



# Projet de développement d'un moteur électrique à forte puissance et basse tension

---



## Table des matières

<a href="#">1. Introduction</a>	3
<a href="#">2. Contexte</a>	3
<a href="#">3. Objectif</a>	4



## 1. Introduction

Depuis ces vingt dernières années, nous assistons à une croissance importante de la production des machines synchrones à aimants permanents. Ceci est dû à l'évolution des aimants permanents et particulièrement des aimants terres rares tels que les aimants à base de NdFeB.

Ces aimants nous ont permis de construire des machines électriques à forte densité de puissance massique et d'ouvrir de nouveaux marchés dans des applications automobiles et aéronautiques où la masse est une contrainte prédominante. Les nouvelles politiques environnementales exigent la baisse de l'exploitation des ressources naturelles et la baisse de la pollution de l'air. Le développement de nouveaux modes de transport et de mobilité plus « propres » a aussi permis d'accélérer la croissance de la production des machines électriques à aimants permanents.

## 2. Contexte

Les exigences accrues concernant l'augmentation de la densité de puissance massique ont mis à l'épreuve les méthodes et les moyens technologiques utilisés jusqu'alors par les fabricants de machines électriques.

L'une des problématiques principales est le bobinage des machines électriques et le problème des connectiques. Dans les applications embarquées (véhicules électriques) la tension d'alimentation est souvent limitée à 400 VDC et dans certains cas à 600 VDC, pour des questions de respect des normes de sécurité. En même temps, les vitesses de rotation dépassent les 6000 tr/min et le couple demandé est aussi plus important que dans les applications industrielles.

Nous savons que le courant dans les enroulements des machines électriques est directement proportionnel au couple électromagnétique. Ainsi, les limitations de tensions d'alimentation et l'augmentation des vitesses de rotation entraînent une baisse du nombre de spires dans les enroulements donc une augmentation des sections de fils qui limite jusqu'à 20 % le facteur de remplissage du cuivre dans les encoches par rapport à un optimal atteint par les moyens technologiques actuels. Ce problème est amplifié lorsque la tension des batteries est inférieure à 100V.

De plus, le faible coefficient de remplissage a un impact important sur le niveau des pertes, et par conséquent sur le rendement des machines. L'augmentation de la section de fils est à l'origine de l'augmentation des pertes Joule supplémentaires causées par l'effet de peau à cause des fréquences d'alimentation et des harmoniques de temps.

Pour remédier à cet inconvénient, on augmente le nombre de fils élémentaires, mais la répartition des courants dans les fils élémentaires n'est pas homogène et la non-homogénéité est d'autant plus importante que le nombre de fils élémentaires est important.

Le résultat est que les pertes supplémentaires persistent. La multiplication du nombre de fils élémentaires pose aussi un problème sur les moyens de bobinage qui se compliquent et la soudure des connexions devient une réelle problématique. De ce fait, la technologie des machines à aimants perd ses avantages.

Toutes ces problématiques sont réelles et les entreprises du secteur les rencontrent tous les jours.



A ce jour, il n'existe donc pas de moteurs électriques de forte puissance (supérieure à 40kW) fonctionnant en basse tension (inférieure à 100V) et dont la vitesse de rotation est supérieure à 10 000 tours par minute.

### **3. Objectif**

La réalisation d'une machine de forte puissance (85kW) et faible tension (48V) tournant à 16 000 tours par minute n'est pas possible avec la technologie industrielle d'aujourd'hui. En effet, la problématique réside dans le bobinage de ces machines du fait de la très forte section de fil à bobinée dû aux facteurs cités ci-dessus. La principale cause est le nombre de phases limitées à trois.

Rares sont les entreprises qui ont décidé de franchir cette barrière technologique pour des raisons économiques mais aussi de manque de travaux de recherche interne dans le domaine des machines électriques. Beaucoup d'entreprises, actuellement en mutation technologique comme les constructeurs automobiles, découvrent le monde des machines électriques à travers des fabricants de machines électriques industrielles. Or les objectifs économiques et en termes de performances sont sensiblement différents.

Pour contourner ces problématiques il faut donc franchir un cap technologique pour libérer les machines électriques des contraintes liées au nombre de phases. Pour ceci, il est nécessaire d'avoir non seulement la machine électrique mais il faut aussi une électronique de puissance et une commande adaptée pour obtenir un résultat avec un bon rendement et ainsi exploiter au maximum les performances des machines synchrones multi-phases.

L'innovation technologique du moteur électrique Delage réside dans la conception d'une machines multi-phases. L'augmentation du nombre de phases permet de baisser le courant par phase et donc la section du fil de bobinage permettant ainsi un meilleur remplissage. Il est alors possible d'utiliser les moyens industriels courants de fabrication des moteurs électriques.

La mise sur le marché de machines électriques multi-phases est aussi une opportunité de proposer des solutions de mobilité tolérantes aux pannes (puisque si une phase tombe en panne, le moteur continue de fonctionner) et ainsi augmenter la fiabilité des véhicules et la sécurité routière.