

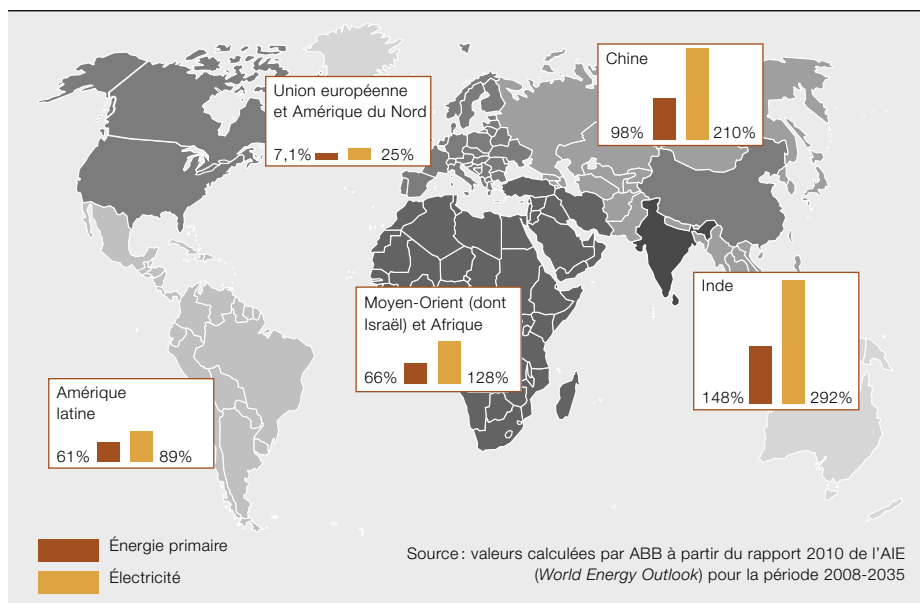




Alternative énergétique

L'efficacité énergétique, moteur du développement durable des centrales électriques

WERNER JANIK, JOSEPH LAUER – Démographie galopante, boulimie énergétique, épuisement annoncé des combustibles fossiles, première source d'énergie primaire au monde... La pénurie menace notre planète. Sans compter que les énergies fossiles sont aussi responsables aujourd'hui de la plupart des rejets de CO₂ et du dérèglement climatique. Tant que persistera cette dépendance, la situation n'est pas près de s'inverser. Bien sûr, il y a longtemps que l'on songe aux énergies renouvelables (EnR) pour y remédier. Néanmoins, malgré tous les efforts déployés pour les substituer aux centrales thermiques, de nombreuses questions se posent avant qu'elles puissent faire réellement le poids dans le bouquet énergétique mondial. Et le temps presse : plus question d'attendre les dernières innovations des énergies « propres » ni l'avènement de la fusion nucléaire. Il faut agir sans tarder pour préserver les ressources et équilibres écologiques des générations futures ; les méthodes et techniques de l'efficacité énergétique (EE) peuvent nous y aider.



Produire de l'électricité aujourd'hui, c'est essentiellement brûler des énergies fossiles. Premier grand pollueur de la planète, le charbon fournit plus de 40 % de l'électricité mondiale, accélérant à lui seul les émissions de CO₂. Certes, le taux de croissance de la production d'EnR est élevé et la complexe équation entre usages énergétiques et pollution pourrait être inversée en mettant à profit ces énergies. Hélas, leur part dans le mix énergétique global reste minime et leur intégration massive fait encore l'objet de recherches.

Or la planète ne peut pas se payer le luxe d'attendre: il faut emprunter d'autres pistes d'amélioration pour mieux utiliser ses ressources et diminuer l'empreinte carbone des activités humaines.

Si l'on en croit l'Agence internationale de l'Énergie (AIE), une utilisation optimale, rationnelle et durable de l'énergie a plus de chances d'enrayer la pollution par le CO₂, dans les 20 prochaines années, que toutes les autres solutions confondues. L'adoption de techniques, méthodes et comportements « éco-efficaces » permettrait de briser immédiatement la spirale inflationniste de la croissance économique et de la consommation énergétique. Dans le domaine de la production

d'énergie par centrales thermiques, en particulier, ABB a déjà les technologies et procédés pour y parvenir.

