

BUT3 EME

Banc d'essais d'une chaîne de traction 48 V

Technologies actuelles de motorisations VE

Xavier Rain

Enseignant en génie électrique à l'IUT de Cachan

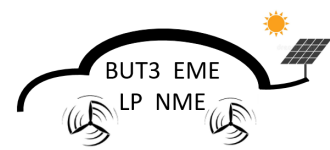
Responsable BUT3 EME / LP Energie et Propulsion, parcours Nouvelles Mobilités
Electriques

xavier.rain@universite-paris-saclay.fr

1. Contexte pédagogique et technique
2. Présentation du système
3. Exploitations pédagogiques
4. Evolutions
5. Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques



1- Contexte pédagogique et technique



Ouverture de la LP Energie et Propulsion, parcours Nouvelles Mobilités Electriques à la rentrée 2022

Rentrée 2023 : première année du BUT3 EME en apprentissage

⇒ création d'un groupe de 15 apprentis (LP NME + BUT3 EME)

BUT3 EME orienté véhicules électriques

Domaine de compétence :

Toute la chaîne d'énergie, du réseau électrique alimentant une infrastructure de recharge, jusqu'à la roue du véhicule

- ✓ Bornes de recharge et infrastructures réseau
- ✓ Systèmes de stockage d'énergie (batteries, hydrogène)
- ✓ Groupes motopropulseurs (tout électrique / hybride)

1- Contexte pédagogique et technique

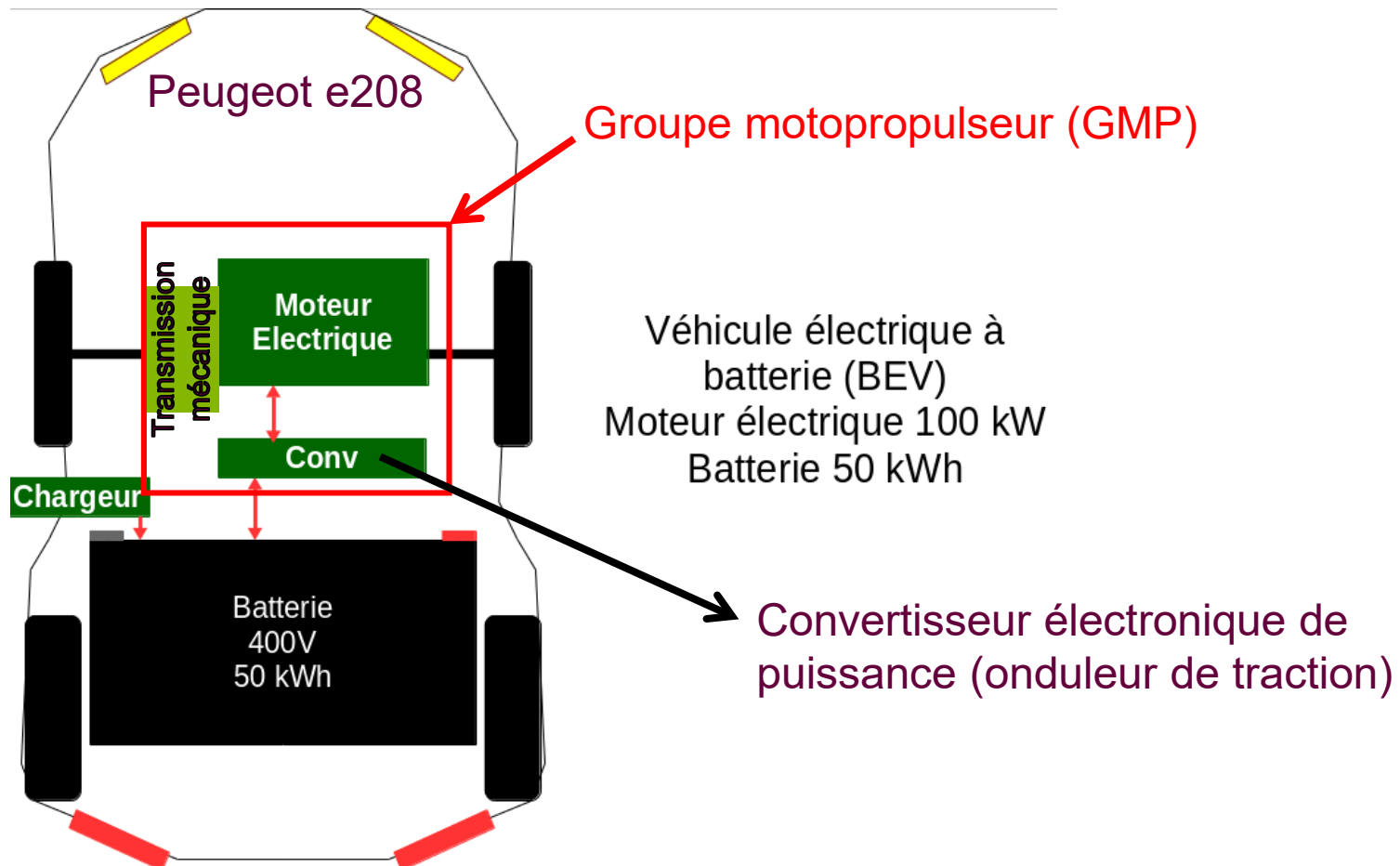
		BUT3 EME 2024-2025	Heures
Semestre 5	Ressources	Anglais	12
		Communication	12
		Outils mathématiques	12
		Physique appliquée	20
		Production d'énergie et stockage	50
		Distribution électrique et Infrastructure de recharge	55
		Conversion statique de l'énergie	38
		Véhicule décarboné et économie circulaire de la mobilité	8
		Architectures des véhicules électriques et hybrides	40
		Normes, réglementation et habilitation	12
		Réseaux de communication	12
	Saé	Evaluation en entreprise 1	
		Projet partie 1	50
Semestre 6	Ressources	Anglais	8
		Communication	12
		Economie et culture d'entreprise	9
		Outils mathématiques	8
		Modélisation et simulation électromagnétique	17
		Actionneurs électriques pour la mobilité	48
		Systèmes embarqués et gestion optimisée de l'énergie	10
		Essais de qualification des technologies de mobilité	22
	Saé	Evaluation en entreprise 2	
		Projet partie 2	70
			525

Intervention du banc d'essais
chaîne de traction 48 V



1- Contexte pédagogique et technique

Chaine de traction typique d'un VE à batteries (BEV)

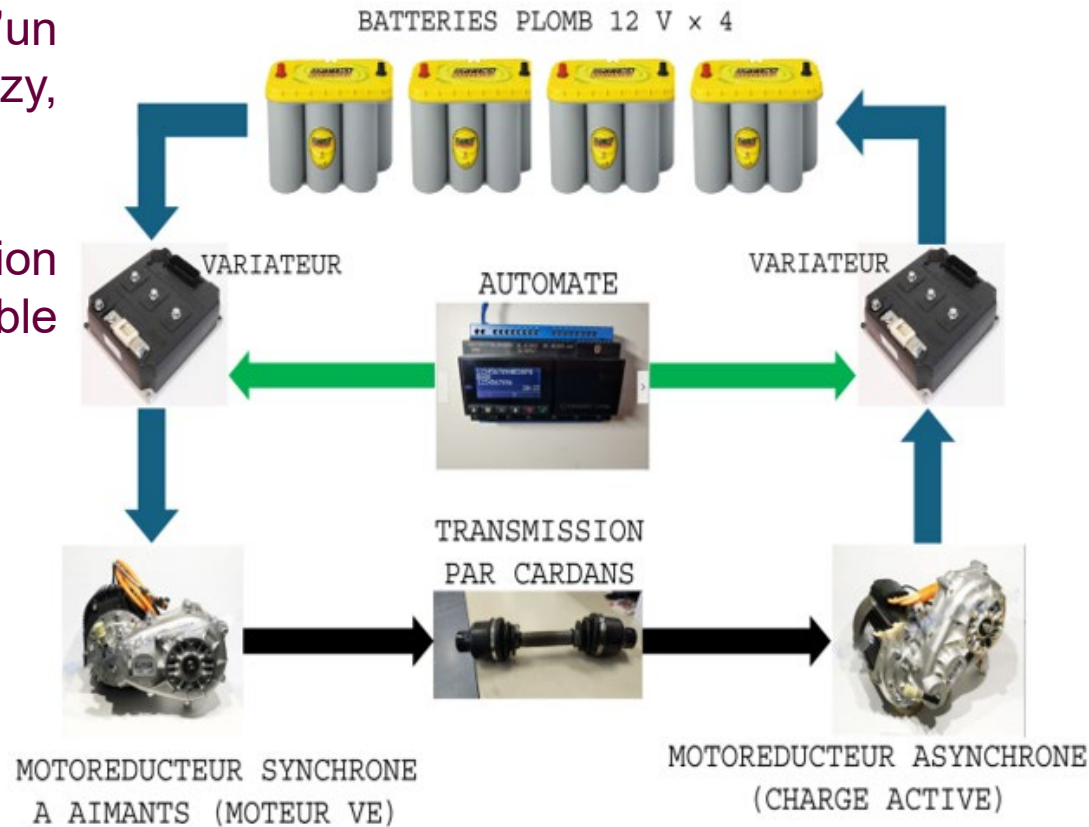


2- Présentation du système

Banc d'essais chaîne de traction 48 V

Objectif : Emuler le fonctionnement d'un petit VE urbain, type Renault Twizy, Citroën Ami, Renault Mobilize Duo

