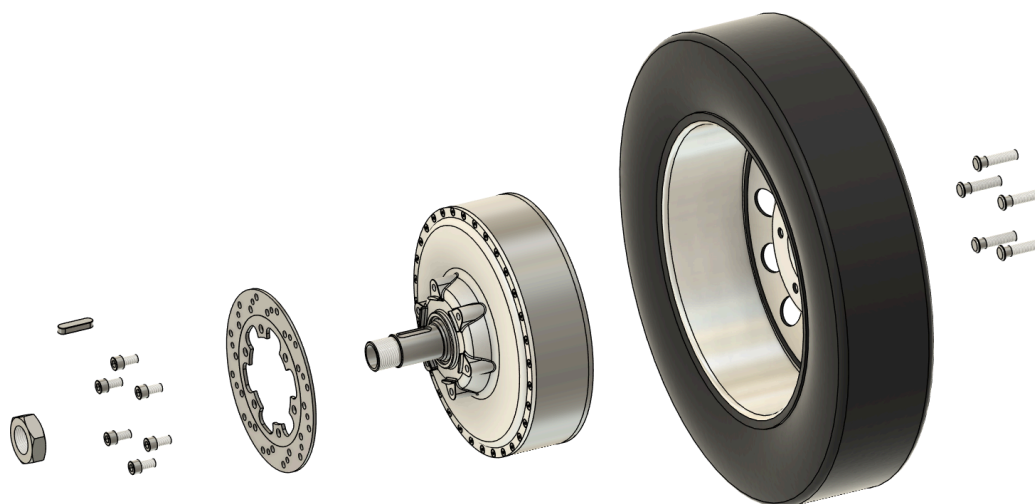


Limitation de l'Empreinte par une Solution Standard de Machine Synchrone à Saillance - LESSMaSS



ellen^{ro}s

Annecy, le 22/10/2025



Spécification

A l'issue d'une étude de marché, d'un benchmark puis d'une analyse fonctionnelle, nous figeons les spécifications du moteur. Par exemple:

- moteur roue à destination des véhicules des catégories L6e et L7e
- compatible avec les batteries 48 V
- puissance maximum: 5 kW
- couple maximum: 230 Nm
- vitesse maximum: 1000 RPM (90 km/h)
- poids: <18 kg (objectif 15 kg)
- diamètre de la jante: >14"

Etude électromagnétique

Sur base des performances attendues et de l'encombrement disponible, l'étude électromagnétique permet de définir le stator (le bobinage et l'empilement de tôles magnétiques) ainsi que le rotor (aimants et empilement de tôles magnétiques) de telle sorte que la vitesse maximale de 90 km/h (L7e) puisse être atteinte à l'aide de défluxage et que la vitesse de 50 km/h (L6e) soit atteignable avec un pilotage vectoriel simple.

Dimensionnement

Pour être compatible avec la majorité des véhicules L6e et L7e, nous prenons des hypothèses pessimistes sur les paramètres utilisés lors du dimensionnement. Notamment:

- Masse maximum véhicule (PTAC): 900 kg
- Coefficient de progressivité de la suspension: 4 (Les suspensions de véhicules L6 et L7 ont un rapport de progressivité généralement entre 3 et 4, il s'agit du rapport entre le poids pour arriver en fin de course de la suspension et le poids à vide sur une roue)
- Diamètre de pneu considéré pour le dimensionnement: 640 mm.

Une multitude de cas de chargement sont étudiés pour définir les contraintes sur les différents composants du moteur:

- Etude statique avec tout le poids de la voiture sur une roue (cas impossible dans la pratique mais qui donne des limites mécaniques que nous sommes certains de ne pas dépasser)
- Etude statique en dérapage latéral
- Etude statique en freinage/accélération
- Etude dynamique

Basé sur ces données, nous avons pu dimensionner d'abord le composant le plus critique: l'axe moteur puis le reste des composants (stator, flasques intérieur et extérieur, clavettes, roulements, vis...)

Une étude électromagnétique est lancée en parallèle, permettant entre autres de définir les interfaces mécaniques à prévoir pour les aimants sur le rotor, et la bobine sur le stator.

Conception

Une fois les composants pré-dimensionnés, on peut se lancer dans la conception 3D. Les deux challenges lors de cette phase ont été de réduire au maximum l'encombrement sans impacter la puissance du moteur, et de réduire les coûts grâce à une approche DFM (Design For Manufacturing, il s'agit d'une méthode permettant de réduire les coûts de fabrication en intégrant dès le début de la conception les contraintes techniques liées aux machines de production).

Après quelques aller-retours conception - dimensionnement, nous figeons l'architecture mécanique du moteur et nous nous lançons d'une part sur le prototypage et d'autre part sur les échanges avec les fournisseurs afin de sourcer les composants.

