

Les Cahiers de l'instrumentation

n° 11

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

Verdissement des métiers & des diplômes



Analyses & gestion des énergies





Les enjeux énergétiques

Jean-Pierre Collignon

Inspecteur Général de l'Éducation Nationale
Sciences & Techniques Industrielles

Les enjeux énergétiques planétaires imposent de nouvelles exigences au niveau des États, le plan Énergie climat adopté par le parlement européen en décembre 2008, vise un objectif, dit 3 X 20, d'ici 2020, consistant à :

- diminuer de 20 % les émissions de gaz à effet de serre ;
- réduire de 20 % la consommation d'énergie ;
- atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans le bouquet énergétique.

L'un de ces trois piliers concerne l'efficacité énergétique qui doit être améliorée de 20% relativement à la demande énergétique prévue en 2020 selon un scénario établi en 2007. Actuellement les efforts consentis n'ont permis de réaliser qu'une amélioration de l'ordre de 10% seulement.

Selon un scénario de consommation d'énergie tenant compte de l'atteinte des objectifs cités précédemment, les mesures prévues par le Grenelle de l'Environnement devraient permettre, en France, des économies d'énergie. La consommation d'énergie finale qui aurait dû être de 163 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) pourrait être ramenée à 128 Mtep (35 Mtep pourront être économisées grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique et il est à noter que les énergies renouvelables apporteront 37 Mtep). D'après l'Union Française de l'Électricité, les investissements dans le système de production d'électricité devraient s'échelonner entre 250 et 300 milliards d'euros en France d'ici à 2030 que ce soit pour le développement des énergies renouvelables, le développement de procédés de stockage, les systèmes d'information associés, les infrastructures. Le même effort financier serait nécessaire pour l'amélioration de l'efficacité énergétique tout aussi fondamentale.

Les entreprises concernées ont donc de nombreux défis à relever, parmi lesquels la formation de leurs collaborateurs. L'Éducation Nationale a réfléchi avec les professionnels des secteurs concernés sur les métiers et les compétences nouvelles. Il est apparu que, même si de nouveaux métiers apparaissent, il s'agit avant tout d'un enrichissement, d'un élargissement des compétences existantes. Outre la création de deux mentions complémentaires post baccalauréat professionnel⁽¹⁾, les diplômes des filières concernées, dont le Génie Électrique, ont évolué pour mieux prendre en compte les sources renouvelables, l'efficacité énergétique et pour développer les attitudes associées permettant une approche plus globale des systèmes ainsi que la coordination de différents corps de métier concernés par les interventions sur une installation. Une importante étape a également été franchie, au niveau de l'Éducation Nationale, par la mise en place d'un pilotage unifié des réflexions et travaux liés à l'énergie sous toutes ses formes.

1 : Mention Complémentaire Technicien des Services à l'Énergie
Mention Complémentaire Technicien en Énergies Renouvelables

sommaire

❖ Le Club 1

Les publications du Club 1

❖ Pédagogie 2

Filière du génie électrique : Prise en compte du Grenelle de l'environnement et des technologies de la fibre optique dans les diplômes 2 - 5

❖ Application 6

Le mesurage en appui à la gestion d'énergie : Mise en oeuvre au lycée Jean Prouvé à Nancy 6 - 10

❖ Normalisation 11

Prévention des risques électriques : Le point sur les nouveaux décrets et la nouvelle norme NF 18-510 11 - 16

❖ Mesurage 17

Analyse et gestion des énergies 17 - 21

❖ Reportage 22

SMART GRID en Provence Alpes Cote d'Azur : PREMIO, le 1^{er} réseau électrique intelligent à Lambesc 22 - 28

❖ Pédagogie 29

Fluid'Art : Gestion d'énergie. Qualification du lycée Branly à Lyon pour la finale du concours 29 - 33

❖ Gardons le sourire 34

❖ Les Cahiers de l'Instrumentation

Directeur de la publication :
Marlyne Epaulard

Comité de rédaction :
Luc Dezarnaulds, Marlyne Epaulard, Marie Courrière, Claude Royer, Didier Villette, Didier Bisault

Secrétaire de rédaction :
Didier Bisault

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

le club

Les membres du bureau du Club du Mesurage

et du comité de rédaction



Luc Dezarnaulds

Président du «Club du Mesurage»
Directeur Commercial France
Chauvin Arnoux
luc.dezarnaulds@chauvin-arnoux.com



Marlyne Epaulard

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



Marie Courrière

Responsable marché Education Nationale
Chauvin-Arnoux
marie.courriere@chauvin-arnoux.com



Didier Villette

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



Claude Royer

Inspecteur de l'Éducation Nationale honoraire
Enseignement Technique
Sciences et Techniques Industrielles
claude.royer2@free.fr



Didier Bisault

Responsable Communication Salons
Chauvin Arnoux
didier.bisault@chauvin-arnoux.com



Claude Bergmann

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



Jean-Paul Chassaing

Président d'honneur du «Club du Mesurage»
Inspecteur Général honoraire
Sciences et Techniques Industrielles



Jean-Louis Gauchenot

Président d'honneur du «Club du Mesurage»
Ancien Directeur
Chauvin-Arnoux Test & Mesure



Jean-Pierre Collignon

Inspecteur Général de l'Éducation Nationale
Sciences et Techniques Industrielles



Luc Prince

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



Patrick Lefort

Inspecteur Pédagogique Régional honoraire
Sciences et Techniques Industrielles



Christian Cagnard

Inspecteur Pédagogique Régional honoraire
Consultant Expert Education



Philippe Albert

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



Samuel Violin

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



Georges Michalesco

Ancien Directeur de l'IUT
de Cachan



Réda Farah

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

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'abonnement gratuit 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

Filière du génie électrique : prise en compte du Grenelle de l'environnement et des technologies de la fibre optique dans les diplômes

Didier Villette

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

Samuel Viollin

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



Les préconisations du Grenelle de l'environnement, mais également le développement très rapide de la fibre optique ont nécessité que des évolutions soient apportées dans le contenu des référentiels de formation. Nous avons souhaité dans cet article vous apporter les informations essentielles qui ont guidé les travaux des groupes de travail mis en place par la direction générale de l'enseignement scolaire dans le cadre des travaux de la 3^{ème} CPC.

Ces évolutions portent sur le contenu des référentiels du CAP PROELEC, du BAC PRO ELEEC et du BTS Electrotechnique.

A - La prise en compte du Grenelle de l'environnement

Dans le cadre des travaux conduits en 2007 et 2008 par le Grenelle de l'environnement, les évolutions et la conséquence sur l'offre de formation représentaient un des axes de travail. Au cours de l'année 2009 a été publié, par le ministère de l'environnement, un rapport

« Développement durable, gestion de l'énergie : évolutions et conséquences sur l'offre de formation » qui précisait que les formations doivent prendre en compte les compétences suivantes :

Au niveau du baccalauréat professionnel

1 : la connaissance des contraintes environnementales pour le secteur du bâtiment et les matériaux utilisés

- Identifier les enjeux de l'efficacité énergétique et le rôle que doit jouer le secteur du bâtiment dans la lutte contre le réchauffement climatique,
- Comprendre l'information technique, environnementale et sanitaire relative aux matériaux de construction,
- Connaître le contexte législatif, réglementaire, y compris les dispositifs publics d'incitations financières ou fiscales.





2 : la gestion des interfaces techniques et entre corps d'état

- Organiser ses interventions et celles de son équipe en prenant en compte les réalisations des autres corps d'état,
- Identifier les éléments spécifiques à prendre en compte lors d'une intervention sur du bâti existant,
- Alerter les membres de son équipe sur les précautions à prendre lors de l'intervention sur le bâtiment, en référence, entre autres, à une bonne connaissance de la sinistralité et de ses causes,
- Identifier les éléments permettant de réaliser la réception des ouvrages et des supports,
- Communiquer, se coordonner avec les autres corps d'état, expliquer la nature des interventions réalisées et les précautions à prendre lors des interventions ultérieures,
- Réaliser un auto-contrôle systématique des résultats de ses interventions,
- Réaliser un contrôle de conformité systématique des interventions de son équipe à des étapes clés en référence aux règles professionnelles et aux DTU et alerter en cas de difficulté ou d'écart constaté.

3 : l'approche globale du bâtiment

- Maîtriser les points clefs de la performance énergétique sur un chantier de rénovation simple en prenant en compte les modes de circulation de l'air, de l'eau, de la vapeur d'eau, en référence à une connaissance des points critiques de la performance énergétique d'un bâtiment ainsi que des outils permettant de l'évaluer, notamment au travers d'un recours à des compétences externes,
- Identifier les types de travaux à effectuer sur un bâtiment existant pour améliorer son efficacité énergétique dans le respect des caractéristiques du bâti,
- Identifier les éléments spécifiques à prendre en compte lors d'une intervention sur du bâti existant.

4 : l'information et le conseil client

- Conseiller les clients en tenant compte des normes en matière d'environnement, d'accessibilité, de sécurité, de santé,
- Conseiller les clients sur les modes d'utilisation des installations mises à leur disposition et les alerter face aux risques et aux conséquences d'une mauvaise utilisation,
- Mettre en œuvre son devoir d'alerte et de conseil (en rénovation).

5 : la gestion des déchets et des nuisances

- Réaliser le tri et le traitement des déchets sur le chantier en respectant les consignes,
- Coordonner et vérifier le traitement, le transport et le tri des déchets sur le chantier,
- Limiter les différents types de nuisances engendrées par un chantier,
- Vérifier l'application des consignes en matière de gestion des déchets et de limitation des nuisances.

Au niveau du BTS en complément des compétences déjà citées

1 : pour la connaissance des contraintes

- Rechercher et mettre à jour ses informations en référence à sa spécialité et aux prestations proposées par l'entreprise (nouveaux textes, nouvelles normes, évolution des DTU, nouvelles techniques et technologies, nouveaux produits...).



2 : pour la gestion des interfaces

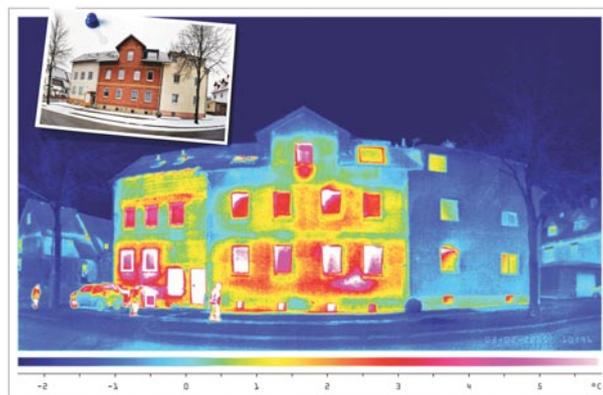
- Coordonner ses interventions avec celles des autres corps d'état en phase d'organisation et de préparation du chantier,
- Appréhender les outils juridiques, commerciaux et organisationnels permettant une intervention autour d'une coopération entre plusieurs entreprises assurant des interventions complémentaires en matière de performance énergétique,
- Concevoir un dispositif de contrôle, de traçabilité et de suivi des résultats des interventions sur chantier.

3 : pour l'approche globale du bâtiment

- Réaliser une évaluation thermique sur un chantier de rénovation en prenant en compte les modes de circulation de l'air, de l'eau, de la vapeur d'eau en référence à une connaissance des points essentiels pour qu'un bâtiment soit énergétiquement performant ainsi que des outils permettant d'évaluer la performance d'un bâtiment.

4 : pour l'information et le conseil client

- Mettre en valeur et présenter un projet d'intervention globale (offre globale d'équipements énergétiques ou bouquet d'interventions) à un client,



- Conseiller les clients en tenant compte des normes en matière d'environnement, d'accessibilité, de sécurité, de santé, et argumenter les choix de produits et de techniques préconisés en s'appuyant notamment sur les aspects environnementaux (dont énergie grise, provenance et traçabilité des matériaux),
- Orienter les approvisionnements du chantier vers les produits ayant l'empreinte écologique la plus faible.

5 : pour la gestion des déchets et des nuisances

- Organiser le traitement, le transport et le tri des déchets et vérifier la mise en œuvre des consignes,
- Identifier les actions permettant de réduire les nuisances engendrées par le chantier, définir des procédures adaptées et vérifier leur mise en œuvre.

B - Les directives de la réglementation RT 2012 et les enjeux dans notre enseignement

Dans le prolongement normal du Grenelle de l'environnement, la mise en œuvre de la réglementation thermique RT 2012, n'a pas conduit à ce jour à des modifications du contenu des référentiels (Référentiel d'Activités Professionnelles [RAP] ou Référentiel de Certification). Pour autant, nos contenus d'enseignement doivent évoluer. Les enseignants ou formateurs doivent prendre en compte dans leurs activités pédagogiques les aspects de la réglementation, en particulier au niveau des fonctions *Étude, Réalisation et Mise en service* de nos référentiels.

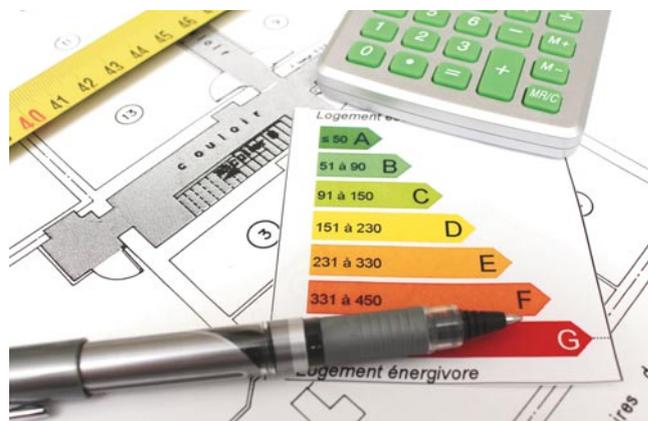
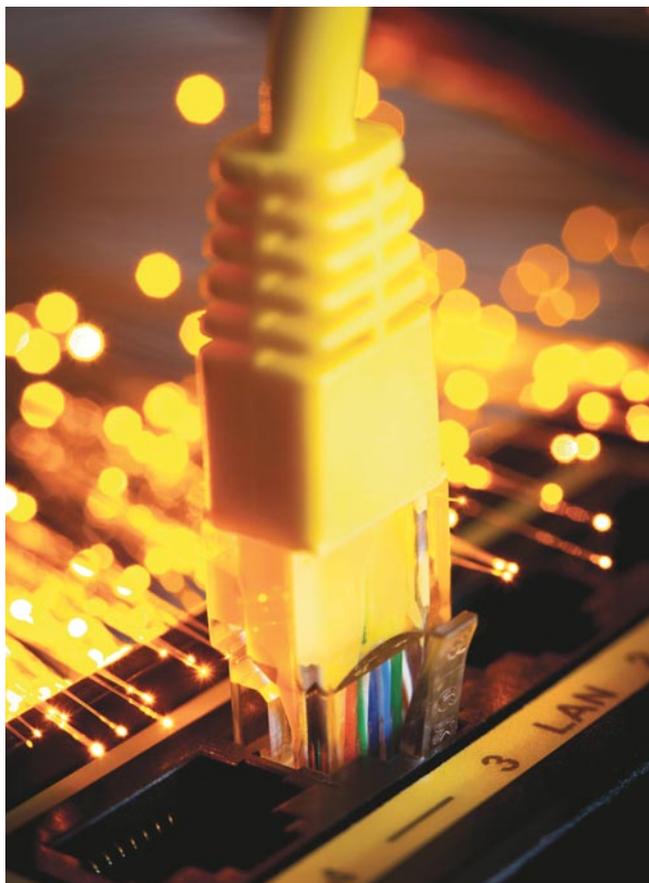
- En effet la RT 2012 s'articule toujours autour de cinq usages énergétiques : chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires (ventilation, pompes...) qui représentent le cœur de notre métier.
- La RT 2012 se caractérise également par une exigence de moyens portant sur :

- Recours aux énergies renouvelables en maison individuelle ;
- Traitement des ponts thermiques ;
- Traitement de l'étanchéité à l'air (test de la porte soufflante) ;
- Surface minimale de baies vitrées (1/6 de la surface des murs) ;
- Mesure ou estimation des consommations d'énergie par usage ;
- Prise en compte de la production locale d'électricité en habitation (Cepmax + 12 kWhEP/m²/an).

À ces titres, notre cœur de métier va trouver tout son sens dans le recours aux énergies renouvelables et la mesure ou l'estimation des consommations d'énergie par usage.

C - Le développement de la fibre optique

Le développement massif par les collectivités territoriales et en particulier par les communes et les communautés de communes, de la distribution de la fibre optique au plus près concept FTTH (Fiber To The Home) ou FTTB (Fiber To The Building or Basement) a également conduit à devoir introduire des évolutions significatives dans les référentiels.



