

Le cycle de vie d'une batterie : de la production à l'élimination

Bruno Lemoine et Prof. Dr. Priscilla Caliandro,
Centre de recherche sur le stockage d'énergie de la Haute école spécialisée de Berne (ESReC - BFH)

Les composants d'une batterie

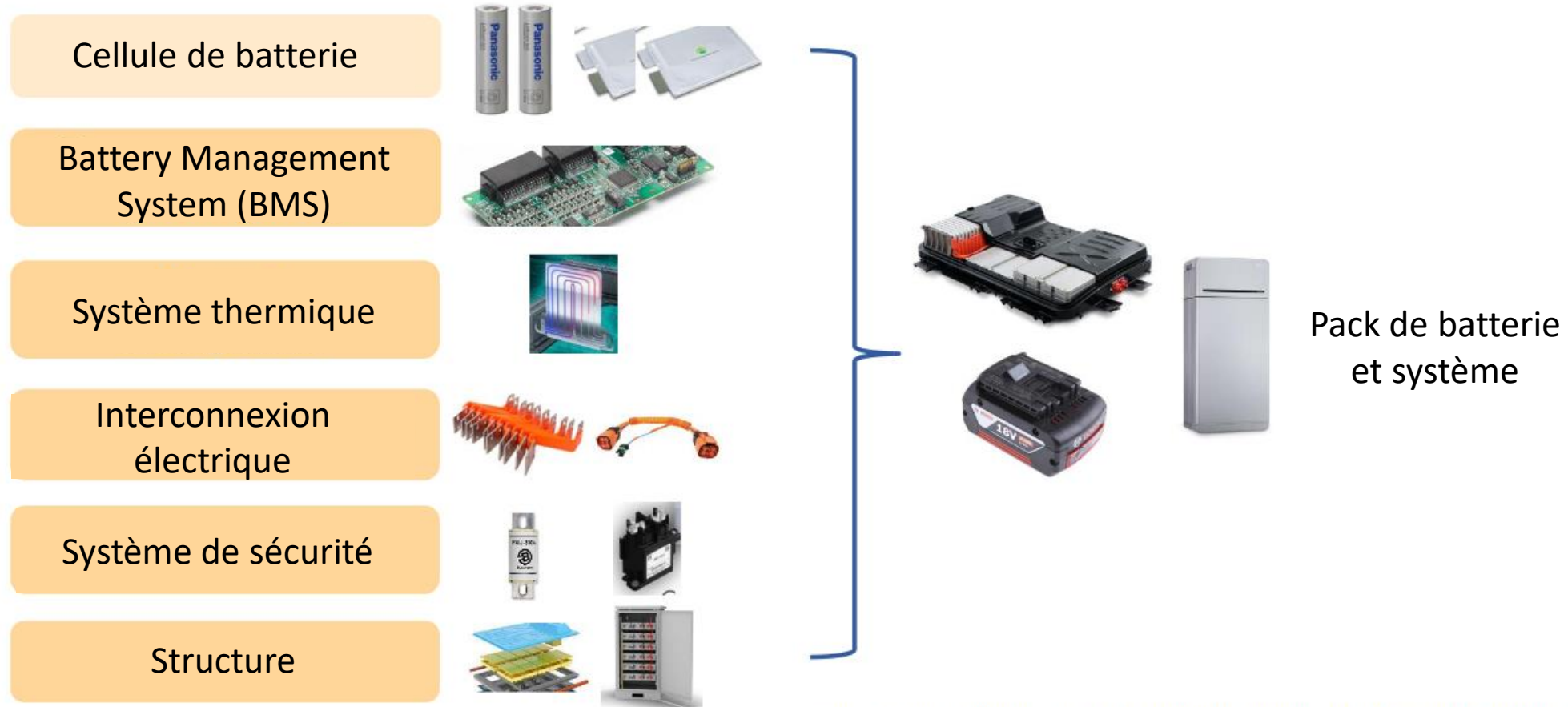
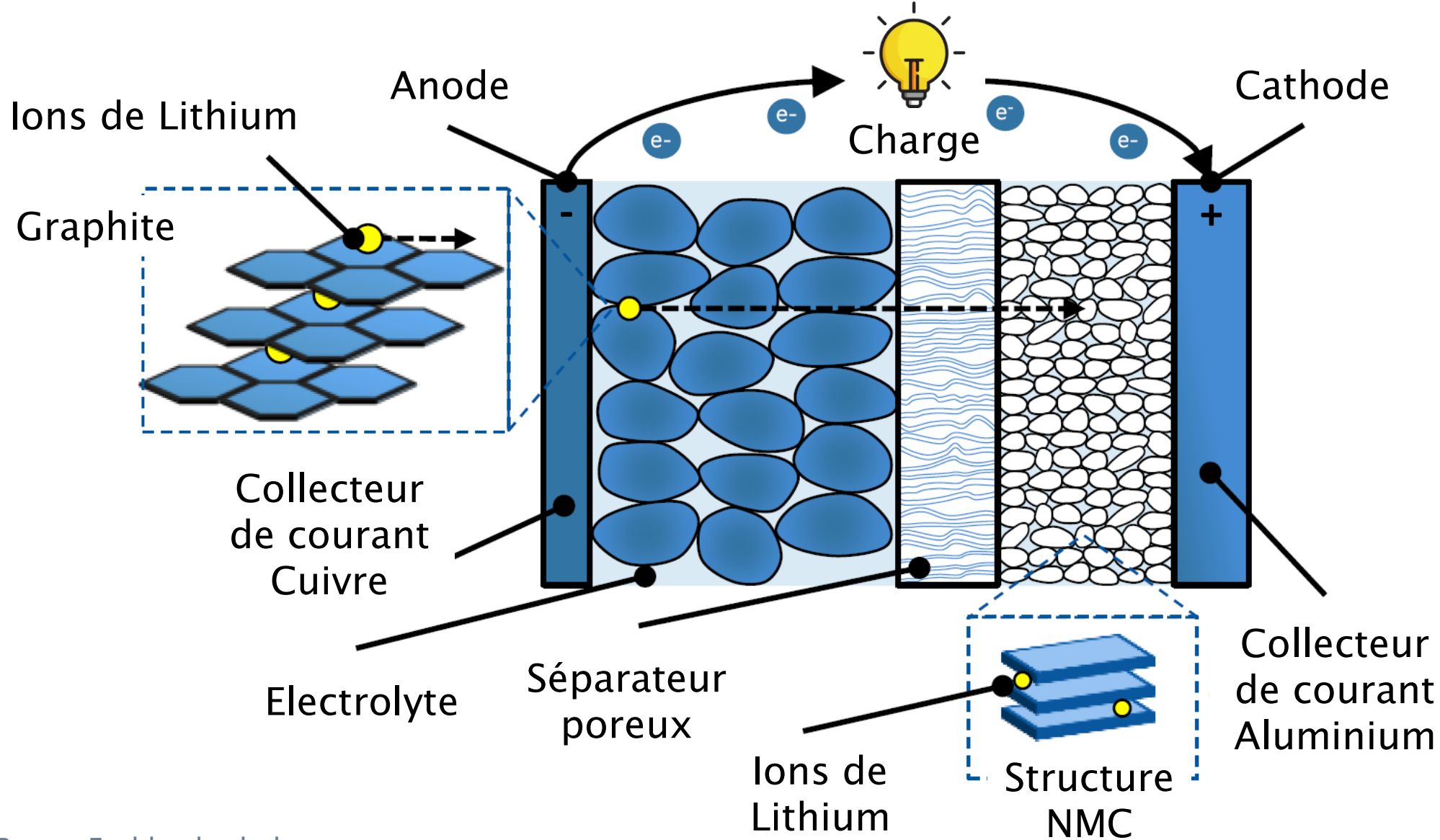


