

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 CO₂ depuis la révolution industrielle
- Préserver l'environnement en limitant les GES
 - les activités humaines rejettent 30 GigaTonnes/an d'équivalent CO₂

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.

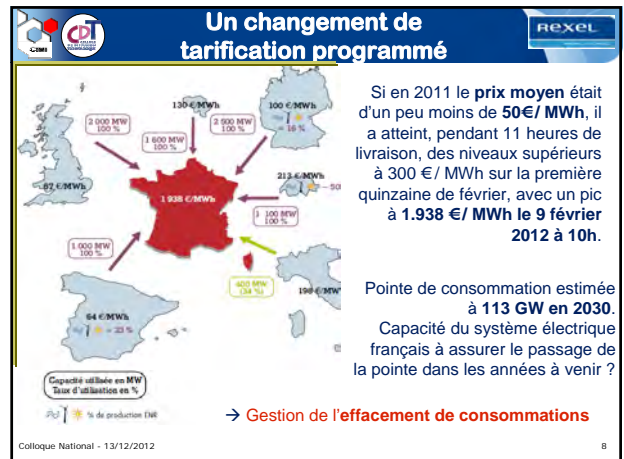
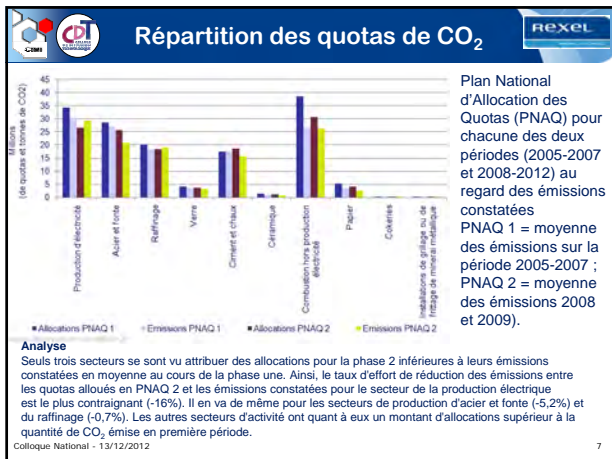
Certificats « verts »
Développement des énergies renouvelables

Certificats « blancs »
Développement des économies d'énergies

Certificats « noirs »
Réduction des émissions de CO₂

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**.

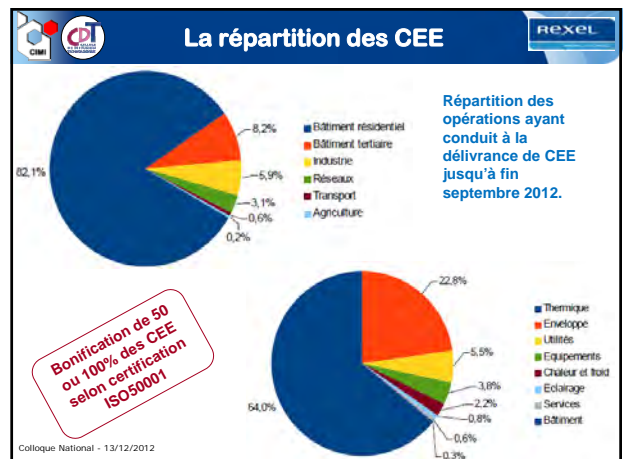
Après l'élaboration du bilan carbone : Il faut indiquer la synthèse des **actions**, jointe au bilan pour chaque catégorie d'émissions mentionnée, que la personne morale envisage de mettre en œuvre **au cours des trois années suivant l'établissement du bilan**. Elle indique le volume global des réductions 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/m²/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 m²** 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

