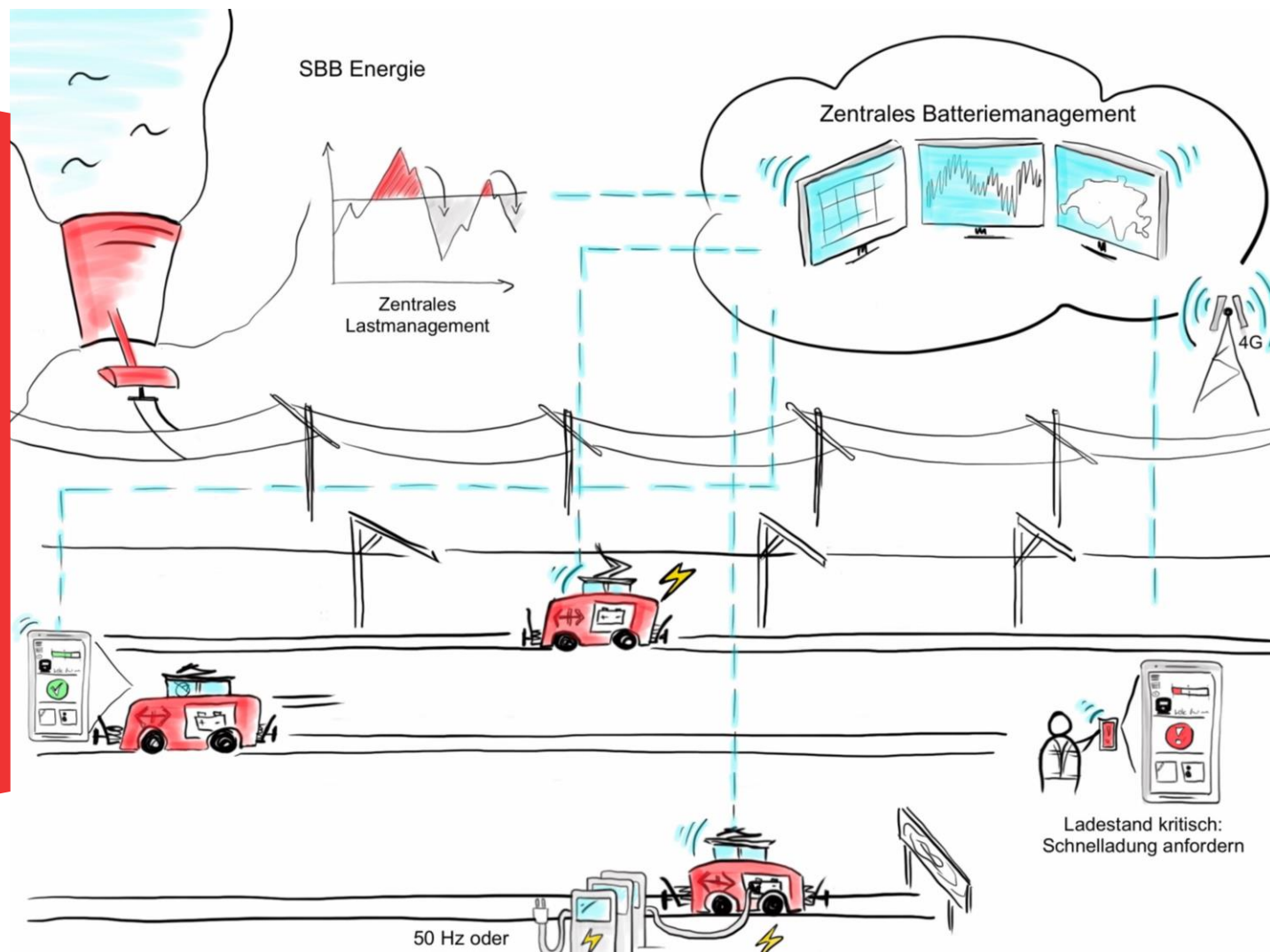


BIENE – Essaim de batteries sur des véhicules ferroviaires en tant qu'usine électrique de réserve du réseau de courant de traction

