pollution électromagnétique causée par les lampes à LED

mesures sur 14 modèles de lampes

Alfred Rosenkränzer (Allemagne)

Pendant plus de cent ans, « lumière artificielle » a été synonyme de lampe à incandescence. Mais son faible rendement lumineux lui a valu des critiques et finalement son abandon par l'Union européenne. Les tubes luminescents ont un meilleur rendement, mais supportent mal l'allumage fréquent et le mercure qu'ils contiennent n'est pas très écolo-compatible. Lorsque le prix des lampes à LED est devenu plus abordable, on s'est rendu à l'évidence que l'éclairage à semi-conducteurs était clairement le successeur idéal. Alors, tout va bien ! Pas vraiment, car il existe des rapports sur les rayonnements parasites émis par certaines lampes à LED. Raison suffisante pour qu'Elektor mène l'enquête.

Comme on vient de le noter, la période de gloire des tubes luminescents a été très courte. Il n'y avait pas que la présence de produits toxiques qui posait problème, leur « qualité de lumière » et surtout leur réaction aux allumages fréquents étaient loin de l'optimum. Après l'allumage, il leur fallait un certain temps pour atteindre leur luminosité nominale. Et leur durée de vie procurait des mauvaises surprises si on les allumait trop fréquemment. Ils ont été pratiquement balayés du marché dès que les lampes à LED ont atteint une puissance et un rendement suffisants et que leur prix est devenu abordable. Depuis, ces lampes sont devenues disponibles sous des formes, des culots et des températures de couleurs variés. Après l'allumage, elles sont (le plus souvent) immédiatement lumineuses, les allumages fréquents ne leur font pas (ou très peu) d'effet et, (sauf certains produits à bas coût suspects) leur durée de vie est fort réjouissante. Les lampes à LED sont donc écologiques aussi bien qu'économiques. Voilà qui est tout à fait satisfaisant et on peut donc tranquillement se tourner vers d'autres problèmes. Quoique...

Tableau 1. Liste des lampes à LED.

N°	Fabricant	Référence	Puissance	Lumen	Lm/W	Poids	Scintillement	f1	FM	OC
0	Osram	Incandescence	60,0 W	710	11,8	23 g	oui			
1	Osram	AB48940	9,5 W	806	84,8	43 g	—			
2	Blaupunkt	ILUA70-16WB B P	16,0 W	1521	95,1	72 g	—			
3	Philips	A60 7W12430	7,0 W	806	115,1	41 g	faible			
4	Müller Licht	400006	5,5 W	470	85,5	34 g	oui			
5	Müller Licht	Retro LED 400223	4.0 W	470	117,5	17 g	—			
6	Osram	LED Star Classic A60	7,0 W	806	115,1	29 g	—			
7	Toom	G60	10,0 W	806	80,6	63 g	—			
8	Opple	LED-EG50-E27	6,5 W	470	72,3	82 g	—			
9	Sygonix	TLK-A60-806PM	9,5 W	806	84,8	94 g	—			
10	IKEA	Ryet 1000	11,5 W	1000	87,0	72 g	—			
11	IKEA	LEDARE 600	8,6 W	600	69,8	78 g	oui			
12	IKEA	Ryet 400	5,0 W	400	80,0	40 g	—			
13	IKEA	LEDARE 1000	13,0 W	1000	76,9	122 g	oui			
14	B1	LED Lampe	8,8 W	806	91,6	52 g	—			

Des problèmes ?

Début décembre 2017, Elektor reçut de la part d'un membre du DARC (Club des Radio-Amateurs allemands) une note sur la constatation d'un nombre croissant de perturbations radio, radioamateur et Wi-Fi dues à des lampes à LED. Elektor a rapporté les faits dans un article en langue allemande mis en ligne [1], qui a été consulté plus de 100.000 fois.

Fin 2017, le DARC a mis sur son site web une liste de produits d'éclairage à LED avec des mesures de spectre [2] qui complétait la publication d'un article avec des mesures dans leur revue CQ DL (n°10/2017). L'organisation de consommateurs *Stiftung Warentest* s'est également occupée des lampes à LED, mais pas du point de vue des perturbations électromagnétiques. Raison suffisante pour Elektor d'approfondir cette question : pour cet article, nous avons examiné quatorze lampes à LED. De plus, vous aurez droit à un petit mode d'emploi qui vous permettra d'évaluer, sans une grosse collection d'instruments de mesure, la pollution électromagnétique causée par vos lampes à LED.

Procédure

Pour commencer, nous avons acheté sur l'internet, chez IKEA et dans un magasin de bricolage local, une série de treize lampes à LED différentes avec un culot E27, complétée par une lampe fournie par un collègue intéressé. Ces lampes sont considérées comme représentatives de beaucoup d'autres modèles. La série inclut des produits de sociétés renommées, des lampes sans marque et une marque de bricolage. Ce mélange n'est pas obligatoirement représentatif, mais c'est un bon exemple de ce qui est couramment disponible dans le commerce. Le **tableau 1** donne la liste des lampes examinées et, en plus des principales caractéristiques, le résultat qualitatif de l'évaluation par des couleurs (bon, passable, médiocre, mauvais).

Mais voilà qui est loin de tout dire. Comme les électroniciens sont à juste titre curieux

du quoi, du comment et du pourquoi, les pages suivantes présentent les procédures et les méthodes de mesure, ainsi que beaucoup d'oscillogrammes.

