

L'ampoule salvatrice

Francis Massen

The dead, the gentle dead—who knows?—
In tungsten filaments abide.
And on my bedside table glows
Another man's departed bride.

John Shade

Pas un jour ne passe sans que l'on ne nous rappelle qu'il est urgent de "sauver la planète". Certaines présentatrices des prévisions météorologiques excellent dans l'art de terminer leurs oracles par ce slogan, récité d'une voix qui oscille entre larmoiement et remontrance. La commission européenne ne fait que suivre ce *Zeitgeist*, en déclarant illégale la vente des ampoules incandescentes classiques d'une puissance supérieure à 75W (et dans un proche avenir de toutes les ampoules à filament). Malheur au pauvre touriste qui revient d'Afrique ou d'Asie avec telle ampoule dans sa valise. Il risque une amende de 5000 € pour avoir osé saboter les grandes ambitions européennes de l'économie d'énergie.

Je voudrais dans cet article mettre la lumière (!) sur certains faits gênants que l'on passe communément sous silence, et montrer que des changements imposés par une exstase pseudo-écologique ne sont pas toujours aussi anodins que l'on veuille nous faire croire.

1. La part de l'éclairage dans la consommation électrique domestique

L'étude DELIGHT [1] constitue pratiquement le premier essai de chiffrer la part de l'électricité qui sert à l'éclairage d'un ménage. Elle donnait un pourcentage de 17% comme moyenne pour l'Europe des quinze (EU15) de l'époque. En 2008, le BSR [2] allemand (Büro für sozialverträgliche Ressourcennutzung) arrive à un taux de 12.7% pour un échantillon de ménages allemands. Puisque la consommation électrique journalière est en moyenne de 9.84 kWh, ceci signifie qu'une énergie de 1.25 kWh est nécessaire pour l'éclairage par ménage et par jour. Cette étude récente donnait la part des ampoules incandescentes à 73%, celle des lampes fluorescentes à 27% (je simplifie légèrement en incluant les lampes halogènes dans la 1ère catégorie, et les "tubes à néon" dans la deuxième).

Les grands discours sur les économies faramineuses qu'apporterait la migration vers les ampoules compactes fluorescentes (les CFL ou lampes d'économie) reposent en général sur un raisonnement ultra-simpliste: Une ampoule classique de 100W donne un flux lumineux de 1200 lumen, tout comme le fait une CFL de 20W. Donc le changement diminuera la demande énergétique pour l'éclairage domestique d'un facteur 5. Il est bien connu que 90% de l'énergie fournie à une lampe incandescente sont transformés en chaleur; pour les CFL ce pourcentage est approximativement de 30%. Les pousseurs des lampes CFL admettent ou suggèrent que cette chaleur est une nuisance, qu'elle ne sert à rien et est perdue. Or dans nos régions plutôt froides, une chaleur dégagée à l'intérieur d'une maison bien isolée, où tous les radiateurs sont munis de thermostats, n'est certainement pas perdue. Cette chaleur des ampoules réduit pour autant la consommation de gaz ou de fuel du chauffage central (et si par hasard l'électricité provient de sources nucléaires ou "vertes", ceci sans aucune émission de ce gaz que seule la flore semble apprécier!).

Faisons un petit calcul de l'économie de remplacement, en nous servant des données du rapport BSR. Admettons que le ménage allemand moyen possède 3 CFL de 20W, allumées

pendant 3 heures par jour (cette durée est plus grande que la moyenne des lampes classiques, qui souvent est donnée comme 1.5 à 2 heures. Mais tout bon psychologue sait que l'on hésite à éteindre une lampe peu gourmande). Ces 3 CFL demandent donc $3 \times 3 \times 20 = 180$ Wh par jour et il reste $1250 - 180 = 1070$ Wh pour les ampoules classiques. Admettant que la chaleur dégagée par les lampes soit utile pendant $2/3$ de leur temps d'utilisation, en pensant à une période de chauffage de 8 mois sur 12. Voici le bilan de la demande énergétique pour les 2 scénarios:

Demande énergétique des ampoules classiques	Demande énergétique si toutes les ampoules classiques sont remplacées par des CFL
E = 1070 Wh Chaleur fournie = $0.9 \times 1070 = 963$ Wh Chaleur utile = $2/3 \times 963 = 642$ Wh	E = $1/5 \times 1070 = 214$ Wh Chaleur fournie = $0.3 \times 214 = 64$ Wh Chaleur utile = $2/3 \times 64 = 43$ Wh Chaleur supplémentaire à fournir par le réseau = $642 - 43 = 599$ Wh
Energie totale = 1070 Wh/jour	Energie totale = $214 + 599 = 813$ Wh/jour

Le rapport entre les demandes énergétiques est donc de $813/1070 = 0.76$; on est très loin du facteur $1/5 = 0.20$ suggéré dans les innombrables rapports et publications.