Forum Énergie durable de l'UTP, 20 novembre 2024

Markus Halder, CFF Énergie

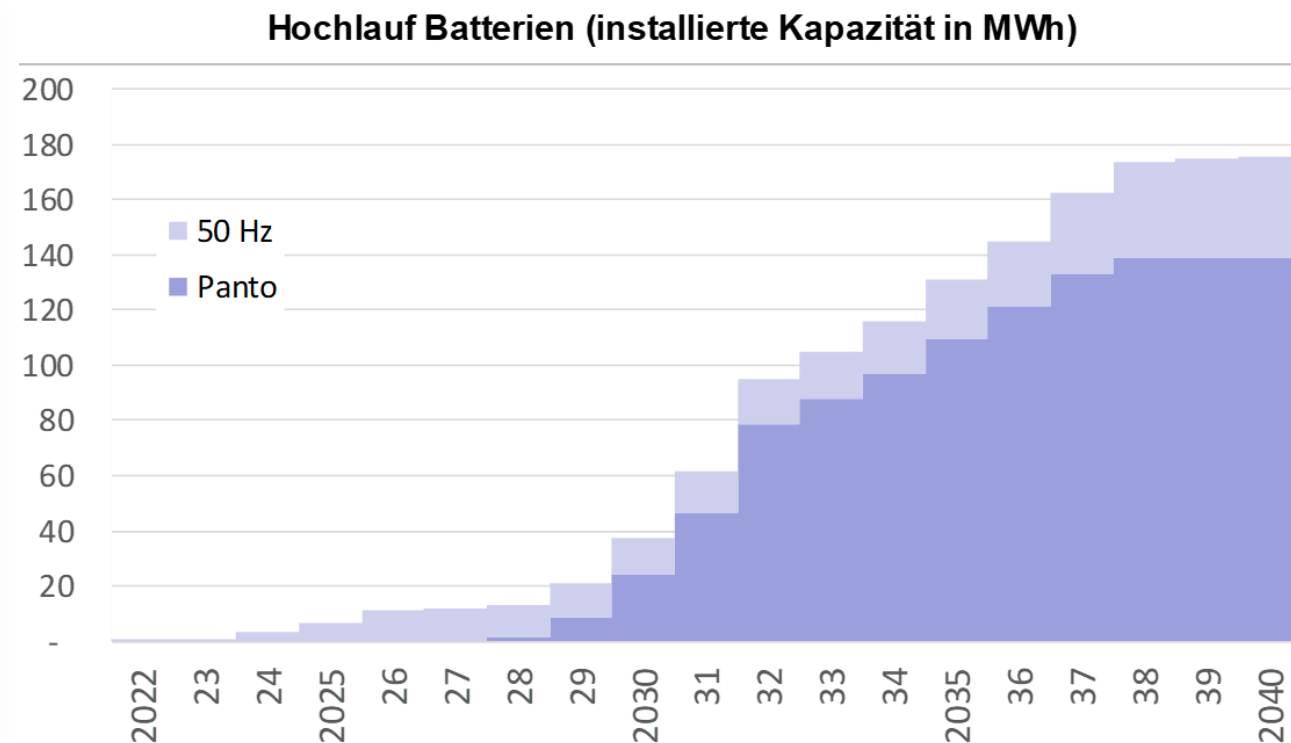


Question introductive: combien de litres de carburant les véhicules ferroviaires diesel des CFF consomment-ils par année?

- a) 1 million de litres
- b) 7 millions de litres
- c) 11 millions de litres



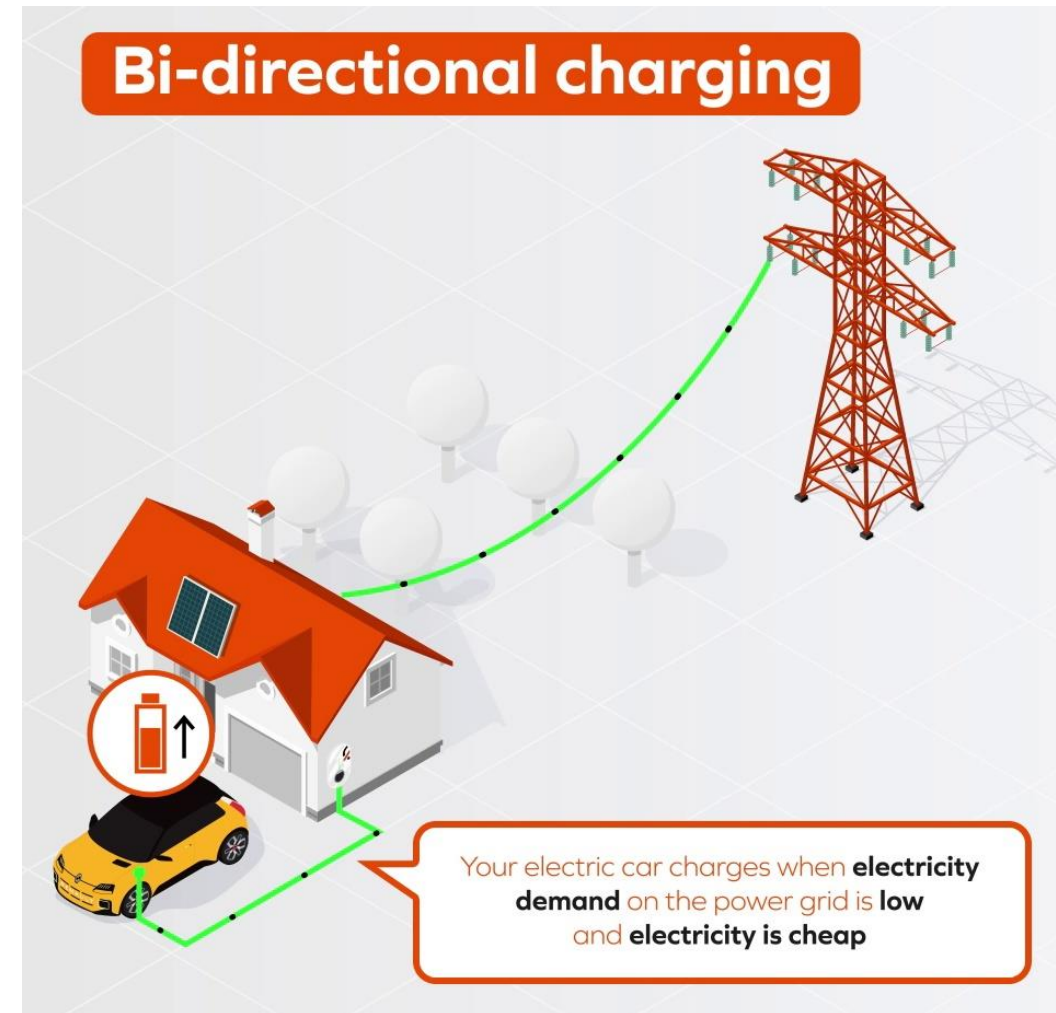
Objectif climatique: le zéro net pour 2040 signifie acheter des véhicules électriques lors du remplacement de la flotte diesel.



Sujet d'avenir: utiliser la flexibilité des batteries de véhicules.



