

**COLLOQUE NATIONAL de la PERFORMANCE INDUSTRIELLE**  
BLOIS - 13 décembre 2012

**Contexte et optimisations énergétiques**

Marc **LABARDE** – REXEL  
Meilleur Ouvrier de France – Conseiller Commercial en solutions énergétiques

Sylvain **LISJAK** – CIMI  
Responsable Projets Pédagogiques

**Plan de la Présentation**

- Le contexte énergétique et normatif
- Les consommations d'énergies
- Le mesurage
- Quelques optimisations techniques
- Focus sur La Gestion Technique

Colloque National - 13/12/2012

**Contexte énergétique et normatif**

Colloque National - 13/12/2012

**Des enjeux dans un contexte de crise**

- Une consommation inflationniste
  - +45% depuis 1980, +70% d'ici 2030
  - +33% d'émissions de CO<sub>2</sub> depuis la révolution industrielle
- Préserver l'environnement en limitant les GES
  - les activités humaines rejettent 30 GigaTonnes/an d'équivalent CO<sub>2</sub>

Épuisement des ressources accessibles au rythme actuel de consommation \* :

- Pétrole : 35 à 45 ans
- Gaz : 60 à 70 ans
- Uranium : 100 ans
- Charbon : 150 à 200 ans

Colloque National - 13/12/2012

**Un peu d'histoire...**

Colloque National - 13/12/2012

**Des réglementations contraignantes et incitatives**

- A partir du Protocole de Kyoto (1997), déclinaison de nouveaux dispositifs réglementaires en Europe et en France de lutte contre l'effet de serre.

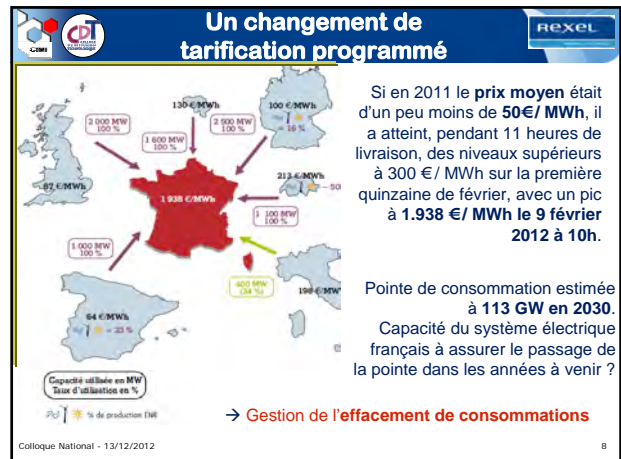
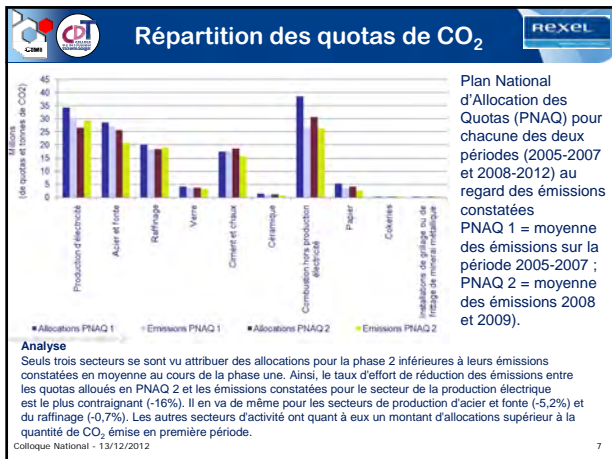
**Certificats « verts »**  
Développement des énergies renouvelables

**Certificats « blancs »**  
Développement des économies d'énergies

**Certificats « noirs »**  
Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>

*En France = hors champ réglementaire*

Colloque National - 13/12/2012



- ### Fondements principaux de la loi NOME
- Loi NOME (Nouvelle Organisation du Marché de l'Electricité) du 7 décembre 2010
  - La création pour les **fournisseurs alternatifs d'un accès régulé** à l'électricité nucléaire historique (ARENH) jusqu'en 2025 avec un **plafond de 100 TWh** (+20 à partir de 2013 pour les pertes réseau).
  - La **suppression du TaRTAM** dès le vote de la loi et celle des **tarifs verts et jaunes** au plus tard en 2015.
  - Les tarifs bleus sont construits comme une somme de coûts à partir de fin 2015.
  - Des transferts de responsabilité du gouvernement vers la CRE mais à effet décalé (3 ou 5 ans) : fixation de l'ARENH, des tarifs réglementés, des tarifs de cession vers les ELD.
  - La création d'une obligation de capacité accompagnée d'un marché de capacités pour les fournisseurs (actifs de production ou capacité d'effacement ou certificats de marché).
- TaRTAM : Tarif Réglementé Transitoire d'Ajustement du Marché
- Colloque National - 13/12/2012

### Le Bilan carbone

Le **bilan carbone** obligatoire concerne (pour le moment) les **entreprises de plus de 500 salariés**.