Pour le Baccalauréat professionnel ELEEC

En introduisant la notion de réseau dans la fonction *Réalisation* du référentiel et en précisant pour cette activité :

- Poser les câbles optiques en fourreau, en bâtiment « vertical »
- Poser les câbles optiques en structure « horizontale » (rue, égout, poteau télécom)
- Raccorder les câbles optiques sur un terminal actif de raccordement client, « mise en service BOX »
- Brancher les composants de raccordement avec les supports d'interconnexion nécessaires
- Raccorder et/ou souder les fibres optiques entre elles
- Essayer et mesurer les liaisons
- Expertiser et valider les caractéristiques fonctionnelles des supports
- Repérer les câbles et mettre à jour un dossier technique

Pour le BTS Electrotechnique

En introduisant dans l'activité de contrôle la compétence à :

- Interpréter les mesures et qualifier l'installation de fibre optique. ■



Application

Le mesurage en appui à la gestion de l'énergie

Mise en œuvre au lycée Jean Prouvé à Nancy

Gilles PLUMECOCQ

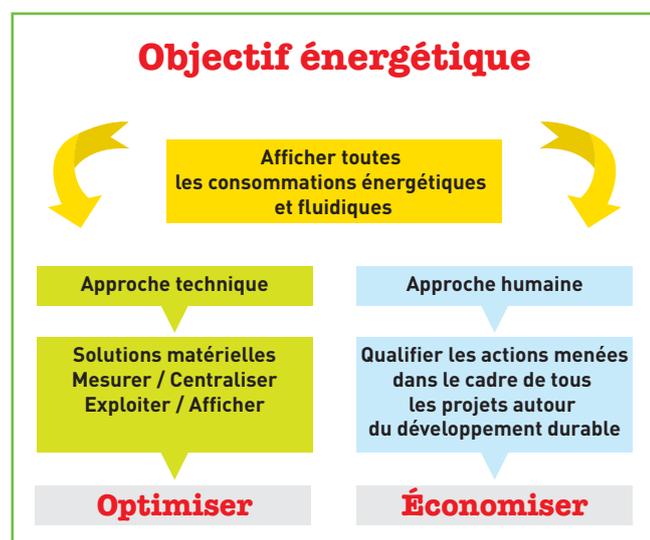
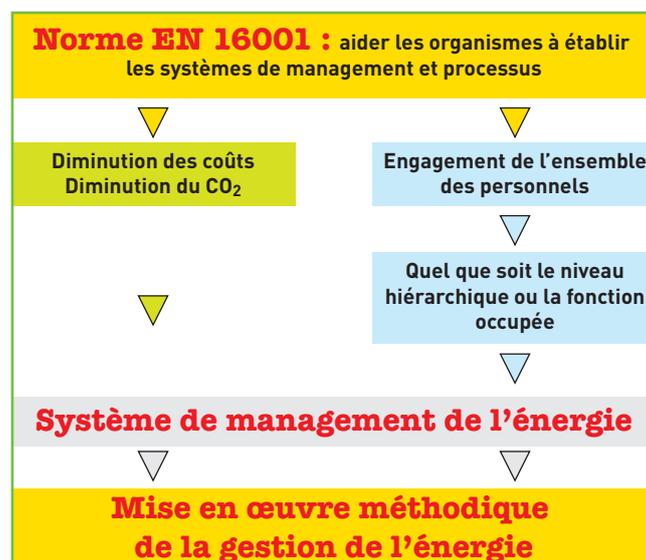
Professeur d'électrotechnique et animateur au lycée Jean Prouvé à Nancy

Les membres de la communauté scolaire ont la volonté d'aller à contre-courant du tout gaspillage. Ainsi, le lycée s'inscrit dans un grand défi planétaire « économiser les énergies transformées ». Pour atteindre notre objectif énergétique ambitieux dans le système de management, nous communiquons sur les consommations électriques, gazeuses et liquides.

Management de l'énergie et norme EN 16001 applicable dans le lycée

L'architecture adoptée consiste à planifier les actions puis à les mettre en œuvre. La vérification et un suivi au travers de mesures apporteront les actions préventives et correctives utiles. Nous appliquons l'amélioration continue : PDCA : « plan-to-do-check-act ». Notons que c'est la méthode retenue pour le thème prioritaire « énergie » dans « Agenda 21 » au lycée.

À partir des obligations légales et autres exigences applicables, une équipe de direction suit la politique énergétique fixée collectivement (retour en temps réel



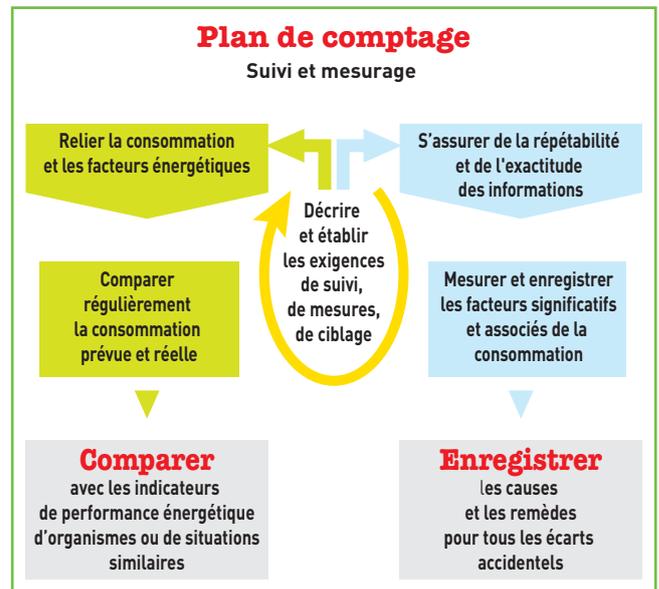
et priorisation des consommations). Le choix stratégique des consommations et de la diversité des sources (fossiles ou renouvelables) engage le management. Il le transforme en atout à la condition de l'élaborer dans les applications et suivant les modalités les plus optimales. Le système est donc défini par son domaine d'application et ses limites, sa mise en œuvre, sa documentation et les ressources disponibles. De plus, il doit être maintenu en fonctionnement pour garantir la performance énergétique. La maîtrise opérationnelle identifie les cibles et planifie les actions qui concourent à la réussite de l'objectif : utilisation des appareils électriques énergivores hors heures de pointe quotidiennes. Des modes d'utilisations, repérés et suivis, dégradent l'usage énergétique : le chauffage non régulé, l'éclairage permanent calé sur les horaires d'ouverture des bâtiments ou les usages temporels injustifiés des moyens informatiques et la surconsommation d'eau dans les sanitaires. Le facteur énergétique quantifie les consommations par mètre cube

Application

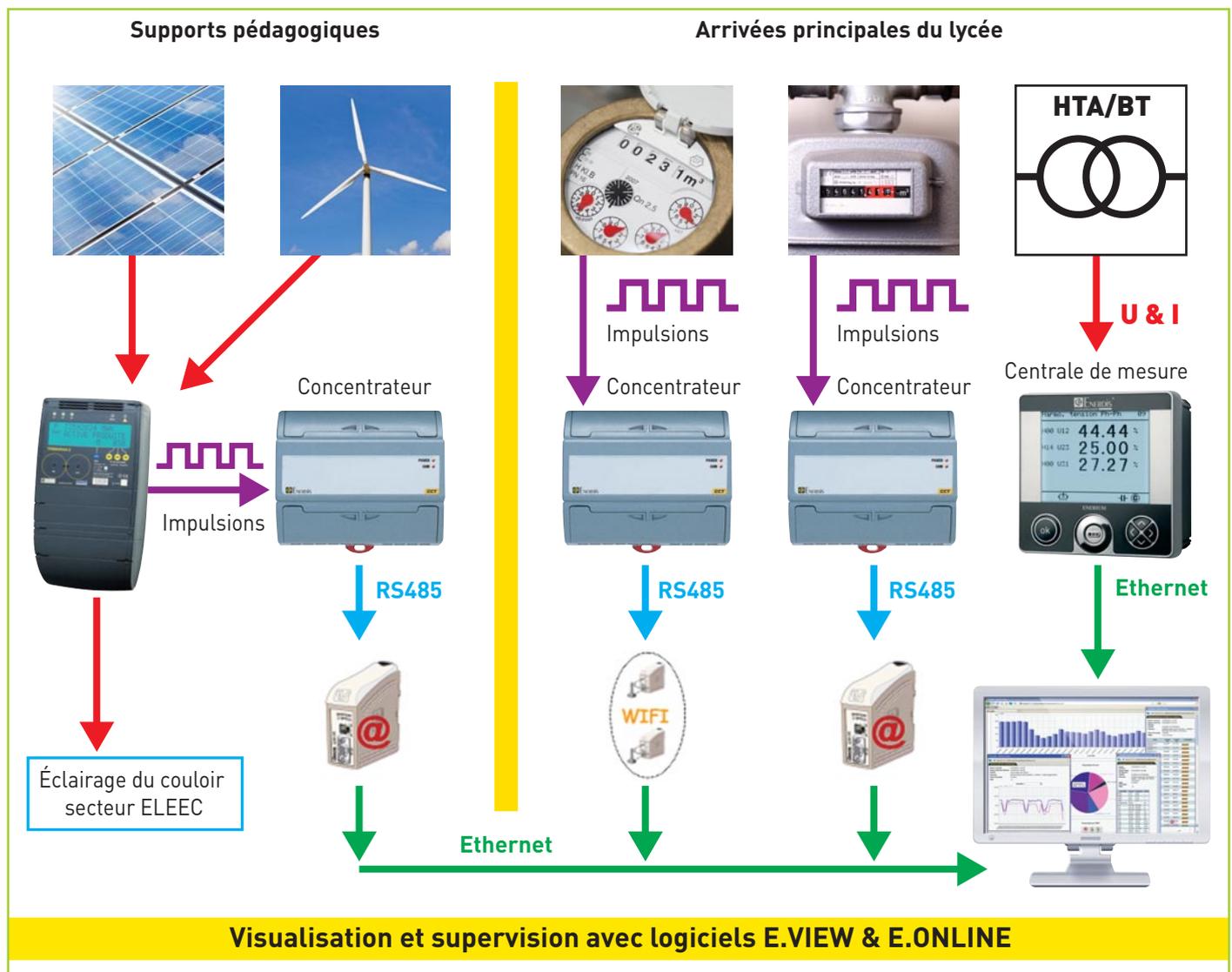
d'eau ou de gaz ou encore par kilowattheure pour l'électricité. Le **plan de comptage** est en adéquation avec les besoins, il facilite l'analyse. Les consommations sont analysées périodiquement afin de détecter la détérioration ou l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Mesure des consommations électriques, gazeuses et liquides

Très éloignées l'une de l'autre, le lycée dispose d'une arrivée générale (20 kV, TGBT), d'une arrivée gaz avec deux compteurs équipés de sorties « pulse » et d'une arrivée d'eau également équipée d'un compteur à impulsions. Celles-ci passent par un **concentrateur** qui se charge de communiquer les consommations via un bus série puis transitent par un adaptateur « série / Ethernet » afin d'être centralisées. Le concentrateur n'est pas certifié ATEX, aussi, nous installons une barrière de sécurité intrinsèque « gaz ».



Synoptique du mesurage des consommations et des productions énergétiques du lycée



Application

La production (consommée) photovoltaïque (2 kW) et éolienne (400 W) est comptabilisée par la sortie à impulsions d'un **compteur électrique**.

Une **centrale de mesure** restitue via ETHERNET toutes les consommations électriques puisées au réseau ERDF.

La mesure tension s'effectue sur un départ, raccordé au jeu de barres, au travers d'un disjoncteur à fort pouvoir de coupure (25 kA).

La mesure de courant est réalisée par des transformateurs d'intensité (1 500 A / 5 A) démontables munis de court-circuiteurs automatiques. Ceux-ci sont posés, avec l'aide de l'électricien habilité, sur les câbles au-dessus du transformateur HTA / BT, évitant ainsi l'installation de TI fixes sur le jeu de barres principal et donc la coupure générale de l'alimentation.



La centrale de mesure ENERDIUM 150 nous permet de vérifier et de modifier des points importants en lien avec l'objectif et le plan de comptage, tels que :

- l'efficacité énergétique par la mesure, la surveillance et l'optimisation des consommations électriques,
- l'enregistrement en temps réel de toutes les grandeurs électriques, l'analyse des dérives et la gestion des alarmes liées au dépassement programmé,
- les solutions correctives et préventives concernant la qualité de la distribution d'énergie.

Exploitation des mesures dans l'objectif énergétique, point de vue du gestionnaire



Le logiciel E.ONLINE (gestion et supervision des énergies) indique les mesures significatives à distance. Elles aident à la création de bilans et à l'analyse des consommations annuelles, mensuelles, hebdomadaires, journalières ou horaires, par la présentation de graphiques ou de tableaux.

Les choix opérés sont visibles à court, moyen et long terme.



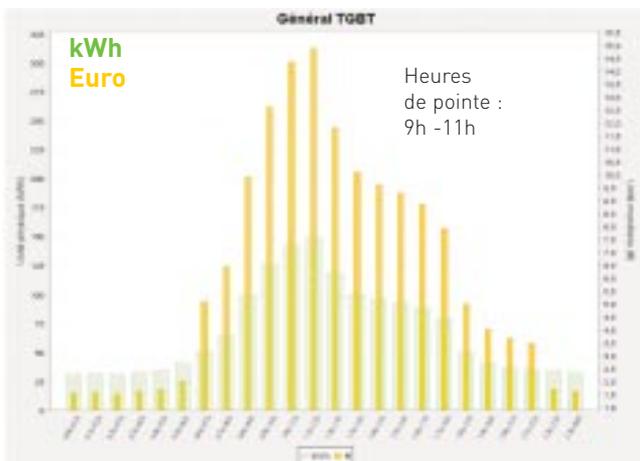
Les économies

Les données des graphes ci-après font apparaître les coûts mais aussi les gisements d'économie obtenus par comparaison des consommations électriques sur l'ensemble des départs du lycée.

La même réflexion est portée sur les consommations de gaz ou d'eau.

Le paramétrage des tarifs (vert dans notre cas), des index, des alarmes est nécessaire pour l'obtention de valeurs justes et cohérentes.

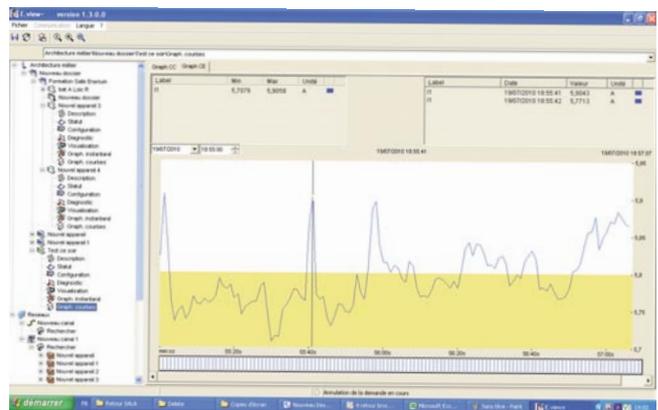
Application



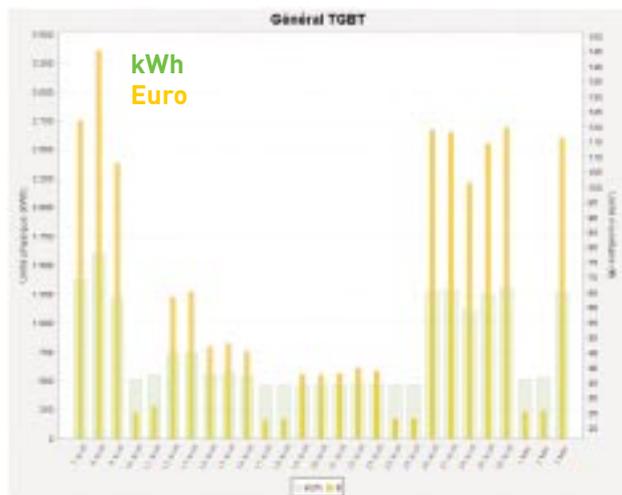
Exemple de relevés horaires sur 24 h

	kWh	€
Max	1546,91	113,30
Min	807,73	37,53
Moyenne	1300,72	92,53
Total	10405,79	740,24

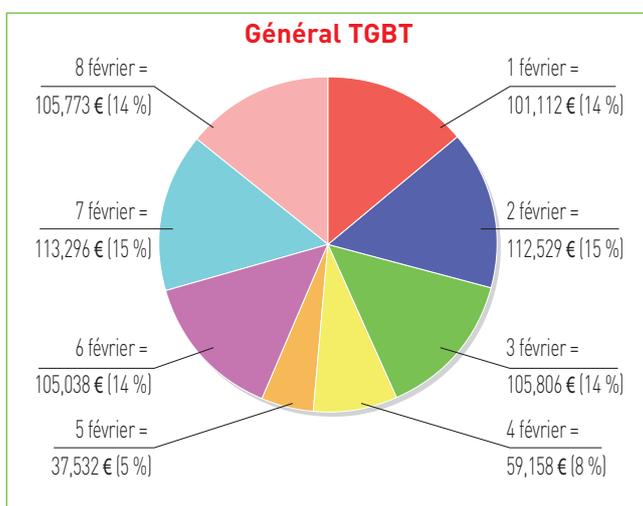
Exploitation des mesures par l'électrotechnicien



En plus de E.ONLINE, le logiciel E.VIEW (visualisation des grandeurs et transfert de données) indique les grandeurs électriques en temps réel. Les logiciels tracent également les évolutions de celles-ci : P, Q, S, U, I, V,...



