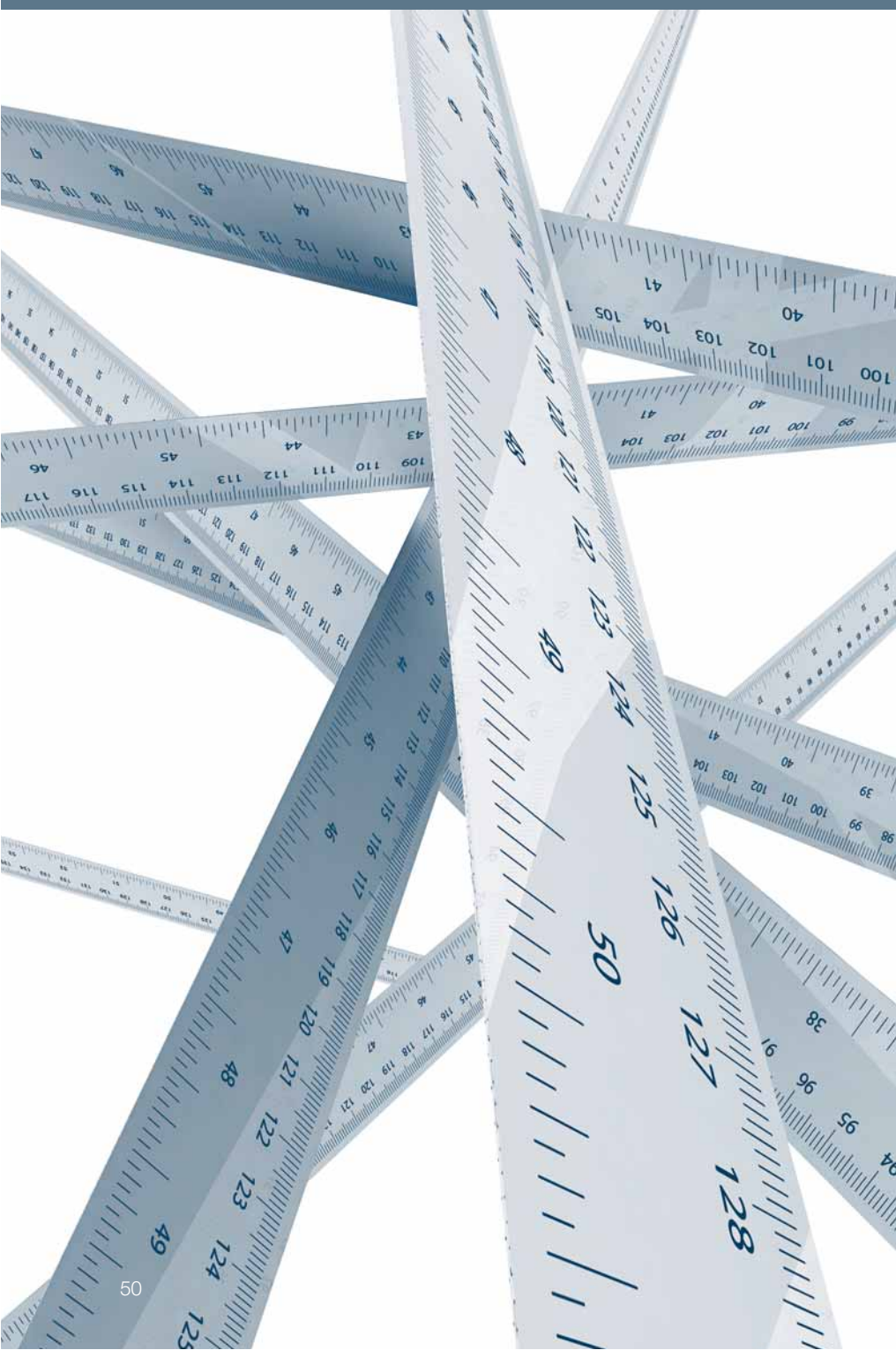


L'efficacité énergétique devient la règle

Les moteurs électriques voient leurs classes de rendement énergétique harmonisées au niveau international

Janusz Maruszczyk, Michel Lhenry, Mikko Helinko, Zbigniew Korendo



L'efficacité énergétique est devenue une qualité essentielle des nouveaux produits et systèmes industriels. Or la multiplication des normes dans ce domaine rend toute comparaison directe de leur performance énergétique extrêmement difficile, sinon impossible, alors même que sur les marchés aujourd'hui mondialisés il devient fondamental de pouvoir comparer des produits semblables mais fabriqués dans des pays différents. L'harmonisation normative et législative est un préalable indispensable à la circulation des technologies économes en énergie.