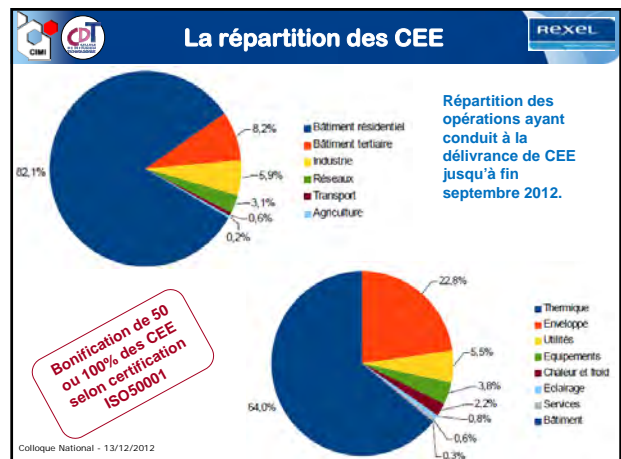
Après l'élaboration du bilan carbone : Il faut indiquer la synthèse des **actions**, jointe au bilan pour chaque catégorie d'émissions mentionnée, que la personne morale envisage de mettre en œuvre **au cours des trois années suivant l'établissement du bilan**. Elle indique le volume global des réductions d'émissions de gaz à effet de serre attendu.

**Au 31 Décembre 2012**, il faut transmettre par courrier électronique un bilan des émissions de gaz à effet de serre au préfet de la région

Dès sa transmission au préfet, elle met le bilan à la disposition du public par voie électronique sur son site internet pendant au moins un mois et communique l'adresse du site de parution


Colloque National - 13/12/2012

- ### Les CEE : un instrument de maîtrise de la demande d'énergie
- Objectif** : inciter des acteurs (les obligés) à promouvoir en interne ou auprès de leurs clients des actions d'économies d'énergie
  - Les **obligés** : sont astreints par les pouvoirs publics à une obligation d'économies d'énergie, matérialisée en CEE. En fin de période triennale ils sont tenus de présenter à l'Etat les CEE obtenus grâce à leurs actions.
  - Il s'agit des **fournisseurs d'énergie** historiques auxquels s'ajoutent, en 2ème période, les **distributeurs de carburants**
  - Un objectif triennal de 345 TWh cumac de 2011 à 2013 avec une pénalité de 20 € / MWh cumac manquant
  - Les certificats économies d'énergie sont définies via des fiches d'**opérations standardisées** pour les opérations les plus fréquentes (bâtiment principalement) ou via des **fiches spécifiques** (industrie) <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Modes-d-obtention-des-certificats-.html>
  - On compte en **kWh cumac** qui sont des kWh économisés durant la durée de vie conventionnelle fixée d'un équipement, corrigé d'un coefficient d'actualisation annuel de 4%. Le tarif du cumac est coté sur <https://www.emmy.fr>
- Colloque National - 13/12/2012



**RT2012 : rappels**

- **Seuil de 50 kWhep/m<sup>2</sup>/an comprenant**
  - Chauffage
  - Eau Chaude Sanitaire (ECS)
  - Refroidissement
  - Eclairage
  - Auxiliaires (pompes, ventilateurs, ...)
- Modulation selon zones géographiques, type de bâtiment, usage, altitude, ...
- Obligation d'usage des EnR
- Ponts thermiques et perméabilité à l'air limités
- Maintien d'une température intérieure maximale en période de forte chaleur
- **Obligation de comptage**
  - Chauffage, refroidissement, éclairage, prises électriques : par **tranche de 500 m<sup>2</sup>** de surface (Surt) concernée ou par tableau électrique, ou par étage, ou par départ direct.
  - Production d'eau chaude sanitaire (ECS)
  - Centrales de **ventilation**
  - Chaque **départ direct** de plus de **80 ampères**



