

Vaucresson, le 22 février 2018

## **Toyota met au point un nouvel aimant pour moteurs électriques qui réduit jusqu'à 50 % la teneur d'un métal terre rare critique**

- **Un aimant thermorésistant à teneur réduite en néodyme, une première mondiale signée Toyota**
- **Un facteur essentiel à la démocratisation des véhicules électrifiés**

Toyota Motor Corporation annonce la mise au point du premier aimant au monde<sup>\*1</sup> thermorésistant à teneur réduite en néodyme. Les aimants au néodyme sont utilisés dans différents types de moteurs électriques, à l'exemple des moteurs très puissants qui équipent les véhicules électrifiés et dont l'usage devrait s'étendre rapidement à l'avenir. Ce nouvel aimant contient nettement moins de néodyme (un élément chimique du groupe des terres rares<sup>\*2</sup>) et supporte des températures de service élevées.

En outre, il n'utilise ni terbium (Tb) ni dysprosium (Dy), d'autres terres rares qui entrent elles aussi dans la catégorie des matériaux jugés critiques<sup>\*3</sup> et dans la composition habituelle des aimants au néodyme à haute résistance thermique. Pour réduire la teneur en néodyme, une partie a donc été remplacée par du lanthane (La) et du cérium (Ce), deux terres rares beaucoup moins chères.

Le néodyme joue un rôle important dans le maintien d'une coercivité (la capacité de préserver l'aimantation) et d'une résistance thermique élevée. Mais si l'on se contente de réduire sa teneur en le remplaçant par du lanthane et du cérium, on constate une baisse des performances du moteur électrique. C'est pourquoi Toyota s'est tourné vers de nouvelles technologies qui préservent le champ coercitif et la résistance à la chaleur, même lorsque l'on remplace le néodyme par du lanthane et du cérium. Le nouvel aimant issu de ces recherches offre une résistance thermique équivalente à celle des aimants au néodyme, tout en réduisant jusqu'à 50 % la proportion de néodyme.

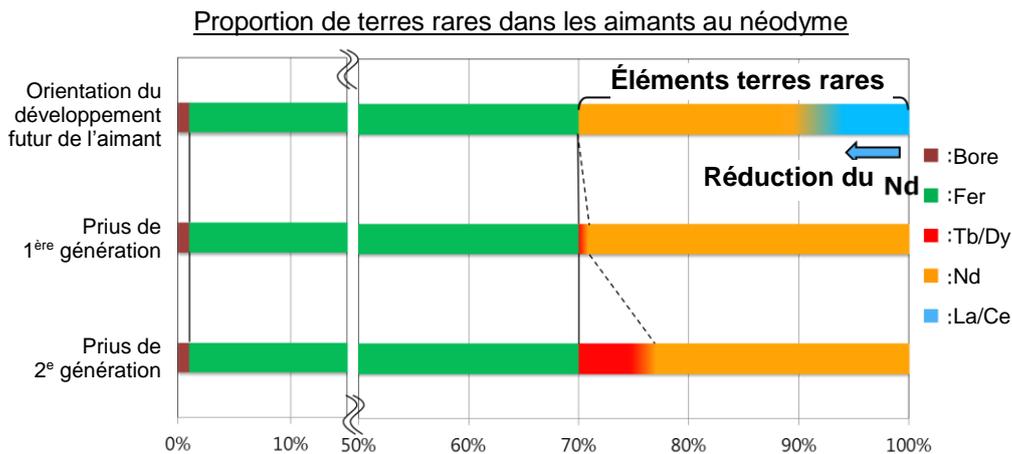
Ce nouveau type d'aimant devrait favoriser l'usage des moteurs électriques dans différents secteurs, mais aussi maintenir un équilibre entre l'offre et la demande des précieuses ressources en terres rares. Tout en continuant d'améliorer ses performances et d'étudier ses applications pratiques, Toyota compte accélérer le développement de procédés de production pour inciter différentes industries à adopter dès que possible le moteur électrique, à commencer par l'automobile et la robotique.

Pour préparer l'avenir, il faudra poursuivre la R&D sur les technologies fondamentales des moteurs électriques, onduleurs, batteries et autres composants. Toyota les juge essentielles aux véhicules électrifiés et continuera de progresser dans tous les domaines, tout en participant à l'établissement d'une infrastructure indispensable à l'expansion de ces véhicules.