2. Durera ou ne durera pas?

Une ampoule classique brûle entre 500 et 2000 heures, selon que le réseau est riche ou pauvre en épisodes de surtension; souvent on admet une moyenne de 1000 heures. Les fabricants des lampes à économie ont peu de scrupules à imprimer des durées de vie complètement irréalistes sur leurs emballages: rarement on lit 6000h, le plus souvent on parle de 12000h, 15000h voire plus, bref les CFL semblent bénéficier d'une vie presque éternelle. Or l'expérience domestique concrète est très différente: les ampoules CFL des escaliers ou toilettes, souvent allumées et éteintes, rendent l'âme après bien moins de 2000 heures. Un test suisse de 2003 [3] trouve pour certaines lampes d'économie une durée de vie de 2200-2700h, pas notablement supérieure à celle des ampoules classiques (1500h).

J'ai mis sur pied, ensemble avec des collègues, une expérience pour vérifier la longévité des différents types d'ampoules dans une situation de cycles allumage-extinction répétitifs. Cette expérience "Blow my Bulb" peut être suivie en temps réel sur le site <http://bmb.lcd.lu>. Depuis son démarrage en janvier 2009, 4 campagnes sont terminées, la 5e se déroulant actuellement (octobre 2009). Parmi les quatre séries terminées, trois se sont soldées par la mort prématurée de la lampe d'économie. Seule une lampe CFL très chère (env. 30 €) semble remplir les promesses imprimées sur l'emballage. On peut donc conclure que les durées de vie extravagantes (que l'on peut éventuellement atteindre dans des tests de laboratoire très éloignés de la réalité du terrain) sont plutôt virtuelles!

3. La pollution du réseau électrique

Un aspect pratiquement toujours passé sous silence est lié au comportement non-linéaire des lampes CFL. Dans une lampe d'Edison, l'harmonie sinusoïdale règne en maître: tension U et intensité I varient ensembles avec la fréquence du réseau, sans retard de l'une sur l'autre. Les

formes temporelles de $u(t)$ et $i(t)$ sont parfaitement sinusoïdales, et l'analyse spectrale du courant ne montre que la seule harmonique fondamentale de 50 Hz.

