



FOCUS SUR LES PERFORMANCES ENERGETIQUES

- Normes MEPS
- Economies avec les moteurs
- Les nouvelles technologies : Le moteur synchrone à reluctance « SynRM »

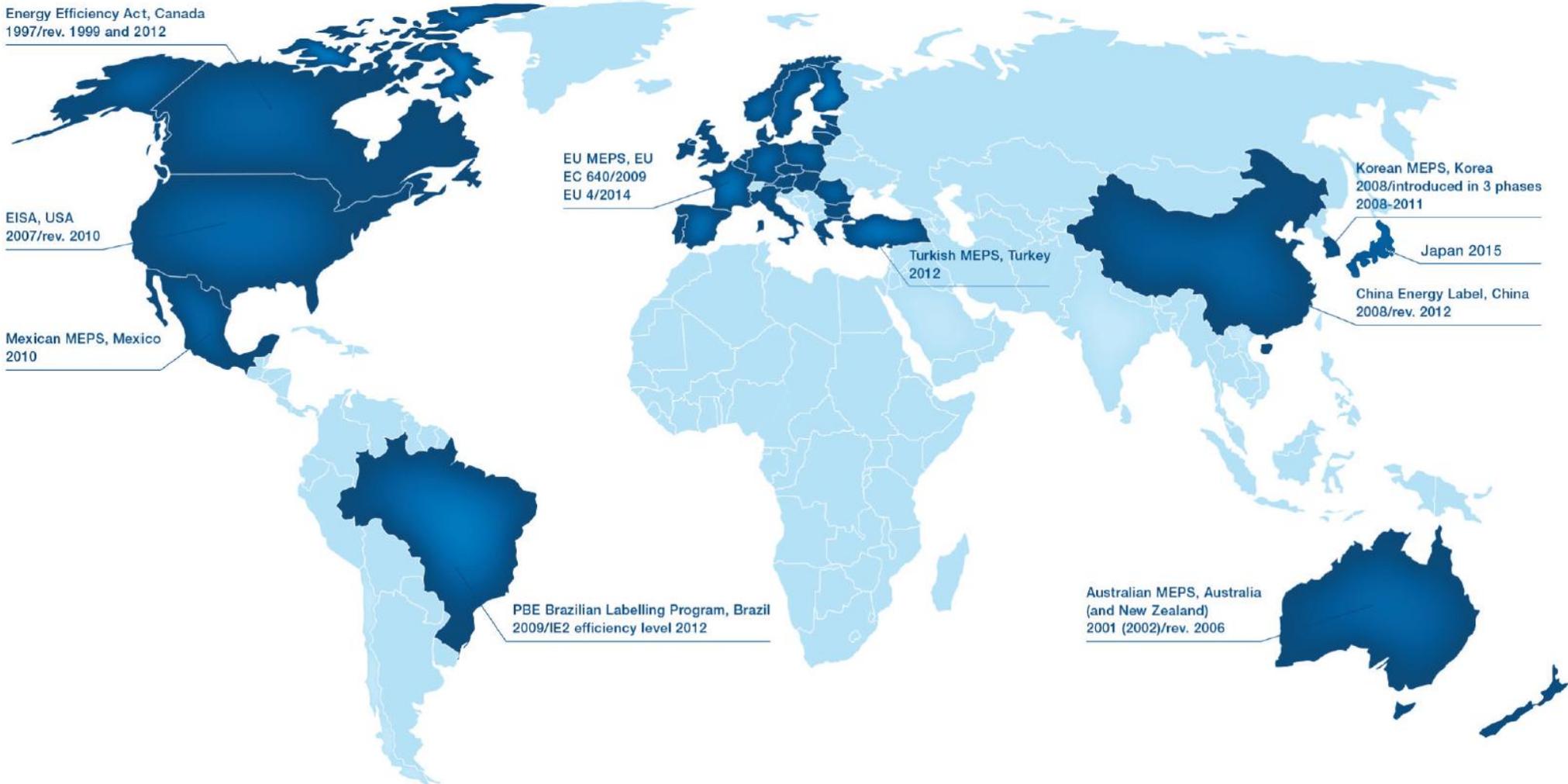
D. Vrancken

Focus sur l'efficacité énergétique :



- Les 2/3 de la consommation d'électricité en industrie est absorbée par les moteurs électriques.
- La Commission européenne prévoit que l'efficacité des moteurs de l'UE pourrait être améliorée de 20 à 30% d'ici 2020, ce qui pourrait engendrer une réduction de :
 - 135 milliards de KWH à travers 27 pays de l'UE
 - 63 millions de tonnes de CO₂
- L'efficacité énergétique électrique a été identifiée par la Commission Electrotechnique Internationale (le CEI) en tant que secteur prioritaire.
- Les initiatives de standardisation ont eu comme conséquences l'harmonisation des conditions, des méthodes d'essais et des systèmes particuliers de certification de rendement.

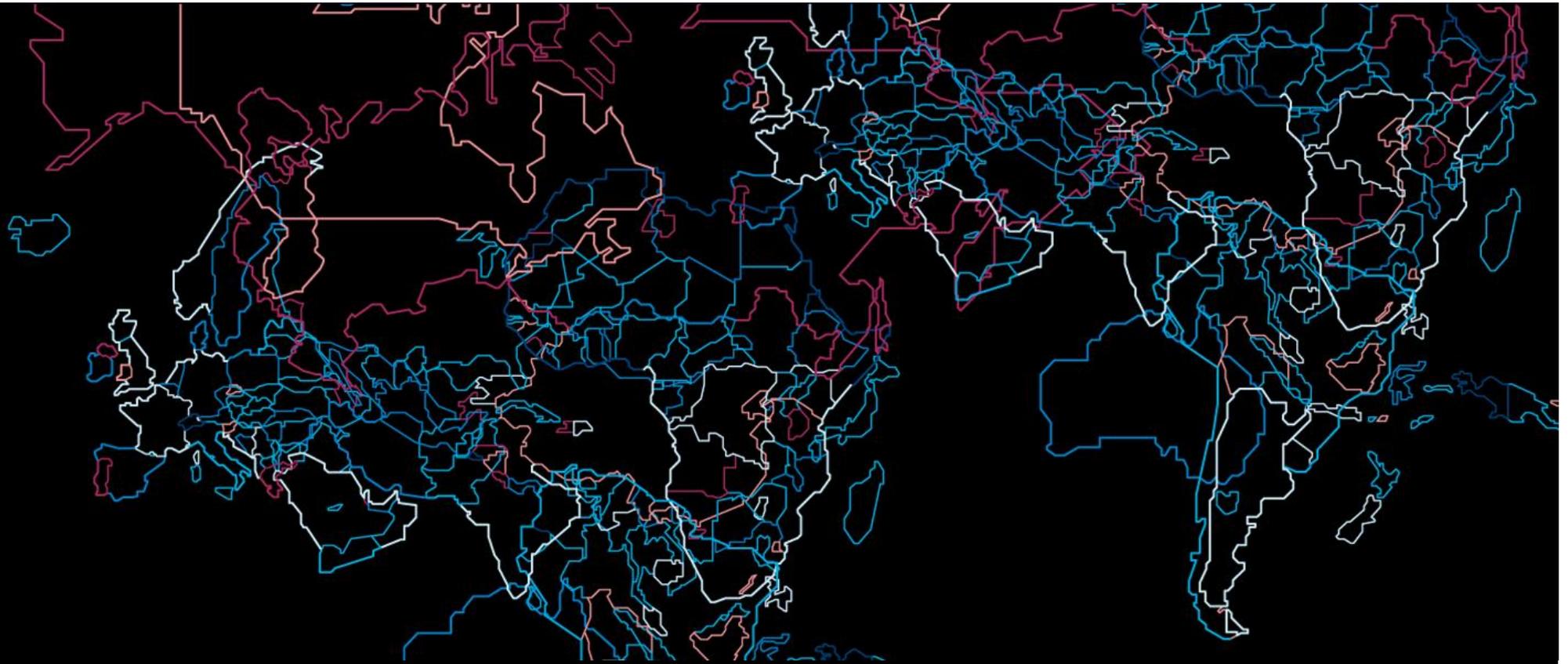
Normes Internationales d'efficacité énergétique pour les moteurs



