



Conférences





Agenda



☐ Ouverture par Marc Mortureux – 9h 

☐ Conférences : Session #1 – 9h30

- PEGAS²E: Modélisation du comportement et du vieillissement d'une batterie
- VITESS: Développement d'une plateforme d'essais batteries virtuels et hybrides
- RECYBAT: Développement d'une plateforme d'expertise pour la réutilisation et la seconde vie des batteries



☐ Discours et inauguration du GTC – 11h30

☐ Cocktail et visite du nouveau centre d'essais – 12h30

☐ Conférences : Session #2 – 14h30

- LABCOM: CRITTM2A et LSEE – Projet MYEL
- OECTE: Optimisation énergétique de la chaîne de traction électrifiée



SYTEC 2023

**INAUGURATION DU GIGA TEST CENTER
CRITT M2A**

3 octobre 2023

La PFA rassemble les acteurs de l'industrie automobile en France afin de définir et exécuter sa stratégie et de défendre ses intérêts dans une logique de filière

L'industrie automobile en France

3500 entreprises

350 000 emplois

7 milliards € de dépenses en R&D

1^{ère} industrie en termes de dépôts de brevets

La PFA (*"Plateforme de la Filière Automobile"*)

Grandes entreprises



Fédérations



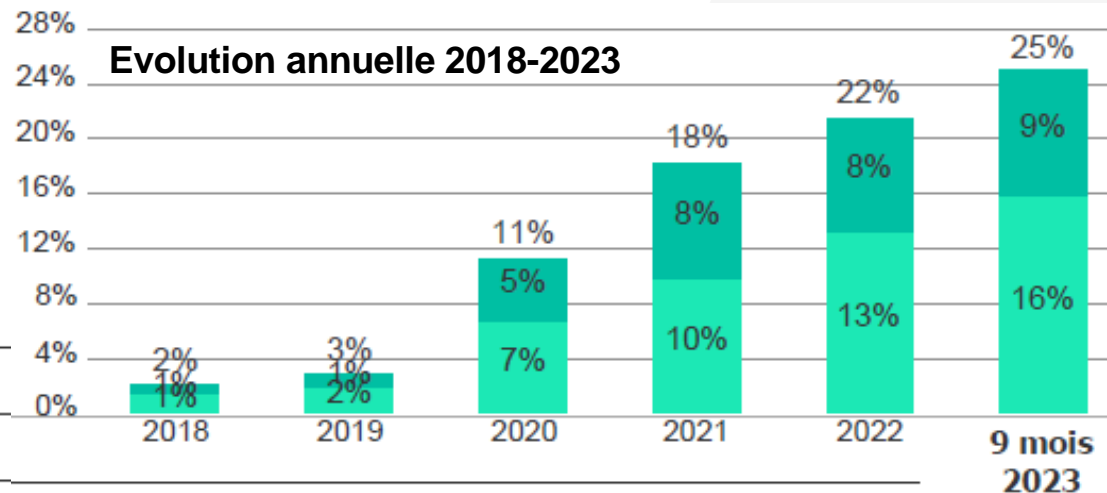
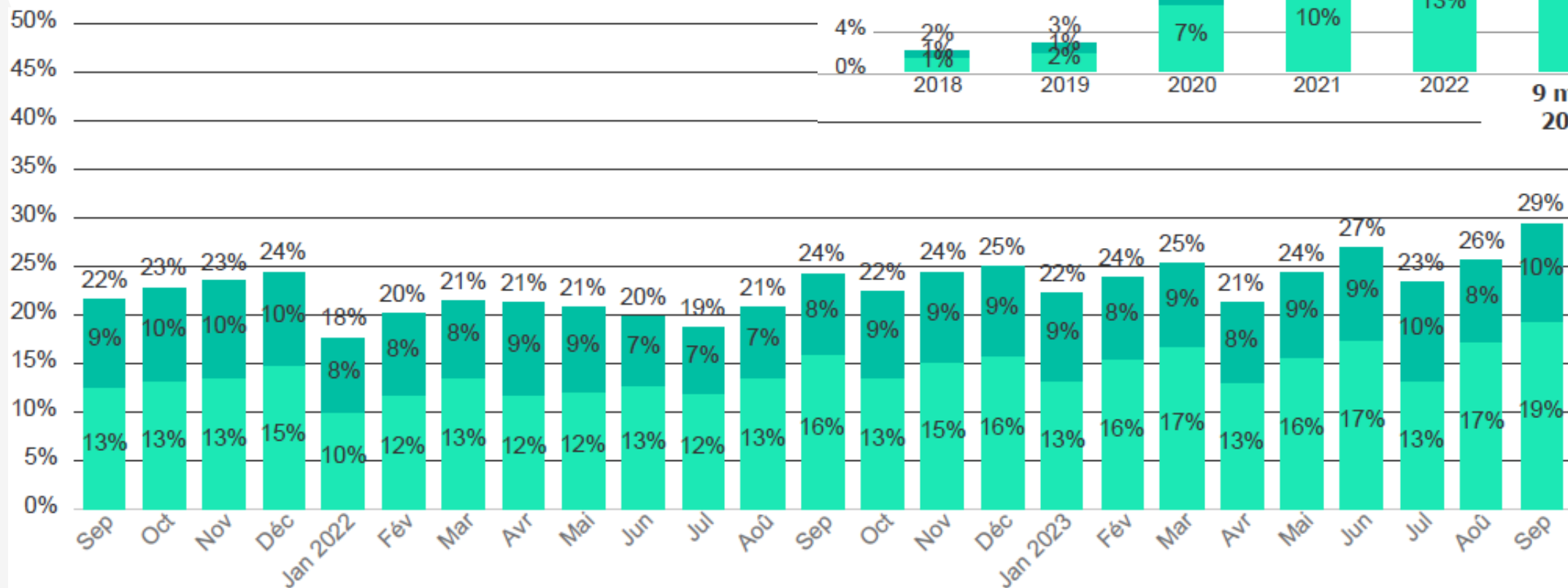
Partenaires régionaux



Marché français (VP) : part électrique (dont hydrogène) et hybrides rechargeables

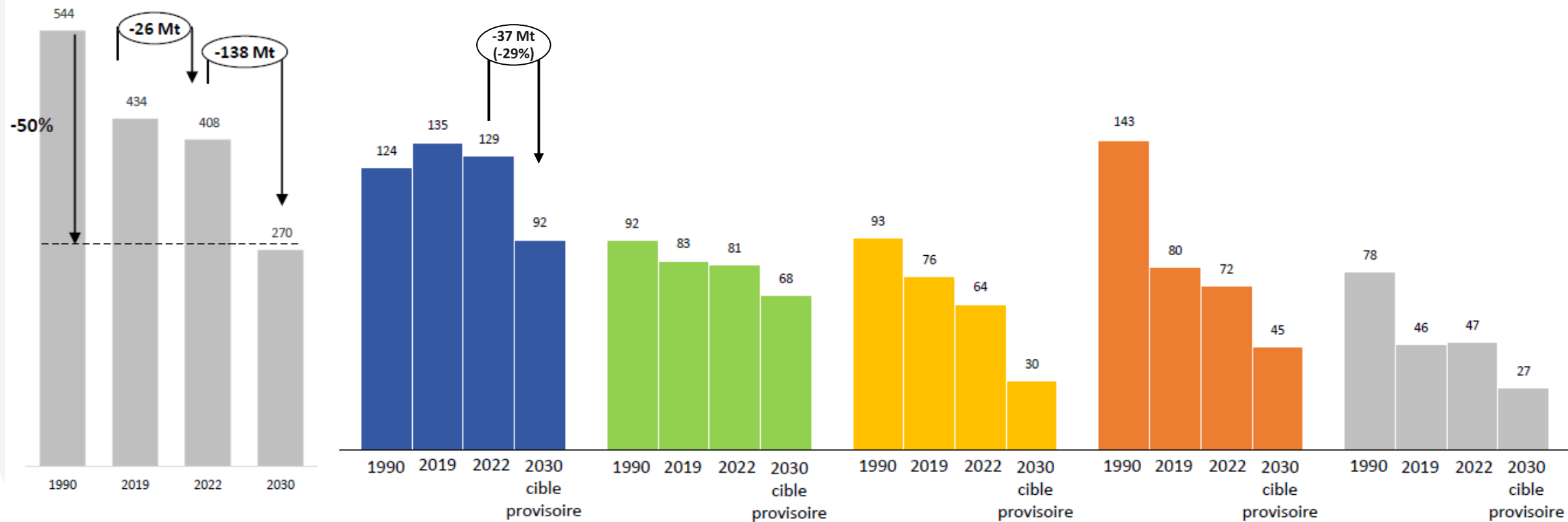
Evolution mensuelle 2021-2023 (2 ans glissants)

- Hybrides rechargeables
- Electriques (dont hydrogène)



Les transports doivent faire leur part dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre en France pour atteindre les objectifs en 2030

EMISSIONS ANNUELLES DOMESTIQUES DE GES RÉALISÉES EN 1990, 2019 ET 2022, RÉSULTATS PROVISOIRES DES SIMULATIONS 2030 | MT CO2 EQ



Total

Transport

Agriculture

Bâtiments

Industrie

Energie

Note: Transports hors soutes internationales

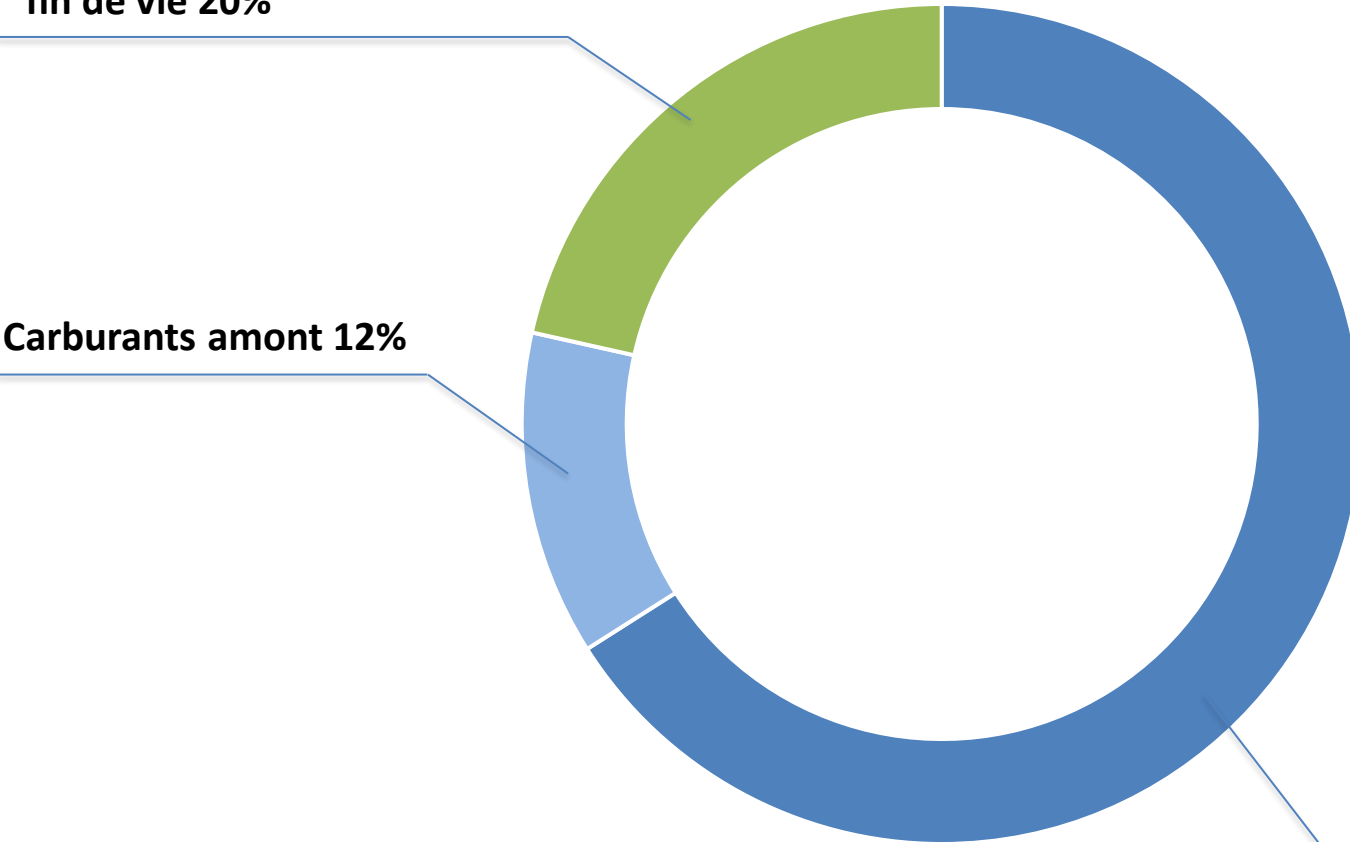
Source: CITEPA; SGPE (secrétariat général à la planification écologique)

Une vision à 360°

Panorama des émissions de la chaîne de valeur automobile

Production (pièces et matières),
fin de vie 20%

Carburants amont 12%



Empreinte carbone:

Un ratio 80% empreinte à l'usage / 20% en phase de fabrication

En empreinte, la phase la **plus émettrice de GES** est la **phase d'utilisation du véhicule**. Les **deux tiers des émissions** proviennent de la combustion du carburant dans le moteur (émissions à l'échappement ou à l'usage).

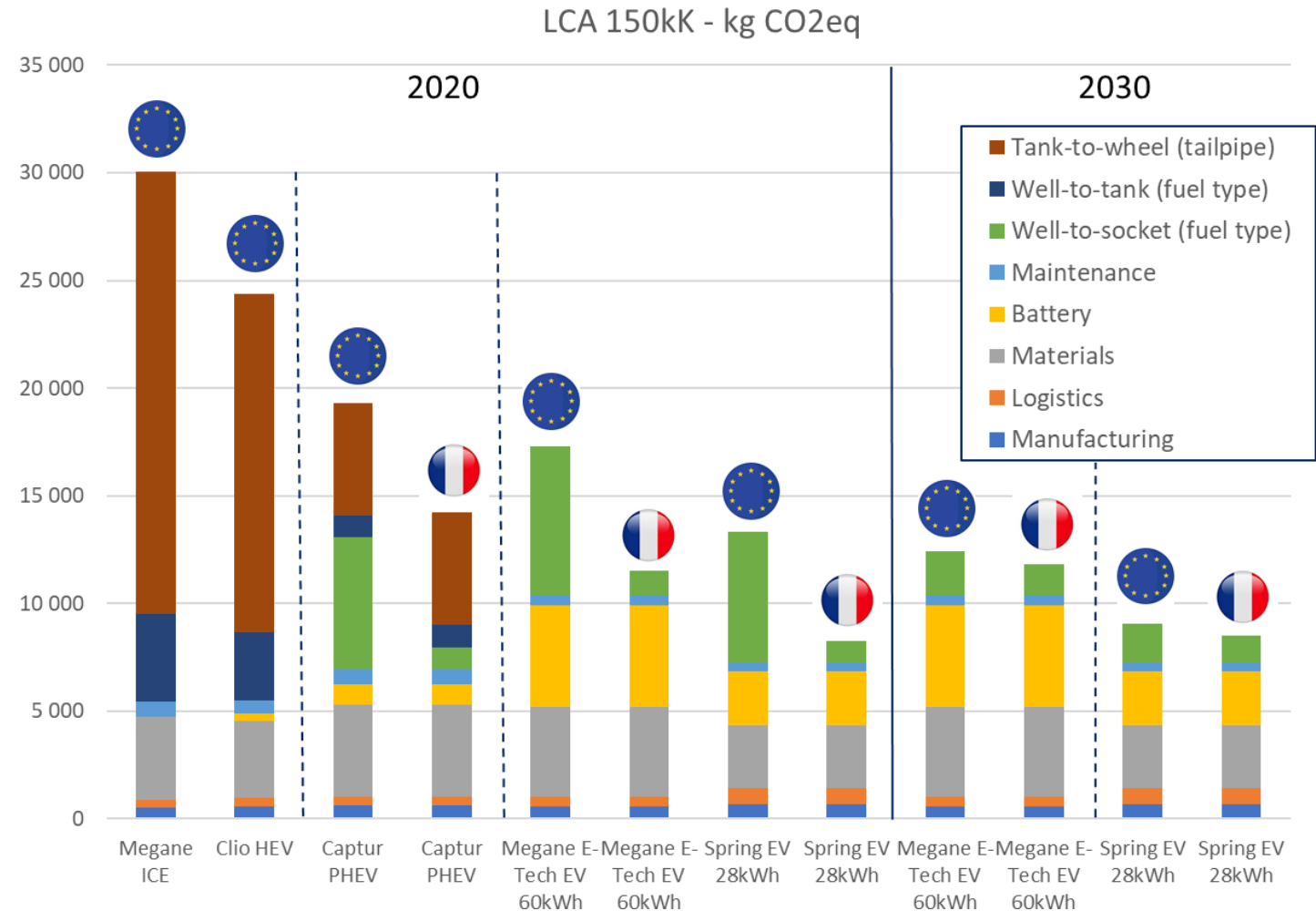
La **phase de fabrication** représente environ **20 % des émissions à date**

Usage des véhicules 66%

Vehicle LCA - PWT comparison and Electricity mix

- Objective : Bench and identification of levers for CO2 emission.

1. Segment * PWT
2. Geographic area
3. Trend

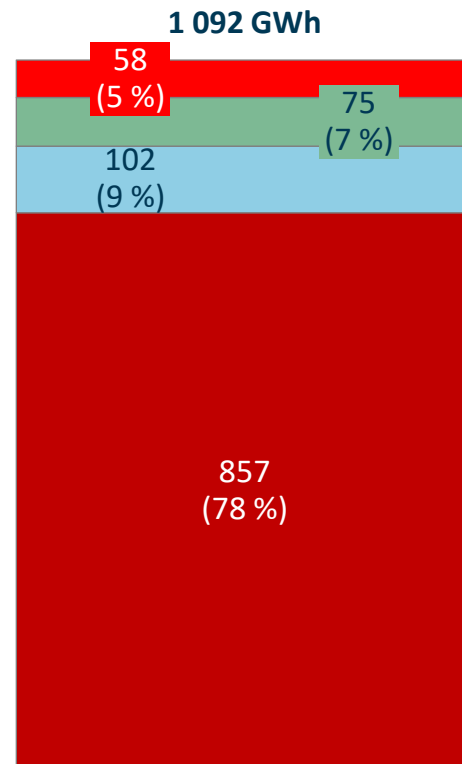


NB : internal calculations to illustrate diversities. Critical reviews not yet done pour all models.

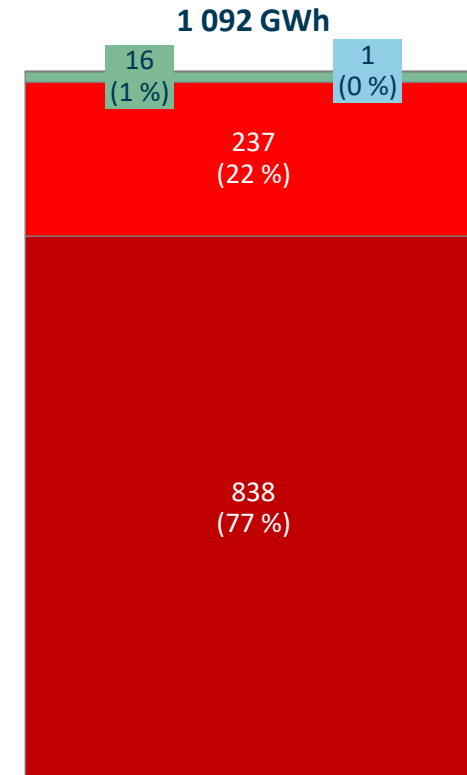
78% of the Global 1092 GWh Battery Manufacturing Capacity was based in China in 2022. Japanese & Korean manufacturers have set up plants in Europe and NA.

Battery Manufacturing Capacity – Per Region and Per Manufacturer Original Region.

BATTERY MANUFACTURING CAPACITY INSTALLED PER REGION |
GWh, Worldwide, 2022, Lithium Ion Battery



BATTERY MANUFACTURING CAPACITY INSTALLED PER MANUFACTURER
COUNTRY OF ORIGIN | GWh, Worldwide, 2022, Lithium Ion Battery



2022

China NAFTA Japan & Korea
Europe ROW

2022

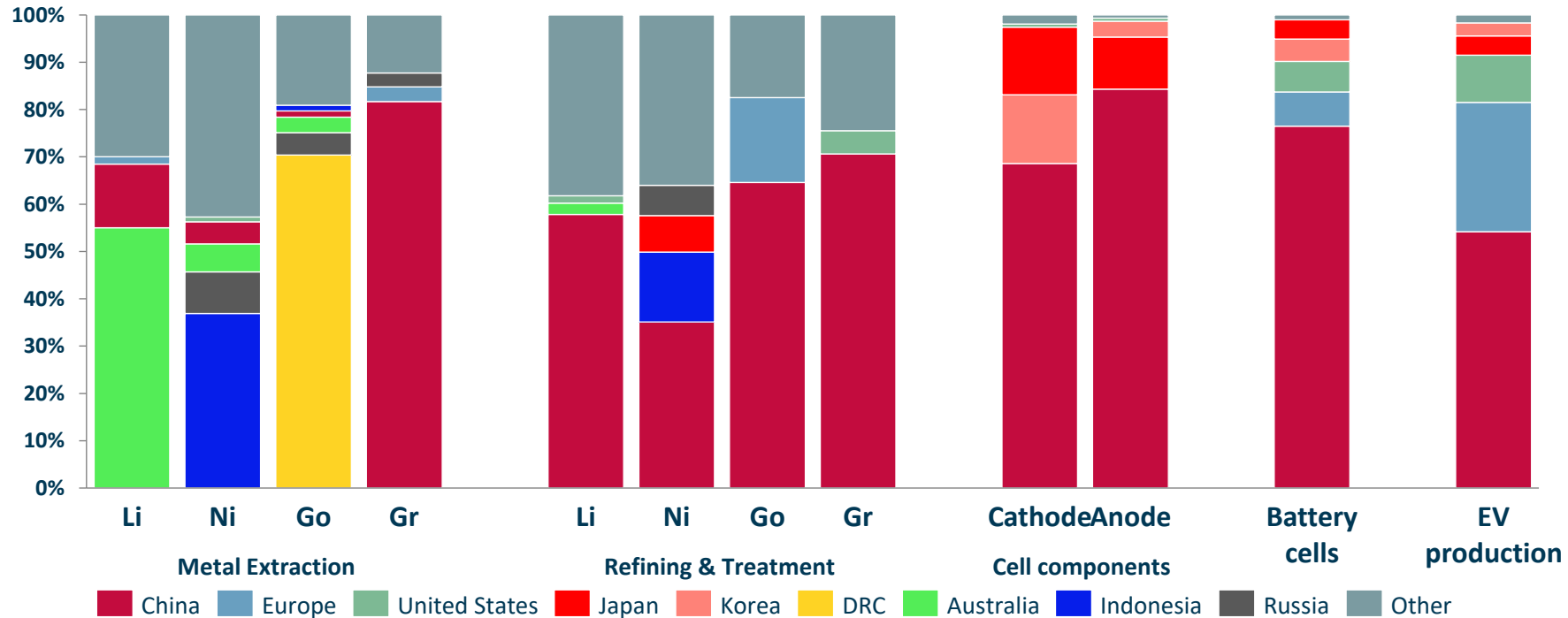
IN 2022, CHINESE CELL MANUFACTURERS STILL OPERATE MOSTLY IN CHINA

Note: The Tesla & Panasonic Gigafactory in Nevada is referenced as a Panasonic factory in the right bar Chart
Source: Strat Anticipation Bottom-Up Approach

Australia, Indonesia, & Democratic Republic of Congo dominate mining, but China dominates completely the downstream supply chain especially refining & cell parts.