Reproduction de la chaîne de traction en 48 V (sécurité d'intervention, faible puissance)

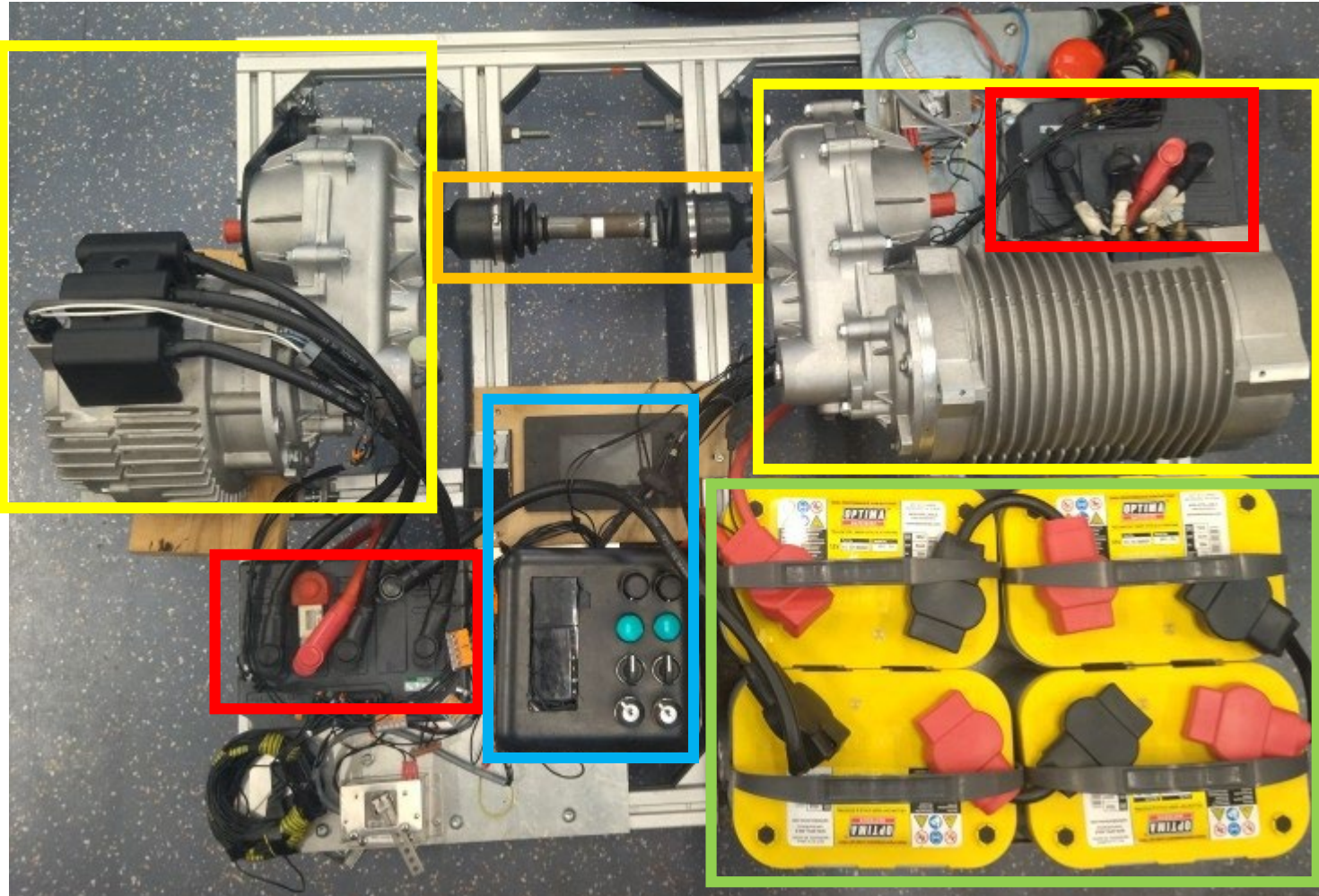


LEGENDE

- Flux de puissances mécaniques
- Flux de puissances électriques
- Consignes vitesse / couple

2- Présentation du système

Banc d'essais chaîne de traction 48 V



2- Présentation du système

Banc d'essais chaîne de traction 48 V

Moteur synchrone à aimants
ME1202



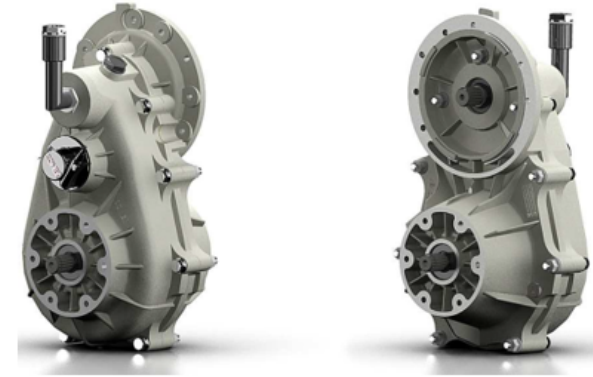
Puissance S1 sous 72 V : 10 kW
Puissance maximale sous 72 V : 26 kW
Vitesse de rotation maximale : 5000 tr/min
Tension batterie maximale : 72 V
Masse : 16 kg

Moteur asynchrone ABM



Puissance S2-30 min sous 72 V : 15 kW
Couple S2-5 min : 130 Nm
Vitesse de rotation maximale : 8000 tr/min
Tension batterie maximale : 72 V
Masse : 43 kg

Réducteur avec différentiel COMEX
Pour Renault Twizy 80



Rapport de réduction : 9,23
Couple maximal en sortie : 1000 Nm
Vitesse maximale en entrée : 7000 tr/min
Masse : 11,3 kg