Since the validation of IEC/EN 60034-30:2008 and its refined

Minimum energy performance standards





PG IEC LV Motors, Didier Vrancken - 13 novembre 2014

EU MEPS

Etape 2: IE3 DOL 7,5 kW – 375 kW

EU MEPS

- Les moteurs électriques ont été une cible prioritaire dans les directives “Eco-Design” (2005), dénomées **E**nergy-**u**sing **P**roducts: “EuP Directive”
- L’UE mandate le “Minimum Energy-Efficiency Performance Standard” (MEPS) pour les moteurs électriques à partir de Juillet 2009
 - Mise en place entre 2011 et 2017 en Europe
- Le règlement de l’UE établit des conditions éco-design pour le placement sur le marché et pour la mise en service des moteurs, inclus ou intégrés dans d'autres produits.
- Cela signifie :
 - A partir du 1er janvier 2015 chaque moteur acheté pour un usage en Europe doit être un moteur IE3 au minimum ou IE2 si celui-ci est piloté par variateur de fréquence.

Nouvelles classes d'efficacité définie par l'IEC/EN 60034-30 et IEC/TS 60034-31

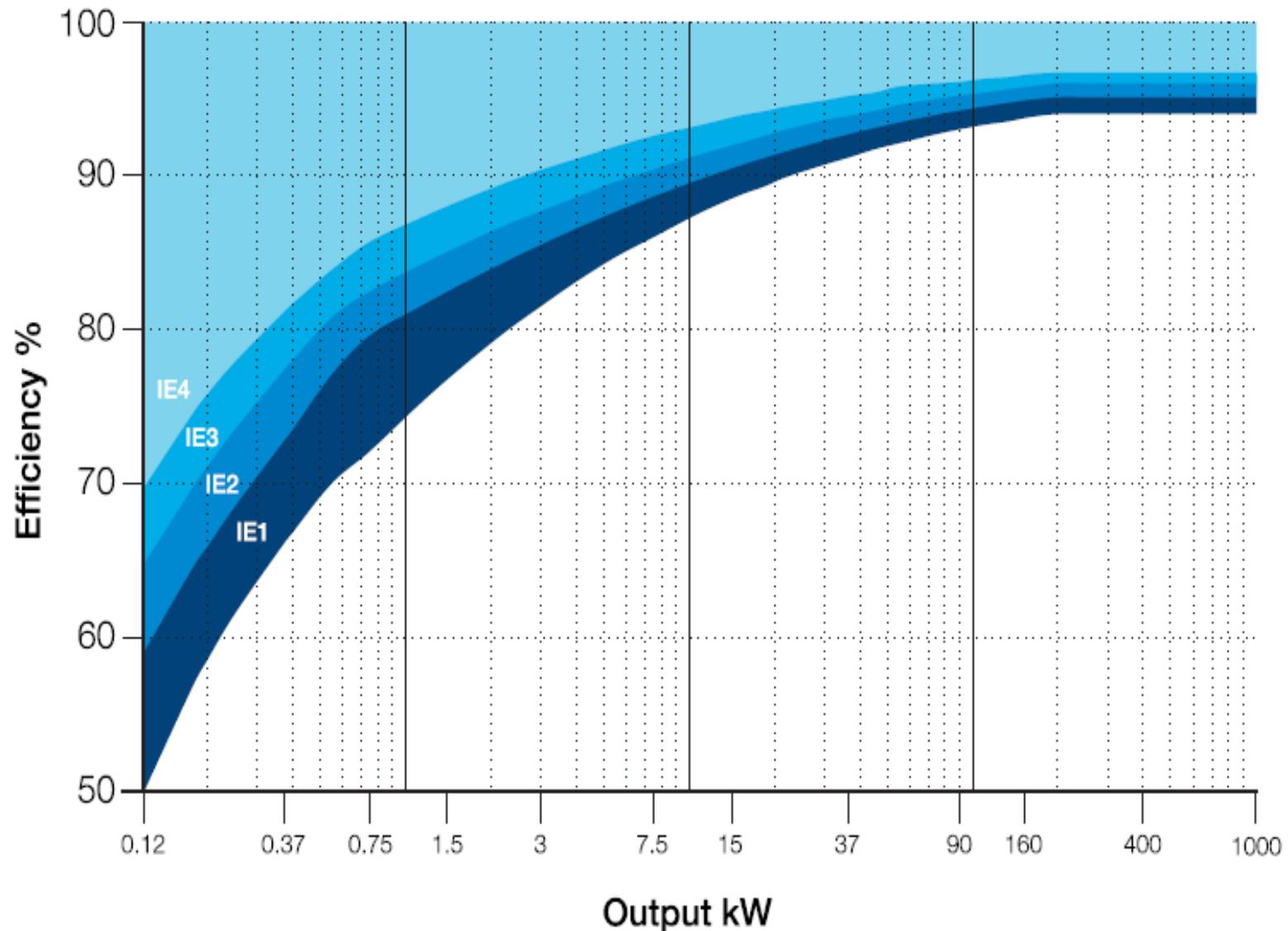
Super premium efficiency*	IE4	Super premium efficiency
Premium efficiency	IE3	Premium
High efficiency	IE2	Comparable to EFF1
Standard efficiency	IE1	Comparable to EFF2