Battery Supply Chain | Key Minerals | Overview

GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF THE GLOBAL EV BATTERY SUPPLY CHAIN, FROM THE IEA | Kg & %, Worldwide, 2021 & 2022, TNE



SUPPLY CHAIN GEOGRAPHY: CHINA IS THE LARGEST PROCESSOR OF LITHIUM, NICKEL, COBALT AND GRAPHITE, AS WELL AS THE TOP PRODUCER OF BATTERY CELL COMPONENTS AND CELLS BY A WIDE MARGIN. CHINA IS ALSO THE LARGEST PRODUCER OF GRAPHITE. EUROPE AND THE U.S. HAVE PLANS TO PLAY LARGER ROLES IN BATTERY MANUFACTURING, BUT THE IEA AND STRAT ANTICIPATION EXPECT CHINA TO REMAIN THE DOMINANT BATTERY PLAYER THROUGH 2030. INDONESIA HAS PLANS TO DEVELOP ITS BATTERY SUPPLY CHAIN THANKS TO NICKEL RESOURCES

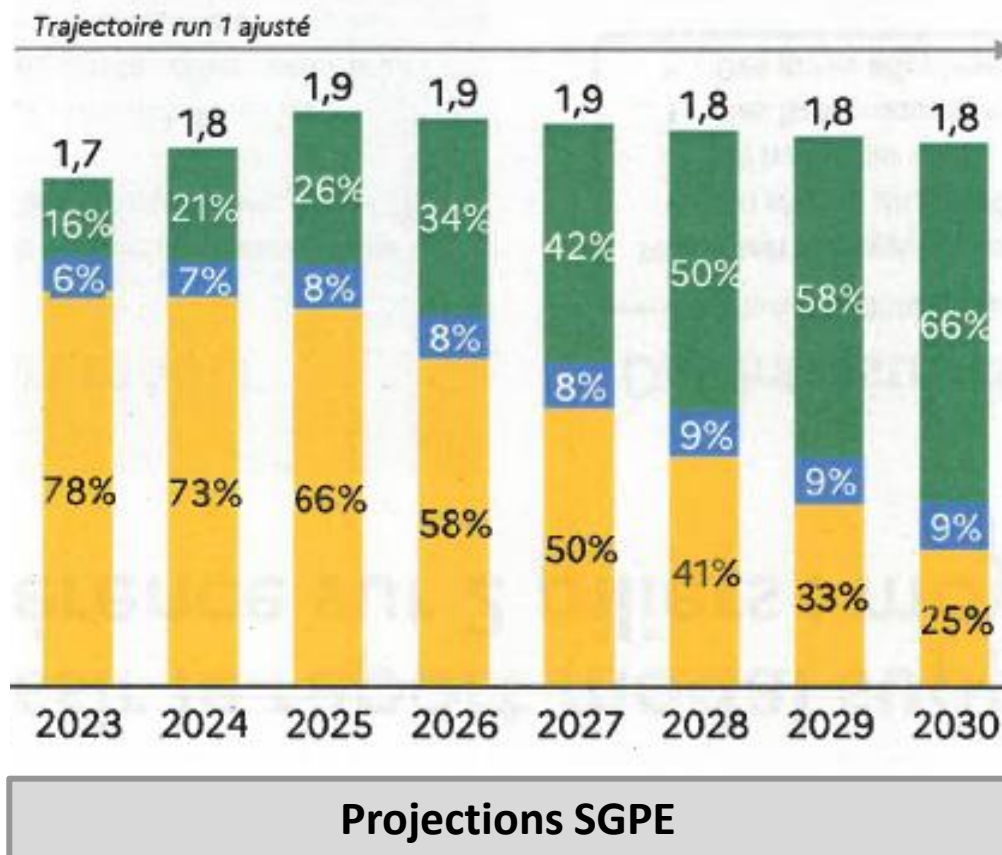
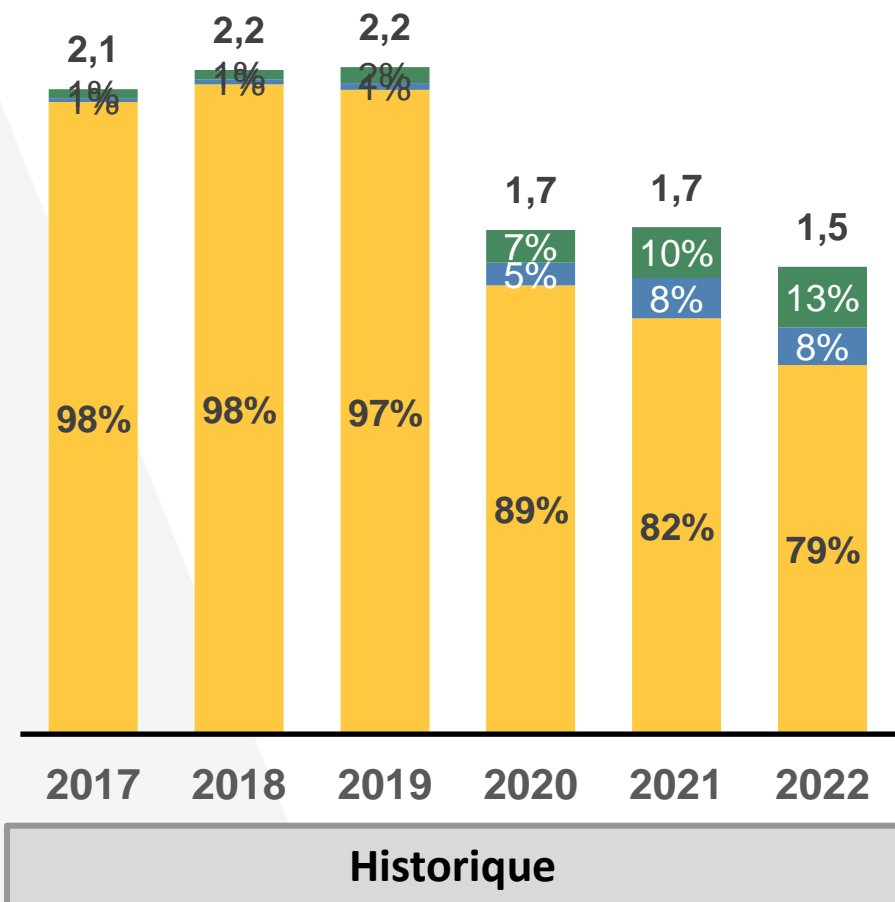
Source: Strat Anticipation Analysis, Transport and Environment (via Visual Capitalist), International Energy Agency. Note: Li = lithium, Ni = nickel, Co = cobalt, Gr = graphite.

La progression des VP électrifiés (BEV et PHEV) a dépassé les objectifs du CSF 2018-2022 mais la trajectoire à 2030 est encore beaucoup plus ambitieuse

MARCHÉ MENSUEL DE VÉHICULES NEUFS (VP), PARTS DE MARCHÉ DES MOTORISATIONS |

EN MILLIONS D'UNITÉS, %

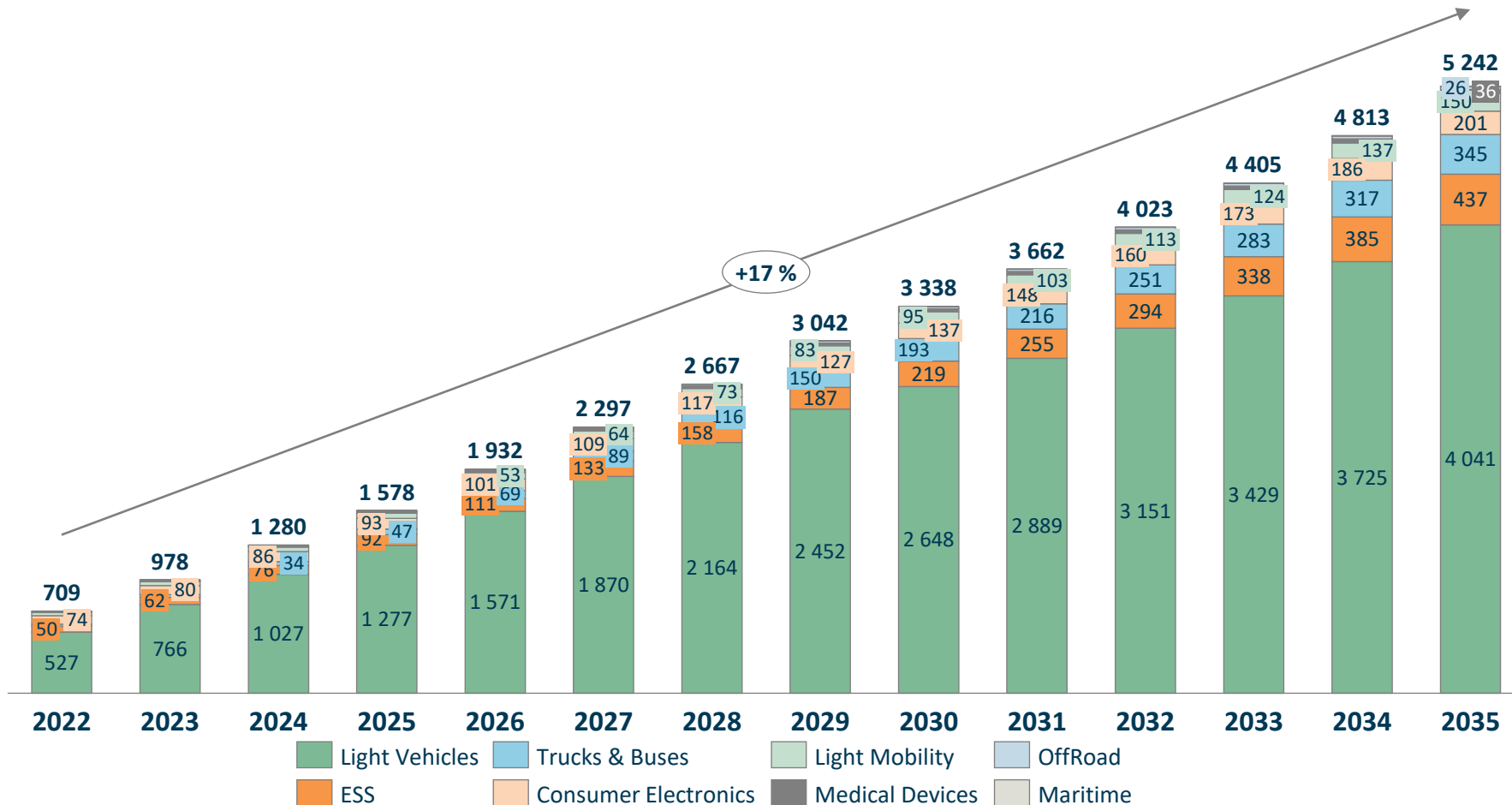
Rappel : sous-jacent de la trajectoire VP, 66% de pdm VE en 2030, soit 700k/an en moyenne sur la période



Global demand reaches 3.3 TWh by 2030 & 5.2 TWh by 2035 with light vehicles representing 80% of demand in 2030 & 77% in 2035

Baseline Scenario - Global Battery demand by Market Segment

BASELINE SCENARIO - LITHIUM & NA-ION BATTERY DEMAND PER APPLICATION MARKET | GWh, Worldwide, 2022 – 2035

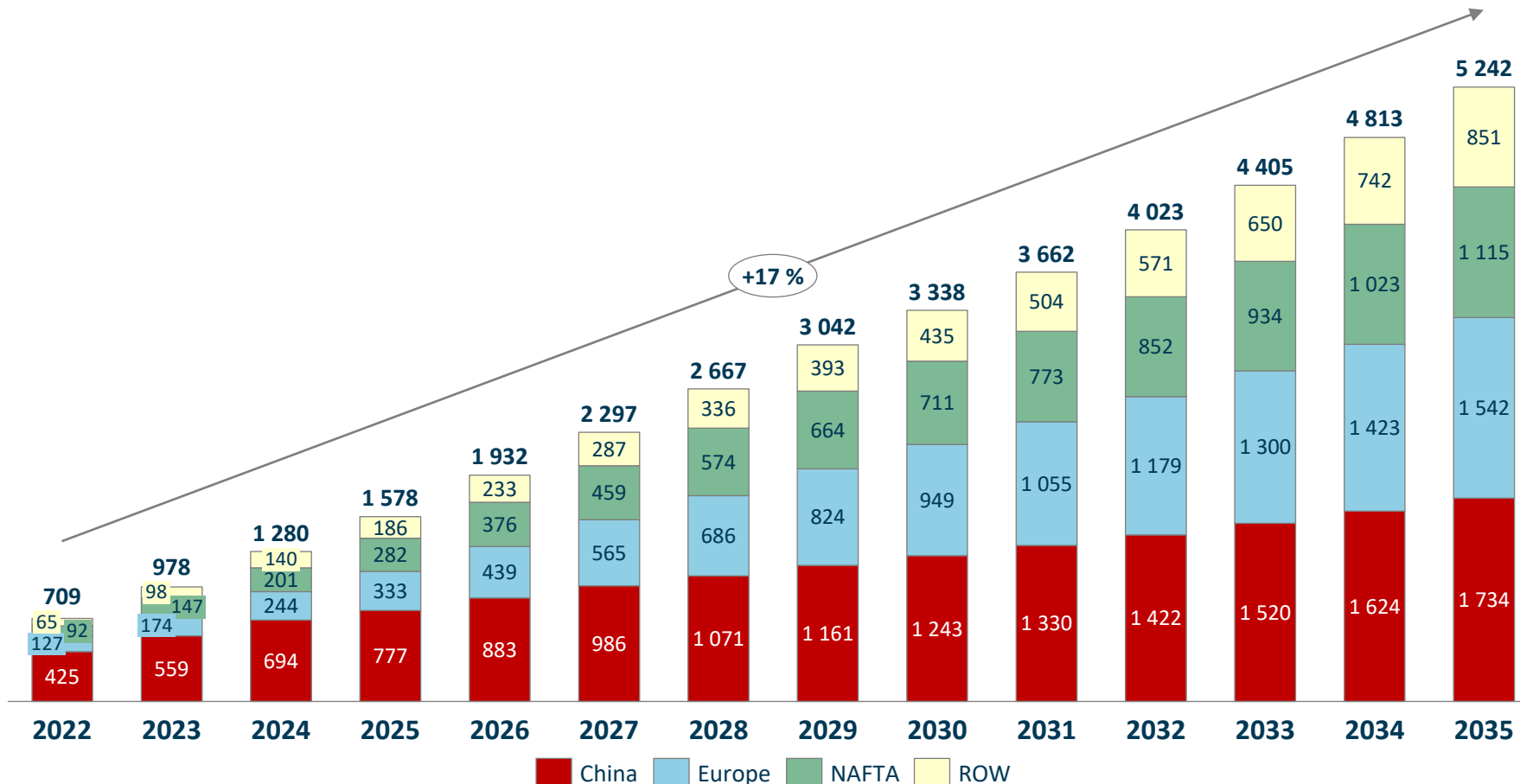


Source: Strat Anticipation Research & Analysis, LMCA 2023

China is expected to stay market leader for battery demand. Its market share of 57% in 2023 will decrease to 33% in 2035. EU will move into second place before NA

Baseline Scenario - Global Battery demand by Region

BASELINE SCENARIO - LITHIUM & NA-ION BATTERY DEMAND PER REGION | GWh, Worldwide, 2022 – 2035

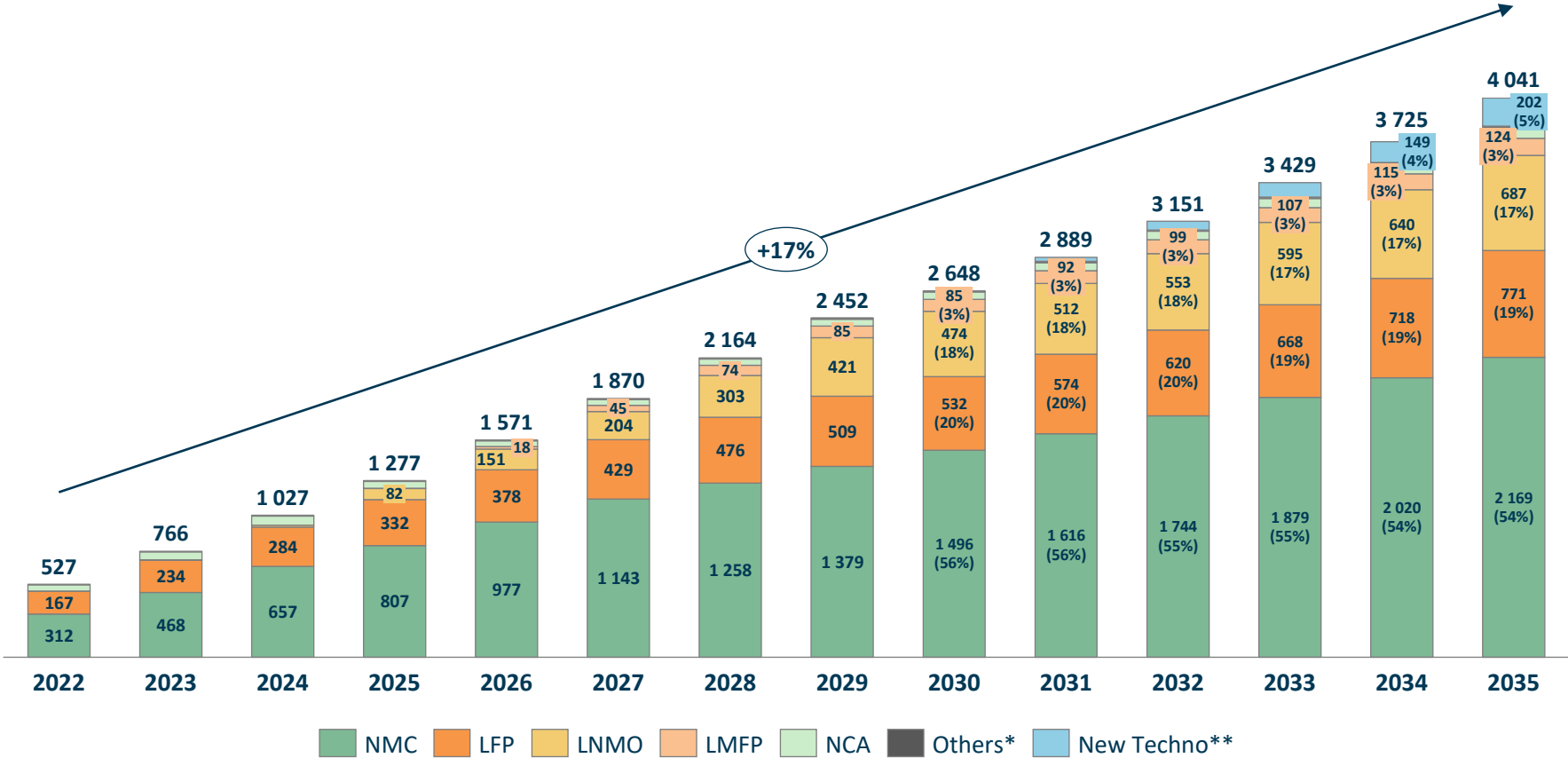


Source: Strat Anticipation Research & Analysis, LMCA 2023

NMC & LFP, the current dominant Li-ion battery technologies, will face competition from Co-free, Ni & Mn rich chemistries such as NMX, LMFP, LNMO & LMR after 2025.

Baseline Scenario - Worldwide Electrified Light vehicle battery demand forecasts by Cathode Chemistry

ELECTRIFIED LIGHT VEHICLE BATTERY DEMAND PER CATHODE CHEMISTRY (INCLUDING VANS AND LIGHT TRUCKS) | # GWh, 2022 – 2035



*Others include NiOH, LMO, LTO

**New techno covers Na-Ion, Li-Metal, SSB

Note: LNMO refers to Cobalt Free Nickel Magnesium cathodes. These cathodes can be Manganese Rich as the one developed by Powerco for VW, with high-purity Nickel as developed by ACC for Stellantis, or using Aluminium.

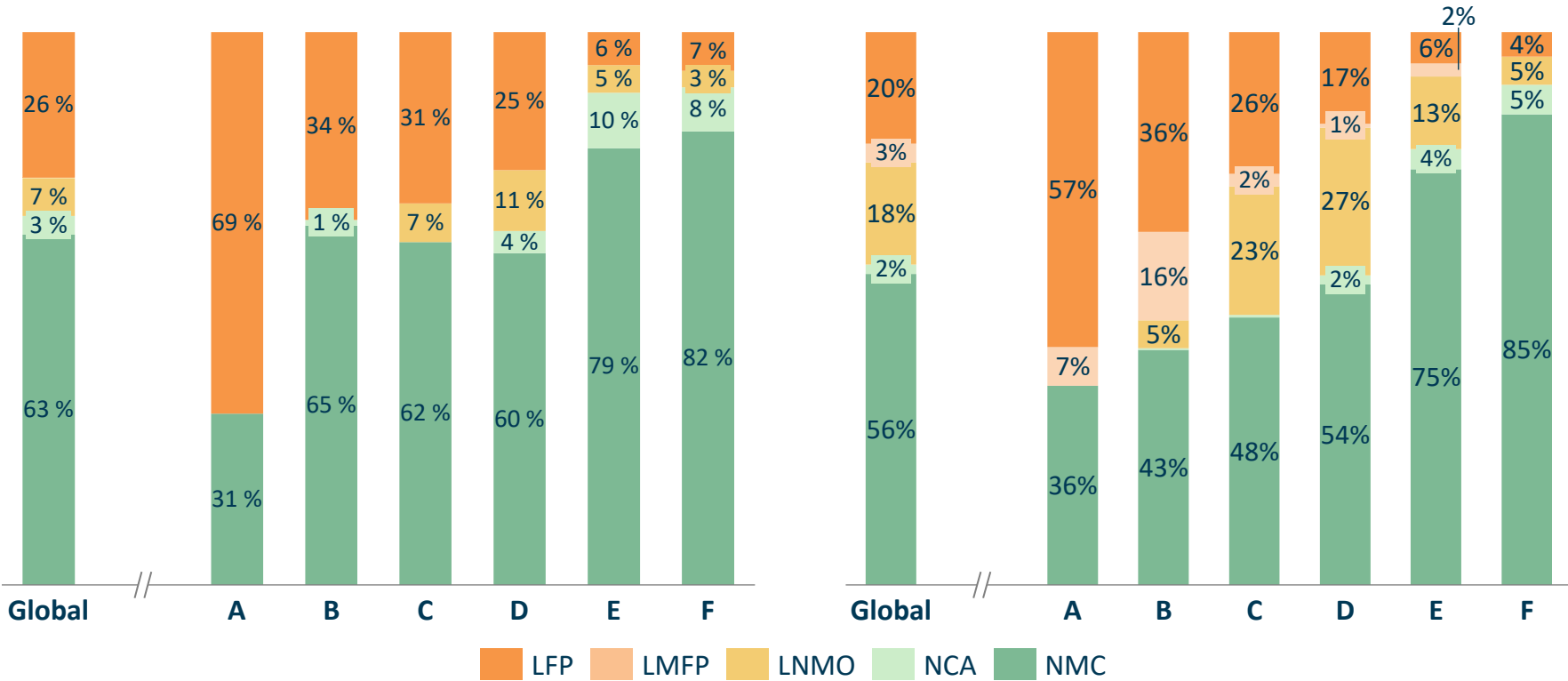
Source: LMCA 2023 for number until 2030, Strat Anticipation analysis for 2031-2035

NMC remains dominant and excels in high-class vehicles. LFP is overrepresented in Class A&B vehicles, and Manganese-rich cathodes target Class C & D markets.

Distribution of chemicals used by vehicle type

2025 BATTERY CATHODE CHEMISTRY BY BEV SEGMENTATION |
In % of Gwh within each segment of vehicle, 2025

2030 BATTERY CATHODE CHEMISTRY BY BEV SEGMENTATION |
In % of Gwh within each segment of vehicle, 2030



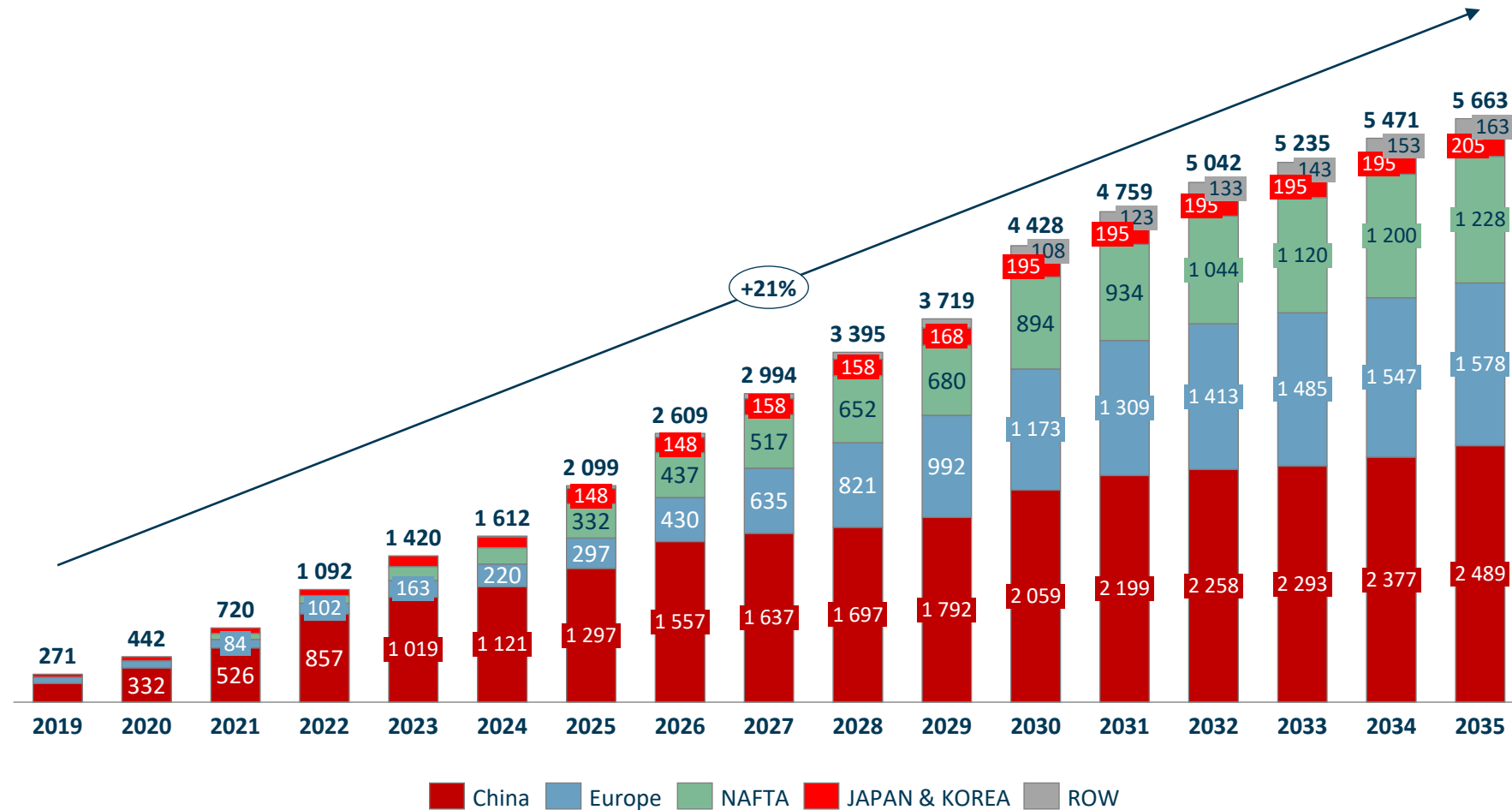
EACH CLASS USES ALMOST ALL TECHNOLOGIES, BUT SOME APPLICATIONS TARGET MORE SPECIFIC TECHNOLOGIES

Source: LMCA 2023, Strat Anticipation Research & Analysis

Total global capacity announcements reached 4.4 TWh by 2030 & 5.7 TWh by 2035 with China & Europe together accounting for 72% of announcements in 2035.