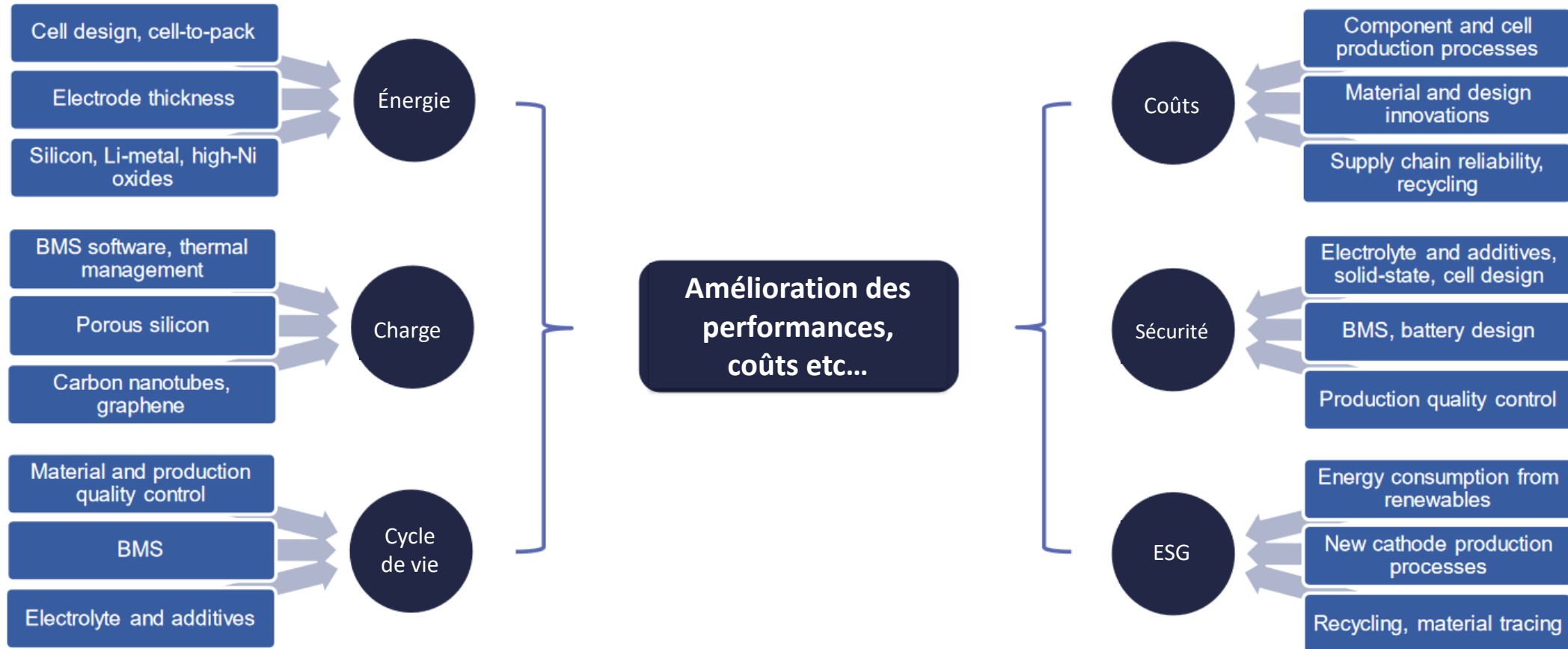
Image sources: Panasonic, AESC Envision, Samsung SDI, Nissan (The Elec), Chevrolet, General Motors, Lithium Balance, Eaton, EG Electronics, Bizlinktech, Voltacon, Sabic, Bosch, LG ES.

Composition d'une cellule lithium-ion



Développement technologique

- Il y aura toujours de multiples sources **d'amélioration des performances**, du **coût** et des caractéristiques **environnementales** de la technologie Li-ion.

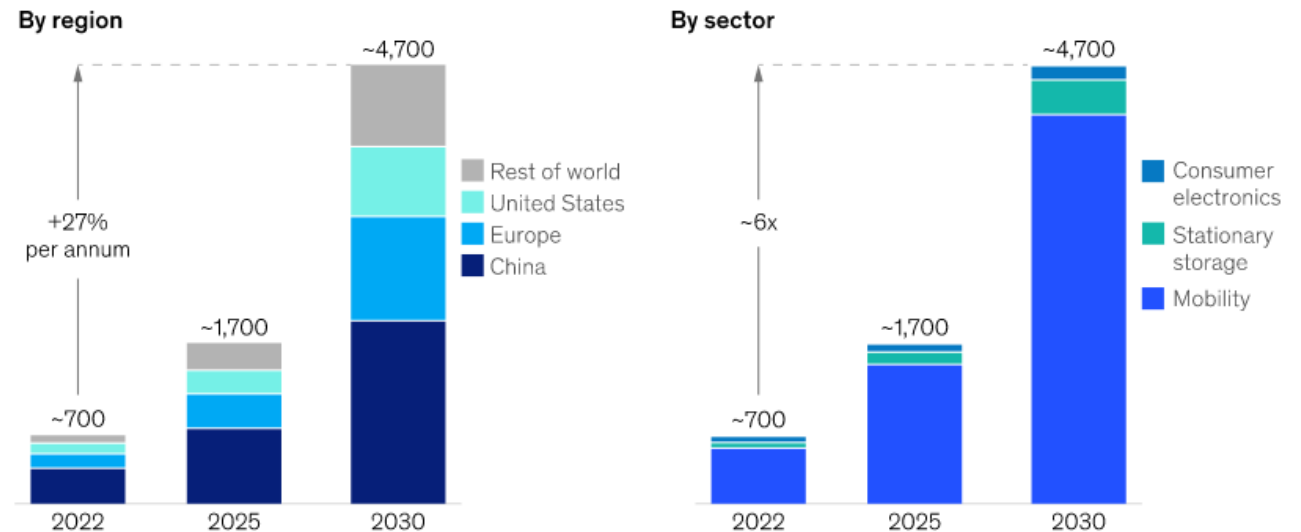


Évolution de la demande des batteries

- ▶ **4 700 GWh** par an au niveau mondial d'ici à **2030**
- ▶ En 2030, 40 % de la demande de batteries lithium-ion devrait provenir de la Chine.
- ▶ Environ **90 % de la demande proviendra des applications de mobilité**, en particulier des véhicules électriques (VE).
- ▶ Plus de **26 millions** de voitures électriques étaient en circulation en **2022**. (AIE 2023)

Li-ion battery demand is expected to grow by about 27 percent annually to reach around 4,700 GWh by 2030.