*) le niveau IE4 pour moteurs synchrones et asynchrones est défini par l'IEC 60034-31: 2010 Spécifications techniques

Classes IE définies dans les normes IEC/EN 60034-30 et IEC/TS 60034-31

Classes d'efficacité IE pour moteur 50 Hz 4-poles

* le niveau IE4 pour moteurs synchrones et asynchrones est défini par l'IEC 60034-31: 2010 Spécifications Techniques



Mise en place de la MEPS en UE

Note! IE classes required by the regulation correspond to IE class defined in IEC/EN 60034-30 standard

Phase 1: Depuis le 16 Juin 2011	Les moteurs doivent atteindre le niveau d'efficacité IE2
Phase 2: A partir du 1 Janvier 2015	Les moteurs d'une puissance comprise entre 7.5 – 375 kW doivent être au minimum d'un niveau d'efficacité IE3 OU d'un niveau IE2 si ces derniers sont pilotés par variateur de fréquences.
Phase 3: A partir du 1 Janvier 2017	Les moteurs d'une puissance comprise entre 0,75 – 375 kW doivent être au minimum d'un niveau d'efficacité IE3 OU d'un niveau IE2 si ces derniers sont pilotés par variateur de fréquences.

EU4/2014 versus EC640/ 2009

Sont repris dans la normes :

- Moteurs mono et triphasés
- 2, 4 et 6 pôles
- Puissances entre 0,75 et 375 kW

Sont exclus de la norme :

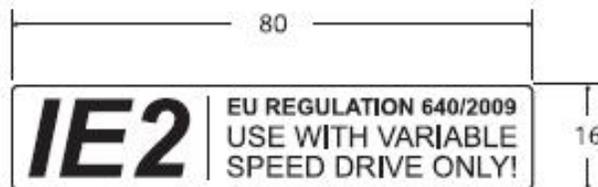
- Moteurs pour atmosphères explosives selon les directives ATEX 94/9/EC
- Moteurs freins
- Moteurs pour des températures de fonctionnement > 400°C (extraction de fumées)
- Moteurs complètement immergés
- Moteurs complètement intégrés à un produit
- Moteurs hors plage de fonctionnement :

	EC640 / 2009	EU4/2014
Altitude	1000 m	4000 m
T° ambiante max.	40 °C	60 °C
T° ambiante min.	- 15 °C	- 30 °C
Refroidissement	AIR	AIR / EAU
T° eau min.	5 °C	0 °C
T° eau max.	25 °C	32 °C

EU MEPS Marquage



Dimensions: 80x16mm
Print Color: White 100%
Label: Transparent



Dimensions: 80x16mm
Print Color: Black 100%
Label: Transparent

- Marquage obligatoire
- Proposition de la vignette CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics,) validée par ADCO (Administrative Cooperation in EU)
- Moteurs IE2 inclus dans la norme EC640 / 2009 doivent être utilisés dans la CE uniquement avec un variateur de vitesse

EU MEPS FAQ

Les fabricants sont-ils autorisés à produire des moteurs IE2 après le 1er janvier 2015 ?

- Les moteurs IE2 pourront être installés après le 1er janvier 2015 à condition qu'ils soient pilotés par VSD et qu'ils soient marqués en conséquence.
- Dans le cas de moteurs à démarrage direct (DOL), ils devront répondre au minimum à la norme IE3 dans les puissances comprises entre 7,5 et 375kW.

EU MEPS FAQ

Les distributeurs seront-ils autorisés à vendre des moteurs IE2 à partir du 1er janvier 2015 ?

- Les moteurs en stock chez les distributeurs pourront être vendus sans le marquage obligatoire.

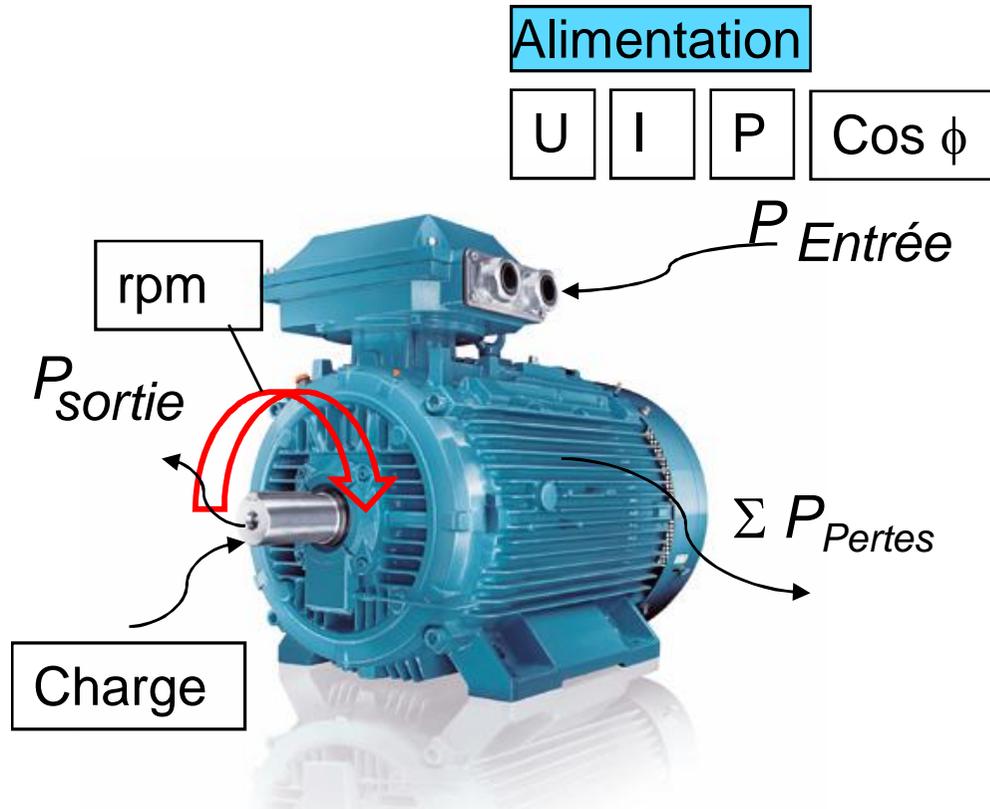


Evaluations énergétiques

Les économies Avec les moteurs ...