Worldwide battery cell production capacity announcement per region

BATTERY CELL PRODUCTION CAPACITY ANNOUNCEMENT PER REGION | # Through Roll Out Analysis, GWh, 2019 – 2035





Source: Strat Anticipation Bottom-Up analysis & Risk Model

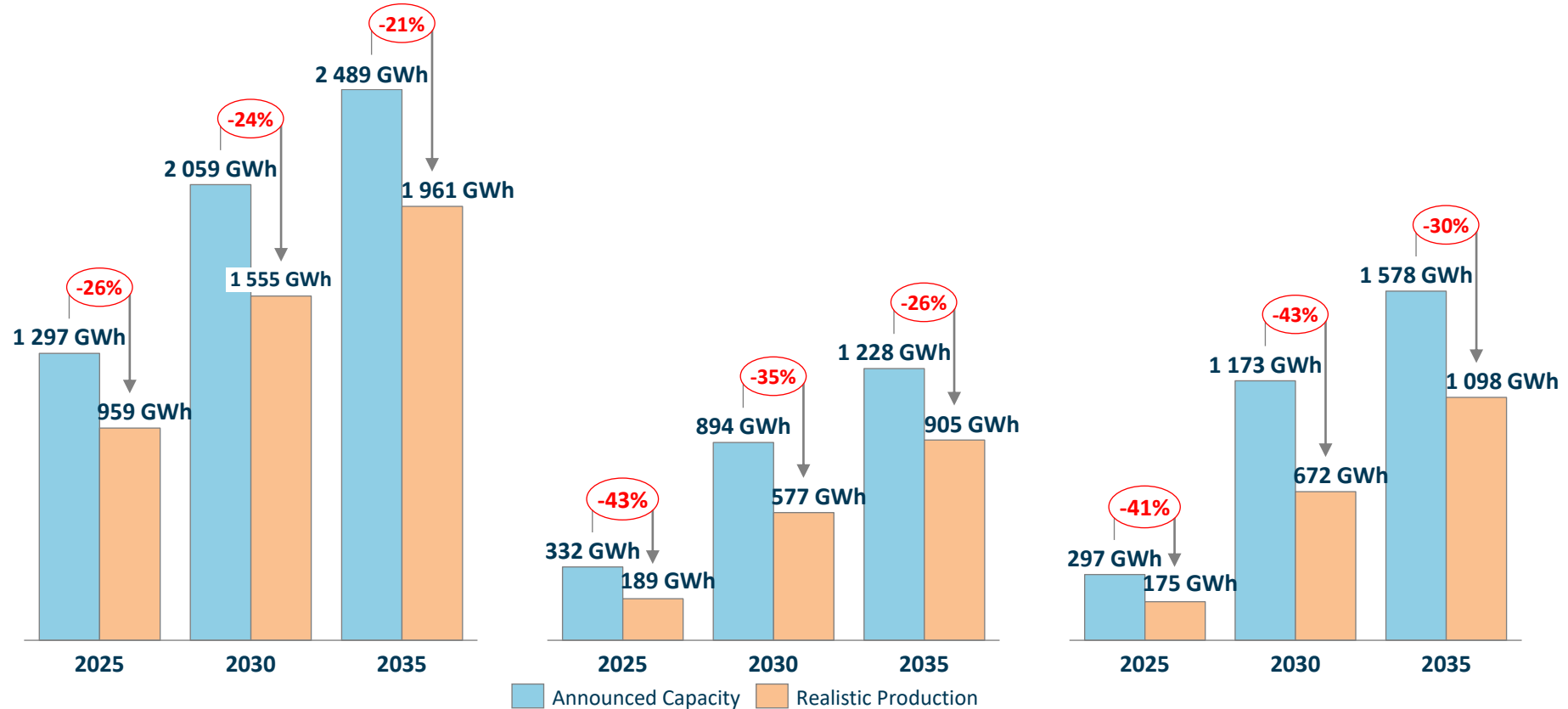
Europe & NAFTA are lagging behind China taking into account larger uncertainties, higher scrap rates and the resulting delays leading to lower realistic capacities

Realistic Battery Cell Supply & Demand Forecast for China, NAFTA & Europe

BATTERY CELL REALISTIC AVAILABLE PRODUCTION CAPACITY | 
China, Forecasts, GWh, 2025-2030-2035

BATTERY CELL REALISTIC AVAILABLE PRODUCTION CAPACITY | 
NAFTA, Forecasts, GWh, 2025-2030-2035

BATTERY CELL REALISTIC AVAILABLE PRODUCTION CAPACITY | 
Europe, Forecasts, GWh, 2025-2030-2035




CHINA'S EXPERIENCE IN BATTERIES ALLOWS IT TO MAINTAIN A HIGH PRODUCTION RATE.


Source: Strat Anticipation bottom-up research & analysis, LMCA 2023 for EV demand, expert interviews, granular capacity forecast model developed by Strat Anticipation

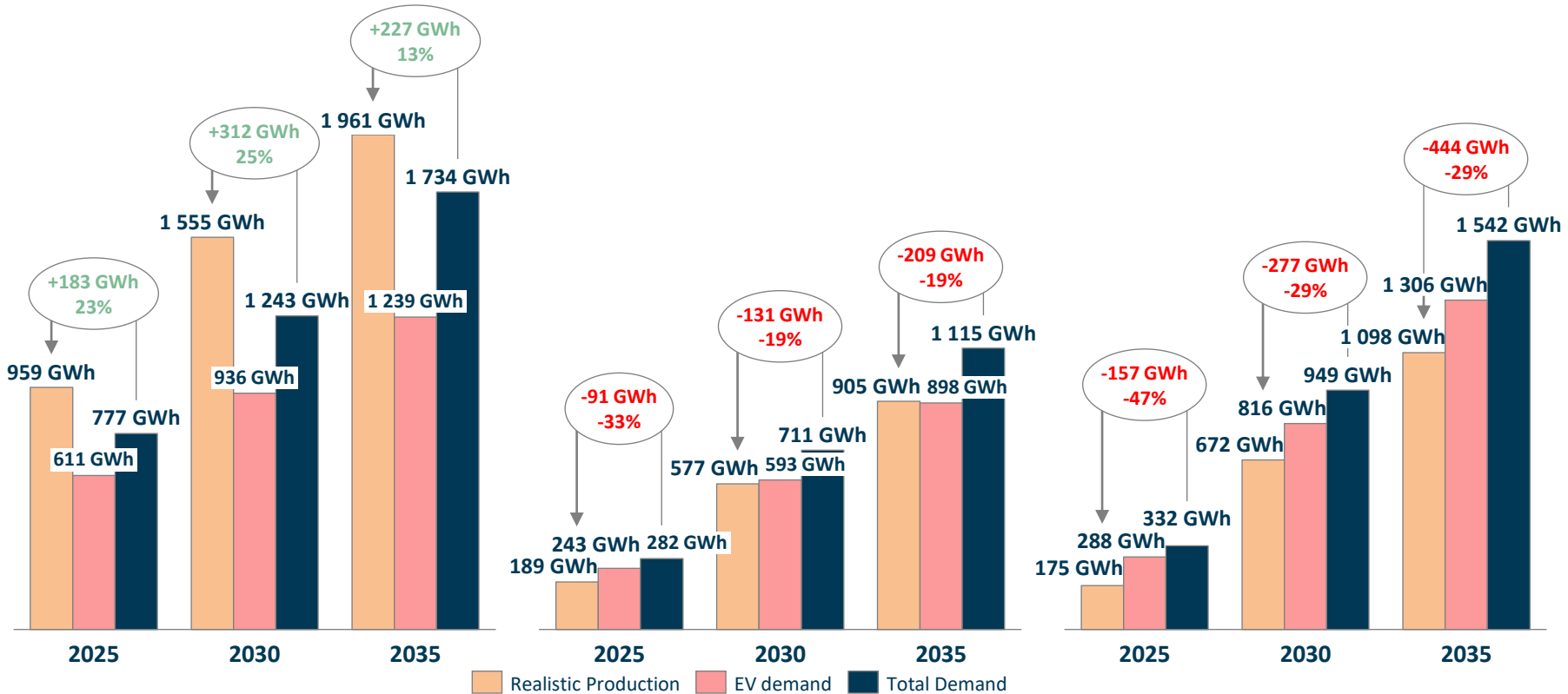
China is the only region that will be able to meet its battery demand due to its superior battery know-how, experience & its planned available production capacity

Battery cell realistic production supply & demand forecasts, China, NAFTA & Europe

BATTERY CELL REALISTIC AVAILABLE PRODUCTION, EV & TOTAL DEMAND | 
China, Forecasts, GWh, 2025-2030-2035

BATTERY CELL REALISTIC AVAILABLE PRODUCTION, EV & TOTAL DEMAND | 
NAFTA, Forecasts, GWh, 2025-2030-2035

BATTERY CELL REALISTIC AVAILABLE PRODUCTION, EV & TOTAL DEMAND | 
Europe, Forecasts, GWh, 2025-2030-2035



EUROPE AND NAFTA STRUGGLE TO COVER THEIR FAST-GROWING DEMAND, ESPECIALLY AT THE END OF THIS DECADE & WILL HAVE TO IMPORT SIGNIFICANT QUANTITIES FROM ASIA IN PARTICULAR FROM CHINA

Source: Strat Anticipation bottom-up research & analysis, LMCA 2023 for EV demand, expert interviews, granular capacity forecast model developed by Strat Anticipation

“Vehicle manufacturer” is responsible for:

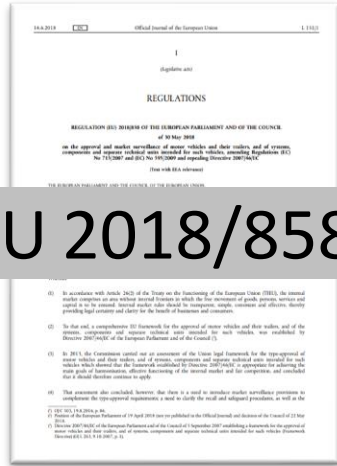
“Battery manufacturer” is responsible for:

EU Whole Vehicle Type Approval (WVTA) (the well-known framework)

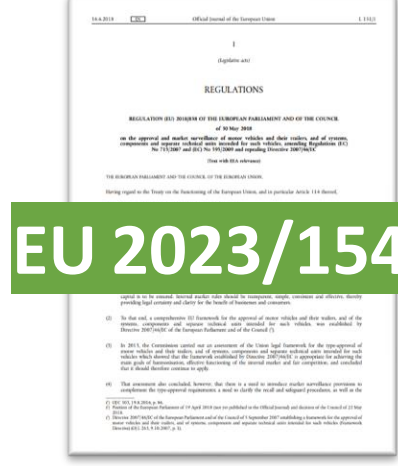
EU Whole Battery Approval (WBA) (a new concept)

1

1



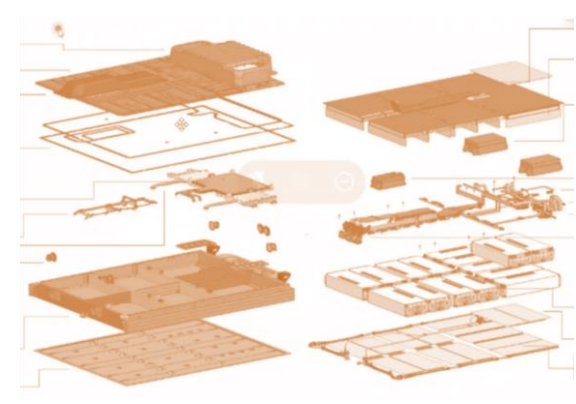
EU 2018/858



EU 2023/1542

2

2



3 MANY underlying requirements

- Older are well known and related to performance (braking, lighting, EMC, crash, fittings, emissions, noise, etc.)
- Newest are transversal and related to company processes (cybersecurity, software updates, market surveillance, etc.)
- Conformity Assessments (Audits)

3 MANY underlying requirements

- Some will be related to performance (durability, safety, substances, etc.)
- Most others are transversal and related to company processes (sourcing, recycle, digital passport, 2nd life, BMS data access / exchange, carbon footprint, etc.)
- Conformity Assessments (Audits)

4

4



Statutory Plate

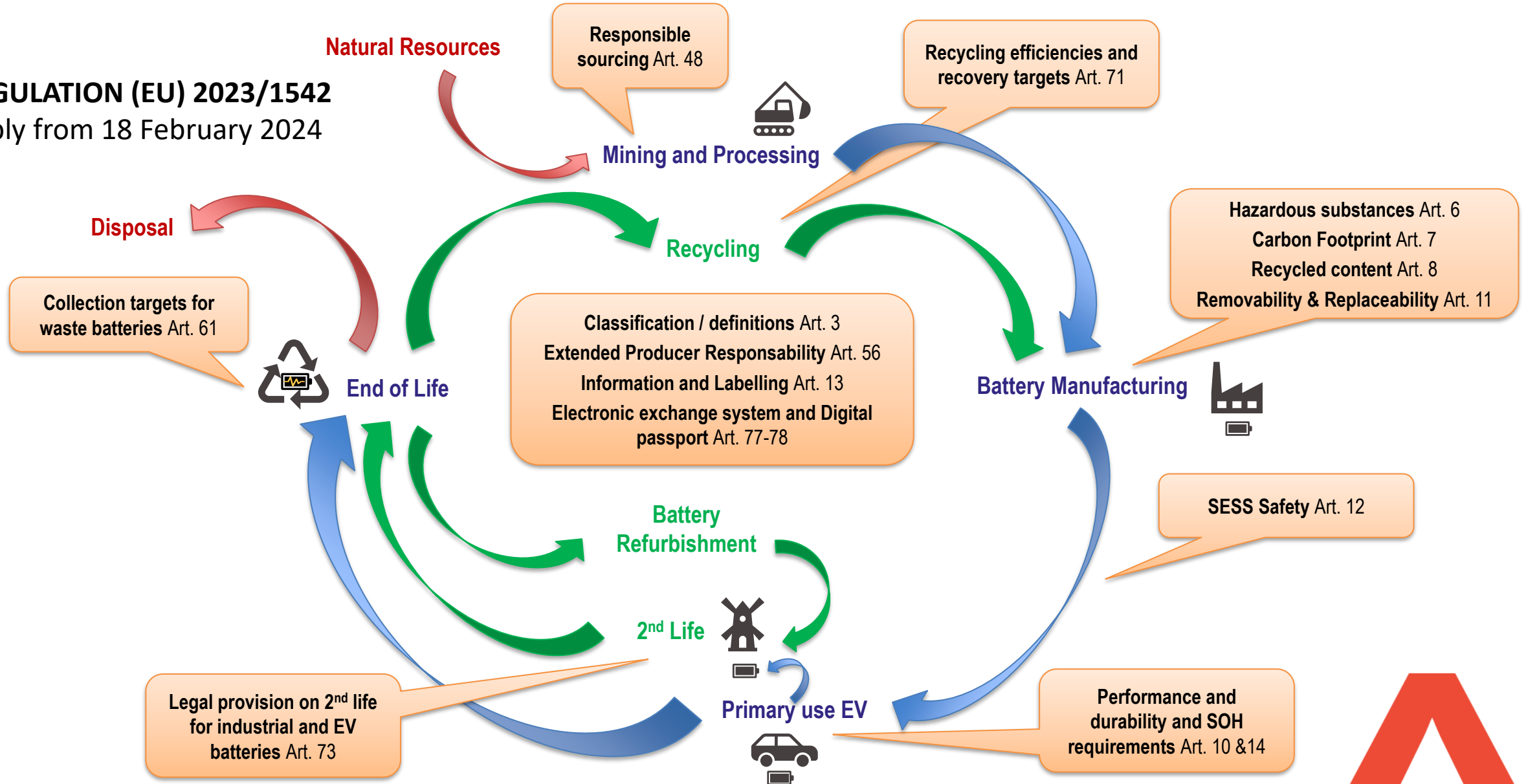


Certification Mark

A NEW EUROPEAN REGULATION ON BATTERY COVERING THE FULL LIFE-CYCLE

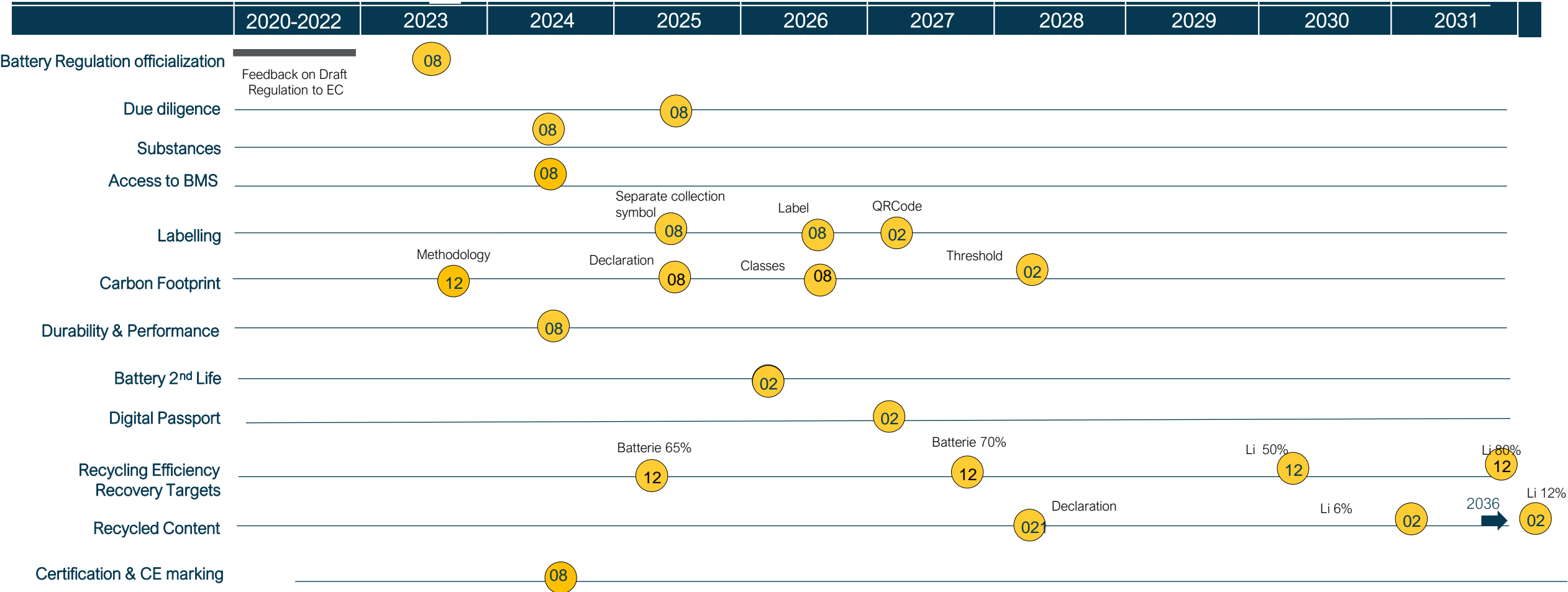


REGULATION (EU) 2023/1542
apply from 18 February 2024



TIMELINE

Publication of the Framework Regulation (EU) 2023/1542 in the European Official Journal on the 28 JUL 2023



Les enjeux du nouveau contrat de filière automobile pour 2023 - 2027

- ❑ **Axe 1 : Gagner en compétitivité et stimuler l'innovation pour créer de la valeur en France**
 - ❑ Dispositifs économiques (p.ex. accompagnement) ; « Usine 4.0 » ; Territoires d'industrie / Zones AFR ou de Transition juste
 - ❑ Soutien à l'innovation (CORAM et autres AAP)
- ❑ **Axe 2 : Renforcer l'attractivité de la filière et anticiper les reconversions de salariés dans les territoires**
 - ❑ Restructurations dans les territoires les plus concernés
 - ❑ Attractivité de l'ensemble des métiers
 - ❑ CMQ, Projets AMI CMA, leaders d'actions (entreprises, académiques et acteurs de formation)
- ❑ **Axe 3 : Gagner en souveraineté, jouer collectif et renforcer la résilience de la filière**
 - ❑ Moyens d'essais de référence
- ❑ **Axe 4 : Accélérer la transition énergétique et écologique**
 - ❑ Développement des infrastructures de recharge/ d'avitaillement et du V2G
 - ❑ Achats publics par les collectivités
 - ❑ Sobriété énergétique, hydrique + Décarbonation des entreprises
- ❑ **Axe 5 : Favoriser l'économie circulaire**
 - ❑ Développement des PIEC (pièces issues de l'économie circulaire)
 - ❑ Recyclage *Matériaux*: circuits de collecte de l'acier et de l'aluminium; *Batteries*; *Composants électroniques*
- ❑ **Axe 6 : Gérer et renouveler de façon soutenable le parc automobile et le développement des nouvelles mobilités**
 - ❑ Soutiens ciblés sur ménages concernés par ZFE-m
 - ❑ Expérimentations avec les AOM sur les services de mobilité partagée

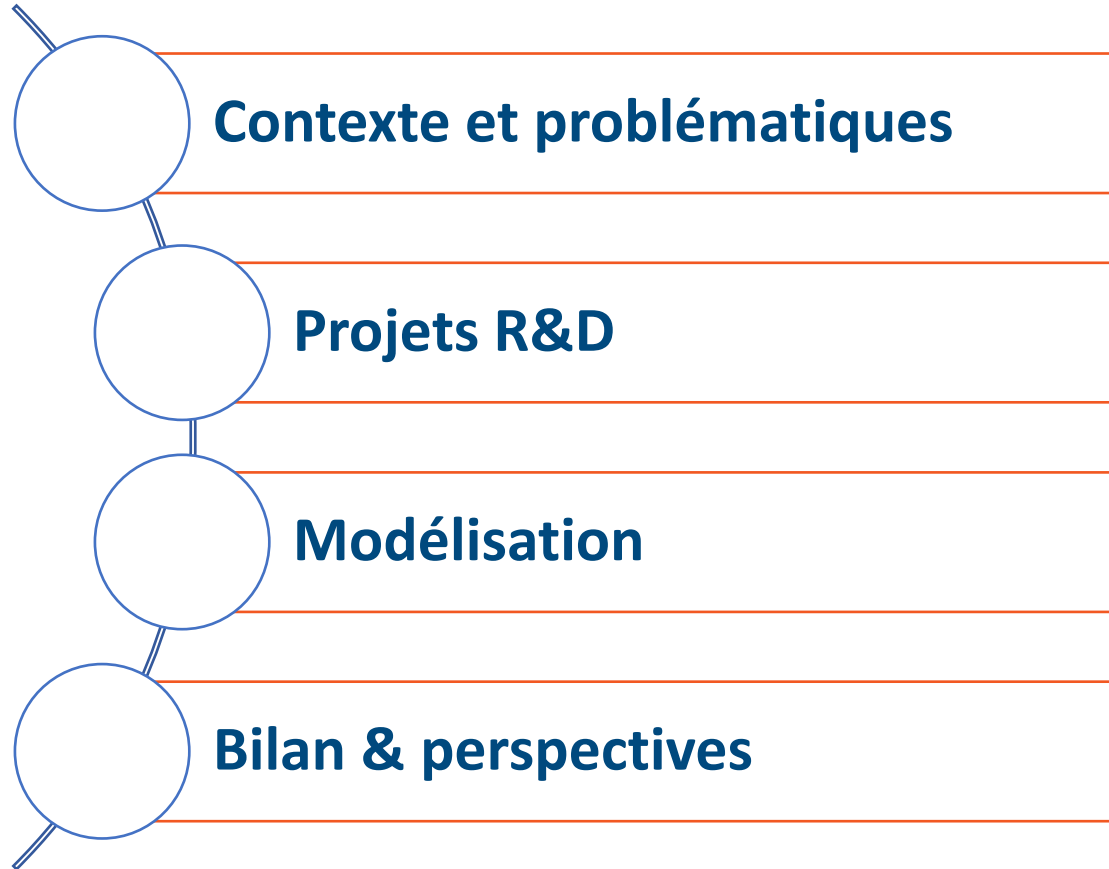


PEGAS²E: Modélisation du comportement et du vieillessement d'une batterie utilisée en propulsion automobile