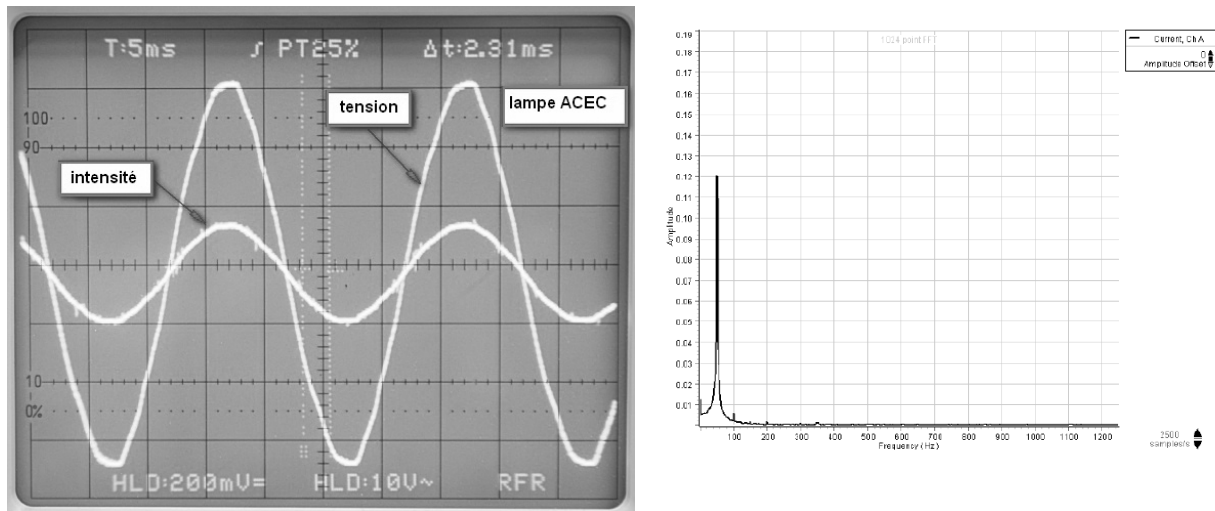


Figure 1. A gauche : oscillogramme montrant les variations de la tension du réseau et du courant traversant une ampoule classique de 25 W.
A droite : spectrogramme du courant traversant la lampe incandescente. La seule harmonique visible est celle de la fréquence de 50Hz du réseau (FM, Physique LCD).

Hélas, point d'harmonie pour le courant traversant la CFL: la fonction $i(t)$ est caractérisée par des pointes extrêmes, une forme carrément non-sinusoïdale et un déphasage par rapport à la tension $u(t)$. Il en résulte un nombre impressionnant d'harmoniques d'ordre impaires (50, 150, 250 Hz).

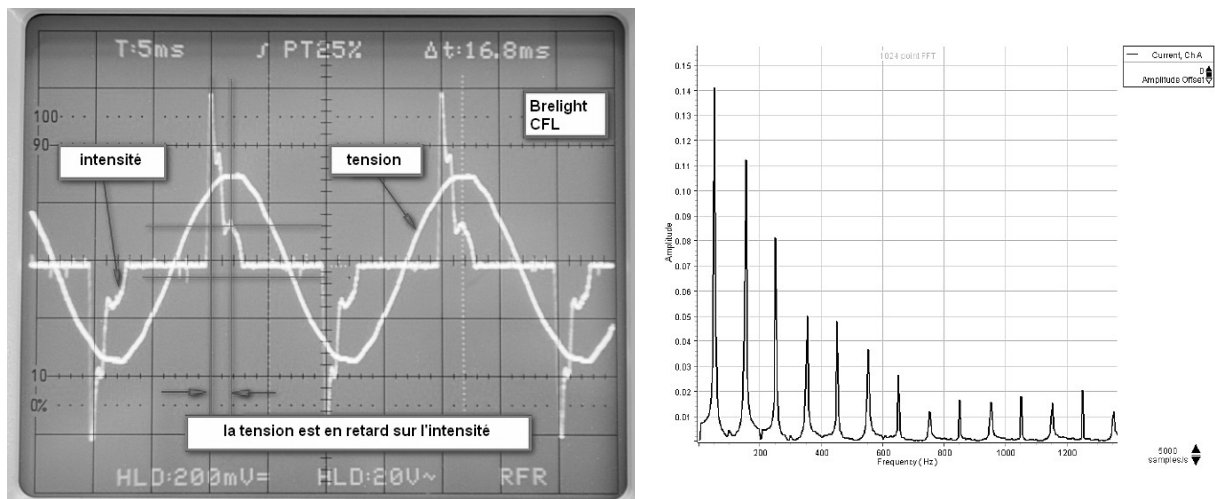


Figure 2. A gauche : oscillogramme montrant les variations de la tension du réseau et du courant traversant une ampoule d'économie.
À droite : spectrogramme du courant traversant la lampe fluorescente. Un grand nombre d'harmoniques d'ordre impair correspondant aux fréquences de 50, 150, 250, 350 Hz ... sont visibles (FM, Physique LCD)

Le résultat le plus tangible de cette situation est que la puissance apparente (« Scheinleistung ») que doit fournir le producteur de l'énergie électrique et la puissance

active (« Wirkleistung ») payée par le client deviennent très différentes. Le facteur de puissance défini par $PF = (\text{puissance active})/(\text{puissance apparente})$ est la grandeur utilisée habituellement pour chiffrer l'importance de la puissance apparente. Dans une ampoule classique, ces deux puissances sont les mêmes, donc $PF = 1$. Nos mesures ont fourni pour les CFL des facteurs de puissance ne dépassant pas 0.6 . Concrètement ceci signifie que le client qui utilise une CFL de 20W pendant une heure oblige le producteur à lui fournir $20/0.6 = 33$ Wh. Pour l'instant, le client domestique ne paye que les 20Wh, en attendant l'arrivée de compteurs intelligents qui sauront faire la différence! Les nombreuses harmoniques engendrées par les CFL diminuent le rendement des transformateurs et "salissent" le réseau en déformant la tension sinusoïdale. On parle alors de "dirty power" [5]. Si l'on refait le bilan énergétique du chapitre 2 en se basant sur la puissance apparente, on trouve que le remplacement des ampoules classiques n'apporte plus qu'un mince gain de 11% environ (956 par rapport à 1070 Wh/jour).