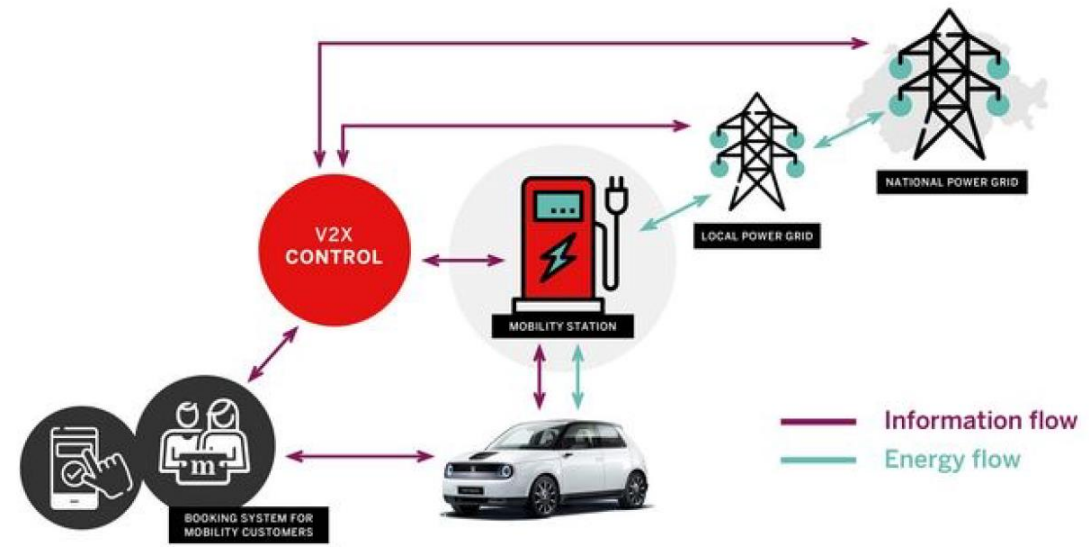
Source: Rémi Jeanney, Energy services, mobilize.com, V2G conference, Münster 10-11.April 2024



Source: Renault Mobilize ([Link](#))

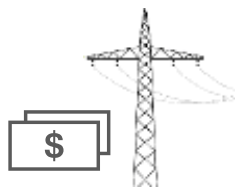
Sujet d'avenir: utiliser la flexibilité des batteries de véhicules.

“V2X Suisse” pilot project to find out...



Source: Marco Piffaretti, sun2wheel, V2G conference, Münster 10-11.April 2024

Utiliser la flexibilité des batteries de véhicules. Meilleure situation pour le rail par rapport à la route.

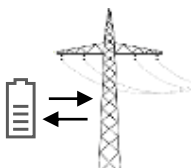


Potentiel d'utilité:
Variations des prix dues aux énergies renouvelables, besoin de développement du réseau



Potentiel de mise en œuvre:

- Complexité due au nombre d'acteurs



- Conditions techniques



Grand potentiel

Grand nombre
d'acteurs individuels

Stations de recharge et
véhicules capables de
réinjecter le courant



Très grand potentiel
(dynamique du réseau
de courant de traction)

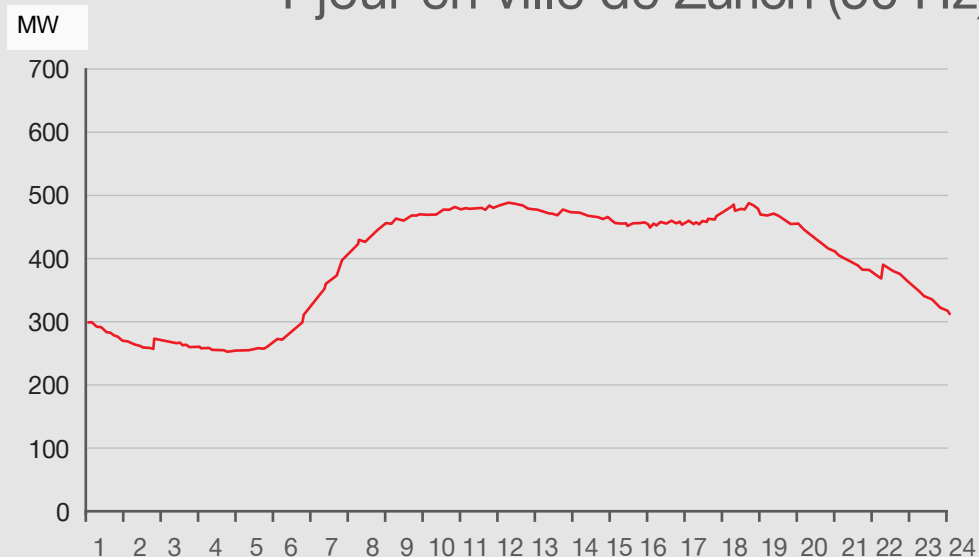
Peu d'acteurs,
généralement dans la
même entreprise

Réseau de courant de
traction et véhicules aptes à
réinjecter le courant

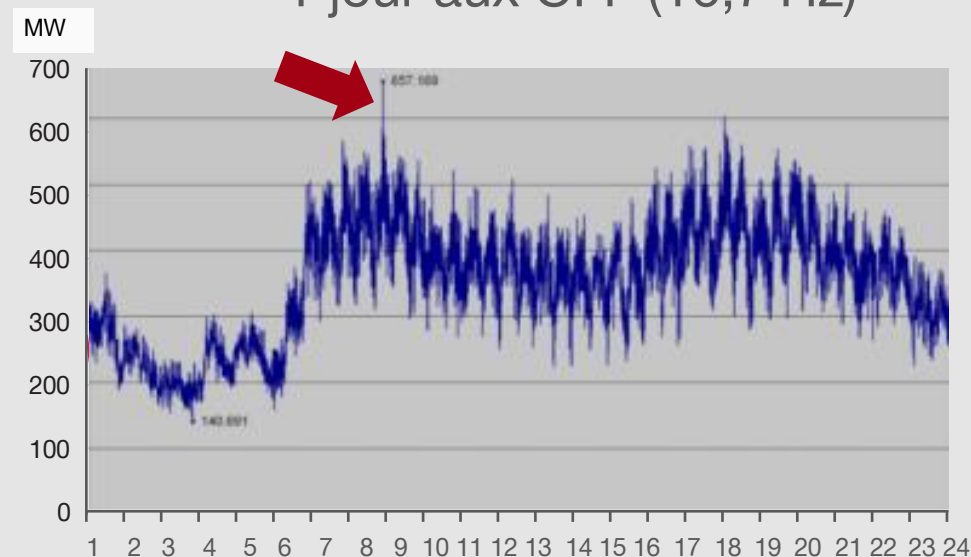
Le défi du réseau de courant de traction.