Global Li-ion battery cell demand, GWh, Base case

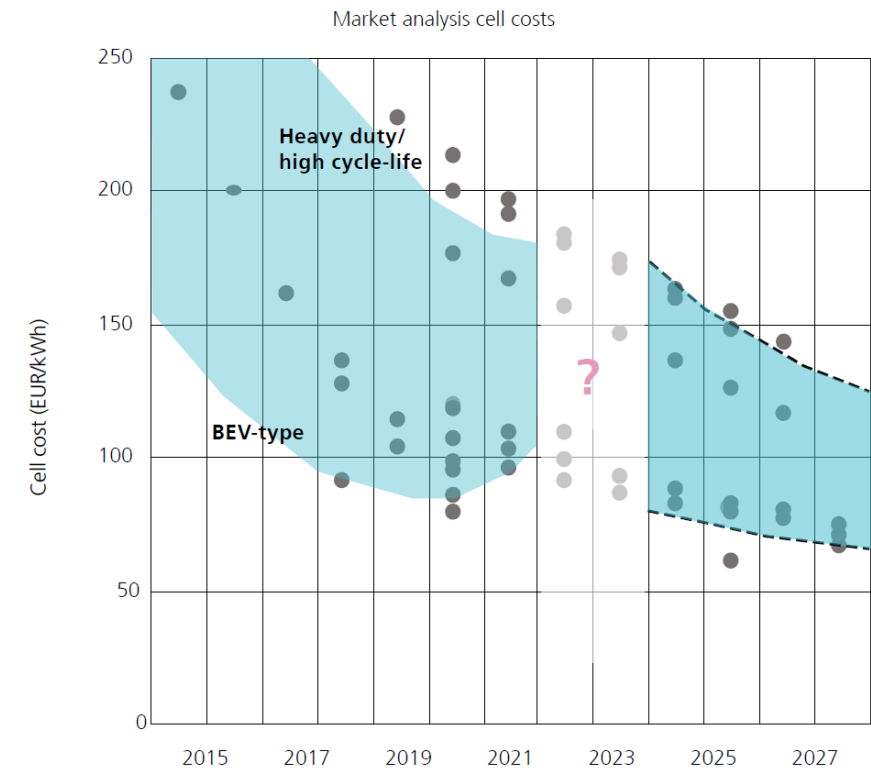
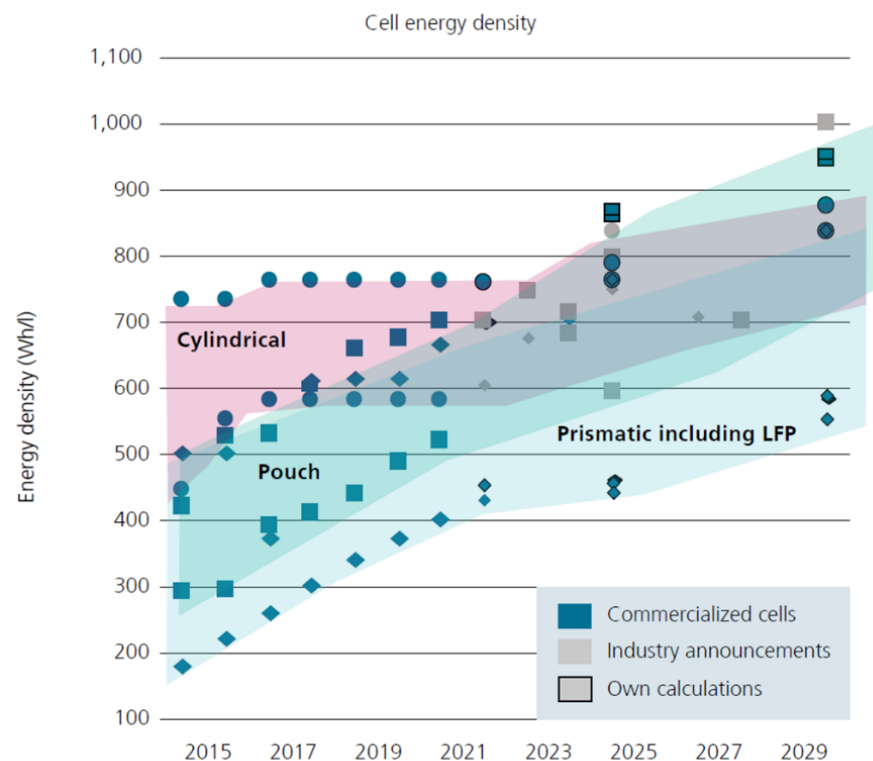


¹Including passenger cars, commercial vehicles, two-to-three wheelers, off-highway vehicles, and aviation.
Source: McKinsey Battery Insights Demand Model

