

la cuisinière sera difficile à tenir et pourrait un peu dériver.

Les prochaines étapes, actuellement en cours de test, sont l'augmentation de la puissance électrique nominale d'un facteur de 2 à 3, ainsi que le passage au bois.

Pour Paul Riley, le chef de projet Score, ces difficultés techniques ne sont pas les seuls obstacles qu'il reste à lever par son équipe. La phase opérationnelle de déploiement de la cuisinière actuellement en préparation relève maintenant du casse-tête frustrant façon *Catch 22*, car si, pour l'aspect recherche pure, les candidats étaient relativement nombreux, trop peu d'industriels semblent motivés par l'idée d'investir dans un projet destiné aux plus pauvres, donc fatalement à faible plus-value.

Si une telle situation perdurait, l'ensemble du projet pour-

**Trop peu d'industriels semblent motivés par l'idée d'investir dans un projet destiné aux plus pauvres, donc fatalement à faible plus-value.**

rait se voir condamné puisque les bailleurs de fonds sociaux suspendront leur participation, aides et financements en cas d'absence de partenaires industriels significatifs.

Malgré tout l'équipe de Score demeure résolument optimiste. En juillet 2010, faisant écho à l'enthousiasme suscité, elle a commencé une campagne de transfert de compétences d'une nouvelle version de leur poêle à bois thermoacoustique, mais cette fois-ci, à destination du marché domestique anglais. Le projet pour-

rait-il ainsi se généraliser pour répondre aussi aux attentes des pays industrialisés? Sans aucun doute, car le besoin de confort, de chaleur et d'électricité propre, fiable et autonome est commun à tous les hommes. ●

Contact : [www.score.uk.com](http://www.score.uk.com)

# Pseudo Direct Drive

## Une révolution dans les starting-blocks

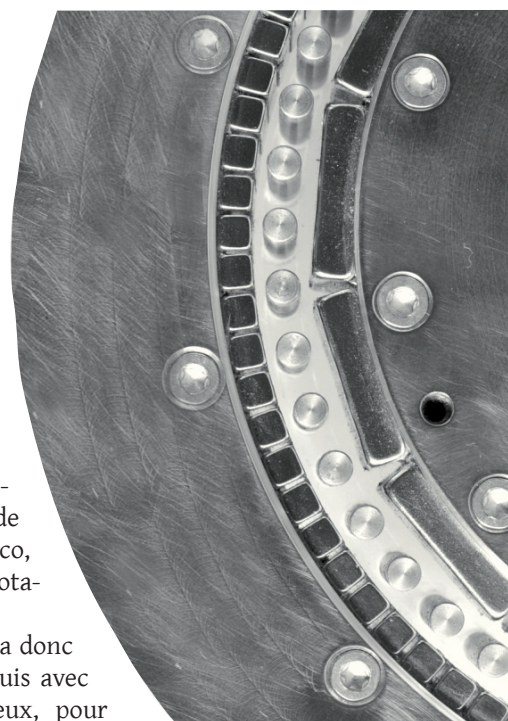
**D**ans la course aux moteurs électriques à entraînement direct, une équipe anglaise a pris une longueur d'avance.

# 1543

, port de Barcelone, le capitaine et inventeur espagnol Blasco de Garay fait la démonstration à ses supérieurs de son bateau mû par la vapeur d'un chaudron et des roues à aubes.

Depuis, et jusqu'à nos jours, les transports motorisés, au sens le plus général du terme, du convoyeur d'une chaîne d'usine au vélo électrique, en passant par la voiture thermique, puis électrique, ont eu pour contrainte d'associer un moteur, le plus souvent à rotation rapide et variable, à un organe de sortie, comme la roue à aubes de Blasco, qui nécessite une plage de vitesses de rotation lente et précise.

Ce problème de désaccord des vitesses a donc subsisté avec le moteur à explosion, puis avec les moteurs électriques, qui tous deux, pour



offrir un rendement et surtout un encombrement et un poids raisonnables, doivent tourner vite. Ainsi, depuis près de cinq cents ans, réduction, pignons, engrenages, poulies et courroies complexifient, fragilisent et renchérisent presque tous les objets motorisés que nous utilisons.