Colloque National - 13/12/2012 13

**Principales Normes Energies / Environnement**

- **Normes actives**
  - **ISO 14001** : Environnement
  - EMAS : Environnement
  - **ISO 50001 (NF16001)** : Management de l'Energie (**bonification** de 50% ou 100% des CEE selon le niveau de certification – arrêté du 28 mars 2012)
  - **ISO 26000** : Responsabilité sociale
  - GRI : Global Reporting Initiative
  - OHSAS 18001 : Santé et Sécurité (Occupational Health and Safety Assessment, USA)

Colloque National - 13/12/2012 14

**Les Energies**



Colloque National - 13/12/2012 15

**Le dilemme énergétique**

Les prévisions

X 2

Besoins énergétiques

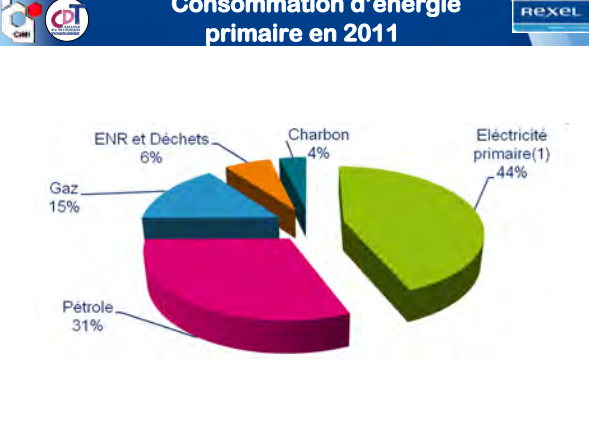
La nécessité

/ 2

Émissions de CO<sub>2</sub>

Colloque National - 13/12/2012 16

**Consommation d'énergie primaire en 2011**




Colloque National - 13/12/2012 17

**Répartition de la production d'électricité**

	2011 (TWh)	2010 (TWh)	Variation 2011/2010	Part dans la production 2011	Émissions de CO <sub>2</sub> 2011 (en millions de tonnes)
<b>Production nette</b>	<b>541,9</b>	<b>550,2</b>	<b>-1,5%</b>	<b>100%</b>	<b>27,4</b>
Nucléaire	411,1	401,9	+3,2%	77,7%	0,0
Thermique à combustible fossile	51,2	58,5	-13,8%	9,5%	24,4
dont : charbon	12,4	19,1	-29,7%	2,5%	12,9
gaz	8,1	8,0	+0,7%	1,5%	2,3
pétrole	29,7	29,9	-0,5%	5,5%	9,2
Hydraulique	50,3	47,6	+5,8%	9,3%	0,0
Eolien	11,9	9,7	+22,8%	2,2%	0,0
Photovoltaïque	1,8	0,6	+298,7%	0,3%	0,0
Autres sources d'énergie renouvelables	5,6	4,9	+12,3%	1,0%	3,0