### **1. Contexte du développement de l'aimant thermorésistant à teneur réduite en Nd**

- Les aimants employés notamment dans les moteurs électriques automobiles doivent absolument posséder une forte coercivité (résistance à la désaimantation), même à haute température. C'est pourquoi 30 % environ de leurs éléments sont des terres rares.
- Lorsque l'on utilise de puissants aimants au néodyme (dans l'automobile par exemple), on ajoute généralement du terbium et du dysprosium pour renforcer leur coercivité à haute température. Toutefois, ce sont des métaux rares et chers provenant de régions à fort risque géopolitique. D'importants efforts ont donc été entrepris pour développer des aimants capables de se dispenser de ces métaux, avec des résultats positifs.
- Les volumes de production du néodyme sont relativement élevés par rapport à d'autres terres rares, mais on craint des ruptures d'approvisionnement à mesure de la généralisation des véhicules électrifiés – y compris hybrides et électriques à batterie. Malgré cela, peu de choses ont été faites jusqu'à présent pour s'affranchir de ce risque.

- Pour résoudre ces problèmes, Toyota a développé avec succès des technologies qui évitent l'emploi du terbium et du dysprosium, tout en réduisant la quantité de néodyme. La substitution du néodyme par du lanthane et du cérium, des terres rares abondantes et peu coûteuses, conserve une résistance thermique élevée et minimise la perte de coercivité.



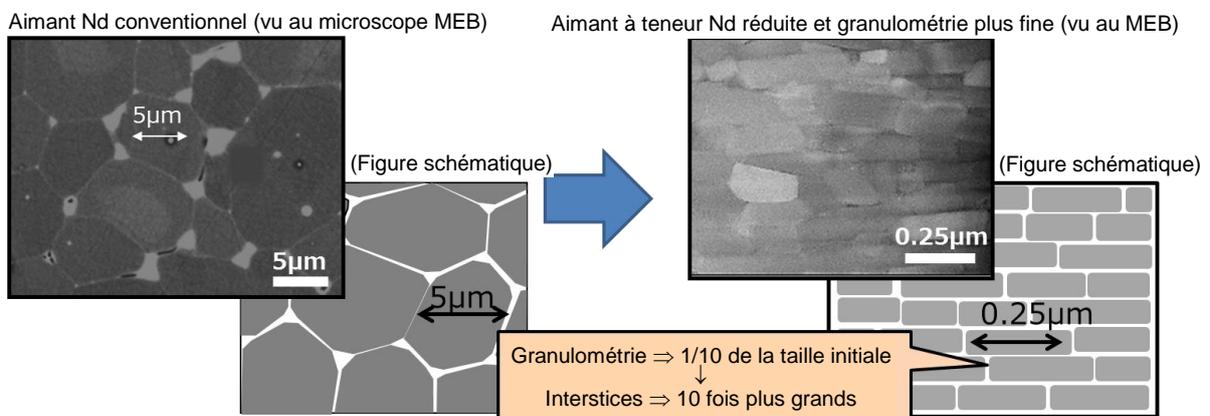
## 2. Points clés du développement de l'aimant thermorésistant à teneur réduite en Nd

- Ce nouvel aimant préserve sa coercivité à haute température grâce à la combinaison de trois nouvelles technologies :

1. Une granulométrie plus fine de la poudre d'aimant
2. Des grains à structure bi-couche aux excellentes propriétés de surface
3. Un rapport spécifique d'alliage lanthane/cérium

