

# Les Cahiers de l'instrumentation

n° 8

Le journal d'information  
pour l'enseignement  
de Chauvin Arnoux et Metrix

## Notions d'efficacité énergétique...



Les cellules solaires

Octobre 2009



**Développement durable,  
hautes technologies  
et enseignement**

**Jean-Paul Chassaing**

Président d'honneur du "Club du Mesurage"  
Inspecteur Général Honoraire -  
Sciences et Techniques Industrielles

Face à la grande problématique de notre ère que représente le réchauffement climatique, le développement durable s'installe dans les entreprises, les industries et le secteur tertiaire, ainsi que dans la vie quotidienne. La recherche et le développement de nouvelles sources d'énergies, propres et renouvelables, ainsi que leur exploitation se doivent de répondre désormais aux exigences du développement durable. Parmi ces exigences, la maîtrise de l'énergie, ou encore l'efficacité énergétique, constituent des enjeux majeurs.

Les orientations, quant à elles, sont multiples. Les sources d'énergie, d'origine solaire, éolienne ou hydraulique, peuvent procurer une énergie « gratuite » qu'il suffit de valoriser, de récupérer, de transformer, de stocker afin de la distribuer. Pour cela, il sera nécessaire de concevoir de nouveaux systèmes, tout en tenant compte des contraintes écologiques et environnementales. Dans ce cadre, pour transformer, distribuer, convertir ou encore communiquer en fonction des applications, le vecteur électrique confirme sa pertinence et se trouve naturellement en plein développement.

En quelques mots, cela paraît des plus simples. En réalité, une telle démarche fait appel à des savoir-faire divers et complémentaires. Ainsi, les nouvelles technologies en cours d'élaboration nous laissent entrevoir l'émergence de nouveaux métiers ainsi que l'évolution importante des métiers actuels. Les contraintes de conception et d'exploitation imposées par les normes se renforcent et imposent, dans le même temps, une remise en question de l'existant.

Dans le bâtiment, l'évolution est flagrante : panneaux solaires, géothermie, ou simplement choix de matériaux de constructions plus respectueux de l'environnement en sont quelques exemples. Les métiers des électriciens, installateurs, agents de maintenance ou diagnostiqueurs immobilier évoluent fortement en parallèle.

Les perspectives d'emploi dans ces secteurs vont ainsi croître considérablement dans les années à venir...

Côté enseignement, les programmes des secteurs technologique et professionnel concernés devront évoluer rapidement et il est probable que de nouvelles filières de formation apparaissent. Dans le même temps, nous avons la conviction que, face aux défis liés au développement durable, seule une approche globale et commune des nouvelles solutions constructives permettrait d'offrir un avenir meilleur aux générations à venir.

## sommaire

❖ <b>Le Club</b>	<b>1</b>
Les publications du Club	1
❖ <b>Dossier</b>	<b>2</b>
Notions d'efficacité énergétique, notion d'intensité énergétique.	2 - 3
❖ <b>Travaux pratiques</b>	<b>4</b>
Couplage d'une micro centrale hydroélectrique sur le réseau électrique national	4
Les lampes à économie d'énergie	9
❖ <b>Actu</b>	<b>14</b>
Les cellules solaires	14
❖ <b>Reportage</b>	<b>16</b>
Challenge EducEco	16
❖ <b>Gardons le sourire</b>	<b>18</b>

### ❖ L'OURS

Directeur de la publication :  
**Marlyne Epaulard**

Rédacteur en chef :  
**Fulya HUET**

Comité de rédaction :  
**Luc Dezarnaulds, Marlyne Epaulard,  
Fulya Huet, Alain Kohler, Alain Moreau  
Claude Royer, Didier Villette**

Revue d'informations techniques  
**Le Club du Mesurage**  
190, rue Championnet  
75876 Paris Cedex 18 - France  
Tél. : +33 1 44 85 44 20  
Fax : +33 1 46 27 07 48  
E-mail : info@leclubdumesurage.com  
Web : www.leclubdumesurage.com

Conception graphique, réalisation :  
**AD.Com - +33 (0)1 43 68 03 43**

## Les membres du comité de rédaction

Le comité de rédaction a pour mission de vérifier que le journal respecte sa ligne éditorial. Il est composé de sept membres.



### Luc Dezarnaulds

Président  
Directeur Commercial France  
Chauvin Arnoux  
luc.dezarnaulds@chauvin-arnoux.com



### Marlyne Epaulard

Directrice Communication  
Chauvin Arnoux  
marlyne.epaulard@chauvin-arnoux.com



### Alain Moreau

Responsable marché Education Nationale  
Pôle test & Mesure de Chauvin-Arnoux  
alain.moreau@chauvin-arnoux.com



### Alain Kohler

Ancien Chef de marché Enseignement  
Chauvin-Arnoux  
alain.kohler@libertysurf.fr



### Didier Villette

Inspecteur de l'Éducation Nationale  
Enseignement Technique  
Sciences et Techniques Industrielles  
didier.villette@ac-grenoble.fr



### Claude Royer

Inspecteur de l'Éducation Nationale  
Enseignement Technique - Sciences et Techniques  
Industrielles - Académie de Nancy-Metz  
claudio.royer@ac-nancy-metz.fr



### Fulya Huet

Responsable Communication Produits  
Chauvin Arnoux & Metrix  
fulya.huet@chauvin-arnoux.com

## Les publications du Club du Mesurage :



### Les cahiers de l'instrumentation, renseignement pratique.

Si vous désirez recevoir les prochains numéros, renvoyez rapidement le bulletin d'adhésion au Club encarté au centre de la publication. Prenez contact avec nous si vous désirez réagir par rapport aux articles publiés, proposer des sujets ou même des articles. Bonne lecture à tous.

[www.leclubdumesurage.com](http://www.leclubdumesurage.com)

## Les membres



### Claude Bergmann

Président d'honneur du "Club de Mesurage"  
Inspecteur Général de l'Éducation Nationale  
Groupes Sciences et Techniques Industrielles



### Jean-Paul Chassaing

Président d'honneur du "Club de Mesurage"  
Ancien Inspecteur Général STI



### Luc Prince

Inspecteur de l'Éducation Nationale  
Sciences et Techniques Industrielles  
Académie de Versailles



### Patrick Lefort

Inspecteur Pédagogique Régional  
Sciences et Techniques Industrielles  
Académie d'Aix-Marseille



### Christian Cagnard

Inspecteur Pédagogique Régional Honoraire  
Consultant Expert Education



### Jean-Louis Gauchenot

Président d'honneur  
Ancien Directeur  
du Pôle Test & Mesure Chauvin-Arnoux



### Samuel Violin

Inspecteur d'Académie  
Inspecteur Pédagogique Régional  
Sciences et Techniques Industrielles  
Académie de Créteil



### Georges Michalesco

Ex Directeur IUT  
de Cachan



### Farah Réda

Inspecteur de l'Éducation Nationale  
Enseignement Technique  
Sciences et Techniques Industrielles  
Académie de Paris



### Philippe Albert

Inspecteur de l'Éducation Nationale  
Sciences et Techniques Industrielles  
Académie de Nancy-Metz

### Claudio Cimelli

IA-IPR de Sciences et Techniques Industrielles  
Académie de Créteil

## Notions d'efficacité énergétique, notion d'intensité énergétique.

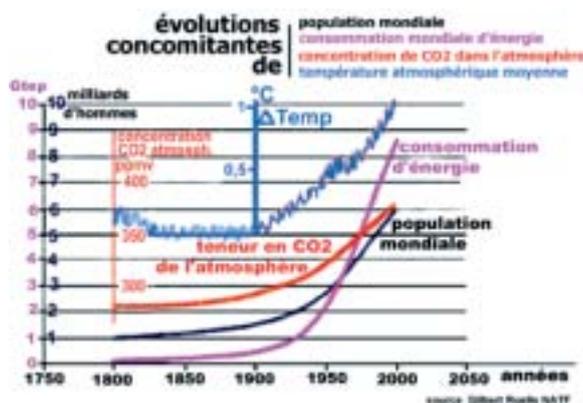
**Samuel VIOLLIN - Inspecteur d'académie, Inspecteur Pédagogique Régional à Créteil**

La population mondiale va passer d'ici 2050 de 6 milliards d'êtres humains à 9 milliards. L'évolution des sociétés et les transferts de technologie vers les pays en voie de développement font que la demande mondiale en énergie devrait doubler d'ici à 2050\*.