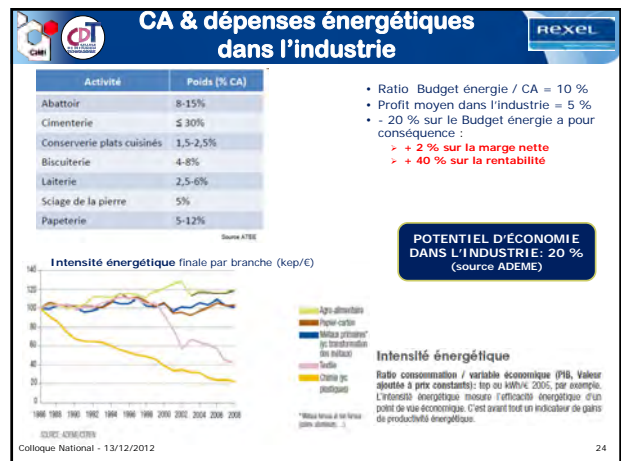
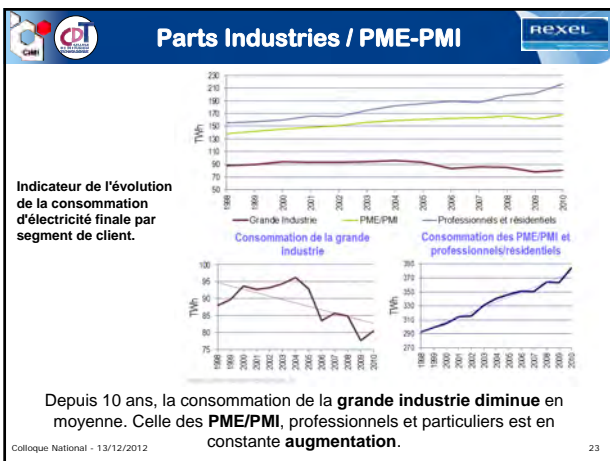
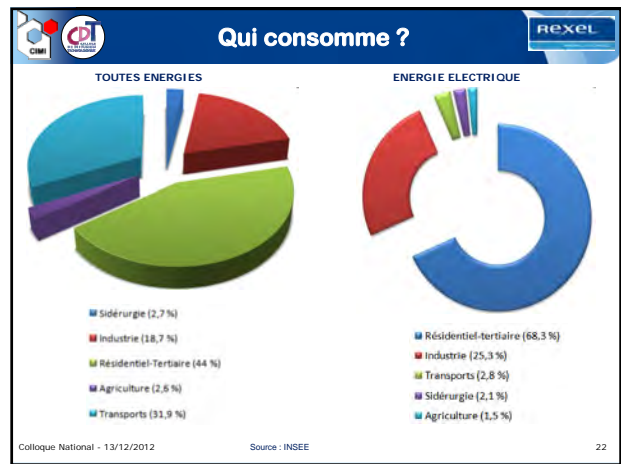
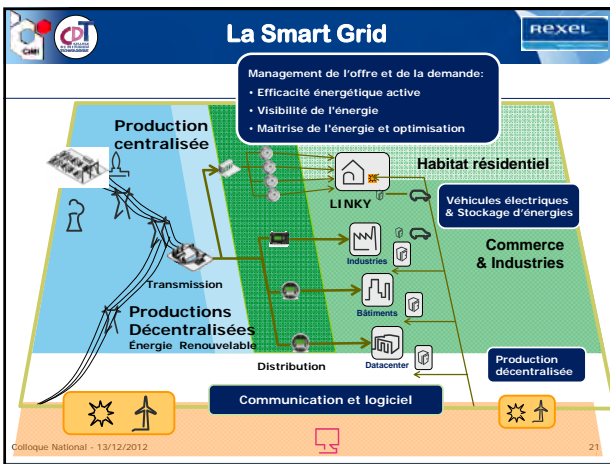
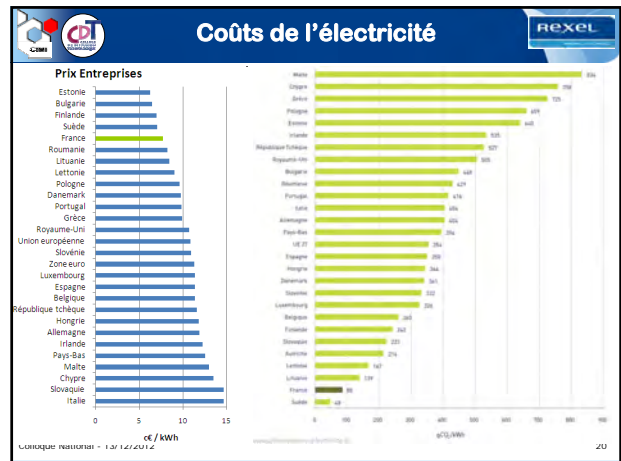
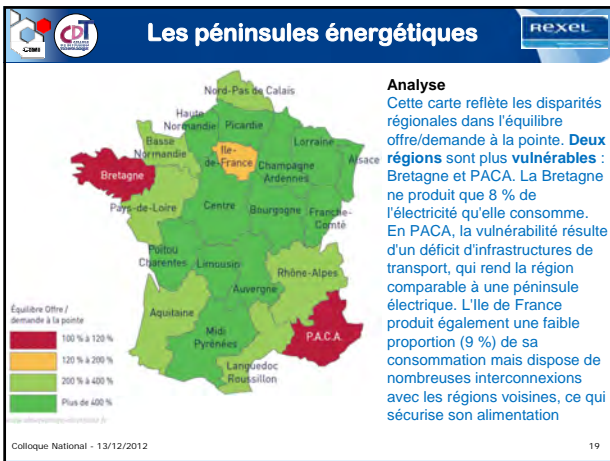
**Baisse de production électrique par énergies fossiles en 2011**