McKinsey & Company

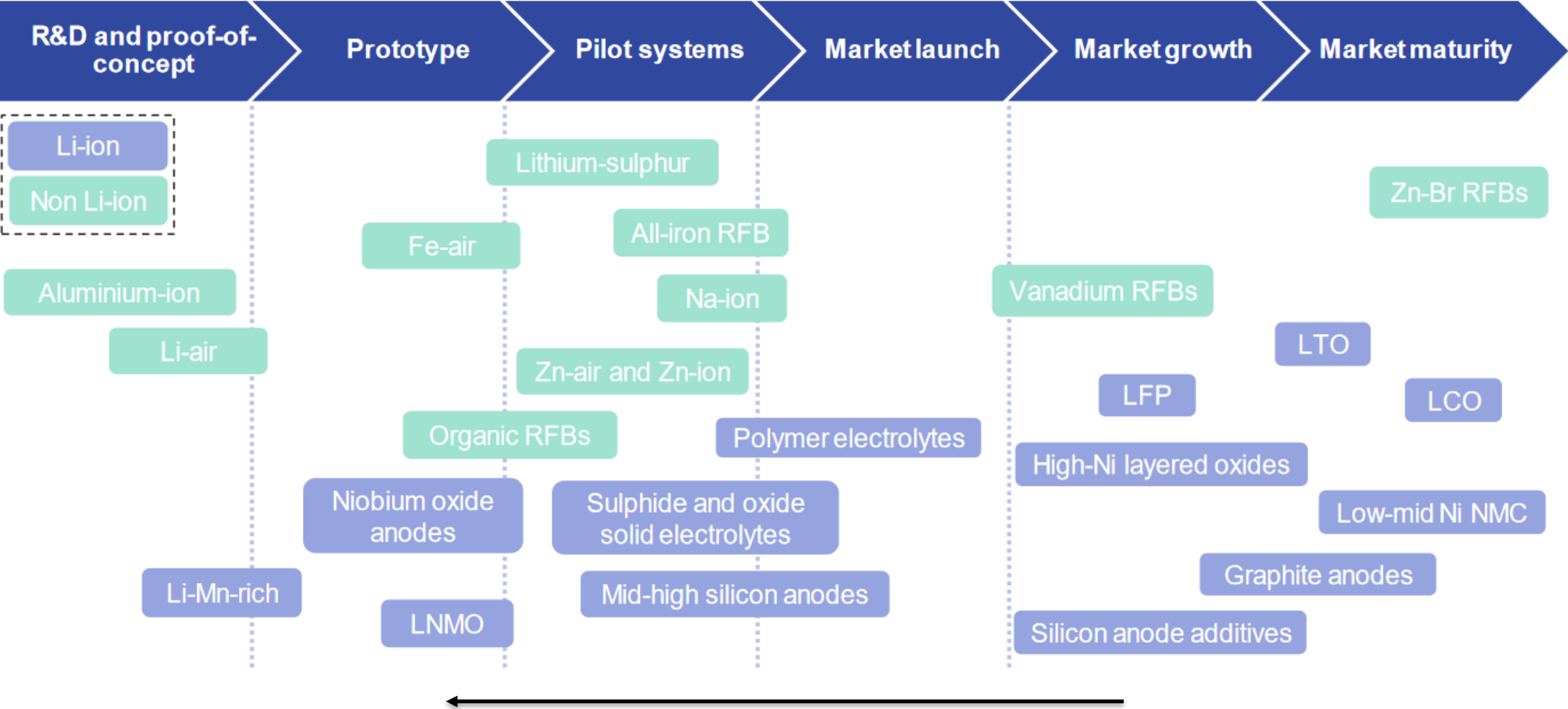
Évolution des performances et des coûts

- ▶ Développement de la densité pour les LIBS (Annonces et activités de développement)
- ▶ Analyse des prévisions de coûts en 2021/22.



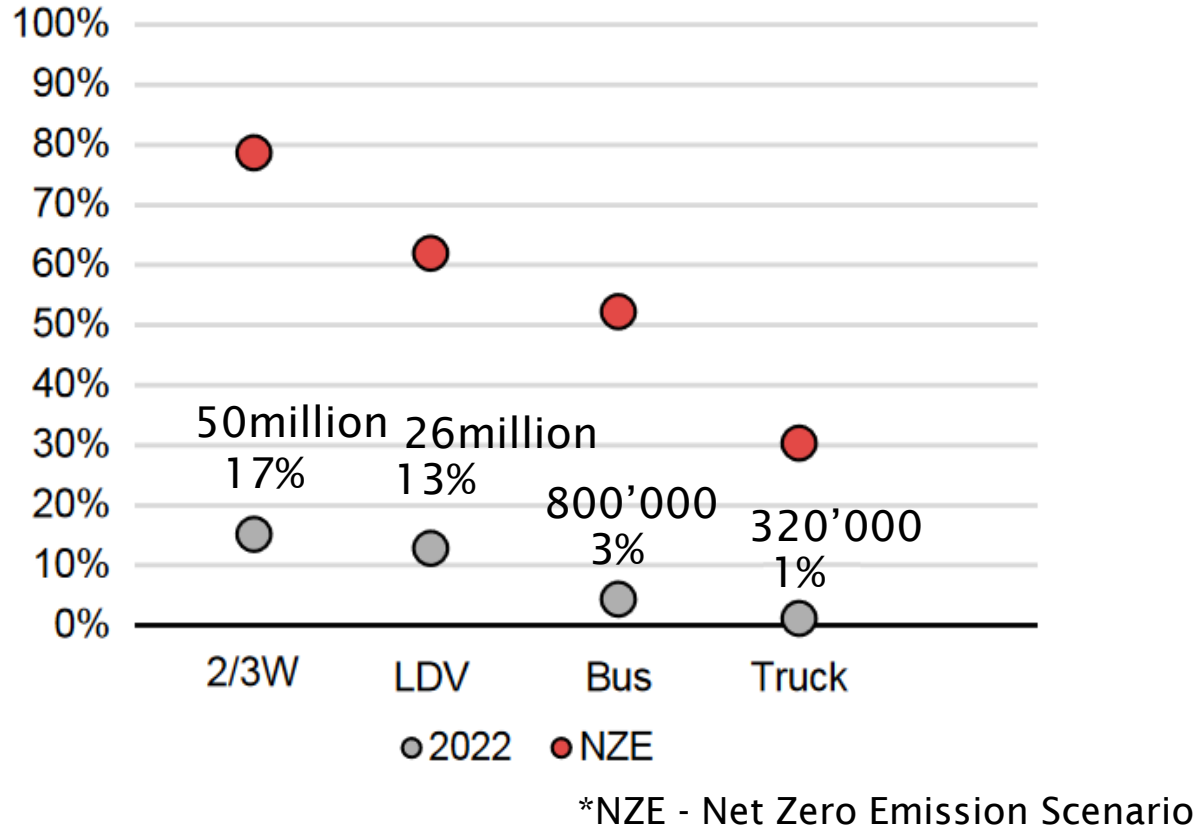
Quelle: Alternative Battery Technologies Roadmap 2030+; Fraunhofer ISI, Sept. 2023