### Moteurs électriques

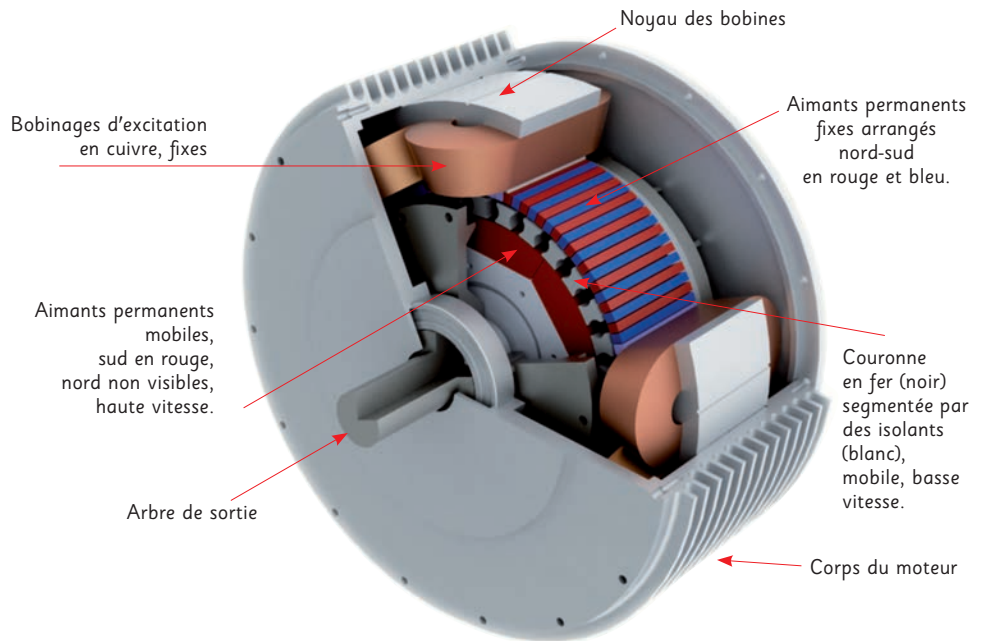
La situation s'est un peu améliorée au xx<sup>e</sup> siècle avec le moteur électrique moderne qui a permis dans certains cas l'abandon de la boîte de vitesses grâce à son aptitude à travailler à couple constant sur des plages de régimes plus étendues que son homologue thermique. Mais hélas, en devenant lents, les moteurs électriques, quelle que soit leur technologie, deviennent encombrants, lourds, chauffent, et sont chers à construire en raison du nombre de pôles électriques allant croissant, et du jeu de fonctionnement entre le rotor, sa partie tournante, et le stator, le corps fixe du moteur, qui lui doit se réduire. Le réducteur mécanique est donc un très lourd fardeau que l'homme mécanique porte depuis son origine.

### Premiers prototypes

En 2004, plutôt que de réveiller le meunier endormi, le Dr Kais Atallah et le Pr David Howe, de l'université de Sheffield, au Royaume-Uni, ont l'idée de laisser le moulin tourner à sa vitesse idéale et présentent leur technologie Pseudo Direct Drive, qui rend le réducteur additionnel du moteur électrique définitivement obsolète.

En 2006, Magnomatics est créé pour déployer la technologie, et les premiers prototypes de moteurs électriques à réduction magnétique présentés se révèlent simples, compacts, légers, inusables, et flirtent avec un rendement de 95 %.

La technologie retenue repose sur l'emploi d'aimants permanents néodymes pour remplacer le réducteur mécanique. La réduction est obtenue par couplage magnétique, où la dent du pignon est remplacée par l'attraction d'un champ magnétique permanent, ce qui n'est pas nouveau.



Coupe du moteur Pseudo Direct Drive en version axiale.