L'enjeu énergétique: produire avec moins

Partout dans le monde, la consommation d'électricité augmente deux fois plus vite que la demande en énergie primaire → 1. Cette croissance est manifeste dans les économies en expansion du Moyen-Orient, de l'Inde et de la Chine où elle devrait atteindre des sommets: de 140 % à 261 % pour l'électricité et de 89 % à 116 % pour l'énergie primaire.

Pour autant, subvenir à ces besoins revient à trouver la juste mesure entre production et consommation. L'objectif mondial de la performance énergétique sera donc de puiser le maximum d'énergie électrique des ressources fossiles disponibles tout en consommant le moins possible. Ainsi, chaque kilowatt d'électricité épargné devient un « combustible alternatif » utilisable à d'autres fins.

Pistes et solutions ABB

La chaîne de production d'électricité et de consommation énergétique est un véritable panier percé! → 2: du gisement

d'énergie primaire (gaz ou pétrole) à l'industriel ou au particulier, ce sont près de 80 % d'énergie perdue. Ce mode de production en est le premier responsable, essentiellement en raison de la thermodynamique du procédé. Prenons l'exemple d'une centrale alimentée au charbon pouvant produire 500 mégawatts (MW) bruts. L'installation, vieille d'environ 25 ans, affiche un rendement thermique type de 34 %, soit 10,2 Btu¹/kWh nets. Initialement prévue pour fonctionner à charge de base, la centrale s'est adaptée aux importantes variations de la demande qui caractérisent les réseaux actuels: son facteur de charge annuel a baissé à environ 70 %, avec une exploitation en charge partielle de 50 à 90 %. Cette pratique, plus ou moins courante aujourd'hui dans nombre de centrales, a le potentiel pour produire ce « combustible alternatif » qu'est l'efficacité énergétique.

La chaîne énergétique qui relie le producteur au consommateur peut accuser jusqu'à 80 % de pertes, surtout au niveau de la production.

Trois questions se posent néanmoins avant d'investir dans ces nouveaux gisements d'économies et d'EE:

- Où trouver le savoir-faire et la technologie pour les mettre en œuvre à bon compte ?
- Quels gains peut-on en attendre ?
- Comment y parvenir ?

La réponse aux deux premières questions peut se résumer en une phrase : les méthodes et technologies développées par ABB permettent un gain d'EE de 8 à 10 %. Dans le cas de notre centrale au charbon de 500 MW, le surcroît de combustible disponible et les économies possibles (à l'année) se chiffrent à :

- Consommation initiale : 1,4 million de tonnes
- Énergie supplémentaire injectée dans le réseau : 21,25 MWh
- Énergie économisée : 22,5 millions de kWh
- Réduction des émissions de CO₂ : 260 000 tonnes
- Équivalent combustible alternatif : plus de 154 000 tonnes (assez pour faire rouler près de 850 voitures pendant un an !)

Pour qui douterait de la faisabilité économique de ces méthodes et techniques d'EE, l'expérience d'ABB montre qu'un retour sur investissement moyen de 2 à 3 ans suffit pour atteindre ces objectifs.

Mode d'emploi

La démarche ABB d'optimisation énergétique s'appuie sur trois étapes essentielles :

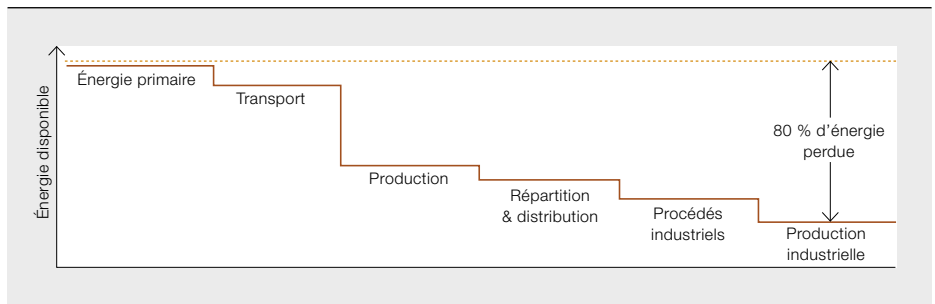
- 1) Identification des potentiels
- 2) Plan directeur
- 3) Réalisation

Les outils et techniques d'accompagnement de la méthodologie sont le prolongement de travaux pluriannuels sur une grande variété de procédés de production d'énergie et de schémas de consommation, sur de nombreux sites clients. Chaque étape de la démarche vise à fournir précisément l'information utile pour faire progresser en confiance les opérateurs d'une centrale et aboutir à un programme d'améliorations garantissant des économies d'énergie tangibles et durables.