Exemple de la consommation électrique et du coût journalier sur un mois



Exemple de représentation circulaire du coût journalier sur 8 jours, en euros et en %

Variable	Date maxima	maxima	Date maxima moyen	maxima moyenne
P1 récepteur	20/10/2011 09:48	78196		
P2 récepteur	20/10/2011 09:46	71709		
P3 récepteur	08/11/2011 11:52	78939		
P1 récepteur	08/11/2011 11:52	217917	08/11/2011 11:58	181902
Q1 récepteur	05/01/2012 12:12	26442		
Q2 récepteur	05/01/2012 12:12	22453		
Q3 récepteur	06/09/2011 16:14	29200		
Q1 récepteur	05/01/2012 12:12	70428	05/01/2012 12:21	44809
FPT récepteur			06/09/2011 16:18	0,9413
Cos phi 1 récepteur			06/09/2011 16:18	0,9522
S1	20/10/2011 09:48	79829		
S2	20/10/2011 09:46	72511		
S3	08/11/2011 11:52	80768		
S1	08/11/2011 11:52	222345	08/11/2011 11:58	183913
P1 générateur	12/05/2011 14:53	0		
P2 générateur	12/05/2011 14:53	0		
P3 générateur	12/05/2011 14:53	0		
P1 générateur	12/05/2011 14:53	0	12/05/2011 14:53	0
Q1 générateur	12/05/2011 14:53	-2147483648		
Q2 générateur	12/05/2011 14:53	-2147483648		
Q3 générateur	12/05/2011 14:53	-2147483648		
Q1 générateur	12/05/2011 14:53	-2147483648	12/05/2011 14:53	0
Q1 générateur	12/05/2011 14:53	-2147483648	12/05/2011 14:53	1,0000
FPT générateur	12/05/2011 14:53	-2147483648	12/05/2011 14:53	1,0000
Cos phi 1 générateur	12/05/2011 14:53	-2147483648	12/05/2011 14:53	1,0000

Grandeurs instantanées P, Q, S, Fp et cos φ en récepteur et générateur. Valeurs maximales

Variable	Date minima	Valeur minima	Date maxima	Valeur maxima	Unité
desequilibre	-	-	20/05/2011 18:51	0,53	%
Freguence	29/05/2011 23:07	49,89	01/06/2011 06:05	50,13	Hz
I1	02/06/2011 00:35	45,13	23/05/2011 10:34	288,07	A
I2	01/06/2011 00:54	45,22	17/05/2011 09:36	263,63	A
I3	05/06/2011 12:17	50,35	18/05/2011 10:42	298,62	A
IN	06/06/2011 05:32	14,1848	16/05/2011 10:54	93,9765	A

Historiques des valeurs minimales et maximales des différents courants en sortie du transformateur HTA/BT

Application

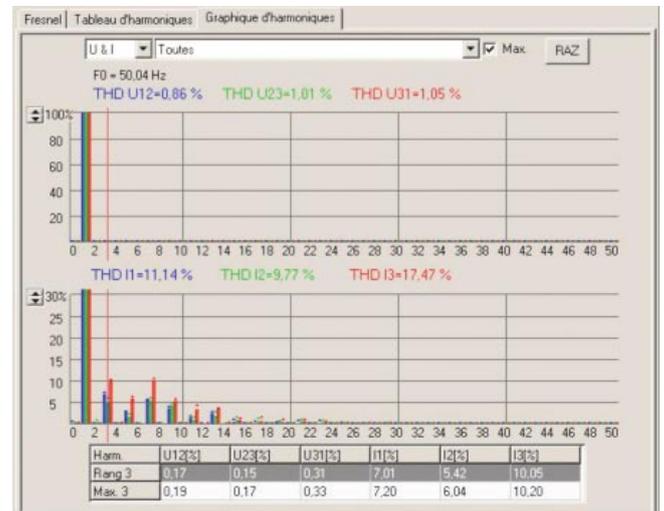
Bilan des puissances en kW ou kvar sur créneaux horaires

Libellé Général TGBT
Niveaux
Catégorie Electricité
Unité kW / kvar

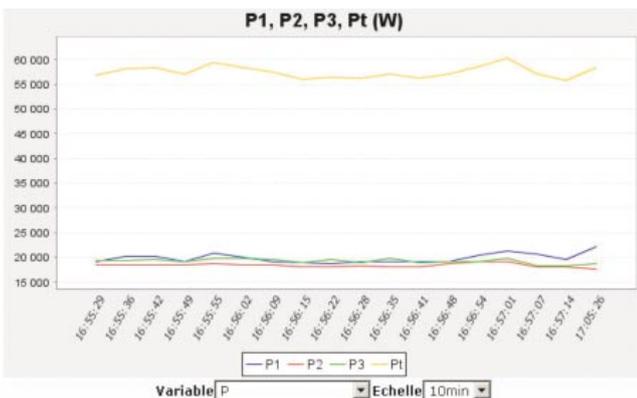
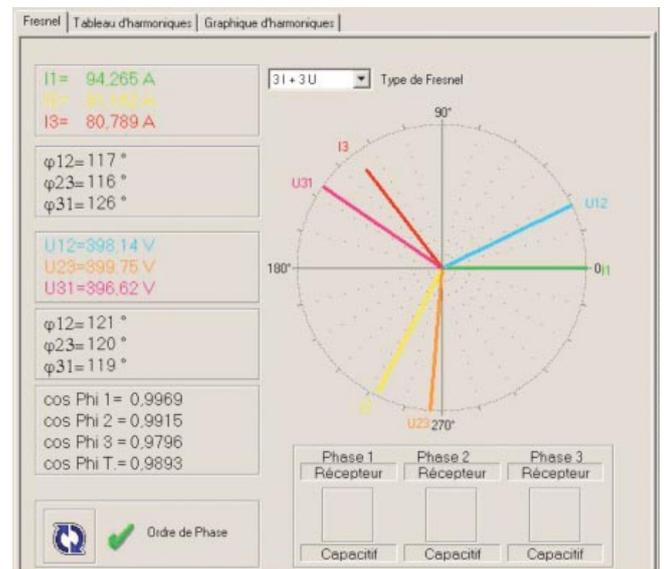
Date	Valeur Pa	Valeur Pr	Graphique
10/02/2012 17:40	66,35	0,00	
10/02/2012 17:30	66,87	0,00	
10/02/2012 17:20	66,21	0,00	
10/02/2012 17:10	66,91	0,00	
10/02/2012 17:00	68,71	0,00	
10/02/2012 16:50	69,55	0,13	
10/02/2012 16:40	71,45	0,22	
10/02/2012 16:30	77,75	0,23	
10/02/2012 16:20	80,61	0,15	
10/02/2012 16:10	79,30	0,00	
10/02/2012 16:00	78,85	0,14	
10/02/2012 15:50	82,62	0,67	
10/02/2012 15:40	84,21	2,70	
10/02/2012 15:30	82,16	1,43	
10/02/2012 15:20	80,94	3,27	
10/02/2012 15:10	80,61	0,68	
10/02/2012 15:00	80,60	1,35	
10/02/2012 14:50	89,35	0,26	
10/02/2012 14:40	101,14	0,05	
10/02/2012 14:30	93,11	0,41	
10/02/2012 14:20	97,47	0,15	
10/02/2012 14:10	101,12	0,00	
10/02/2012 14:00	104,74	0,24	
10/02/2012 13:50	106,55	1,07	
10/02/2012 13:40	101,69	2,46	
10/02/2012 13:30	114,59	7,35	

L'affichage du taux harmonique ou des déphasages, des consommations réactives indiquent si les paramètres des modules de suppression ou de compensation sont efficaces. ■

Taux harmoniques en tension et en courant à un instant donné



Représentation de Fresnel



Exemple des variations de la puissance par phase et totale sur des périodes de 10 minutes

Bilan énergétique au niveau des départs TGBT

Variable	Inst	Unité
E active +	690360,31	kWh
E active -	1,17	kWh
E apparente +	894112,58	kVAh
E apparente -	15,13	kVAh
E réactive +	13091,77	kvarh
E réactive -	444955,17	kvarh

Prévention des risques électriques

Le point sur les nouveaux décrets et la nouvelle norme NF 18-510

Patrick LEFORT

Inspecteur Pédagogique Régional honoraire - Sciences & Techniques Industrielles

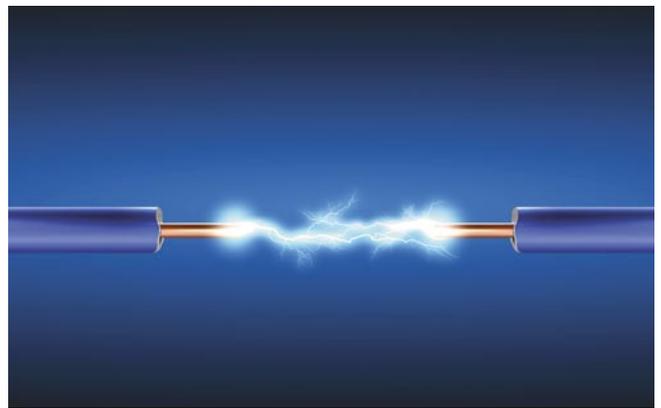
Comme chaque fois que les textes réglementaires évoluent nous sommes contraints de revoir nos enseignements pour les rendre conformes aux nouvelles exigences. S'agissant de la sécurité électrique, nous savons tous que si le nombre d'accidents électriques est faible par rapport au total des accidents du travail, chaque année, une dizaine de travailleurs meurent électrocutés. En outre, les accidents liés à l'électricité peuvent provoquer des incendies ou des explosions. Nous devons apporter à nos apprenants cette formation à la prévention des risques d'origine électrique, entre autres formations à la sécurité (sauvetage secourisme au travail [SST], prévention des risques liés à l'activité physique [PRAP], Certificat d'aptitude à la conduite en sécurité [CACES], etc.).

Historique

C'est en 2000 qu'est paru le premier référentiel de formation aux risques électriques. Ce texte ciblait essentiellement les formations technologiques et professionnelles des filières de l'électrotechnique, de la maintenance industrielle, de l'énergétique - fluide, de l'électronique, de l'informatique industrielle, de la photonique, de l'audiovisuel et le BTS Mécanique et Automatismes Industriels. Soit au total 40 diplômes. Les recommandations pédagogiques étaient exprimées filière par filière.

Lui a succédé une deuxième version en 2005 avec une mise à jour des diplômes (67 sont alors concernés), une simplification du nombre de tâches qui passe de 25 à 13, et l'adjonction de différents textes dont celui sur les fondamentaux de la prévention des risques d'origine électrique (analyse des risques d'origine électrique du domaine BTA et principes généraux de prévention au regard du risque d'origine électrique). Les recommandations pédagogiques sont dorénavant traitées de façon transversale.

Chacun de ces référentiels s'est vu imposé aux enseignants des filières et diplômes concernés par une note



de service du Ministère de l'Éducation Nationale ; du 07/02/2006, A5 n°427 : Formation à la prévention des risques électriques, pour la dernière en date.

Nouveaux textes législatifs

Annulant le décret n°88-1056 du 14 novembre 1988, une série de nouveaux textes est parue en 2010.

- **Décret fixant les obligations des employeurs** (2010-1016 du 30 Août 2010) : maintenir les installations en conformité avec les règles qui leur sont applicables, surveiller et maintenir les installations, vérifier ou faire vérifier les installations.
- **Décret fixant des obligations des maîtres d'ouvrage** (2010-1017 du 30 Août 2010) : le maître d'ouvrage doit concevoir et réaliser les installations électriques des bâtiments, destinés à recevoir des travailleurs, conformément aux dispositions du présent décret.
- **Décret relatif à la prévention des risques électriques** (2010-1018 du 30 Août 2010) : fixe les dispositions applicables aux travailleurs indépendants et employeurs qui exercent directement une opération sur les installations électriques ou dans leur voisinage.

Normalisation

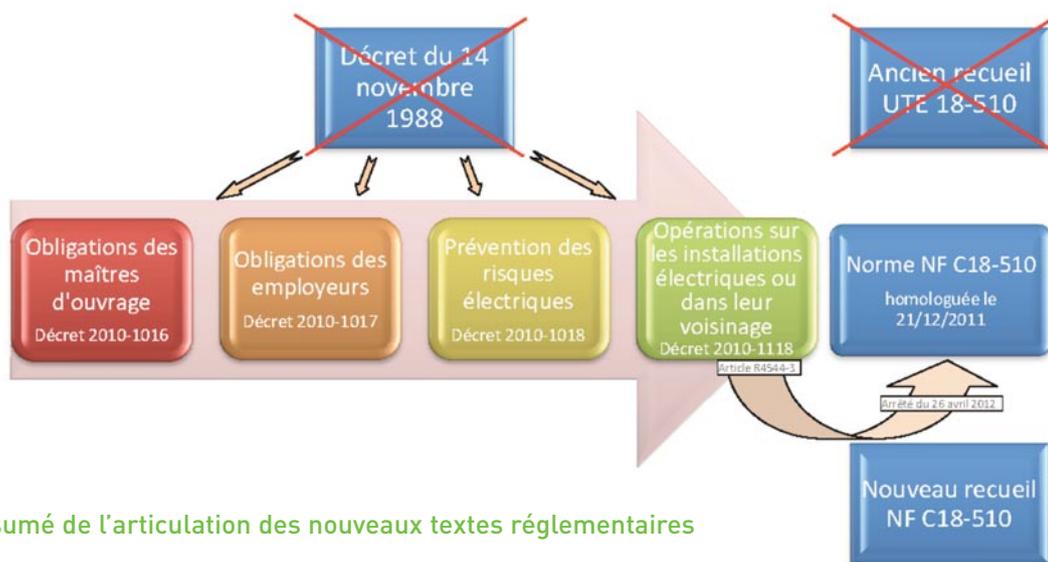


Figure 1 : Résumé de l'articulation des nouveaux textes réglementaires

• Décret relatif aux opérations effectuées sur les installations électriques ou dans leur voisinage

[2010-1118 du 22 Septembre 2010] : vise les opérations sur des installations électriques ou dans leur voisinage. Les installations concernées peuvent être visées par la réglementation du travail ou une autre réglementation par exemple les véhicules électriques, les éclairages extérieurs, les bâtiments d'habitation ... Sont exclues les opérations effectuées sur les installations régies par la loi du 15 juin 1906 : installations de production et de distribution électrique ainsi que les installations de traction électrique (train, tram, trolley, funiculaire, etc.).

Les travaux doivent être réalisés hors tension mais peuvent exceptionnellement être effectués sous tension si les conditions d'exploitation rendent dangereuse la mise hors tension ou en cas d'impossibilité technique.

Les opérations au voisinage de pièces nues sous tension doivent être limitées au cas où il n'est pas possible de faire disparaître le voisinage.

L'habilitation est rendue obligatoire pour les travailleurs amenés à réaliser des opérations sur les installations électriques et dans leur voisinage.

D'autres publications issues de la norme NF C18-510 voient le jour :

- le recueil **UTE C 18-510** nouvelle version sur la base de la norme ;
- le recueil **UTE C 18-510-1** qui traite des instructions de sécurité électrique pour les ouvrages ;
- le recueil **UTE C 18-510-2** qui traite des instructions de sécurité électrique pour les installations de production ;

- le recueil **UTE C 18-531** qui a pour vocation de traiter de l'habilitation pour les non électriciens ;
- le recueil **UTE C 18-540** qui traite des habilitations basse tension ;
- le recueil **UTE C 18-550** qui traite de la prévention du risque électrique sur les véhicules et particulièrement le véhicule électrique.

Principales modifications dans la norme

Sur la forme :

- Amélioration de la rédaction au travers d'un nouveau plan
 1. Domaine d'application,
 2. Références normatives,
 3. Termes et définitions,
 4. Dispositions générales,
 5. Formation et habilitation,
 6. Détermination de l'environnement des opérations,
 7. Opérations hors tension,
 8. Travaux sous tension,
 9. Opérations dans l'environnement y compris dans le voisinage électrique,
 10. Interventions BT,
 11. Opérations spécifiques d'essais, de mesurage, de vérification et de manœuvre,
 12. Opérations particulières à certains ouvrages ou installations,
 13. Incendies et accidents sur ou près des ouvrages et installations électriques.

Annexes

Normalisation

Les prescriptions sont rédigées en caractères de taille normale tandis que les notes y afférant, intégrées dans les articles, sont rédigées en caractères de taille réduite. Systématiquement les termes définis dans la norme sont rédigés en PETITES MAJUSCULES au sein des articles, ce qui permet le renvoi rapide au chapitre 3 des termes et définitions.

- Harmonisation des textes par la prise en compte des nouveaux décrets,

Les responsabilités de chacun sont précisées : entre maîtres d'ouvrages, employeurs, employés, exécutants, maîtres d'œuvres, travailleurs indépendants, etc. La formation à l'habilitation est complètement décrite dans la forme et le fond.

- Précision sur la terminologie employée (*voir bref extrait dans l'encadré ci-contre*),

Sur le fond :

- Évolution des principes

Il est donné comme priorité de supprimer le risque électrique avant tout. S'en prémunir ne devra être envisagé que si les conditions d'exploitation rendent dangereuse la mise hors tension, si l'interruption de l'alimentation génère des risques pour les personnes, ou s'il existe une impossibilité technique.

Le travail sous tension devra rester une exception (et dans la formation scolaire une **interdiction**). Les opérations au voisinage de pièces nues sous tension doivent être limitées au cas où il n'est pas possible de faire disparaître le voisinage. La pose de nappe devient de rigueur pour supprimer le risque.

Reprise des principes généraux de prévention, dans l'ordre : éviter les risques ; évaluer les risques qui n'ont pu être évités ; ... ; utiliser la protection collective ; utiliser la protection individuelle ; rédiger et appliquer les instructions.

- Évolution des techniques

Les zones sont modifiées avec apparition d'une zone d'investigation dès 50 m en champ libre.

Les procédures de consignation, mise hors tension sont explicitées et justifiées.

Les habilitations sont redéfinies : l'habilitation BOV disparaît, l'habilitation BR perd de son universalité par la limitation du calibre maximum des installations sur lesquelles le BR peut désormais intervenir. Apparaît une habilitation BS et des symboles permettent de mieux définir certaines activités. Les opérations spécifiques apparaissent avec la lettre E, obligatoirement accompagnée du terme précisant le type d'opération. Les opérations photovoltaïques font leur apparition.

Terminologie

(bref extrait)

Installation et ouvrages électriques : ensemble des matériels électriques mis en œuvre pour la production, la conversion, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique.

Le terme OUVRAGE est exclusivement réservé aux réseaux publics de transport et de distribution d'électricité et à leurs annexes.

Le terme INSTALLATION s'applique à toute installation ÉLECTRIQUE à l'exclusion des OUVRAGES.

Personne qualifiée (en électricité) : personne ayant une formation, une connaissance et une expérience appropriée en électricité pour lui permettre d'analyser le risque électrique et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité.

Personne avertie : personne suffisamment informée par des PERSONNES QUALIFIÉES pour lui permettre d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité.

Personne ordinaire : personne qui n'est ni une PERSONNE QUALIFIÉE, ni une PERSONNE AVERTIE.