Agenda

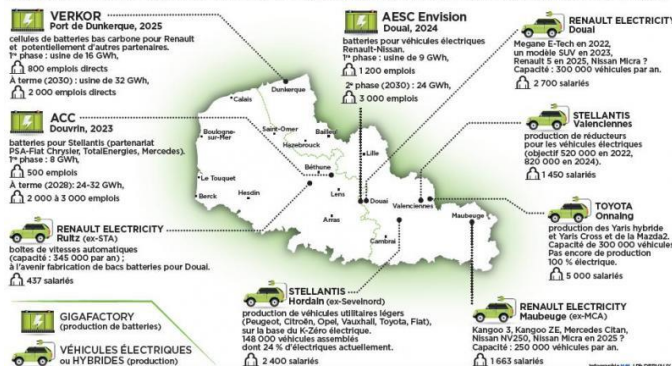




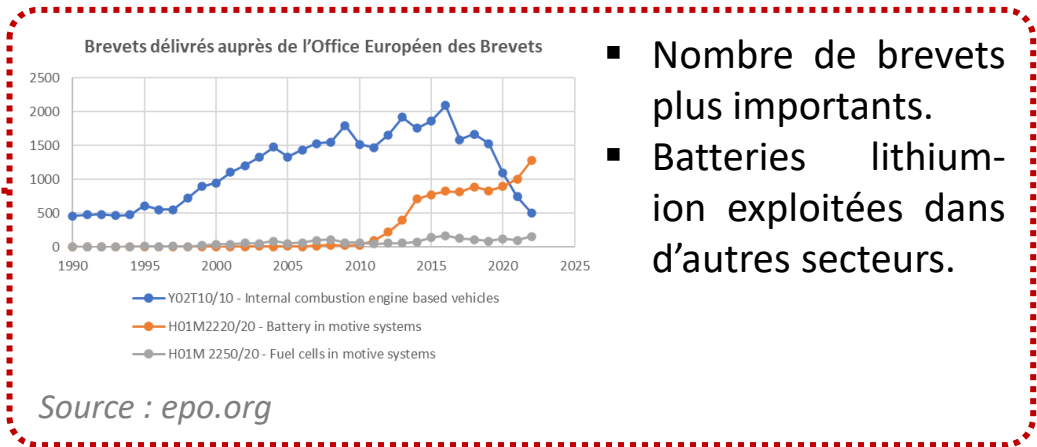
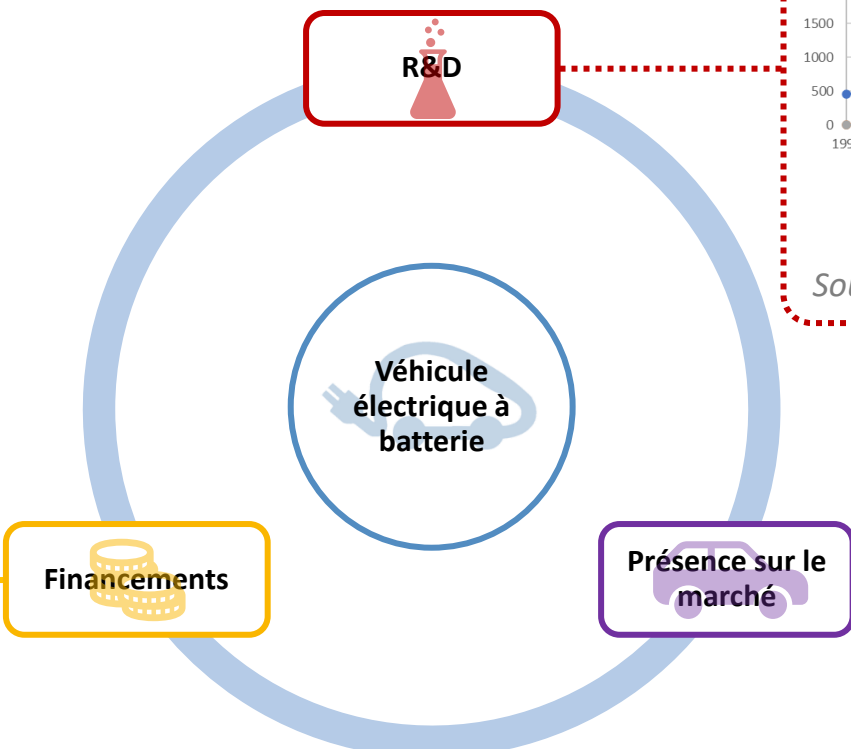
Introduction: essor du marché des BEV

- « Vallée de la batterie » .
- Projet Important d'Intérêt Européen Commun (PIIEC).

LA PRODUCTION AUTOMOBILE ÉLECTRIQUE AUJOURD'HUI... ET DEMAIN ?



Source : La Voix du Nord

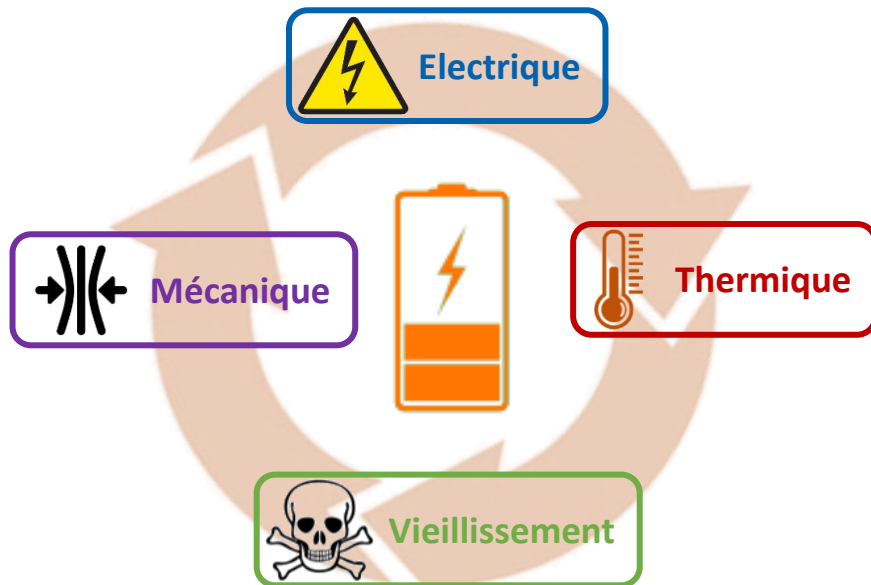


- Nombre de brevets plus importants.
- Batteries lithium-ion exploitées dans d'autres secteurs.

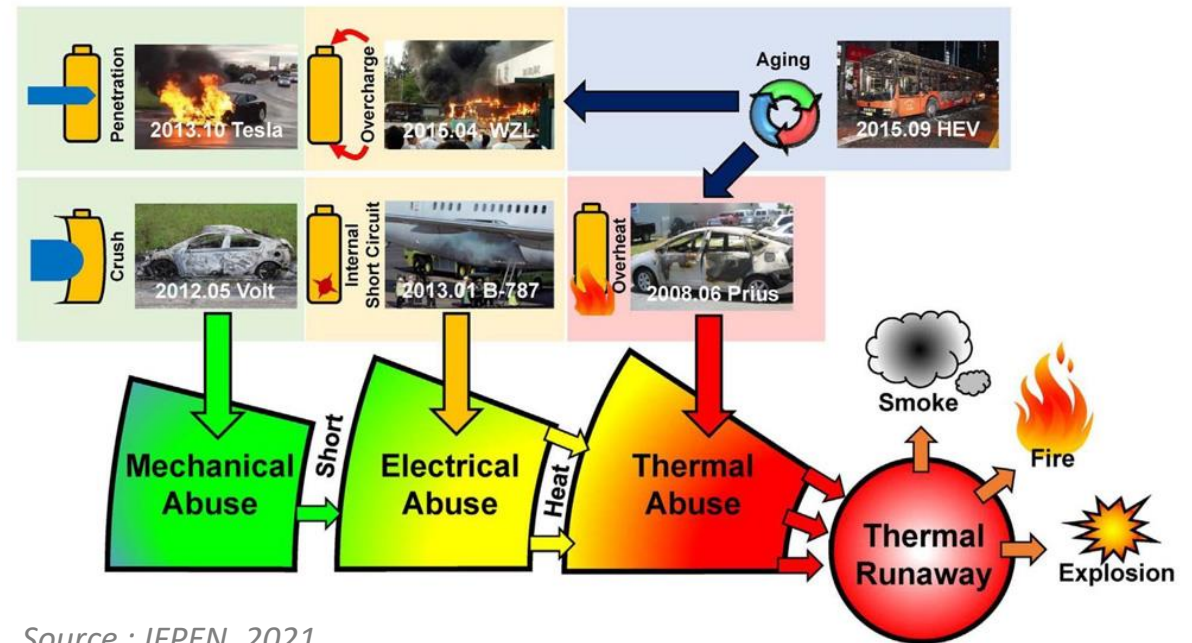
- Aura de certaines marques ou modèles.
 - Version hybride et/ou électrique des modèles thermiques.
 - Accessibilité de la recharge électrique vs. hydrogène.
-



INTERACTIONS MULTI-PHYSIQUES



ASPECTS SECURITAIRES



Source : IFPEN, 2021

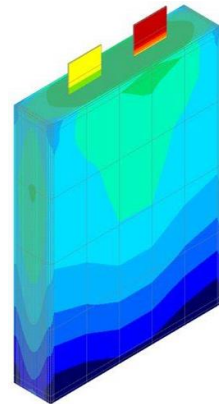


OBJECTIF

Développer une méthodologie combinant la caractérisation expérimentale et la calibration d'un modèle de comportement liant les phénomènes électrochimiques, thermiques et de vieillissement.

CONTRAINTES

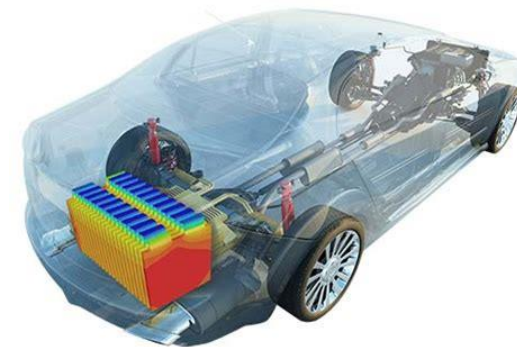
- Méthodologie indépendante du type de batterie
- Cohérence physique du modèle et de sa calibration
- Compatible avec une modélisation système



PROBLEMATIQUE

Amélioration de l'autonomie du véhicule et de la durée de vie de la chaîne de traction.

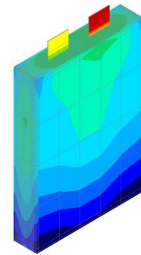
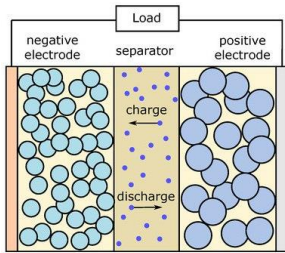
Gestion thermique et optimisation énergétique du pack batterie d'un véhicule électrique (ou hybride) grâce à des outils de simulation.



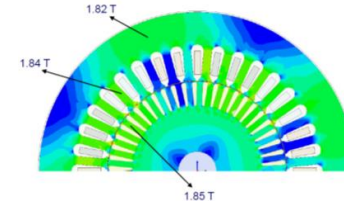
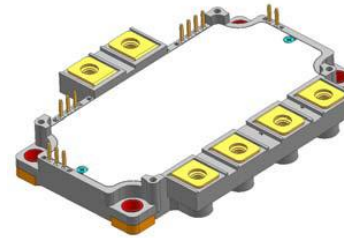


Projet PEGAS²E : Objectifs

- Améliorer la durée de vie et l'autonomie des batteries



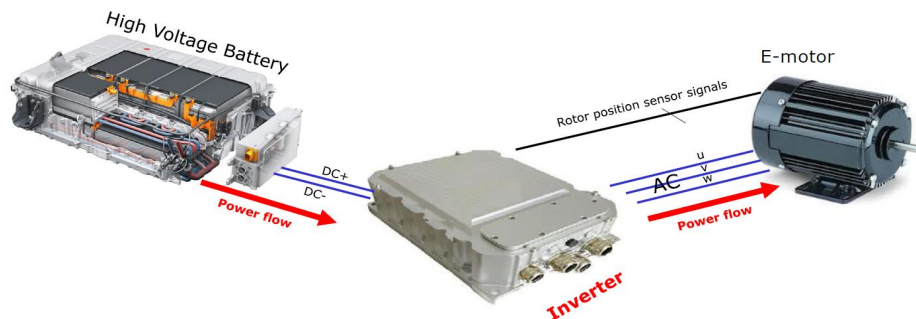
- Améliorer le couple convertisseur/moteur



Optimisation Energétique des Chaînes de Traction Electriques



- Développer une méthodologie de tests, de mise au point et de validation associant le numérique et l'expérimental



- Optimisation de la gestion énergétique de la chaîne de traction
- Réduction des coûts
- Prédiction des risques de défaillances



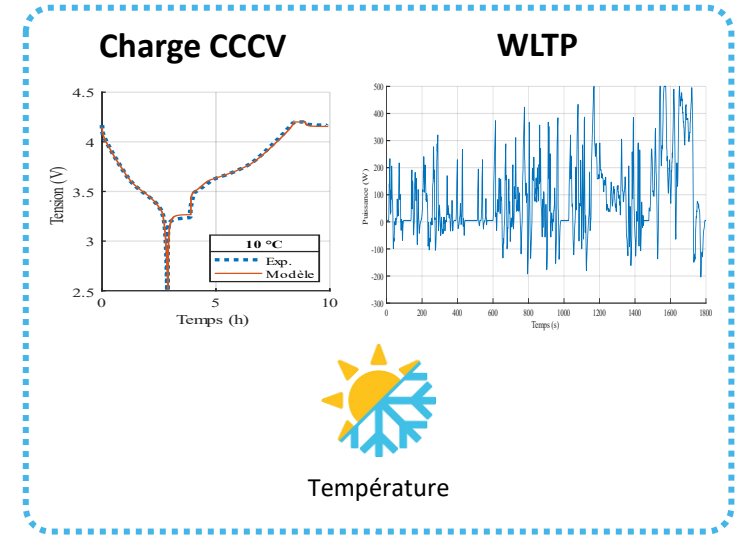
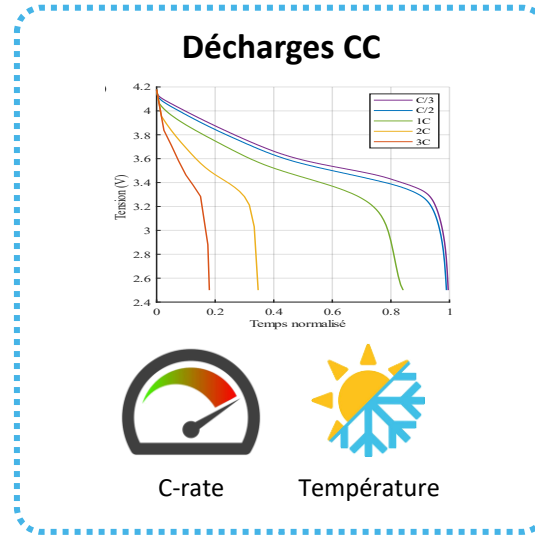
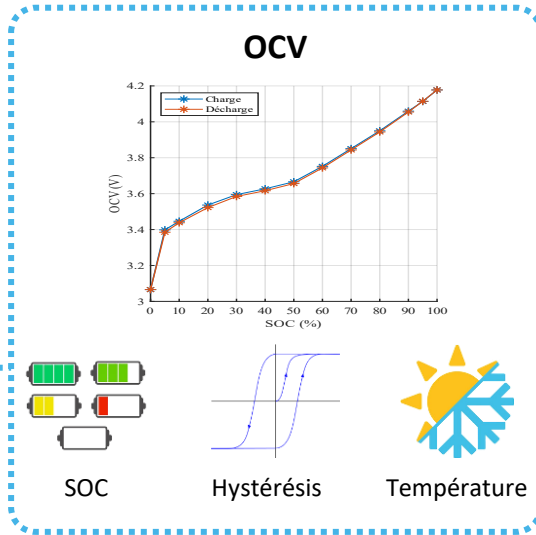
Modélisation: performances

Géométrie

Statique

Dynamique

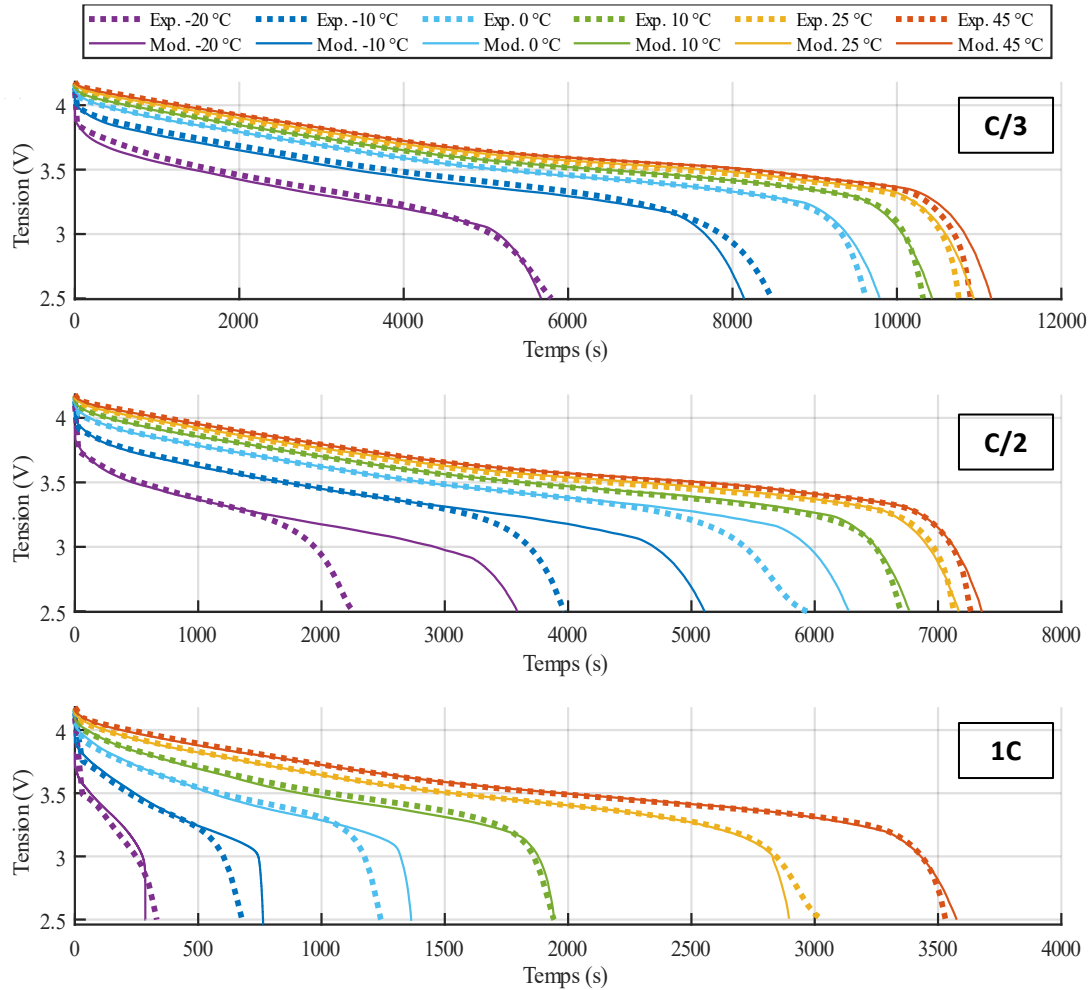
Validation



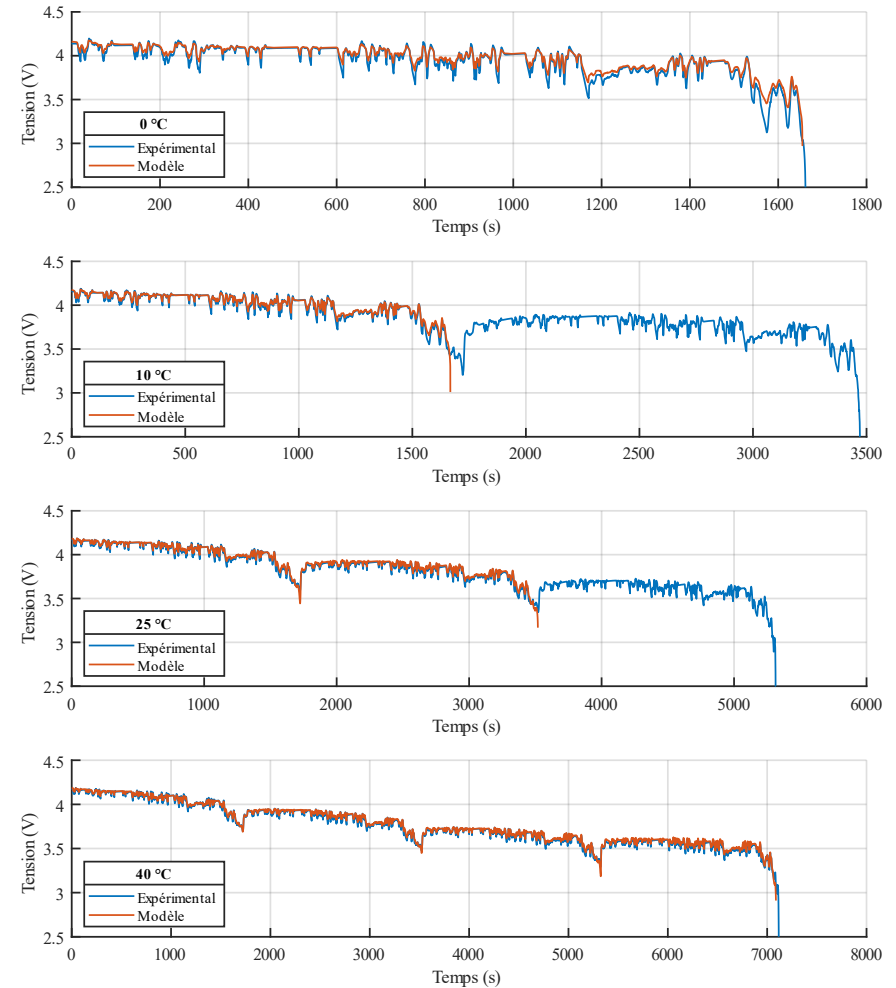


Modélisation: performances

Décharges CC

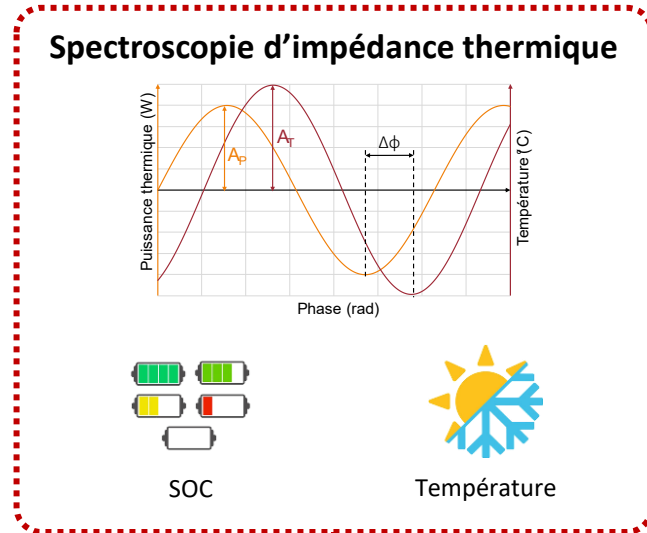
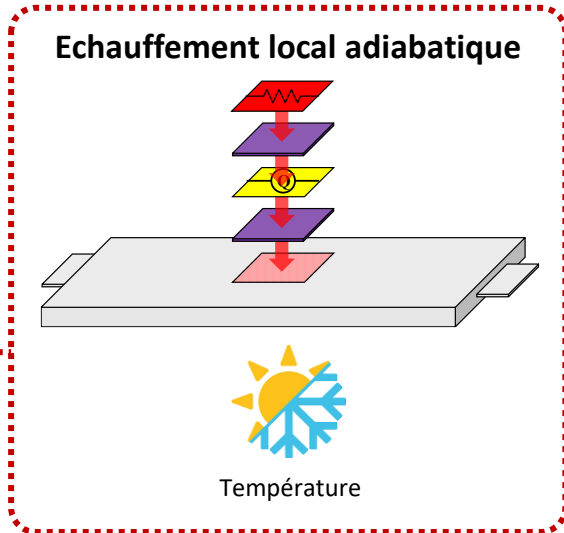


WLTP



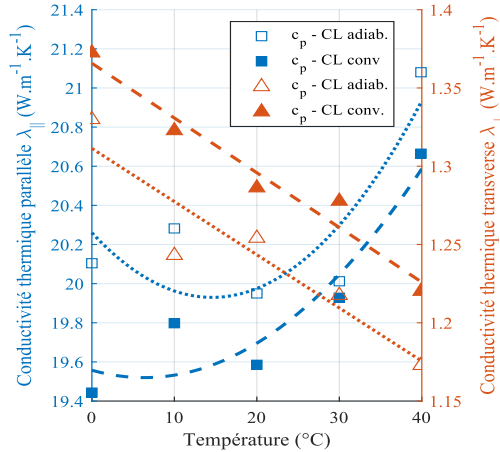
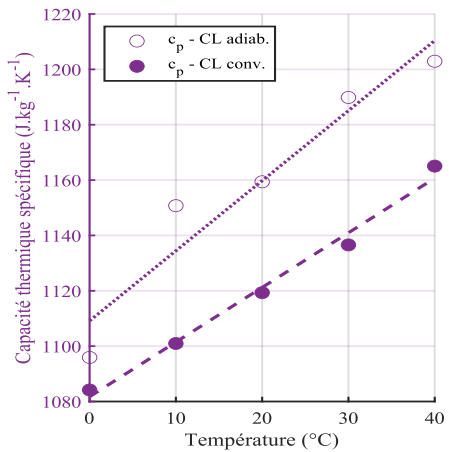
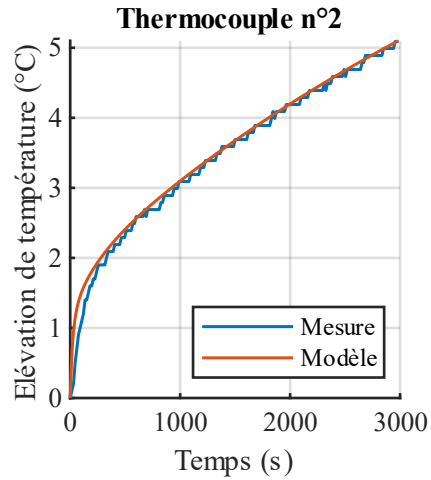
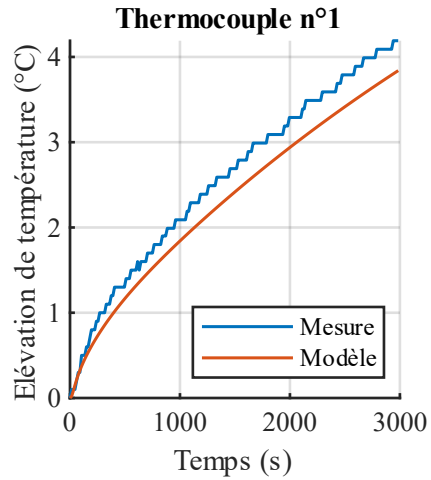