Les économies d'énergies avec les moteurs

Efficacité, définition



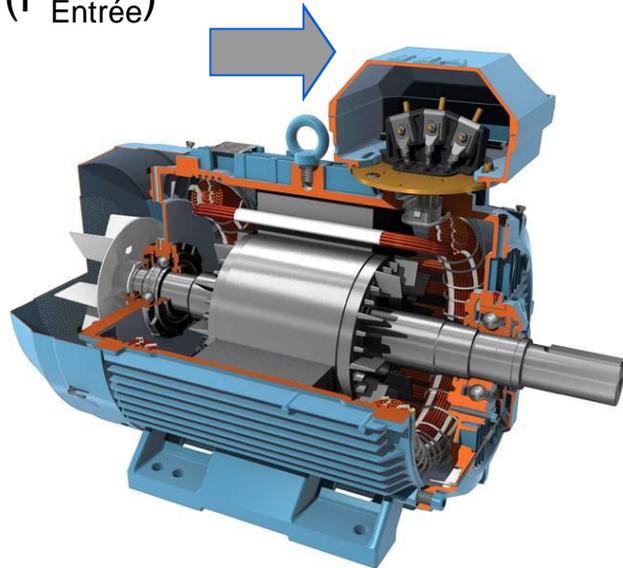
- $\eta = P_{\text{Sortie}} / P_{\text{Entrée}}$
- $\eta = P_{\text{Sortie}} / (P_{\text{Sortie}} + \sum P_{\text{Pertes}})$
- $\eta = (P_{\text{Entrée}} - \sum P_{\text{Pertes}}) / P_{\text{Entrée}}$

- L'efficacité est le ratio entre la puissance mécanique et la puissance électrique
- Les moteurs à haute efficacité convertissent la puissance électrique en puissance mécanique avec un faible niveau de pertes.

Les économies d'énergies avec les moteurs

D'où proviennent les pertes ?

Puissance électrique
d'entrée
($P_{\text{Entrée}}$)



Puissance mécanique de
sortie(P_{Sortie})

P_{sortie} 94 %

Puissance
mécanique
de sortie

Pertes 6 %

P_{Stat} 35 %
Enroulement
statorique

P_{rot} 20 %
Pertes rotoriques

P_{fe} 20%
Fer

P_{fw} 10 %
Friction

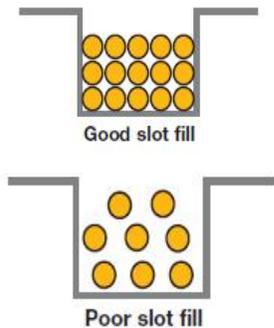
P_{LL} 15 %
Additionelles

Les économies d'énergie avec les moteurs

Pertes dans les moteurs électriques

P_{ws} 35 %

Enroulement
satorique



Pertes bobinages statoriques

- Les pertes cuivre statoriques (aussi appelées pertes joules RI^2) sont provoquées par l'échauffement dû au courant circulant à travers la résistance des bobinages statoriques.
- Techniques pour réduire les pertes statoriques
 - Optimiser le design des encoches du stator
 - Les tôles de stator doivent être en acier à faibles pertes, les plus uniformes et aussi fines que possible afin de maximiser l'intensité des champs magnétiques
 - Elles doivent être alignées avec soin pour assurer une circulation rectiligne du flux

Les économies d'énergie avec les moteurs

Pertes dans les moteurs électriques

P_{wr} 20 %
Rotor

Pertes rotoriques

- Les pertes rotoriques sont causées par des courants rotoriques et par des pertes fer
- Pour les moteurs à haute efficacité, ces pertes sont réduites
 - en **augmentant** la taille des **barres conductrices** et des anneaux extérieurs afin de réduire la résistance
 - Les pertes de charge sont générées par des flux de fuite, induits par les courants de charge. Elles peuvent être **diminuées** par **une amélioration de la géométrie des encoches**



Les économies d'énergie avec les moteurs

Pertes dans les moteurs électriques

- P_{fe} 20 %
- Fer

Pertes fer

- Les pertes fer dans le noyau sont dues à l'énergie requise pour surmonter les modifications du champs magnétique dans le coeur du matériau.
- Elles peuvent être diminuées
 - en utilisant **un acier de meilleure qualité** et en allongeant le noyau pour réduire la densité de flux magnétique



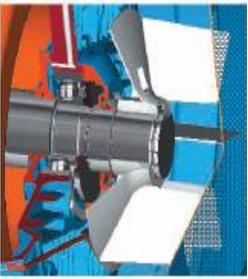
Les économies d'énergie avec les moteurs

Pertes dans les moteurs électriques

- P_{fw} 20 %
- Friction

Pertes par friction

- Les pertes par friction sont dues à la résistance de l'air et aux frottements dans les roulements
- Pour les moteurs à haute efficacité, ces pertes sont réduites
 - En **améliorant les roulements** et les joints d'étanchéité
 - En optimisant le flux d'air et le **design du ventilateur**. Le ventilateur doit être assez grand pour fournir un refroidissement efficace, mais pas trop grand car cela réduit l'efficacité et augmente le bruit.
 - Dans les moteurs ABB, la taille des hélices est variable selon les modèles pour des résultats optimums



Les économies d'énergie avec les moteurs

Pertes dans les moteurs électriques

▪ P_{LL} 15
%
Additionnelles

Les pertes de charge supplémentaires

Les pertes de charge supplémentaires sont provoquées par le flux de fuite, les imperfections mécaniques dans l'entrefer, et les impuretés