2- Présentation du système

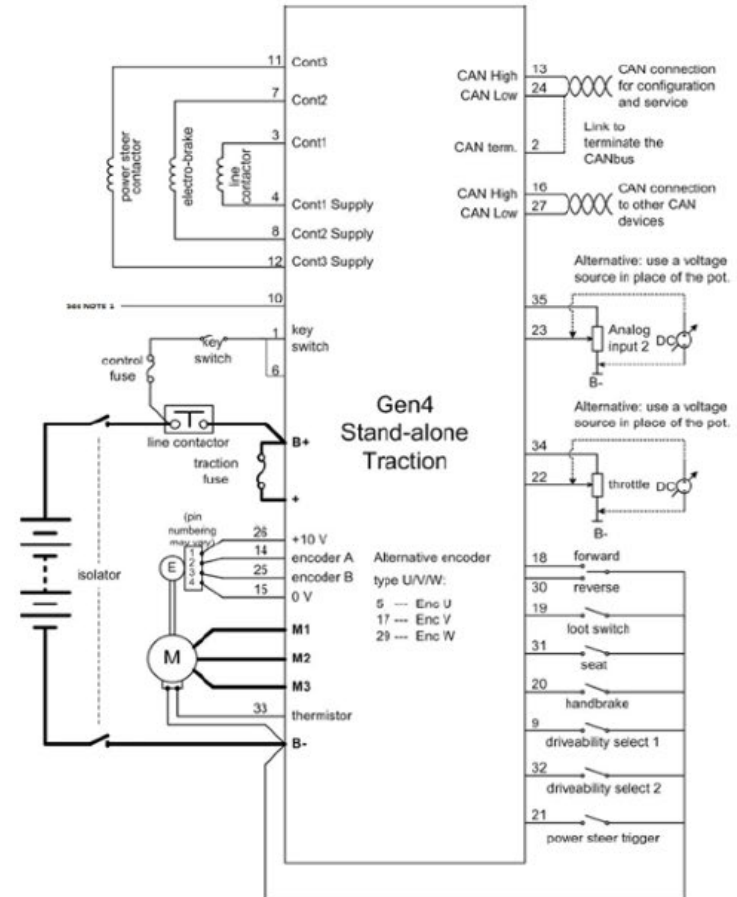
Banc d'essais chaîne de traction 48 V

Variateurs de vitesse SEVCON BORGWARNER Gen4



Key Parameters

Model	Size 2	Size 4	Size 6	Size 2	Size 4	Size 6	Size 2	Size 4	Size 6	Size 4
Nominal Battery Voltage	24 VDC	24 - 36 VDC		36 - 48 VDC			72 - 80 VDC			96 - 120 VDC
Maximum Operating Voltage	34.8 VDC	52.2 VDC		69.6 VDC			116 VDC			150 VDC
Minimum Operating Voltage	12.7 VDC			19.3 VDC			39.1 VDC			48 VDC
Peak Phase Current (2 min)	300 A	450 A	650 A	275 A	450 A	650 A	180 A	350 A	550 A	300 A
Boost Phase Current (10 sec)	360 A	540 A	780 A	330 A	540 A	780 A	215 A	420 A	660 A	360 A
Continuous Phase Current (60 min)	120 A	180 A	260 A	110 A	180 A	260 A	75 A	140 A	220 A	120 A

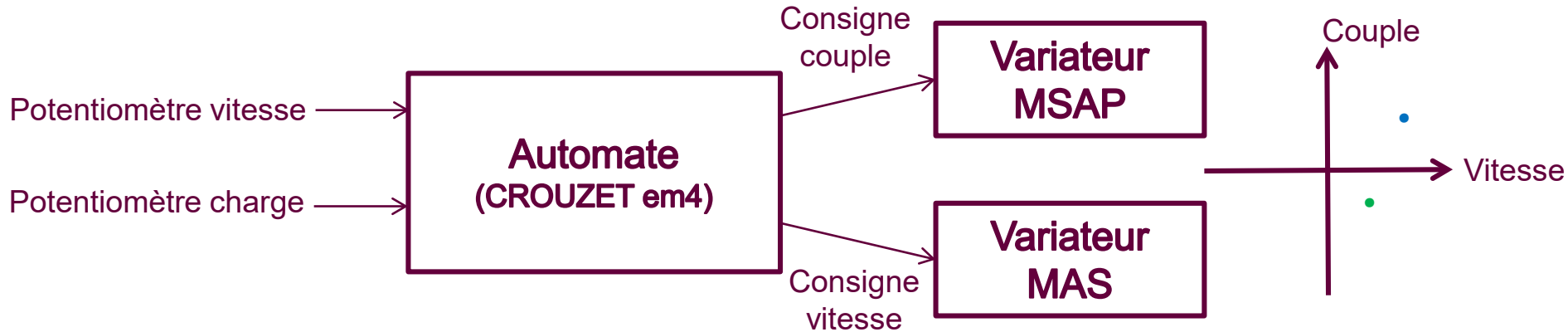


2- Présentation du système

Banc d'essais chaîne de traction 48 V



Partie automatisme



Deux modes de commande du banc :

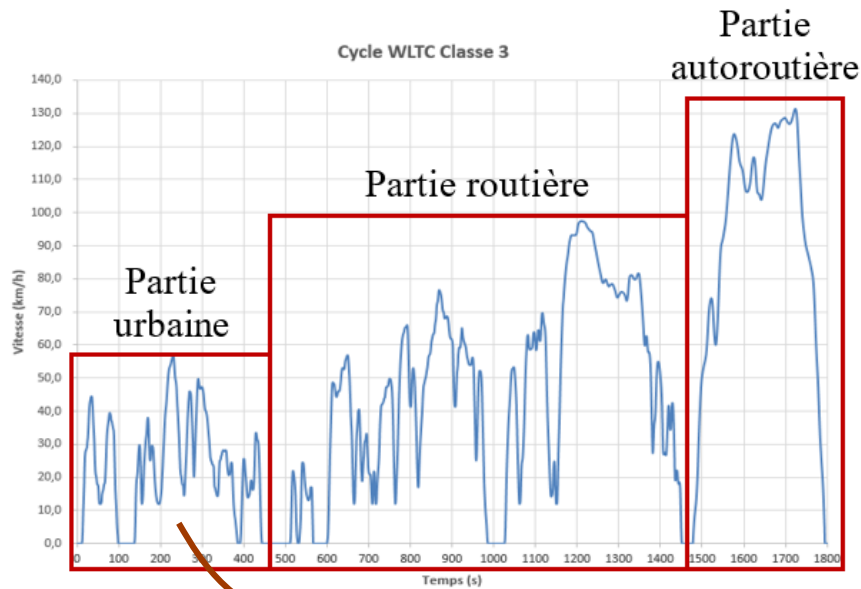
✓ **Manuel** : fonctionnement à vitesse constante et charge constante

⇒ Réglage vitesse et charge moteur par potentiomètres

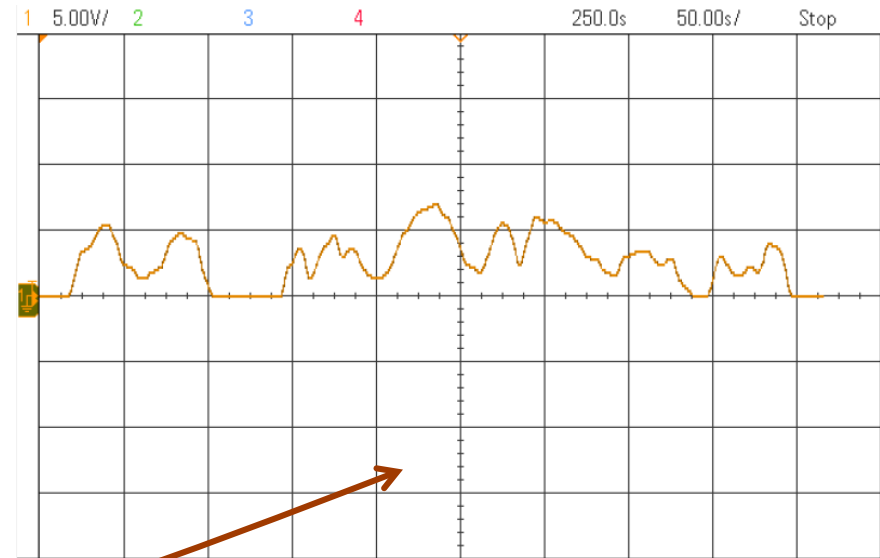
✓ **Automatique** : lancement d'un cycle normalisé (ex WLTC partie urbaine)