Les initiatives de normalisation ont débouché sur l'harmonisation des exigences en matière de rendement énergétique, de méthodes d'essai et de certification dans un certain nombre de domaines, notamment celui des moteurs électriques. Aujourd'hui, tous les grands organismes de normalisation et institutions internationales collaborent pour définir des référentiels communs permettant de comparer la consommation énergétique des produits et systèmes. Première étape d'un processus capital.

Techniquement et juridiquement, le marché de l'électrotechnique est très complexe, chaque appareil électrique devant satisfaire à des exigences différentes selon son application, sa sécurité et sa compatibilité avec d'autres appareils. Ces exigences peuvent faire l'objet de réglementations, de procédures ou de normes au niveau national, régional ou sectoriel avec souvent des dispositions indirectes supplémentaires.

Les normes peuvent spécifier le rendement énergétique d'un appareil de plusieurs manières. En général, il est déterminé en mesurant les pertes selon des méthodes normalisées. Le résultat (pertes mesurées ou rendement calculé) est comparé à des indices de rendement (pertes normalisées ou valeurs de rendement) pour déterminer si l'appareil satisfait à des valeurs de normes minimales de performance énergétique (NMPE) ou à d'autres critères. S'il satisfait à celles d'un pays, il peut y être mis sur le marché. S'il répond aux critères d'un engagement volontaire, il peut aussi porter un étiquetage/marquage spécifique et être considéré comme un produit performant en termes de rendement énergétique.

Les normes définissent la notion de rendement énergétique, déterminent les méthodes d'essai et de mesure de la consommation, et spécifient les valeurs NMPE ou les critères d'étiquetage/marquage volontaire. L'absence d'harmonisation normative entre différents pays ou secteurs est source de problèmes. Les moteurs électriques constituent un exemple remarquable d'harmonisation normative réussie.

Harmonisation dans le domaine des moteurs

On estime que 40% de l'électricité produite dans le monde est absorbée par les moteurs électriques utilisés dans différentes applications. L'amélioration de leur rendement énergétique passe par la réduction de leurs pertes caractéristiques :

- pertes Joule (stator) P_s ,
- pertes fer P_{fe} ,
- pertes rotoriques P_r ,
- pertes mécaniques (friction et ventilation) P_{fw} ,
- pertes supplémentaires dues à la charge P_{ll} .

Pendant des années, deux référentiels faisaient autorité dans le monde :

- CEI 60034-2
- IEEE 112, méthode B (ou IEEE 112-B).

Le premier était surtout appliqué en Europe, en Inde et en Chine, ainsi qu'en Australie et en Nouvelle-Zélande ; le second avait cours en Amérique du Nord et dans les pays où le réseau fonctionnait à 60 Hz. En 2000, l'Australie et la Nouvelle-Zélande introduisirent une méthode semblable à celle de l'IEEE 112-B, tout en conservant la CEI 60034-2. Le Canada, pour sa part, adopta une norme équivalente (CSA C390).

Les normes définissent la notion de rendement énergétique, déterminent les méthodes d'essai et de mesure de la consommation, et spécifient les valeurs NMPE ou les critères d'étiquetage/marquage volontaire.

L'IEEE 112-B faisait abstraction des problèmes de température de la norme CEI 60034-2 pour calculer les pertes Joule et rotoriques à températures fixes. De plus, elle instaurait une méthode de mesure des pertes supplémentaires dues à la charge pour éviter les tolérances fixes de la CEI 60034-2. Ainsi, deux méthodes de détermination des valeurs de rendement des

moteurs électriques polyphasés prédominaient au niveau mondial (CEI et IEEE) **1**.