Un profil de charge dynamique avec de brefs pics de charge.

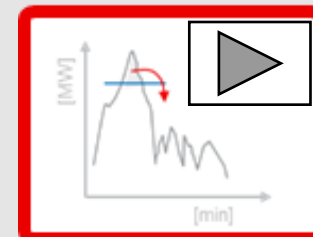
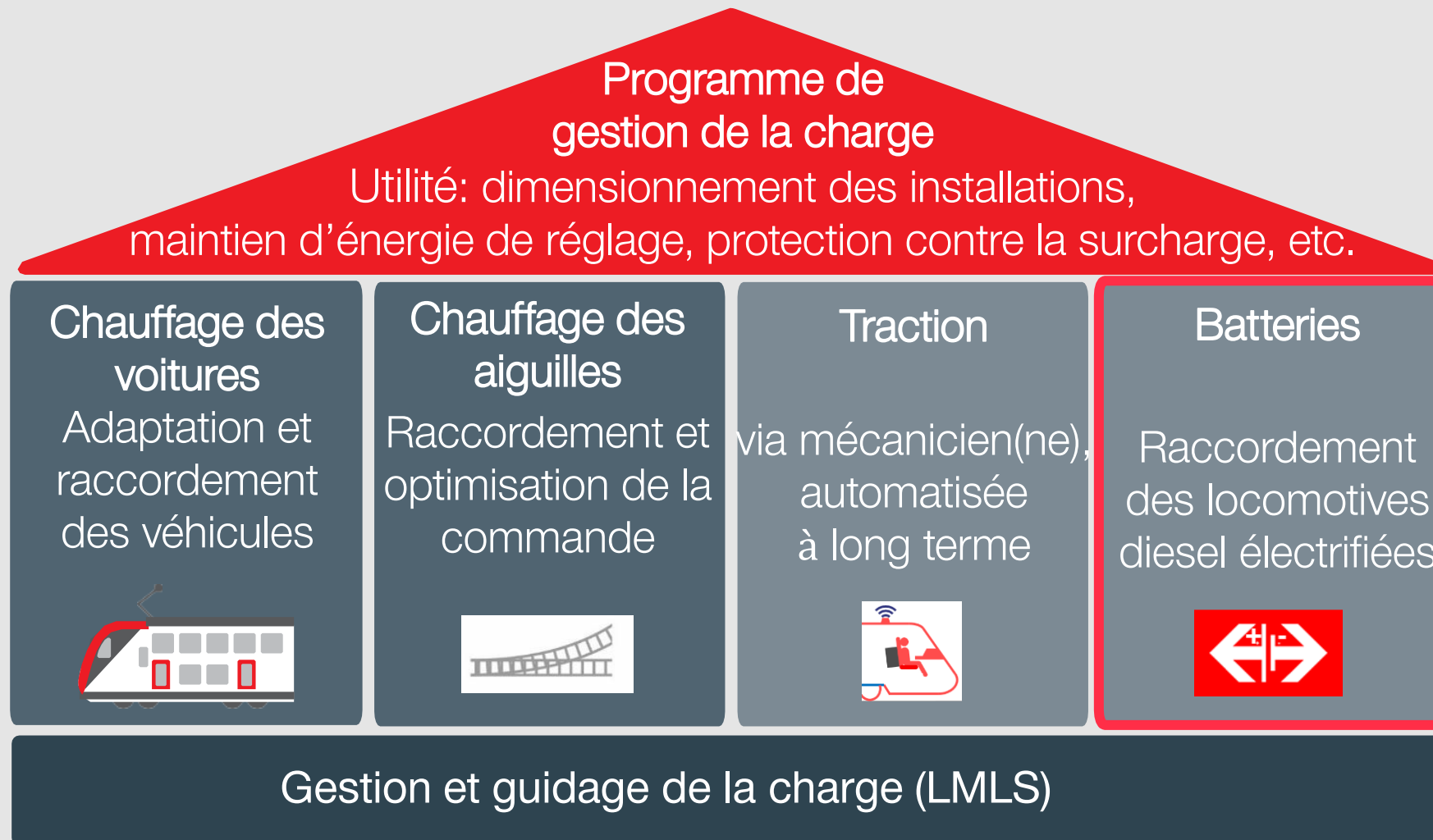
1 jour en ville de Zurich (50 Hz)