Nouvelles chimies de batteries : aperçu des TRLs



Les batteries dans la mobilité

Electric vehicle sales shares by mode and scenario, 2030

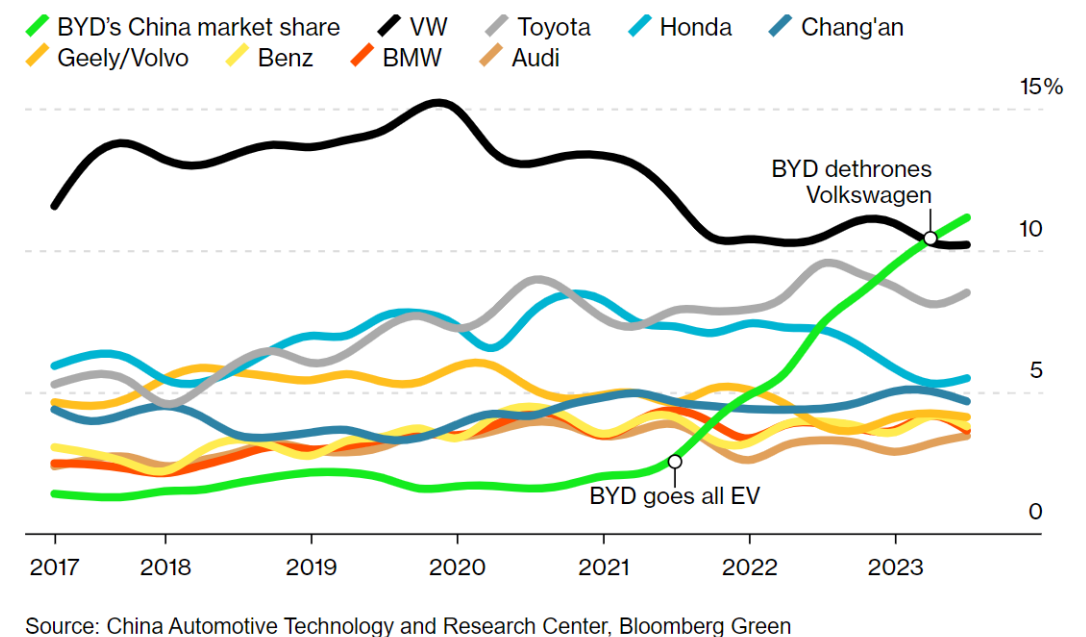
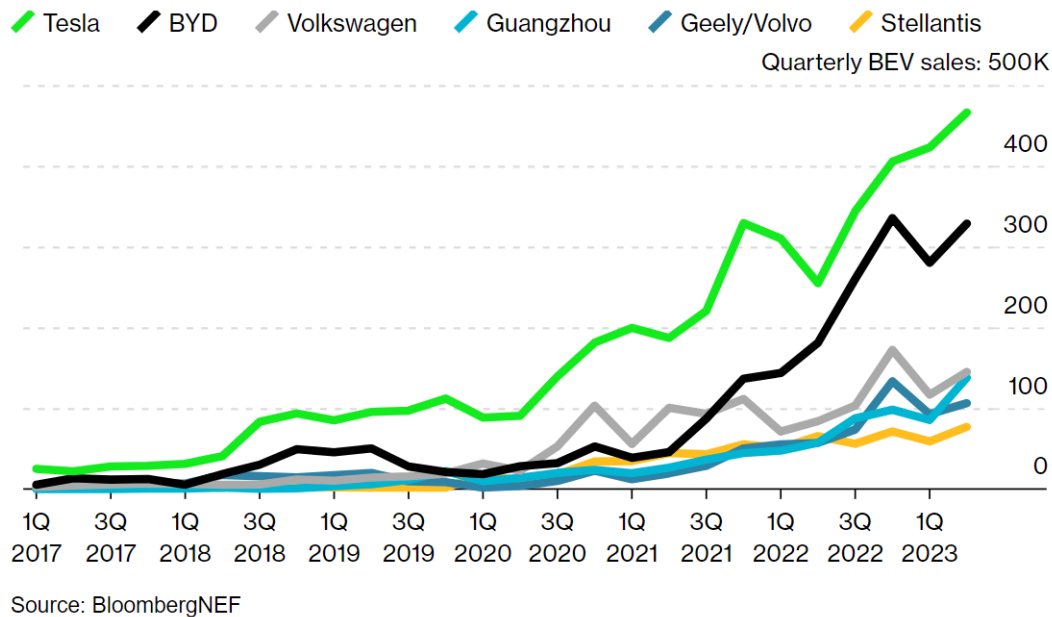


Source: Global EV Outlook 2023 Catching up with climate ambitions. IEA April 2023

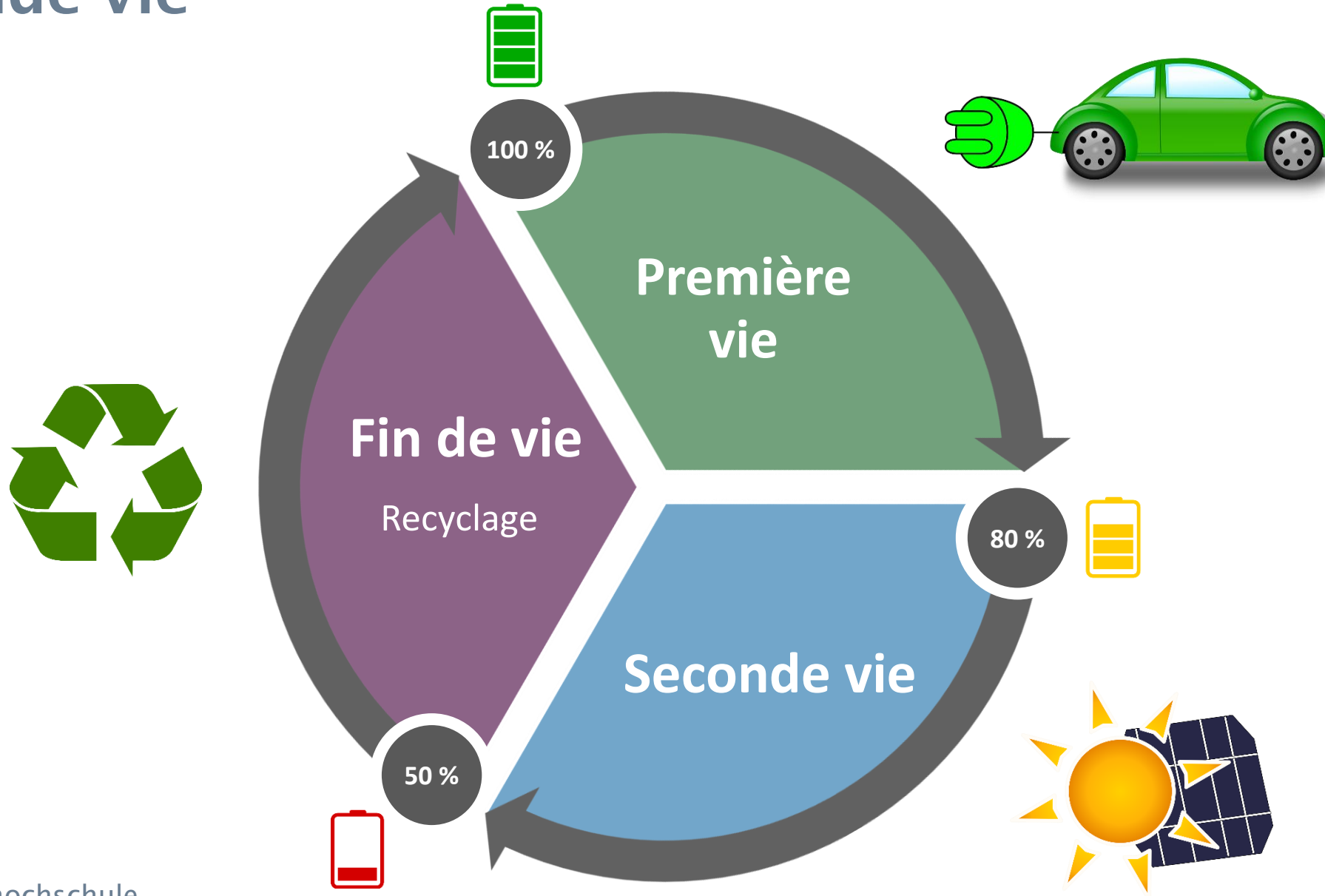
- ▶ Deux-trois roues (2/3W) segment de transport routier le plus électrifié
→ Poids léger et distance journalière limitée combinés à un faible TCO.
- ▶ Véhicules utilitaires légers (LDV), 13 % des ventes → soutien politique important.
- ▶ Les autobus progressent en termes d'électrification, principalement grâce au marché chinois.
- ▶ Les camions sont plus difficiles à électrifier que les autres segments routiers → taille, poids et coût des batteries