Identification des potentiels

La première phase consiste à évaluer l'EE d'un site, selon trois axes : repérer les pistes d'amélioration en s'interrogeant sur les usages énergétiques (comment, où et pourquoi ?) ; identifier les poches d'inefficacité ; confronter les per-

2 Du producteur à l'utilisateur, les pertes énergétiques peuvent atteindre 80 %.



3 L'étude ABB d'identification des gisements d'efficacité énergétique couvre de multiples volets de la gestion de l'énergie.

Technologie et contrôle-commande

Identification des perspectives d'amélioration par la conduite du procédé, la modification des équipements ou la mise en œuvre de techniques alternatives d'EE portant sur les systèmes d'énergie suivants :

- Équipements de combustion (turbines à gaz, foyers, réchauffeurs, etc.)
- Chaudières, turbines et réseaux vapeur
- Production d'électricité et équipements électriques
- Pompes, ventilation et moteurs
- Réseaux électriques haute tension et moyenne/basse tension du site
- Air comprimé et gaz industriels
- Chauffage, ventilation et climatisation (CVC)
- Groupes froid

Comportements et pratiques

Étude complète des comportements et pratiques en matière d'EE sur l'ensemble des procédés, énergies et fluides du site, comparés aux meilleures pratiques :

- Stratégie et politique énergétiques
- Gestion de l'énergie
- Dépenses d'investissement
- Technologies de l'information
- Gestion opérationnelle
- Planification et performance opérationnelles
- Formation et développement
- Pratiques et stratégies de maintenance
- Motivation du personnel

formances actuelles aux meilleures pratiques établies de l'industrie. La démarche fait intervenir un grand nombre d'aspects « gestion de l'énergie » → 3.

Pour une centrale au charbon classique, en tous points analogue à notre exemple, les composantes de cette identification des potentiels d'EE sont recensées en → 4.

Grâce à cette étude de cadrage des leviers d'EE, ABB est capable de décrire la nature et l'ampleur des économies d'énergie potentielles, et de préconiser clairement des mesures pour en accroître les bénéfices. À l'issue de cette phase, les actions les plus prometteuses sont engagées.

On peut aussi mieux cibler et hiérarchiser ces mesures à l'aide d'un graphique mettant en regard les gisements d'économies d'énergie identifiés, les gains énergétiques potentiels et les investissements probables → 5. Cette représentation permet de visualiser d'un coup d'œil les actions (normalement au-dessus du tracé orange) assurées d'un bon retour sur investissement.

Selon l'AIE, une utilisation efficace de l'énergie a plus de chances d'enrayer la pollution par le CO₂, dans les 20 années à venir, que toutes les autres solutions réunies.

Note

- 1 Unité thermique britannique valant environ 1,055 kilojoule et représentant la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer de 1 degré Fahrenheit (0,556 °C) 1 livre d'eau (0,454 kg).

4 Composantes de l'étude d'identification des potentiels d'amélioration pour une centrale au charbon type (25 ans, 500 MW bruts, rendement 34 %)

Performance et pilotage des turbines à vapeur

- Thermodynamique
- Performance du condenseur (le cas échéant)
- Optimisation de la commande de vapeur de soutirage et contrepression
- Commande individuelle et globale des turbines pour optimisation des rendements thermiques

Performance et pilotage des turbines à gaz

- Thermodynamique
- Maintenance prédictive
- Dégradation des performances
- Commande individuelle et globale des turbines pour optimisation des rendements thermiques

Performance et pilotage des chaudières

- Thermodynamique
- Eau d'alimentation
- Commande individuelle et globale des chaudières pour optimisation des rendements thermiques
- Distribution de vapeur

Bilan électrique de la centrale

- Moteurs et variateurs (pompes et ventilateurs)
- Transformateurs
- Appareils de coupure et de commutation
- Équipements de terrain
- Réseau d'air comprimé

Gestion de l'énergie

- Comptage, surveillance et enregistrement
- Portée de l'analyse des indicateurs clés de performance et étude de performance en cours
- Intégration dans la politique de gestion énergétique