Modélisation: thermique

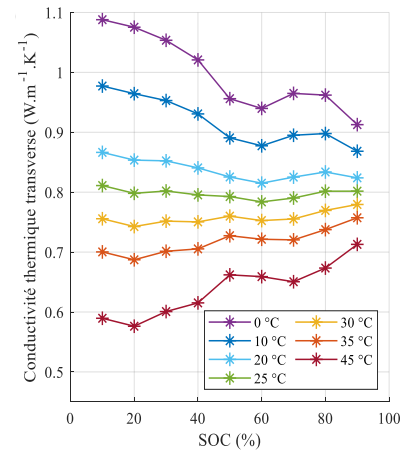
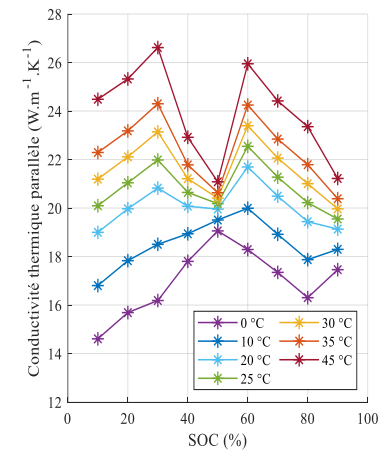
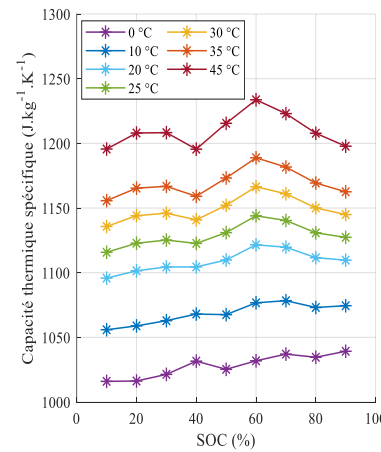
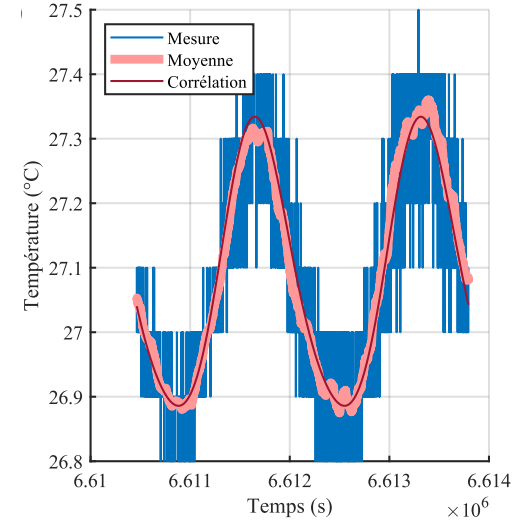




Méthode 1

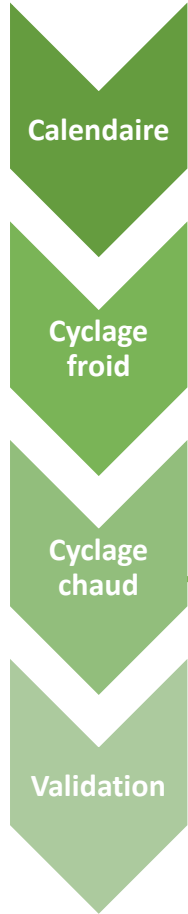


Méthode 2





Modélisation: vieillissement

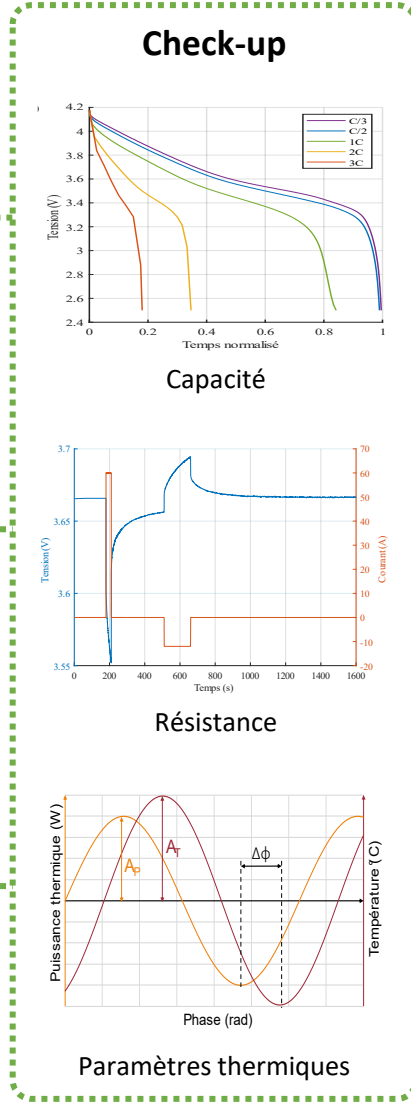
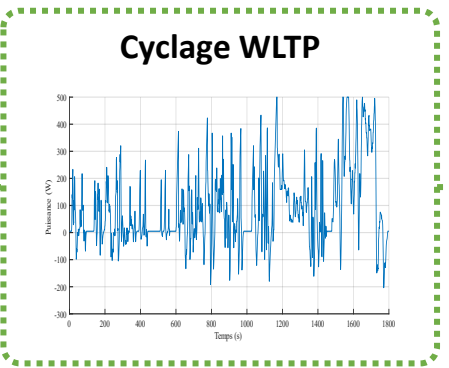


Vieillissement calendaire

SOC Température

Vieillissement en cyclage

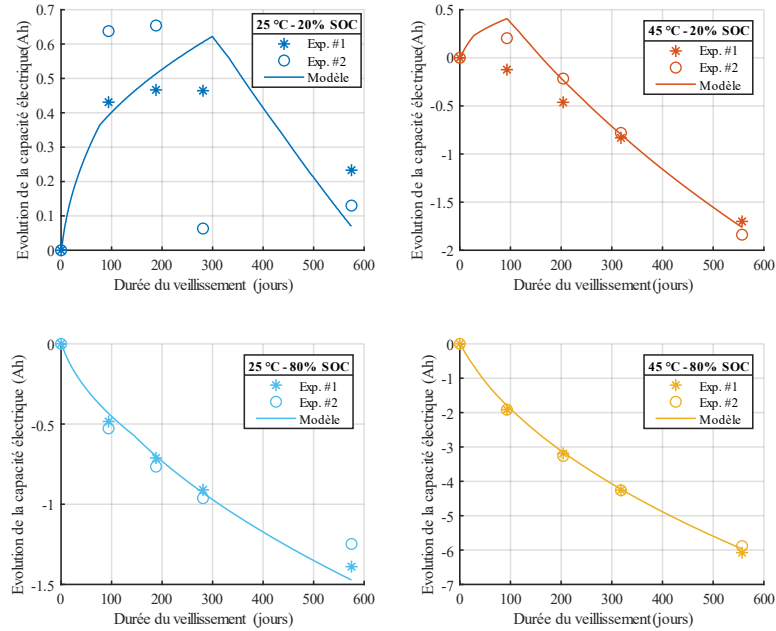
Température



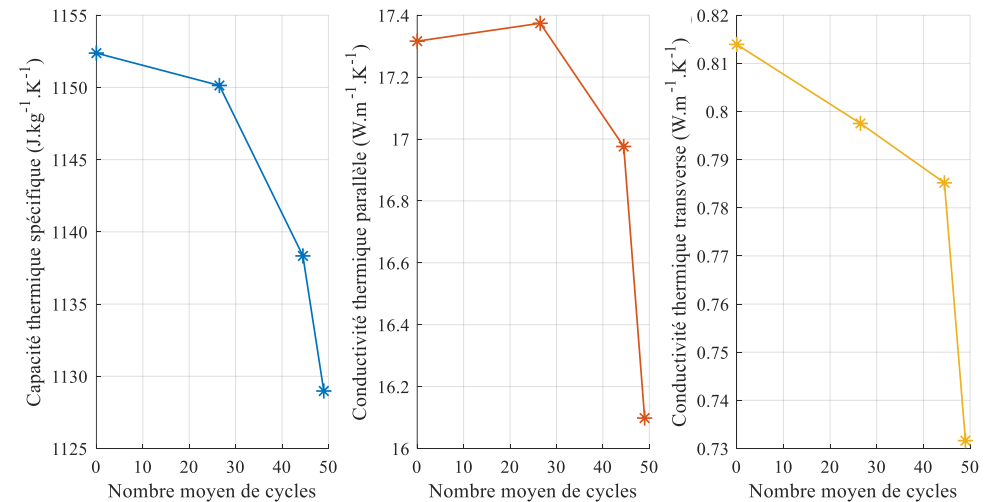
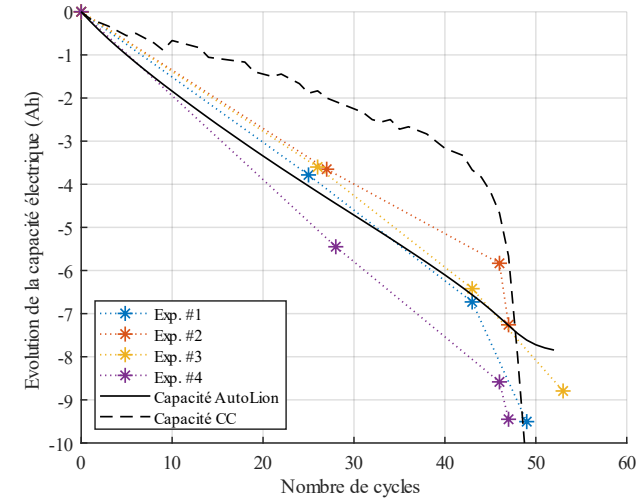


Modélisation: vieillissement

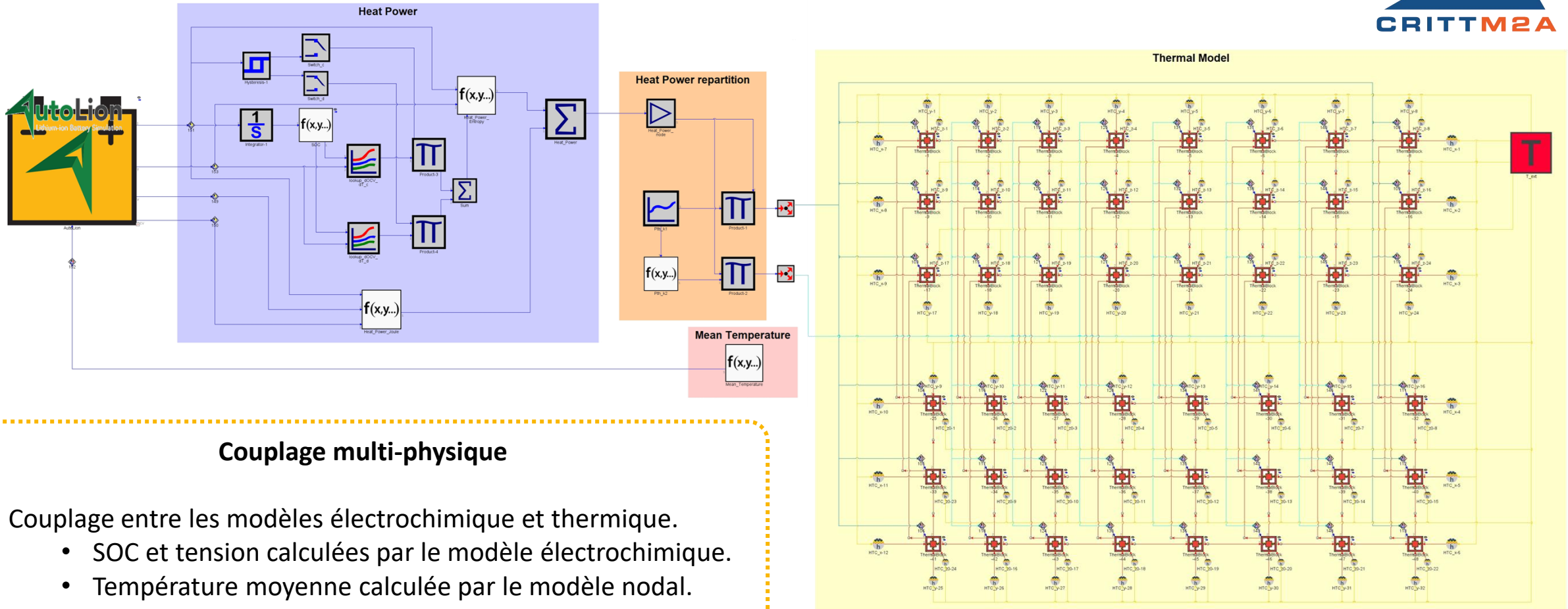
Calendaire



Cyclage (froid)



	45 °C - 20 %	45 °C - 80 %
$c_p (J.kg^{-1}.K^{-1})$	+10%	+13%
$\lambda_{ } (W.m^{-1}.K^{-1})$	+3%	+1,4%
$\lambda_{\perp} (W.m^{-1}.K^{-1})$	-19%	-29%



Couplage multi-physique

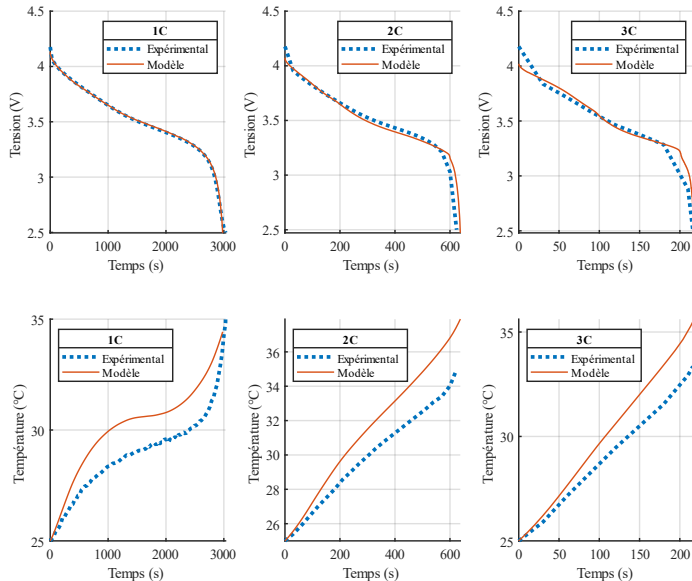
- Couplage entre les modèles électrochimique et thermique.
 - SOC et tension calculées par le modèle électrochimique.
 - Température moyenne calculée par le modèle nodal.
- Couplage avec la librairie électrique => chaîne de traction
- Couplage avec la librairie thermique => boucle thermique véhicule.



Conclusion: Perspectives

- Nécessité de connaître le design de la cellule.
- Comportement sensible à basse température.
- Coefficient correcteur par une loi d'Arrhenius.
- Paramétrage dépendant du courant.

- Modification directe des cartographies.
- Modélisation thermique en amont.
- Gestion thermique au niveau cellule.
- Investigations avec GT-AutoLion3D.



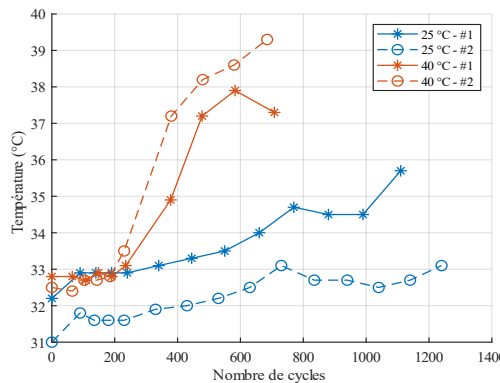
Electrique



Thermique



Vieillesse

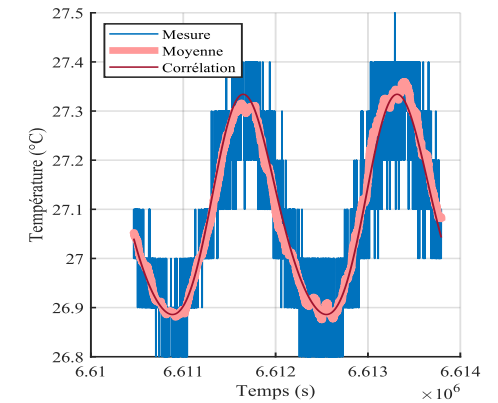


- Corrélation entre capacité mesurée et capacité réellement disponible.
- Pas de prise en compte du SOC en vieillissement calendaire.
- Durée de simulation.
- Prédicibilité du profil TIS partiel à vérifier.

- Réaliser un check-up numérique.

- Impédance thermique sensible à la mesure.
- Spectre d'impédance incomplet.
- Répétitions du cycle TIS par fréquence.

- Profil TIS plus contraignant.
- Augmenter la résolution et le nombre des capteurs.
- Impact du profil TIS sur le vieillissement.





Q&A

Merci pour votre attention



VITESS (Virtual Testing for Energy Storage Systems): Développement d'une plateforme d'essais batteries virtuels et hybrides



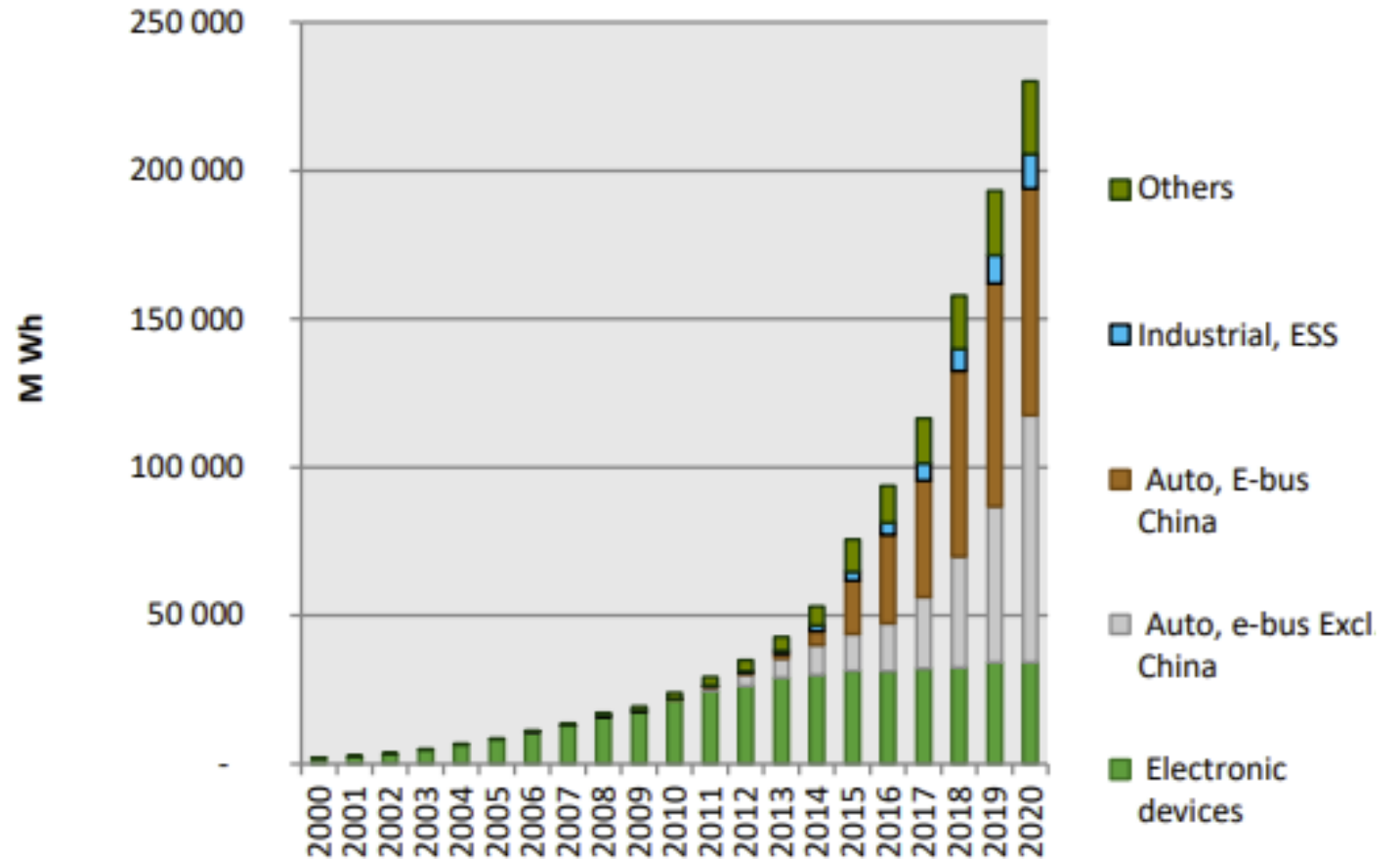


➤ L'essor actuel de l'électrification des véhicules oblige les constructeurs à focaliser leurs recherches sur des **batteries plus performantes**

➤ Les constructeurs doivent se démarquer et avoir un avantage concurrentiel grâce à l'**innovation** contenue dans leurs batteries

➤ Les **enjeux** des constructeurs et des fabricants de batteries sont les suivants: durée de vie, autonomie, temps de recharge, fiabilité et coût

Li-ion Battery sales, MWh, Worldwide, 2000-2020



Source: AVICENNE Energy 2021



VITESS: Présentation

Développer **une plateforme d'essais batteries virtuels et hybrides** basée sur un modèle physique et des méthodes non intrusives de diagnostic et de pronostic. Ces essais « numériques » permettent de réduire le **temps et le coût** d'une campagne d'essais avec un compromis acceptable sur leur validité



Périmètre: Les **cellules** électrochimiques principaux éléments composant un pack batteries (projet transposable à l'échelle d'un pack batterie)



Développement d'une offre commerciale à l'issue du projet



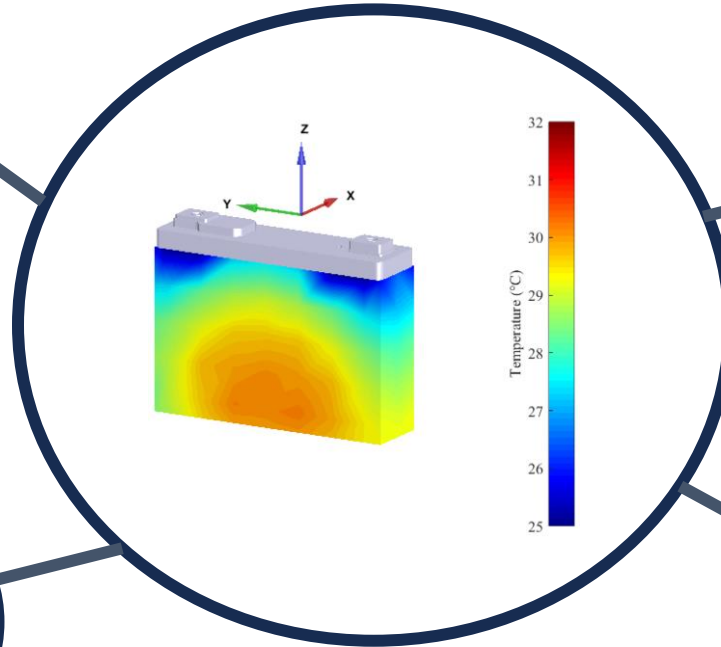
Forte demande du marché en réponse aux exigences environnementales et aux donneurs d'ordres (saturation des centres d'essais à moyen terme)