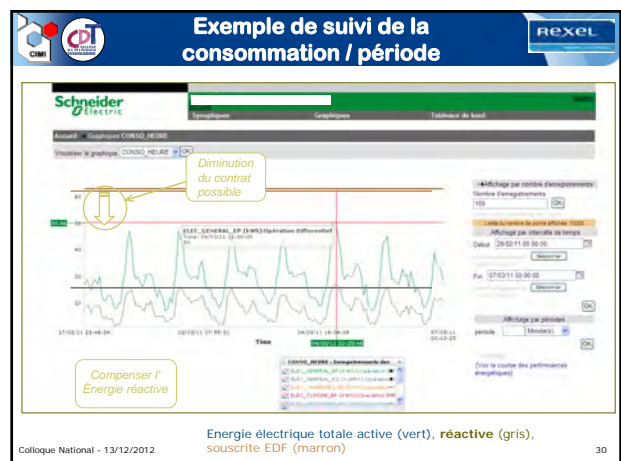
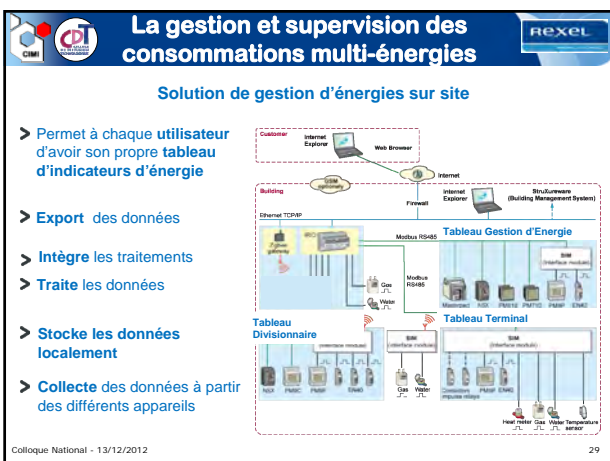
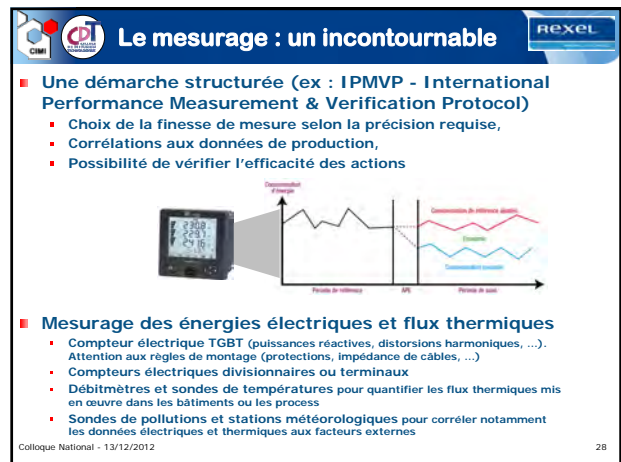
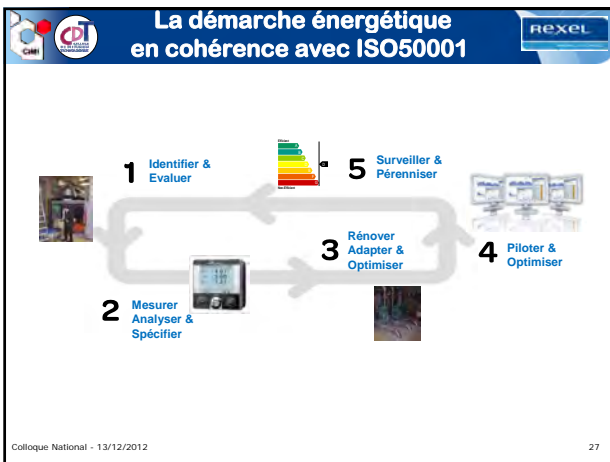
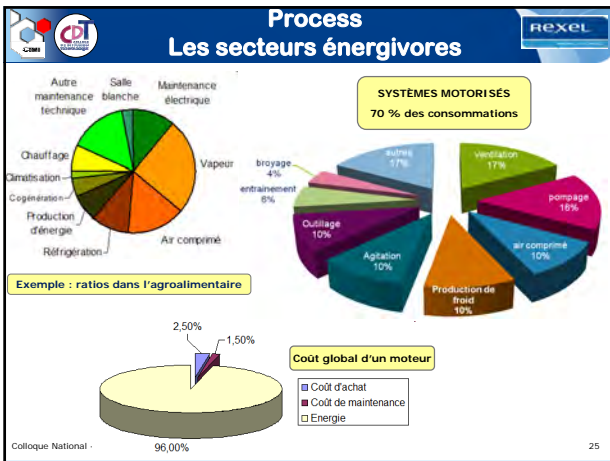
**Soldes des échanges contractuels. Une hausse en 2011 principalement liée au climat favorable.**