Parasites

Il faut tout d'abord éclaircir pourquoi il peut se produire des parasites et de quel genre. Le secteur fournit une tension alternative pratiquement sinusoïdale de 230 V_{eff} et à une fréquence de 50 Hz. Dans l'idéal, c'est de la basse fréquence pure sans, dans le sens propre du terme, aucun harmonique. En réalité, il y a des réglages d'intensité lumineuse, des moteurs et des alimentations de PC, etc. qui, combinés aux composantes résistives et inductives du câblage domestique, déforment plus ou moins la belle sinusoïde. Ce qui cause un spectre d'harmoniques qui peut s'étendre jusqu'aux domaines des hautes fréquences et perturber les appareils qui exigent l'absence de ce type de parasites pour un traitement correct de l'information, comme les postes de radio ou les émetteurs-récepteurs de radioamateurs, pour ne citer que les principales catégories.

Aux temps pré-technologiques, il y avait moins de sources de parasites. Justement, la bonne vieille lampe à incandescence n'était au fond qu'une résistance pure qui ne déformait pas l'onde sinusoïdale. Pendant sa courte vie, elle n'était pas non plus complice de méfaits comme le décalage de phase.

Par contre, il en va tout autrement avec les lampes à LED. On sait que les LED sont alimentées en courant constant, car dans le domaine de leur courant nominal elles exhibent, comme toutes les diodes, une impédance différentielle relativement faible et un coefficient de température négatif de la tension à leurs bornes. Dans le cas le plus simple, on contrôle ces effets par la mise en série d'une résistance adéquate et l'utilisation d'une tension d'alimentation plus élevée que nécessaire. La tension aux bornes d'une LED blanche à haut rendement s'établit à 3,3 V environ pour son courant nominal. Avec une résistance en série, on peut donc l'alimenter sans danger par une source de tension de 5 V. Mais comme on dissipe alors 1/3 de l'énergie en chaleur dans la résistance, cette procédure simple ne convient que pour des petites LED, les voyants lumineux par exemple. Mais attention : les rubans lumineux proposés par toutes les grandes surfaces de bricolage sont composés de circuits associant trois LED et une résistance en série, pour alimentation sous 12 V. Ici, on gaspille 20% de l'énergie dans les résistances.

En tout cas, on peut dire que l'utilisation de tensions continues pour l'alimentation des LED, certes loin de l'optimum énergétique, est parfaite du point de vue de la CEM (compatibilité électromagnétique), car elle ne déforme pas le courant et ne provoque donc aucun rayonnement à haute fréquence. Mais les lampes à LED et leurs fabricants veulent impressionner par leurs rendements, ce qui interdit l'emploi des résistances série. La plupart des lampes à LED modernes misent sur la technique des alimentations à découpage. C'est là que les problèmes commencent !

Fonctionnement sur secteur

Commençons par une exception : dans l'article « Ainsi soient les LED » d'Elektor en janvier 2016 [3], Thomas Scherer a présenté la lampe à LED représentée sur la **figure 1**, qui lui a été vendue comme lampe de 10 W. Si elle n'était pas tombée en pièces détachées dans son emballage au cours du transport, il n'aurait jamais constaté la particularité du produit qu'il venait d'acheter : non seulement on avait fait l'économie d'une alimentation à découpage remplacée par un condensateur série, mais on distingue aussi clairement que la lampe était en fait un modèle de 7 W. L'avantage de cette technique économique : elle ne produit pratiquement pas de rayonnement parasite. On l'utilise volontiers pour les lampes dites à filament où, dans un style rétro, le filament est simulé par une chaîne de LED allongées.

Toutes les autres, soit largement plus de 90% des lampes à LED, possèdent une alimentation à découpage qui fournit le courant constant pour les quelques LED de puissance ou les nombreuses LED plus petites en série. Ces alimentations commencent par redresser le courant du secteur et charger un condensateur tampon à haute tension. Ensuite, cette haute tension continue est découpée pour alimenter un petit transformateur. Le courant qui circule à la sortie est évalué et sert de contre-réaction pour l'électronique de commande du transistor de puissance. La fréquence de découpage se situe dans le domaine de 30 à 100 kHz. Question haute fréquence, cela reste relativement bas, même pour les premiers harmoniques.

Fig. 1. Entrailles d'une lampe à LED bon marché : condensateur série, diode, condensateur de filtrage et résistance de décharge. L'inscription le montre : seulement 7 W au lieu des 10 W indiqués.

L'alimentation du transformateur n'est toutefois pas sinusoïdale, mais de forme carrée, avec des flancs bien raides. Cette commutation rapide engendre des spectres de hautes fréquences avec pas mal d'énergie dans les fréquences supérieures. Un découpage rapide est bon pour le rendement et une haute fréquence est bonne pour la taille de l'objet, les dimensions du transformateur diminuant avec la fréquence. Malheureusement ces deux aspects contribuent au taux d'émission de parasites à haute fréquence. Les supprimer par filtrage nécessiterait des composants supplémentaires, donc une augmentation du coût, et anéantirait l'avantage de la faible taille, c'est pourquoi de tels dispositifs ne sont utilisés que de façon limitée.

Test et mesure

Pour effectuer les mesures sur les différentes lampes dans les mêmes conditions, nous avons réalisé un banc de test. Sur la **figure 2**, on remarque tout d'abord la présence d'un transformateur d'isolement du réseau pour protéger l'auteur et ses instruments de mesure. Les quatre prises au secondaire de ce transformateur, avec un écart de 15 V, permettent d'évaluer si la luminosité de la lampe varie notablement avec les fluctuations du secteur.