VITESS: Ecosystème et contributeurs



kurybees
Expertise technique



utc
Université de Technologie
Compiègne
Thèse

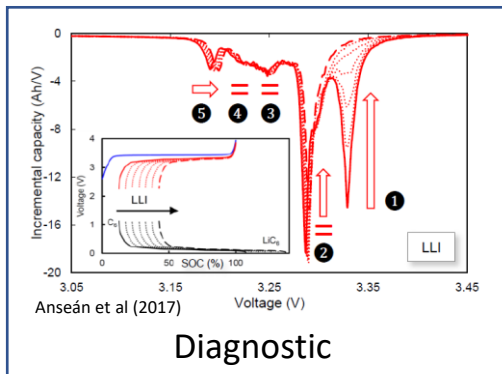
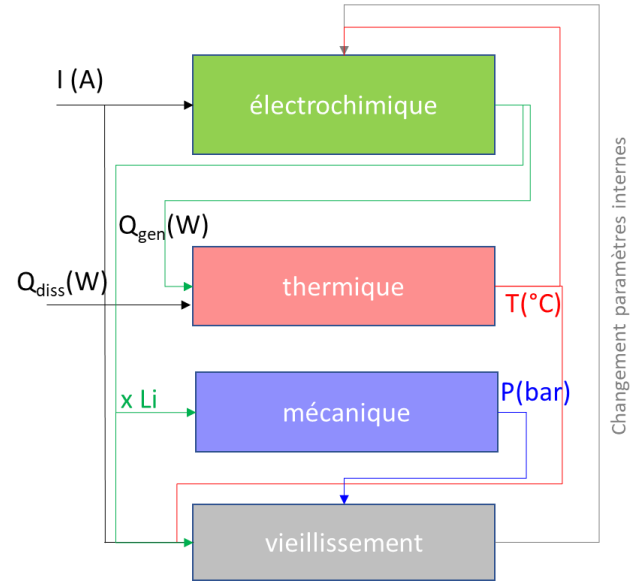
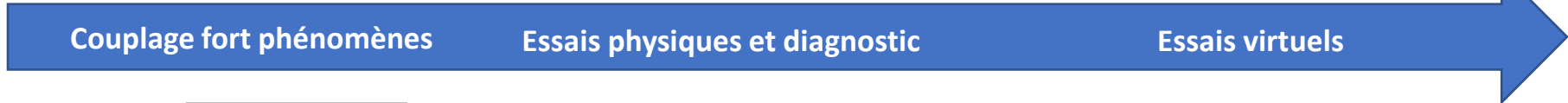


ims
Thèse

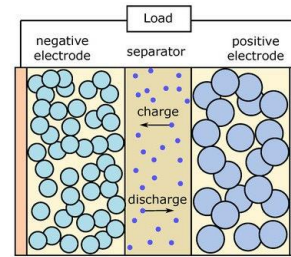
A 2 M A C 1
▲ || ■ ▲ ● |
Data / Cellules



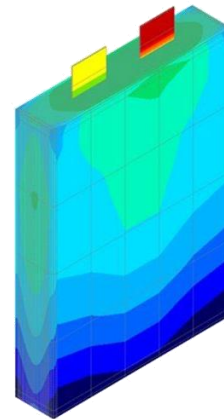
VITESS: Périmètre du projet



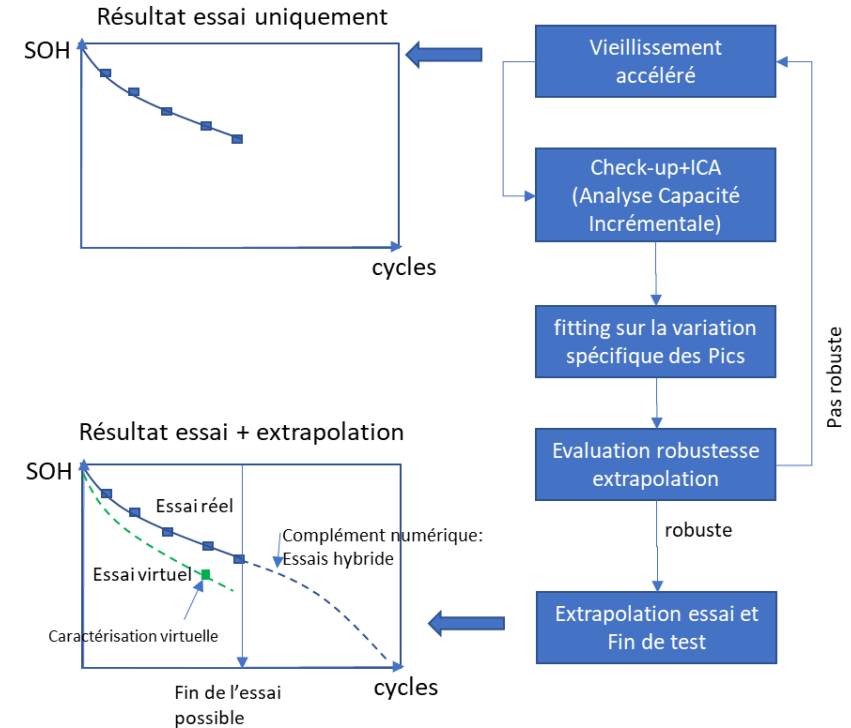
Modèle physique réduit:
Calibration non intrusive



Prise en compte de la 3D:
Inhomogénéités thermomécanique



À l'échelle de la cellule



- **Extension essais physique**
- **Caractérisation virtuelle autres conditions d'usage**



VITESS: Périmètre du projet

Caractérisation non intrusive
Modèle physique réduit

- Paramètres électriques:
 - Cartographies

Caractérisation thermique par conception numérique

- Paramètres thermiques:
 - Conductivités
 - Capacité thermique

Caractérisation mécanique par conception numérique

- Paramètres mécaniques:
 - Raideur/dureté
 - Contraction/expansion
 - Préconisation maintien pression

Modèle physique:

- Électrique
- Thermique
- Mécanique
- Vieillessement

- Jumeau numérique
- Service simulation
- Etude durabilité
- Stratégies conception/usage
- Stratégies contrôles

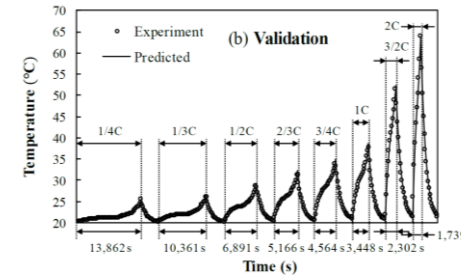
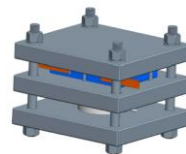
Diagnostic:

- Qualitatif
- Quantitatif

Pronostic:

- Valeur résiduelle

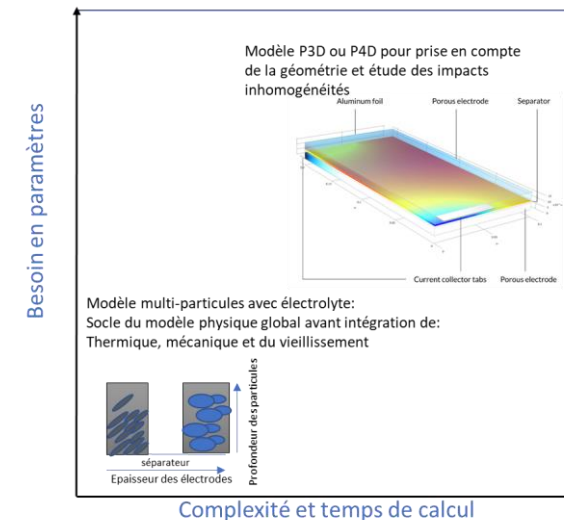
- Expertise essais
- R&D



Essais numériques:
Extension conditions d'essais

Essais hybrides:
Prolongation essais physique

- Essais ROI faible
- Temps essais réduit
- Intervalle validité essais





VITESS: Parcours client

Donneur d'ordre:

Souhaite effectuer des essais réels de:

- ✓ Caractérisation électrique
- ✓ Caractérisation thermique
- ✓ Caractérisation mécanique
- ✓ Essais cyclage
- ✓ Essais calendaires



CRITTM2A:

- Analyse le besoin essais réels
- étudie les opportunités essais hybrides/virtuels possibles



Exécution après accord

Livrables:

Base de données essais réels
Base de données essais virtuels
→ Format et forme identique
pour une **même expérience client**



CRITTM2A

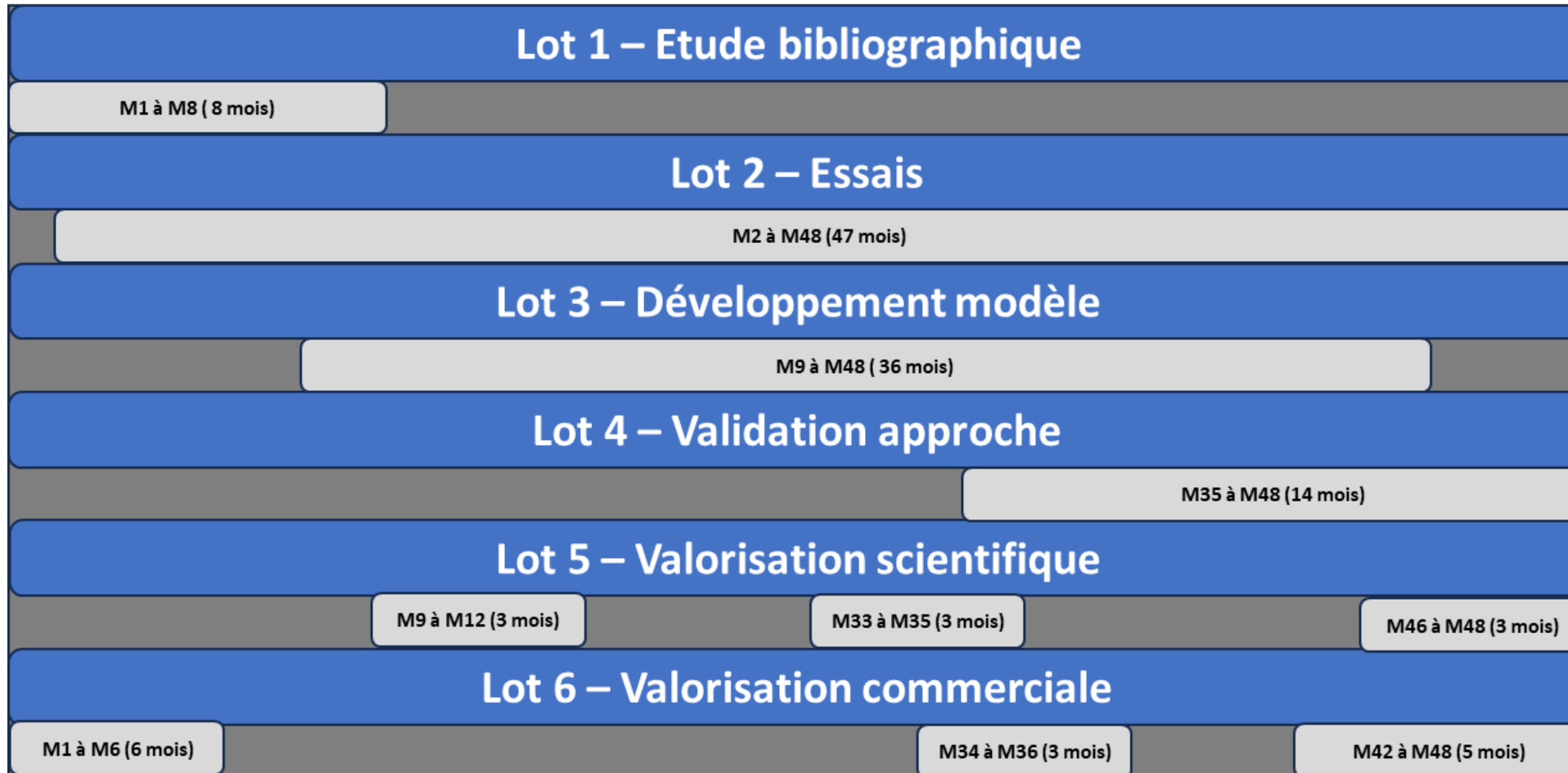
propose des essais complémentaires:

- Réels
- Hybride/ virtuels
- Service simulation numérique

→ **Maximiser la valeur ajoutée pour le client**



VITESS: Planning



Date de début: 10/2023

Durée: 48 mois

Date de fin: 10/2027

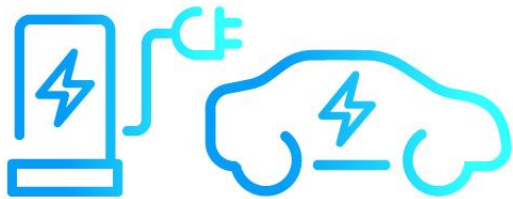


VITESS: Positionnement du projet dans l'écosystème



➤ Le projet est un projet structurant:

- Pour les acteurs du marché: le projet apporte une **bricole innovation** et en rupture afin d'améliorer **la performance et la fiabilité** des batteries grâce à la caractérisation par les essais et aux méthodologies développées.
- Pour les Hauts-de-France: Le projet s'inscrit dans la stratégie de **développement de la région** sur la mobilité électrique (COREM).
- Pour le pôle de compétitivité i-Trans et le pôle d'expertise MEDEE: au titre de **l'électromobilité**





VITESS: Retombées sociales et commerciales

Retombées sociales

- Recrutements d'un chef de projet: Docteur/ ingénieur en modélisation
- Extension de l'activité pour deux techniciens
- Mise en place de deux thèses lors de la phase projet
- Recrutement de 3 à 6 stagiaires
- Recrutement, à terme, de cinq autres techniciens et de deux ingénieurs lié au volume d'activités

Retombées commerciales

- CA de 250K€/an au démarrage
- 900K€/an à terme





VITESS



Q&A

Merci pour votre attention

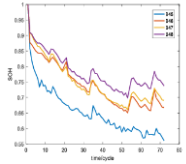


RECYBAT: Développement d'une plateforme d'expertise pour la réutilisation en seconde vie des batteries





Essor du VE afin de décarboner l'industrie du transport



SOH < 75% : **quantité de batterie en fin de 1^{er} vie**
(30 GWh en Europe en 2030)



Prolongement de la **durée de vie** de la batterie pour **diminuer**
l'**impact carbone** lié à la production



Utilisation en **stockage stationnaire** en raison des performances
(énergie massique faible)





RECYBAT: Présentation du projet

Développer une plateforme d'expertise pour
la réutilisation en seconde vie des batteries

Objectifs:

- Nourrir l'état de l'art
- Développer des protocoles de contrôle, de tests et de validation
- Valider la conformité au regard de nouveaux usages
- Accompagner les acteurs dans le cadre de la reconception
- Contribuer au développement de la filière régionale en 2nde vie

Acteurs: CONSORTIUM





Opportunités:



- Réduire l'impact environnemental de la batterie et donc celui lié au domaine des transports
- Permet le développement des énergies renouvelables grâce au stockage stationnaire développé

Limites et défis:

- Pas de **procédure standardisée** pour réaliser un diagnostic d'état de santé
- Diversité** des batteries à traiter
- Informations sécurisées** par le constructeur (passeport batterie en 2026)
- Aucune réglementation** en Europe (en préparation)
- Phénomène de **mort subite**
- Rendre le **coût compétitif** par rapport à une batterie neuve
- Obligation d'incorporer des **matériaux recyclés** dans les nouvelles batteries
- Démontage** et réassemblage des packs complexe
- Sécurité**
- Conformité à l'**homologation** réglementaire

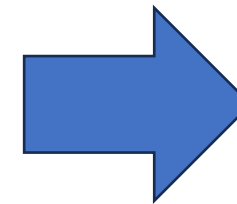
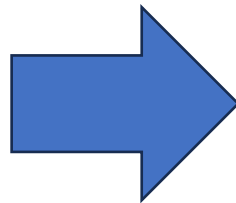




RECYBAT: Plateforme d'expertise



Batteries en fin de 1^{ère} vie



Expertise de la batterie pour recyclage ou 2nde vie

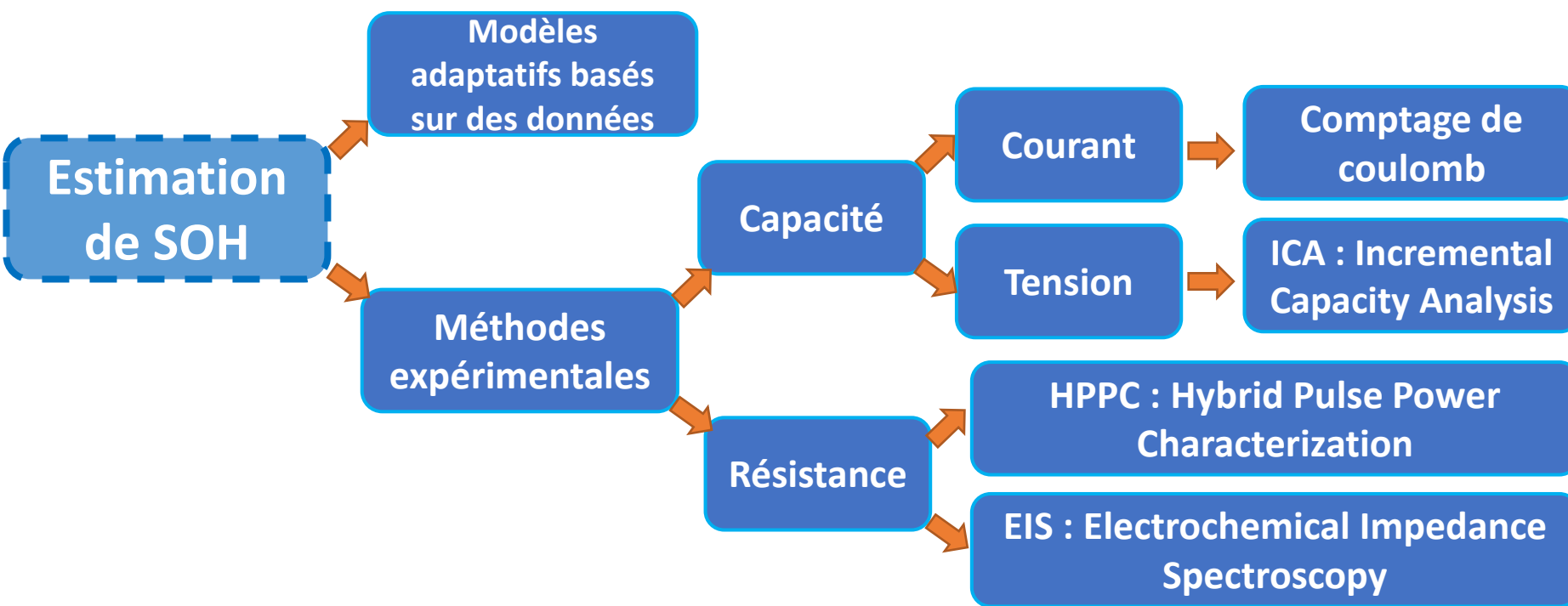
Livrables : résultats des essais réalisés sous forme de base de données et diagnostic d'état de santé





➤ Réalisation des essais électriques grâce aux moyens et à l'expertise du centre

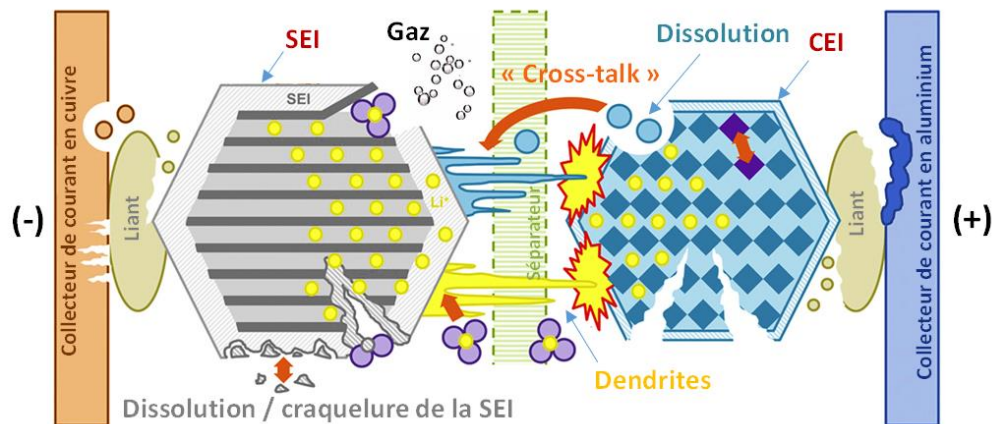
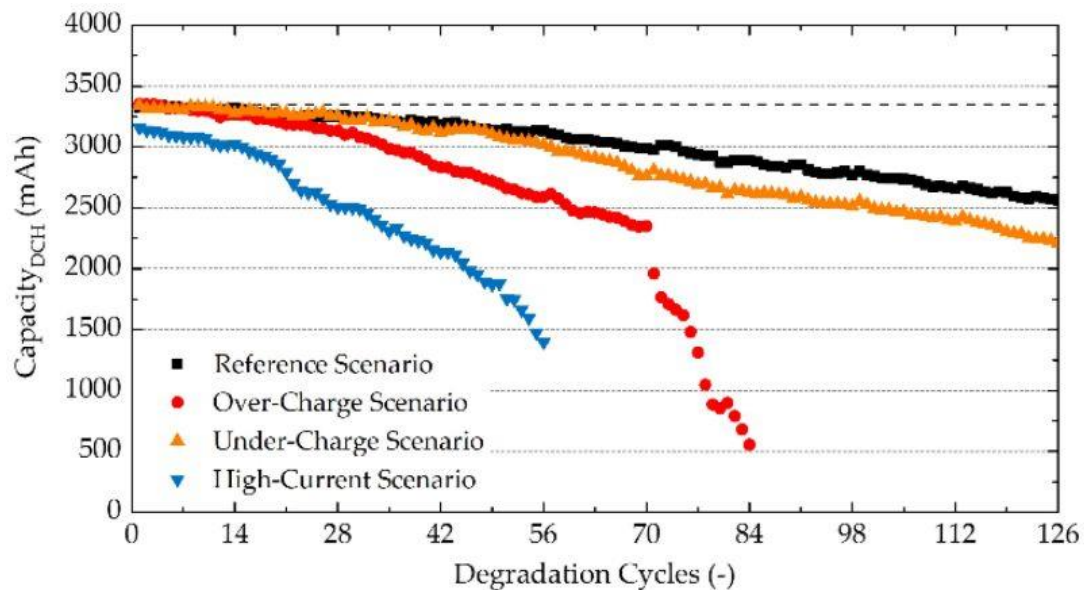
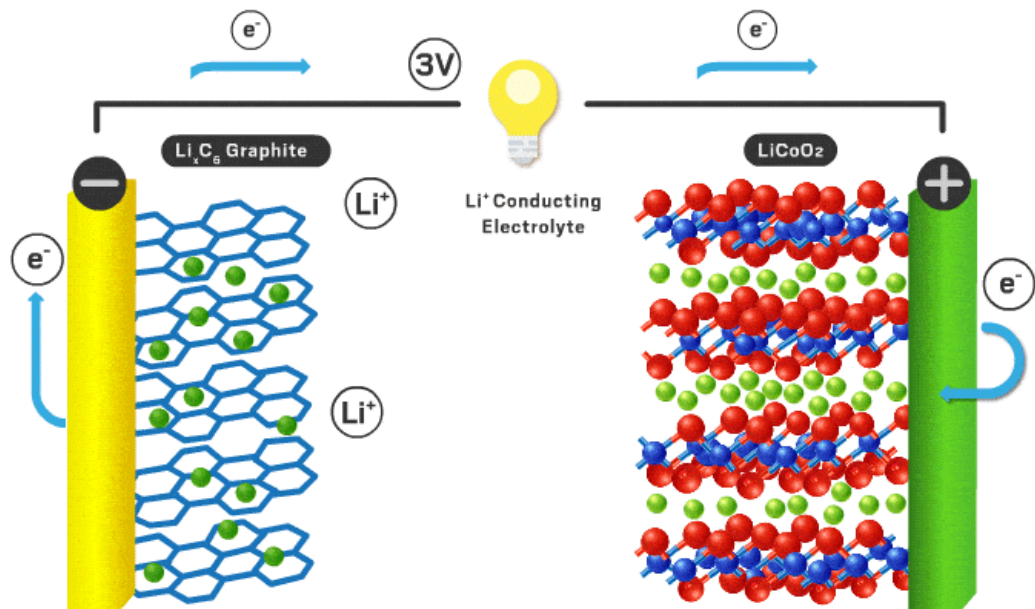
➤ Méthode de diagnostic d'état de santé pour caractérisation de la batterie



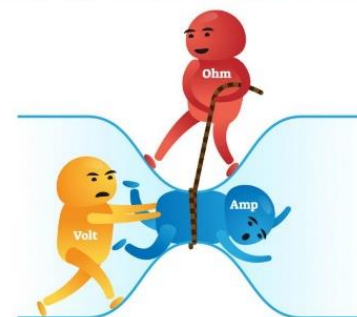


RECYBAT: CREPIM

Impact sur la réaction au feu des batteries



Voltage drives the current





- Expertise et savoir – faire sur l’analyse de la réaction au feu des batteries en cas d’incendie et/ou d’emballement thermique, associé à une connaissance précise des phénomènes électrochimiques.
- Développer les protocoles, réaliser les expérimentations, analyser les résultats afin de définir des critères acceptables de sécurité incendie pour l'utilisateur et en privilégiant les scénarios de défaut interne des systèmes.
- Analyse des modes de défaillance et en recherche des causes et des circonstances de l’incendie.