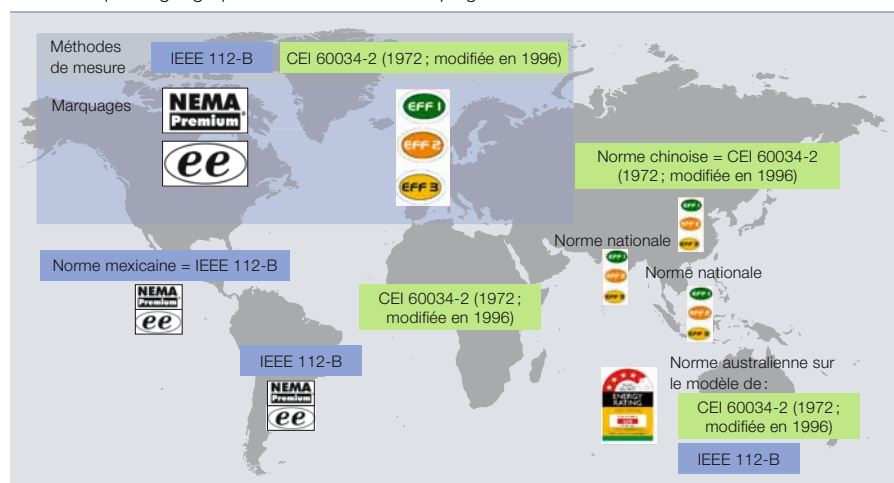
Dans les pays de l'Union européenne (UE), le rendement était déterminé selon la méthode de la CEI 60034-2. Un engagement volontaire du Comité européen de constructeurs de machines électriques et d'électronique de puissance (CEMEP) définissait trois classes de rendement :

- EFF3 Moteurs à faible rendement
- EFF2 Moteurs standard
- EFF1 Moteurs à haut rendement

Les constructeurs devaient faire figurer la classe de rendement sur la plaque signalétique du produit et fournir un tableau des valeurs assignées pour aider les utilisateurs à sélectionner et identifier le moteur le mieux adapté à leurs besoins.

Aux Etats-Unis, le rendement était déterminé sur la base de la norme IEEE-112, dont la méthode d'essai (IEEE 112-B) imposait la mesure directe de toutes les pertes à la fréquence réseau de 50 ou 60 Hz. L'*Energy Policy Act* (EPAct, 1992) définissait les valeurs NMPE de tous les moteurs fabriqués ou exploités dans le pays. Ultérieurement, la *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) proposa un programme de certification volontaire, *NEMA Premium*, basé sur l'IEEE 112-B. Les valeurs de mesure, tant pour les exigences obligatoires que volontaires, étaient comparées à des indices de rendement spécifiques, définis dans la norme NEMA MG1.

1 Historique et géographie des normes et marquages de rendement des moteurs



Efficacité et normalisation

De plus, la norme industrielle IEEE 841 est utilisée par les industriels nord-américains de la chimie, du pétrole et de la métallurgie pour les moteurs de forte puissance exploités sur de longues périodes.

Les solutions retenues par d'autres pays étaient donc une adaptation des approches américaines ou européennes avec des normes similaires ou équivalentes à la CEI 60034-2 ou l'IEEE 112-B.

Le Brésil, par exemple, utilise une méthode d'essai fondée sur l'IEEE 112-B, mais avec des valeurs NMPE différentes de celles des Etats-Unis alors que l'Inde a harmonisé ses classes de rendement avec celles du CEMEP tout en utilisant une méthode d'essai basée sur une norme nationale plutôt que sur la norme CEI. La Chine a adopté les valeurs NMPE; sa norme GB 18613-2006 instaure les exigences minimales et les classes de rendement énergétique pour les moteurs asynchrones triphasés de faible et de moyenne puissance. Les essais sont toutefois réalisés selon la norme nationale GB/T 1032, équivalente à la CEI 60034-2. La Chine possède, en outre, des séries de standards, comme ceux régissant les moteurs de «série Y», non décrits dans les principales normes mais très répandus et considérés comme une référence sur le marché chinois.