2- Présentation du système

Banc d'essais chaîne de traction 48 V



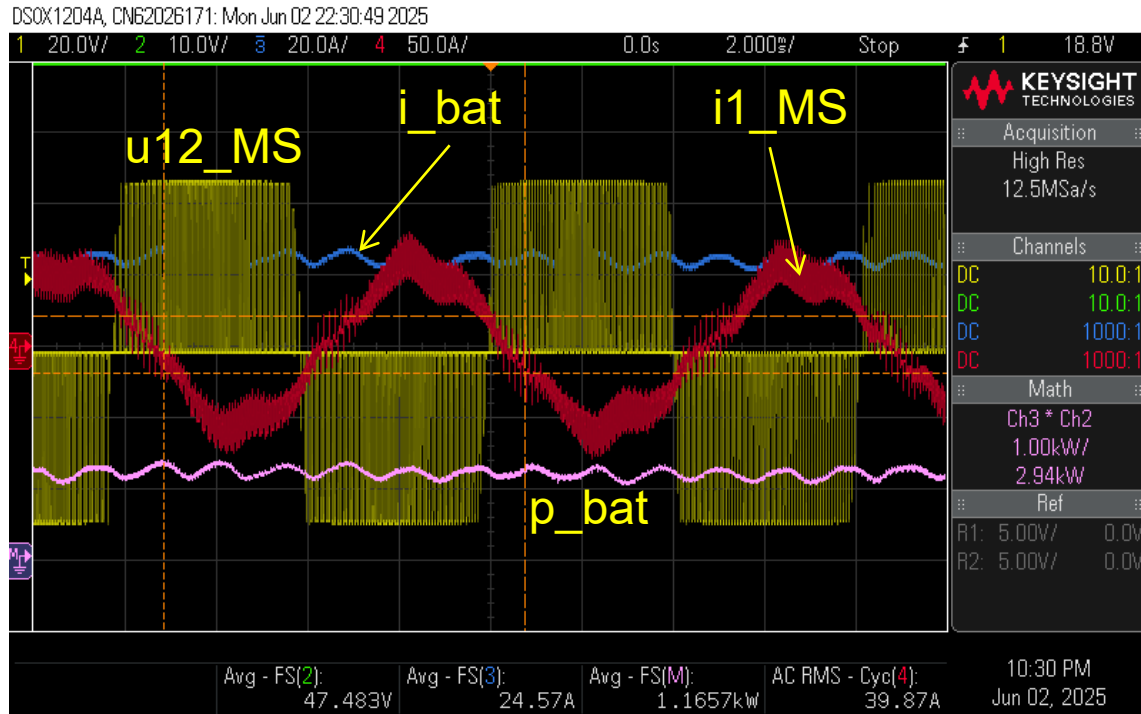
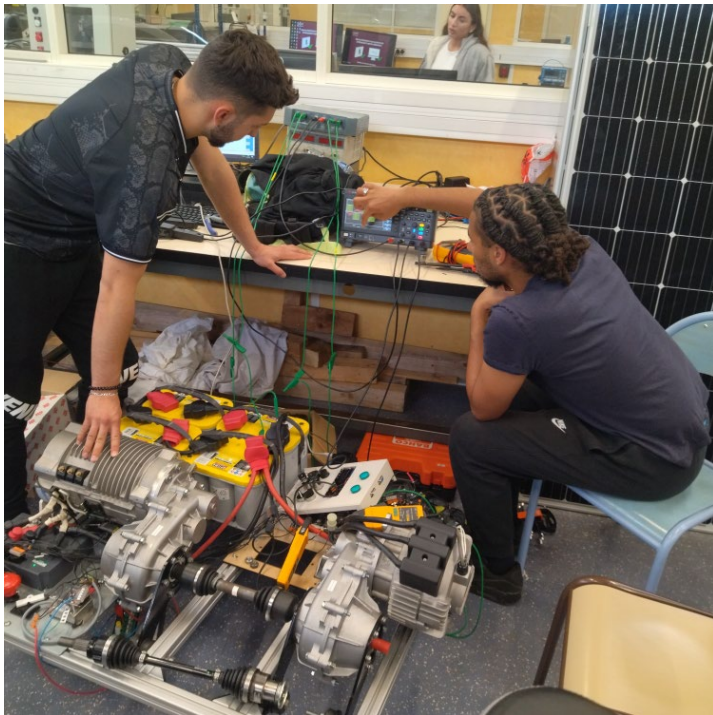
Tension de consigne variateur
(image vitesse moteur)



3- Exploitations pédagogiques

Banc d'essais chaîne de traction 48 V

- ✓ SAE : montage du banc (mécanique, schémas électriques, câblage de puissance et de commande, automatisme)
- ✓ Habilitations électriques VE (B2VL, BCL, BRL, BEL Essais)
- ✓ TP modules conversion statique d'énergie, actionneurs électriques, réseaux de communication



4- Evolutions



Puissance

- ✓ Rajout d'un couplemètre 1000 Nm entre les deux motoréducteurs
- ✓ Achat d'un analyseur de puissance (mesures précises des rendements sous alimentation onduleur)
- ✓ Adaptation du banc pour le moteur de la Citroën Ami



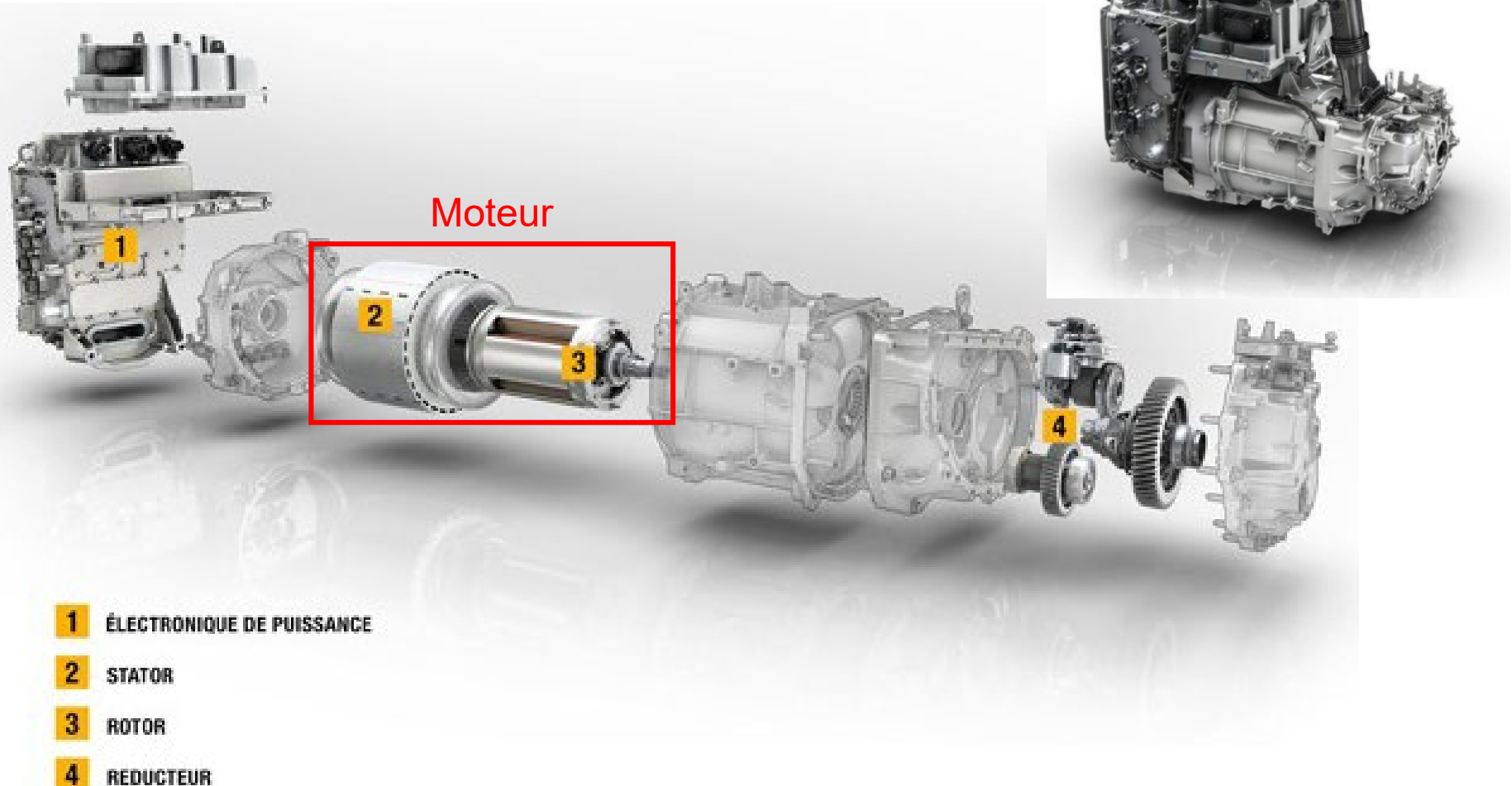
Automatisme

- ✓ Pilotage de la charge active en automatique (suivi d'un cycle)
- ✓ Supervision du banc via site web
 - ⇒ Création de plusieurs pages
 - Choix du véhicule et paramétrages, choix du mode (manuel, automatique), réglages des consignes en manuel
 - vue synoptique avec affichage des différentes grandeurs électriques et mécanique (lecture des données variateur via le bus CAN + capteurs)

5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

Le Groupe Moto Propulseur (GMP)