Équipements de tableau

- Acquisition de données
- Alarmes
- Auxiliaires

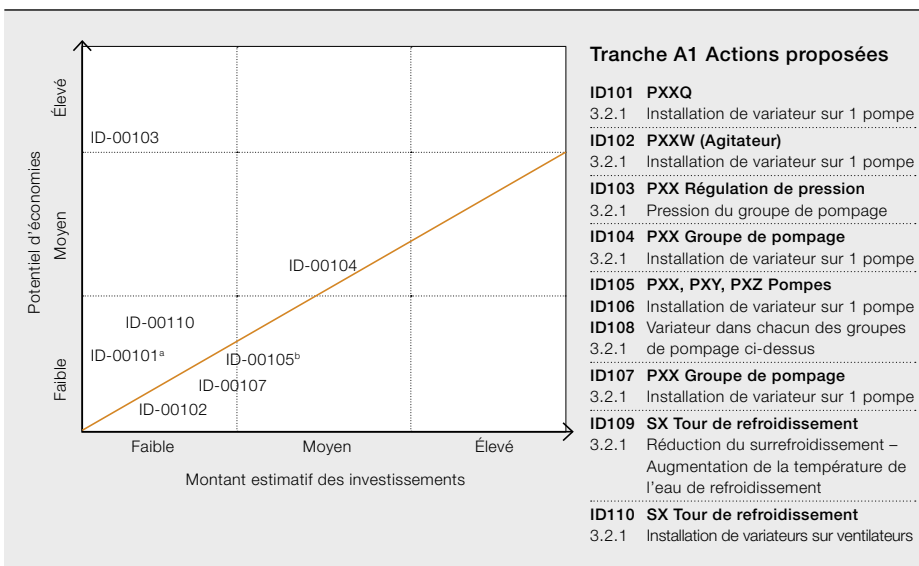
Rendement thermique global de la centrale

- Perspectives d'optimisation

6 Mesures identifiées d'amélioration de l'EE d'une centrale au charbon

- Optimisation du convoyage du charbon
- Amélioration du débit des ventilateurs de soufflage et de tirage
- Amélioration de la commande des pompes d'alimentation de chaudière
- Moteurs à haut rendement et vitesse variable
- Commande optimisée des turbines
- Régulation avancée de la température de vapeur
- Stabilisation de l'allure de chauffe et optimisation de la combustion
- Réduction de l'excès d'oxygène pour combustion dans la chaudière
- Amélioration de la régulation de pression/niveau d'eau d'alimentation
- Amélioration du système d'alimentation électrique (transformateurs élévateurs et auxiliaires)
- Réduction des fuites
- Réduction des pertes thermiques
- Optimisation thermique du refroidissement

5 Retour sur investissement des actions d'amélioration de l'efficacité énergétique



Pour notre exemple de centrale au charbon, les mesures méritant des investissements en vue d'améliorer l'EE, très représentatives du process de production, sont inventoriées en → 6.

Ces propositions techniques ne seront pas les seules à doper le rendement énergétique des centrales; l'amélioration des pratiques opérationnelles, tant au niveau de la gestion du site que de son exploitation, a un rôle à jouer. Les leviers d'EE sont ici multiples :

- Arrêt manuel des équipements inutiles
- Repérage et isolement des équipements contre-performants

- Déploiement d'une stratégie efficace de remplacement de l'éclairage ;
- Élaboration d'une politique de remplacement des équipements basée sur une analyse du cycle de vie (ACV) ;
- Mise en place d'une maintenance prédictive ;
- Établissement d'un programme de définition des objectifs d'EE.

Plan directeur

Les gisements identifiés en phase précédente permettent de dresser un programme d'actions d'amélioration assorties chacune de bénéfices bien compris

et quantifiables. Ce plan directeur, généralement élaboré par ABB et son client, débouche sur une « feuille de route » et un cahier des charges fourni garantissant la mise en œuvre la plus économique de ces gisements d'économies d'énergie. Le client peut d'ores et déjà engager certaines de ces mesures simples et rapides, sans l'aide d'ABB. Si bon nombre de ces propositions peuvent se concrétiser avec les technologies clés d'ABB, d'autres font appel à des entreprises tierces.