Cette multitude de méthodes d'essai et de marquages compliquait la comparaison des moteurs, tout comme les différentes nomenclatures. En effet, la dénomination «moteur à haut rendement» pouvait avoir une signification

différente selon les pays ou marchés. Il arrivait qu'une machine qualifiée de «moteur à haut rendement» dans un pays atteigne péniblement les valeurs minimales d'un pays à la technologie plus avancée. Tous ces aspects entraînaient l'essor mondial des moteurs véritablement à haut rendement énergétique.

La longue marche vers l'harmonisation

Des efforts furent donc accomplis pour uniformiser et mettre fin à la redondance de la normalisation existante. Partant d'une proposition du comité national allemand DKE K311, un groupe de travail (GT 31) fut créé en 2006 par le comité d'étude 2 (Machines électriques tournantes) de la CEI avec pour mission de définir des classes de rendement énergétique pour les moteurs industriels triphasés.

Il arrivait qu'une machine qualifiée de «moteur à haut rendement» dans un pays atteigne péniblement les valeurs minimales d'un pays à la technologie plus avancée.

L'initiative privée SEEM (*Standards for Energy Efficiency of Electric Motor Systems*), lancée en 2006, contribua également à l'harmonisation en émettant des recommandations prises en compte par le GT 31.

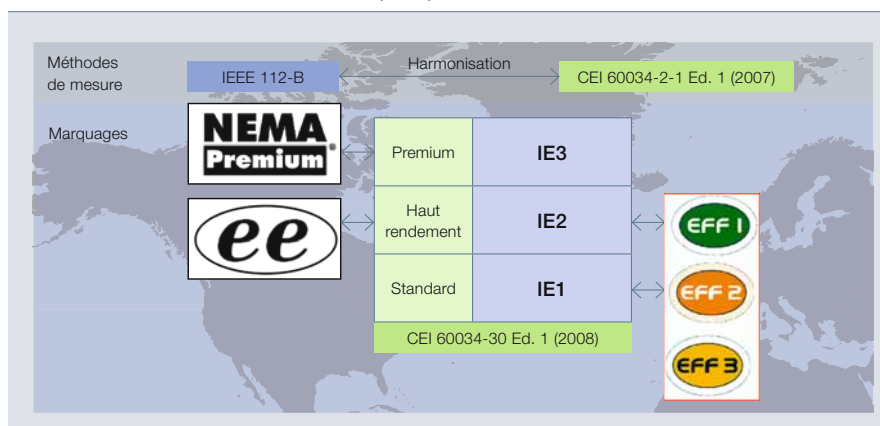
Ce dernier se réunit pour la première fois en octobre 2006 à Francfort (Allemagne). Lors de la deuxième réunion

en mai 2007 à Washington, D.C. (Etats-Unis), il devint évident qu'une norme de classification ne suffirait pas à elle seule à résoudre tous les problèmes; les régimes opérationnels peu énergivores des moteurs électriques et de leurs applications devaient également être décrits. C'est ainsi que lors de sa réunion générale à Milan en mai 2007, le CE 2 de la CEI proposa de créer un guide de l'efficacité énergétique. Le projet fut adopté et lancé sous la référence CEI TS 60034-31.

Le CE 2 s'attela également à réviser la norme CEI 60034-2 qui datait de plusieurs décennies. Sa révision débuta en 1996 avec l'octroi du mandat M244 de la Commission européenne au Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC), qui confia alors à la CEI la tâche de rédiger une nouvelle norme pour les procédures d'essai. L'idée était de préparer une norme CEI comparable à l'IEEE 112-B. Lors de la première réunion du GT 2 du sous-comité 2G de la CEI en septembre 1997 à Francfort, la méthode d'essai de cette dernière fut proposée, sans succès, pour la 1^{ère} fois par un membre du groupe de travail CEI. (Le GT 2 deviendrait par la suite le GT 28 du CE 2.) Après des années de débats, la méthode d'essai fut intégrée à la norme CEI 61972 et ensuite à la nouvelle édition de la CEI 60034-2 [2]. La CEI 61972 fut alors supprimée.