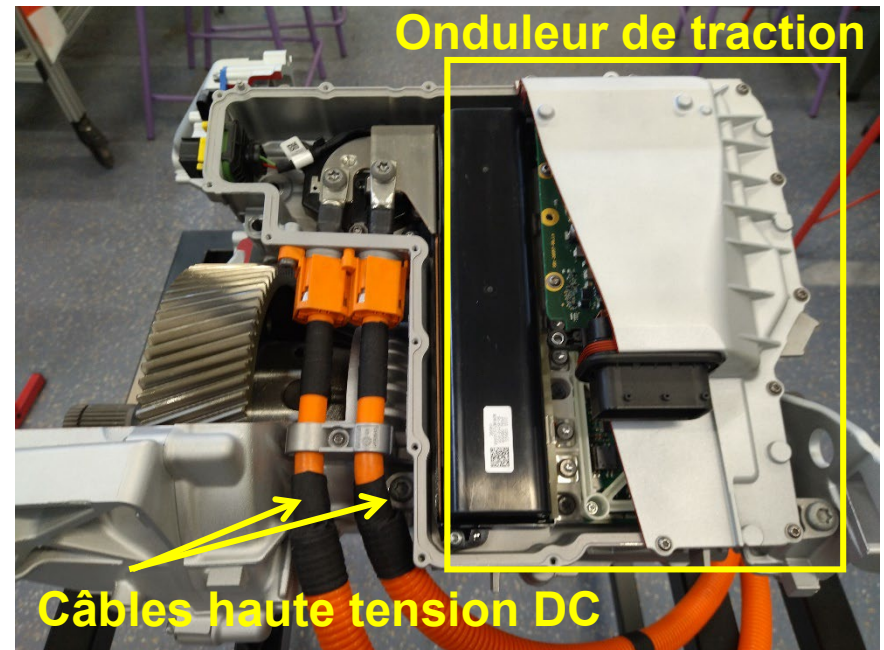
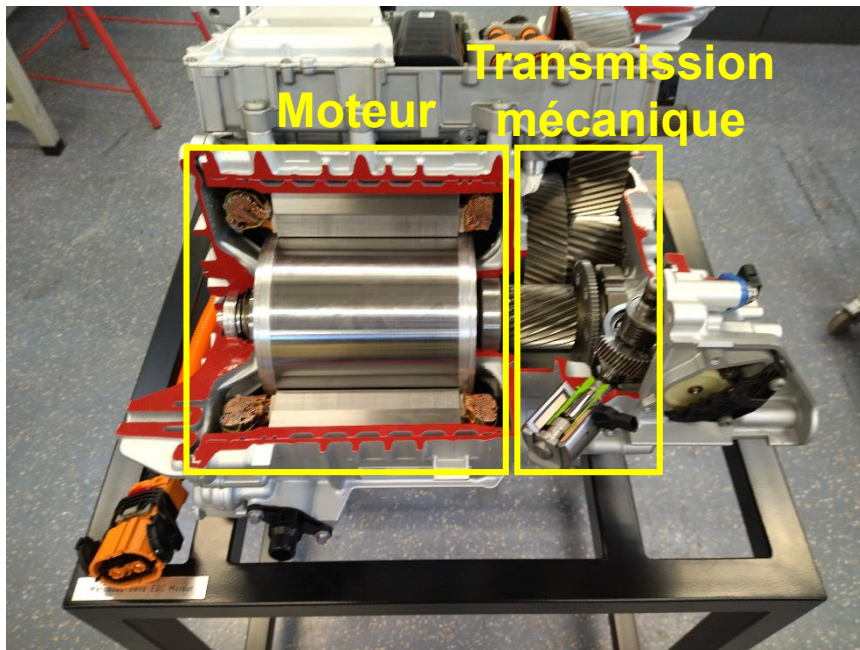
Exemple : le GMP de la Renault Zoé ZE50



5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

Le Groupe Moto Propulseur (GMP)

Exemple : le GMP du SUV Mercedes EQC400

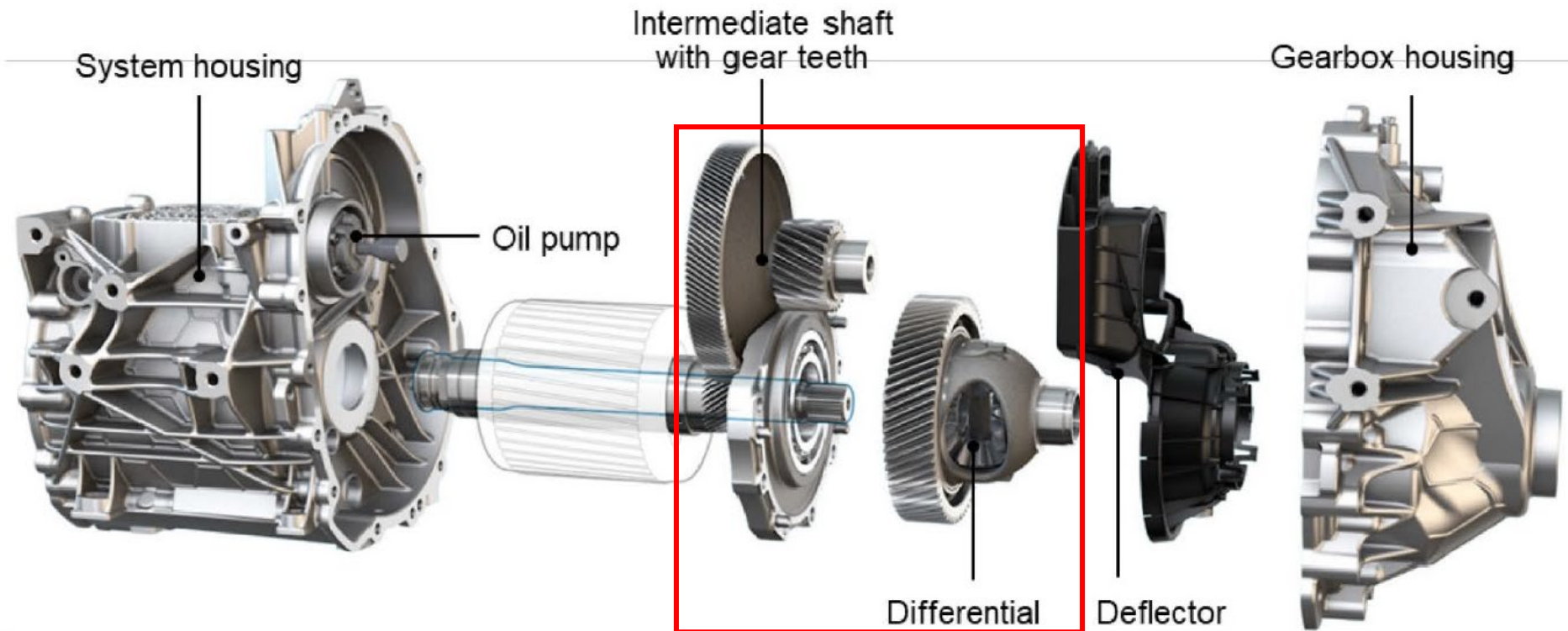


5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

Le Groupe Moto Propulseur (GMP) - Transmission mécanique

Pas besoin d'une boîte de vitesse (manuel ou automatique) : un simple réducteur suffit !

