (cm)
Hand lamps ¹	5'
Table lighting equipment	30
Wall lighting equipment	50
Up lighter	50
Suspended lighting equipment	50
Ceiling and/or recessed lighting equipment for fluorescent lamps with an input power ² $\leq 180 \text{ W}$	50
Ceiling and/or recessed lighting equipment for fluorescent lamps with an input power ² $> 180 \text{ W}$	70
Ceiling and/or recessed lighting equipment for discharge lamps with an input power ² $\leq 180 \text{ W}$	70
Ceiling and/or recessed lighting equipment for discharge lamps with an input power ² $> 180 \text{ W}$	100
Portable lighting equipment	50
Flood lights	200
Lighting equipment for road and street Lighting	200
Lighting chains	50
Lighting equipment for swimming-pools and similar applications	50
Lighting equipment for stage lighting, television and film studios (outdoor and indoor)	100
Lighting equipment for use in clinical areas of hospitals and health care buildings	50
Ground recessed lighting equipment	50
Aquarium lighting equipment	50
Plug-in night lights	50
Self ballasted lamps	30
UV and IR radiation equipment	50
Transport lighting (installed in the passenger compartment of buses and trains)	50
Other lighting equipment not mentioned in this table	50

Frequency range	B ₆ according CISPR16-1-1	Measurement time	f _{step}	Detector
20 kHz – 150 kHz	200 Hz	100 ms	220 Hz	Peak
150 kHz – 10 MHz	9 kHz	20 ms	10 kHz	Peak



Example

$$C_1 = 470 \text{ pF}$$

$$C_2 = 10 \text{ nF}$$

C_3 = optional capacitor (~56 pF) to fulfill the transfer function requirements of annex F.

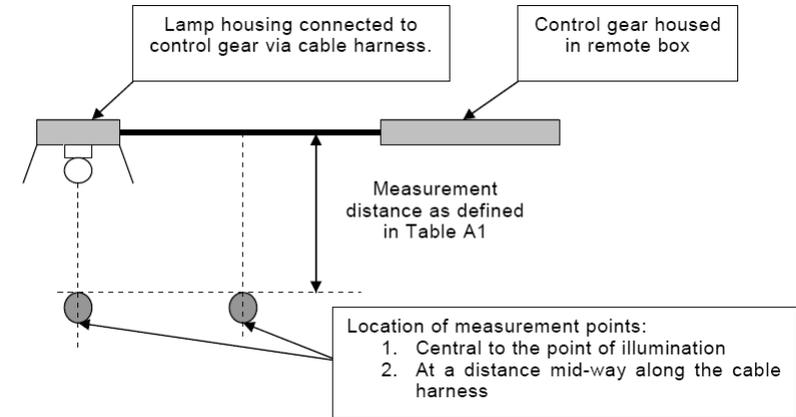
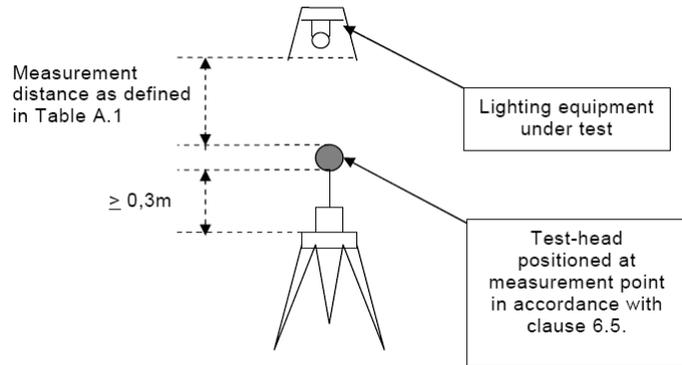
$$R_1 = 470 \text{ } \Omega$$

$$R_2 = 150 \text{ } \Omega$$

D = Schottky diode

$R_0 = 50 \Omega$ input of EMI receiver

Fonction de transfert du circuit:
$$g(fn) = \frac{V(fn)}{i_{cap}(fn)} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + [(R_0 + R_2) * 2 * \pi * f(n) * C_2]^2}}$$