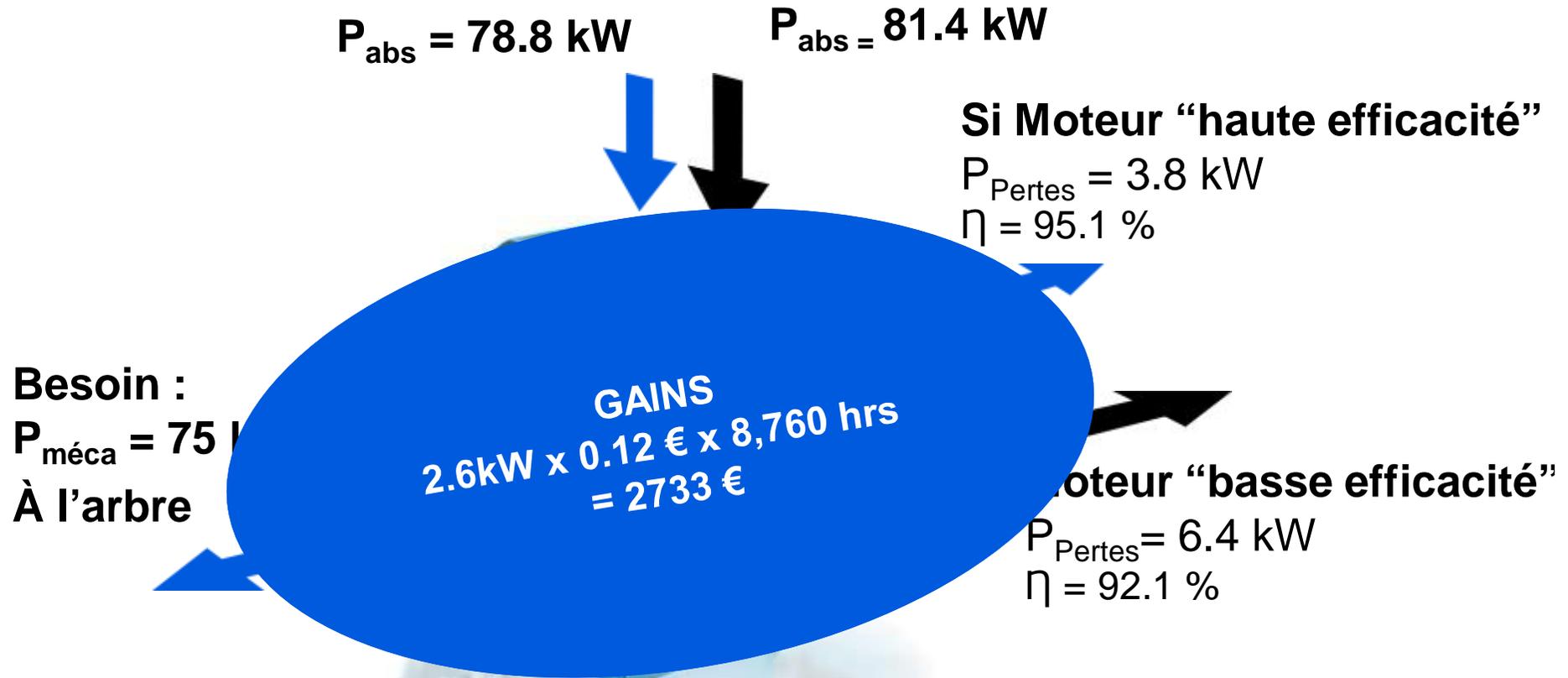
Pour les moteurs à haute efficacité, ces pertes sont réduites



- Par des **procédés de fabrication supérieurs** et des **contrôles qualités** afin de minimiser les imperfections mécaniques
- Par des aciers laminés de **haute qualité** pour la réalisation du stator
- En utilisant les dernières pratiques et les meilleurs outils en matière de R&D

Les économies d'énergie avec les moteurs

Pertes dans les moteurs électriques



Lorsque l'efficacité est augmentée de seulement 3%, les pertes sont réduites de presque 40%

Gains 2733 € par an = 11 tones CO_2 (0,5kg/kwh)

Les économies d'énergies avec les moteurs

Quelques exemples comparatifs

Type de moteur	Code produit	Poids (kg)	EffClas	Vitesse [r/min]	Courant [A]	Is/ln	Power Factor	Output [kW]	Eff 100%	P Abs (KW)	Pertes (KW)	Coût pertes (0.15 €/KW - 8760h)	Gain annuel	Taxe (20€/kw)	Prix unit.	Différence prix achat	Comparatif	Payback (mois)
----------------	--------------	------------	---------	-----------------	-------------	-------	--------------	-------------	----------	------------	-------------	---------------------------------	-------------	---------------	------------	-----------------------	------------	----------------

15 KW / 1500 RPM / B3

M3BP 160 MLB 43	GBP 162 032-ADG	165	IE2	1470	28.5	7.1	0.83	15	91.4	16.4	1.4	1855	279	300	1036	130	IE2 / IE3	6
M3BP 160 MLB 43	GBP 162 052-ADK	187	IE3	1474	27.8	7.9	0.84	15	92.6	16.2	1.2	1575			1166			

37 KW / 1500 RPM / B3

M3BP 225 SMA 43	GBP 222 031-ADG	324	IE2	1479	68	7.1	0.84	37	93.4	39.6	2.6	3436	823	740	2204	246	IE2 / IE3	4
M3BP 225 SMA 43	GBP 222 051-ADK	398	IE3	1482	65.4	7.7	0.86	37	94.9	39.0	2.0	2613			2450			

75 KW / 1500 RPM / B3

M3BP 280 SMA 43	GBP 282 210-ADG	625	IE2	1484	134	6.9	0.85	75	94.5	79.4	4.4	5736	549	1500	4504	867	IE2 / IE3	19
M3BP 280 SMB 43	GBP 282 220-ADL	645	IE3	1486	133	7.4	0.85	75	95	78.9	3.9	5187	1294		5371			
M3BP 280 SMC 43	GBP 282 230-ADM	725	IE4	1487	130	7.8	0.86	75	96.2	78.0	3.0	3893	1843		6120	1616	IE2 / IE4	11

160 KW / 1500 RPM / B3

M3BP 315 SMC 43	GBP 312 230-ADG	1000	IE2	1487	284	7.2	0.85	160	95.6	167.4	7.4	9676	1825	3200	9523	1819	IE2 / IE3	12
M3BP 315 MLB 43	GBP 312 420-ADK	1220	IE3	1489	279	7.9	0.86	160	96.4	166.0	6.0	7851	1125		11342			
M3BP 315 MLB 43	GBP 312 420-ADM	1220	IE4	1489	277	7.9	0.86	160	96.9	165.1	5.1	6726	2950		12412	2889	IE2 / IE4	12