GMP avant de la VW ID4

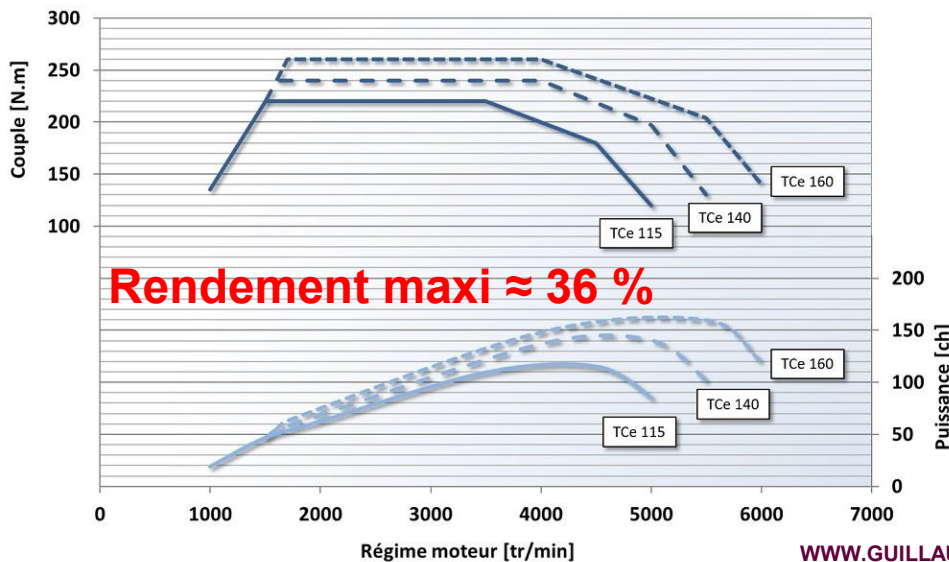


5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

Performances moteurs thermiques vs moteurs électriques

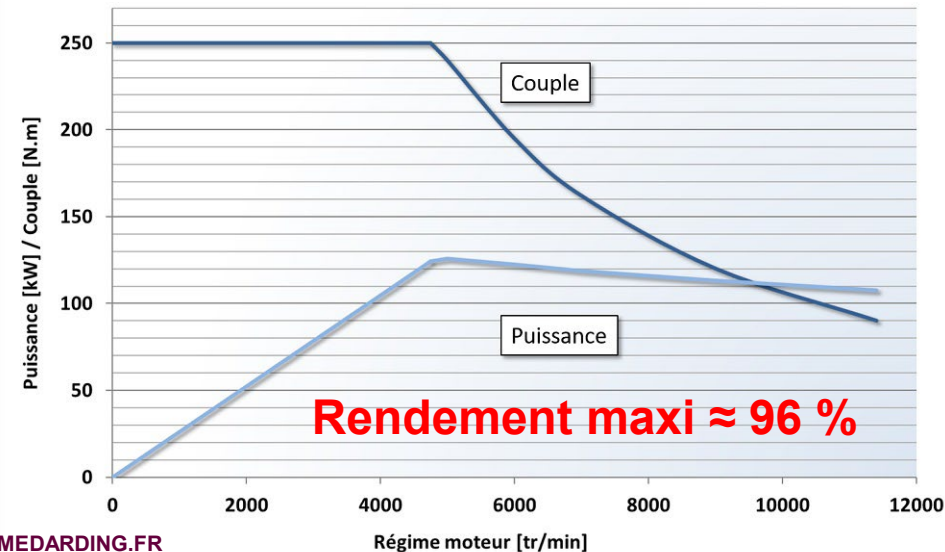
Moteur à essence

Renault 1.3l TCe / Mercedes A 200



Moteur électrique

BMW i3

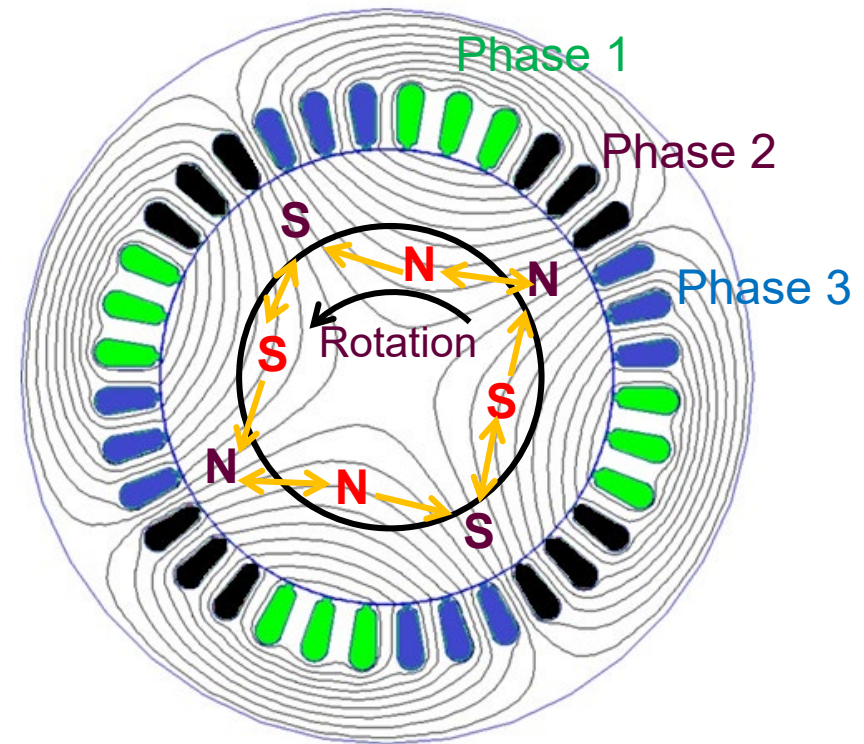


5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

Moteur en traction

Un pôle **N** stator est devant un pôle **S** rotor (dans le sens de rotation)

Un pôle **S** stator est devant un pôle **N** rotor (dans le sens de rotation)

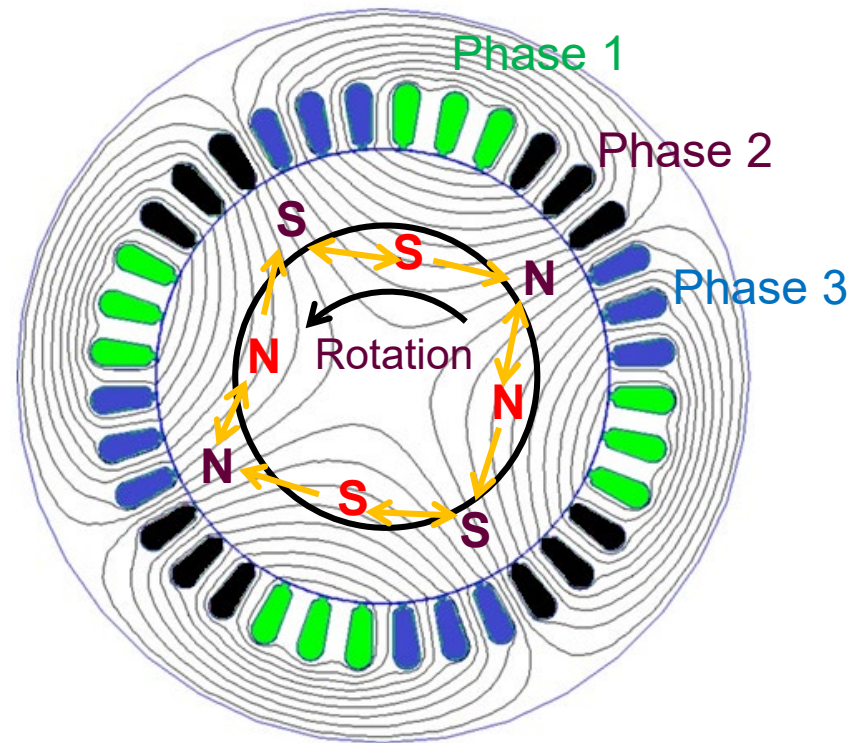


5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

Moteur en freinage

Un pôle **N** stator est derrière un pôle **S** rotor (dans le sens de rotation)

Un pôle **S** stator est devant un pôle **N** rotor (dans le sens de rotation)



5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

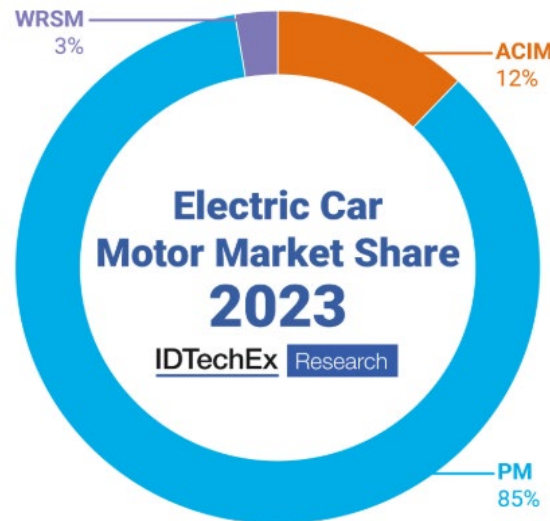
Le rotor

3 manières de créer les pôles magnétiques au rotor :

1 : des aimants **Moteur synchrone à aimants**
(PM Permanent magnet Motor)

2 : des bobines alimentées en courant continu **Moteur synchrone à rotor bobiné**
(WRSM Wound Rotor Synchronous Motor)

3 : une cage conductrice **Moteur asynchrone (ou moteur à induction)**
(ACIM AC Induction Motor)



5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

a- Moteur synchrone à aimants

85 % du parc automobile en 2023

Raisons :