Habilitation - personne habilitée : reconnaissance par l'EMPLOYEUR de la capacité d'une personne placée sous son autorité à accomplir les tâches qui lui sont confiées en sécurité vis-à-vis du risque électrique.

Opérateur : personne réalisant ou participant ou assurant la direction des OPÉRATIONS d'ORDRE ÉLECTRIQUE ou d'ORDRE NON ÉLECTRIQUE soit sur des OUVRAGES ou des INSTALLATIONS, soit dans leur environnement.

Chargé de travaux : personne chargée d'assurer la direction effective des TRAVAUX d'ORDRE ÉLECTRIQUE ou d'ORDRE NON ÉLECTRIQUE.

Chargé d'intervention : personne chargée d'assurer la réalisation des INTERVENTIONS BT en basse tension.

Chargé de chantier : personne chargée d'assurer la direction des TRAVAUX d'ORDRE NON ÉLECTRIQUE.

Exécutant : personne assurant l'exécution des OPÉRATIONS. cette personne opère sous la conduite d'un CHARGÉ DE TRAVAUX, d'un CHARGÉ d'INTERVENTION GÉNÉRALE, d'un CHARGÉ d'OPÉRATIONS SPÉCIFIQUES ou d'un CHARGÉ DE CHANTIER.

Opération d'ordre électrique : opération qui pour un OUVRAGE ou une INSTALLATION en exploitation électrique, concerne les parties actives, leurs isolants, la continuité des masses et autres parties conductrices des matériels (les circuits magnétiques, etc.) ainsi que les conducteurs de protections. On distingue les types d'opérations d'ordre électrique suivants :

- TRAVAIL HORS TENSION ;
- TRAVAIL SOUS TENSION ;
- TRAVAIL AU VOISINAGE SIMPLE ;
- TRAVAIL AU VOISINAGE RENFORCÉ ;
- INTERVENTION EN BASSE TENSION ;

OPÉRATIONS SPÉCIFIQUES COMPRENANT LES ESSAIS, LES MESURAGES, LES VÉRIFICATIONS ET LES MANŒUVRES.

Normalisation

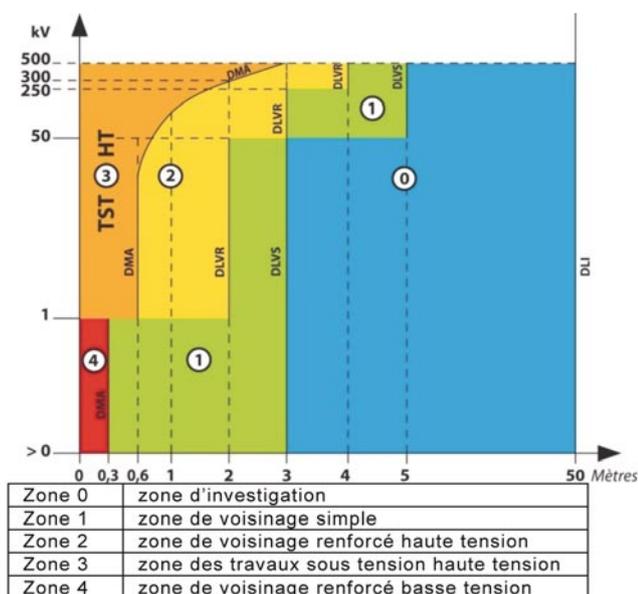


Figure 2 : zones en champ libre (courant alternatif)

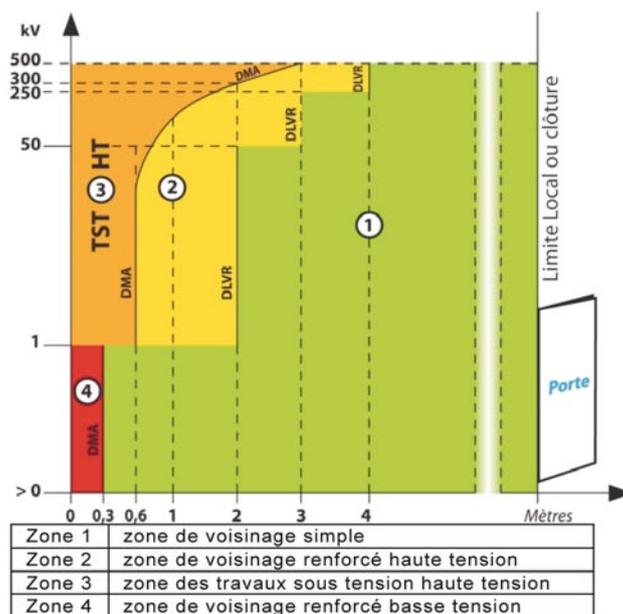


Figure 3 : zones à l'intérieur d'un local et emplacement d'accès réservé aux électriciens (courant alternatif)

Tableau 1 : récapitulatif des éléments des symboles

1 ^{er} caractère Domaine de tension	Tensions	B : basse tension (BT) et très basse tension (TBT) H : haute tension
2 ^{ème} caractère Type d'opération	Travaux d'ordre non électrique	0 : pour Exécutant et Chargé de chantier
	Travaux d'ordre électrique	1 : pour un Exécutant 2 : pour un Chargé de travaux
	Interventions BT	R : intervention BT d'entretien et de dépannage S : intervention BT de remplacement et de raccordement
	Consignation	C : pour un chargé de consignation électrique
	Opérations spécifiques	E : Essai, Mesurage, Vérification ou Manœuvre
3 ^{ème} caractère Lettre additionnelle	Opérations photovoltaïques	P : Opération photovoltaïque
	Complète si nécessaire les travaux	V : travaux réalisés dans la zone de voisinage renforcé HT (zone 2) ou travaux d'ordre électrique hors tension dans la zone des opérations électriques BT (zone 4) T : travaux sous tension N : nettoyage sous tension X : opération spéciale L : opérations sur les véhicules et engins à énergie électrique embarquée
Attribut	Complète si nécessaire les caractères précédents	Écriture en clair du type d'opération, d'essai de mesurage, de vérification ou de manœuvre d'un opérateur
Note : ce tableau ne permet pas à lui seul de déterminer les habilitations requises		

Tableau 2 : symboles d'habilitation utilisés pour les travaux d'ordre électrique (hors HT)

	Travaux sur ouvrage ou installation consigné BT ou HT		Travaux dans la zone des opérations électriques BT (zone 4)				Travaux au voisinage simple BT (zone 1)	
			Travaux hors tension		Travaux sous tension			
	Exécutant	Chargé de travaux	Exécutant	Chargé de travaux	Exécutant	Chargé de travaux	Exécutant	Chargé de travaux
BT	B1	B2	B1V	B2V	B1T B1N	B2T B2N	B1	B2

Normalisation

Échantillonnage des 122 diplômes concernés

CPC	Niveau	Diplôme	Code des diplômes	Niveau de formation à l'habilitation	Intitulé du diplôme	Arrêté de création	1 ^{ère} session
3	III	BTS	320-25302	B1V	Aéronautique	09/04/09	2011
3	III	BTS	320-25515	B2V - BC - BR	Electrotechnique	23/01/06	2008
3	IV	Bac Pro	400-25506	B1V - BR	Electrotechnique Energie Equipements communicants	08/07/03	2006
3	IV	Bac Pro	400-25208	B1VL	Maintenance de véhicules automobiles Option Véhicules industriels	05/09/01	2003
3	V	BEP	510-25006	B1V	Maintenance des produits et équipements industriels	27/07/09	2011
3	V	MC	010-25208	BE ESSAI	Maintenance et contrôle des matériels	27/03/06	2007
3	V	CAP	500-23302	B0	Monteur en isolation thermique et acoustique	15/06/87	1988
5	IV	BP	450-23312	BS	Peinture Revêtements	21/10/99	2001
6	IV	Bac Pro	400-34302	B1V - HO	Environnement nucléaire	18/07/06	2008
6	V	CAP	500-34306	BS	Maintenance et hygiène des locaux	17/12/96	1998
11	IV	Bac Pro	400-34402	BS	Sécurité Prévention	09/05/06	2008
12	III	BTS	320-32321	B1V	Métiers de l'audiovisuel Option Métiers du son	03/07/02	2004
13	III	DMA	321-32316	BR	Régie du spectacle Option Lumière	09/07/02	2004
13	V	CAP	500-22429	BE ESSAI	Souffleur de verre Option Enseigne lumineuse	12/05/09	2011
20	V	MC	010-33001	BS	Aide à domicile	28/07/95	1997
20	V	CAP	500-34404	BS	Gardien d'immeuble	23/02/10	2011

Les tableaux (ci-contre) résument les combinaisons possibles.

Le rôle des surveillants de sécurité électrique est clarifié : surveillant d'opération, surveillant d'accompagnement, surveillant de limite.

La norme intègre un nouveau chapitre sur les accidents et incidents, chapitre centré sur le risque électrique et sur les prescriptions pour éviter le sur accident.

Le nouveau référentiel de formation à l'habilitation

La parution de ces nouveaux textes réglementaires rendait caduque le référentiel actuel de formation à l'habilitation électrique.

Un groupe de travail, réunissant personnels de l'éducation nationale et experts de l'INRS, de l'UTE et du GIMELEC, sous la direction de Monsieur Jean-Pierre Collignon, IGEN, en conformité avec les nouveaux textes, a procédé à la rédaction du nouveau référentiel. Son plan, reprenant la structure des anciens référentiels, est le suivant :

Présentation du dispositif

PARTIE A : présentation du référentiel

1. Champ de l'étude et diplômes concernés
2. Fondamentaux de la prévention des risques d'origine électrique
3. Définition et organisation de la formation
4. Rappel de la norme NF C 18-510 (article 5.7.2.)
5. Relation entre diplôme et formation à la prévention des risques d'origine électrique
6. Mise en œuvre des modules de formation des enseignants formateurs
7. Équipements pédagogiques et espaces nécessaires à la mise en œuvre de la formation
8. Obligations des enseignants et des apprenants

PARTIE B : tâches professionnelles

1. Liste des tâches professionnelles
2. Principes généraux de définition des tâches
3. Remarques sur la mise en œuvre des tâches
4. Synoptique des échanges de documents à caractère administratif
5. Définition des tâches professionnelles

PARTIE C : définitions des niveaux de formation par diplômes pour les filières concernées par les risques d'origine électrique

PARTIE D : contenus types de formation

PARTIE E : prérequis en électricité pour la formation des enseignants à la prévention des risques d'origine électrique

PARTIE F : ressources documentaires

PARTIE G : liste des tests à caractère théorique

Diplômes concernés

L'habilitation étant rendue obligatoire pour les travailleurs amenés à réaliser des opérations sur les installations électriques et dans leur voisinage, l'ensemble des formations technologiques et professionnelles de l'éducation nationale conduisant à un diplôme (663) a été vu au travers du filtre de la présence ou non, dans le référentiel des activités professionnelles, de ce risque d'origine électrique.

La conclusion est que dorénavant ce sont 122 diplômes qui seront concernés. Ci-dessus un échantillonnage du tableau.

Par souci de simplification, il ne sera désormais plus fait de distinction entre le niveau de formation à l'habilitation

Normalisation

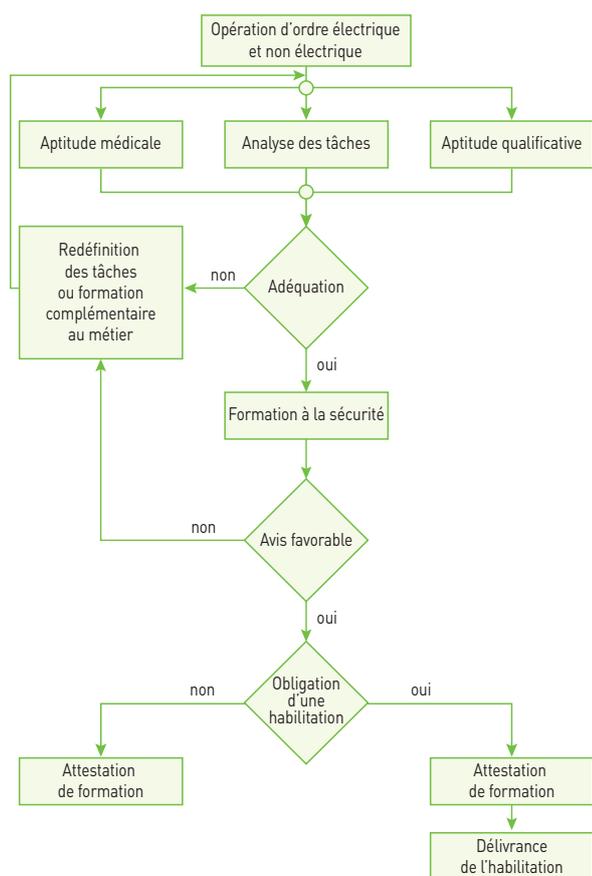


Figure 4 : démarche de formation à la prévention du risque électrique et à l'habilitation

électrique et le niveau de certification de cette formation. Il est à noter l'apparition de 22 formations désormais concernées par la nouvelle habilitation BS.

Dans le tableau complet, 3 diplômes : « monteur technicien en réseaux électriques » [B1V-H1V], « technicien en réseaux électriques » [B1V-H1V] qui remplace le précédent et « environnement nucléaire » [B1V-H0] (avec au total 16 sections représentées au niveau national) sont concernés par la haute tension. Cela implique que ces formations à l'habilitation en haute tension devront être externalisées auprès d'organismes habilités à dispenser ce niveau de formation.

Modalités de formation

La norme précise les modalités d'accès au titre d'habilitation, ces modalités sont exprimées sous forme d'un graphe (Figure 4)

Les contenus, durées et articulations entre les différentes formations associées aux niveaux sont aussi clairement décrits.

La recommandation concernant la périodicité des recyclages est de 3 ans.

Des enseignants et formateurs

Dans un souci de simplification, il n'a pas été retenu l'idée d'une formation individualisée des enseignants suivant leur domaine et niveau d'intervention devant les apprenants, ce qui aurait conduit à une complexification

excessive des plans de formations académiques. Une agrégation des niveaux conduit à proposer la structure de formation sur trois secteurs différents :

- Le secteur des installations industrielles, tertiaires et domestiques (hors photovoltaïques) avec deux modules différents : module 1 visant les niveaux d'habilitation B2V-BC-BR-BE Essai et le module 2 visant les niveaux d'habilitation B0-BS-BE Mesurage.
- Le secteur des installations photovoltaïques visant les niveaux d'habilitation BP-BR Photovoltaïque.
- Le secteur des installations des véhicules et engins à énergie électrique embarquée visant les niveaux d'habilitation B0L - B1VL - B2VL - BCL.

Soit au total 4 niveaux de formations qu'il faudra décliner en formation initiale à l'habilitation pour les enseignants entrant dans le dispositif ou en formation de recyclage pour ceux qui sont déjà engagés dans la formation à l'habilitation.

Des apprenants

Comme précédemment l'attestation de formation à l'habilitation électrique est délivrée à l'apprenant (quelque soit son statut du moment qu'il est en formation initiale) ayant satisfait aux tests théoriques et pratiques relatifs au niveau de formation visé. Par contre pour le suivi dématérialisé de cette formation, seule l'application informatique Ogeli gérée et proposée en ligne par l'INRS sera utilisée.

Le référentiel de formation à l'habilitation électrique précise les modalités de ces formations et propose les contenus.

Idéalement, cette formation doit se faire, et se conclure, avant la première période de formation en entreprise. Sinon les tâches confiées au stagiaire durant cette première période devront être adaptées à sa connaissance des risques au moment du stage.

Les tâches

Ce sont 19 tâches relatives à 9 niveaux de formation à l'habilitation qui ont été décrites dans le référentiel. Bien sur, aucun apprenant n'aura à parcourir en intégralité ce cursus de formation. ■

HABILITATION	TÂCHES
B0 - B0L	2 tâches
BS	1 tâche
BE Mesurage	1 tâche
BE Essai	2 tâches
BP	1 tâche
B1 - B1 L - B1V - B1VL	3 tâches
B2 - B2L - B2V - B2VL	3 tâches
BR - BR L - BR Photovoltaïque	3 tâches
BC - BCL	3 tâches

Tableau 3 : liste des tâches professionnelles en fonction des niveaux de formation aux habilitations

Analyse et gestion des énergies

Cet article résume le contexte actuel des économies d'énergie, présente le « Protocole International de Mesure et Vérification du Rendement » et les nouvelles solutions de mesurage Chauvin Arnoux destinées au contrôle de la performance énergétique.

L'énergie : une préoccupation majeure dans un contexte de plus en plus contraignant.

Économiser ou optimiser les énergies consommées s'inscrit dans une démarche de développement durable à laquelle de nombreux pays industriels, en particulier en Europe, ont adhéré dans le cadre du protocole de Kyoto.

Ces accords sont à l'origine d'un renforcement constant et progressif de la réglementation dont l'objectif est la réduction des émissions de CO₂.



La croissance continue du prix de l'électricité depuis plusieurs années illustre une tendance lourde et de grande ampleur : l'augmentation du prix de l'énergie en Europe pèse de plus en plus sur le budget des industriels européens. Plusieurs études montrent clairement les tendances récentes et prévisibles de l'évolution de la facture énergétique des sociétés. Il est opportun de s'interroger sur les correctifs qui pourraient être apportés à cette situation.

Une étude récente sur la facture énergétique des sociétés européennes montre que si les consommateurs ont bénéficié pendant les années 1990 d'une relative stabilité des prix de l'énergie, il n'en est plus de même depuis une décennie.

Principale source d'énergie fossile consommée, la

demande mondiale de pétrole a augmenté de manière régulière ces dernières années. Les instabilités politiques de plusieurs pays producteurs ont fait augmenter le prix de base de ces énergies fossiles.

Une hausse de prix qui se traduit par un alourdissement de la facture grevant à la fois l'industrie et donc l'activité des entreprises, ainsi que le budget des foyers.