### Une roue folle intermédiaire

Le génie de l'invention est d'avoir connecté l'arbre de sortie du moteur à une roue folle intermédiaire en fer placée entre la couronne d'aimants permanents multiples fixes dont le champ est modulé par les bobinages du moteur électrique, à l'instar des moteurs à amplification magnétique, et la seconde petite couronne d'aimants permanents à haute vitesse dotée de moins de pôles. Le moteur et sa réduction fusionnent, sans contact, sans perte, sans entretien, sans bruit, sans dégager de chaleur. Ce dernier point est une avancée extrêmement importante lorsque l'on se souvient que les aimants permanents des moteurs électriques modernes commencent à se désaimanter, suivant leur grade, à des températures de 80 à 120 °C, qui sont très rapidement atteintes dans les situations de basse vitesse avec un couple élevé, par exemple lors d'une forte dénivellation à gravir.

### ► Les « plus » du PDD

La technologie PDD peut être axiale, radiale ou tangentielle. Elle est universelle. Tous les types de déplacement sont possibles et la plage des rapports de réduction proposée, entre 1 : 2 et 1 : 1 000, est sans précédent.

- Le moteur peut aussi comporter deux arbres de sortie indépendants, avec des réductions différentes.
- Le rapport couple/volume du moteur de 120 000 N/m<sup>3</sup> dépasse de 800 % celui des moteurs à aimant permanent des voitures, vélos ou transpalettes électriques actuels et de 100 % celui des moteurs à double flux tangentiels, qui sont hélas peu aptes à produire les puissances importantes exigées par le transport.
- Le rendement élevé lié à la conversion de couple sans perte rend le refroidissement du moteur inutile.
- Le couplage purement magnétique permet le glissement en cas de blocage de l'arbre de sortie. Il apporte ainsi une protection définitive du moteur contre les surcharges.
- L'absence de contact mécanique élimine, à la source, la majorité des bruits et vibrations.

### Pas seul mais imbattable

L'entraînement direct est le graal de la transmission mécanique, et sur ce terrain, le PDD n'est pas seul. Le collège d'ingénierie électrique de Zhejiang, en Chine, a présenté un moteur électrique à double cage. L'américain Sprung-Brett RDI Inc. propose sa solution de moteur à réduction intégrée destinée, entre autre, à remplacer les commandes hydrauliques à bord des avions de chasse F18, tout comme APEX vend déjà des moteurs électriques à entraînement direct à doubles stators. Mais en termes de rendement, de compacité, de plage de réduction, de protection à la surcharge, aucun de ces concurrents n'arrive à la cheville de la solution de Magnomatics (voir encadré). L'effervescence au-

tour de Magnomatics est donc tout autant celle des investisseurs renforçant le capital de l'entreprise, que celle des clients potentiels comme Volkswagen ou Volvo, mais aussi des fabricants de moteurs de vélo, de bateau, d'éolienne ou d'électrovanne, qui évaluent actuellement cette technologie. Ce tableau idyllique ne doit pas faire oublier deux obstacles possibles au déploiement de cette révolution.

### Frein géostratégique

Le PDD fait partie de la famille des moteurs à aimants permanents à haut rendement. Cette technologie apparue dans les années 70, qui utilise des minerais spécifiques, est devenue progressivement incontournable dans les moteurs électriques alimentés par batterie devant atteindre une autonomie maximum, avec la dernière génération d'aimants basés sur le néodyme. Ce minéral de la famille des terres rares assume mal le nom de son groupe puisqu'il est plus commun que le plomb.

Le problème, c'est que la Chine en est quasiment le producteur exclusif, avec 97 % de la production mondiale. Cette dernière a décidé en août 2010 de renforcer encore la priorité d'accès à cette ressource à son industrie domestique, mais aussi de relever les taxes sur ce minéral pour soutenir économiquement ses régions les plus pauvres.

Ayant identifié ce risque, le Japon stocke aimants et terres rares depuis 2005. Toyota prospecte des mines hors de Chine, en Californie, au Canada ou au Vietnam.

Donc, tout comme le lithium, le cuivre, le zinc, les terres rares seront les matières premières hautement stratégiques des applications électriques des années à venir, avec certainement deux années difficiles pour le néodyme en 2011 et 2012.