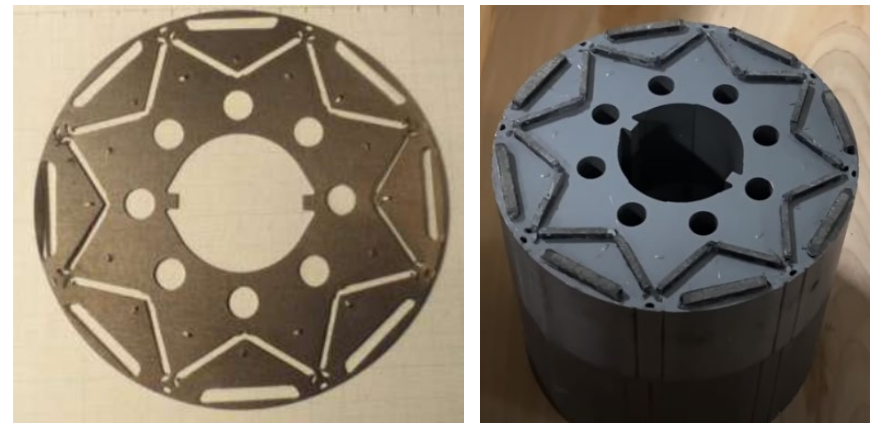
- ✓ Compacité (gros intérêt pour les véhicules hybrides)
- ✓ Très bon rendement sur cycle ce qui donne la meilleure autonomie pour une batterie donnée

Inconvénient : dépendance du marché chinois pour l'approvisionnement des aimants en terres rares

Ex de véhicules :

tous les hybrides, Nissan Leaf, BMW i3, Tesla model 3, VW id3, Peugeot e208, Petite mobilité électrique (VAE, trottinettes : moteurs brushless)

Rotor de la Nissan Leaf

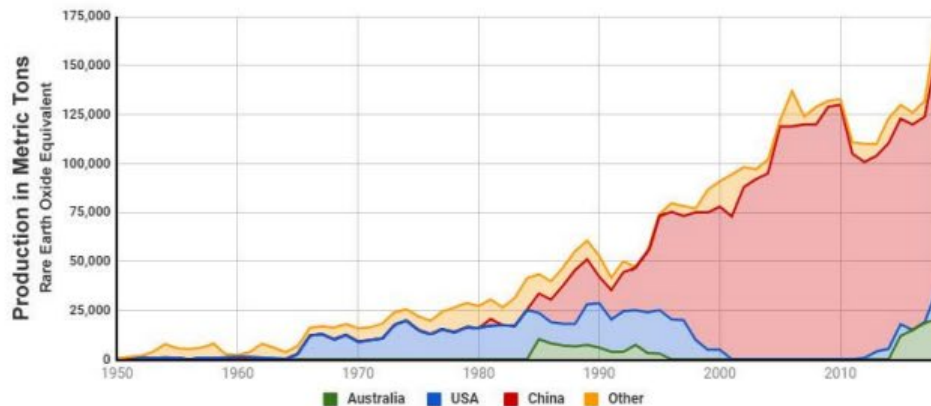


5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

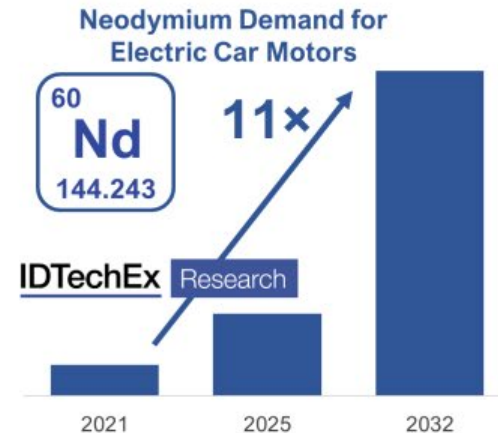
a- Moteur synchrone à aimants

Magnet Price Increase Risk

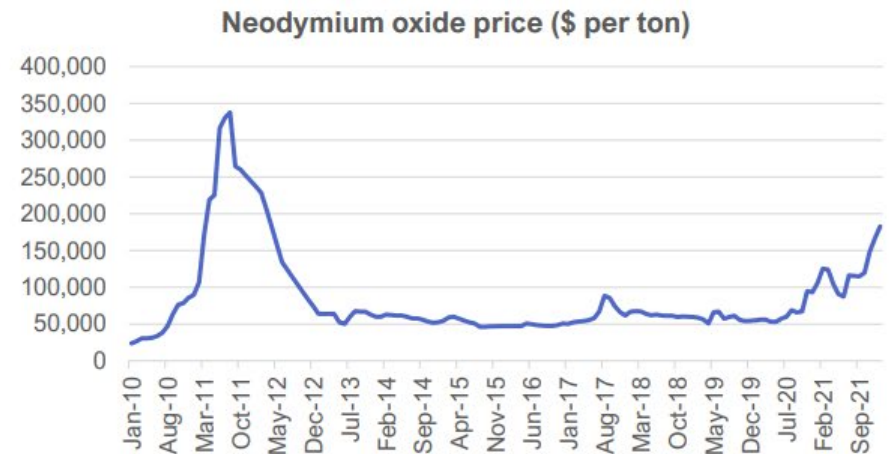
- China is the largest producer of rare-earth metals and hence controls supply and price.
- In 2011/2012 we saw massive price rises.
- Prices settled but are now increasing again.
- IDTechEx expects an 11 fold increase in demand for neodymium from EV electric motors.



Source: Geology.com



Source: *Electric Motors for Electric Vehicles 2022-2032*, IDTechEx



Data source: Trading Economics

5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

B- Moteur synchrone à rotor bobiné

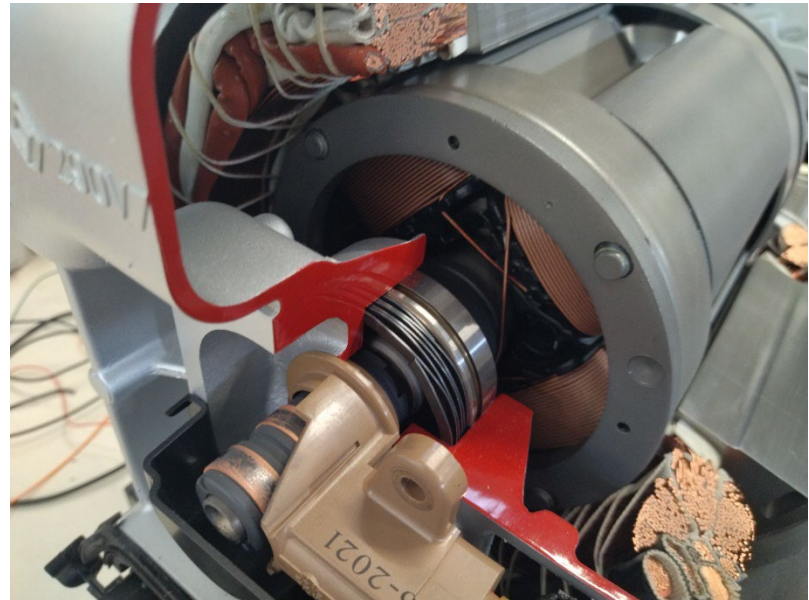
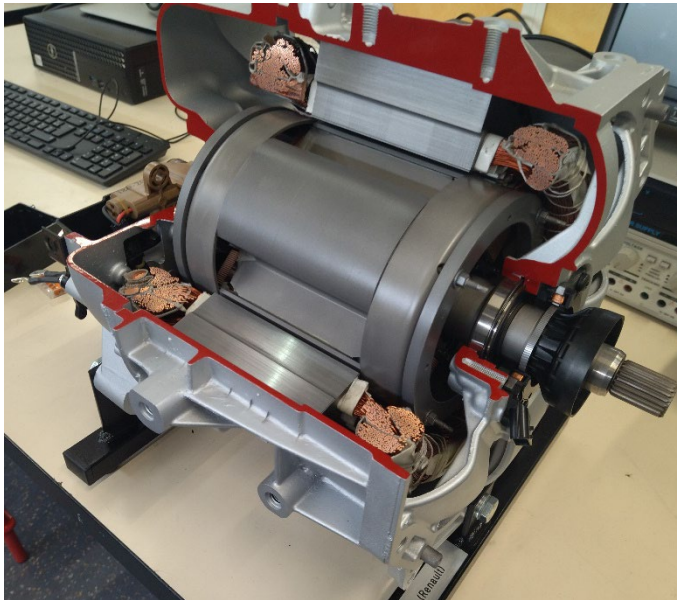
3 % du parc automobile en 2023

Renault et BMW (série des modèles iX après l'i3)

Raisons :

- ✓ Indépendance vis-à-vis du marché chinois pour les aimants en terres rares
- ✓ Très bon rendement sur cycle