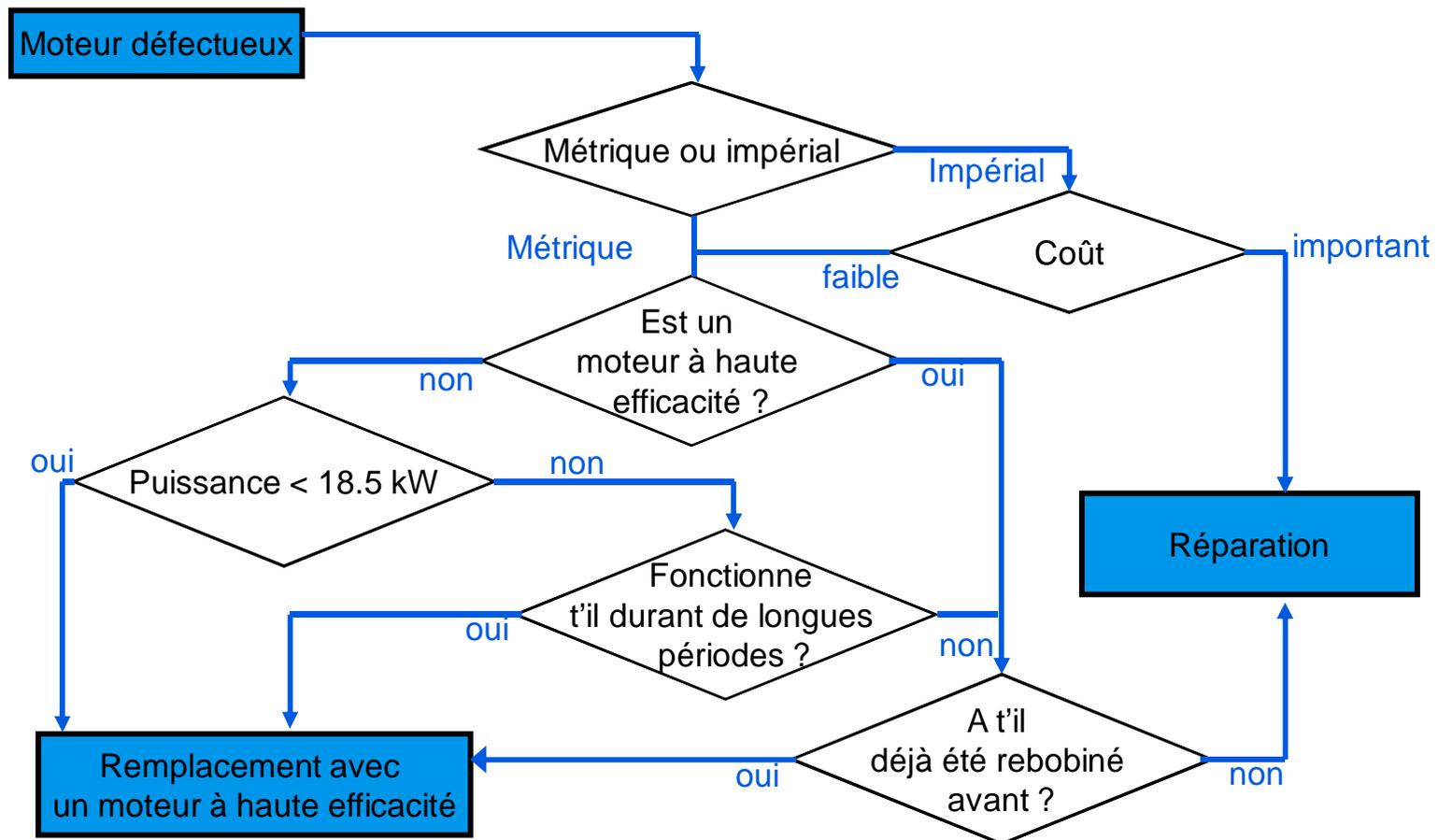
250 KW / 1500 RPM / B3

M3BP 355 SMA 43	GBP 352 210-ADG	1610	IE2	1488	437	7.1	0.86	250	95.9	260.7	10.7	14044	2482	5000	15087	2782	IE2 / IE3	13
M3BP 355 SMB 43	GBP 352 220-ADK	1780	IE3	1491	430	7.8	0.87	250	96.6	258.8	8.8	11562	1402		17869			
M3BP 355 SMB 43	GBP 352 220-ADM	1780	IE4	1491	427	7.8	0.87	250	97	257.7	7.7	10160	3885		19153	4066	IE2 / IE4	13

Les économies d'énergie avec les moteurs

Gérer le « parc moteur » pour une meilleure efficacité

- Le cas du rebobinage





Low voltage motors and drives, Didier Vrancken – 29 janvier 2015

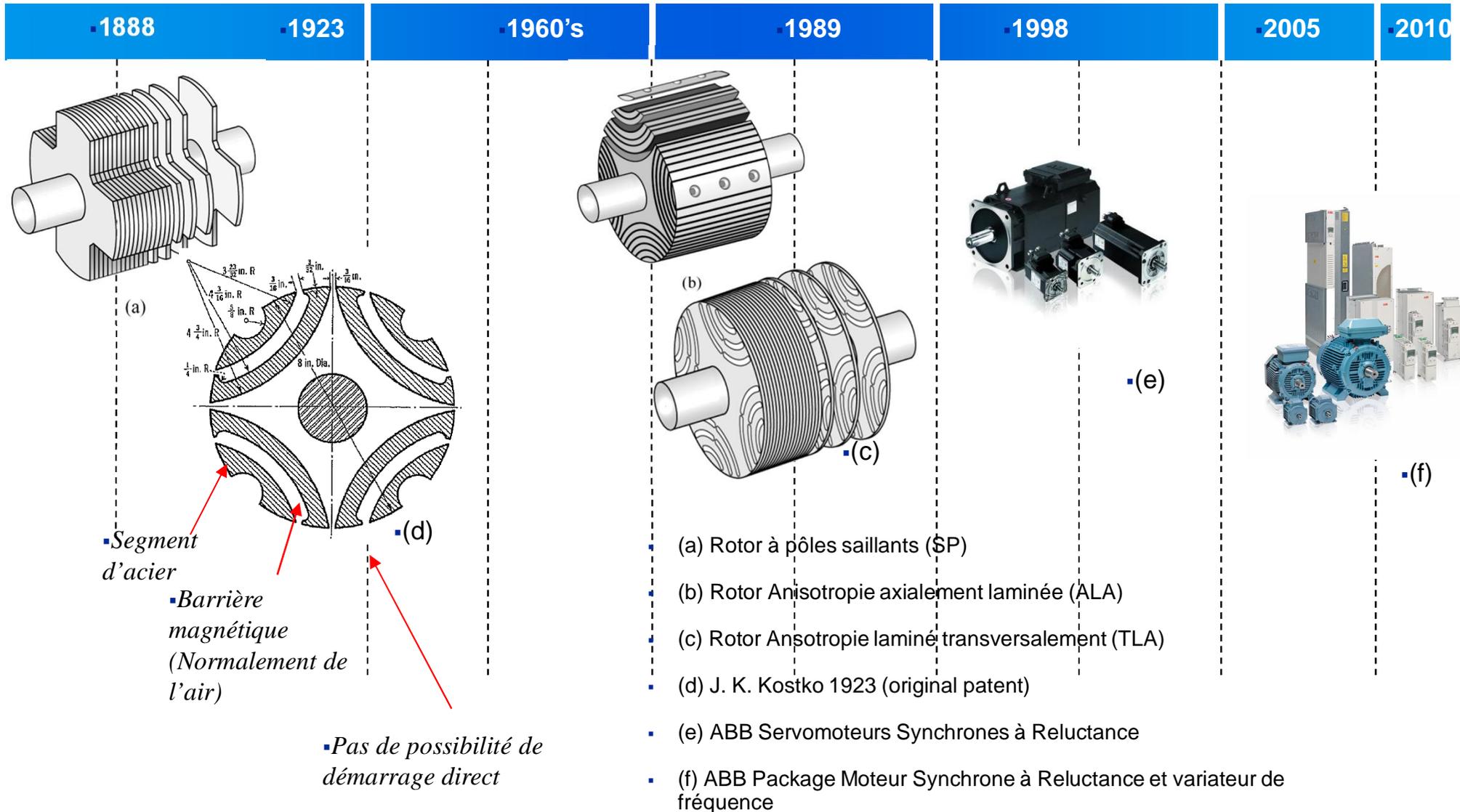
Package Moteur Synchrone à reluctance et variateur de fréquence.