Actuellement, 80%\* de la production d'énergie mondiale s'appuie sur les ressources d'énergie primaire fossile qui seront épuisées d'ici quelques dizaines d'années, quelque soit le scénario.

\*avec l'autorisation du Conseil Mondial de l'Énergie, Londres, www.worldenergy.org conseil mondial de l'énergie 2007

Cette rareté des sources d'énergie est finalement une chance car elle nous contraint, pour l'avenir de la planète, à modifier nos comportements. En effet, il ne fait plus de doute que les dérèglements du climat de notre Terre sont dus à l'activité humaine. Parmi les gaz à effet de serre, 80% de production du gaz carbonique (CO<sup>2</sup>) et 35% du méthane (CH<sub>4</sub>) sont générés par la chaîne d'énergie. [source : association négaWatt]



Source : Académie des technologies  
Prospective sur l'énergie au XX<sup>e</sup> siècle Octobre 2008

Dans ce contexte de rareté de l'énergie et de nécessaires précautions pour sauvegarder la planète, il n'y a d'autre alternative que de trouver d'autres modes de productions et de consommation. Pour cela il faut exploiter les ressources renouvelables et changer nos comportements de consommation de l'énergie en devenant plus sobre et plus efficace.

La sobriété énergétique consiste à réduire les gaspillages par l'adaptation des comportements individuels ou collectifs. Par exemple, il n'est pas nécessaire de déplacer un véhicule d'une tonne pour transporter une personne de 80 kg. Même si le rendement du moteur de ce véhicule est bon (ce qui n'est pas le cas), la dépense globale d'énergie est dispendieuse par rapport au service rendu.

La notion de rendement ne permet pas de décrire complètement la bonne utilisation de l'énergie. Un radiateur électrique transforme toute l'électricité en chaleur (rendement =1), cependant, il n'est pas certain qu'il sera le moyen de chauffage qui consommera le moins d'énergie pour obtenir une température donnée dans une pièce.

### La notion d'efficacité énergétique

Il est nécessaire de s'intéresser au rapport entre les usages (les services) qui consomment de l'énergie (comme

le chauffage ou la mobilité) et l'énergie primaire pour les produire. Ce rapport est défini par la notion **d'efficacité énergétique**.

Les domaines sont nombreux où des réductions en matière d'énergie consommée sont possibles, tout en conservant la même qualité de service. Tous les secteurs de la chaîne d'énergie sont concernés, de la production à l'utilisation. Cependant, il y a de gros consommateurs, comme le secteur du bâtiment et du transport, qui nécessitent que l'on s'y intéresse sans plus tarder.

En France, le secteur du bâtiment consomme 42,5% de l'énergie totale de 160,62 Mtep (Chiffre 2005 source DGEMP - Observatoire de l'énergie), dont 2/3 pour les ménages et 1/3 pour le tertiaire. L'objectif du Grenelle de l'environnement est de réduire les consommations d'énergie d'environ 20 % dans les bâtiments tertiaires, de 12 % dans les bâtiments résidentiels en 5 ans et de plus d'un tiers à l'horizon 2020.

Les transports qui représentent 31,4% [Chiffre 2005 source DGEMP - Observatoire de l'énergie] de la consommation totale d'énergie, utilisent les 2/3 du pétrole et émettent plus de 30 % du CO<sup>2</sup> dans les pays développés. [Source : l'Académie des technologies Prospective sur l'énergie au XX<sup>e</sup> siècle Octobre 2008]. L'objectif du Grenelle de l'environnement est de réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre dans les 12 ans

Pour atteindre ces objectifs, il est indispensable que les utilisateurs disposent d'indicateur pour évaluer l'efficacité énergétique des usages quotidiens. Nous sommes maintenant familier de l'étiquetage du matériel grand public, un étiquetage semblable est mis en place pour les logements.