Normes

UL 2580 : Véhicules électriques,

UL 1973 : Batteries à utiliser en stationnaire, puissance auxiliaire du véhicule et applications de rail électrique léger,

IEC 62619 : Piles et batteries secondaires contenant des électrolytes alcalins ou autres non acides - Exigences de sécurité pour les piles et batteries au lithium secondaires, destinées à être utilisées dans des applications industrielles,

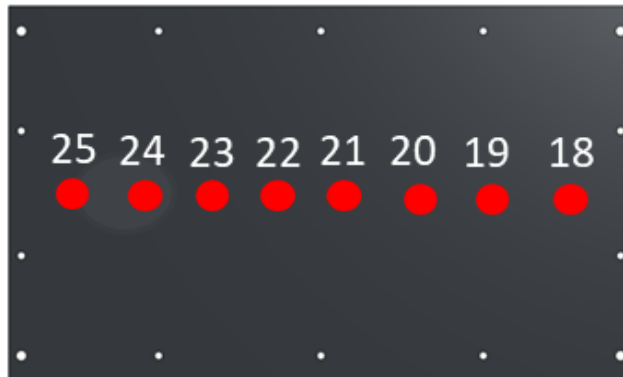
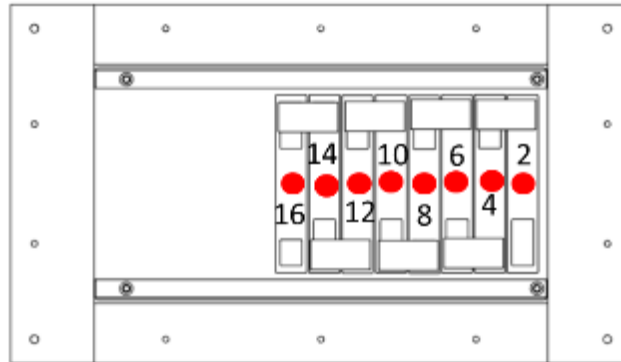
AE J2464 : Systèmes de stockage d'énergie rechargeables pour véhicules électriques ou hybrides,

R100 : Véhicules électriques,

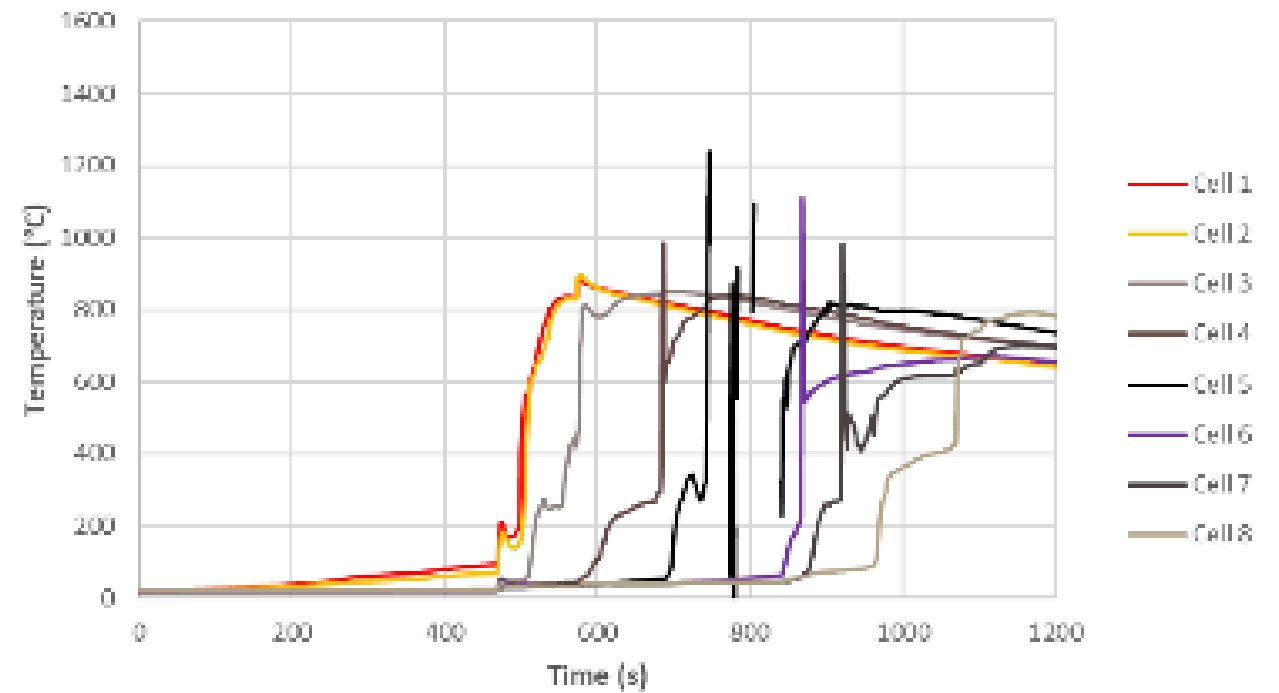
ISO 12405-3 : Packs et systèmes de batteries lithium-ion de classe B, à utiliser comme batteries de traction dans des systèmes à propulsion électrique de véhicules routiers (4 roues)



RECYBAT: CREPIM – Exemple applicatif



Temperatures on each cell





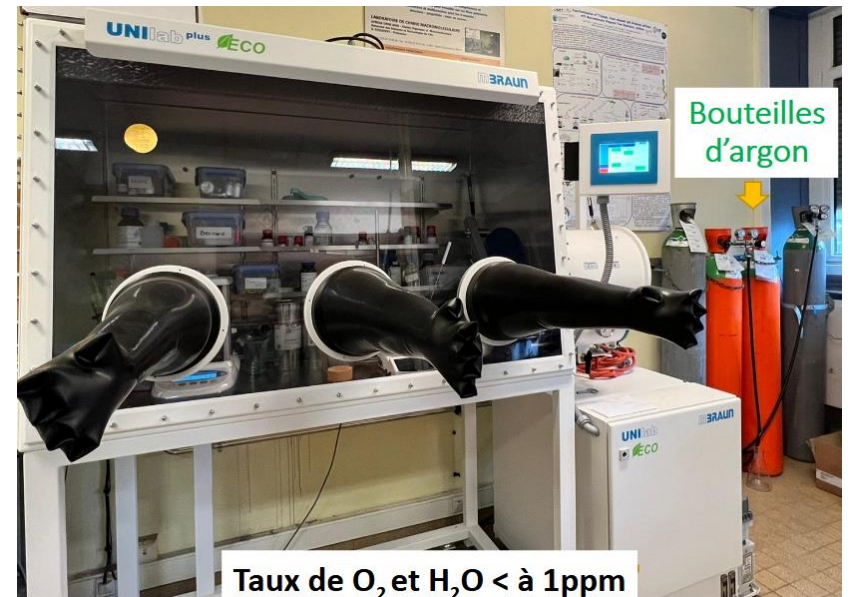
- ❑ **Etudes multi-échelles** s'appuyant sur un ensemble de moyens de caractérisations des matériaux disponibles sur le campus Cité scientifique de l'université de Lille, de l'Institut Chevreul, applicables à ceux des batteries démantelées
- ❑ **Caractérisations physico-chimiques** sur les matériaux endommagés (effet de vieillissement) et réparés :
 - o **Microstructure** (Diffraction des Rayons X, Microscopie Optique et Electronique (MEB environnemental ou non, TEM, EDMA)),
 - o **Composition en volume et surface** (ICP-MS, XPS, Tof-SIMS, Raman, FTIR, GDMS),
 - o **Topologie** (AFM, profilométrie),
 - o **Comportement diélectrique** (Impédancemétrie)

Batteries en
fin de vie



Tous les composants à l'intérieur de la batterie ont été brûlés.

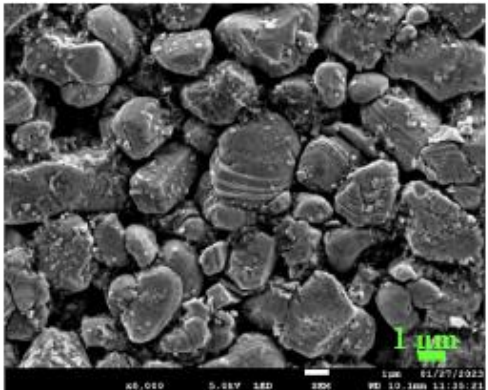
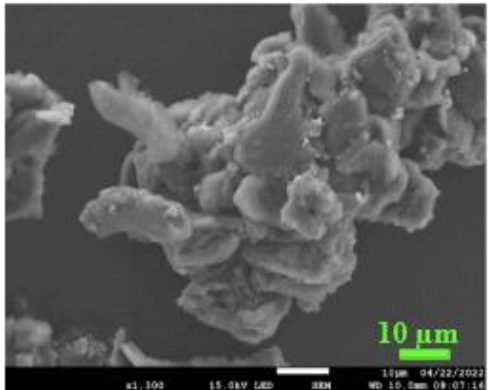
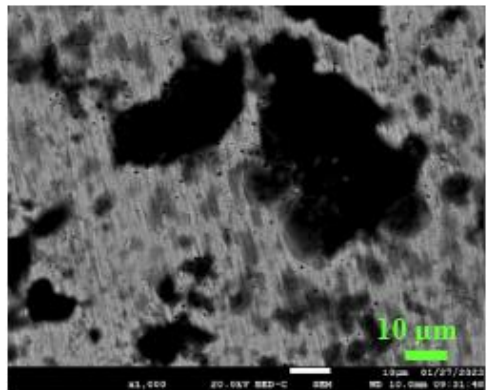
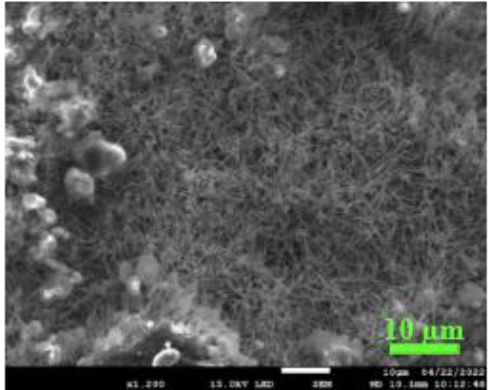
Démantèlement





Résultats préliminaires

Microscopie électronique à balayage (MEB) : Avant /après test de stress thermique

Echantillon	Non-brulée	Brulée	Analyse chimique EDX
Poudre/feuille : Structure lamellaire			Présence majoritaire de : Carbone, Manganèse, Cobalt, Nickel
Feuille de cuivre : Cu présent en abondance sur toute la surface			Présence majoritaire de : Cuivre, Carbone, Phosphore, Fluor * électrolytes typiques sont composés de sels de lithium : LiPF6



RECYBAT: Conclusion

➤ Genèse du projet: AMI Recyclage HDF

➤ Budget total: 4 M€

➤ Durée: 52 mois

➤ Point d'étape: Revue et veille bibliographique





Q&A

Merci pour votre attention



Conférences: Session #2





LabCom CRITTM2A – LSEE

MYEL

Mobility & reliability of Electrical chain **L**ab





Pourquoi un LabCom ?



Quelles interactions dans l'éco-système ?



Quels projets ?





Pourquoi un Laboratoire Commun ?

« Ce LabCom est l'union de 2 entités très complémentaires »

LSEE

→ **Thématique de recherche :**

Analyse et conception de composants électromagnétiques

- Performants
- Contraints par leurs usages
- Acceptés dans leur environnement

Analyse et conception de machines électriques efficaces et silencieuses



Fiabilité structurelle :
« diagnostiquer »
« concevoir »



→ **1 équipe composée de :**

- > 15 Enseignants - Chercheurs (5 Professeurs – 2 MCF HDR – 8 MCF)
- > 2 Ingénieurs d'études et 2 Ingénieurs de Recherche
- > 1 technicien et une adjointe administrative
- > 12 à 15 doctorants

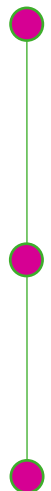




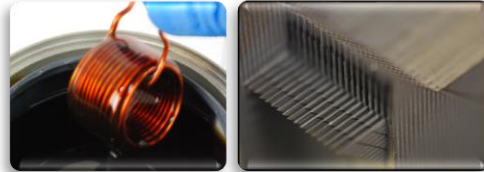
Pourquoi un Laboratoire Commun ?

→ 3 niveaux d'investigation :

LSEE



Composants



**Machines /
Transformateurs**



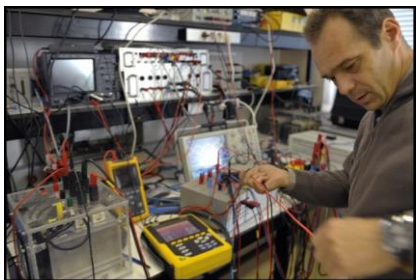
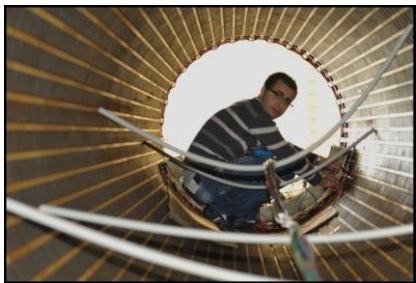
Users



- Caractérisation
- « nouveaux » matériaux

- Rendement
- Fiabilité
- Conception

- Bruits et vibrations
- Méthodes non invasives de diagnostic



→ **Stratégie :**

- > Proposer des ruptures scientifiques
- > Modéliser (Modèles analytiques & numériques)
- > Valider expérimentalement





Pourquoi un Laboratoire Commun ?

« Ce LabCom est l'union de 2 entités très complémentaires »



→ **Effectif** : 32 personnes (Doctorants CIFRE, Ingénieurs Techniciens)

→ **Au cœur de l'électromobilité par l'expertise, les essais et la modélisation**

- ▷ Une approche par éléments dissociés (cellule, module, pack, onduleur, turbo...)
- ▷ Une approche par synthèse véhicule (banc 4 machines)





Pourquoi un Laboratoire Commun ?

Des points de convergence forts :

→ Thématiques :

- ▷ Mutation vers la mobilité électrique : 5 mots clés

Compétitivité

Performance

Autonomie

Fiabilité

Environnement

- ▷ Applications : automobile / aéronautique / ferroviaire

- Philosophie :
 - « *l'essai quoi qu'il en coûte !* »
 - « *Calcul, modélisation et expérimental tout en un* »
 - « *La globalisation des TRL* »

- ▷ Des équipements uniques :

- ↪ Banc de charge de moteurs électriques 250 kW – 20 000 rpm
- ↪ Dispositif de test de bobinages sous contraintes thermoélectriques
- ↪ Enceintes climatiques pour le test des batteries, des cellules et des packs
- ↪ Banc 4 machines de la chaîne de traction électrique à la synthèse véhicule
- ↪ Chambre anéchoïque / moyens d'essais, équipements acoustiques et vibratoires
- ↪ Banc onduleur



Pourquoi un Laboratoire Commun ?

Des points de convergence forts :

→ Scientifiques :

▷ CRITT :

- ↪ Volonté du CRITT d'élargir et de diversifier le spectre de ses compétences et de sa chaîne de valeur
- ↪ Formation -> Engagement fort dans des travaux de thèse -> Anticiper les ressources futures de l'entreprise
- ↪ Positionnement du CRITT sur une échelle TRL élargie -> Préparer les technologies du futur
- ↪ Mise en commun d'un réseau de Partenaires (à rayonnement international)

Projet OECTE



▷ LSEE :

- ↪ Intégrer les contraintes normatives
- ↪ Transfert & Valorisation : accentuer la dynamique enclenchée



Pourquoi un Laboratoire Commun ?

Complémentarités :

→ Activités sur l'échelle TRL :

Capacité à répondre à des cahiers des charges larges et des turnkey projects

→ Matériels

→ Réseau de partenaires :

- ▷ Mise en commun des partenaires des 2 entités
- ▷ Affichage commun des compétences et moyens





Des projets communs phares :

OECTE

High Torque

- Effets des défaillances non destructives électriques et mécaniques intervenant sur une chaîne de traction
- LSEE : Modélisation des défauts moteur
- Plateforme P-HiL
- Projet BPI

bpifrance



RedHat

*Reliable Electrical machines
with very High Torque and power densities*

- Projet PRCE ANR
- Conception d'une motorisation fiable à très fortes puissances massique et volumique
- Consortium :



MYEL

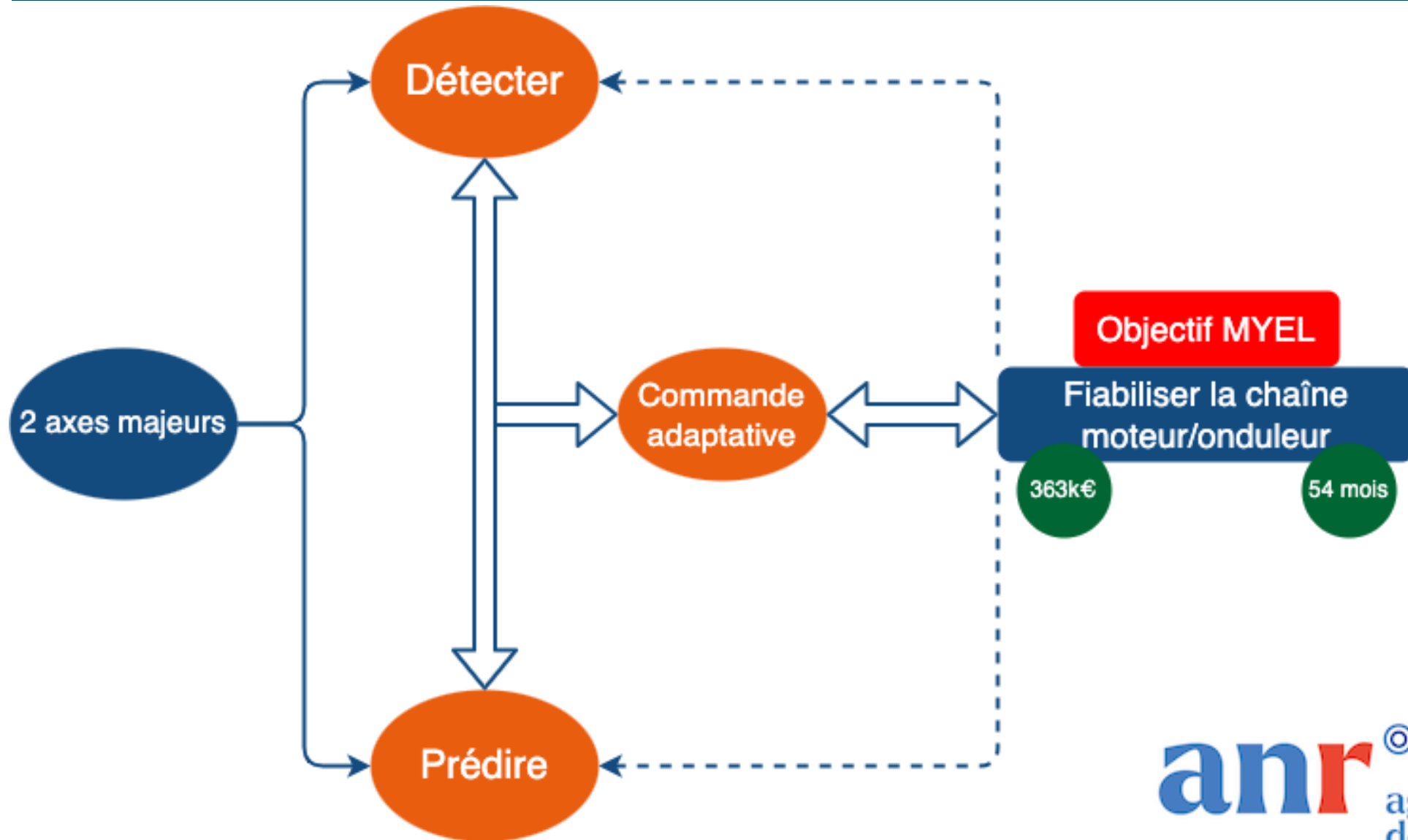
Mobility & Reliability of Electrical chain Lab

- Financement ANR du Laboratoire Commun
- 3 thèses + Equipement



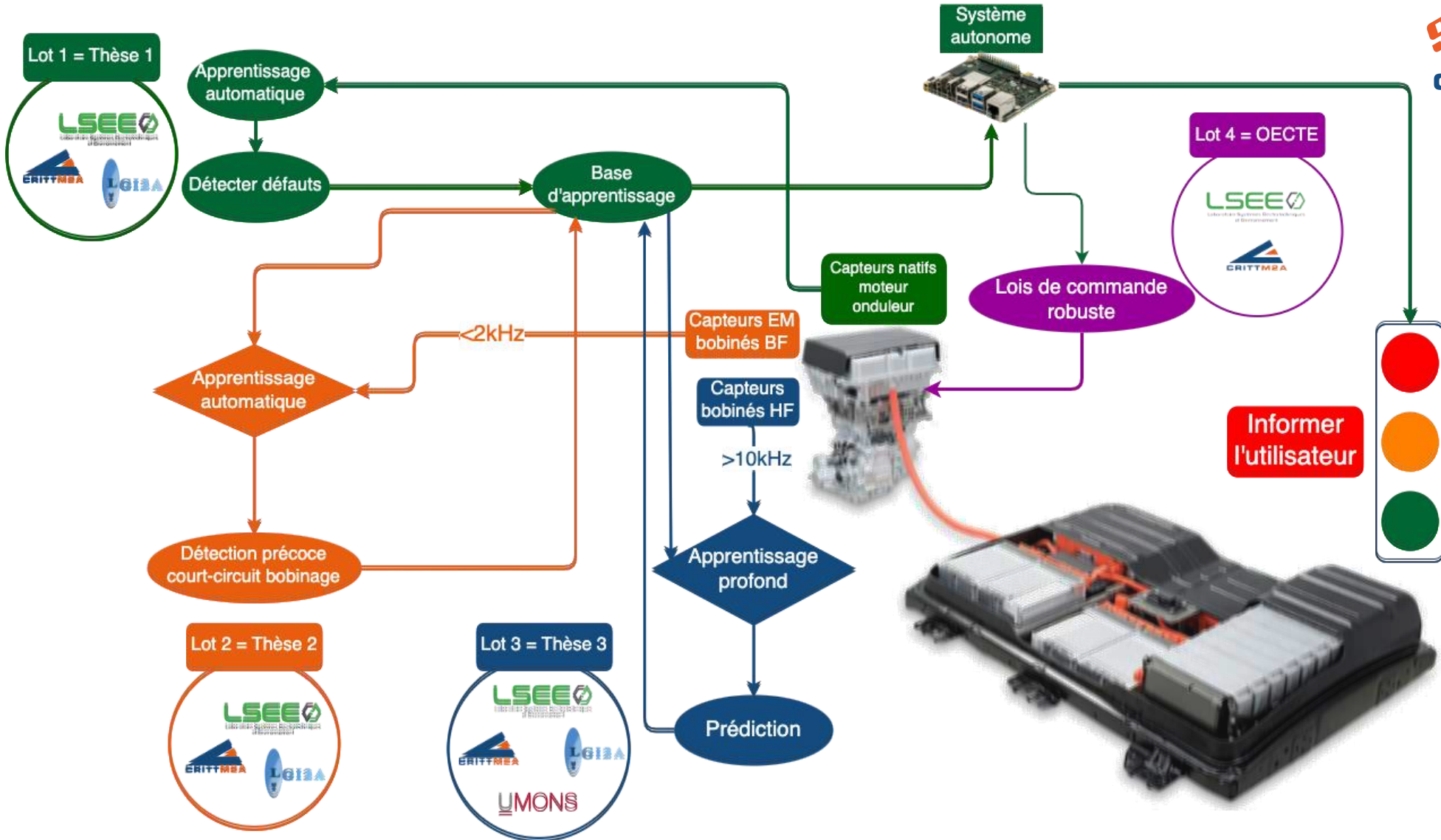


Le projet MYEL : Les objectifs



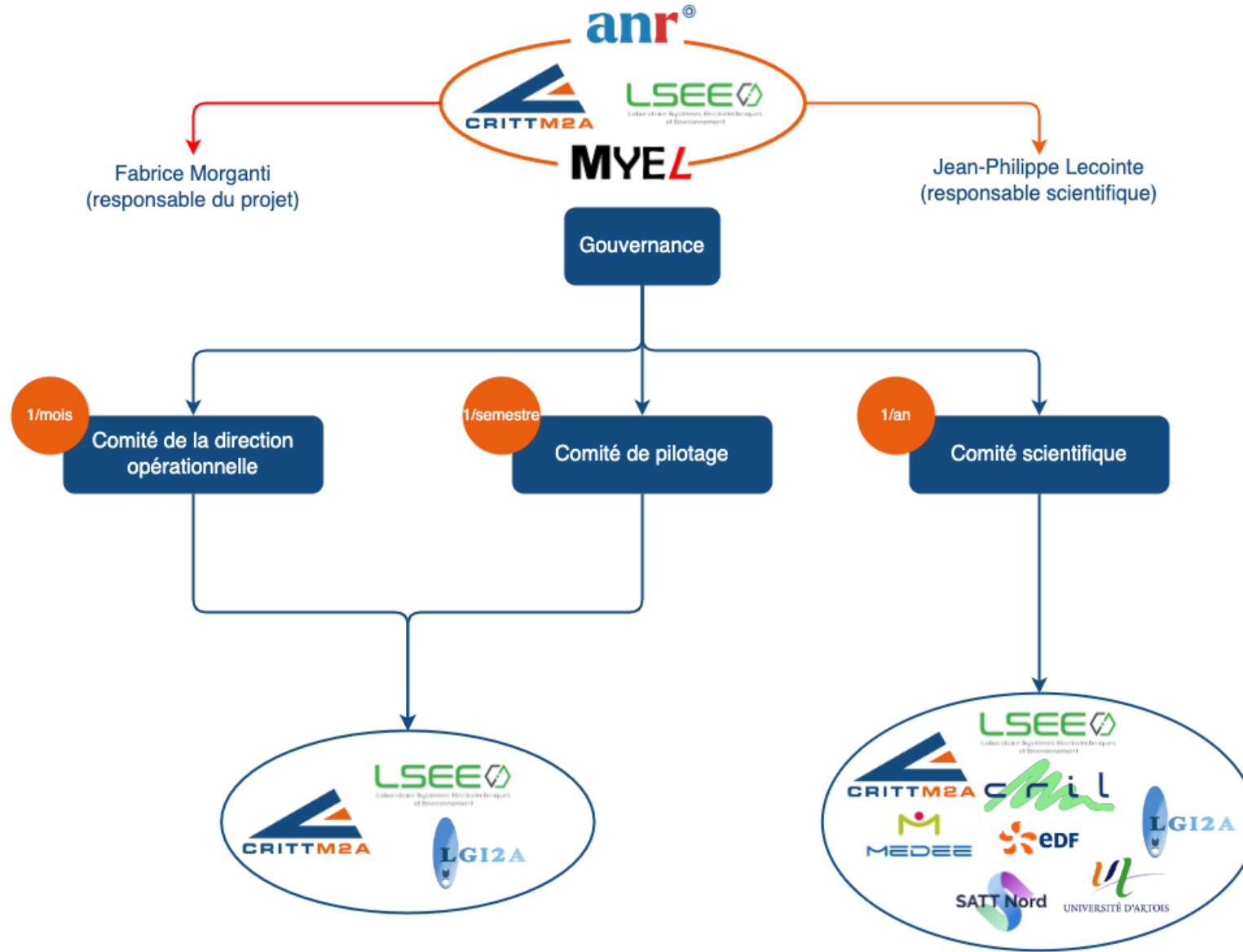


Le projet MYEL : atteindre l'objectif via 4 lots





Le projet MYEL : les acteurs





Quelles interactions dans l'éco-système ?