Colloque National - 13/12/2012 18







**Quelques optimisations techniques**

Colloque National - 13/12/2012 31

**Optimisations mécaniques**

- Amélioration du rendement des accouplements
  - Lignage des accouplements, tension de courroie,
  - Equilibrage des machines tournantes,
  - Plan de lubrification des réducteurs et roulements,
  - Contrôles vibratoires, ...

Colloque National - 13/12/2012 32

**Pertes de rendement**

- Moteur à entraînement direct : 2 à 5 %
- Entraînement par accouplement : 3 à 8 %
- Réducteurs : entre 2 et 10%
- Transmission par courroies selon P moteur
  - < 7,5 kW : 10 %
  - 7,5 kW < Pmot < 11 kW : 8 %
  - 11 kW < Pmot < 22 kW : 6 %
  - 22 kW < Pmot < 30 kW : 5 %
  - 30 kW < Pmot < 55 kW : 4 %
  - 55 kW < Pmot < 75 kW : 3 %
  - 75 kW < Pmot < 100 kW : 2,5 %

Ces pertes de rendements peuvent aller jusqu'à 15% lors des changements de courroie, en cas de mauvais réglage de la tension de celle-ci.

Colloque National - 13/12/2012 33

**Réseaux pneumatiques**

- Rendement global observé de 10 à 15% !!
  - Remplacement des compresseurs à faible rendement,
  - Exploiter la variation de vitesse sur la dernière tranche,
  - Récupérer la chaleur dissipée (de l'ordre de 30%),
  - Réduction des pressions d'utilisation,
  - Elimination des fuites réseau
  - Changement de technologie → actionneurs électriques

**Cas courant**

Source : ADEME

Colloque National - 13/12/2012 34

**Solutions Ventilation**

Colloque National - 13/12/2012 35

**Systèmes thermiques**

- Production de chaleur**
  - Chaudières à condensation, chaudière pulsatoire, ...
  - Attention au dimensionnement des émetteurs selon le régime de température !
  - Pompes à chaleur sur boucle d'eau, ...
- Production de froid**
  - Compression étagée (gain de 20 à 30%)
  - Mise en place de HP et BP flottantes selon les conditions climatiques et la charge en froid
  - Compresseur au CO<sub>2</sub> (ODP = 0 et GWP = 1), avec récupération de chaleur et production d'ECS
  - Compresseur à l'ammoniac (ODP = GWP = 0 → réglementation), ...
- Distribution**
  - Equilibrage des réseaux
  - Système à Débit ou Volume de Réfrigérant Variable (DRV / VRV)
  - En version 3 tubes, pour fonctionnement indépendant (chaud ou froid) des unités intérieures (récupération d'énergie si l'usage le permet), ...
- Production d'énergies renouvelables**
  - Solaire PV ou thermique, géothermie sur nappe, sondes ou corbeilles, ...
  - Machine à ad/absorption pour produire du froid avec des calories bon marché
  - Stockages pour déphasage des sources et des besoins (par chaleur sensible ou énergie latente), ...

Colloque National - 13/12/2012 36



## Récupération de chaleur : un exemple opérationnel

- Récupération de chaleur sur système de refroidissement de fumées
  - Durée du projet : environ 3 ans
  - Fonderie FMGC (44) – 320 salariés
  - Récupération sur fumées de chambre de combustion d'un cubilot à vent chaud
  - Fonctionnement 24h/24, 5 jours par semaine
  - Partenariat TOTAL / ADEME : aide au financement : 1,8 M€
  - Conception : ENERTIME
  - Machine thermodynamique, dite à « cycle organique de Rankine » (ORC)
  - Module ORC 1MWte, fluide caloporteur : huile thermique à environ 200-250°C
  - Puissance thermique : 5-6 MWth, rendement : environ 17%
  - Electricité produite / an : 5 à 6.000 MWh (-100 MWh des tours d'aéro-réfrigération) → -300 KE sur factures
  - ROI : 2 à 8 ans selon applications (source Enertime)