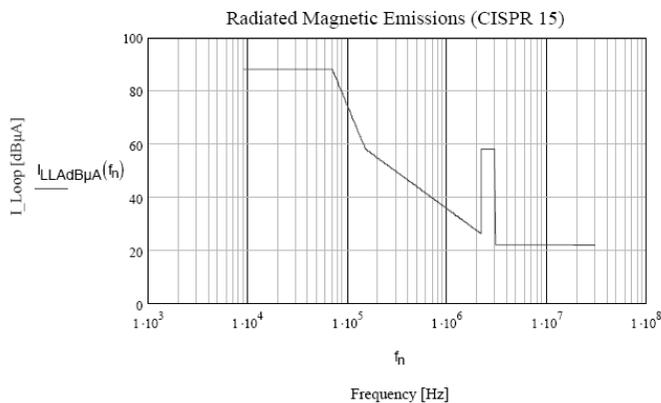


The current density $J_{cap}(f_n)$ has to be rated with the limit value $J_{Lim}(f_n)$ and has to be summated to determine the factor F, as given by equation E.2.4

$$F = \sum_{f=20kHz}^{10MHz} \frac{J_{cap}(f_n)}{J_{Lim}(f_n)}$$

[E.2.4]

with: $J_{Lim}(f_n) = \frac{f_n}{500} \cdot 10^{-3}$ and f_n in Hz



E.3 Compliance criteria:

Lighting equipment, as described in the scope, complies with this standard if it fulfils both of the following requirements:

- CISPR 15 ed. 7.1
- Factor $F \leq 0,85$.

Conclusion: Conforme aux normes

- On a pu constater que les lampes fluocompactes produisent un champ électromagnétique à des fréquences comprises entre 10 kHz et 500 kHz, émission inexistante pour les lampes à incandescences. Les valeurs maximales de champ magnétique mesurées sont < 6 A/m au contact et $< 0,1$ A/m à 25 cm.
- Ces valeurs sont à comparer avec les valeurs limites d'exposition données par L'ICNIRP. Dans la bande d'intérêt (3 kHz - 150 kHz), le seuil limite H est de 5 A/m et le seuil limite pour E est de 87 V/m.
- Les émissions de ces lampes peuvent induire un brouillage radioélectrique dans la bande de radiodiffusion en modulation d'amplitude: ondes kilométrique (Grandes Ondes) et ondes hectométrique (Petites Ondes).

Des études complémentaires:

- Ces différentes études vont être complétées par des mesures de champ électrique, effectuées également en champ proche et cela pour un ensemble plus large d'échantillons afin de préciser la nature exacte des émissions radioélectriques accompagnant l'utilisation normale de ces lampes.
- Des études seront également être menées sur les émissions de champ électromagnétique apparaissant lors de l'amorçage de la décharge électrique dans le tube. En effet, ce phénomène correspond à un régime transitoire de faible durée mais qui met en jeu des tensions significativement plus élevées et, par conséquent, des champs plus intenses avec des harmoniques de plus hautes fréquences.
- Pour être exhaustif, il faudrait également mesurer l'émission électromagnétique des lampes ayant subi plusieurs cycles de vieillissement afin de mettre en évidence les variations imputables aux dérives des composants électroniques.

Amélioration du protocole de mesure:

- Nos mesures et le protocole que nous avons proposé dans cet article sera à comparer avec celui proposé dans le document de travail proposé par la CEI.

Amélioration du circuit « ballast »:

- La comparaison entre les puissances émises et le type de circuit électronique utilisé pourra aider les fabricants de lampes fluocompactes à mettre au point des systèmes de ballast électronique moins émissifs.

Merci pour votre attention

thierry.letertre@supelec.fr