De nos jours, le prix énergétique croissant affecte directement le prix des produits fabriqués, car cette augmentation des coûts n'est que très rarement et au mieux partiellement prise en charge par l'industriel.

Avec une hausse des coûts qui affecte maintenant les profits, les industriels sortent l'efficacité énergétique du placard où ils l'avaient placée et nombreux sont ceux qui tentent de réduire le coût des services utilitaires en mettant à jour leur équipement ou en changeant leurs procédures d'opérations. Les experts préviennent que même si leurs intentions sont bonnes, si l'entretien adéquat n'est pas maintenu, les bienfaits pourraient n'être que temporaires.



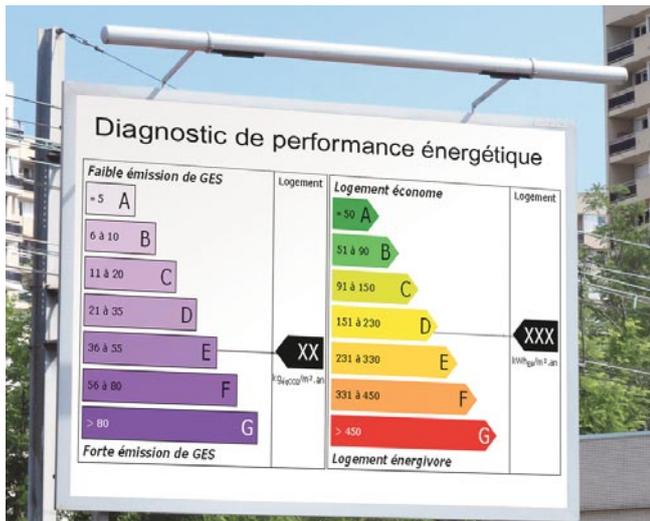
Mesurage

Alors qu'un des premiers réflexes a été de voir si l'on ne pouvait pas acheter notre énergie moins chère, ou même de la produire soit même, malgré le coût suspecté, la réfection de l'installation et l'adaptation de certaines consommations suivant des principes simples et aujourd'hui connus et maîtrisés sont les meilleures solutions à cette problématique.

Efficacité énergétique

Quel que soit le domaine d'activité, industriel, tertiaire, infrastructure ou collectivité, l'efficacité énergétique devient un enjeu majeur. La compétitivité face à la concurrence, l'augmentation du coût des énergies, la nécessité d'accroissement des profits, les contraintes économiques sont telles que réduire et/ou optimiser nos dépenses en énergie, fait à présent partie de nos préoccupations.

Dans l'industrie par exemple, il est communément admis que les gisements d'économies sont potentiellement importants et peuvent représenter jusqu'à 30 % de la consommation actuelle d'énergie (source : ADEME).



La mesure est la fonction indispensable pour tous projets d'efficacité énergétique. Nous sommes à la recherche de la maîtrise, de l'optimisation ou de la réduction des coûts énergétiques. Mieux et moins consommer passe inévitablement par le diagnostic des installations. Il s'appuie sur une prise de mesure exhaustive de tous les paramètres nécessaires à la détection des gisements d'économies et la proposition des premiers axes d'amélioration.

Tout comme le définit **la norme internationale ISO 50001**, il faut « surveiller et mesurer les processus et les caractéristiques essentielles des opérations qui déterminent la performance énergétique au regard de la politique et des objectifs énergétiques, et rendre compte des résultats ».

Mettre en œuvre des mesures pour réduire la « facture

énergétique » dans un contexte de crise économique rampante et avec une perspective d'augmentation croissante du coût de l'énergie n'est pas aisé. Mais des acteurs déjà en place vont bientôt renforcer leur aide aux industriels. En effet, depuis la rentrée 2012, l'Europe a adopté dans sa politique officielle sur les économies d'énergie, le principe de réduire la consommation d'énergie de manière vraiment notable. Elle va imposer aux compagnies d'énergie d'investir chaque année 1,5 % de leurs ventes annuelles d'énergie dans des services permettant de réduire la consommation de leurs clients.

Protocole International de Mesure et Vérification du Rendement ou « PIMVR »

Le « PIMVR » s'inscrit dans une démarche de maîtrise, d'optimisation ou de réduction des coûts énergétiques par la mesure de la performance technico-économique. Le « PIMVR » n'est pas une norme mais, « un document d'appui, décrivant les pratiques communes en mesure, en calcul et en suivi des économies réalisées dans des projets d'efficacité énergétique ».

Il définit la méthodologie de détermination d'une procédure standardisée d'audit, de mesure et de contrôle de la performance énergétique. Il est aujourd'hui le modèle le plus utilisé dans un contexte international, et est reconnu dans le cadre du Grenelle de l'environnement.

Une procédure écrite « **Plan de Mesure et de Vérification** » permettra la répétabilité des campagnes de mesures afin de ne pas fausser les résultats de l'analyse. C'est un outil indispensable pour tout projet d'efficacité énergétique. Il s'agit de rédiger une procédure complète qui établira la liste des points à vérifier afin de s'assurer de l'efficacité des solutions mises en place.

Dans le cadre d'un projet de performance énergétique, il faudra être exhaustif. Tous les paramètres pouvant influencer notablement les économies d'énergie doivent être mesurés. Il est donc essentiel que la mesure d'un site soit prise dans sa globalité. Ceci afin de gérer avec précision les budgets énergies et crédibiliser les actions préconisées dans le Plan de Mesure et de Vérification.

La définition du contenu des rapports ainsi que la précision de la méthodologie de la mesure de la performance sont essentiels pour crédibiliser le Plan de Mesure et de Vérification et le faire accepter par l'ensemble des intervenants. Le niveau de précision des mesures, les équipements servant au monitoring et les procédures de contrôle sont autant d'informations permettant de valoriser les gains dans une démarche de calcul de retour sur investissement. Le Plan de Mesure et de Vérification favorise ainsi le financement du projet auprès d'investisseurs éventuels. Les données des campagnes de mesures de références (première ou précédente) seront à conserver.

Mesurage

Les informations ayant conduit à l'élaboration du Plan de Mesure et de Vérification doivent pouvoir être clairement identifiées, repérées et datées dans une documentation. Elles permettront de pouvoir justifier les actions engagées face aux objectifs initiaux du projet. Tous ces éléments (paramètres à mesurer, unités de référence, format des données, type et contenu des analyses, etc.) doivent être consignés afin de confirmer la pertinence du projet.

Au travers de la méthodologie « PIMVR », 4 étapes seront à suivre.

Étape 1

Il faudra commencer par une analyse historique et comparative des consommations. L'étude des différentes factures des fournisseurs d'électricité sera le premier pas de cette démarche. Mais cette facturation correspondra à la consommation totale du site industriel. Il faut en parallèle détailler la consommation et répartir cette distribution sur les différentes charges électriques de l'installation (usine, atelier, ligne de production, bâtiment, agence,...).

On doit effectuer un enregistrement sur une période vraiment représentative de la consommation.

- Suivi en temps réel des consommations
- Gestion prédictive, dépassement de seuil de puissance souscrite
- Génération et édition de bilans, rapports, graphiques et synthèses

Étape 2

Sur la base des mesures réalisées, il faudra développer un plan d'investissement incluant des solutions adaptées à mettre en oeuvre et en évaluer le retour. Pour cela, il faudra fixer les objectifs d'économie et là encore les mesurer. Les propositions d'améliorations de l'installation, seront alors mises en chantier. Les pistes les plus courantes sont la modification du type d'éclairage, la modification des commandes de moteurs électriques, le remplacement de ces derniers par des modèles ayant de meilleurs rendements, mais aussi l'extinction de systèmes quand ils sont inutilisés. Ce ne sont là que quelques exemples dans le domaine électrique, mais dans le cadre de l'efficacité énergétique, toutes les consommations (chaud/froid, air comprimé, gaz, ...) sont sous surveillance et appelées à être corrigées.

Il est fondamental de garder en tête que les économies ne se feront pas uniquement en luttant contre le seul gaspillage sous toutes ses formes, mais bien en s'assurant que les solutions les moins énergivores seront mises en place.



Étape 3

Une campagne de mesure est alors lancée afin de s'assurer que les attentes d'économie sont bien atteintes.

Cette mesure de la performance technico-économique des actions engagées se fera en relation directe avec les objectifs initiaux.

Étape 4

À partir de là, mise en place d'une procédure de contrôle périodique (tous les 6 ou 12 mois).

Il faudra être exhaustif lors des contrôles et bien mesurer toutes les composantes de la distribution électrique :

- Réseau d'éclairage
- Distribution générale monophasée
- Distribution triphasée
- Distribution en alimentation ondulée
- Groupe de secours
- Production interne d'électricité

Enregistreurs d'énergie Chauvin Arnoux



Les enregistreurs d'énergie PEL100 sont destinés à la surveillance des bâtiments et des charges électriques afin d'améliorer la consommation électrique.

Mesurer constitue la base pour optimiser l'efficacité énergétique des installations, superviser les réseaux électriques et affecter les coûts de manière équitable. La mesure est donc une composante essentielle du diagnostic, du contrôle et du plan de progrès. Elle est le garant d'une efficacité énergétique pérenne et efficace.

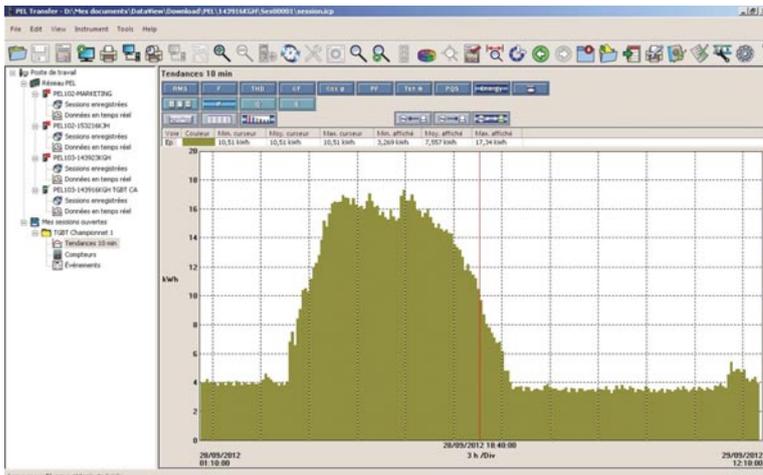
Mesurage

Fort d'une expérience de plus de dix ans en analyse et gestion d'énergie, Chauvin Arnoux renforce sa position en matière d'efficacité énergétique avec l'introduction récente sur le marché des enregistreurs de puissance et d'énergie PEL 100. Ils concrétisent la volonté d'accompagner le

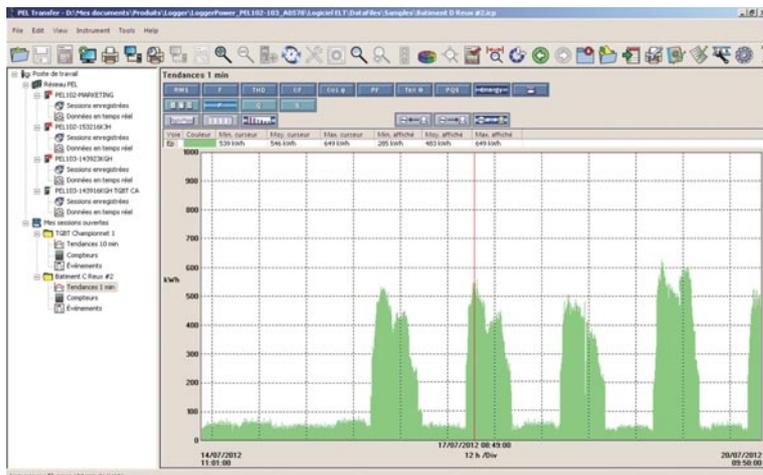
besoin de comptage électrique qui se généralise et d'apporter à une clientèle professionnelle une solution de comptage portable et facile à installer.

Simple d'utilisation, ils permettent de mesurer, d'enregistrer et d'analyser toutes les données énergétiques importantes. Ils sont compatibles avec la plupart des types de réseaux mis en œuvre aujourd'hui.

Les enregistreurs PEL100 mesurent sur trois entrées de tension et trois entrées de courant et enregistrent les puissances (en W, var & VA) et les données énergétiques (kWh, kVAh et kvarh). En même temps, ils calculent et enregistrent le facteur de puissance, le $\cos \phi$, le facteur de crête et la fréquence. Ils fournissent des informations sur les harmoniques (THD) présentes en même temps sur le réseau. Le tout selon le choix de l'utilisateur.



Enregistrement de la consommation en kWh sur une journée



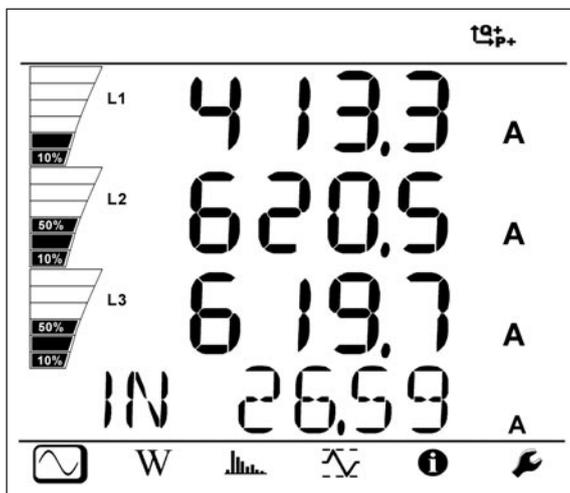
Enregistrement de la consommation en kWh sur une semaine

Exemple de mise en œuvre :

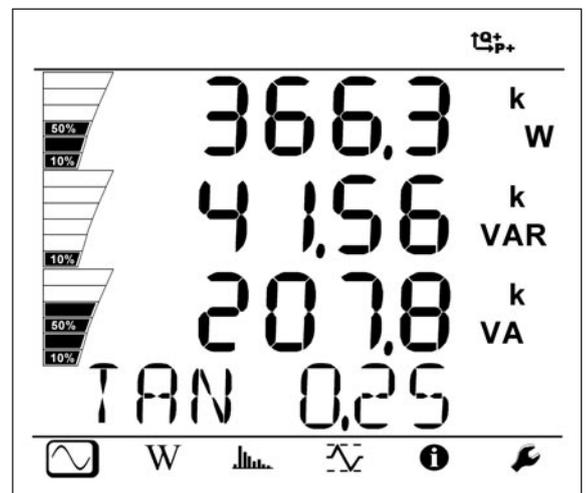
Un propriétaire de franchise d'un restaurant a pu constater une réduction de la consommation énergétique de son établissement dès la première année après avoir fait réaliser les adaptations nécessaires.

Les secteurs principaux d'amélioration comprenaient des mises à niveau de l'éclairage, de la réfrigération, du chauffage, de la ventilation et de la climatisation.

L'entreprise est toujours dans le processus de mise à jour, mais déjà sa consommation électrique a diminué de 18% par rapport aux 2 années précédentes. Et lorsque le plan énergétique complet sera établi, le propriétaire du restaurant espère réduire sa consommation énergétique annuelle de 23 % au final, soit une économie de plus de 25 000 euros d'énergie sur une année.



Mesures des intensités consommées



Mesure de toutes les puissances, énergies et indications de phase associées

Mesurage

La totalité des données est stockée sur carte mémoire SD amovible. Mais l'utilisateur a aussi la possibilité de récupérer les données via une connexion USB, Bluetooth ou Ethernet.

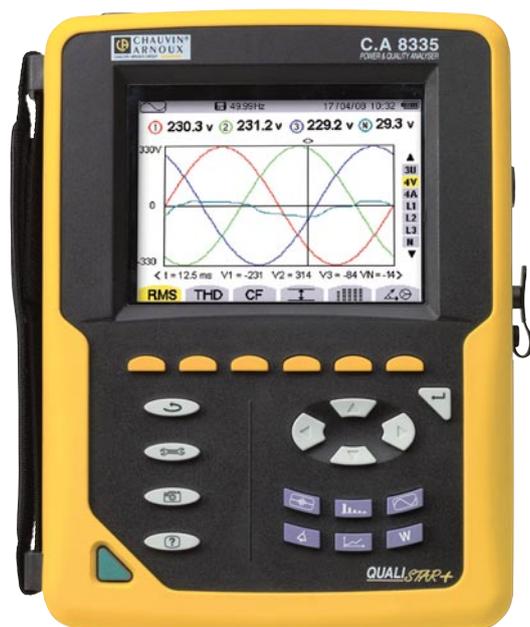
Le choix d'une communication en réseau ouvre la possibilité de pouvoir adresser plusieurs enregistreurs en même temps situés dans des lieux distants les uns des autres. À charge pour le logiciel associé « PEL Transfer » de récupérer et de visualiser les courbes d'enregistrement utiles.

Analyseurs de puissance Chauvin Arnoux

La gamme d'analyseurs triphasé & neutre QUALISTAR+ s'enrichit avec l'introduction récente sur le marché de la nouvelle version firmware du C.A 8335. Cette version "V3" intègre les calculs de puissances continues, déformantes et non-actives. Ces deux dernières fonctions, sont des notions connues en théorie mais complètement nouvelles sur des appareils de mesure.

L'analyseur de puissance et de qualité des réseaux électriques Qualistar+ C.A 8335 permet la vérification du réseau électrique et une analyse efficace des résultats. Adaptés aux besoins des services de contrôle et de maintenance, les Qualistar sont conçus pour des vérifications rapides et pour une exploitation aisée des résultats.

L'appareil dispose d'un large écran couleur qui permet une visualisation claire des multiples signaux électriques en toutes circonstances.