La masse est reliée au conducteur de terre, qui est aussi le potentiel de masse de l'oscilloscope connecté. Le courant est mesuré par la chute de tension qu'il provoque dans une résistance de 1 Ω. La résistance supplémentaire de 50 Ω

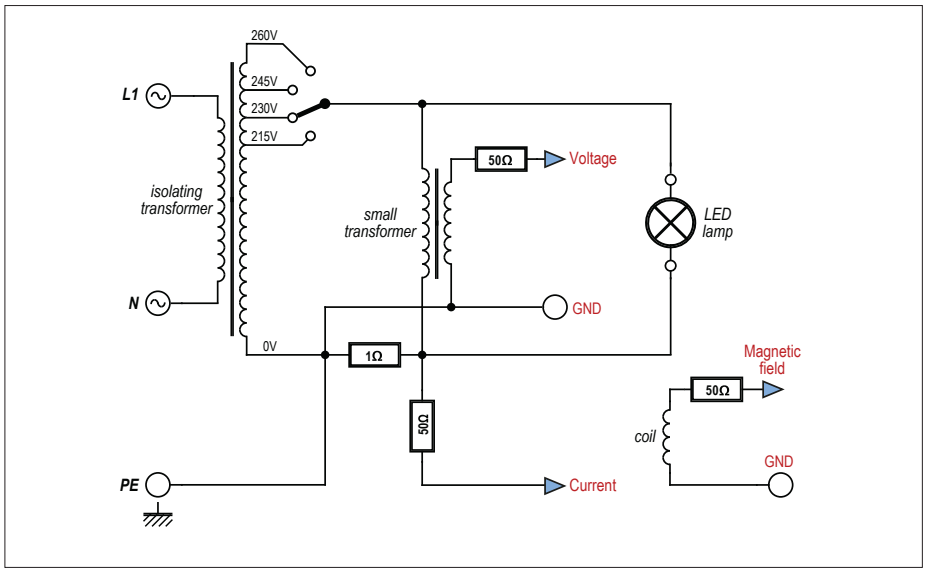

Fig. 2. Banc de test pour la mesure des lampes à LED. Ce montage n'est pas destiné à être reproduit – le contact avec le conducteur supérieur peut être mortel !

sert à l'adaptation d'impédance au câble BNC. Un petit transformateur en parallèle sur la lampe à LED fournit une valeur réduite de sa tension d'alimentation. Cela permet de surveiller les parasites sur cette tension et surtout de synchroniser facilement l'oscilloscope.

Avec ce dispositif, on peut évaluer facilement et sans danger les évolutions du courant et de la tension. Mais en complément, une bobine mesure le champ magnétique de fuite et il est prévu une antenne pour les champs électromagnétiques. Nous y reviendrons plus loin.

Non seulement les variations temporelles des courants présentent un intérêt, mais aussi leur aspect spectral. Pour éviter la confusion avec ces 14 lampes ainsi que la lampe à incandescence de référence, on a simplement numéroté les lampes selon le tableau 1 et indiqué ces numéros sur toutes les figures et copies d'écran. Les photos **sur les bords** du tableau 1 montrent les photos des lampes soumises aux mesures.

Courant dans le domaine temporel

Pour le contrôle, nous avons mesuré le courant d'une lampe à incandescence. Nous n'avons pas mis sa photo, mais ses courbes servent d'exemple de lampe exempte de parasites. Même si la sinusoïde du secteur est légèrement déformée, on constate (**fig. 3**) à la forme des courbes de la tension (en violet) et du courant (en jaune) d'une lampe de 60 W l'absence de toute perturbation. On a conservé ce code de couleurs pour les lampes à LED sur les **figures 4 à 17**. La courbe du courant apporta illico les premières surprises : la première lampe (**fig. 4**) montre au lieu d'un courant sinusoïdal ou même trapézoïdal de magnifiques pointes lorsqu'on atteint la tension de crête. C'est là que le condensateur tampon est chargé à la valeur de crête, ce qui explique la

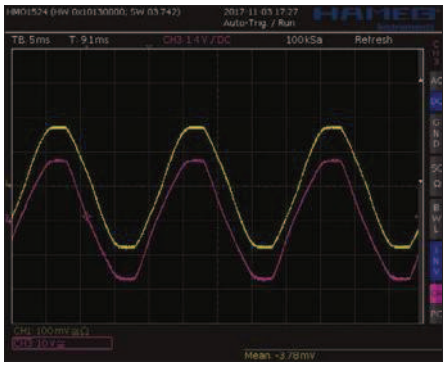

Fig. 3. Courbes de tension et de courant de la lampe à incandescence.

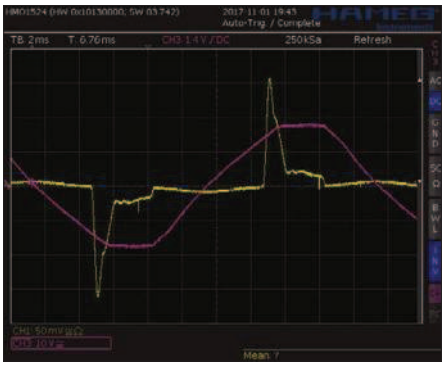

Fig. 4. Courbes de tension et de courant de la lampe 1.

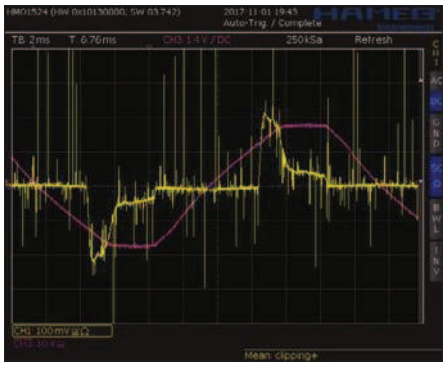

Fig. 5. Courbes de tension et de courant de la lampe 2. Waouh !