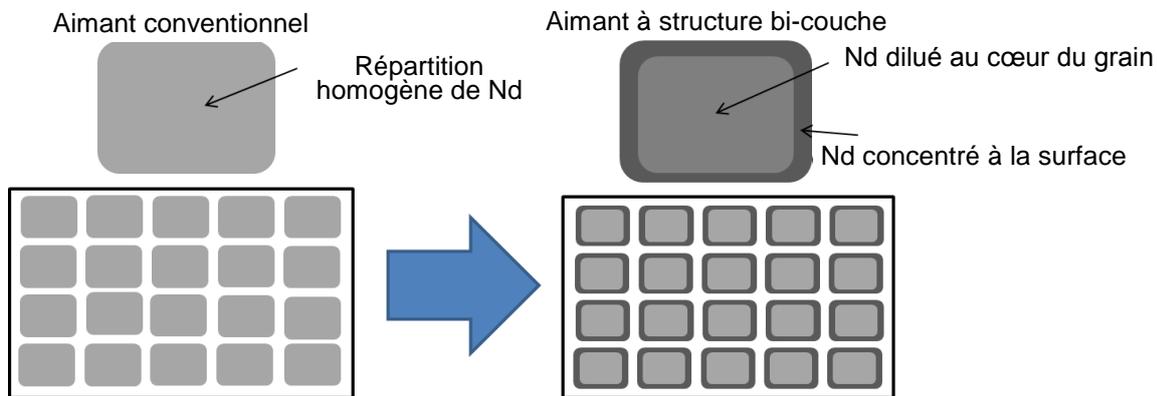
### Point N° 1 : granulométrie plus fine de la poudre d'aimant

- La granulométrie de la poudre d'aimant est au moins dix fois plus fine que chez les aimants classiques au néodyme et, à l'inverse, les interstices entre les grains sont plus grands – deux facteurs de maintien du champ coercitif à haute température.



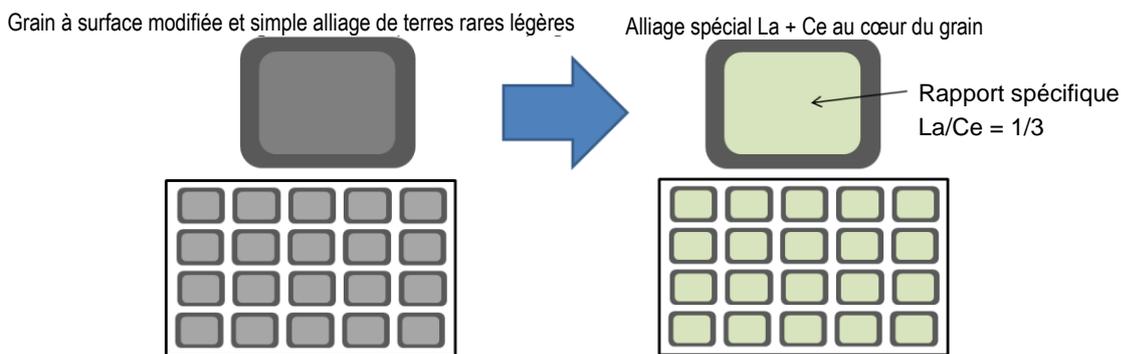
## Point N° 2 : grains à structure bi-couche aux excellentes propriétés de surface

- Dans un aimant au néodyme conventionnel, ce métal est réparti uniformément dans les grains. Bien souvent, cette structure conduit à une surconsommation de néodyme par rapport à la quantité nécessaire au maintien de la coercivité. Un usage plus rationnel consiste à augmenter la concentration de cette terre rare à la surface des grains, où sa présence est nécessaire au renforcement du champ coercitif, tout en la diminuant au cœur. Ainsi, la teneur totale en néodyme s'en trouve réduite.



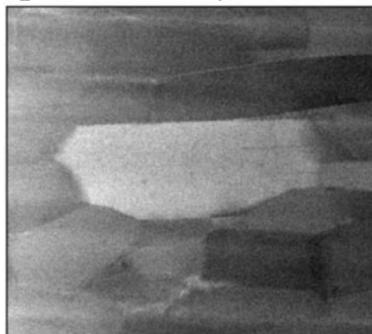
## Point N° 3 : rapport spécifique d'alliage lanthane/cérium

- Si l'on se contente d'allier le néodyme à du lanthane et du cérium, sa résistance thermique et sa coercivité chutent sensiblement, ce qui complique l'emploi de ces terres rares légères. Après avoir évalué différents alliages, Toyota a découvert le rapport précis d'alliage lanthane/cérium (deux terres rares abondantes et peu coûteuses) permettant d'éviter cette dégradation des propriétés.