## Couplage d'une micro centrale hydroélectrique sur le réseau électrique national

Par **André DAUCHEL** et **Thomas BOULANGER**

- Professeur au lycée Marie CURIE de NOGENT sur OISE

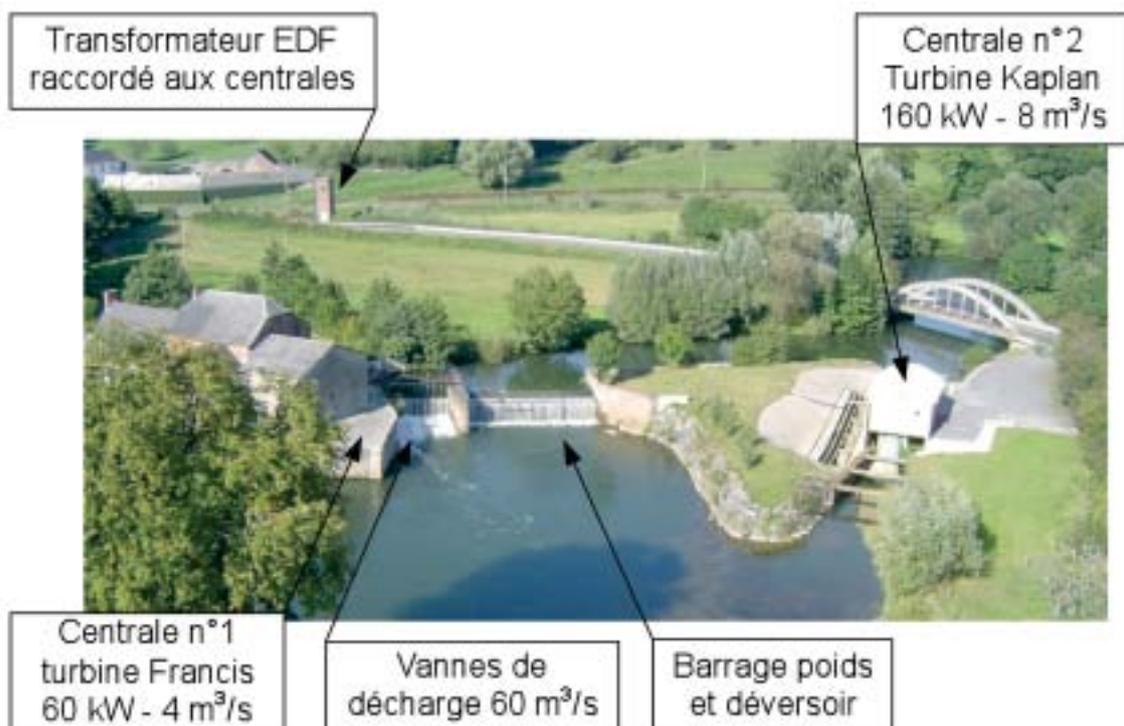
- Professeur à l'UTC de COMPIEGNE

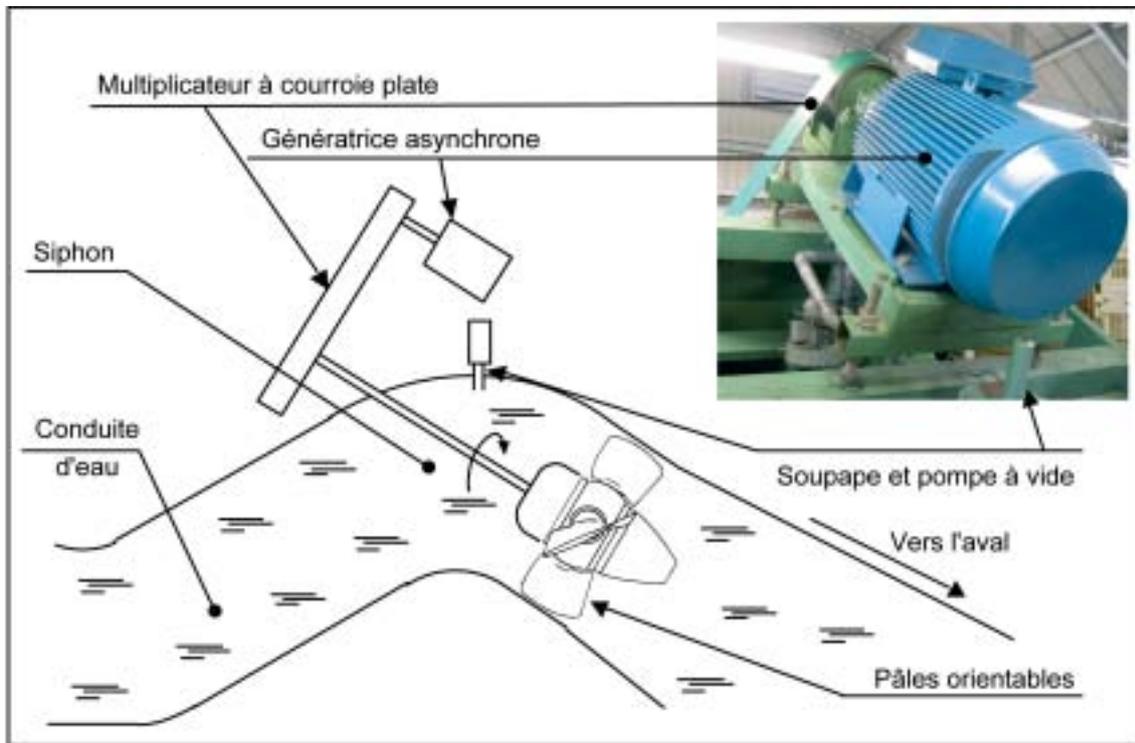


Devant la diminution des réserves d'énergies fossiles, l'augmentation de l'effet de serre, l'homme doit utiliser des énergies renouvelables et changer sa manière de consommer l'énergie afin de préserver la planète.

Comment produire une énergie renouvelable en utilisant l'énergie hydraulique fournie par une rivière pour produire de l'énergie électrique, tout en maîtrisant les impacts sur l'environnement en intégrant une dimension d'optimisation énergétique et de ressources ?

Dès 1995 en région PICARDIE sur le site du moulin de Chigny, à la demande de la SICAE, la société THEE réalise une microcentrale hydroélectrique de type « siphon », automatisée, sans surveillance humaine et disposant d'une turbine KAPLAN optimisée à pales orientables. Cette turbine peut produire sur le réseau électrique national





EDF une énergie électrique entièrement renouvelable, propre et parfaitement respectueuse de l'environnement. Le présent article présente des mesures directement réalisées sur la micro centrale du moulin de Chigny. Il s'intéresse dans un premier temps aux conditions de transmission de la puissance sous forme mécanique grâce à une courroie puis mesure la puissance effectivement fournie au réseau.

### Evaluation du risque de glissement de la courroie

Le multiplicateur de la centrale permet d'adapter la fréquence de rotation de la turbine à celle de la génératrice. Le couple transmissible par ce système dépend principalement de la tension de pose de la courroie et du coefficient de frottement entre les poulies et la courroie.

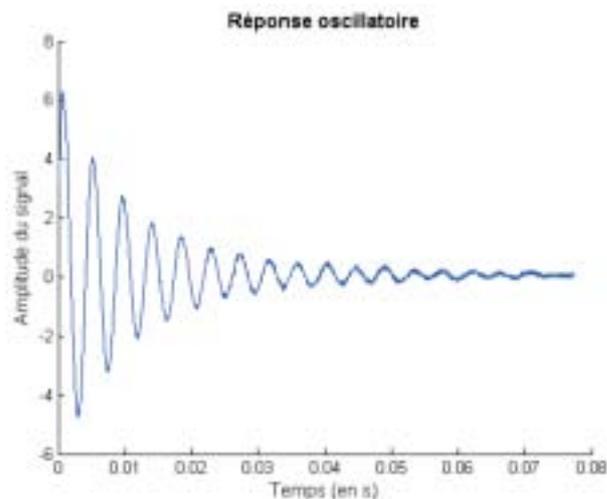
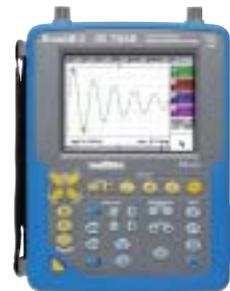
On évalue la puissance mécanique à transmettre à la génératrice à partir de la puissance hydraulique disponible (2,5 mètres de hauteur d'eau) et du rendement maximum de la turbine.



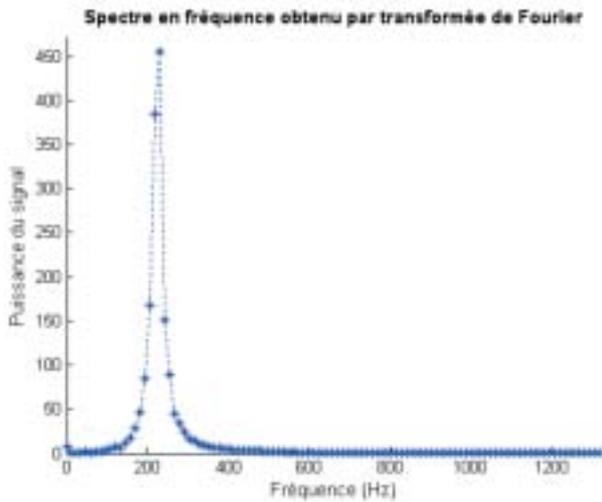
Une mesure de la fréquence de rotation de la courroie à l'aide d'un **tachymètre C.A 27** permet d'en déduire le couple à transmettre par le système poulie-courroie et une mesure vibratoire à l'aide d'un accéléromètre de quantifier la tension de courroie. Ces deux mesures permettront alors d'évaluer les risques de glissement de la courroie sur les poulies.

### Caractérisation de la courroie à l'aide d'un échantillon

A partir d'un échantillon de 200 mm x 20 mm, des essais de caractérisation de la courroie sont conduits sur une machine d'essai de traction. L'échantillon est mis sous tension puis excité manuellement. La réponse oscillatoire est mesurée à l'aide d'un accéléromètre et le signal est enregistré sur un **oscilloscope SCOPIX OX 7042C**. La mesure est répétée pour différents allongements de la courroie afin d'obtenir une courbe caractéristique tension - fréquence d'oscillation.