Technologie Reluctance Synchrone



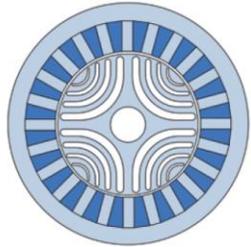
Technologie Reluctance Synchrone

Historique – Les principales étapes de la technologie



Deux nouveaux packages innovateurs de moteurs et drives

La technologie pour les applications à vitesse variable



▪ Moteur
Standard
+
Rotor spécial



▪ Drive
Standard
+
nouveau
software



▪ Un nouveau
package
révolutionnaire!

Le package SynRM High Output

- Plus de puissance, des moteurs plus compacts avec parfois 2 tailles de carcasses plus petites que les moteurs à induction, sans compromettre l'efficacité
- Des moteurs plus légers et plus petits pour un meilleur contrôle des coûts dans le design des machines.



Le Package SynRM IE4 Super Premium Efficiency

- Les déperditions énergétiques sont réduites de presque 40% comparé à la classe d'efficacité IE2
- Interchangeable avec les moteurs à induction IE2 sans modification mécanique coûteuse



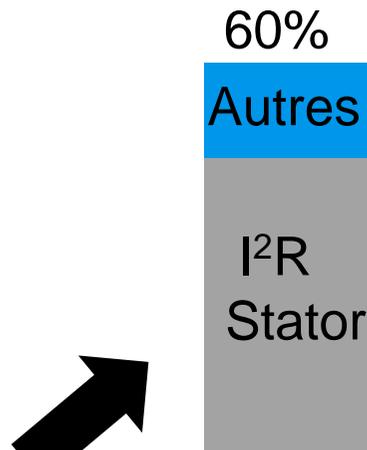
Les deux packages sont basés sur la technologie parfaitement maîtrisée de moteurs synchrones sans aimants permanents. Package optimisé pour les opérations à vitesse variable pilotées par drive. Le package comprend le moteur, la commande et le logiciel avancé pour des solutions complètes.

Les clés du succès

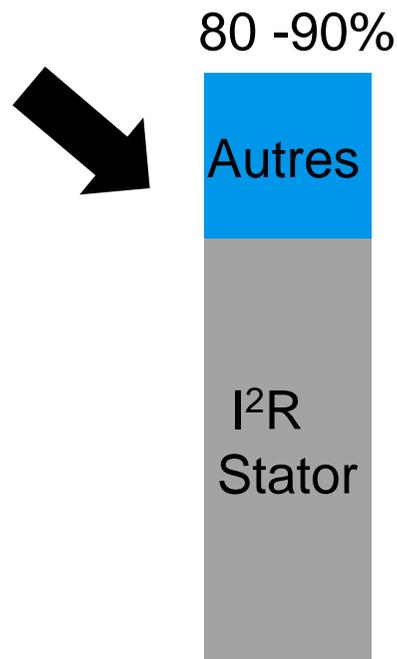
Elimination des pertes rotoriques



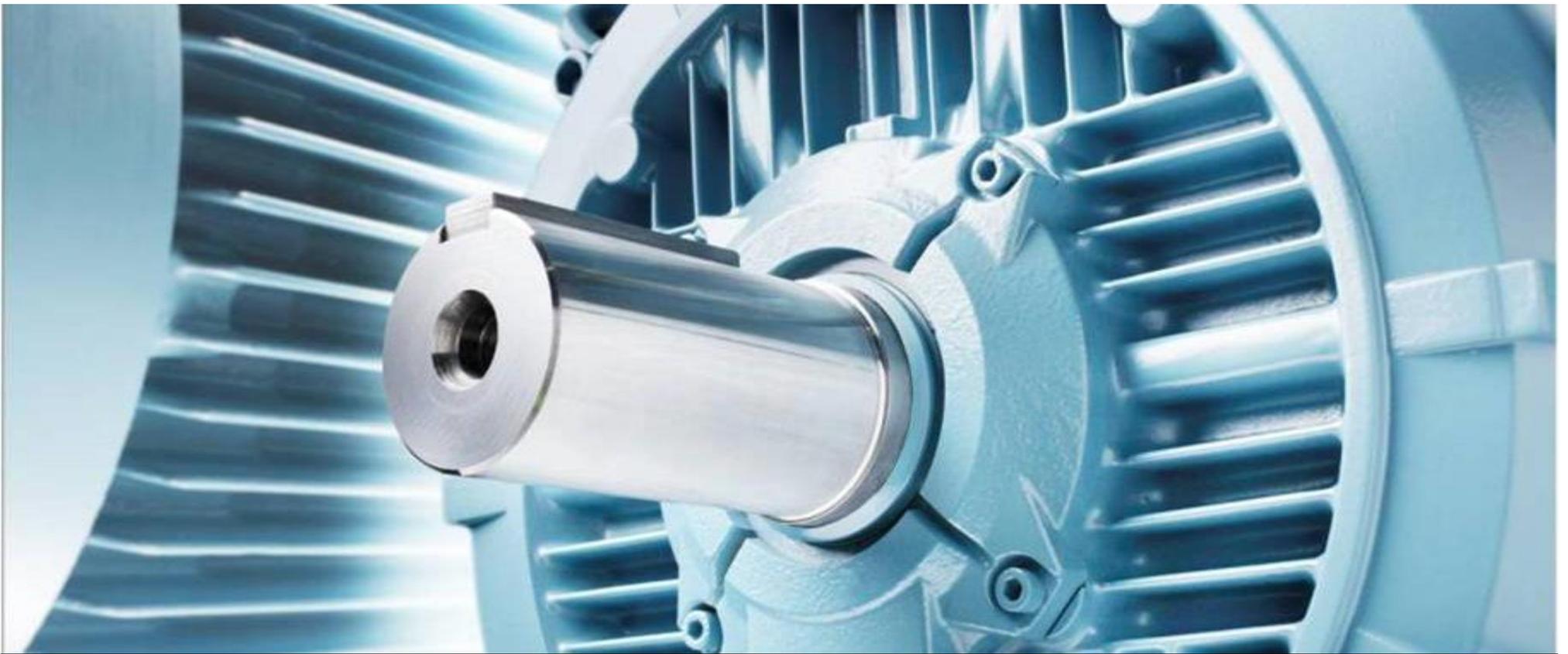
Moteur à induction IE2



Moteur IE4 SynRM



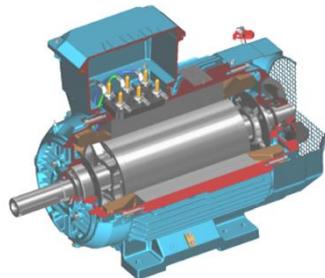
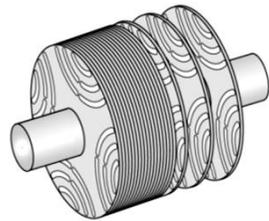
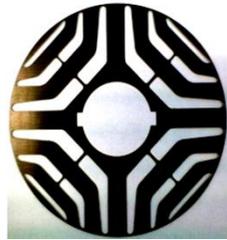
Moteur SynRM High Output