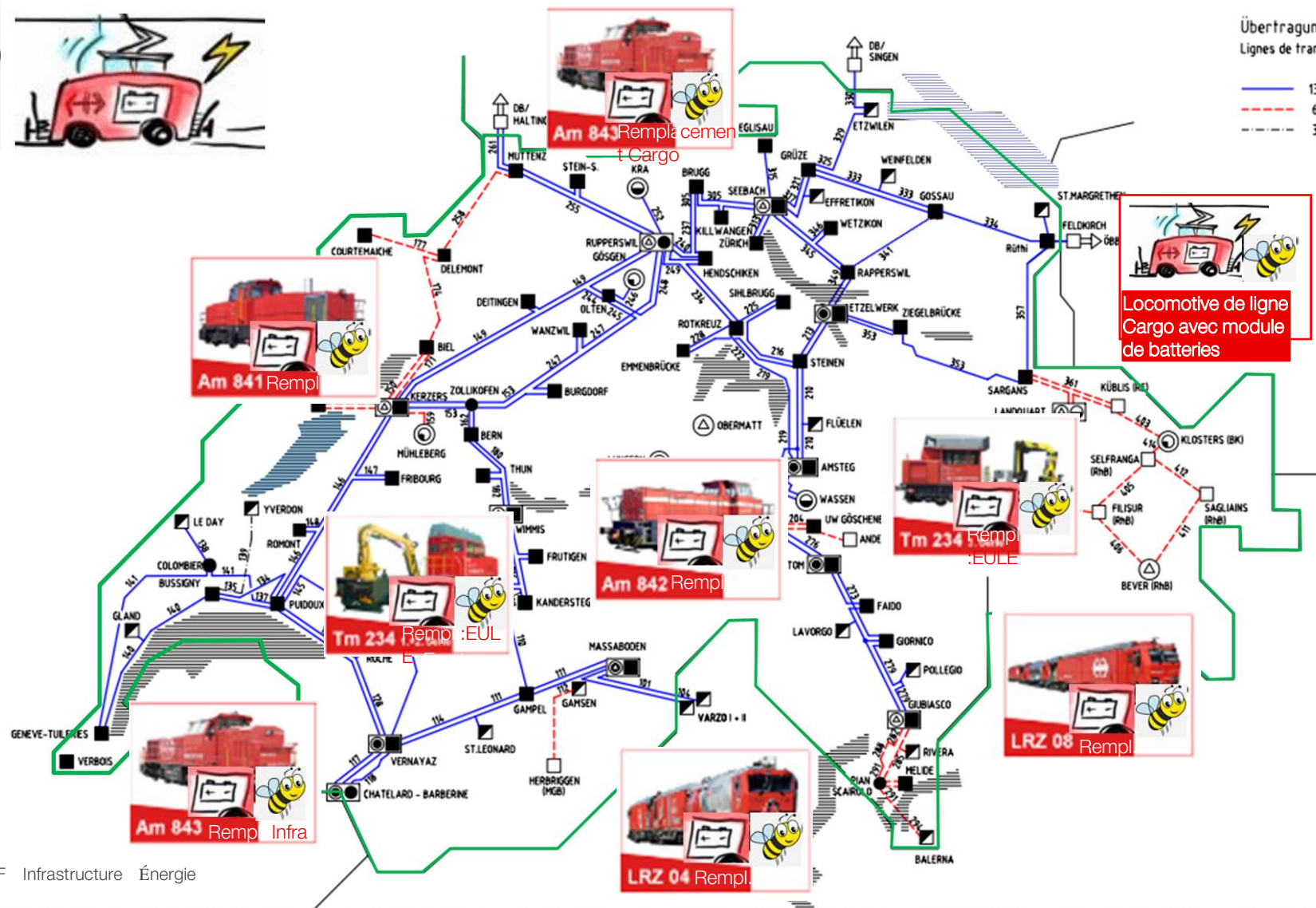
1 jour aux CFF (16,7 Hz)



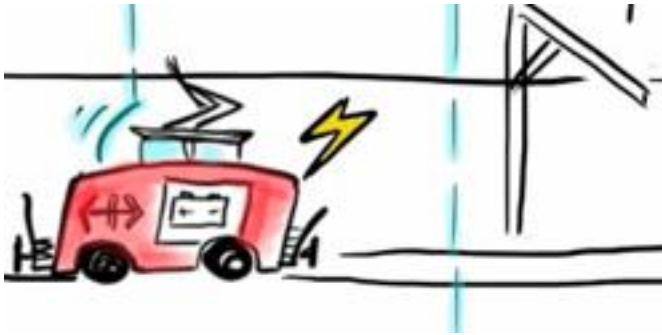
Le programme de gestion de la charge des CFF.



BIENE – BatteriEschwarm im BahnstromNEtz (essaim de batteries sur le réseau de courant de traction)



Étude BIENE (= BatterIeschwarm im BahnstromNetz)



Infrastructure de recharge disponible via ligne de contact.

- Charge rapide à une puissance élevée même pendant la course.
- Moins cher que le courant 50 Hz, bien moins cher que le diesel.
- Charge suppl. non critique: max. 1 % de la charge maximale

L'essaim de batteries en tant que centrale électrique de réserve.

- > 60 MWh toujours atteignables.
- Couper les onéreux pics
- Source de réserve en cas d'alimentation critique.
- > Potentiel CFF >1 mio. CHF/an grâce à la réduction des réserves.

Recharge préservant les batteries grâce à la gestion centrale de la charge.

- Durée de vie des batteries augmentée
- La recharge peut être planifiée, surveillée et guidée à distance.
- > Potentiel CFF >1 mio. CHF/an grâce à la diminution du vieillissement des batteries.

Comparaison entre centrale électrique

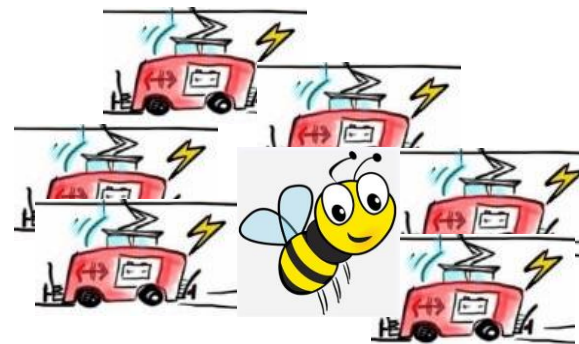


60 MW

(nouvelle turbine 16,7 Hz et générateur)

- Fonctionnement continu pour la production d'énergie et l'énergie de réglage.

et «centrale de réserve BIENE»



60 MW pour 1h

120 MW pour 1/2 h

(une fois l'électrification de la flotte diesel achevée)

- Emploi en tant que réserve
 - Très rare: en cas de surcharge critique due à une grave panne d'une installation.
 - Très bref: pour couvrir les pics de charge les plus extrêmes pendant quelques secondes.
- -> Influence négligeable sur le vieillissement et l'utilisation des batteries.

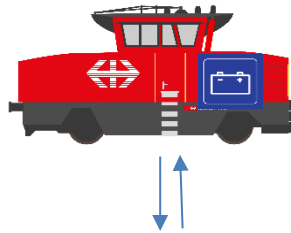
Besoins des usagers d'une gestion centrale de la recharge et des batteries.



Données pour la gestion des biens, monitoring des batteries.

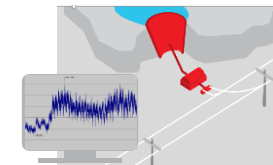
Recharge préservant les batteries -> coûts du cycle de vie↓.