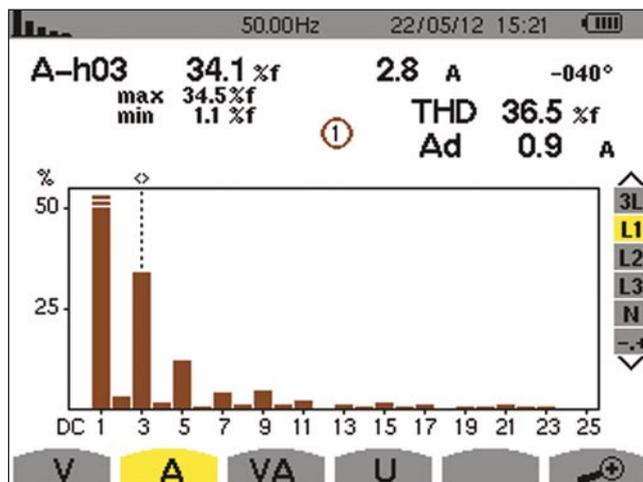


Avec ses nouvelles fonctions le QUALISTAR+ "V3" facilite le travail des responsables de maintenance

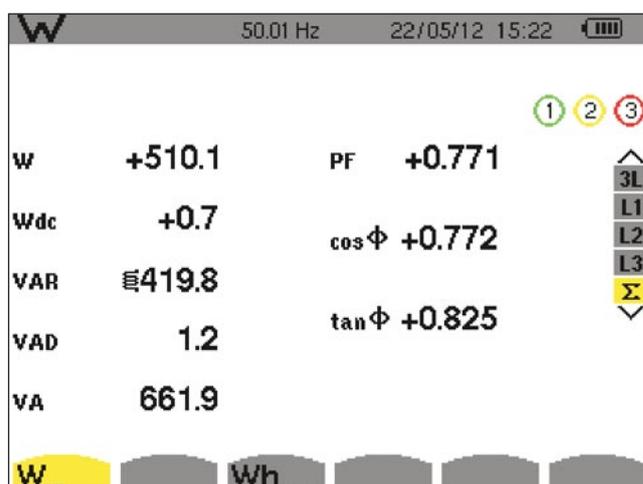
La simplicité d'utilisation de ces appareils rassure tous leurs utilisateurs.

En plus de ses fonctions de mesureur de puissance et de compteur électrique, cet instrument est également capable d'effectuer des enregistrements de nombreux autres paramètres tels que le déséquilibre, le flicker, les informations liées aux harmoniques ou au déphasage.

Doté de ce mode spécifique, il pourra signaler tout franchissement de seuils d'alarmes et capturer des transitoires de quelques dizaines de micro-secondes. Il peut également fournir tous les enregistrements utiles et nécessaires à la maintenance liée à la problématique des démarrages de charges pendant plusieurs minutes grâce à son mode Inrush. ■



Le courant déformant (Ad) est directement lisible. Il est utile pour le dimensionnement des filtres anti-harmoniques



La mesure de puissance VAR correspond à la puissance non-active, c'est à dire la perte de puissance liée au déphasage

SMART GRID en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Patrick LEFORT

Inspecteur Pédagogique Régional honoraire - Sciences & Techniques Industrielles



Pour faire face aux mutations du paysage énergétique, il est nécessaire de moderniser le système électrique. Le contexte français et européen, dans lequel se sont développés les réseaux électriques, conduit à privilégier le déploiement des technologies de « Smart grids » plutôt que le remplacement et le renforcement massif des réseaux.

Introduction⁽¹⁾

L'intégration des nouvelles technologies de l'information et de la communication aux réseaux les rendra communicants et permettra de prendre en compte les actions des acteurs du système électrique, tout en assurant une livraison d'électricité plus efficace, économiquement viable et sûre.

Le système électrique sera ainsi piloté de manière plus flexible pour gérer les contraintes telles que l'intermittence des énergies renouvelables et le développement de nouveaux usages tels que le véhicule électrique. Ces contraintes auront également pour effet de faire évoluer le système actuel, où l'équilibre en temps réel est assuré en adaptant la production à la consommation, vers un système où l'ajustement se fera davantage par la demande, faisant ainsi du consommateur un véritable acteur.

Les réseaux électriques intelligents, ou « Smart grids », sont communicants car ils intègrent des fonctionnalités issues des technologies de l'information et de la communication. Cette communication entre les différents points des réseaux permet de prendre en compte les actions des différents acteurs du système électrique et notamment des consommateurs. L'objectif est d'assurer l'équilibre entre l'offre et la demande à tout instant avec une réactivité et une fiabilité accrues et d'optimiser le fonctionnement des réseaux. Le système électrique passe d'une chaîne qui fonctionne linéairement à un système où l'ensemble des acteurs est en interaction.

Rendre les réseaux électriques intelligents consiste donc en grande partie à les instrumenter pour les rendre communicants. Actuellement le réseau de transport est déjà instrumenté notamment pour des raisons de sécurité d'approvisionnement. En revanche, les réseaux de distribution sont faiblement dotés en technologies de la communication, en raison du nombre très important d'ouvrages (postes, lignes, etc.) et de consommateurs raccordés à ces réseaux. L'enjeu des Smart grids se situe donc principalement au niveau des réseaux de distribution.

Comparaison des deux systèmes

Caractéristiques des réseaux électriques actuels	Caractéristiques des réseaux électriques intelligents
Analogique	Numérique
Unidirectionnel	Bidirectionnel
Production centralisée	Production décentralisée
Communicant sur une partie des réseaux	Communicant sur l'ensemble des réseaux
Gestion de l'équilibre du système électrique par l'offre/ production	Gestion de l'équilibre du système électrique par la demande/consommation
Consommateur	Consom'acteur

Reportage



Le projet Premio^[2]

PREMIO est une expérimentation permettant de tester certains leviers de flexibilité dans la gestion du système électrique. Cette flexibilité est au service de nouveaux enjeux du système électrique : le développement de la maîtrise de la consommation électrique en cas de difficulté du réseau électrique, la lutte contre le changement climatique via la réduction des pointes de consommation et l'intégration des énergies renouvelables et des énergies réparties et la promotion d'une culture énergétique nouvelle, qui promeut des usages sobres et efficaces en prévision de la diminution des sources énergétiques actuelles. Elle est particulièrement adaptée à la situation très contrainte de l'alimentation électrique de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur qui constitue une péninsule électrique (elle ne produit que 40% de l'électricité qu'elle consomme) et dont l'approvisionnement est majoritairement tributaire d'un seul grand axe à 400 000 volts, exposé aux risques de coupures en cas d'aléas (avaries techniques, violents coups de foudre, incendies de forêt...).

PREMIO est un projet d'innovation qui mêle :

1) le pilotage à distance et automatique de technologies (de production répartie d'électricité, de stockage d'énergie ou bien de gestion de la consommation) pour une utilisation optimale de toutes les ressources locales disponibles et

2) la sensibilisation des consommateurs pour limiter la consommation d'électricité et augmenter l'efficacité énergétique. Le projet PREMIO c'est l'installation des 8 différents types de technologies innovantes réparties sur une quarantaine de sites à Lambesc, Gardanne et Fréjus. Un poste central dit « centrale de pilotage » peut piloter à distance et de façon automatique ces technologies afin d'activer la production d'énergie répartie et de moduler la demande de l'électricité en coupant certains appareils pendant des périodes contraintes. Ce pilotage permet de diminuer par exemple, la consommation du chauffage ou l'intensité de l'éclairage public et il intègre les besoins du consommateur pour son propre usage : la température minimale qu'il souhaite dans son habitat, les plages horaires où la pleine puissance lui est indispensable, ses besoins sanitaires en eau chaude, etc. Le participant peut en outre déroger au pilotage à tout moment. Les périodes de pilotage à distance correspondent à des périodes contraintes comme par exemple le cas de pics de consommation d'électricité constatés au niveau local.

Genèse

Le projet PREMIO a été initié en 2007 avec la R&D et les représentants d'EDF, en partenariat avec des membres industriels et du pôle de compétitivité Capénergies. C'est la commune de Lambesc (8000 habitants) qui a été retenue après appel à projet pour héberger la centrale de pilotage du projet PREMIO.

Le budget total de ce projet expérimental Premio s'élève à 5,6 M€ et sa gouvernance a été confiée à Capénergies. La Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dans le cadre de sa démarche AGIR pour l'énergie (Action Globale Innovante pour la Région), est le principal financeur de ce projet unique en Europe qui reçoit également le soutien de Capénergies, EDF, et d'autres partenaires industriels :

ADEME, ARMINES, CERFISE, CRISTOPIA, ENERGIE DÉVELOPPEMENT, ERDF, GIORDANO INDUSTRIES, RTE, SAED, SMARTFUTURE, SOPHIA ANTIPOLIS, SUPRA, TRANSÉNERGIE, WATTECO, et les trois communes Lambesc, Fréjus et Gardanne. Le budget est financé à parts égales par la région PACA et les 11 partenaires de ce projet. EDF contribue à hauteur de 40%.

Historique

2007 : le dossier PREMIO est déposé à la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur dans le cadre de l'appel à projets régional Agir pour l'énergie.

2008 : est consacrée à la définition des spécifications générales du projet et à la recherche de la collectivité territoriale qui hébergerait la plateforme. La sélection de la commune pilote par le Conseil régional est faite par appel à candidature et trois communes expérimentatrices sont sélectionnées, dont la commune de Lambesc (13 – département des Bouches-du-Rhône) qui porte aujourd'hui la majorité des systèmes. Cette même année, l'architecture générale prend forme et les études sur les technologies sont menées à bien.

2009 : est marquée par la finalisation de la phase d'étude et le démarrage des installations terrain et notamment la construction du local de la centrale de pilotage, l'installation des procédés Microscope, et les tests en laboratoire de la technologie PAC.

2010 : voit la finalisation de la phase d'installation et le début de l'exploitation de la plateforme. Les premiers effacements interviennent fin juin grâce au raccordement complet du premier système Microscope d'EDF à la centrale de pilotage. Depuis cette date, l'exploitation de la plateforme ne cesse de se développer avec l'intégration de l'ensemble des systèmes.

2011 : la majorité des systèmes est opérationnelle et les remontées de grandeurs physiques sont analysées. À partir de celles-ci, des évaluations sont validées et permettent d'ores et déjà de dresser des constats par technologie mais également sur la centrale et plus généralement sur les échanges et contenus d'informations investigués dans le projet PREMIO. En juin 2011, la mise en service de la plateforme PREMIO est formellement lancée.

2012 : prolongation du projet jusqu'à fin 2012 avec 2,5 millions d'euros dont 770 000 euros financés par la Région Paca (programme AGIR+)

Reportage

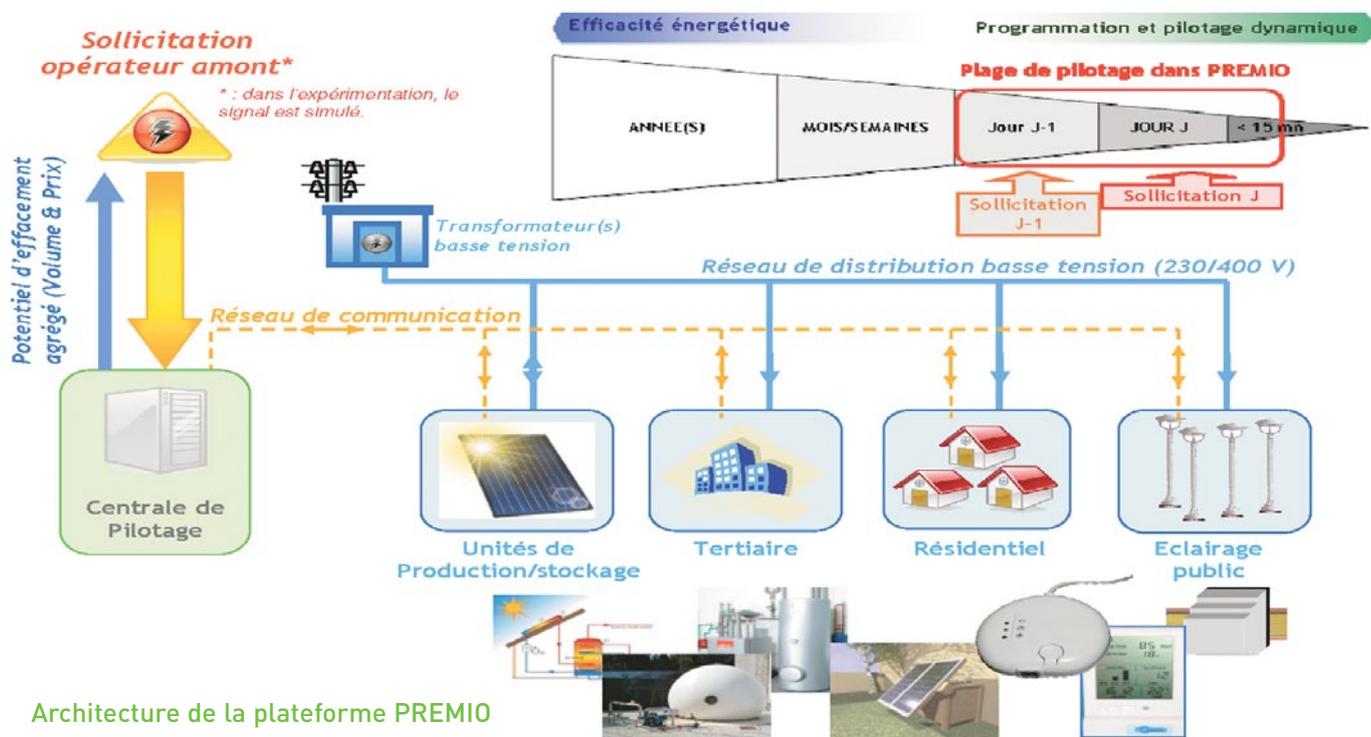
La technique de la plateforme PREMIO

La plateforme PREMIO vise à optimiser le pilotage simultané de différentes technologies (appareils de consommation électrique, stockage ou production) en réponse à une requête de réduction de la demande de consommation en électricité réalisée par un opérateur amont. Cette requête survient soit la veille pour le lendemain (J-1), soit le jour même (J). L'optimisation globale pour le pilotage de l'ensemble des systèmes s'effectue au niveau d'une « centrale de pilotage » sur des critères économiques, en prenant en compte la requête

de l'opérateur amont et les contraintes techniques des technologies qu'elle pilote (puissance, temps d'utilisation, stock d'énergie, etc.) et le confort des clients (température de confort, périodes souhaitées sans pilotage, etc.). Toutes les technologies employées sont efficaces du point de vue énergétique et environnemental.

La centrale de pilotage

La centrale de pilotage a été développée par EDF. Elle est l'élément le plus important de la plateforme dans la mesure où la majorité des informations y convergent et



Architecture de la plateforme PREMIO

Les expérimentations

Expérimentation	Partenaire	Participants	Nombre d'installations (cible)	Puissance pilotable pointe kW (été/hiver)
Pilotage de l'éclairage public	Watteco	Collectivités	20	0/52
Effacement de charge	Watteco	Particuliers, résidentiels	20	0/36
Effacement de charge	EDF	Particuliers, commerces, écoles	14	8/44
Stockage électrique et solaire photovoltaïque	EDF	Particuliers, réseau	26	18/2
Stockage d'eau chaude sur pompe à chaleur	EDF	Particuliers	6	0/21
Stockage de froid dans le tertiaire	Cristopia	Bureaux	1	36/0
Stockage d'eau chaude solaire	Giordano	Résidentiel collectif	2	16
Production sur stockage thermique solaire	SAED	Bâtiment	1	5
Chauffage bois individuel	Supra	Particuliers	2	10

Reportage

Technologies installées dans Premio

Expérimentation partenaire	Description, mode normal	Mode alerte Premio
Expérimentations visant à produire de l'électricité à partir d'une source renouvelable		
Centrale solaire SAED 	Expérimentations visant à produire de l'électricité à partir d'une source renouvelable solaire couplée à un stockage thermique. Un parc de capteurs solaire thermique chauffe un fluide à une température de l'ordre de 100-150°C. Cette énergie est stockée sous forme de chaleur latente dans des matériaux à changement de phase, puis permet ensuite d'actionner une turbine adaptée à ces basses températures («machine vapeur à cycle de Rankine basse température»)	Les ballons de stockage sont chauffés et produisent de l'électricité à une période choisie en fonction d'une alerte PREMIO.
Expérimentations visant le stockage/déstockage d'énergie		
EDF / ballons de stockage sur Pompes à Chaleur (PAC) 	Stockage thermique (d'eau chaude) couplé à des pompes à chaleur (PAC) électriques. Un ballon tampon de stockage d'eau chaude est utilisé comme moyen de régulation. Le déstockage thermique permet de couper la consommation électrique de la pompe à chaleur, sans dégradation du confort pour le client.	Les compresseurs sont coupés (pas de consommation d'électricité) la chaleur est fournie par le ballon.
EDF / Microscope 	Stockage électrique individuel. Le système MICROSCOPE (Micro-Injecteur pour Optimiser par le Stockage la Courbe de Production Électrique) est un équipement comportant une batterie et dans certains cas, des modules photovoltaïques (PV) connectés au réseau électrique. Le champ PV compense les pertes de stockage. Il permet de stocker et de restituer de l'énergie électrique (quelques kWh) en fonction des besoins du système électrique (réseau, production). Sur le principe, le système Microscope est une solution étudiée pour accompagner la pénétration massive des systèmes PV individuels et maintenir la qualité de tension locale.	Les phases de consommation et de production sont contrôlées par la centrale PREMIO.
Cristopia / Stockage de froid 	Le stockage d'énergie thermique par matériaux à changement de phase (MCP) permet une réduction de la puissance de la machine frigorifique installée en cas de demandes supérieures à la puissance du groupe frigorifique. Le principe de stockage de froid par chaleur latente liquide/solide est ici privilégié afin de permettre une très forte densité de stockage thermique (réduction maximale du volume de stockage) et une efficacité énergétique maximale de la machine frigorifique grâce à une température constante d'accumulation d'énergie.	Un signal d'alerte permet de commander le stockage en fonction de contraintes extérieures. Les compresseurs sont coupés.
Expérimentations visant l'effacement de la consommation lors des périodes de pointe		
WATTECO/ éclairage public 	Des lampadaires sont équipés de modules de commande permettant de modifier leur puissance de consommation (de 70 à 26 W). Les lampes à vapeur de mercure classiques ont été remplacées par 26 LED qui sont pilotées par le gestionnaire installé au niveau de l'armoire locale d'alimentation de l'éclairage public.	Effacement de la charge : seule une partie des LEDS est allumée.
WATTECO / PULSSI, 	Délestage intelligent de convecteurs électriques. Les convecteurs sont équipés de modules de commande permettant de modifier la puissance de consommation grâce au délestage cyclique. Les convecteurs sont pilotés par le gestionnaire installé au niveau du tableau électrique. Cette technologie utilise le réseau électrique comme support pour communiquer entre le gestionnaire et le module de commande (CPL).	Effacement de charge : le pilotage des radiateurs est modifié pour réduire la consommation le temps de l'alerte. Le participant peut refuser de s'effacer.