Les autres travaux du CE 2 de la CEI «Machines tournantes» (GT 28 et 31) ont abouti à l'élaboration des normes suivantes:
CEI 60034-2-1 (2007): détermination des pertes et du rendement à partir d'essais (harmonisée avec l'IEEE 112-B malgré de légères différences)
CEI 60034-30 (2008): définition des nouvelles classes de rendement IE1, IE2 et IE3, harmonisées à 60 Hz avec la réglementation brésilienne (IE1) et américaine actuelle pour les moteurs de protection renforcée IP44, IP55, etc. (EPAct pour IE2 et NEMA Premium pour IE3), et basées sur les classes EFF1 et EFF2 du CEMEP-EU correspondant respectivement aux limites des classes internationales IE2 et IE1. La classe IE3 pour 50 Hz est dérivée de la classe IE2 avec environ 15% de pertes en moins. Cette norme exclut les moteurs conçus spécialement pour

2 Classes de rendement internationales (2009)



les applications à vitesse variable (CEI 60034-25) et ceux complètement intégrés dans une machine (ex., pompe ou ventilateur).

Par ailleurs, la CEI travaille actuellement sur les normes suivantes :

CEI TS 60034-31 : guide pour la sélection et l'utilisation des moteurs à économie d'énergie, y compris pour les applications à vitesse variable (publication prévue en avril 2010; deuxième version de l'avant-projet disponible depuis avril 2009).

CEI 60034-2-3 : procédure d'essais des machines CA alimentées par convertisseur (publication prévue en juillet 2011).

Parallèlement, le Département américain de l'Energie (DoE) a ordonné que la classe de rendement NEMA Premium devienne, à compter du 19 décembre 2010, le niveau minimum pour les moteurs aux Etats-Unis. Pour obtenir la certification, le constructeur doit faire tester ses produits par un laboratoire agréé. Les autres exigences, à savoir la méthode d'essai IEEE 112-B et la classe de rendement NEMA MG1, restent inchangées.

La situation est différente au sein de l'UE, où la responsabilité de la conformité normative incombe au constructeur. La certification par un tiers n'est pas obligatoire mais les organismes publics procéderont à des contrôles ponctuels sur le marché. Si un appareil n'atteint pas les niveaux de rendement requis (et déclarés), le constructeur devra le retirer du marché à ses frais.

Le comité de réglementation sur l'écoconception, composé de représentants des Etats membres de l'UE, a voté en faveur d'un nouveau règlement « Exigences relatives à l'écoconception des moteurs électriques » proposé par la Commission européenne, qui fixe des exigences de rendement pour les moteurs asynchrones de 0,75 à 375 kW : la classe de rendement IE2

3 Feuille de route pour la mise en place des différentes classes de rendement internationales IE selon CEI 60034-30

Niveau de rendement	Classe de rendement CEI 60034-30	Incertitude selon CEI 60034-2-1 (2007)	Pays disposant de normes de rendement
Premium	IE3	Incertitude faible	Etats-Unis (2011) Europe (2015/2017 ⁷)
Haut rendement	IE2	Incertitude faible	Etats-Unis Canada Mexique Australie Nouvelle-Zélande Brésil (2009) Chine (2011) Europe (2011 ⁷) Suisse (prévu pour 2012)
Standard	IE1	Incertitude moyenne	Chine Brésil Costa Rica Israël Taiwan Suisse (prévu pour 2010)

L'absence de date indique que les valeurs NMPE sont déjà en vigueur. La norme CEI 60034-2-1 spécifie plusieurs méthodes de mesure présentant des niveaux d'incertitude différents. Les méthodes à incertitude faible ou moyenne sont admises pour la classe IE1 mais une incertitude faible est requise pour IE2 et IE3.