Propriétaire de véhicules



Gestionnaire de batteries BIENE

Utiliser la flexibilité des batteries pour une alimentation en courant de traction sûre et un bon prix.



Collaboratrice CFF Énergie

Recharge rapide pour intervention non planifiée.

Capacité des batteries suffisante pour l'engagement?

Planificateur véhicules

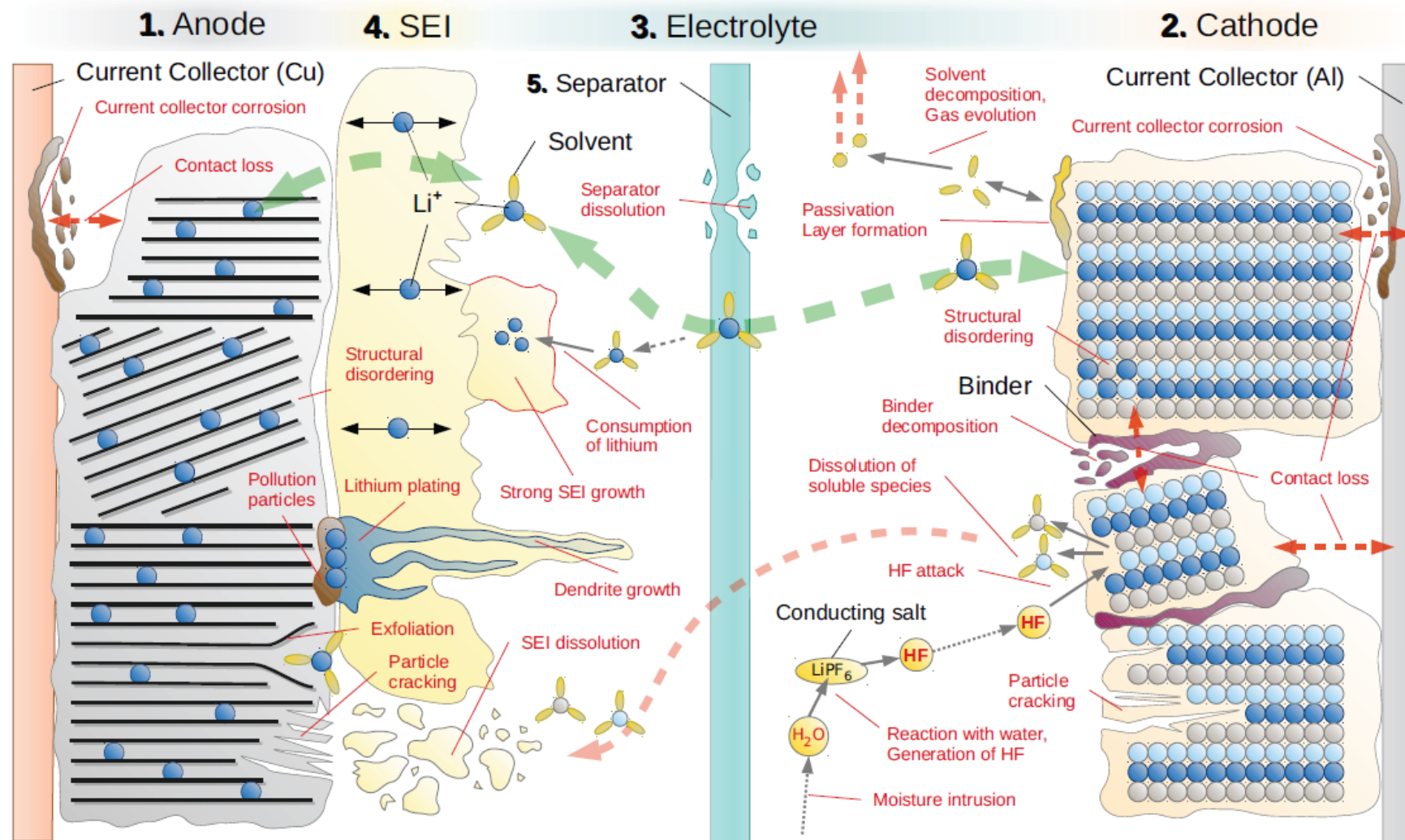


Mécanicien(ne) de locomotive
Personnel de l'équipe



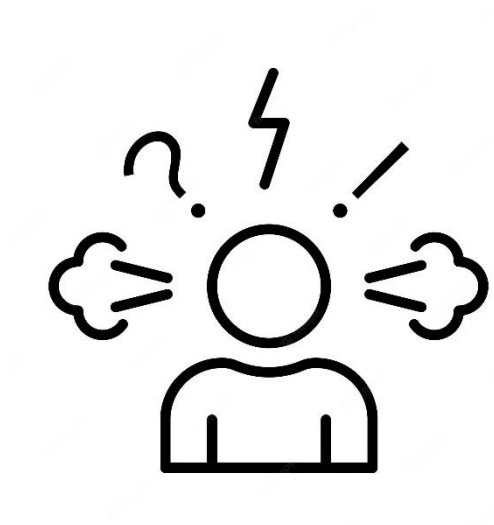
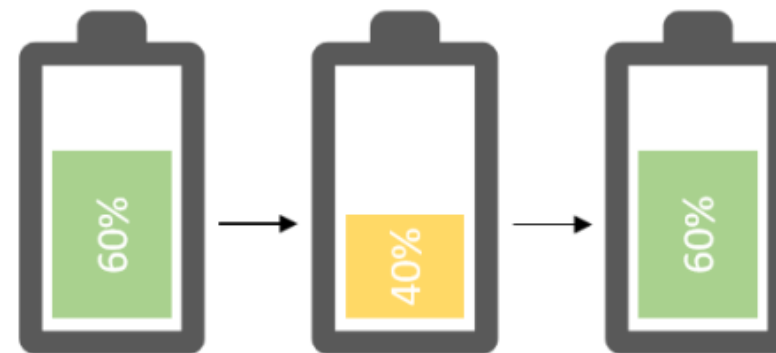
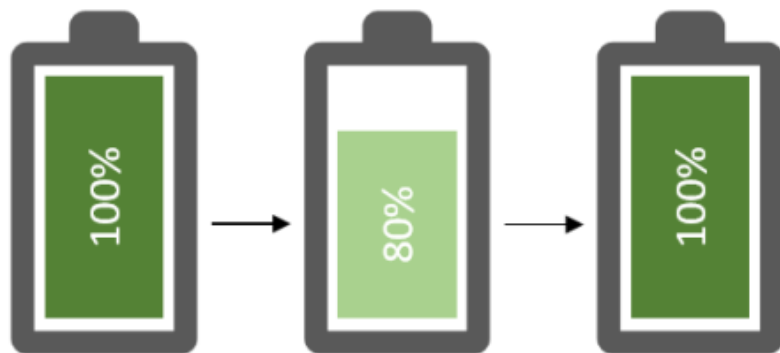
Recharge suffisante?
Recharge en cours?