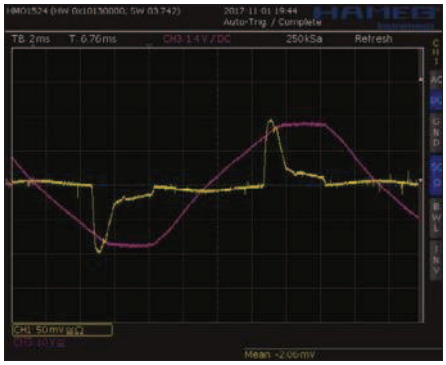

Fig. 6. Courbes de tension et de courant de la lampe 3.

Fig. 7. Courbes de tension et de courant de la lampe 4.

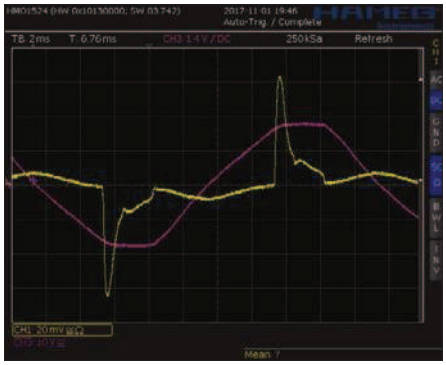

Fig. 8. Courbes de tension et de courant de la lampe 5.

présence des pointes. Le palier suivant, analogue à l'assise d'une chaise, correspond au courant consommé par les LED alors que la tension reste à peu près constante. Quand la tension commence à diminuer, le condensateur se met à alimenter l'électronique. Mais sa tension reste encore supérieure à celle du secteur, il n'y a donc pas de courant de charge jusqu'à la prochaine demi-alternance. Le tableau 1 indique que cette lampe perturbe légèrement la bande FM, alors que la forme des courbes n'a pas l'air aussi « haute fréquence ». Si déjà vous estimez le courant de la lampe 1 inesthétique, alors reportez-vous à la **figure 5** : la lampe 2 ajoute à la courbe de charge une quantité de pointes aiguës, dont l'amplitude atteint le double de la pointe de charge. On craint le pire. Et, en effet, le tableau 1 la désigne comme le plus mauvais élève. On retrouve la forme de courbe de la lampe 1, avec quelques petites différences, sur les lampes 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12 et 14. Mais jetez un coup d'œil sur **figures 14** et **16** des lampes 11 et 13. On n'y voit pas de pic de charge, mais une courbe de courant relativement plate et légèrement déphasée. L'électronique intégrée doit donc charger le condensateur tampon avec un courant relativement constant et donc plus faible, ce qui doit commencer à des tensions plus basses, de quelques dizaines de volts et durer proportionnellement plus longtemps. Le temps à courant nul est très court. On voit donc une forme trapézoïdale presque pure de faible amplitude, ce qui est idéal pour la haute fréquence. Conclusion : aucun parasite avec la lampe 13 ! Il pourrait en être de même avec la lampe 11 et assurer la *pole position* à Ikea, s'il n'y avait pas ces disgracieuses pointes sur la **figure 14**. Apparemment, Ikea n'a pas qu'un seul fournisseur.

Le processus sur la **figure 10** n'est pas très clair. La lampe semble commencer à

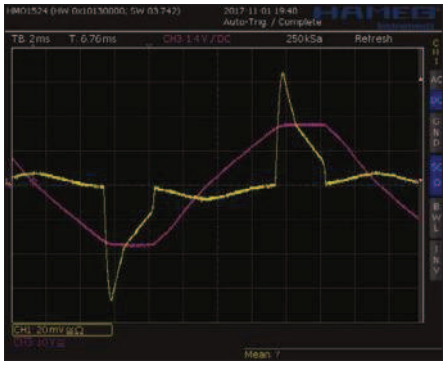

Fig. 9. Courbes de tension et de courant de la lampe 6.

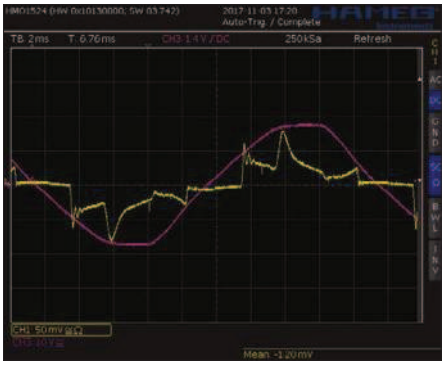

Fig. 10. Courbes de tension et de courant de la lampe 7.

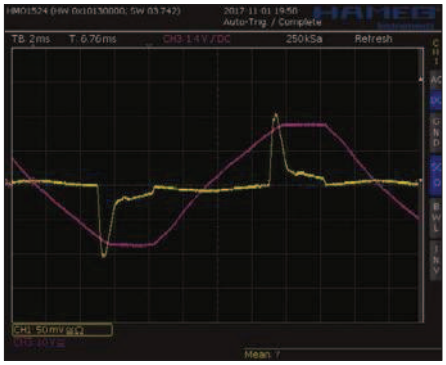

Fig. 11. Courbes de tension et de courant de la lampe 8.

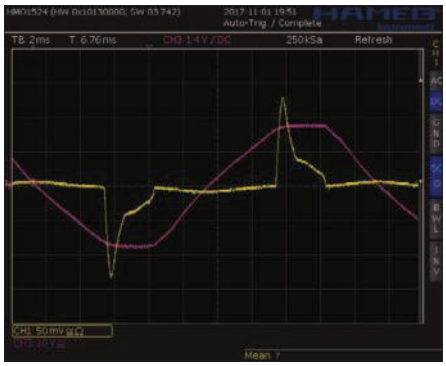

Fig. 12. Courbes de tension et de courant de la lampe 9.