4. Vous avez dit "confort"?

Une des caractéristiques les plus agaçantes des lampes à économie est la lenteur avec laquelle elles atteignent leur luminosité de croisière: l'ampoule d'Edison donne tout de suite son plein éclat, le délai des CFL pour arriver au maximum peut durer entre 1.5 et 3 minutes, laps de temps amplement suffisant pour dégringoler un escalier mal éclairé! Si par malheur, une CFL casse, c'en est fini de l'insouciance. Les CFL contiennent entre 3 à 5 mg de mercure (la lumière que l'on voit est la lumière UV émise par la vapeur de mercure et convertie en lumière visible par le revêtement intérieur de phosphore). Il faudra aérer et ventiler la pièce, éviter comme la peste le réflexe de l'aspirateur, enfiler des gants en caoutchouc et rassembler les débris dans une pochette de plastique, que l'on confiera à un centre de recyclage. L'agence de l'environnement américaine EPA énumère 11 étapes à suivre après une casse, la plus extravagante étant de collecter les débris à l'aide de bande adhésive. Là où l'ampoule d'Edison terminait sa vie innocente sous la forme de quelques éclats de verre et de métal vite ramassés, le bris d'une lampe à économie demande la mise en route de la grosse machine écolo-recyclo avec de nombreux transports entre les multiples stations de traitement.

5. Sauverons-nous la planète?

Compte tenu de tous ces problèmes (et j'en passe sous silence bien d'autres), et avec les LED et OLED (diodes électroluminescentes organiques) qui pointent le nez, on peut raisonnablement se demander quel diable a donc piqué la commission européenne et la gence politique pour mettre à l'index l'humble ampoule classique. En fait l'explication la plus simple est donnée par l'ELC, l'association des fabricants européens de lampes. En mars 2007 ils se sont groupés pour pousser les gouvernements dans la direction des lampes à économie, et dans le même mois les députés Lucas, Murko, Scheele, Hassi et Holm ont demandé dans une déclaration écrite l'interdiction des ampoules classiques [6]. Pour les grandes firmes telles que Philips, Osram et General Electric Lights le marché est juteux, puisque les CFL coûtent en général 3 à 10 fois plus cher qu'une ampoule classique. Pourquoi le citoyen lambda ne s'est-il pas rebiffé? Probablement parce que personne n'aime être accusé de ne pas vouloir sauver la planète, de ne pas se soucier de l'avenir de nos enfants et de se retrouver sur le banc des enviro-insensibles! Eh bien, alea jacta sunt. La planète sera sauvée, et les camions qui parcourent l'Europe avec leurs charges toxiques de CFL à recycler

porteront partout la bonne nouvelle d'un continent qui en imposant l'ampoule salvatrice a chassé le tungstène pour l'étreinte mercuriale.

Références:

- [1] DELIGHT J. Palmer & B. Boardman: Domestic Efficient Lighting. Environmental Change Unit, University of Oxford, Swedish National Energy Administration, Energiestiftung Schleswig-Holstein, 1998.
- [2] BSR A. Roeser, J. Reichert: Results of the metering of electricity consumption of 100 households in Germany. BSR sustainability GmbH, 2008
- [3] S.A.F.E S. Gasser et al.: Messprojekt "Sparlampen im Test". Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, 2003.
- [4] DIRTY POWER Höck G.: Dirty Power. Oberschwingungen durch nichtlineare Verbraucher. Gossen-Metrawatt GmbH, 2008
http://www.gmc-instruments.ch/src/download/dDirty_Power.pdf
- [5] ELC The European Lamp Industry's Strategy for Domestic Lighting
http://www.elcfed.org/documents/070702_ELC%20domestic%20lighting%20strategy%20FAQ.pdf
- [6] DECLARATION http://bmb.lcd.lu/politics/WDlightbulbs_2007.pdf