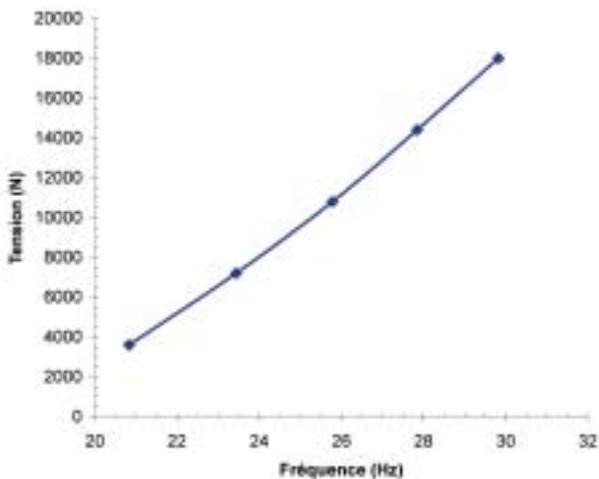
suite page 6



## Réponse impulsionnelle d'un échantillon de courroie

### Généralisation à la courroie étudiée

Le brin de la courroie étudiée sur la centrale hydroélectrique est bien plus grand que l'échantillon (1700 mm x 240 mm), sa réponse oscillatoire est donc de fréquence plus basse. A partir du principe de "la corde vibrante", on peut exprimer les résultats des essais de caractérisation à l'échelle du brin de courroie étudié. On obtient alors la courbe tension - fréquence suivante :



#### Caractéristiques de la courroie :

- Brin de mesure 1,7 m
- Longueur à vide 7,81 m
- Largeur 240 mm
- Force de traction pour une elongation de 1% par unité de largeur 30 N/mm

## Tension du brin étudié en fonction de la fréquence mesurée

Un couple trop important sur l'axe de la turbine pourrait provoquer un glissement de la courroie. Le coefficient de sécurité de glissement  $s$  s'écrit :  $s \cdot k = f$  avec  $k$  coefficient de frottement en service et  $f$  coefficient de frottement entre les poulies et la courroie.

La condition de non glissement s'écrit :

$$T_0 \geq \frac{C}{2R} \cdot \frac{e^{k\alpha} + 1}{e^{k\alpha} - 1}$$

avec :  $T_0$  tension de pose en N

$C$  couple transmis en Nm

$R$  rayon de la poulie considérée

$k$  coefficient de frottement de service

$\alpha$  angle d'enroulement de la poulie sur la courroie

## Mesure et interprétation

La mesure est réalisée avec le même dispositif que pour les essais de caractérisation :





**Accéléromètre collé sur un brin de la courroie et raccordé à l'oscilloscope SCOPIX OX7042C**

La fréquence mesurée est de 26,8 Hz correspondant à une tension d'environ 12000 N. La force de traction pour une élongation de 1% par unité de largeur étant de 30 N/mm et la largeur du brin de 240mm, la courroie a été tendue à 1,66% d'allongement. Notons que ce type de courroie est généralement tendu à 1,5% d'allongement.

De plus, le fabricant de courroie préconise un coefficient de frottement en service de 0,4 pour une utilisation de ce produit en milieu humide. Le rayon de la poulie motrice est de 1m et l'arc d'enroulement égal à  $\pi$  en première approximation. La condition de non glissement est donc respectée pour un couple transmis inférieur à 13000 Nm.

Le couple maximum sur l'arbre de turbine à transmettre à la génératrice a été évalué à 8000 Nm, la tension est donc convenablement réglée, il n'y a pas de risque de glissement

## Couplage sur le réseau national

Pour réaliser les mesures nous avons utilisé :

- une pince ampèremétrique MX 200 à sortie analogique,
- une pince multifonction F07,
- un analyseur de réseau C.A 8332B avec 3 boucles de courant,
- un oscilloscope portable OX 7042C raccordé sur PC et imprimante.



Les deux conditions essentielles permettant de coupler une génératrice asynchrone sur le réseau national EDF sont la présence de la tension aux bornes de la génératrice ainsi que le dépassement de la vitesse de synchronisme.

Le signal "image de la vitesse de rotation" est disponible sur les bornes 4 et 5 du relais type 627 T2. ( 0 à 1,5 V « 1,5V pour 750 tr/min » ) il sera enregistré par un **oscilloscope portable OX7042C** raccordé sur PC avec une imprimante.

La pince multifonction F07 relèvera l'intensité efficace débitée par la génératrice (  $I_n = 330 \text{ A}$  ).

L'observation du débit de la génératrice au réseau national et de la vitesse de l'ensemble turbine KAPLAN /génératrice asynchrone lors du démarrage de la microcentrale puis en régime établi, permet de mettre en évidence les régimes transitoires.

Pour cela on visualisera, sur la voie **CH4 : le signal  $i = f(t)$  du courant efficace débité**, sur la voie **CH1 : le signal  $n = f(t)$  de la vitesse de la génératrice**. Pour cela, on utilise une **pince multifonction MX200** avec sa sortie analogique 5 mV/A. L'équipement de mesure étant câblé et réglé, il ne reste plus qu'à procéder au démarrage de la turbine.

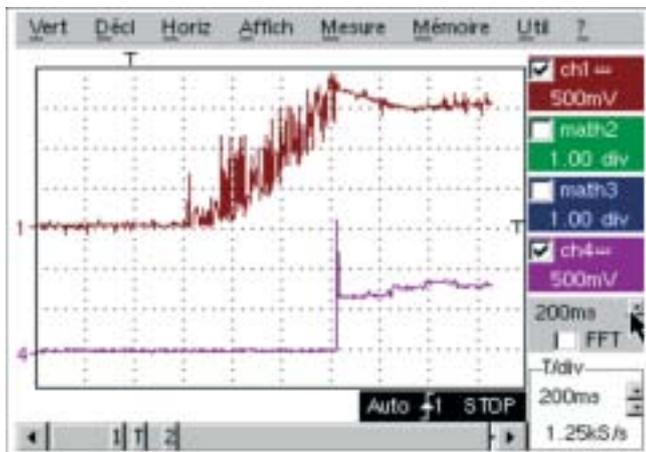
*suite page 8*

# TP n°1

Sur l'armoire électrique principale, on dispose de l'ensemble des commandes et l'automate programmable lance le cycle suivant.

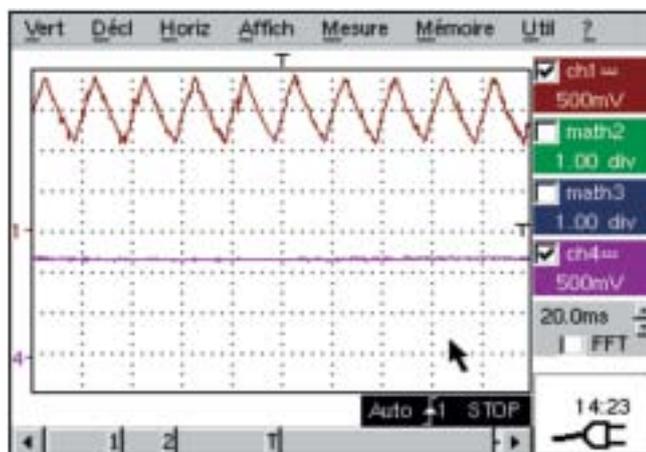
Une impulsion sur le "départ cycle", lance une temporisation de sécurité de 2 minutes, ensuite la pompe à vide démarre et crée une dépression dans le siphon, sous la pression du bassin amont, l'eau envahit le siphon puis bascule de l'autre côté en direction des pales de la turbine.

Au bout de 8 à 9 minutes, début de l'ouverture des pales de la turbine ce qui entraîne la montée en vitesse de l'ensemble turbine KAPLAN/génératrice, après quelques secondes seulement, le couplage au réseau de la génératrice est réalisé.



## au démarrage de la microcentrale

CH1 : le signal  $n = f(t)$   
CH4 : le signal  $i = f(t)$



## la microcentrale en régime établi

CH1 : le signal  $n = f(t)$   
CH4 : le signal  $i = f(t)$

Lors de cet essai  $I$  génératrice = 272 A,  
 $U$  entre phases = 395 V ,  $U$  moy = 1,57V ,  
 $n = ( 750 \times 1,57 ) : 1,5 = 785$  tr/mn ( le synchronisme est dépassé ).