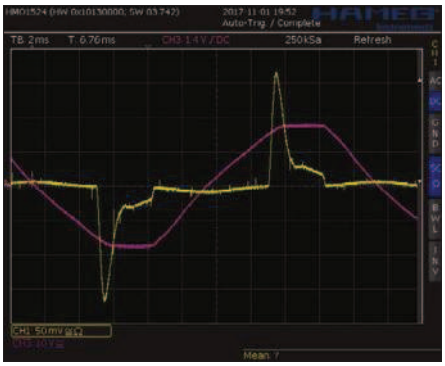

Fig. 13. Courbes de tension et de courant de la lampe 10.

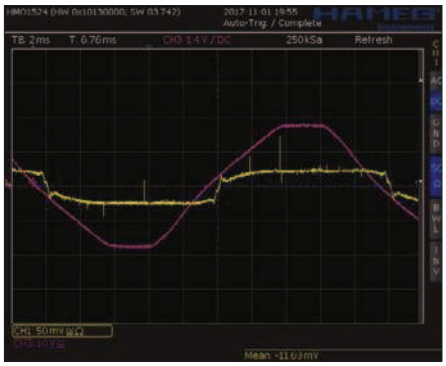

Fig. 14. Courbes de tension et de courant de la lampe 11.

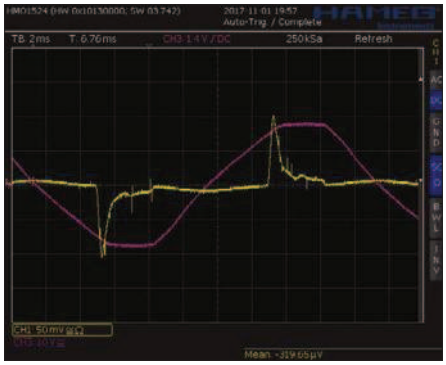

Fig. 15. Courbes de tension et de courant de la lampe 12.

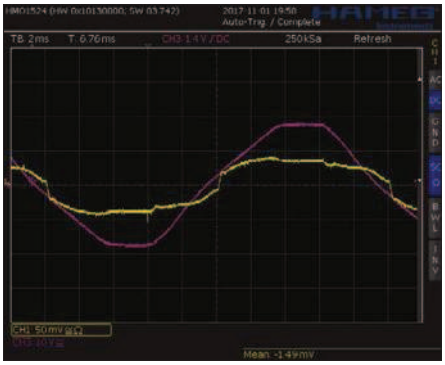

Fig. 16. Courbes de tension et de courant de la lampe 13.

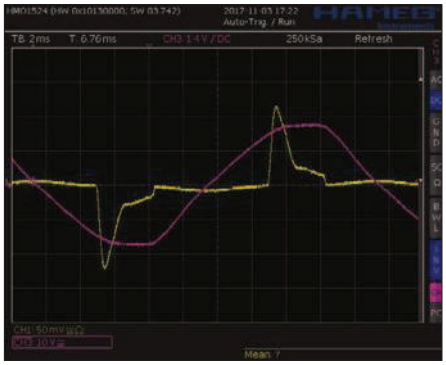

Fig. 17. Courbes de tension et de courant de la lampe 14.

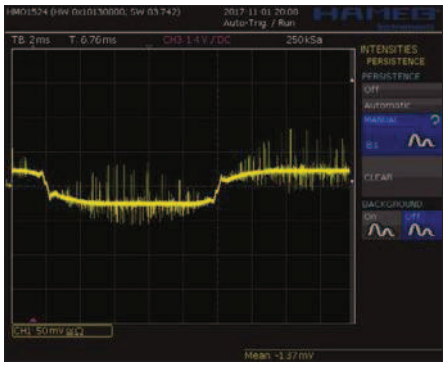

Fig. 18. Courbe de courant avec rémanence de la lampe 11.

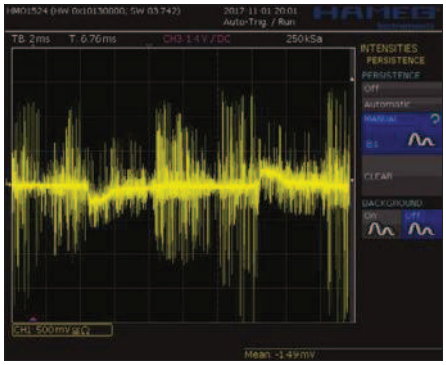

Fig. 19. Courbe de courant avec rémanence de la lampe 2.

charger son condensateur à la moitié de la tension de crête, mais brutalement. Le courant de charge se termine tout aussi brutalement. Au milieu, on observe un pic de charge, comme pour la plupart des autres lampes. L'idée était peut-être bonne, mais sa réalisation est ratée. Les flancs raides laissent prévoir de la haute fréquence. En effet, cette lampe Ikea occupe dans le tableau 1 la seconde place des pires perturbateurs.

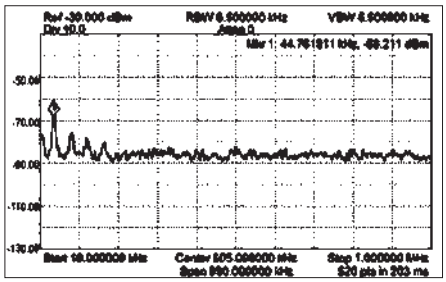

Fig. 20. Spectre de courant de la lampe 1.

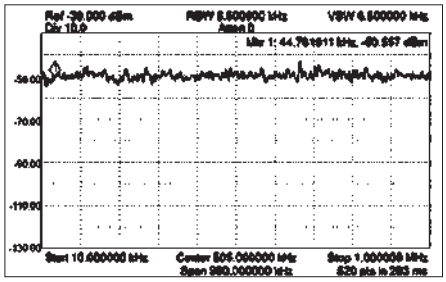

Fig. 21. Spectre de courant de la lampe 2. Rien d'étonnant...