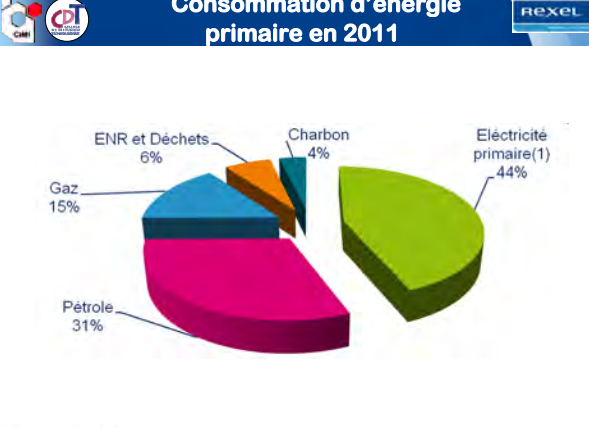
La nécessité

/ 2

Émissions de CO₂

Colloque National - 13/12/2012 16

Consommation d'énergie primaire en 2011




Colloque National - 13/12/2012 17

Répartition de la production d'électricité

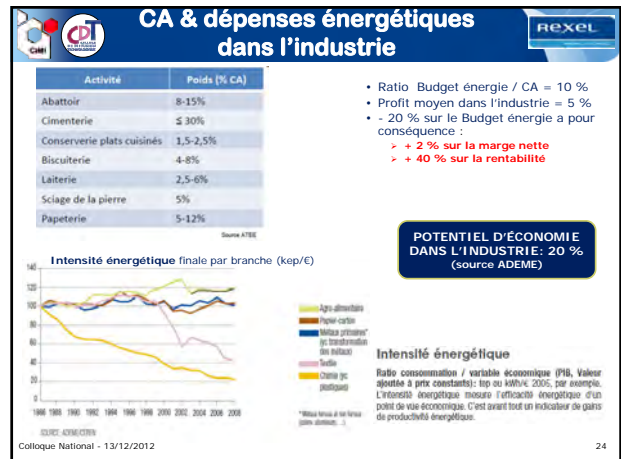
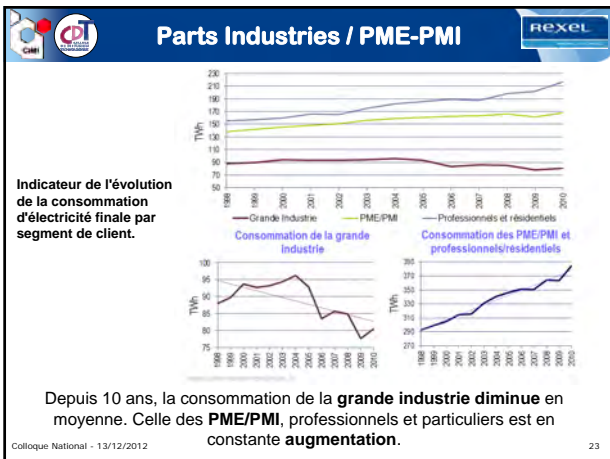
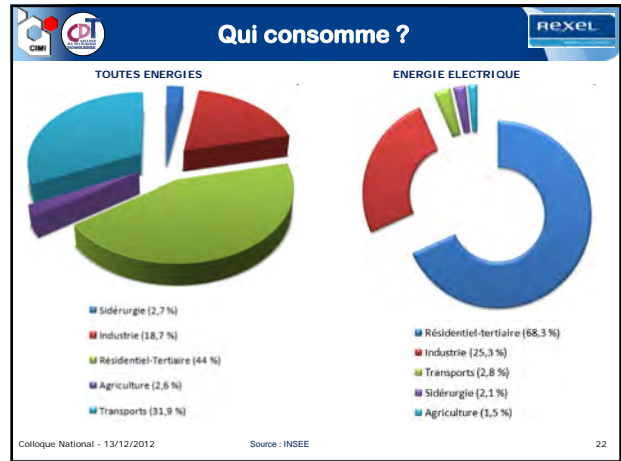
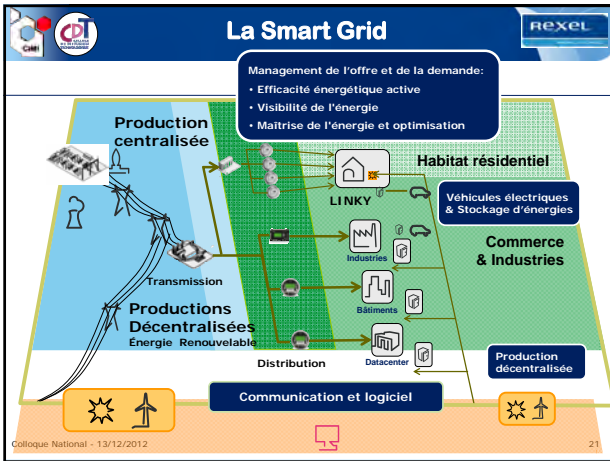
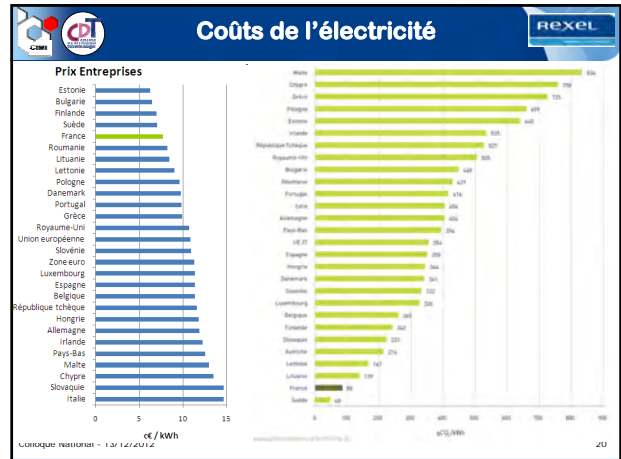
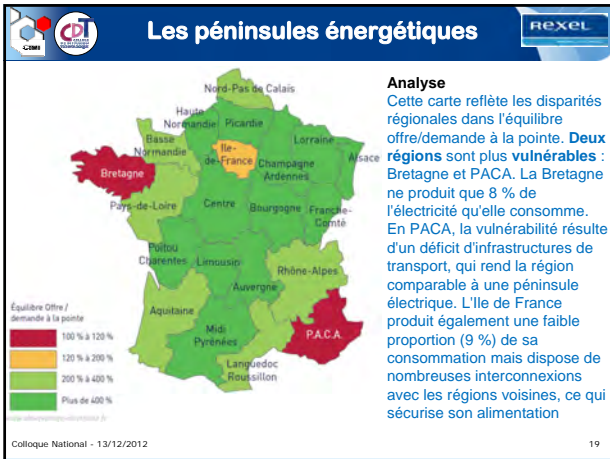
	2011 (TWh)	2010 (TWh)	Variation 2011/2010	Part dans la production 2011	Émissions de CO ₂ 2011 (en millions de tonnes)
Production nette	541,9	550,2	-1,5%	100%	27,4
Nucléaire	411,1	401,9	+3,2%	77,7%	0,0
Thermique à combustible fossile	51,2	58,5	-13,8%	9,5%	24,4
dont : charbon	12,4	19,1	-29,7%	2,5%	12,9
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	+5,6%	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