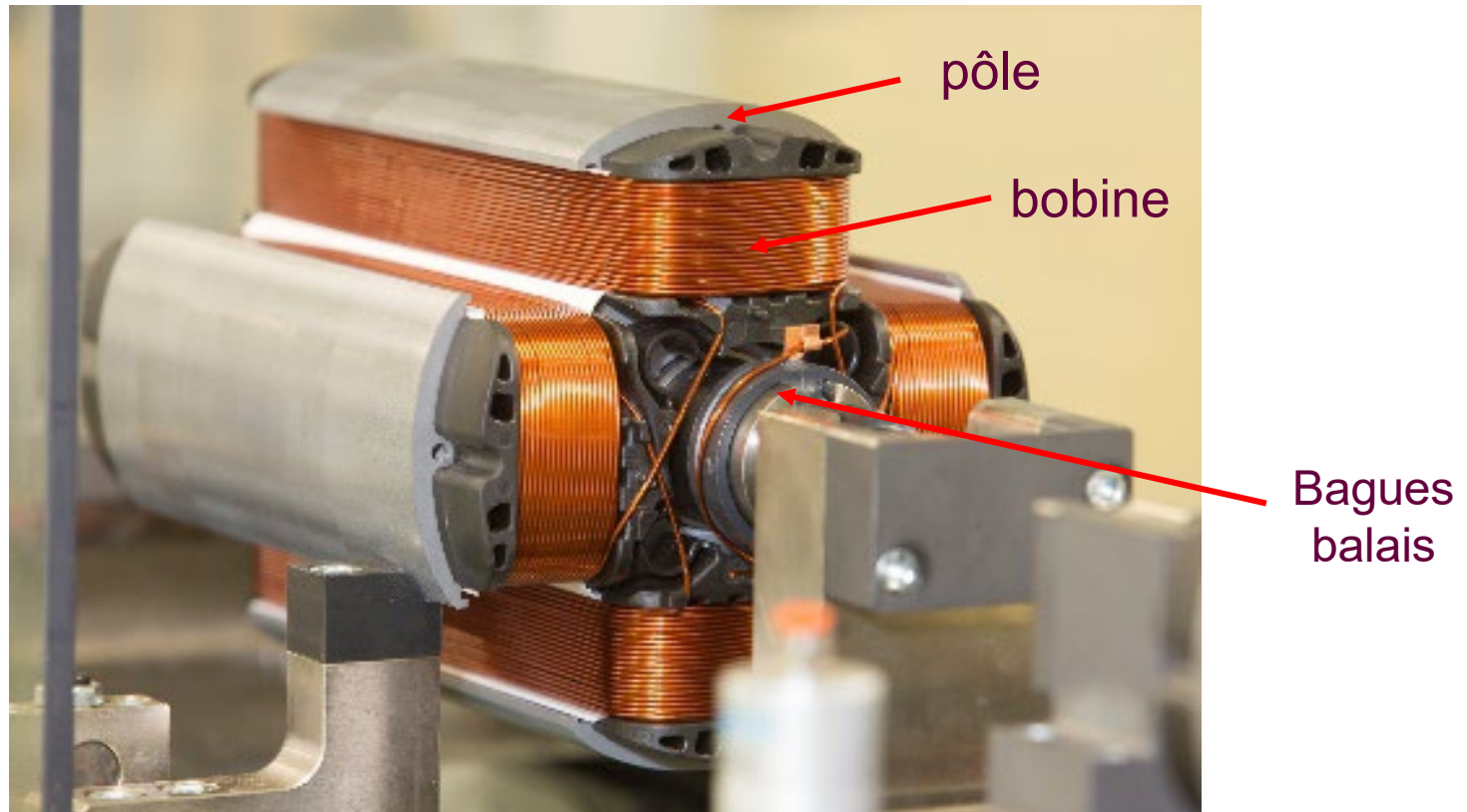
Inconvénient : fabrication plus complexe donc plus couteuse



5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

B- Moteur synchrone à rotor bobiné

Rotor 4 pôles de la Renault Zoé ZE50



5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

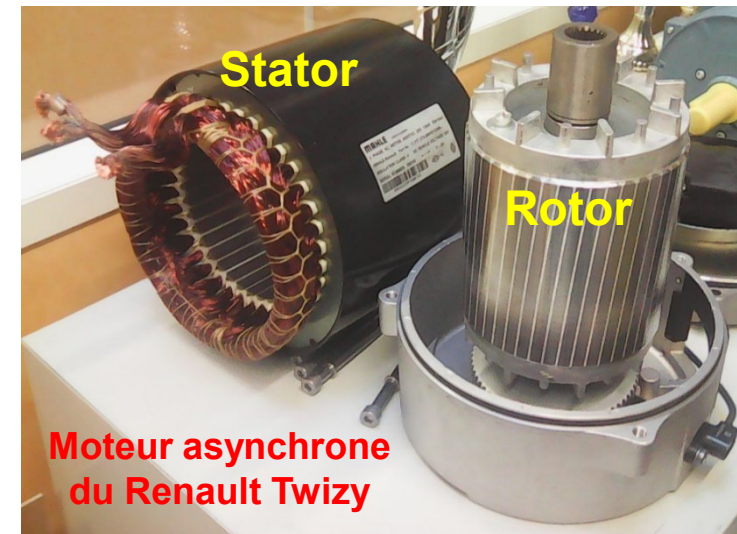
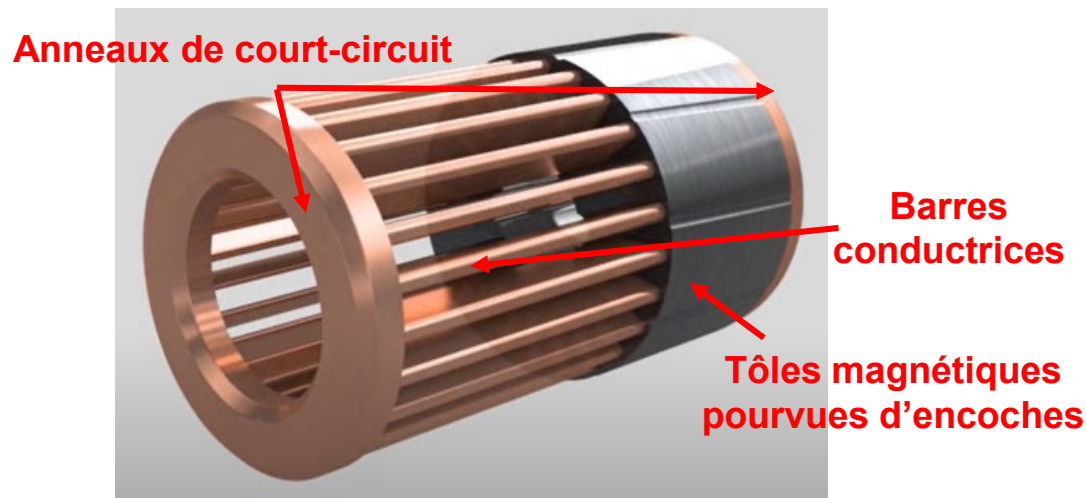
C- Moteur asynchrone

Renault Twizy, Audi, Tesla, Mercedes, VW (en association avec des moteurs synchrones à aimants pour les versions 4 WD)

⇒ Le plus faible coût de fabrication, très robuste, moteur sans aimants donc pas de résistance parasite lorsqu'il n'est pas alimenté

Mais : rendement sur cycle moins bon que les synchrones (aimants / rotors bobinés)

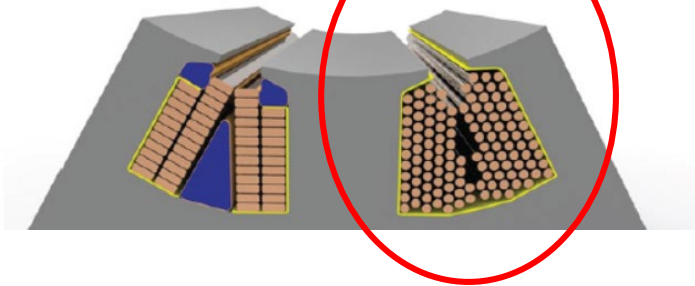
<https://www.audi-mediacycenter.com/de/audimediacytv/video/audi-e-tron-elektromagnetik-e-motor-animation-4843>



5 - Panorama des technologies actuelles de motorisations véhicules électriques

Bobinage du stator

Conducteurs
(méplats ronds)



Le plus utilisé
actuellement

Bobinage classique :

Préparer les différentes bobines à l'aide d'une bobineuse, et les insérer dans les encoches du stator

Bobinage hairpin : fabriquer des épingles à cheveux, et les insérer dans le stator d'un côté, puis les souder de l'autre côté pour constituer les 3 phases

Stator hairpin (épingles à cheveux)
Technologie de bobinage émergente
et en pleine croissance