⁷ Calendrier d'entrée en vigueur des classes de rendement au sein de l'UE :

- 16 juin 2011 : tous les moteurs de 0,75 à 375 kW devront être de classe IE2.
- 1^{er} janvier 2015 : les moteurs de puissance nominale (P_N) entre 7,5 et 375 kW devront être de classe IE3 ou IE2 s'ils sont commandés en vitesse variable.
- 1^{er} janvier 2017 : les moteurs de P_N compris entre 0,75 et 375 kW devront être de classe IE3 ou IE2 s'ils sont commandés en vitesse variable.

selon EN/CEI 60034-30 deviendra obligatoire à compter du 16 juin 2011. La classe IE3 sera obligatoire à partir de 2015 pour les moteurs de puissance nominale (P_N) comprise entre 7,5 et 375 kW et, à partir de 2017, pour ceux de 0,75 à 375 kW. Un moteur IE2 peut remplacer un moteur IE3 s'il est com-

mandé en vitesse variable. Cette réglementation a été adoptée par la Commission européenne le 22 juillet 2009; son domaine d'application diffère légèrement de celui de la norme CEI 60034-30 (ex., prise en compte des moteurs conçus pour la commande en vitesse variable). La feuille de route prévisionnelle de l'entrée en vigueur des différentes classes de rendement internationales IE de la CEI 60034-30 ainsi que les valeurs NMPE de plusieurs pays figurent en 3.

Le GT 31 du CE 2 élabore actuellement une nouvelle norme CEI TS 60034-31. Le projet envisage une classe « Super-Premium » ou IE4 qui, à la différence des classes IE1, IE2 et IE3 de la EN/CEI 60034-30, ne se limite pas aux moteurs triphasés à cage. En effet, elle s'appliquerait à tous les types de moteurs électriques, notamment ceux commandés en vitesse variable (moteurs asynchrone à cage, moteurs synchrones à aimants

permanents, etc.). Aucun moteur de classe IE4 n'existe actuellement sur le marché, illustration probante que la normalisation peut servir d'aiguillon au progrès technologique et au développement des produits.

Plaidoyer pour la normalisation

Les normes et marquages couvrent tous les domaines liés à la performance énergétique, en particulier pour les produits et applications spécifiques, comme les moteurs.

Ces normes :

- définissent le rendement (CEI 60034-2-1);
- fixent des méthodes de mesure (CEI 60034-2-1);
- établissent des valeurs minimales et classes de rendement pour différents marquages et certificats volontaires (EN/CEI 60034-30, NEMA MG1);
- définissent les règles d'entretien et de maintenance pour conserver un rendement élevé (ANSI/EASA AR100, EASA/AEMT);
- décrivent les règles et exigences spécifiques à chaque secteur industriel ou branche d'activité (IEEE 841);

Encadré 1 Objectifs de la normalisation CEI dans le domaine du rendement énergétique

- Définition différenciée, raisonnée et cohérente du concept de « rendement »;
- Définition de méthodes d'essai et de mesure pour déterminer et classer le rendement;
- Définition de classes de rendement pour les produits standard et grand public;
- Priorité aux « forts potentiels » (domaines recelant d'importants gisements d'économie);
- Préconisation de valeurs limites obligatoires par les pouvoirs publics.

Source : IEC Workshop, Sao Paulo (Brésil), nov. 2008

Efficacité et normalisation

Encadré 2 Acronymes

AFNOR	Association française de Normalisation
AIE	Agence internationale de l'énergie
CEI	Commission électrotechnique internationale
CEMEP	Comité européen de constructeurs de machines électriques et d'électronique de puissance
CEN	Comité européen de Normalisation
CENELEC	Comité européen de Normalisation électrotechnique
EMSA	<i>Electric Motor Systems Annex</i> (Annexe sur les systèmes à moteurs électriques)
EPAct	<i>Energy Policy Act</i> (Loi américaine sur l'énergie)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organisation internationale de normalisation)
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i> (Association américaine des fabricants de produits électriques)
NMPE	Normes minimales de performance énergétique
SEEEM	<i>Standards for Energy Efficiency of Electric Motor Systems</i> (Normes de rendement énergétique des systèmes à moteurs électriques)

Encadré 3 Les moteurs ABB et les nouveaux marquages et normes de rendement

- ABB garantit que ses produits satisfont totalement aux nouvelles exigences.
- ABB propose une gamme complète de moteurs de classe IE2 ainsi que des moteurs de classe IE3 (Premium).
- Les marquages de rendement des moteurs ABB, y compris les moteurs antidéflagrants Ex d, les moteurs pour atmosphères poussiéreuses Ex tD et les moteurs non producteurs d'étincelles Ex nA de 0,75 à 375 kW, sont conformes CEI/EN 60034-30.
- Les valeurs de rendement sont mesurées selon les méthodes de la CEI/EN 60034-2-1 avec une incertitude faible.