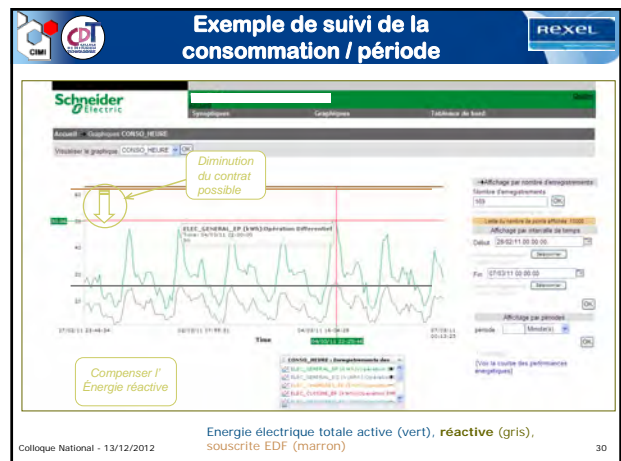
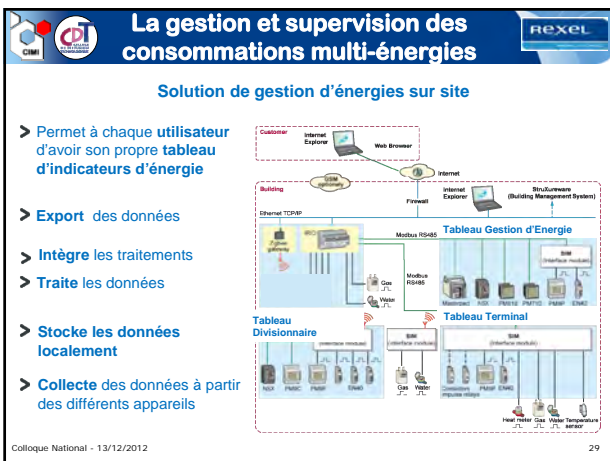
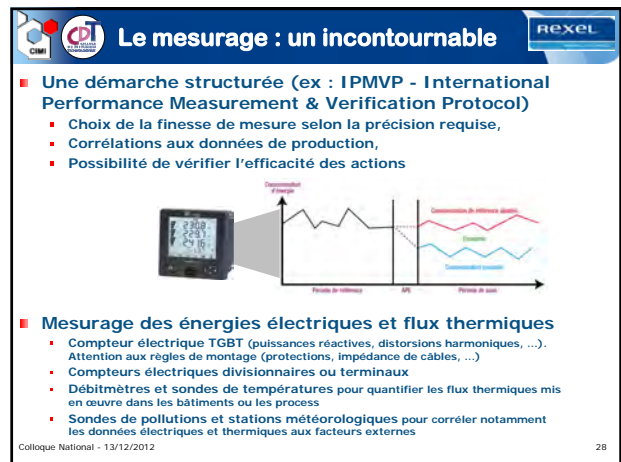
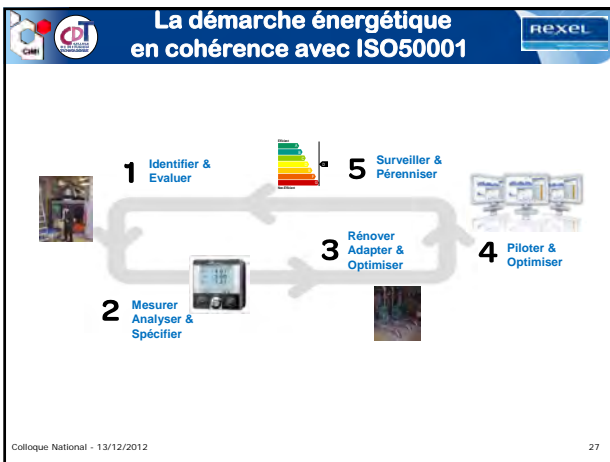
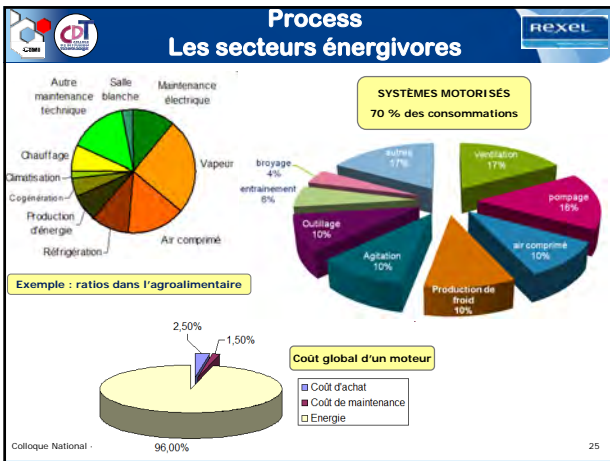
Baisse de production électrique par énergies fossiles en 2011