Colloque National - 13/12/2012 37

## Systèmes thermiques

- Isolation thermique (gain de 5 à 25% selon l'ADEME)
  - RT2012 : limitation des pertes à 9W/(m².K) pour les circuits de chauffage (classe 2 mini pour chauffage et ECS, classe 3 pour climatisation)

$$\lambda_{[W/m.K]} = \frac{E_{[m]} \cdot RT_{[m².K/W]}}$$

Ecl. (Est)	Classe 1			Classe 2			Classe 3		
	Coef. de pertes par la paroi U (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi U (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi U (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi U (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi U (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi U (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi U (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi U (W/m².K)	
10	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
30	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
40	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
60	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
70	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
80	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
90	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
100	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
110	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
120	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
130	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
140	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
150	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
160	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
170	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
180	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
190	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
200	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	

- Surveiller la Maintenance pour conserver un bon rendement énergétique dans le temps
  - Purge de l'air et nettoyage des boues des circuits en eau
  - Vidange périodique des circuits glycolés soumis à haute T°
  - Nettoyage des circuits en air, condenseurs, ...
  - Nettoyage ou remplacement des filtres (pertes de charge)
  - Contrôle d'étanchéité sur circuits frigorigènes
  - Contrôles réglementaires (combustion, rendement, ...)

Colloque National - 13/12/2012 38

## Solutions Distribution Electrique

Colloque National - 13/12/2012 39

## Motorisations : des évolutions

La norme CEI 60034 est désormais modifiée. Elle remplace les classes de rendement des moteurs à induction basse tension existantes (EFF, NEMA/EPAct) par de nouvelles classes unifiées :

- IE3 Rendement premium
- IE2 Haut rendement
- IE1 Rendement standard

Une nouvelle offre en moto-variateurs synchrones à haut rendement → éligibles CEE

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ind\\_ut\\_14.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ind_ut_14.pdf)

Colloque National - 13/12/2012 40

## Variateur de vitesse : une variété de solution

Du variateur Compact au variateur en Armoire

Colloque National - 13/12/2012 41

## L'éclairage

- Réglementation Européenne NF EN 12464-1 pour les niveaux d'éclairage (lux), de rendu des couleurs (IRC) et d'éblouissement (UGR) → voir solution DIALUX
- Bannissement de luminaires programmé jusqu'en 2017
- Des CEE :
  - pose de détecteur de présence, de luminosité, changement de ballast, variation de puissance, passage en tubes T5, programmation horaire, maîtrise de l'énergie réactive, ...

Type lampes	Puissance W	Efficacité (sans ballast) lm/W		T° couleur °K		IRC	Durée vie moyenne h		
		min	max	min	max				
Incandescente	Standard	40	400	10	20	2 700	100	1 000	
	Halogène 230V	50	2 000	15	20	2 900/3 000	100	2 000	
	Halogène 12V	15	150	15	25	3 000	100	3 000	
Fluo-compacte culot à visser	Tube T5	14	80	95	105	2 700/6 500	85	98	16 000
	Tube T8	18	58	65	105	2 700/6 500	50	98	12 000
Fluorescente (décharge)	Tube T12	20	65	60	75	4 000/4 100	60	10 000	
	Induction	55	85	65	70	2 700/4 000	85	60 000	
Fluo-compacte culot à broche	Fluo-compacte culot à visser	5	30	45	85	2 700/4 000	85	10 000	
	Fluo-compacte culot à broche	5	55	50	85	2 700/5 000	85	10 000	
Décharge HP	Sodium haute pression	70	1 000	45	150	2 000	20	80	9 000
	Mercurie haute pression	50	1 000	30	60	3 000/4 500	30	60	15 000
	Iodures métalliques	35	400	55	95	3 000/6 000	80	95	15 000
Décharge BP	Sodium basse pression	18	185	100	200	1 800/2 000	25	20 000	
	LED	1	100	50	150	2 700/6 000	80	100	60 000