## Production d'énergie électrique

A l'aide d'un analyseur de réseau de type C.A 8332B, on relève les puissances actives et réactives mises en jeu. Après avoir bien respecté l'ordre des phases on visualise alors les vecteurs de Fresnel, on mesure les intensités  $I_1, I_2, I_3$  débitées par la génératrice asynchrone :



La lecture de l'écran de l'analyseur de réseau met en évidence un angle de déphasage (  $I, V$  ) de l'ordre de  $125^\circ$ . La confirmation de cette mesure est donnée par le bilan des puissances fourni par l'analyseur de réseau :

$$P \text{ totale} = P_1 + P_2 + P_3 = -31,5 - 29,65 - 31,84 = - 93 \text{ kW}$$

$$Q \text{ totale} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 44 + 46 + 45 = 135 \text{ kVAR}$$

$$\text{Le } \cos \varphi = -0,6 \text{ ( phase 1 ) } -0,572 \text{ ( phase 2 ) } \\ \text{et } -0,6 \text{ ( phase 3 )}$$

Afin de ne pas trop faire baisser le niveau d'eau du bassin amont, l'automate programmable est intervenu en réduisant l'angle d'ouverture des pales qui est maintenant de 64%, ce qui donne un courant génératrice de 240 A.

le  $\cos \varphi$  est négatif (  $\varphi > 90^\circ$  ), la puissance active est négative, la machine délivre de la puissance active au réseau, il s'agit du fonctionnement de la génératrice en hypersynchrone, aussi la puissance active  $P$  comporte un signe négatif affiché par l'analyseur de réseau CA 8332 B :

$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$ , on constate que  $90^\circ < \varphi < 180^\circ$ , donc le  $\cos \varphi < 0$ , alors la  $P$  active est négative ce qui traduit un débit sur le réseau national.

## Les lampes à économie d'énergie

Par Mohamed CHANDOUL

Professeur d'électrotechnique au lycée Newton-ENREA 92110 Clichy et au CERGE (Vitry sur Seine)

### 1. Préambule

- Plusieurs appellations caractérisent les lampes à économie d'énergie :
  - Lampes basse consommation ;
  - Lampes fluorescentes compactes ;
  - Lampes fluocompactes ;
  - Lampes à ballast intégré.



- Les lampes à économie d'énergie sont nées en 1980 ; l'idée de départ est de plier un tube fluorescent pour en faire une lampe adaptable sur des luminaires moins volumineux ;
- ces lampes sont constituées d'un tube de verre dont la paroi interne est recouverte d'une mince couche de substance photoluminescente (poudres fluorescentes) ;
- c'est de la composition de ces poudres que dépendent, en grande partie, la nature et la quantité de lumière émise ;
- deux types de lampes ont été créés simultanément :
  - les lampes d'intégration (équipées d'un culot à broches pour des luminaires spécialement conçus) ;
  - les lampes de substitution (disposent de culots à vis ou à baïonnette pour se substituer aux lampes à incandescence).

### 2. Equivalence de puissances entre lampes à incandescence et lampes fluocompactes

Lampes à incandescence (Puissance en W)	Lampes à économie d'énergie (Puissance en W)
25	5
40	7
2x25	9
60	11
75	15
100	20
2x60	23

Ces lampes offrent une efficacité lumineuse jusqu'à 5 fois supérieure à celle de l'incandescence ; elles consomment de 4 à 5 fois moins et durent 12 à 15 fois plus longtemps.

Cet avantage de consommation ne dispense pas du respect des normes de limitation des perturbations du réseau d'alimentation électrique.

### 3. Caractéristiques techniques

- Culots : E14, E27, B22 ;
- Puissance (W) : 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23 ;
- Flux lumineux (lumen, lm) : 100 à 1800 ;
- Efficacité lumineuse (lm.W<sup>-1</sup>) : 33 à 64 ;
- Indice de rendu des couleurs (IRC) : 85
- Température de couleur (kelvin, K) : 2700 et 4000 ;
- Durée de vie (heures, h) : 10000 à 16000 ;
- Tension : 230 V AC ;
- Forme : standard (2 à 3 tubes), à enveloppe cylindrique, à réflecteur (circulaire, globe), à enveloppe en forme d'ampoule (champignon) ;
- Longueur culot compris (mm) : 113 à 190 ;
- Poids (g) : 60 à 200.

## 4. Respect de l'environnement

Le mercure contenu dans les lampes fluorescentes compactes est le seul matériau sensible d'un point de vue du respect de l'environnement. Ces lampes sont concernées par la directive européenne relative aux déchets dangereux (décret du 15 mai 1997).

## 5. Critères de qualité

Précisons quelques critères pour ces lampes à économie d'énergie :

les critères, indiqués dans le tableau qui suit, sont fondés sur la conformité aux normes et sur les exigences des directives basse tension et de compatibilité électromagnétique (**CEM**) :

Désignation	Critère	Référence à la norme
Eclairer : - durée de vie - mesure électrique	mini 10 000 h consommation électrique	NF 60969
Se substituer (mécaniquement)	géométrie du culot	NF 60968 et 60969
Résister - tension d'alimentation	230V (+6% -10 %)	Arrêté du 9 mai 1986
Garantir une qualité constante	ISO 9002 et 14000	
Ne pas perturber	Courants harmoniques basse fréquence Champs rayonnés et perturbations -tensions conduites- (9 kHz à 30 MHz)	NF 61000 NF 55015

## 6. Aspects scientifiques : lampes à économie d'énergie.

### 6.1. Introduction

Selon l'Agence Internationale de l'Energie, l'éclairage :

- engendre chaque année dans le monde 1900 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> (≈ 4 fois les émissions annuelles de gaz à effet de serre de la France) ;
- absorbe 19% de la production annuelle d'électricité de la planète.

En France, l'éclairage dans le secteur résidentiel représente 9 % de la facture d'électricité des ménages.

L'utilisation d'ampoules à incandescence doit être reconsidérée pour des raisons énergétiques, écologiques et économiques.

En effet, dans une lampe à incandescence :

- seule 5% de l'énergie est transformée en lumière ; le reste (95%) étant transformé en chaleur.
- Les lampes à incandescence ont une durée de vie limitée (≈1000 heures)

### 6.2. Comparatifs de coûts des différentes solutions d'éclairage pour un utilisateur sur une durée de 15000 heures

(source : Grenelle de l'environnement).

	Lampes à incandescence	Lampe à économie d'énergie (grand public)	Lampe à économie d'énergie (professionnelle)
Coût d'achat d'une lampe	1 €	8 €	15 €
Durée de vie	1000 h	8000 h	15000 h
Nombre d'ampoules nécessaires	15	2	1
Coût d'utilisation	108 €	21,60 €	21,60 €
Coût total	123 €	37,60 €	36,60 €
Gain	/	85,40 €	86,40 €

## 6.3. Retrait de la vente, de manière progressive, les produits les plus énergivores :

- Au 30 Octobre 2009, retrait des lampes domestiques de classe D, E, F ou G d'une puissance  $\geq 100$  W ;
- Au 31 décembre 2009, retrait des lampes domestiques de classe E, F ou G d'une puissance  $\geq 75$  W ;
- Au 30 juin 2010, retrait des lampes domestiques de classe E, F ou G d'une puissance  $\geq 60$  W ;
- Au 31 août 2011, retrait des lampes domestiques de classe E, F ou G d'une puissance  $\geq 40$  W ;
- Au 31 décembre 2012, retrait des lampes domestiques de classe E, F ou G d'une puissance  $\geq 25$  W.

## 6.4. Rappels théoriques succincts :

Une lampe à économie d'énergie dispose d'un ballast électronique (photo suivante).

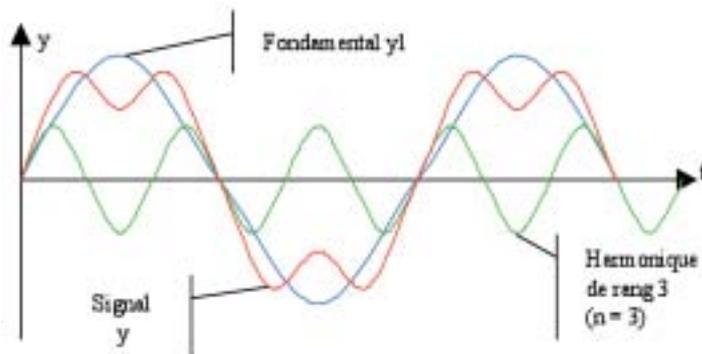


Exemple de ballast électronique d'une lampe à économie d'énergie 8 W, 230V-240V sans allumage progressif.