Au cœur des dynamiques !

→ Thématique phare :

- ▷ Au cœur de la transition énergétique
- ▷ Échelles multiples : mobilité, industrie

→ Territoriale :

- ▷ Vallée de l'électrique au cœur de la CABBALR !
- ▷ Territoire d'industrie, réseaux d'appartenance
- ▷ Electromobilité en Hauts-de-France (COREM)

« Béthune-Bruay, territoire démonstrateur de la transformation industrielle »



-  Exploiter l'arrivée d'ACC et positionner le territoire en Vallée de l'électrique
-  Faciliter les échanges au sein de l'écosystème industriel territorial
-  Impulser l'écologie industrielle sur le territoire
-  Renforcer l'accompagnement RH et ajuster l'offre de formation en adéquation avec les besoins des industriels
-  Consolider l'attractivité industrielle du territoire






Quelles interactions dans l'éco-système ?

Tech 3E Environnement
Efficacité
Énergétique

La plateforme technologique dédiée à l'environnement et à l'efficacité énergétique

- **Extension de 200m² en 2020** ⇨ 500 m² au total
- **Projets CPER Immobilier et Energie Electrique 4.0 :**
 - ▷ + 600 m² pour le LSEE en 2025
 - ▷ Equipement phare : fiabilité des équipements électriques





Q&A

Merci pour votre attention



OECTE: Optimisation énergétique de la chaîne de traction électrifiée



Financé par



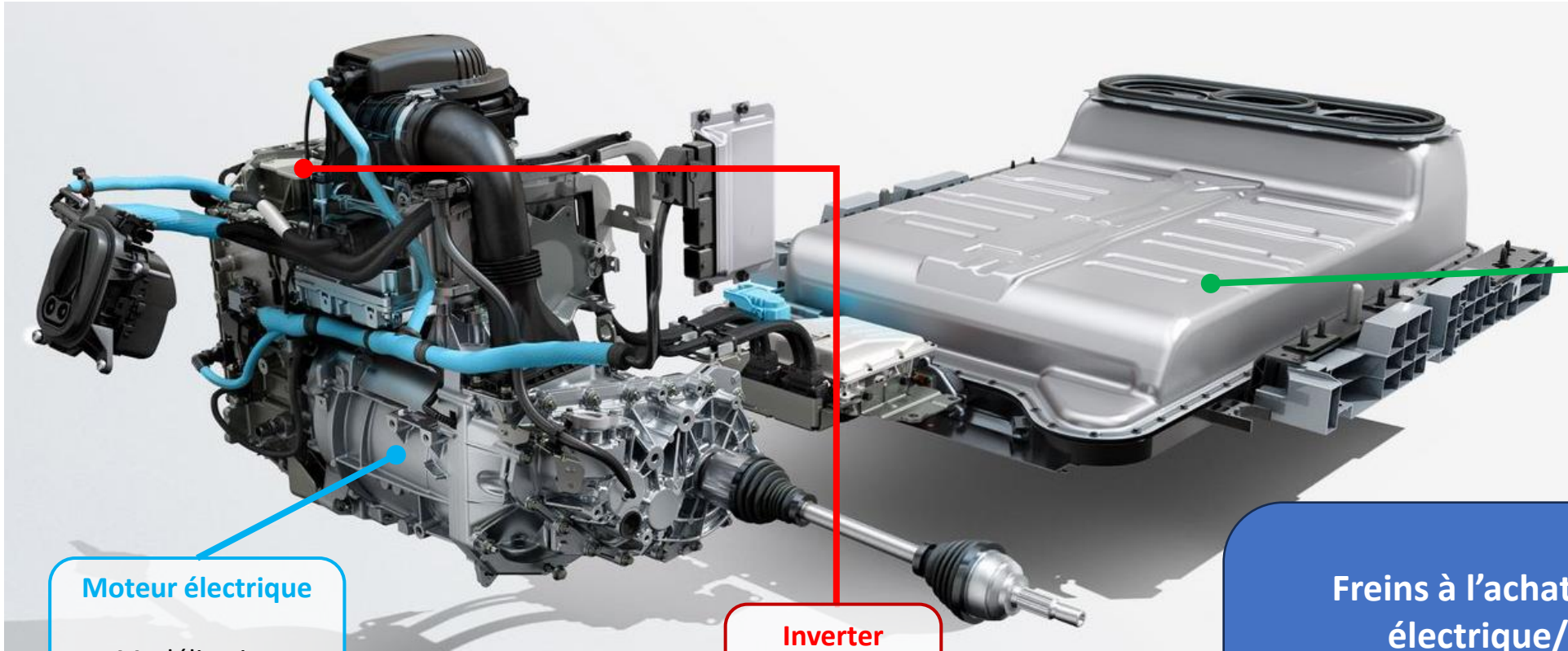
GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*





OECTE: Contexte et problématique



Moteur électrique

- Modélisation
- Commande
- Fiabilité
- Vieillessement

Inverter

- Optimisation
- Autonomie
- Performance

Pack batterie

- Modélisation
- Thermique
- Autonomie
- Vieillessement

Freins à l'achat du véhicule électrique/ hybride:

- Autonomie et durée de vie
- Coût à l'achat



OECTE: Présentation du projet

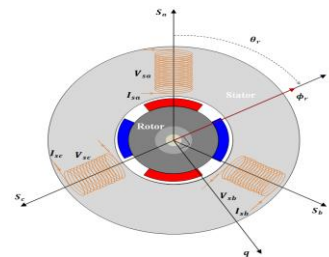
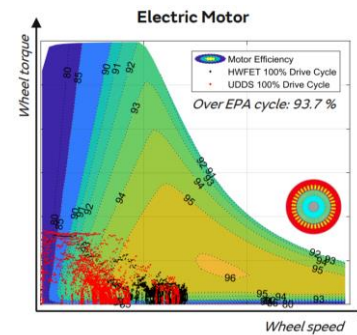


Développer **une méthodologie nouvelle et en rupture** associant la modélisation et l'expérimental (onduleur, moteur, batterie) dans le but d'optimiser la gestion énergétique et la fiabilité de la chaîne de traction électrique.

Date de démarrage:
09/2020

Date de fin: 04/2023

Durée 32 mois



Coût: 4,7M€

Financé par



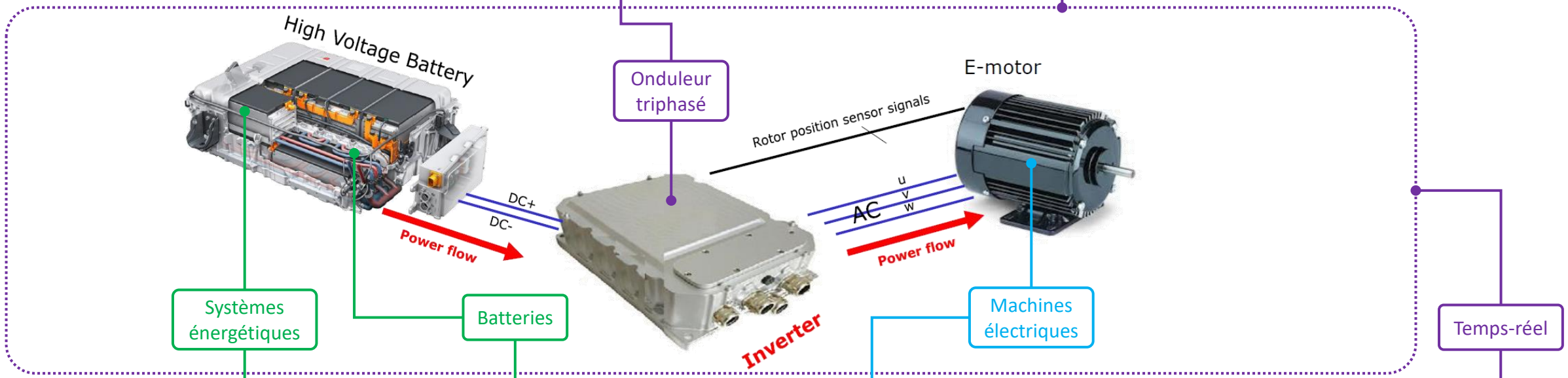
GOVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité





OECTE: Moyens et partenariats

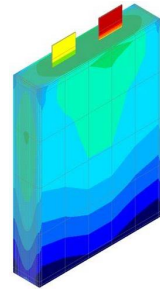
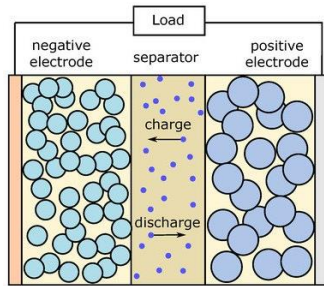




OECTE: Objectifs et Méthodologie

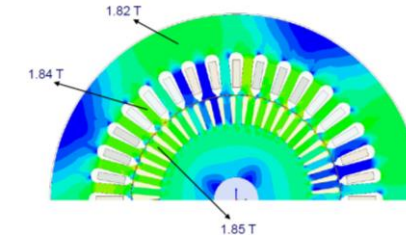
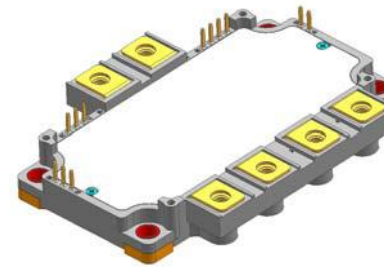
Performances Energétiques, Gestion et Autonomie des Systèmes de Stockage Electrique

- Améliorer la durée de vie et l'autonomie des batteries



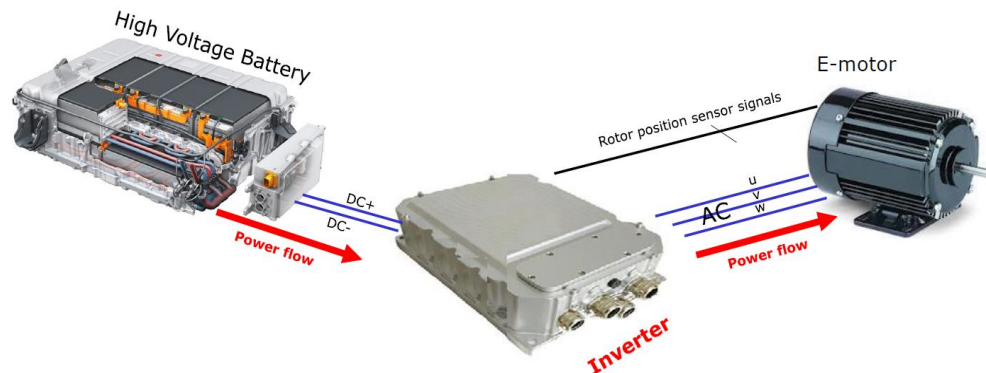
Optimization e-PowerTrain Energy Management

- Améliorer le couple convertisseur/moteur



Optimisation Energétique des Chaînes de Traction Electriques

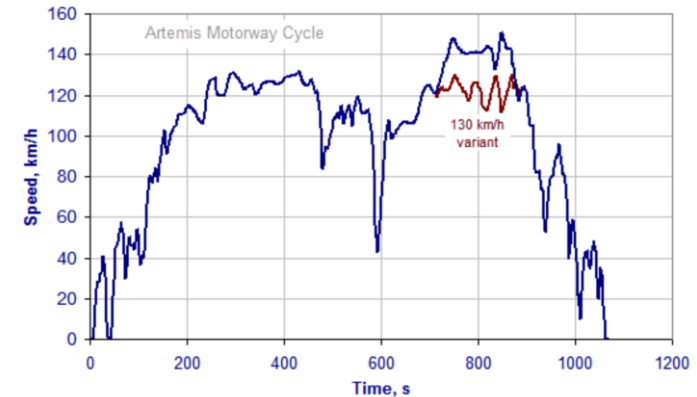
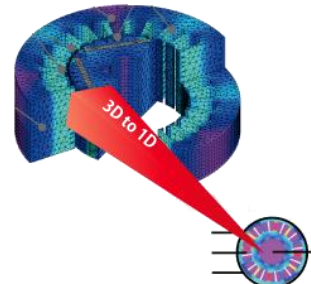
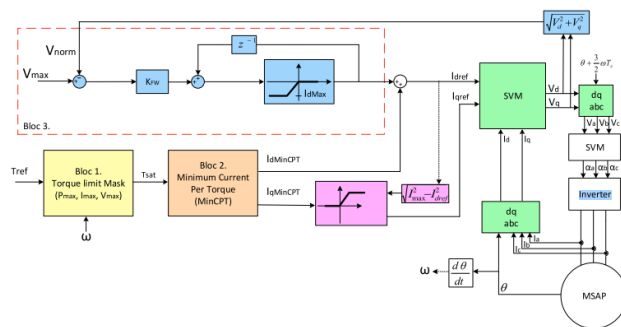
- Développement d'une méthodologie de tests, de mise au point et de validation associant le numérique et l'expérimental



- ✓ **Optimisation** de la gestion énergétique et du dimensionnement de la chaîne de traction au juste nécessaire
- ✓ **Réduction des coûts** et des délais de développement;
- ✓ **Prédiction des risques** de défaillances des moteurs, convertisseurs et batteries

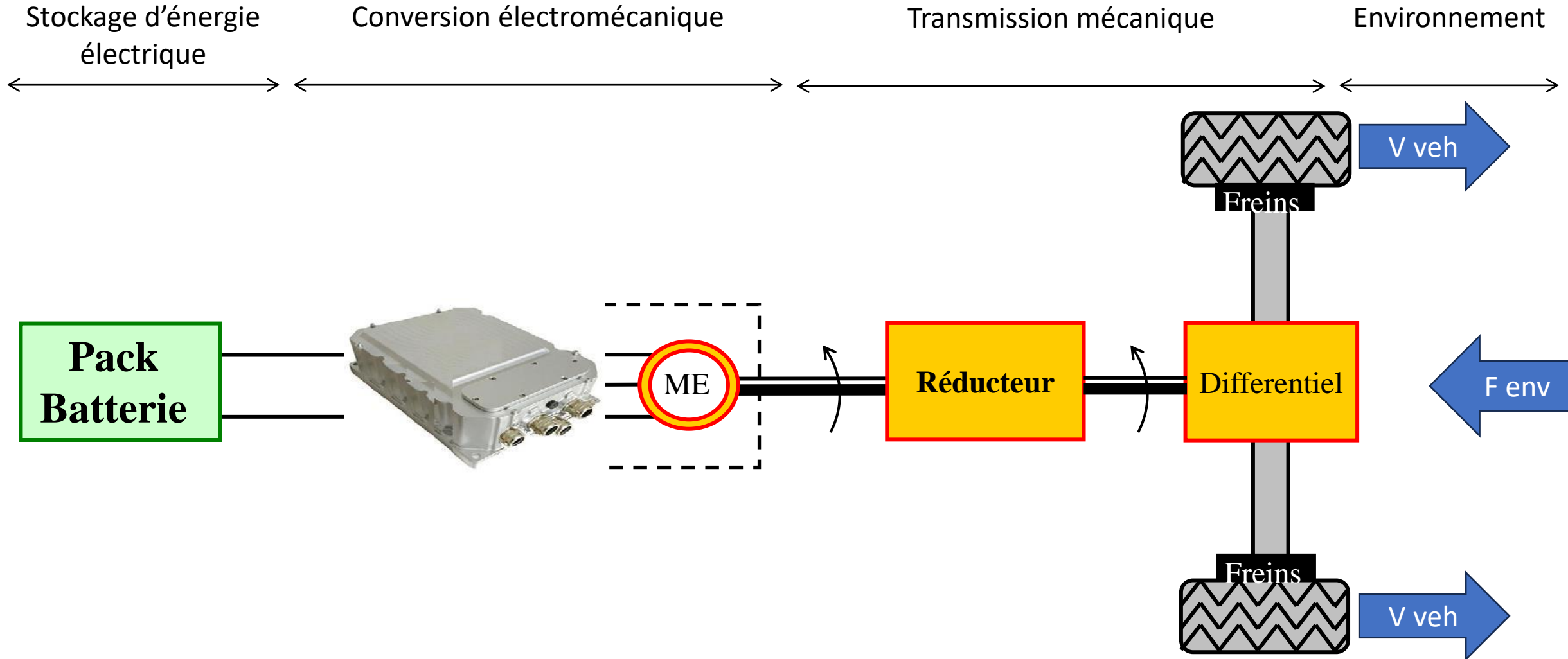


- Etat de l'art sur la modélisation des machines électriques et méthodologie d'optimisation énergétique
- Banc d'essai onduleur opérationnel
- Création d'une base de modèles électromagnétiques intégrant des défaut et dysfonctionnements récurrents
- Modélisation batterie (PEGAS²E)
- Développement d'une méthodologie expérimentale permettant l'optimisation énergétique
- Réalisation d'un onduleur programmable



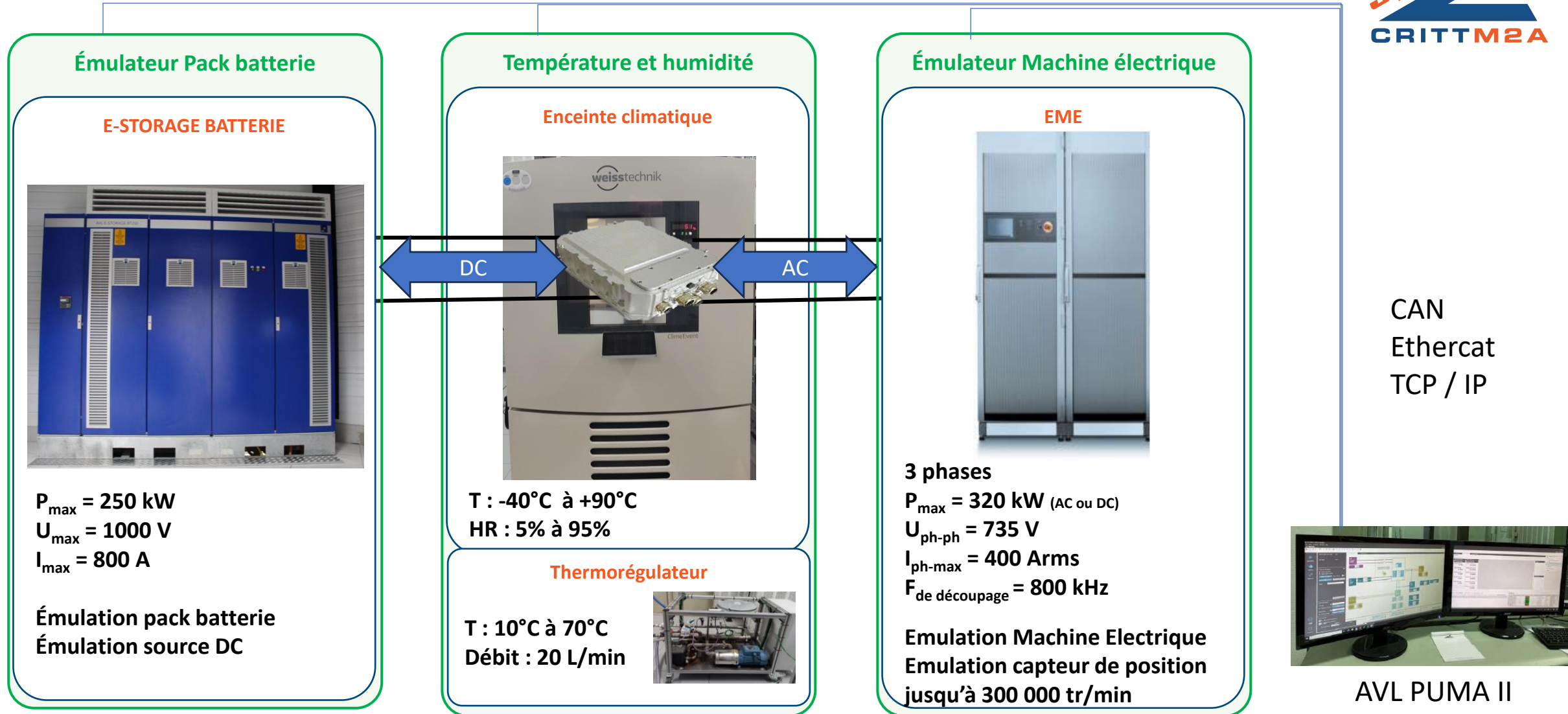


OECTE: Banc d'essai onduleur





OECTE: Banc d'essai onduleur





OECTE: Banc Onduleur/ Convertisseur

➤ Banc de test pour onduleur, convertisseur de puissance et stratégie de contrôle/commande

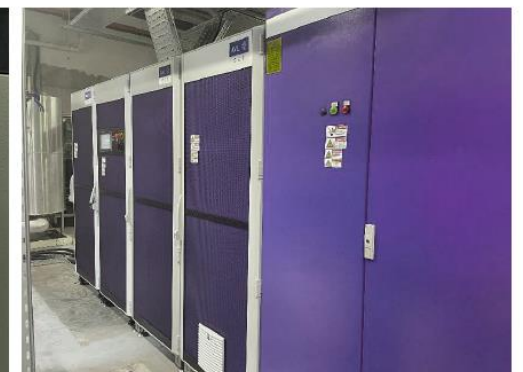
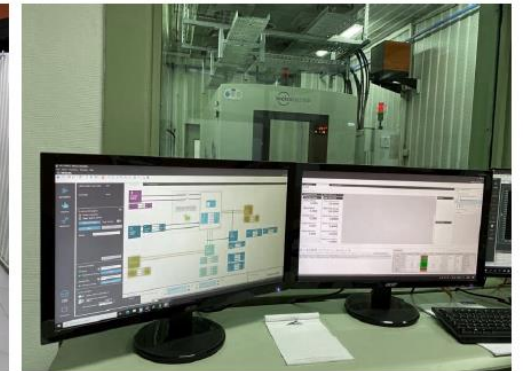
➤ Capacités :

- Emulation Machines électrique (PMSM, IM, EESM,...),
- Emulation charge mécanique,
- Emulation de capteurs (température, position, resolver, codeur incrémental...),
- Emulation batteries / Bus DC,
- Régulation température d'air, température d'eau, humidité
- Défauts électriques

➤ Permet de réaliser des essais :

- Performance,
- Environnementaux,
- Vérification production,
- Recalage modèle
- Endurance,
- Difonctionnels,
- Benchmark,

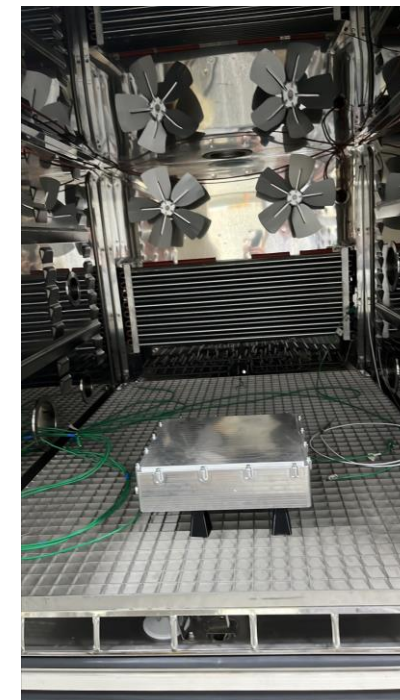
➤ Expertise sur l'ensemble de la chaîne de traction électrifiée





OECTE: Retombées

- Participation à l'essor du marché du VE par action sur la chaîne de traction électrique en contribuant à la réduction du coût des chaînes de traction et à la réduction du time to market à travers le développement d'une méthodologie d'optimisation énergétique de la chaîne de traction électrifiée grâce à l'analyse des interactions entre les différents organes
- Intégration d'un nouveau moyen et de nouvelles compétences au catalogue du CRITT M2A
- Retombées sociales au travers du recrutement d'un ingénieur et d'un technicien
- Réel intérêt des donneurs d'ordres tant au niveau national qu'international
- Débouchés opérationnels et scientifiques





Q&A

Merci pour votre attention



SyTEC 2023



CRITTM2A