Électrification des véhicules utilitaires légers (LDV)

- ▶ Les constructeurs automobiles européens perdent la course mondiale aux VEs.
- ▶ Bienvenue dans le futur - Édition Chine BYD est devenue la marque automobile la plus vendue en Chine en gagnant le marché des VEs.



Seconde vie



Recyclage : l'exemple de Kyburz

Utilisation d'un nouveau véhicule (Post AG)



Distribution

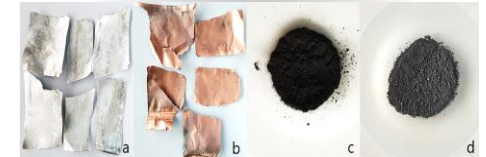
Véhicule de seconde vie



Utilisation dans d'autres applications

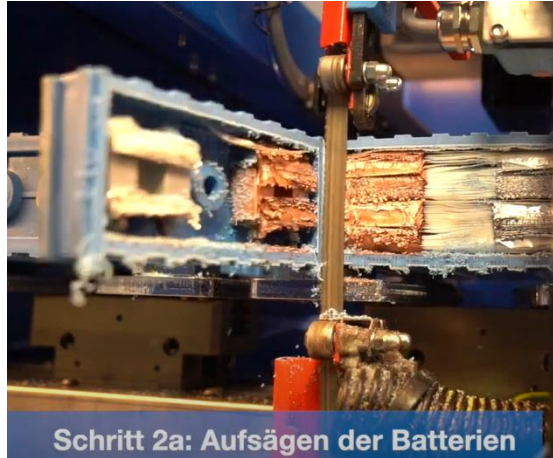
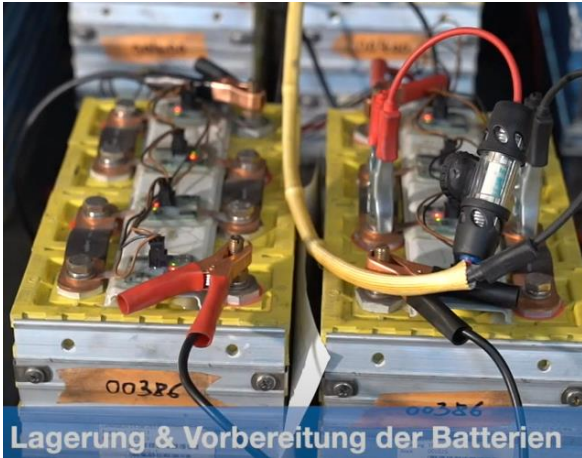


Recyclage



- Kyburz a déjà testé ses processus de recyclage et conçu une première usine pilote comme point de départ pour tester l'efficacité économique du processus.
- L'objectif est d'extraire les matières premières avec environ 10 minutes de travail par cellule (Prismatique).

Kyburz - Usine de recyclage en service depuis le 4.9.2020



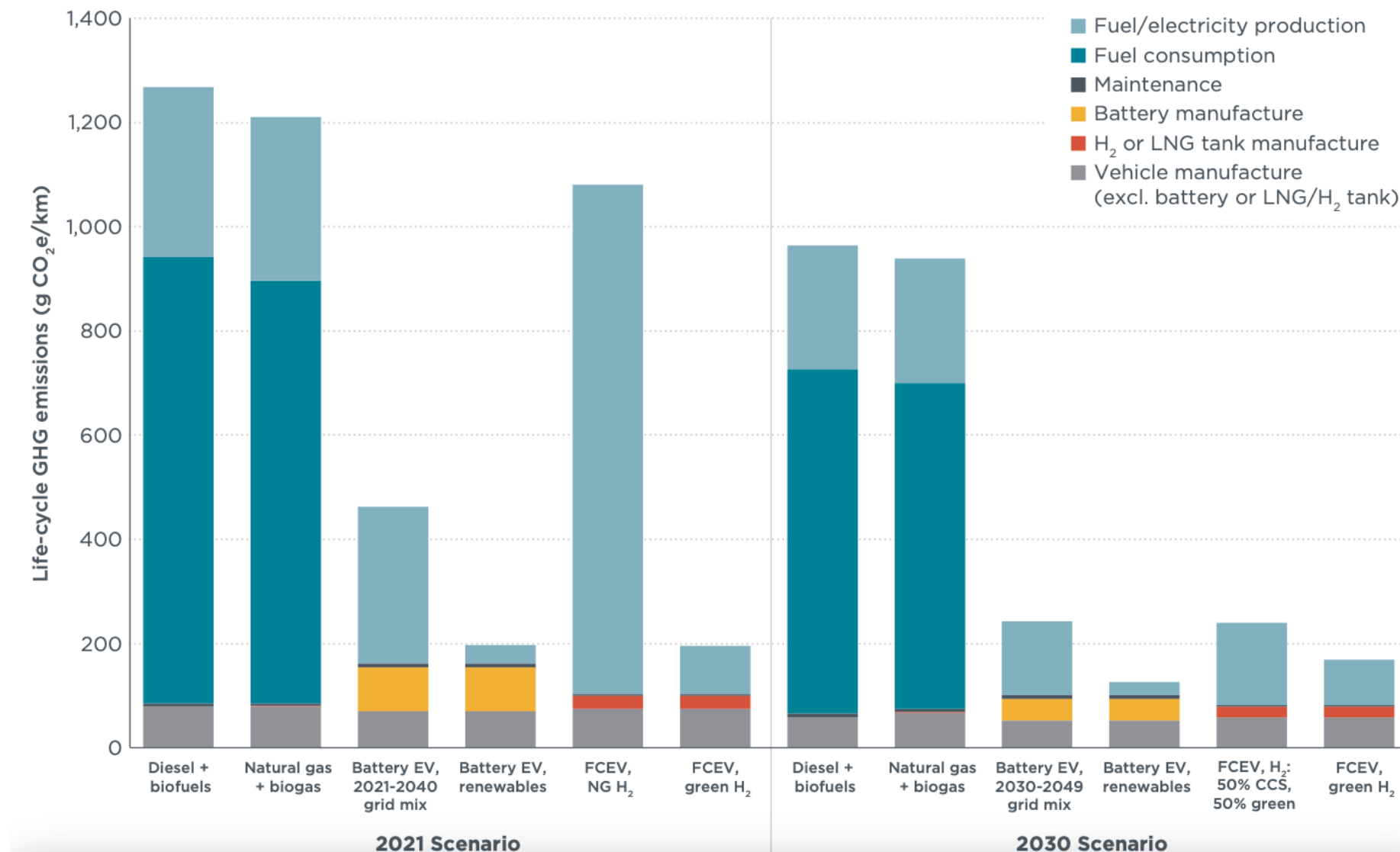
Procédure de recyclage semi-automatique :