■ ouvrent la voie au développement de technologies et de produits plus sobres en énergie (IE4, CEI TS 60034-31).

En mars 2008, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) lançait son programme 4E (*Efficient Electrical End-Use Equipment*) dont l'annexe EMSA (*Electric Motor Systems Annex*) est consacrée au rendement des systèmes à moteurs électriques. Pour l'AIE, l'efficacité énergétique ne se cantonne pas au moteur, car celui-ci fait partie d'un système qui offre des gains énergétiques potentiels. Ainsi, l'EMSA met en place un réseau mondial de veille, à la fois technologique et normative, des systèmes à moteurs. Cette approche « système », plus prometteuse, est très compliquée à normaliser ; c'est pourquoi les travaux dans ce domaine ont, jusqu'à présent, principalement porté sur les produits.

L'efficacité énergétique en ligne de mire

Depuis quelques années, la CEI a fait de l'efficacité énergétique du matériel électrique une de ses priorités. Son Comité d'action SMB (*Standardization Management Board*) a créé un groupe stratégique (SG 1) dédié à l'efficacité énergétique et aux ressources renouvelables, qui travaille en étroite collaboration avec son homologue de l'ISO (ISO/TMB/SAG EE 1). Le SG 1 a élaboré une série de recommandations en matière d'efficacité énergétique destinées à des comités d'étude de la CEI

Encadré 1. Après approbation du SMB, ces recommandations servent de fil conducteur aux travaux de la CEI dans ce domaine.

L'une des priorités identifiées par le SG 1 est de définir la terminologie et les concepts relatifs à l'efficacité énergétique. A l'heure actuelle, les mêmes termes de base (rendement énergétique, performance énergétique, etc.) renvoient à des réalités différentes dans un certain nombre d'initiatives et de travaux, tant normatifs que législatifs (ex., ISO/CSC/STRAT, forum sectoriel CEN/CENELEC sur la gestion de l'énergie, normes CEI et législation en vigueur) avec des risques d'interprétations différentes selon le contexte et l'application. Sur recommandation du SG 1, l'ISO a commencé à travailler sur une nouvelle norme qui fixera la

terminologie de base pour tous les organismes traitant de l'efficacité énergétique. L'Association française de Normalisation (AFNOR) assurera la coordination des travaux qui devraient durer encore près de trois ans.

Le SG 1 préconise en outre de normaliser en priorité les produits et procédés où les gisements d'économie d'énergie sont les plus importants, à savoir ceux vendus en grande quantité comme les ampoules et les luminaires, les machines tournantes, les équipements de génie climatique, de même que les procédés de production et de transport d'électricité, les transformateurs de puissance et les produits électroniques grand public.

Le SG 1 conseille aussi de rédiger des normes et guides des meilleures pratiques dans plusieurs domaines prioritaires : adéquation optimale produit-application, conception de systèmes économes en énergie, automatisation des usines et systèmes complexes (centrales électriques, traction ferroviaire électrique), pertes dans les réseaux de distribution, etc. Le SG 1 recommande également d'accentuer la normalisation des systèmes de stockage d'électricité produite notamment à partir de ressources renouvelables décentralisées.

Cette démarche rompt avec l'approche traditionnelle centrée sur les produits, en tenant compte de leur intégration plus large dans des systèmes et des procédés. L'efficacité énergétique à l'échelle du système doit être évaluée dès la phase de conception, sa maintenance sur le cycle de vie et ses interactions avec les autres composants du système.

A l'instar de la CEI, l'ISO s'intéresse de très près aux différents aspects de l'efficacité énergétique. Outre le développement conjoint d'une norme terminologique, ses comités techniques (TC) travaillent à la normalisation des méthodes de calcul, de comparaison et de marquage de la performance, de la consommation et du rendement énergétiques de différents produits, moyens de transport et bâtiments. La norme ISO 13602 (du TC 203, Systèmes d'énergie techniques), en cours

d'élaboration, inclut des règles de comparaison des caractéristiques de différentes sources d'énergie.