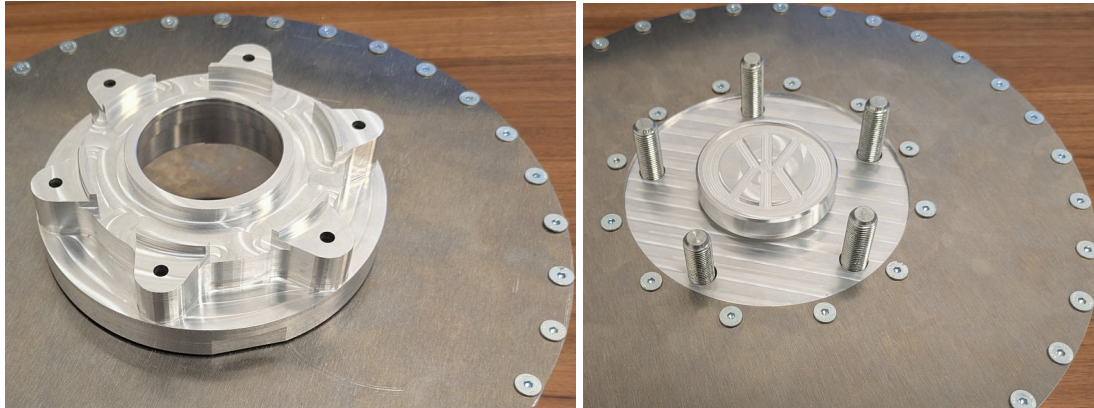
Une nomenclature détaillée du moteur, incluant l'état d'avancement de chaque composant, leur poids et leur origine est disponible en annexe I.

Prototypage

Chaque composant métallique à produire pour le prototype est conçu de nouveau afin de



s'adapter aux moyens de production disponibles: principalement notre centre d'usinage 3 axes. Afin de rester représentatif du moteur final, il faut rester le plus proche possible de la conception d'origine. La mise en service récente du centre d'usinage CNC 3 axes nous permet de lancer immédiatement la production des pièces en aluminium et de produire la majorité des pièces métalliques.



Les composants standards (visserie, roulements, joints...) sont commandés chez des distributeurs et nous contactons les fournisseurs pour tous les composants non standards que nous ne pouvons pas produire nous même (tôles magnétiques pour le stator, résine d'imprégnation, aimants). C'est lors des échanges avec le fournisseur d'aimant que nous rencontrons notre plus gros obstacle jusqu'à là: les tensions géopolitiques entre la Chine et les Etats-Unis. En réponse aux dernières mesures américaines, la Chine met en place des barrières à l'exportation de terres rares, dont le néodyme, composant incontournable des aimants pour moteurs.

Sans aimants, le prototype ne peut pas être complètement assemblé et nous recherchons donc actuellement des solutions en espérant que la situation internationale se stabilise. Nous étudions avec notre fournisseur les options afin de débloquent cette situation. Celles-ci sont malheureusement limitées et dépendent grandement des événements géopolitiques des semaines et mois prochains.

ADEME eXtrême Défi Prototypes - Ellenkos LESSMaSS

Composant	Matériaux	Qté	Poids total [kg]	Fournisseur prototype	Fournisseur production	Statut
Axe moteur	Acier	1	1,11	Fournisseur usinage basé en France	Interne	Prototype produit, validation en cours
Roue stator	Aluminium	1	1,21	Interne	Fonderie aluminium basée en France	Prototype produit, industrialisation en cours
Flasque intérieure	Aluminium	1	1,35			Prototype produit, industrialisation en cours
Flasque extérieure	Aluminium	1	1,26			Prototype produit, industrialisation en cours
Stator stack	Fer silicium	1	3,38	Fournisseur de découpe laser basé en France		Prototype en cours de production
Rotor stack	Fer silicium	1	5,57			Prototype en cours de production
Entretoise	Aluminium	1	0,07	Interne		Prototype produit, validation en cours
Carter extérieur	Aluminium	1	0,98			Prototype produit, validation en cours
Résine d'imprégnation bobine	Résine	-		Fournisseur allemand		Composant standard, en cours de validation
Cuivre	Cuivre	-	1,60	Plateforme d'achat industriel	à définir	Composant standard, validé
Faisceau	-	-				Composant standard, en cours de validation
Connecteurs	-	-				Composant standard, en cours de validation
Capteur effet hall	-	-				Composant standard, en cours de validation
Joint d'étanchéité	Silicone	2	0,03			Composant standard, en cours de validation
Vis	Acier		0,13			Composant standard, validé
Joint à lèvres 48x62x8	FKM	1	0,02			Composant standard, validé
Clavette A 12x8x45	Acier	2	0,05			Composant standard, validé
Goujon de roue M12x50	Acier	5	0,27			Composant standard, validé
Roulement à billes	-	2	0,37	NTN-SNR		Composant standard, validé
Aimant	Neodyme	32	0,86	à définir		Sourcing en cours (contexte géopolitique défavorable pour le néodyme)