1. Décharger lentement la cellule jusqu'à environ 2V
2. Couper la cellule par le haut et éjecter le matériau interne.
3. Séparer l'anode, la cathode et la membrane
4. Dissoudre dans l'eau le matériau actif de l'électrode du collecteur de courant (Cuivre, aluminium)
5. Jusqu'à 91% de récupération des matériaux

Berner Fachhochschule

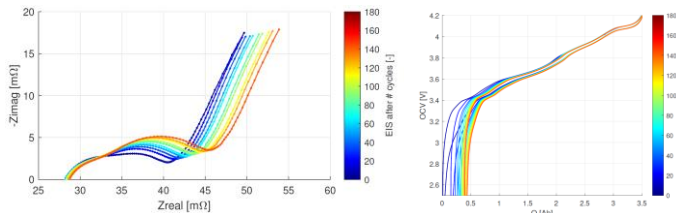


Qu'en est-il de l'écobilan des véhicules électriques ?

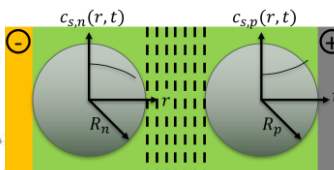
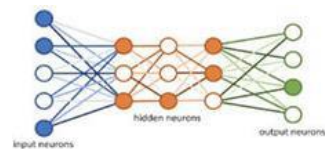
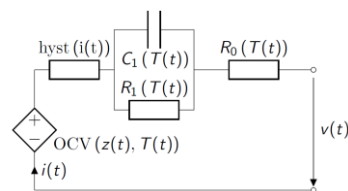


Expertise et axes de recherche

1 Test des batteries et des BMS

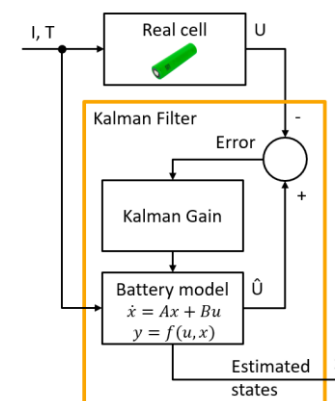


2 Modélisation des batteries

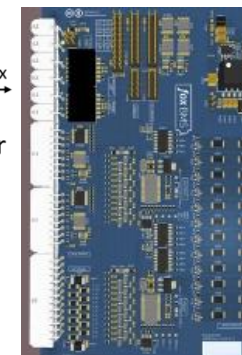


Single Particle Model (SPM)
with electrolyte dynamics

3 Création d'algorithmes et implémentation



Extended Kalman Filter



4 Gestion de la batterie et "cloud"

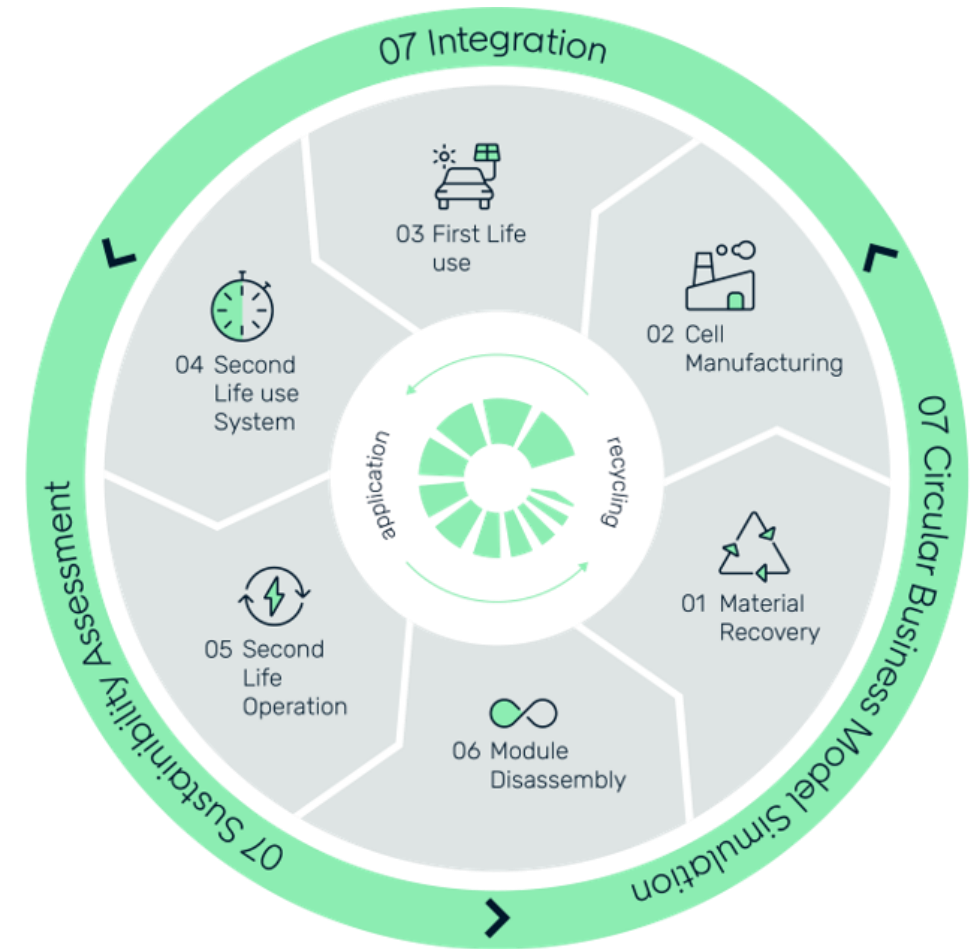


CircuBAT

CircuBAT vise à fermer la chaîne de valeur des batteries lithium-ion en passant d'un modèle linéaire à un modèle circulaire.