Courant en mode rémanent de plus de 8 s

Comme les pointes sont certainement responsables de la plus grande partie des parasites, nous avons répété l'enregistrement des courants avec l'affichage rémanent. Cela amplifie les pointes étroites et les rend plus facilement observables. Les pointes apparemment plutôt inoffensives de la figure 14 deviennent une petite forêt sur la **figure 18**. On s'explique ainsi mieux les parasites de la lampe 11.
L'image de la lampe 2 en devient impressionnante : la **figure 19** montre une pollution HF quasi continue.

Analyse spectrale

Passons à la mesure des spectres du courant avec un analyseur du type USB-SA44B de Signalhound. Un condensateur de 220 nF bloque les tensions continues éventuelles et forme avec la résistance d'adaptation de 50 Ω un filtre passe-haut de 15 kHz environ, ce qui atténue sensiblement les composantes à 50 et à 100 Hz et les premiers harmoniques. Un *balun* additionnel du type FTB-1-6 de Mini Circuits, avec une largeur de bande de 10 kHz à 125 MHz, isole aussi galvaniquement l'analyseur du banc de test. Le domaine spectral analysé s'étend de 10 kHz à 1 MHz, car au-delà nous n'avons plus observé de niveau de signal significatif.

Le spectrogramme de la lampe 1 (**fig. 20**) est déjà intéressant : on y voit distinctement le pic de 44,76 kHz (la fréquence de découpage) et les harmoniques. À partir de f3, le bruit de fond augmente un peu, mais reste toujours sous −80 dB. Les spectres de beaucoup d'autres lampes ont un aspect très semblable et n'apportent donc pas de supplément d'information. Seule la lampe 12 sort un peu du lot avec un bruit de fond plus élevé de 8 dBm.
Il manque encore quelque chose ? Exact : le spectre de la lampe (perturbatrice) 2. La **figure 21** montre un spectre effrayant avec des niveaux de perturbation jusqu'à −43 dBm. Même la fréquence de découpage est complètement noyée dans cette mer de HF. Pas étonnant qu'on ait du mal à capter la radio à côté de cette lampe.

Champs magnétiques à basse fréquence

La **figure 22** montre le dispositif de mesure des champs magnétiques de 10 kHz à 1 MHz : une bobine ouverte en ferrite du commerce de 68 µH mise à 5 cm de la lampe. Comme toujours, la lampe 1 sert de référence ; sur la **figure 23**, on voit que la lampe 10 présente aussi un bon spectre du champ magnétique. On voit à peine la fréquence de base et, plus haut, les niveaux de parasites restent heureusement bas. La courbe verte représente le niveau de référence pour tous les spectres, lampe éteinte.

Voyons maintenant les vauriens : la lampe 12 se trahit sur la **figure 24** par un râteau d'harmoniques sur toute l'étendue de la bande de fréquences. Et comme il fallait s'y attendre, la lampe 2 ne rate pas non plus sa cible sur le plan magnétique (fig. **25**).
Notons qu'on ne détecte aucun champ magnétique avec les lampes 5 et 6 qui, comme déjà noté, ne contiennent probablement aucune alimentation à découpage.

Champs magnétiques à haute fréquence

Le domaine magnétique ne s'arrête évidemment pas à 1 MHz, c'est pourquoi nous avons mesuré le spectre entre 1 MHz et 110 MHz. Pour cela, la bobine en ferrite fut remplacée par une bobine à air mieux adaptée, de 5 spires et 3 cm de diamètre. Le spectre sans aucune LED active montre un pic à 24 MHz, qu'il nous faudra ignorer dans la suite.

Les lampes 10 et 13 (**fig. 26** et **27**) donnent des résultats intéressants. La lampe 10 se distingue par une augmentation du rayonnement magnétique dans une large bande, mais dont le niveau reste tellement bas qu'il ne parasite aucun appareil. La **figure 27** est plus excitante avec le spectre de la lampe 13, où apparaissent des augmentations de niveau à 14 et 17 MHz. Comme toujours, la lampe 2 s'avère plutôt mauvaise : sur la **figure 28**, on n'arrive même pas à distinguer le pic de 24 MHz.

Champs parasites électromagnétiques

Mais ce qui est véritablement significatif, ce sont les parasites captés par une antenne. C'est pourquoi nous avons utilisé une antenne monobrin de 50 cm à une distance de 50 cm de la lampe comme sonde électromagnétique. Le domaine de fréquences fut aussi étendu à 220 MHz. Bien que les mesures aient été effectuées dans une pièce au sous-sol relativement à l'abri du rayonnement électromagnétique, beaucoup de fréquences arrivaient tout de même à passer comme le montrent les courbes de référence vertes. Pour pouvoir mesurer un effet chez les bonnes lampes à LED, nous avons dû utiliser le préamplificateur de l'analyseur. On a alors vu les parasites à 10 MHz de l'alimentation du PC portable, dont la batterie a fini par s'épuiser au cours des longues séries d'essais.

Seules deux lampes fournirent des résultats intéressants. La lampe 11 (**fig. 29**) montra un niveau de parasites légèrement accru au-delà de 100 MHz. La lampe 2 (**fig. 30**) obtint encore une fois la plus mauvaise note. Au voisinage de ce générateur de parasites, il doit être pratiquement impossible de capter les émetteurs radio un peu faibles.