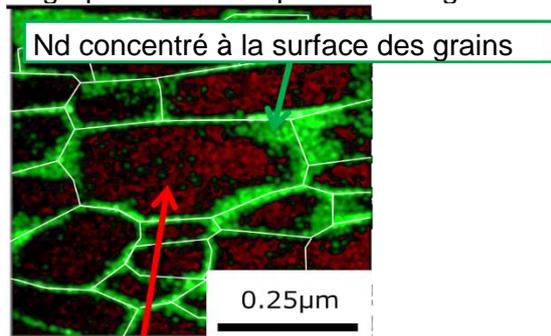


## Première mondiale : un aimant thermorésistant à teneur réduite en Nd intégrant simultanément ces trois technologies

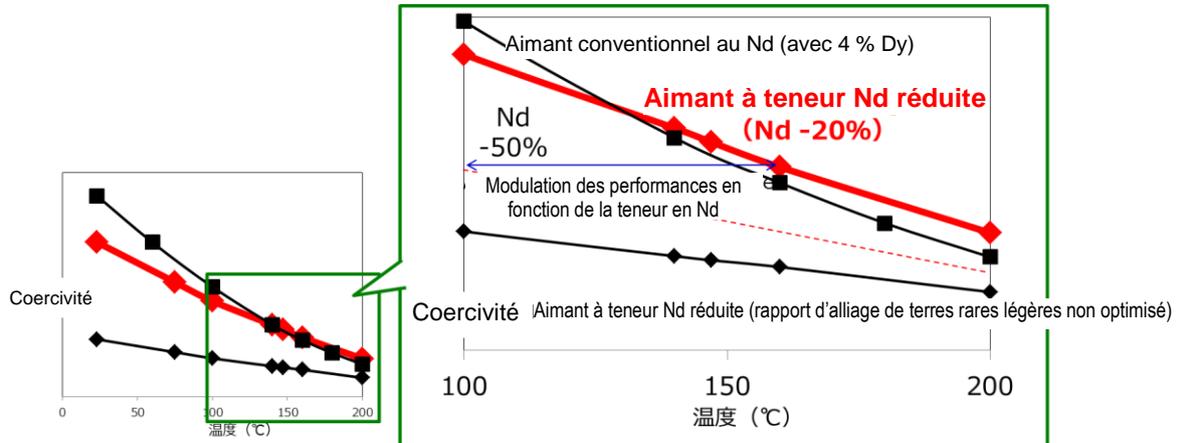
Image au microscope électronique



Cartographie de la composition des grains



Rapport spécial La/Ce au cœur des grains



Remarque : Ces travaux de recherche et développement s'inscrivent dans le cadre du rapport "Development of Magnetic Material Technology for High-efficiency Motors for Next-Generation Automobiles" publié par l'organisme public japonais NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization)

### 3. Projets futurs

- Le nouvel aimant se dispense non seulement du terbium et du dysprosium, des terres rares nécessaires aux aimants au néodyme qui exigent une forte résistance thermique, mais il diminue en outre la quantité de néodyme utilisé. Il devrait trouver des applications très diversifiées dans les moteurs électriques demandant une puissance relativement élevée, par exemple les moteurs d'entraînement et les générateurs des véhicules électrifiés, les directions à assistance électrique, les robots et divers appareils électroménagers. Il contribuera aussi à réduire les risques de rupture d'approvisionnement des terres rares face à la demande, et d'augmentation de prix.
- À l'avenir, Toyota compte étudier d'autres usages possibles, réaliser des essais sur les véhicules à moteur électrique et poursuivre la R&D de technologies visant à stabiliser la production et abaisser son coût.
- Selon Toyota, cet aimant pourrait entrer en service dans les moteurs de direction à assistance électrique et ailleurs à partir de 2020-2025. L'entreprise espère en outre pouvoir l'appliquer aux moteurs d'entraînement des véhicules électrifiés hautes performances d'ici une dizaine d'années.

\*1 À la date de janvier 2018 (Toyota Motor Corporation)

\*2 Un groupe de 17 éléments possédant des propriétés similaires, au nombre desquels le lanthane, le cérium, le néodyme, le terbium et le dysprosium. L'exploitation de ces éléments pourrait donner naissance à divers matériaux fonctionnels.

\*3 Les métaux dont la stabilité d'approvisionnement revêt une importance politique. Alors qu'ils ne sont présents qu'en petite quantité dans la croûte terrestre et que leur extraction peut poser des difficultés techniques ou économiques. (Ministère japonais de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie)

Plus d'informations disponibles sur : <http://media.toyota.fr>