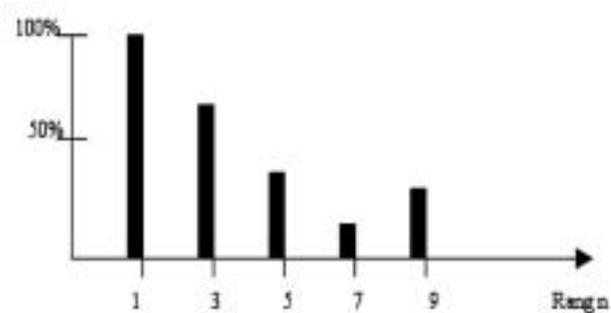
Pour allumer ces lampes basse consommation, il est nécessaire de produire une surtension qui amorce l'effet de fluorescence. Cela est réalisé par le ballast (circuit électronique de commande). Malheureusement ce ballast modifie la forme du courant consommé par la lampe qui n'est plus purement sinusoïdal ! D'une manière générale, la variation dans le temps des grandeurs électriques courants et tensions, des réseaux industriels alternatifs, s'éloignent significativement d'une sinusoïde pure.

En faisant appel à la théorie des séries de Fourier (Joseph Fourier : mathématicien français 1768-1830), on démontre qu'un signal périodique  $y(t)$  est composé d'un certain nombre de sinusoïdes de fréquences différentes comprenant entre autres : le fondamental et plusieurs autres sinusoïdes (harmoniques) + la valeur moyenne.

**Exemple :** le signal instantané  $y(t)$  est la somme du signal fondamental et de tous les harmoniques.



Pour quantifier « la pureté » d'un signal, on trace le spectre comme ci-dessous :



Ces harmoniques sont responsables des perturbations dites conduites émises par ces appareils. Leur circulation dans un réseau impédant provoque une déformation de la tension au point d'alimentation, susceptible de perturber les autres appareils connectés. Ils sont responsables d'échauffements supplémentaires.

## 7. Travaux pratiques réalisés au CERGE (Lycée Jean Macé Vitry-sur-Seine) : analyse des perturbations conduites générées pas les lampes basse consommation

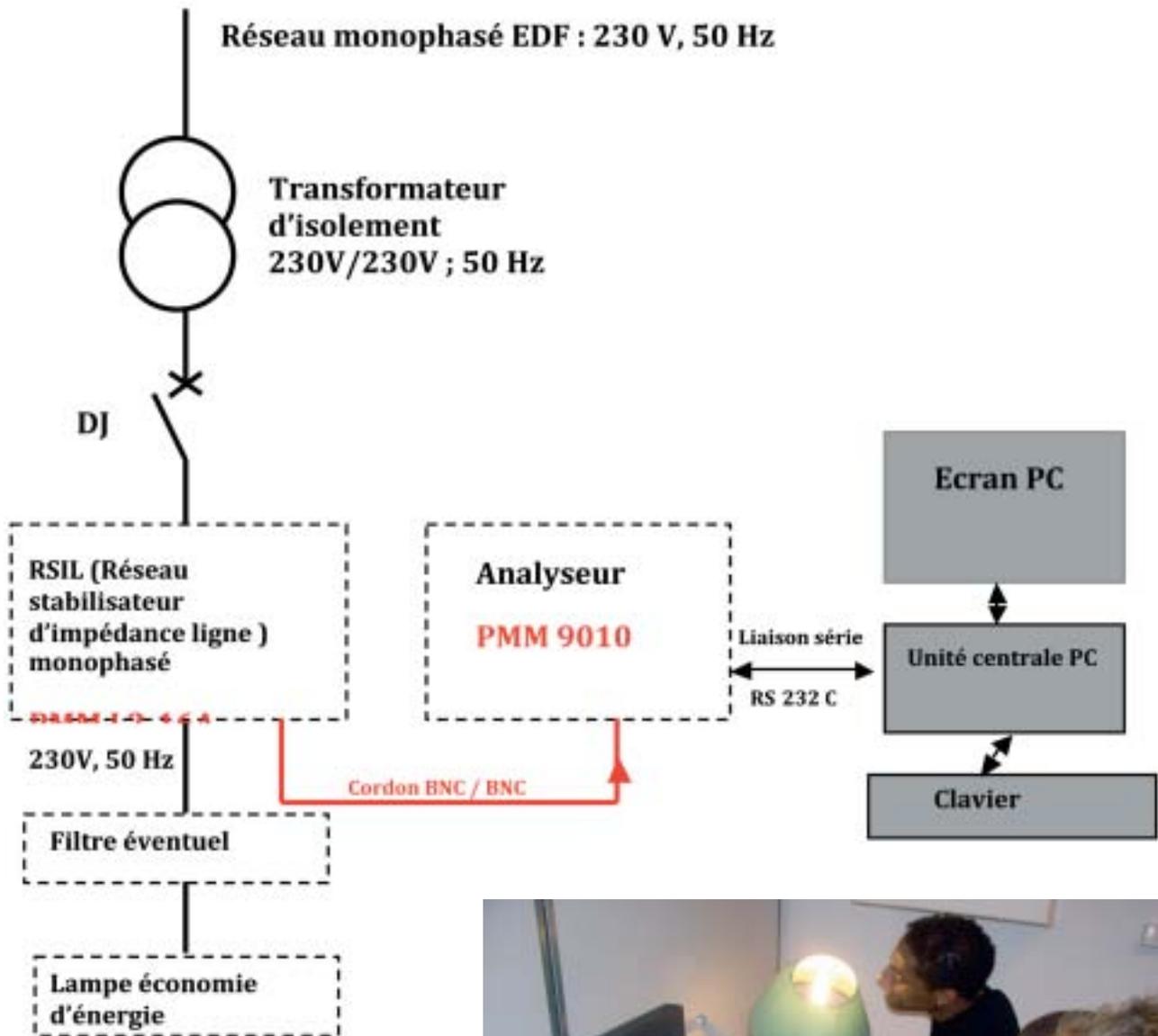
Dans le cadre du référentiel du diplôme, les étudiants de 2<sup>ème</sup> année du BTS Electrotechnique, des académies Paris-Créteil-Versailles, effectuent une journée de sensibilisation aux problèmes posés par la compatibilité électromagnétique de certains matériels (variateurs de vitesse, automates programmables industriels, lampes à économie d'énergie).

Les perturbations conduites (basses fréquences) et les perturbations rayonnées (hautes fréquences mesurées en chambre anéchoïde) sont abordées durant cette journée aux travers des travaux pratiques.

suite page 12

# TP n°2

Ci-dessous le TP abordant les perturbations conduites (9 kHz à 30 MHz) dans le cas de lampes à économies d'énergie (lampes fluocompactes).

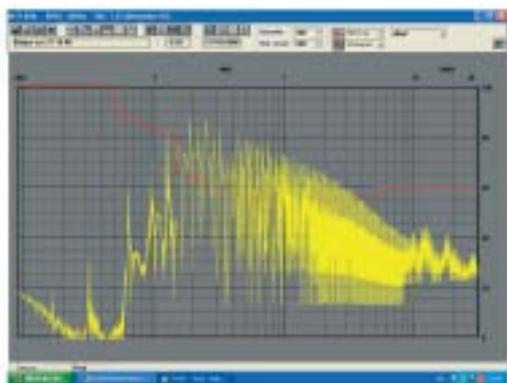


Travaux pratiques : perturbations conduites d'une lampe à économie d'énergie

Étudiants en 2<sup>ème</sup> année de technicien supérieur électrotechnique

## 7.1. Relevée de perturbations conduites cas d'une lampe à économie d'énergie (20 W, 230V)

Courbes relevées



Norme à respecter : EN 55015

Remarque : On constate que dans la plage de fréquence : 0,15 kHz à 3MHz la norme n'est pas respectée, un filtrage supplémentaire (filtre de ligne) est donc nécessaire.