Divers

Lors de la manipulation des lampes, on constata des différences appréciables dans leur poids. Comme le culot et l'ampoule en verre doivent avoir des poids voisins et que les composants électroniques, y compris les LED (mais pas leurs radiateurs) sont plutôt légers, on peut raisonnablement en conclure que les différences sont dues à des transformateurs et des bobines de filtrage, ce qui serait en rapport avec les résultats obtenus ici. Les poids sont mentionnés dans le tableau 1. La lampe 5 a la particularité d'être plus légère que la lampe à incandescence.

Nous avons examiné au moyen d'une diode photoélectrique si la fréquence du secteur redressée (100 Hz) ou la fréquence de découpage étaient détectables dans le flux lumineux. Les résultats sont consignés dans la colonne « Scintillement » du tableau 1. Même la lampe à incandescence présente un faible scintillement à 100 Hz.

Les valeurs du courant et de la puissance consommée dans le tableau 1 proviennent des fabricants et ont été utilisées pour calculer le rendement lumineux relatif en lm/W. Outre la lampe 3, ce sont les lampes Retro 5 et 6 qui furent les plus convaincantes.

Le courant consommé n'est sinusoïdal pour aucune des LED. Pour vérifier que les indications de puissance consommée sont conformes à la réalité, la lampe 1 fut contrôlée avec un wattmètre (Voltcraft 4500PRO D). Au lieu

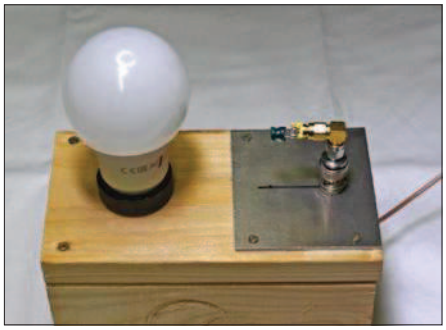

Fig. 22. Une petite bobine comme sonde magnétique à 5 cm de distance de la lampe.

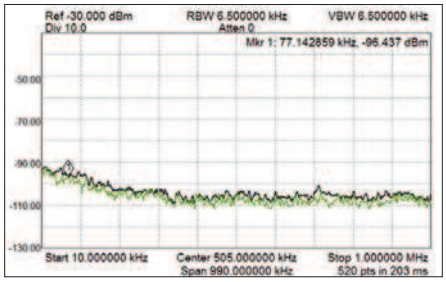

Fig. 23. Spectre magnétique BF de la lampe 10 : tout va bien.

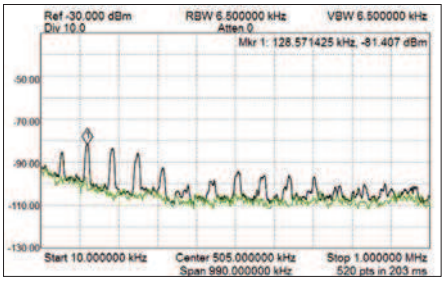

Fig. 24. Spectre magnétique BF de la lampe 12 : un râteau d'harmoniques.

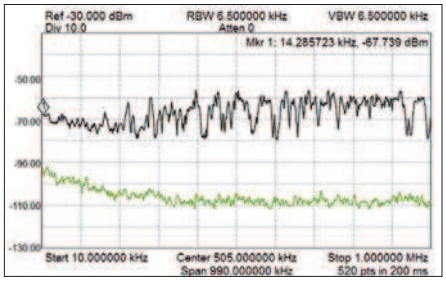

Fig. 25. Spectre magnétique BF de la lampe 2 : mauvais.

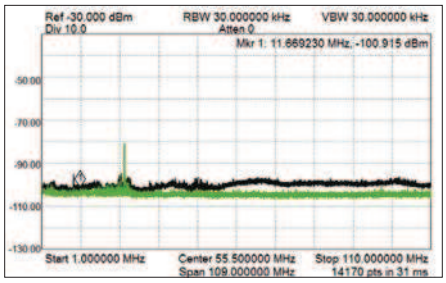

Fig. 26. Spectre magnétique HF de la lampe 10 : un peu plus de bruit vers les hautes fréquences

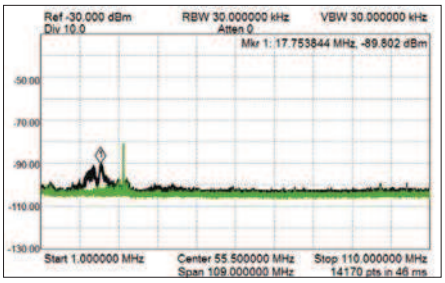

Fig. 27. Spectre magnétique HF de la lampe 13 : des pointes à 14 et 17 MHz.

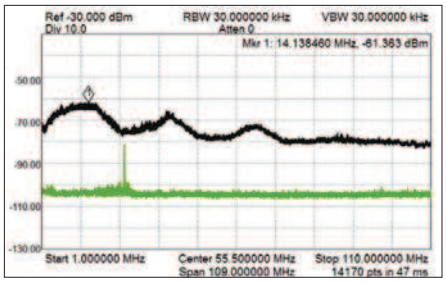

Fig. 28. Spectre magnétique HF de la lampe 2 : ça ne promet rien de bon.

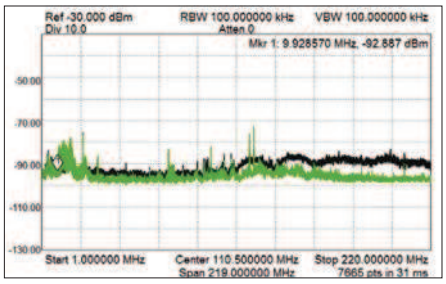

Fig. 29. Signal d'antenne pour la lampe 11.