La normalisation commence également à s'intéresser aux systèmes de gestion de l'énergie, largement abordés dans la future norme ISO 50001, dont la version finale est prévue pour 2010 (avant-projet déjà disponible). Son impact sur les questions d'énergie devrait être à l'image de celui des normes ISO 9001 (management de la qualité) et ISO 14001 (management environnemental). L'ISO 50001 n'impose aucun niveau de rendement énergétique mais incite plutôt à une amélioration continue du niveau d'efficacité énergétique d'un site. Elle encouragera éventuellement les entreprises à développer une politique globale, selon une approche « système » de management de la performance énergétique avec, notamment, la mesure des rendements, la surveillance et l'optimisation du pilotage des procédés, etc. Un bâtiment est un exemple type de système (le secteur engloberait près de 30% de la consommation mondiale d'électricité). La nouvelle norme ISO envisage le bâtiment intelligent dans sa globalité, depuis les contraintes de conception jusqu'aux systèmes de commande et de gestion en passant par l'utilisation de sources d'énergie

alternatives. Déterminer le rendement énergétique du système complet pose des problèmes de natures très différentes et exige des méthodologies bien plus complexes que tester un seul moteur en laboratoire. Les normes d'évaluation de l'efficacité énergétique d'un système sont un élément majeur de la mise en pratique de politiques d'économies d'énergie.

Moteur de changement

La normalisation internationale, dans la droite ligne de la position de l'AIE sur l'efficacité énergétique, est un puissant moteur d'élaboration d'un référentiel commun englobant terminologie, méthodes d'essai, classifications et pratiques de gestion. Par ailleurs, elle reflète l'état des connaissances et du savoir-faire formalisé par un groupe consensuel d'experts du monde entier issus de différents domaines techniques, industriels et économiques.

Pour le Conseil mondial de l'énergie et l'AIE, la normalisation est un des principaux vecteurs de mise en œuvre de stratégies planétaires. Elle favorise l'indispensable coopération internationale entre pouvoirs publics et acteurs industriels car la majorité des solutions (énergies renouvelables incluses) doit être mise en place à grande échelle pour obtenir les résultats escomptés.

Pour la plupart des matériels électriques, l'harmonisation des normes nationales et internationales a permis de :

- minimiser le coût des essais, surtout pour les entreprises produisant pour le marché mondial ;
- simplifier la comparaison des valeurs de rendement et de consommation énergétique de produits issus de régions et systèmes économiques différents ;
- faciliter la fabrication d'appareils de rendement énergétique plus élevé ;
- simplifier et stimuler le partage des connaissances, permettant la transposition des normes dans la législation.

Les normes ne se contentent pas de définir le rendement énergétique et les méthodes de mesure. Elles s'inscrivent dans une perspective plus large de management de l'énergie d'un système, de suivi, d'identification et de contrôle des économies d'énergie induites par des actions spécifiques. Une telle approche procède d'une vision globale de l'économie du marché où efficacité et maîtrise des énergies sont des services à valeur marchande, au même titre que la fourniture d'électricité ou de gaz.



Janusz Maruszczyk

Zbigniew Korendo

ABB Corporate Research,
Group Standards Office
Cracovie (Pologne)
janusz.maruszczyk@pl.abb.com
zbigniew.korendo@pl.abb.com

Michel Lhenry

ABB Automation Products
Montluel (France)
michel.lhenry@fr.abb.com

Mikko Helinko

ABB Automation Products
Vaasa (Finlande)
mikko.helinko@fi.abb.com

Lectures complémentaires

http://www.iso.org/iso/hot_topics/hot_topics_energy.htm
<http://www.standardsinfo.net/info/livelink/fetch/2000/148478/13547330/outcome.html>
<http://www.iea.org/Textbase/work/2009/standards/Thies.pdf>
http://www.iea.org/Textbase/Papers/2008/cd_energy_efficiency_policy/7-Energy%20utilities/7-Standards.pdf
<http://www.motorsummit.ch/>
<http://www.seeem.org/news.php>
<http://www.nema.org/gov/energy/efficiency/premium/>
<http://www.motorsystems.org/>