Mécanismes de vieillissement d'une cellule de batterie lithium-ion.

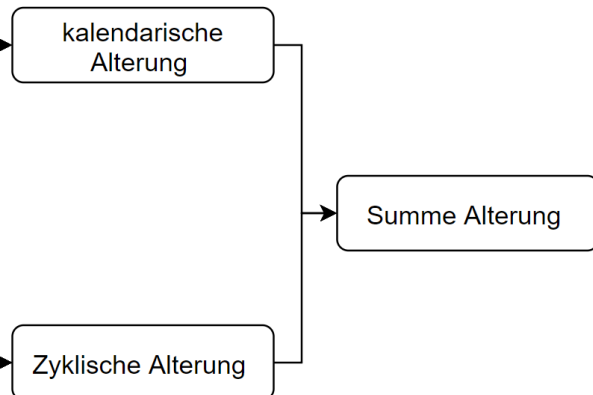
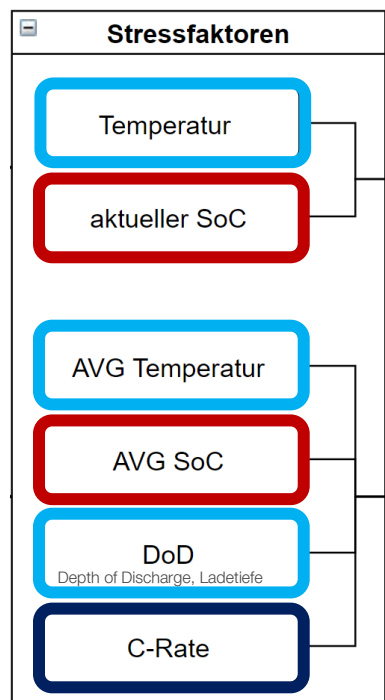


Quelle: BIENE-Abschlussbericht, 2022

Exemple: une profondeur de décharge de 20 % de la capacité stresse davantage la batterie lorsque le niveau de charge est élevé (SoC).



Influences de l'exploitation sur le vieillissement des batteries: approches d'une gestion centrale des batteries.



BIENE Batterie-
management-Plattform

Baisser le State of Charge
(SoC)

Baisser la puissance de
recharge (C-Rate)

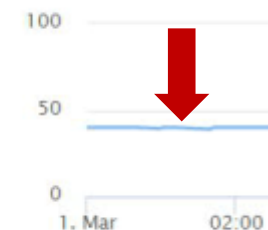
Surveiller notamment les
températures



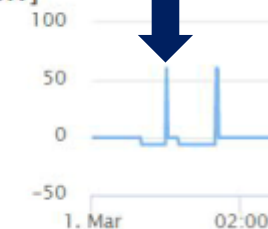
Étude BIENE: potentiel > 1 mio. CHF/an
grâce à la recharge optimisant le
vieillissement.



SOC [%]



Batterieleistung [kW]