En abscisse :

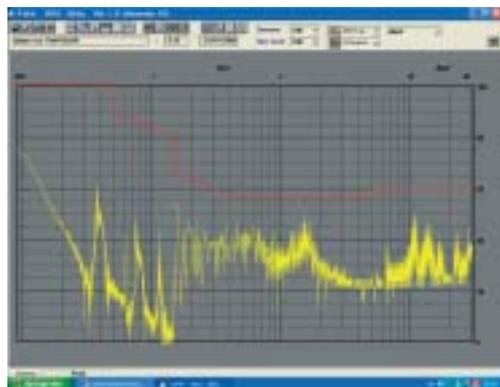
Échelle logarithmique  
(9 kHz à 30 Mhz) ;

En ordonnée :  
Échelle en dB ( $\mu\text{V}$ ).

Exemple : une perturbation de  
 $0 \text{ dB}(\mu\text{V}) = 1040/20 = 100\mu\text{V}$

D'une manière générale :  $x_{\text{dB(mV)}} = 20 \cdot \text{Log } x_{(\mu\text{V})}$

## 7.2. Relevée de perturbations conduites cas d'une lampe à économie d'énergie :



Perturbations conduites relevées à l'aide de l'analyseur.

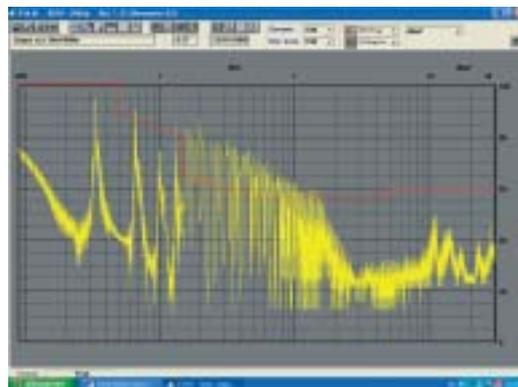
**15 W, 169x 395 ; 230V** (commercialisée fin 2008 : produit grand public, prix promotionnel : 1€)

Remarque :

On constate que la norme est respectée avec ce type de lampe, un filtrage supplémentaire n'est pas nécessaire.

## 7.3. Relevée de perturbations conduites cas d'une lampe à économie d'énergie

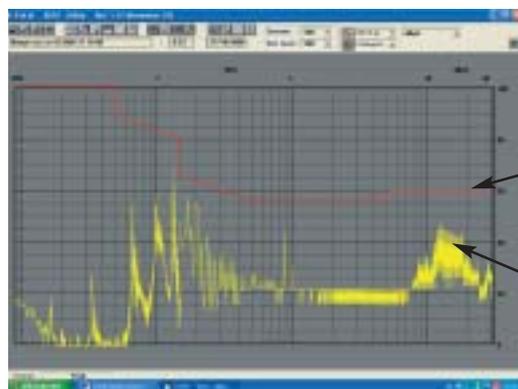
**20 W, 1000 lm, 230V** (commercialisée début 2008 : produit grand public)



Remarque :

On constate que dans la plage de fréquence : 0,15 kHz à 1,5 MHz la norme n'est pas respectée, un filtrage supplémentaire (filtre de ligne) est donc nécessaire.

## 7.4. Relevé des perturbations conduites émises par une lampe 20 W, 1000 lm, 230V avec insertion d'un filtre de ligne :



Norme à respecter : EN 55015

Perturbations conduites émises par la lampe avec filtre de ligne.

## 7.4. Conclusion :

On constate qu'en insérant un filtre de ligne -photo ci-dessous- (type : Schaffner 2060), la norme EN 55015 est maintenant respectée.



# Les cellules solaires

**Alain KOHLER**

Les cellules solaires, appelées aussi cellules photovoltaïques ou photo galvaniques, sont des semi-conducteurs.

Exposé à la lumière (photons) ce type de composant, plus couramment composé de silicium dopé (P/N), a la particularité de générer un courant électrique continu proportionnel au niveau d'éclairement.

Elles sont utilisées dans de multiples applications de détection de lumière telles qu'entre autres :

- Appareils de mesure, Calculatrices, Montres, Robotique, Jouets,...

Lorsqu'il est nécessaire de produire une puissance électrique, les éléments de cellules sont réunis entre elles en panneaux (panneaux solaires). Le nombre de cellules constituant les panneaux est fonction de la puissance souhaitée. On trouve ces panneaux, là aussi dans de multiples applications pour alimenter entre autres :

- En milieu isolé; phares et balises en mer, téléphonie de secours sur les autoroutes, parcmètres, pompes à eau,...

- Dans le bâtiment; maison individuelle, alimentation de secours ou de sécurité, éclairage de jardin,...

## Types et applications des cellules photovoltaïques

Il existe principalement trois types de cellules photovoltaïques.

### Les cellules en silicium "Amorphe" :

Elles sont essentiellement utilisées dans les calculatrices, les montres solaires et tout applications à faible consommation d'énergie et tributaires d'un bas coût (matériel grand public, petit panneaux solaires,...).

Elles ont l'avantage de produire de l'électricité même avec très peu de lumière, d'être moins sensibles aux températures élevées et d'être d'un faible coût de fabrication.

Par contre, elles ont l'inconvénient d'avoir un faible rendement ( $60 \text{ Wc/m}^2$ ) lors d'un fort éclairement (plein soleil) et perdre de leurs performances.

Ces dernières années, les progrès technologiques ont permis une amélioration sensible de ses performances globales.



### Les cellules en silicium "Multicristallin"

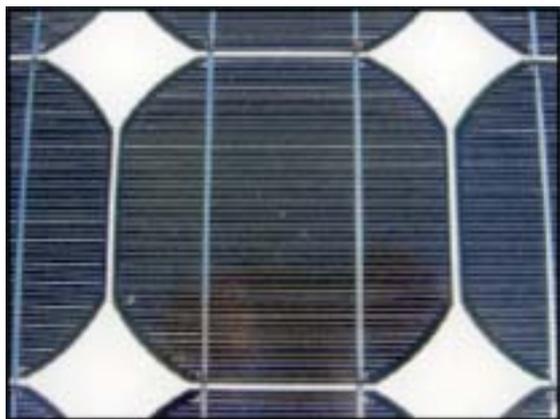
D'un rendement énergétique presque deux fois supérieur au silicium amorphe ( $100 \text{ Wc/m}^2$ ), se sont les cellules les plus utilisées pour la production d'énergie.

Elles représentent aujourd'hui le meilleur rapport rendement /qualité/prix.

Elles ont l'avantage d'être moins chères à produire que le silicium monocristallin et d'avoir un très bon rendement énergétique. De forme carrée, elles permettent une meilleure intégration dans les panneaux solaires.

Elles ont par contre l'inconvénient d'avoir un faible rendement pour un faible éclairement.





## Les cellules en silicium "Monocristallin"

Elles ont un bien meilleur rendement que les cellules Multicristallines (150 Wc/m<sup>2</sup>) presque trois fois supérieur au silicium amorphe. Elles sont fabriquées selon les mêmes principes que les semi-conducteurs standards par la "pousse" d'un cristal de silicium (en salle blanche) ensuite découpé en fine tranche.

L'avantage principal de ces cellules est d'avoir un excellent rendement.

L'inconvénient majeur est le prix de revient bien plus élevé et aussi un faible rendement lors d'un faible éclaircissement.

D'autre part, les cellules sont rondes ou de bords arrondis ce qui ne permet pas la meilleure intégration dans les panneaux solaires (pertes de surfaces actives à cause des coins arrondis des cellules).

## Les autres types de cellules

Nous avons vu précédemment les types de cellules les plus utilisées.