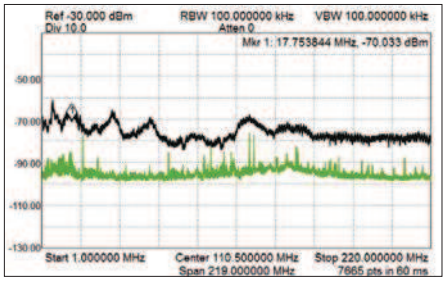

Fig. 30. Signal d'antenne pour la lampe 2 : un vrai émetteur de parasites.

Test de CEM avec un récepteur radio

Dans une pièce où la réception FM était très moyenne (le sous-sol de l'auteur), nous avons fait fonctionner un poste de radio à 20 cm environ des lampes à LED. Nous avons raccourci l'antenne jusqu'à ce que la station émettrice soit à la limite de réception correcte, puis nous avons allumé la lampe à LED (voir la figure). Allez voir le petit clip vidéo réalisé pour cet article [4]. Comme on s'y attendait, la lampe 2 a fortement perturbé la réception. La lampe 10 a perturbé légèrement, les lampes 1, 7 et 11 très peu et les autres pas du tout. Pour entendre les parasites, il fallait pratiquement coller l'oreille au haut-parleur. La sensibilité de ce test simple est étonnante. On peut même le conseiller aux profanes pour identifier les lampes perturbatrices (si l'on explique la procédure avec précision). Si l'on ne dispose pas d'un poste de radio, on peut utiliser le récepteur FM intégré à l'ordiphone. La lampe à LED peut prendre la place de l'ampoule dans une lampe de bureau ou autre.

Fig. 31. Test de CEM avec un récepteur radio FM.

Comme la FM n'est pas tout, nous avons répété le test avec un récepteur à ondes courtes sur la fréquence de 8 MHz. Résultat : la lampe 2 perturbe beaucoup, les autres pas du tout. Le test en FM est donc nettement plus sensible, mais ici aussi, la lampe 2 est à nouveau sortie du lot.
Les temps modernes exigent des méthodes modernes. Aussi avons-nous effectué un troisième test avec l'autoradio de l'auteur, qui peut capter la RNT (*Radio Numérique Terrestre*). Résultat : même la lampe 2 n'a pas pu la perturber. Voilà qui en dit long sur l'insensibilité aux parasites de ce mode de transmission. Par contre, la réception FM de l'autoradio fut complètement perturbée par la lampe 2. Les autres lampes n'ont pas été testées.

des 9,5 W indiqués, ce fut 10 W, un écart tolérable. De même, des calculs directs de puissance à partir des courbes de courant et de tension, mesurées avec une précision largement suffisante, n'ont pas donné de gros écarts avec les données des fabricants.

Conclusion

Presque toutes les lampes à LED achetées pour ce test ont heureusement montré un niveau de parasites nul ou très faible, voisin du seuil de détection.
Toutefois, la lampe 2 est un parfait émetteur de parasites ; elle n'aurait jamais dû être commercialisée. Nous n'avons pas pu déterminer s'il s'agit ici d'une caractéristique d'une série, d'une exception ou d'un défaut. Mais il y a pire, comme indiqué dans l'encadré « **Transformateur électronique** ».
Si vous-même soupçonnez l'une de vos lampes à LED d'être une émettrice de parasites, vous pouvez faire le test de l'encadré « **Test de CEM avec un récepteur radio** ». Si vous découvrez ainsi un malfaiteur et voulez en avoir le cœur net, signalez la chose à Elektor (redaction@elektor.fr) sous la référence « Lampe à LED polluante ». Si la lampe est d'un type qui n'a pas encore été testé, Elektor se fera un plaisir de la transmettre à l'auteur pour analyse et parution ultérieure d'une éventuelle mise à jour de cet article et de sa liste de produits. ◀

(160610 – version française : Helmut Müller)

Liens

[1] https://goo.gl/DkVVQP
[2] https://goo.gl/hiRa2Q
[3] www.elektormagazine.fr/150577
[4] www.elektormagazine.fr/160610
[5] www.elektormagazine.fr/080691

Transformateur électronique

Dans toute grande surface de bricolage, on devrait poser d'urgence un panneau avec l'inscription : « **Méfiez-vous des transformateurs électroniques** ». Cela n'a rien à voir avec les « Transformers » de la science-fiction, qui enthousiasmeraient plutôt les jeunes, mais avec ce qu'on désigne par transformateurs électroniques et qui servent à alimenter en 12 V des systèmes d'éclairage à petits spots halogènes (et aussi les spots et autres petits luminaires plus récents équipés de LED). Par rapport à leur puissance, ils sont petits, légers et très bon marché. Ils contiennent une petite alimentation à découpage qui est d'un type particulier, comme on s'en rend compte au second coup d'œil sur la photo, reprise d'un article de Thomas Scherer dans Elektor de décembre 2008 [5].
Il manque le condensateur tampon à l'entrée et le condensateur de filtrage à la sortie, ce qui fait qu'en sortie on trouve une superbe tension carrée de 12 V_{eff} (mais à 30 kHz) qui alimente plusieurs spots au bout de quelques mètres de conducteurs non blindés, ce qui assure des conditions optimales de rayonnement. De plus, du fait de l'absence du condensateur tampon à l'entrée, on retrouve à la sortie une onde puissante à 100 Hz. L'émetteur de parasites ainsi acheté émet donc une onde HF modulée de toutes les façons imaginables par un « signal utile à 100 Hz », ce qui assure un joyeux ronflement sur les récepteurs.
Étonnamment, cela n'est pas foncièrement interdit. Du moins à la vente. Le non-électronicien inconscient se réjouit et les radioamateurs voisins pestent. Il y aurait là une opportunité d'intervention régulatrice de l'Union européenne.

Fig. 32. Transformateur électronique et son intérieur spartiate.