Colloque National - 13/12/2012 42

**Focus sur la Gestion Technique**

Colloque National - 13/12/2012 43

**GTB : souplesse et robustesse**

- **L'automatisation**
  - Associer les **exploitants** en amont des projets
  - Favoriser les **échanges** « Commanditaires / Intégrateurs / Exploitants »
  - Éviter les relations de **dépendance** trop fortes (contrôleurs / réseaux / logiciels)
  - Analyser la **pérennité** de l'offre et l'**ouverture** des systèmes
  - **Standardiser** ses automatismes (Analyse fonctionnelle, spécifications, évolutivité, cahier des charges / cahier de recettes)
  - Etudier en amont le dilemme « **Fonctions standards** paramétrables » et « **Fonctions spécifiques** programmables » (coûts de développement fournisseurs / intégrateurs)
  - Intégrer à la base les **niveaux d'IHM** (intégrée (Web-IT), terminaux locaux, supervision, accès distant sécurisé) et les volumes de **stockage** requis
  - Valider les possibilités d'**optimisations** en phase exploitation
  - Attention aux **maillons faibles** (le plus faible dégrade l'ensemble)

Colloque National - 13/12/2012 44

**Communications Une offre pléthorique**

- Standards « **industriels** » : Modbus RS485 et TCP-IP, EthernetIP, Profibus, CAN, ...
- Standards « **bâtiment / CVC** » : KNX, BACNet, LON, DALI, Batibus, M-BUS, MP-BUS, ...
- Réseaux **constructeurs** : Honeywell, Saia, Sauter, Deltadore, Somfy, Legrand, ...
- Solutions **sans fil** (radio / CPL) : EnOcean (solutions sans pile), Bluetooth, ZigBee, ...
- **Serveurs OPC** : Matrikon, KEP, HMS, Newron, DoMoov, ...
- **Passerelles** inter-réseaux : Intesys, Acksys, Advantech, Hilscher, ...

→ Valider la **cohérence de l'ensemble**

Colloque National - 13/12/2012 45

**KNX : la gestion électrique**

**Le BUS KNX ?**

- Un standard vraiment ouvert
- Plus de 20 années d'expérience
- Une communauté mondiale
  - Plus de **300 fabricants** de produits **KNX**
  - Plus de **8.000 produits** certifiés **KNX**
  - Plus de **34.000 installateurs** dans 70 pays
  - Plus de **15 millions** de produits installés

Colloque National - 13/12/2012 46

**DALI : la gestion de l'éclairage**

- La norme DALI garantit l'**interchangeabilité** des produits de différents constructeurs.
- L'architecture du réseau DALI permet à la fois des **topologies** de type bus et étoile avec un câblage standard.
- Des **fonctionnalités intégrées** de gestion du confort visuel et d'optimisations énergétiques : gradation numérique, pilotage par groupe, autodiagnostic avancé, ...

Colloque National - 13/12/2012 47

**KNX / DALI Une offre homogène**

Colloque National - 13/12/2012 48



**GTB et réduction des consommations d'énergie**

■ Ex : site pilote de l'université de Bremen

- **Eclairage** : une réduction moyenne de **45%** de la consommation d'énergie
- **Chauffage** : une réduction moyenne de **50%** de la consommation d'énergie

Économies d'énergie maximales (en %)

System	Maximum Energy Savings (%)
Régulation du chauffage par pièce	50
Régulation du chauffage centralisé	40
Commande des stores et volets roulants	45
Gestion de l'éclairage	80
Commande de la ventilation	60

Colloque National - 13/12/2012

**GTB : optimisations**

- **Objectif** : passer d'un fonctionnement conforme « basique » à un niveau de **performances optimum** (énergies / confort) après analyse / historisation des systèmes en exploitation
- **Régulation** : ajustement des correcteurs PID, boucles en cascade, facteurs d'anticipation, correcteurs de temps mort, prédictif, ...
- La **Simulation** numérique peut être un excellent outil « projet »
  - **capitalisation** des connaissances des systèmes (dont énergies),
  - **validation** de solutions (avant-projet),
  - **mise au point off-line**, exhaustivité des tests, matières et énergies gratuites, risques inexistant
  - **formation** des exploitants,
  - aide à la **maintenance** des systèmes

Colloque National - 13/12/2012

**COLLOQUE NATIONAL de la PERFORMANCE INDUSTRIELLE**  
BLOIS - 13 décembre 2012

« On n'hérite pas de la terre de ses ancêtres. On l'emprunte à ses enfants »  
*Antoine de Saint-Exupéry*

**Merci de votre attention**

Colloque National - 13/12/2012