OBJECTIFS:

- ▶ Développement d'un modèle d'économie circulaire pour les batteries lithium-ion dans le secteur de la mobilité en Suisse.
- ▶ Développer des solutions pour améliorer l'analyse du cycle de vie des batteries.
- ▶ Créer un système de stockage d'énergie de seconde vie pour faciliter la transition énergétique.
- ▶ 24 partenaires industriels
- ▶ 11 groupes de recherche de 7 institutions de recherche



Research Partners



Projet – eBusPlus & Mesures In-Situ

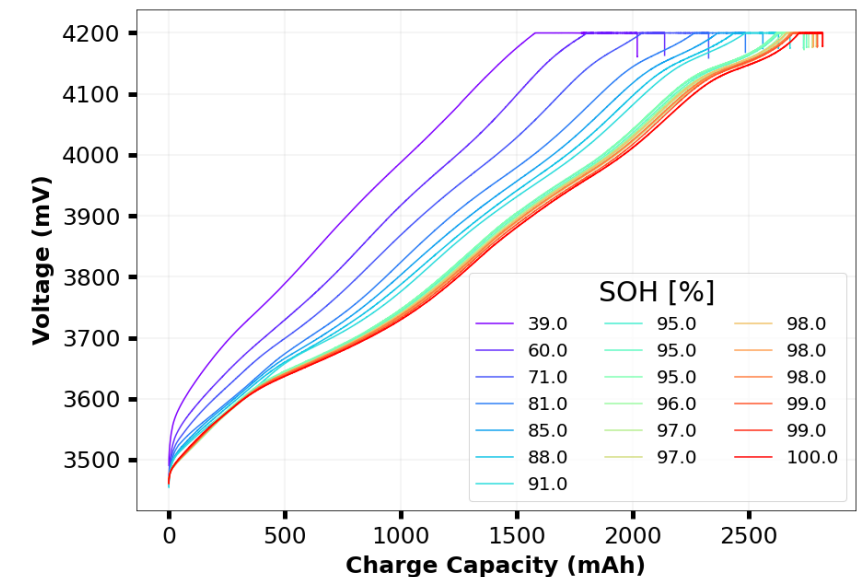
Objectif principal:

Développer un concept de véhicule doté d'une gestion thermique intelligente et de nouvelles technologies en matière de propulsion, de chauffage, de climatisation et d'isolation.



BFH contributions:

- Vaste campagne d'essais pour mieux comprendre le comportement des cellules
- Développement d'un modèle de dégradation grâce à Open-Sesame
- Soutien d'un cadre d'optimisation concernant la durée de vie de la batterie, les coûts d'exploitation et l'utilisation
- Développement d'une procédure rapide et standard pour estimer le SOH sans démontage du pack.



BIENE - Intégration et gestion des batteries sur véhicules ferroviaires



Berner
Fachhochschule



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Office of Transport FOT

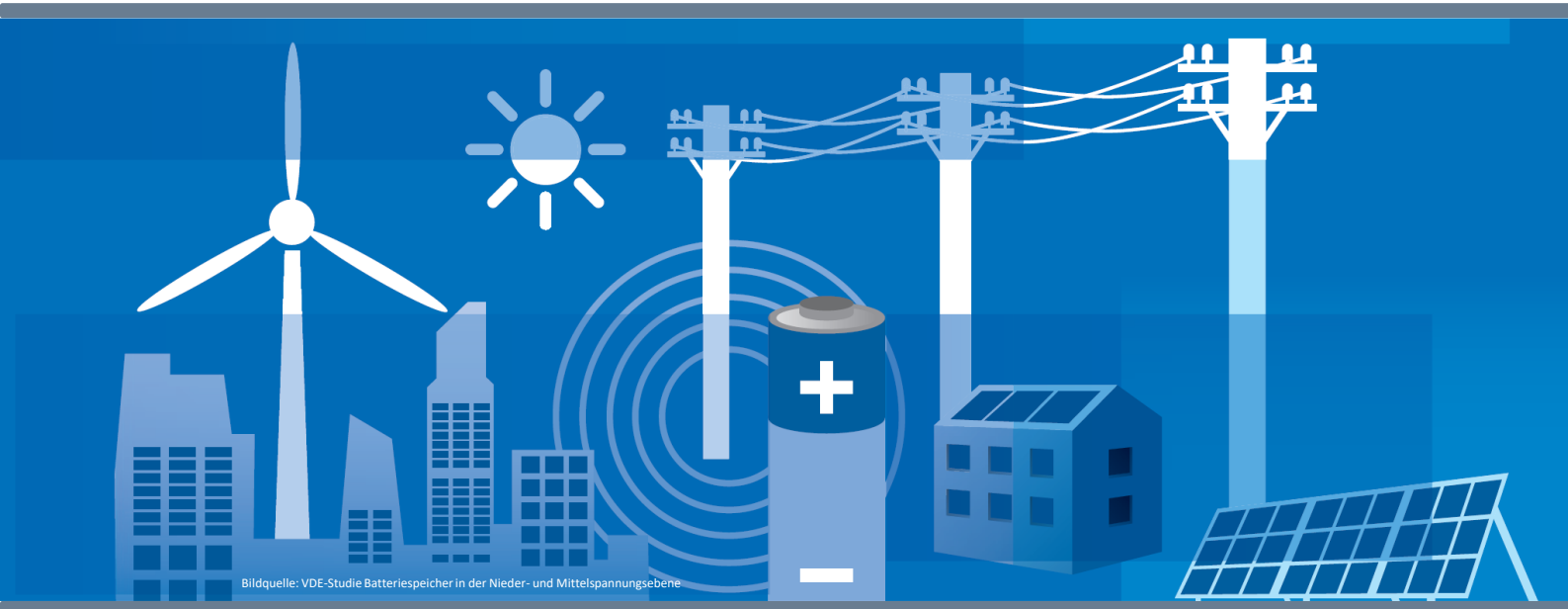
Conversion/remplacement du parc de locomotives diesel des CFF (700 véhicules ferroviaires à moteur **diesel** → 11 millions L/an) à des systèmes d'entraînement par **batterie** qui sont également **connectés au réseau** → **capacité totale de 140MWh**

Le parc de véhicules à batterie peut être utilisé pour satisfaire l'application principale mais aussi les **services auxiliaires** afin d'**accroître la flexibilité** tout en **optimisant la durée de vie** de la batterie et le **retour sur investissement**.





Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences



Merci de votre attention!

Bruno Lemoine, Prof. Dr. Priscilla Caliendo

Contact: Bruno.lemoine@bfh.ch, Priscilla.caliandro@bfh.ch

- BFH-Zentrum Energiespeicherung, <https://www.bfh.ch/energy>