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.

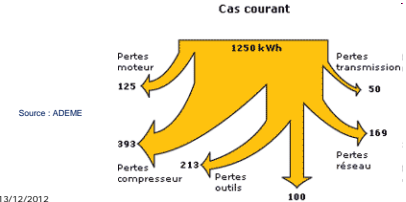
Colloque National - 13/12/2012 33



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

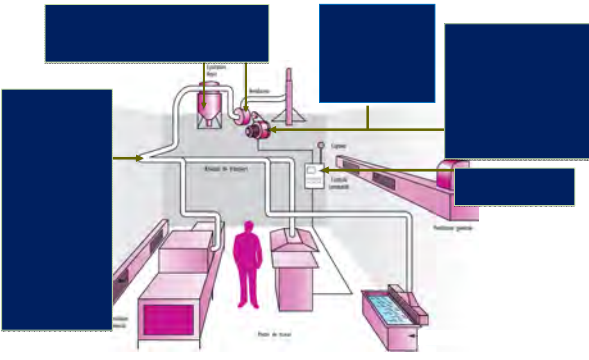


Source : ADEME


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 CO₂ (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 1MWe, 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 (W/m².K)	Coef. de pertes par les joints (W/m².K)	Coef. de pertes par les ponts thermiques (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi (W/m².K)	Coef. de pertes par les joints (W/m².K)	Coef. de pertes par les ponts thermiques (W/m².K)	Coef. de pertes par la paroi (W/m².K)	Coef. de pertes par les joints (W/m².K)	Coef. de pertes par les ponts thermiques (W/m².K)
10	0,25	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05
20	0,29	0,05	0,05	0,29	0,05	0,05	0,29	0,05	0,05
30	0,32	0,05	0,05	0,32	0,05	0,05	0,32	0,05	0,05
40	0,35	0,05	0,05	0,35	0,05	0,05	0,35	0,05	0,05
50	0,40	0,05	0,05	0,40	0,05	0,05	0,40	0,05	0,05
60	0,45	0,05	0,05	0,45	0,05	0,05	0,45	0,05	0,05
70	0,50	0,05	0,05	0,50	0,05	0,05	0,50	0,05	0,05
80	0,55	0,05	0,05	0,55	0,05	0,05	0,55	0,05	0,05
90	0,60	0,05	0,05	0,60	0,05	0,05	0,60	0,05	0,05
100	0,65	0,05	0,05	0,65	0,05	0,05	0,65	0,05	0,05

- 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

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'éclairement (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	
Fluorescente (décharge)	Tube T8	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
	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 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	75	20 000	
LED	Eclairage	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 %)

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