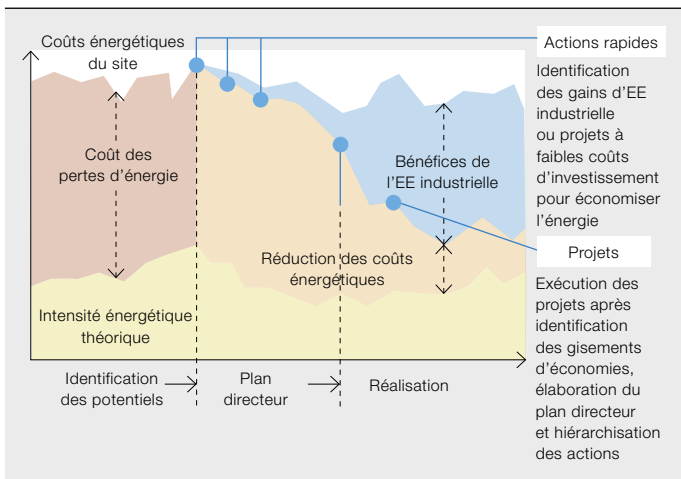
Réalisation

Cette phase d'exécution des propositions identifiées au préalable est généralement menée par ABB et son client ou, selon les moyens requis pour atteindre les objectifs visés, par ABB et des partenaires technologiques appropriés, voire d'autres équipementiers.

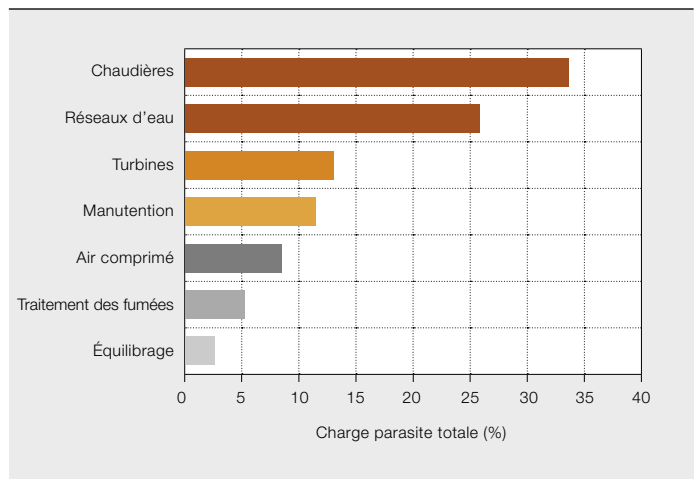
Engagement de résultats

Toute démarche d'amélioration de l'EE est vaine si les bénéfices ne sont pas visibles au quotidien. Il est donc primordial de mettre en œuvre les bons outils pour enregistrer et mettre en évidence les améliorations obtenues dans toutes les zones concernées du site. Cette information est cruciale pour l'ensemble des actions visant la technique de production, le contrôle-commande, la supervision et le choix des objectifs, ou les comportements et pratiques.

7 Étude des coûts énergétiques avec la méthode ABB



8 Contribution des différents postes de consommation énergétique d'une centrale



Dans toutes les régions du globe et, notamment, dans les économies en expansion du Moyen-Orient, de l'Inde et de la Chine, la demande d'électricité croît deux fois plus vite que la demande d'énergie primaire.

La réussite de la démarche, en particulier pour les centrales au charbon, dépend largement du mode d'exploitation du site; les unités fonctionnant en régime établi ont peu de potentiel d'optimisation tandis que celles fonctionnant souvent à charge partielle sont des candidates toutes désignées pour ces exercices d'identification des pistes d'amélioration de l'efficacité énergétique → 7.

Dans notre exemple de centrale de 500 MW, le rendement thermique peut gagner près de 8 % tout en abaissant les émissions de gaz à effet de serre de 8 %, compte tenu de l'augmentation de capacité de la centrale. Cette valeur se répartit plus ou moins entre les différentes zones du site, selon leur contribution respective à la charge parasite de la centrale → 8.

Ces résultats sont à porter au crédit de la force d'action et de la flexibilité d'ABB dans la recherche de la meilleure solution possible pour doper l'efficacité énergétique des centrales d'énergie.

Werner Janik

ABB Power Generation
Mannheim (Allemagne)
werner.janik@de.abb.com

Joseph Lauer

ABB Process Automation
Montréal (Canada)
joseph.lauer@ca.abb.com

Photo p. 62

Malgré le fort taux de croissance des renouvelables, leur intégration massive fait toujours l'objet de recherches.