### Un marché en devenir

Le second obstacle, purement stratégique, est le lot commun de toute les technologies de rupture. Pudiquement, le site Magnomatics indique que le PDD est l'avancée la plus significative de la machine électrique depuis vingt ans. Sans doute faut-il y voir une modération commerciale toute britannique destinée à atténuer la déconvenue des industriels habitués depuis toujours à fournir les

innombrables et indispensables réductions mécaniques. D'ailleurs, les acteurs historiques de la réduction affichent clairement leur volonté de rester présents sur leur marché puisque les véhicules électriques, prototypes ou déjà commercialisés, utilisent majoritairement un réducteur classique. Toutefois, le PDD, même largement déployé, ne devrait pas provoquer de choc économique violent puisque son champ d'application principal, la mobilité électrique, est surtout un marché en devenir.

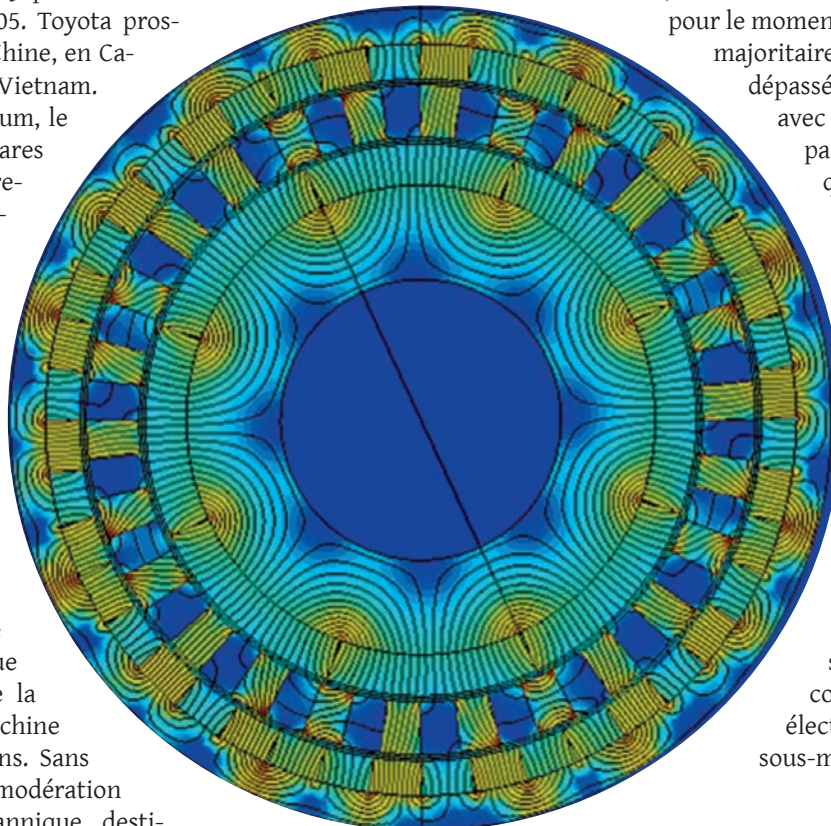
**Bien que la technologie PDD soit protégée par douze brevets, ce n'est pas l'envie et les options qui manqueront aux lobbies du pignon et de la poulie pour contre-attaquer.**

### Pied marin

Cependant, bien que la technologie PDD soit protégée par douze brevets, ce n'est pas l'envie et les options qui manqueront aux lobbies du pignon et de la poulie pour contre-attaquer. Par exemple, ils pourraient encourager un prix de licence élevé, jusqu'au point de rendre son usage marginal, haut de gamme ou seulement industriel et militaire. Les revenus sont alors garantis au titulaire du brevet et à ses bailleurs, la mutation industrielle, elle, reste sous tutelle.

Pour le moment, Magnomatics affirme résister à la pression puisque la présentation officielle d'une première application grand public de sa technologie est annoncée pour cette fin d'année.

Enfin, contrairement à la plaisance qui, pour le moment, s'appuie encore très majoritairement sur le concept dépassé du moteur thermique avec réduction et hélice à pas fixe, nous noterons qu'au sein du monde de la course à la voile, les successeurs du capitaine Blasco ont depuis longtemps compris l'intérêt de la technologie électrique hybride marine, et ont donc fait part de leur souhait de voir le PDD rapidement décliné en classe de puissance mégawatt pour convertir les moteurs électriques des navires et sous-marins. ●



Coupe de distribution des champs magnétiques.

**François Bouquin**

Contact : [www.magnomatics.com](http://www.magnomatics.com)