Il existe pourtant d'autres types de cellules moins courantes soit pour des raisons de coût trop élevé, de rendement trop faible ou parce qu'elles sont encore à l'état de recherche.

**- Les cellules mixtes (ou tandem) :** Elles sont constituées de deux couches fines superposées de silicium amorphe et monocristallin. Elles allient ainsi les avantages de l'un et de l'autre soit; un excellent rendement aux faibles éclaircissements et en plein soleil. Elles ont pour inconvénient un prix très élevé.

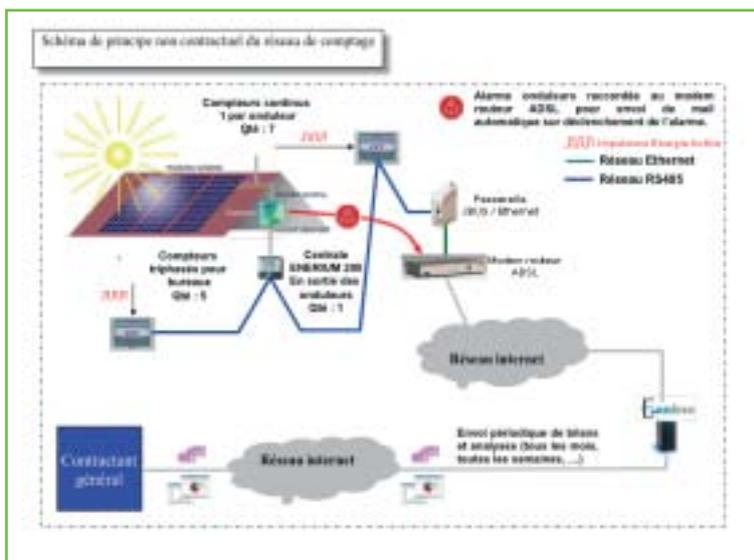
**- Les cellules multi-jonction :** Le rendement d'une cellule solaire est directement dépendant de sa faculté à absorber tout ou partie du spectre solaire. Les cellules multi-jonction sont composées de différentes couches minces de cristal remplissant chacune l'absorption d'une partie du spectre. Elles ont un excellent rendement mais le prix est aussi très élevé. Elles sont utilisées dans le spatiale.

**- Les cellules organiques (polymères) :** Elles constituent une grande promesse pour l'avenir. D'un très faible coût de fabrication et de la possibilité d'une production en continu, elles constitueront les panneaux solaires de demain lorsque les études menées actuellement permettront d'en améliorer le rendement (à ce jour 4 à 5 % seulement).

## Conclusion

D'autres technologies orientées vers le photovoltaïque sont encore à l'étude dans de nombreux laboratoires du monde entier. La perspective de la fin des énergies fossiles, les progrès technologiques et de la recherche fondamentale et les directives politiques mondiales relatives aux énergies renouvelables ont permis de dynamiser ce domaine.

Alain KOHLER



**E.online® se met au service de l'énergie solaire**

L'optimisation des coûts énergétiques nécessite la mise en place de nouvelles technologies, tels que les panneaux solaires afin de respecter l'environnement. Encore faut-il au préalable calibrer correctement les besoins.

Pour des bâtiments professionnels utilisant comme principale source d'énergie les panneaux solaires, il est possible d'obtenir un bilan des consommations énergétiques par poste ou par locataire, de façon automatique et périodique via le logiciel E.online®. Il permet un suivi temps réel des consommations, de l'état du réseaux, et va encore plus loin en transmettant automatiquement par messagerie les bilans et les alertes. Dans un contexte de réalisations intégrant de plus en plus les standards du développement durable, ce logiciel conçu par Enerdis® permet la gestion de toutes les énergies.

## Challenge EducEco

Quand les véhicules roulent à l'économie !

Le 1<sup>er</sup> challenge EducEco s'est déroulé du 4 au 6 juin 2009 à Nogaro, sur le circuit automobile Paul Armagnac. Parrainé par le Ministère de l'Education Nationale, ce challenge a été mis en place par l'AD3E, l'Association pour le Développement d'Epreuves Educatives sur l'Eco-mobilité.



Sur la ligne de départ

Destinée à développer des épreuves éducatives à caractère environnemental, l'association AD3E organise ce nouveau challenge, une compétition où économies d'énergie et automobile ne font qu'un. Objectif : parcourir la distance la plus grande en consommant un minimum de carburant. Présidée par Jean-Paul Chassaing, Inspecteur général honoraire de l'Education Nationale, le but de ce challenge est aussi de permettre aux enseignants et élèves de réaliser un projet scientifique et technique, à but environnemental. C'est l'occasion pour chaque équipe de mettre en pratique une étude théorique, un projet couché sur le papier, et vérifier ainsi que cela fonctionne.

Du véhicule tout électrique, à la version solaire, sans oublier ceux qui carburent à l'éthanol, les projets pédagogiques présentés lors de cette compétition sont variés. L'investissement des étudiants et de leur professeur dans ce challenge est plus que notable. La concrétisation d'un tel challenge a toutefois nécessité la recherche de partenariats avec des entreprises et industriels, lesquels ont pu apporter un soutien par leur savoir-faire mais aussi financièrement. En effet, la réalisation de ces prototypes nécessite parfois de gros moyens. Il ne faut pas oublier non plus tous les

bénévoles qui ont rendu possible cette première édition, tel que le lycée de Nogaro.

EducEco compte d'ores et déjà de nombreux partenaires tels que Chauvin Arnoux® et Metrix®, Dassault Systemes, Siemens, AUTOSUR, Exxotest...

Ainsi, l'industriel Chauvin Arnoux, de part son offre produits a très tôt marqué son intérêt dans les domaines de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables. « *Compte tenu de cette convergence de centres d'intérêt, nous avons souhaité accompagner ce « challenge EducEco » qui permettra à des universités, des lycées et des collèges de mesurer et de comparer leurs propres projets pédagogiques développés sur ces thématiques appliquées à des véhicules prototypes.* » nous explique Marlyne Epaulard, Dircom du groupe Chauvin Arnoux.

Pour cette 1<sup>ère</sup> édition, le Challenge EducEco réunit 56 participants, représentant 15 régions, 32 départements, et 52 établissements scolaires. Parmi eux, on dénombre 45 prototypes monoplaces et 11 petites citadines.

## Les vainqueurs

### Catégorie Moteurs à combustion interne, Trophée Siemens

INSA UPS Toulouse	2 719 km/l
Lycée Marcel Callo/Lycée Notre Dame de Redon	2 082 km/l
Polytech Orléans	1 264 km/l

### Catégorie « tout électrique », Trophée Circuit de Nogaro

IUT Ville d'Avray	132 646 joules/km
-------------------	-------------------

### Catégorie « solaires », Trophée SFR

Lycée Louis Pasquet d'Arles	122 941 joules/km
-----------------------------	-------------------

### Catégorie des « petits véhicules urbains », Trophée Chauvin Arnoux

Ecole des Mines d'Albi-Carmaux	492 km/l
--------------------------------	----------

De nombreux autres prix « spéciaux » ont été décernés pour les aspects Sécurité, Design, Eco-conception ou encore Innovation Technique.

Chacun des projets présents est en soi une réussite. Il s'agit de l'aboutissement de plusieurs mois de travail, de la mise en commun de compétences notamment transversales. Un premier pas vers l'efficacité énergétique, des idées pour nos véhicules de demain.

Il ne reste plus qu'à attendre la deuxième édition de ce challenge EducEco pour découvrir les évolutions en cours...



Derniers réglages avant le départ



La remise des trophées commence

# sourire



❖ E-Mail : [info@leclubdumesurage.com](mailto:info@leclubdumesurage.com) ❖

❖ [www.leclubdumesurage.com](http://www.leclubdumesurage.com) ❖

Diffusion gratuite, tous droits de reproduction réservés.