**Package Moteur Synchrone à Reluctance
et variateur de fréquences
Au coeur de la technologie**

Technologie de la reluctance Synchronne

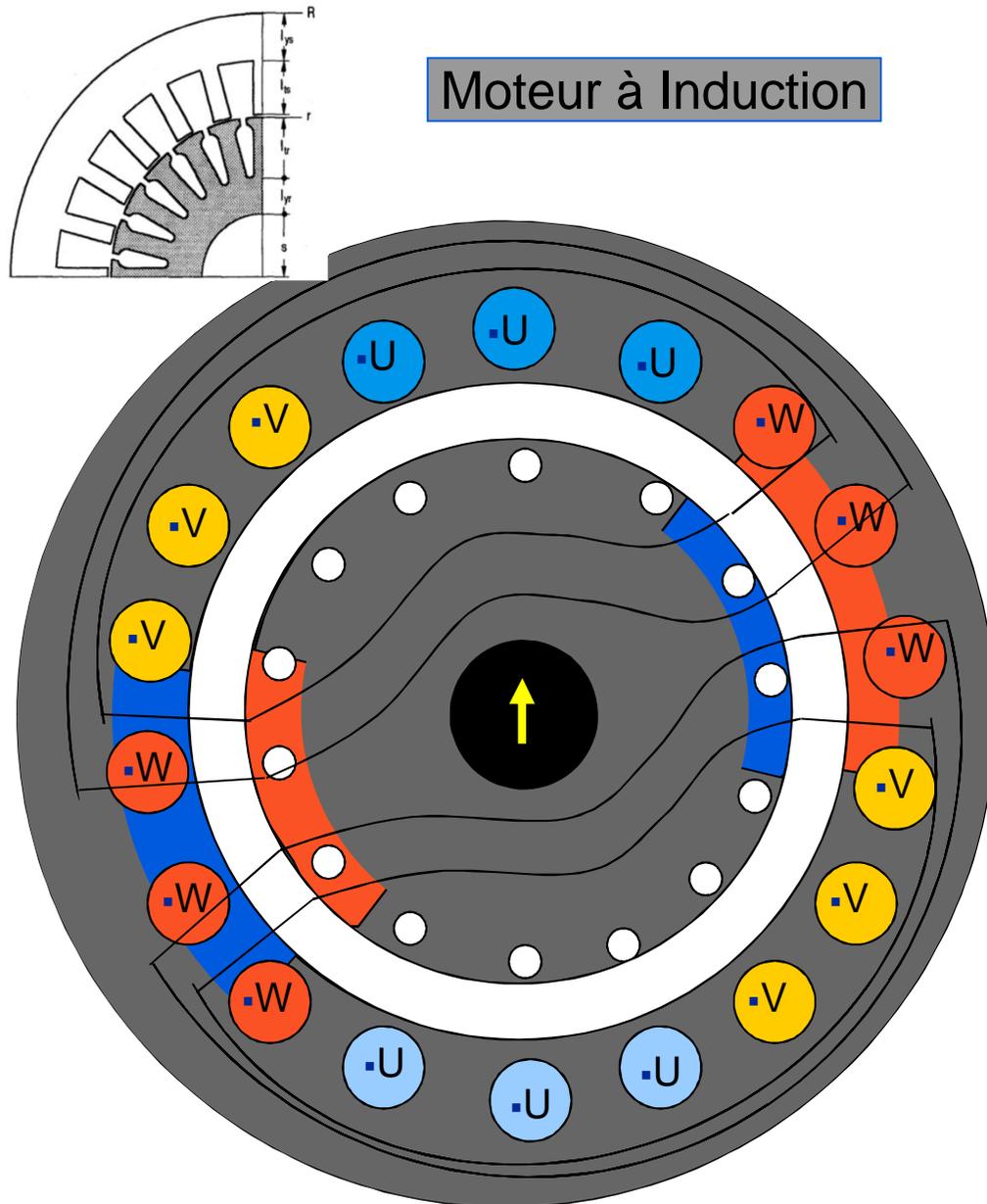
Concept de construction



- Feuille simple d'acier « électrique » perforée
- Les feuilles sont empilées pour créer le corps du rotor. Elles peuvent être pré-assemblées sur une pièce ou directement sur l'axe du rotor
- Montage du corps de rotor sur un axe. Le rotor sera équilibré après l'assemblage de l'axe.
- Le rotor est inséré dans un startor à 4 pôles standards, avec des enroulements adaptés

Technologie de la reluctance Synchrone

Fonction comparée au moteur à induction



Moteur à Induction

Elimination des pertes
joules rotoriques

Puissance équivalente – Taille réduite

Que veut dire une taille plus petite dans la pratique ?



Pump application example

22 kW, 1500 rpm

	High output SynRM motor	ABB IE2 induction motor
Frame size:	160, 174 kg	180, 220 kg
Motor's efficiency	DOL: N/A, VSD: 92.8%	DOL: 92.4, VSD: ~91.0%
		



- Un même rendement avec une taille réduite, ou un meilleur rendement avec une taille identique

Fan application example

37 kW, 3000 rpm

	High output SynRM motor	ABB IE2 induction motor
Frame size:	160, 157 kg	200, 298 kg
Motor's efficiency	DOL: N/A, VSD: 93.7%	DOL: 93.4, VSD: ~92.2%
	 Free area: 65%	 Free area: 25%



- L'espace réduit du système, un poids inférieur, une installation plus facile

Didier Vrancken

Sales Engineer Motors & Drives

Discrete Automation & Motion Division BNL

ABB N.V.

Hoge Wei 27

1930, Zaventem, Brabant, BELGIUM

Mobile: +32 497/578.772

email: didier.vrancken@be.abb.com

Power and productivity
for a better world™