Expérimentations visant l'effacement de la consommation lors des périodes de pointe

GIORDANO / Solar Pump



Système de production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS). L'ECS est produite par une Pompe à Chaleur haute température qui puise son énergie dans des capteurs solaires non-vitrés. En l'absence de soleil, ces capteurs sont capables de récupérer l'énergie de l'air ambiant et l'échange thermique est amélioré en cas de condensation, de pluie ou de vent.

Des ballons de stockage permettent d'éteindre la PAC et ses compresseurs lors des alertes tout en conservant une température réglementaire.

EDF / Optilesteur



Système de délestage de charges électriques installé dans le tableau électrique. L'Optilesteur permet de limiter sous un seuil fixé, la puissance d'appel d'équipements électriques chez le client, grâce à un effet de délestage cyclique du fonctionnement des différents équipements. Le délestage n'affecte théoriquement pas le confort du client et son fonctionnement lui est transparent.

Effacement de charge : le seuil de puissance est modifié pour réduire la consommation le temps de l'alerte. Le participant peut refuser de s'effacer.

SUPRA / Chauffage bois individuel



Production de chaleur par poêle à granulés (pellets)

Lorsqu'un pic d'électricité est détecté sur le réseau par la centrale, un signal est envoyé à l'optilesteur qui transmet l'information de couper les convecteurs et d'allumer le poêle à granulés.

qu'elle possède une majeure partie de l'intelligence. Elle assure plusieurs fonctions au sein de la plateforme :

- d'acquisition d'informations : les requêtes de l'opérateur amont, les alertes et les données de potentiel d'effacement et de surveillance des systèmes,
- de stockage d'informations,
- de calcul : du potentiel d'effacement agrégé,
- des consignes d'effacement par technologie,
- d'émission d'informations : les consignes d'effacement aux systèmes.

Résultats quantitatifs

Sur le 1^{er} trimestre 2011 la centrale a simulé 140 alertes de durées différentes. Cela représente près de 400 h de périodes contraintes dont 250 h d'alertes oranges et 150 h d'alertes rouges.

RTE a réalisé des tests pendant une période de deux semaines et a transmis 9 alertes correspondant à des contraintes réelles.

Sur les périodes d'alerte, la centrale envoie des consignes de fonctionnement aux équipements PREMIO. Ces consignes sont obtenues via un processus d'optimisation entre les besoins d'un opérateur amont simulé (technique ou environnemental) et les capacités des procédés déployés sur le terrain. Sur les procédés déployés par EDF, ces périodes d'alertes ont donné lieu à l'envoi de 250 consignes réparties sur les systèmes MICROSCOPES, PAC et OPTILESTEURS selon leur capacité à un instant donné à répondre à l'alerte.

OPTILESTEUR : la puissance maximale qui a pu être effacée sur l'ensemble des OPTILESTEURS est de 35 kW. La durée moyenne d'effacement est de 20 min (l'effacement le plus long a duré 60 min). Dans PREMIO, ce sont les écoles qui offrent les meilleurs résultats en termes d'effacement.

PAC : la puissance maximale qui a pu être effacée sur l'ensemble des stockages sur PAC est de 22 kW. La durée moyenne d'effacement est de 60 min (l'effacement le plus long a duré 4 h). Les durées d'effacement ont été plus longues que ce que les résultats obtenus en laboratoire laissent présager car l'inertie thermique du bâtiment a permis de maintenir les températures plus longtemps que prévu (la chaleur est stockée dans les murs et les masses placées dans le logement. Ces éléments continuent donc à restituer de la chaleur pendant quelques heures une fois la source de chauffage éteinte, ici la pompe à chaleur).

Pour ces 2 procédés qui agissent sur le fonctionnement du chauffage, la moyenne des baisses de températures mesurées, consécutives à ces effacements, est inférieure à 0,5°C.

MICROSCOPE apporte des réponses précises aux sollicitations de la centrale PREMIO : la puissance fournie est très proche de celle demandée par la centrale et les taux de réponse aux sollicitations sont bons : ils atteignent, sur certains sites, 85% pour les consignes envoyées et appliquées le même jour et 100% pour les consignes envoyées la veille et appliquées le jour

Reportage

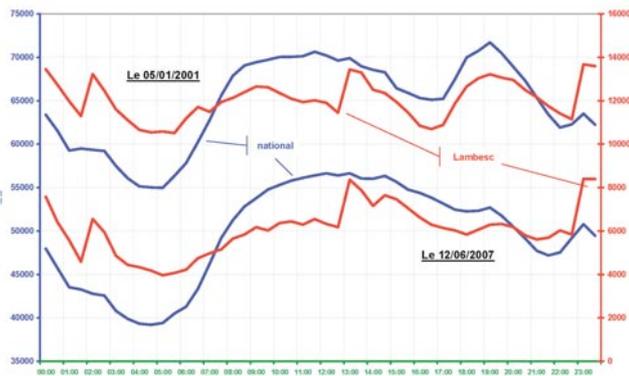
même. La puissance maximum atteinte en sollicitant l'ensemble des sites expérimentaux est de 9 kW.

CENTRALE DE PILOTAGE : elle agrège aujourd'hui les potentiels de 50 systèmes mais pourrait en traiter bien davantage.

Les alertes

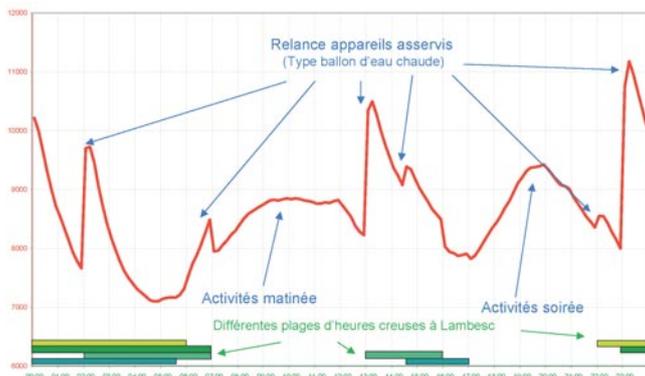
Les alertes « courant » dans PREMIO

PREMIO a pour objectif de contribuer à maintenir la qualité de fourniture locale d'électricité, en évitant les congestions du réseau par exemple. Pour cela, il faut déplacer la consommation des moments où elle est très forte c'est-à-dire où le réseau local est très chargé vers des moments où elle est plus faible. C'est l'objectif des alertes courant dans PREMIO. Les pointes de consommation au niveau national ne correspondent pas nécessairement aux pointes de consommation au niveau local.



En bleu le national en MW, en rouge Lambesc en kW

Une analyse plus fine est nécessaire, elle se fait jour par jour sur la base des consommations historiques, en relation avec les événements météo.



En rouge unités kW

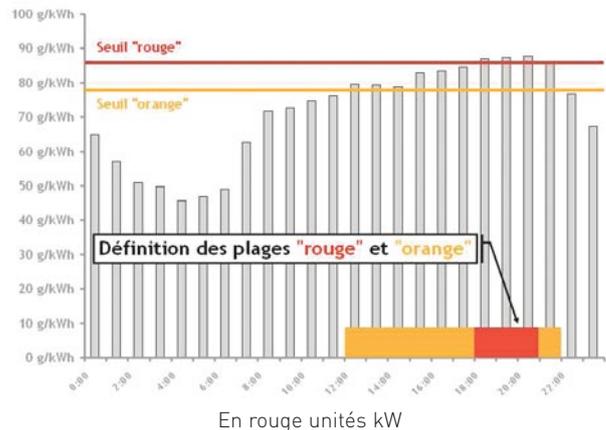
Les alertes « CO₂ » dans PREMIO

PREMIO a aussi pour objectif de contribuer à diminuer les émissions de CO₂ liées à la consommation d'électricité. Pour cela, il faut soit diminuer notre consommation d'électricité, soit déplacer la consommation des moments où la production d'électricité est fortement émettrice de CO₂ vers des moments où elle est faiblement émettrice. C'est l'objectif des alertes CO₂ dans PREMIO.

En tendance, le contenu en CO₂ du kWh électrique calculé dans PREMIO est plus fort pendant les périodes de forte production, où la consommation est généralement la plus importante. Mais ce n'est pas systématique parce que cela dépend de nombreux facteurs : la quantité d'électricité dont nous avons besoin mais aussi la disponibilité des centrales de production et la gestion du parc de production, l'état du réseau électrique, les imports / exports d'électricité avec nos pays voisins... Ainsi, certains jours, pour produire l'électricité supplémentaire dont nous avons besoin, ce sont plutôt des centrales de production qui émettent beaucoup de CO₂ qui sont mises en route (par exemple des centrales thermiques au charbon). D'autres jours, par contre, on a plutôt recours à des centrales de production qui n'émettent pas de CO₂ (comme les centrales hydro-électriques). Ainsi, et même si la tendance est constatée, les périodes de forte production ne correspondent pas toujours aux pointes d'émissions en CO₂.

Les plages rouges et oranges des alertes PREMIO

Les alertes rouges et oranges sont construites à partir des courbes journalières de courant ou de CO₂. Lorsque la courbe franchit un certain seuil orange, l'alerte orange est déclenchée. Le principe est identique pour le seuil rouge. Les seuils rouges et oranges sont déterminés de manière à ce qu'environ 5% des heures de chaque mois soient en alerte rouge (période très critique), et que 25% soient en alerte orange (période assez critique).



Cette détermination est réalisée à partir des données de l'année de référence 2007. L'exemple ci-dessous illustre la manière dont sont déterminées les plages des alertes CO₂ rouges et oranges sur une journée. Les plages des alertes «courant» et «CO₂» sont assez différentes, ce qui pourra fournir deux stratégies différentes pour le pilotage des équipements PREMIO.

Et dans un lycée ?

On pourrait envisager de coupler différentes sources : onduleur, groupe électrogène, centrale photovoltaïque, éolienne, centrale électrique hydraulique (si le site s'y

prête), cogénération sur chaudière et d'autre part de travailler sur l'effacement ponctuel des consommations ou leur optimisation.

La difficulté est de construire un modèle et de produire le logiciel adéquat de la centrale de pilotage. Ce n'est pas hors de portée de nos étudiants et enseignants. Espérons que ce court article leur en donnera envie. ■

(1) - Origine CRE Commission de Régulation de l'énergie
www.CRE.fr

(2) - Article construit sur la base de documents EDF
<http://www.projetpremio.fr/>
et Capénergies <http://www.capenergies.fr/>

Tremblement de terre en Provence

Il y a cent trois ans, le 11 juin 1909 vers 21h15, eut lieu le dernier tremblement de terre très meurtrier en France métropolitaine. Ce séisme se produisit au Nord des Bouches-du-Rhône, à 20 km au NO d'Aix en Provence. Il fit 46 morts et au moins 250 blessés. Plusieurs milliers de logements ont été détruits ou endommagés gravement (dont 1 500 à Aix-en-Provence). Le village de Lambesc fut entièrement détruit. Il s'agissait d'un séisme superficiel (profondeur du foyer < 10 km), sa magnitude est estimée à 6,2 sur l'échelle de Richter.

Le Petit Journal



Couverture du Petit Journal relatant le séisme de Lambesc du 11 juin 1909 Droits réservés - © 1909 Le Petit Journal



Droits réservés - © 2009 Google - BRGM

Le Jurassique est figuré en bleu, le Crétacé en vert plus ou moins brun, l'Oligocène en rose, orange et saumon, et le Miocène en jaune. Le volcan basaltique de Beaulieu est figuré en bleu foncé, au centre Nord de la carte. La position (approximative) de l'épicentre du séisme de Lambesc de 1909 est localisée par le cercle rouge.

La seule faille notable (susceptible d'être à l'origine du séisme de 1909) est connue sous le nom de la faille de la Trévaresse et a été surlignée en noir. Elle met en contact de l'Oligocène (au Nord) et du Miocène (au Sud). Carter précisément cette faille est suffisamment difficile pour qu'il n'y ait pas une bonne continuité de la faille entre la carte de Salon de Provence (à l'Ouest) et celle de Pertuis (à l'Est). Cette non-continuité se voit très bien au centre

de la figure, où la limite entre les deux cartes se note aussi dans les changements de couleurs.

Et aujourd'hui, ou demain ?

Une étude a été menée sous la direction du Ministère de l'Environnement en 1982. Cette étude consistait à effectuer une simulation d'impact d'un séisme équivalent à celui de 1909 qui aurait eu lieu en 1982 au même endroit, mais avec le plan d'occupation des sols de 1982. Cette simulation se justifiait par le fait que, statistiquement, un séisme d'une telle ampleur se produit en moyenne une fois par siècle en France métropolitaine. Cette simulation visait à déterminer toutes les conséquences de cette catastrophe virtuelle, aussi bien sur le plan humain que sur le plan matériel et économique. Cette région d'une superficie de 700 km², regroupait 22 communes et 100 000 habitants en 1982. Les conclusions de cette étude sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Séisme de 1909	Simulation de 1982 (estimation)
Victimes	
46 morts	400 à 970 morts
250 blessés	1 850 à 5 650 blessés
Dommages aux habitations	
Plusieurs milliers de logements détruits ou endommagés gravement (dont 1 500 à Aix-en-Provence). Village de Lambesc entièrement détruit.	(25 420 bâtiments sur la zone étudiée) 450 bâtiments entièrement détruits. 21 850 endommagés. 315 intacts
Coûts directs (reconstruction ou réparation)	
800 à 1 200 M€ (millions d'euros)	Habitations : 1 500 M€ Autres bâtiments : 900 M€ Équipements et infrastructures : 70 M€ Mobilier : 70 M€ Total : 2540 M€

D'après *Le risque sismique*, Délégation aux Risques Majeurs, Ministère de l'environnement, 1982.

Droits réservés - © 1982 EOST

Une étude plus détaillée sur le terrain, avec fouille et tranchée, permet de tabler sur une occurrence de 3000 ans pour ce phénomène.

Pour plus de détails, au lecteur intéressé, on le renverra vers : « Séismes en Provence - Du tremblement de terre de 1909 à la Provence sismique d'aujourd'hui » par Estelle Bonnet-Vidal, 2009, Format : 22 x 22, 96 pages, broché, ISBN : 978-2-912366-79-5, éditions Campanile.

FLUID'ART : gestion d'énergie Qualification du lycée BRANLY pour la finale du concours

Sylvie BILDSTEIN

Professeur agrégé de génie électrique au lycée Edouard Branly à Lyon

Le concours Fluid'Art dans sa deuxième édition a été lancé par la Région Rhône Alpes en 2011 : huit lycées ont participé.

Les objectifs du concours sont les suivants :

- Sensibiliser les élèves, les étudiants et toute la communauté éducative aux économies d'énergies et gestion des fluides : chauffage, électricité, eau, ...
- Créer un objet original animé par les différentes consommations du lycée
- Délivrer un message fiable et facile à décrypter
- Fédérer l'ensemble du lycée autour du projet
- Réaliser un diagnostic énergétique du lycée.

Trois lycées, dont le lycée Branly, ont été sélectionnés pour la finale qui aura lieu en janvier 2013, ils voient ainsi leur projet financé par la Région.

EDDY : la solution du lycée BRANLY

Le lycée Branly a répondu à ce concours en proposant un robot humanoïde animé selon les consommations du lycée. Il s'appelle **EDDY** pour **E**nergie **D**éveloppement **D**urable **B**ranly

Son premier objectif est de sensibiliser tous les intervenants du lycée aux économies d'énergie qui peuvent y être faites.

Ce robot est le reflet des technologies enseignées au lycée Branly : le génie électrique au sens large incluant les énergies renouvelables, les systèmes informatiques et numériques, le développement durable. **EDDY est la personnalisation artistique de tous ces enseignements.** Il en fournira une illustration animée à tous les visiteurs.

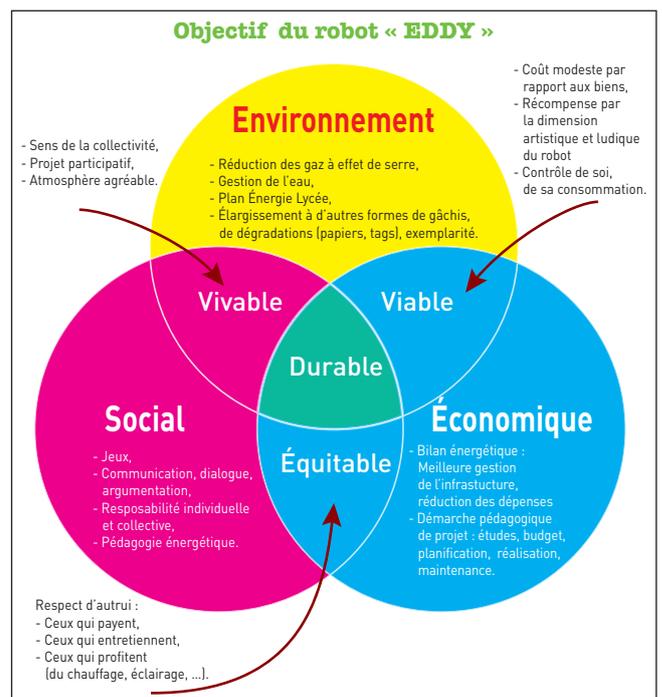
Toutes les informations collectées en matière de consommation permettront des exercices concrets avec les élèves sur les notions de puissance et d'énergie.