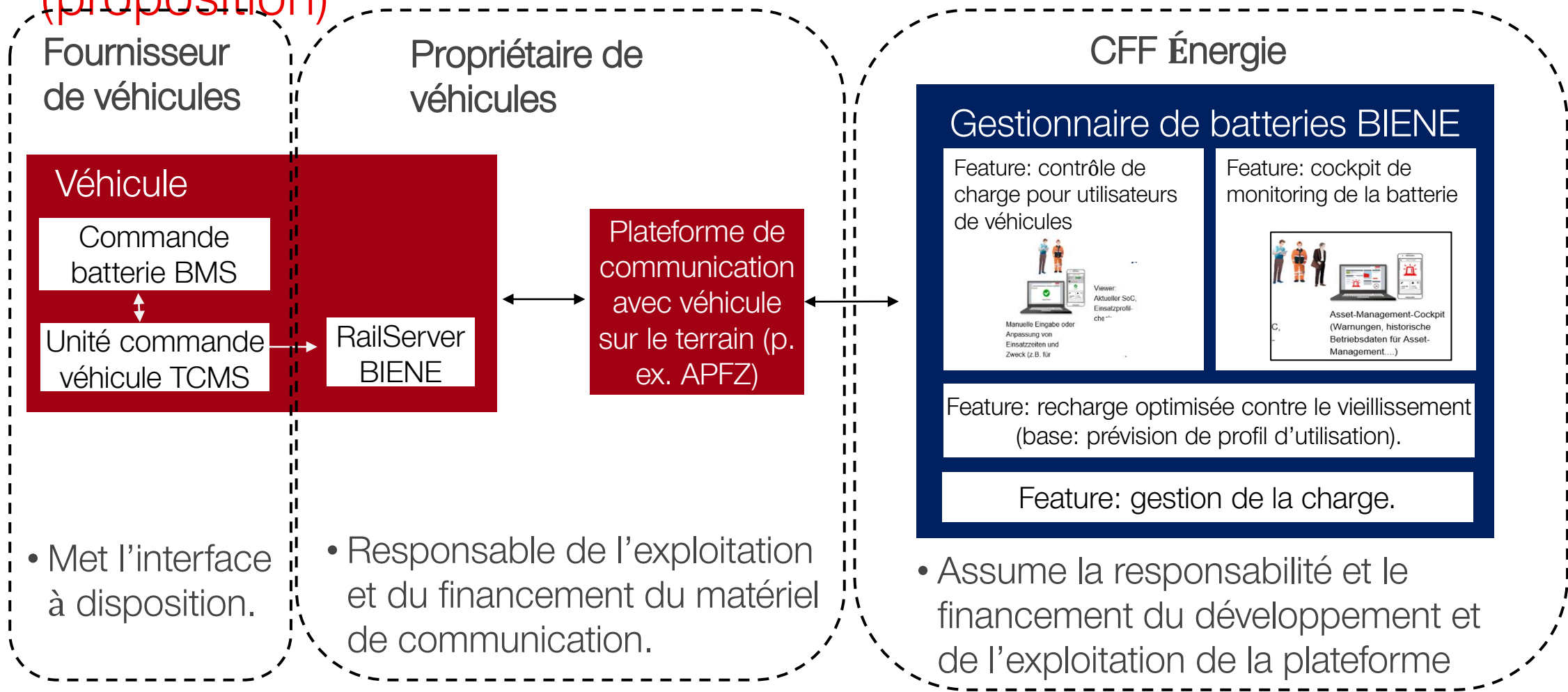


Projet pilote «gestionnaire de batteries BIENE».

- Durée du projet: 2023-2026, soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) à hauteur de 920 000 francs.
- Partenaires du projet:
 - CFF: développement du logiciel, véhicule pilote (plateforme pour travaux en hauteur, Tarag)
 - Centre Stockage d'énergie de la BFH: accompagnement scientifique, modèles de batteries, simulation en laboratoire, etc.
 - RhB: véhicule pilote (locomotive de manœuvre Geaf 2/2, Stadler)
- Résultats partiels dans le premier rapport intermédiaire: [lien vers la page du projet de l'OFEN.](#)
 - Premières maquettes du logiciel réalisées, algorithmes de recharge développés et testés.
 - 3 véhicules pilotes sur 12 connectés, le reste de la flotte d'ici début 2026.



Gestionnaire de batteries BIENE, rôles et responsabilité (proposition)

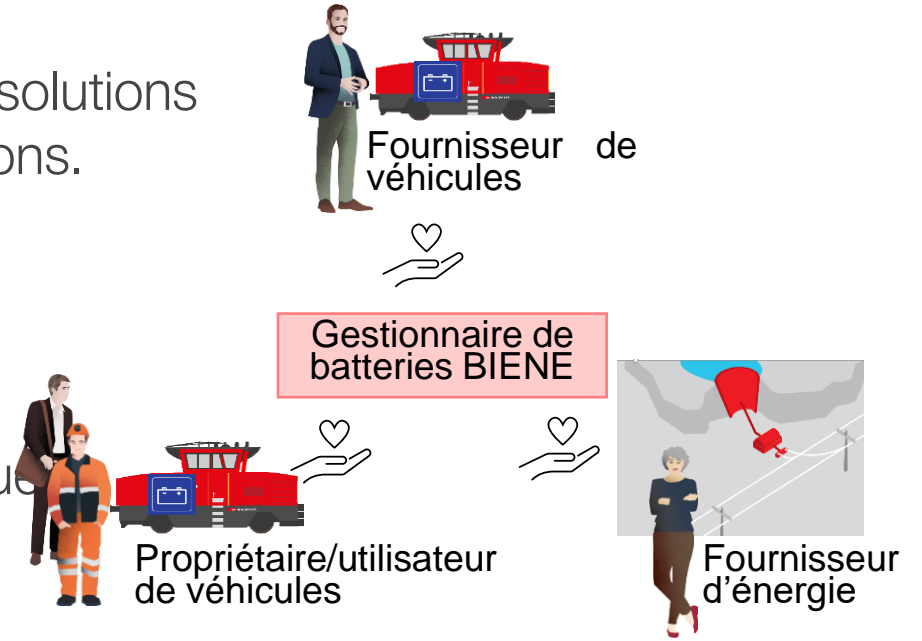


Exigences de BIENE dans les conventions d'acquisition, conventions de garantie.

Convention d'utilisation de la plateforme BIENE et conditions d'utilisation de la flexibilité.

Le gestionnaire de batteries BIENE en tant que solution de branche

- Mise à profit des synergies: une solution pour tous. Des solutions standardisées peu onéreuses au lieu de chères adaptations.
- En tant que gestionnaire du système de courant de traction, CFF Énergie veut soutenir le tournant énergétique
 - Électrification efficace
 - Approvisionnement en courant de traction sûr, rentable et durable.



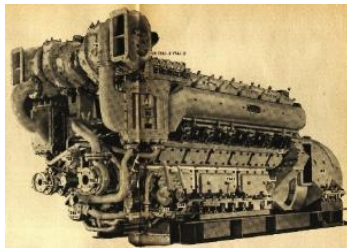
-> Le gestionnaire de batteries doit être mis à disposition en tant que service (contrepartie: utilisation de la flexibilité à des conditions définies)

Cahier des charges générique pour l'acquisition

- Projet de cahier des charges élaboré (en allemand): voir sur la page du projet de l'OFEN
- Base des exigences pour CFF-Hyperion et le projet EULE. Transfert au BLS et aux RhB.
- Le développement se poursuivra sur la base des enseignements du projet.
Actuellement testé sur les véhicules pilotes.
Doit devenir le standard de la branche pour l'acquisition de tous les véhicules à batterie (norme RTE?).
- Définit les exigences posées aux véhicules, p. ex.
 - bidirectionnalité/apptitude à la réinjection
 - interfaces/données, format compris



Diesel



CFF Infrastructure Énergie



Électricité/batterie



Effet climatique



Prix du carburant



Coûts d'entretien



Indépendance
géopolitique



Exemplarité/ image



Utilité
supplémentaire
Flexibilité