Ces grandeurs qui touchent directement l'environnement de nos élèves seront mieux assimilées car moins abstraites.

Les consommations enregistrées permettront de dégager aussi les actions à entreprendre au niveau des bâtiments afin de corriger certains gaspillages. Ces

actions pourront faire l'objet d'études de faisabilité et d'études technico-économiques menées avec les lycéens et les étudiants des différentes filières.

EDDY s'inscrit dans la démarche de développement durable. Son impact social, économique et environnemental est expliqué ci-dessous.



Demi-finale (mars 2012)

L'objectif était de convaincre que ce projet méritait d'être réalisé. Les élèves de Branly ont soutenu EDDY en créant et en jouant une pièce de théâtre qui a présenté la maquette de notre robot. Ils ont été sélectionnés par le grand jury de la Région Rhône Alpes et voient ainsi leur projet financé.

Plus d'informations sur la demi-finale :

<http://www.rhonealpes.fr/624-fluid-art-201.htm>

La prochaine étape : janvier 2013 pour la finale où les 3 lycées finalistes seront alors évalués sur la réalisation de leur projet !

D'ici là, beaucoup de travail et d'effervescence pour construire EDDY !

Image de synthèse présentant la future implantation d'EDDY sur le pilier du hall



EDDY est de taille humaine, il sera placé dans le hall, lieu de passage régulier des élèves et du personnel. Une structure métallique qui habillera un des piliers permettra de le positionner en hauteur.

Retombées pédagogiques

L'année scolaire 2011/2012 a été une phase de créativité artistique et technique : les classes de 1^{ère} STI2D ont travaillé à la création d'EDDY en collaboration avec les BTS électrotechnique.

Ils ont aussi ensemble créé la pièce de théâtre présentant EDDY. De nombreux talents se sont ainsi exprimés : acteurs, musiciens, scénaristes...

La transmission des données a aussi pu être réalisée par les BTS en fin d'année scolaire.

Des liens forts entre ces deux classes se sont tissés.

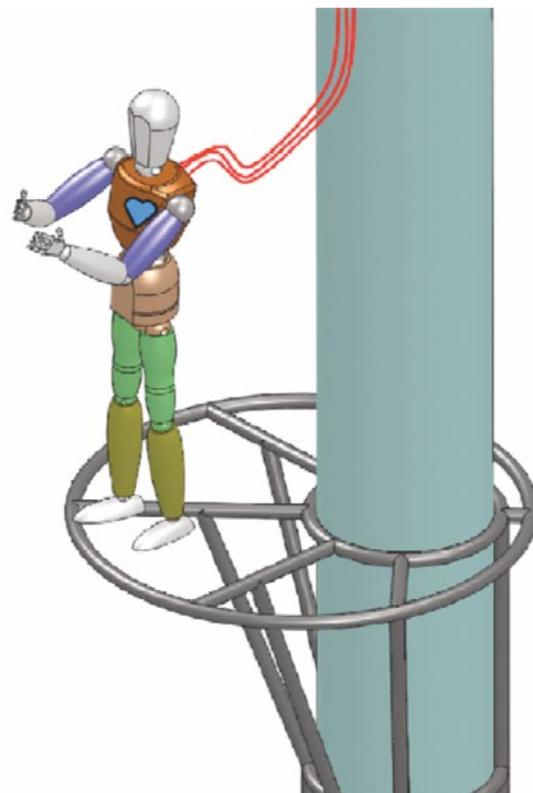
L'année scolaire 2012/2013 est la phase de réalisation. Le travail par projet motive nos élèves.

Plusieurs classes vont contribuer à la construction d'EDDY : les classes de STI2D et de BTS déjà impliquées l'année dernière pourront continuer.

De nouvelles classes viendront apporter leur compétence comme les Bac Pro élec.

À suivre

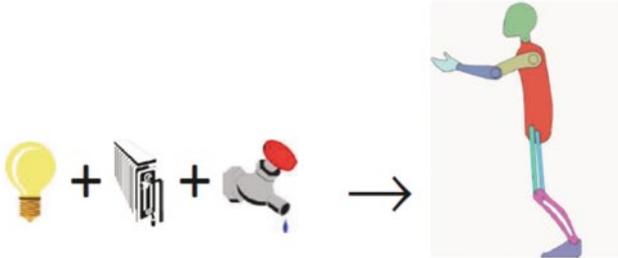
Dans les prochains Cahiers de l'Instrumentation vous pourrez suivre la phase finale de la création d'EDDY.



Les élèves ont défini comment EDDY délivrera son message, selon sa posture, l'éclairage des guirlandes et le battement de son cœur.

Pédagogie

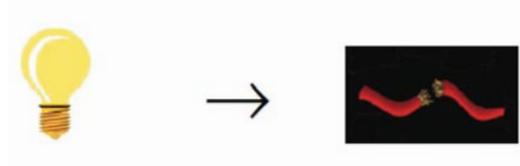
Consommation globale



Quand la consommation globale du lycée sera trop grande EDDY se repliera sur lui-même : les jambes se plieront, les bras se rapprocheront de son torse et la tête sera penchée en avant.

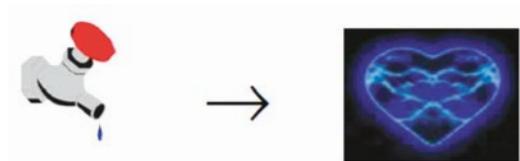
Au contraire, lorsque les consommations seront jugées satisfaisantes il se redressera, il sera plus grand, en position debout et les bras ouverts. Son attitude sera une position d'ouverture aux autres et de communication.

Consommation électrique



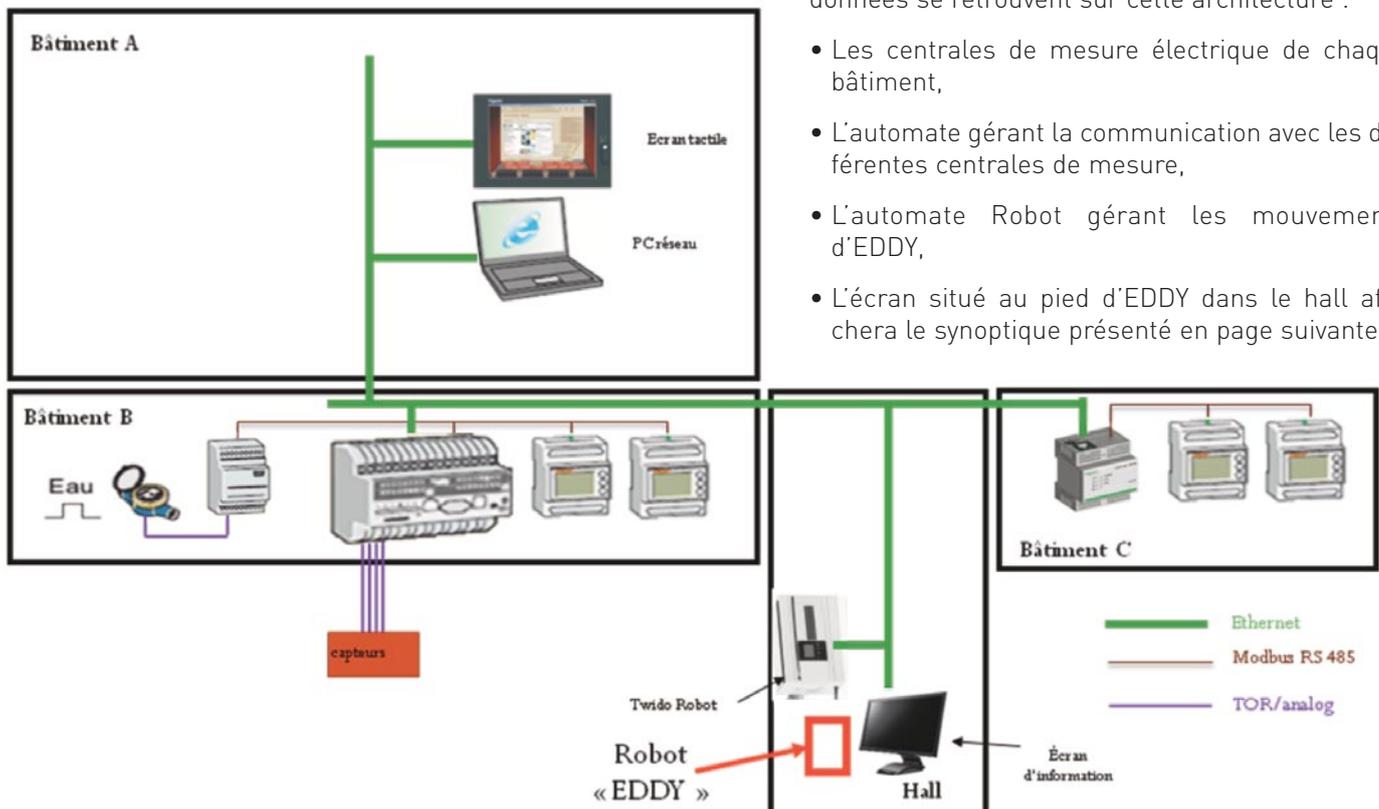
Les guirlandes lumineuses symboliseront la consommation électrique générale du lycée.

Consommation en eau



Un battement du cœur (clignotement + son) régulier (70 pulsations par minute) indiquera une consommation d'eau correcte. Quand la consommation d'eau dépassera la normale, les battements du cœur s'accéléreront.

Architecture réseau



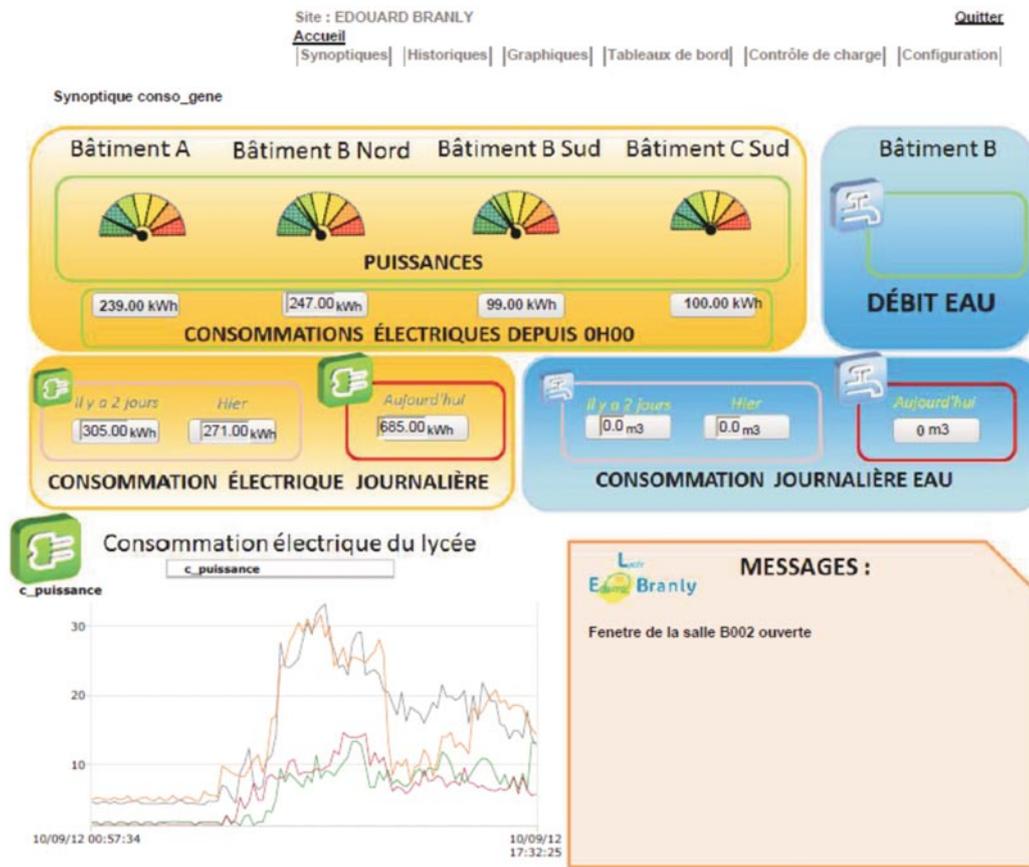
Les principaux éléments de transmissions des données se retrouvent sur cette architecture :

- Les centrales de mesure électrique de chaque bâtiment,
- L'automate gérant la communication avec les différentes centrales de mesure,
- L'automate Robot gérant les mouvements d'EDDY,
- L'écran situé au pied d'EDDY dans le hall affichera le synoptique présenté en page suivante.

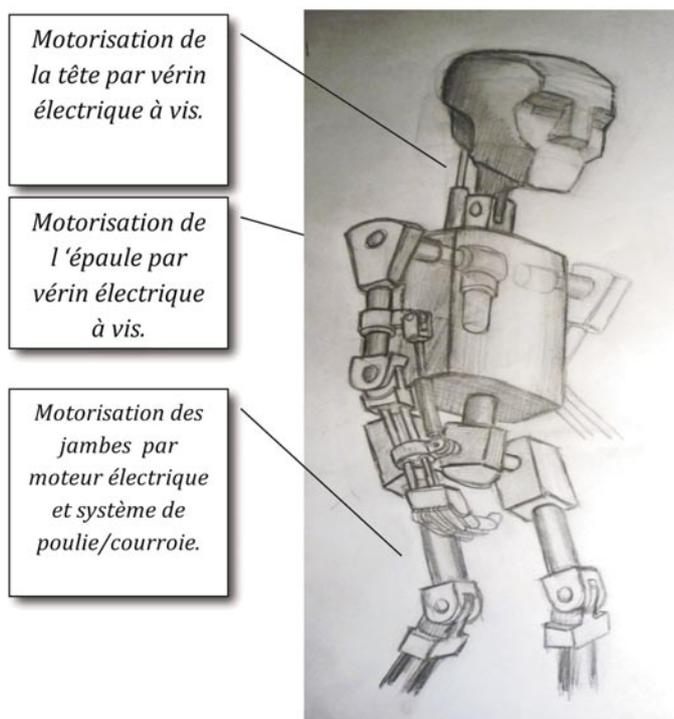
Pédagogie

Synoptique des différentes consommations et puissances

Ce synoptique sera disponible sur l'écran dans le hall ainsi que sur le réseau du lycée, il a été développé par un étudiant de BTS.



Allure d'EDDY et motorisation de ses articulations



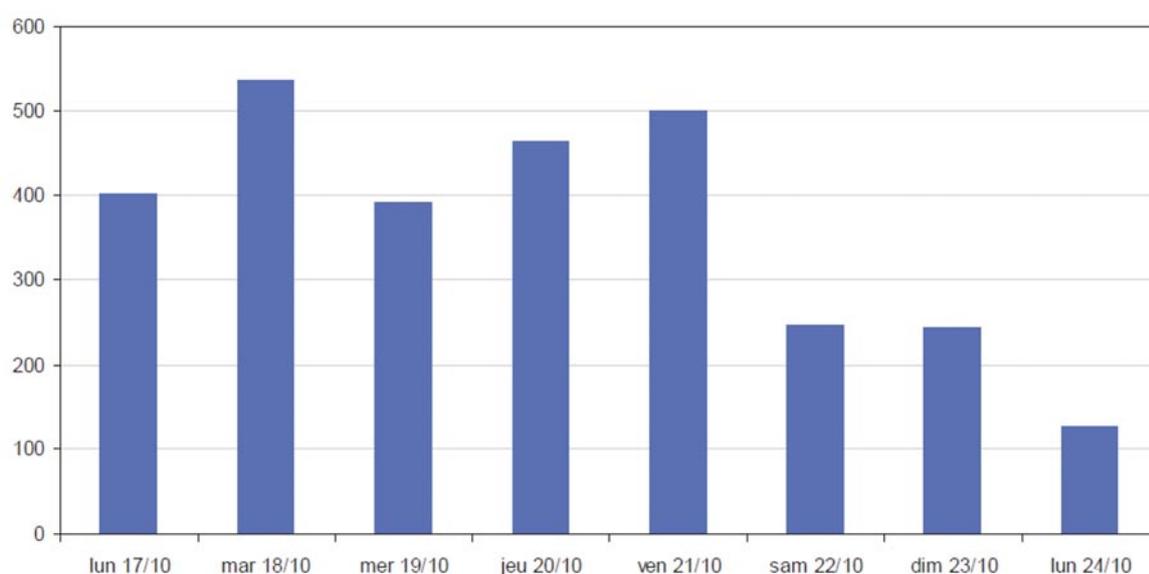
Dessiné par Jean-Michel CHARDON, professeur de mécanique

Diagnostic énergétique EDF

Mise en place d'un enregistreur pour relever les consommations sur une semaine.



Exemple du relevé du bâtiment A sur la semaine



Consommation du bâtiment A en kWh

Une corrélation a été faite entre ces consommations et l'occupation du bâtiment (nombre de classes ayant cours). Une analyse plus détaillée a montré des talons de consommation la nuit et le week-end qui pourraient être diminués. Ces analyses sont en cours d'exploitation pour l'animation d'EDDY.

sourire



❖ E-Mail : info@leclubdumesurage.com ❖

❖ www.leclubdumesurage.com ❖

Diffusion gratuite, tous droits de reproduction réservés.