

TMR  
X

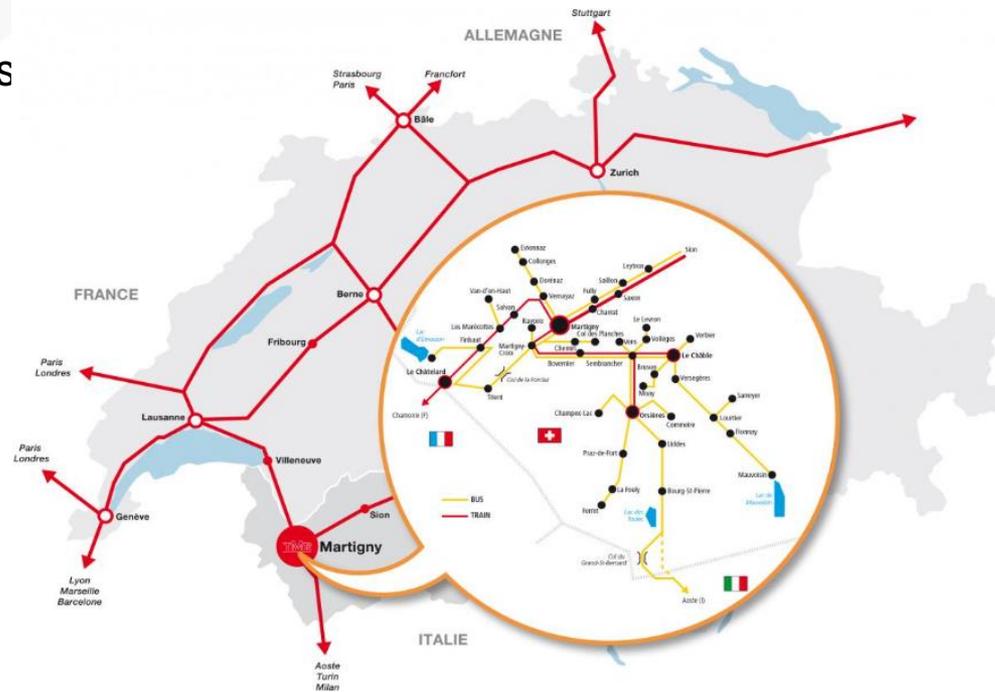
BIENVENUE

09.05.2025 TST

**Sous-station à récupération d'énergie &  
stockage d'énergie sur le Mont-Blanc  
Express**

# TMR SA

- Ligne à écartement métrique et à courant continu (Martigny-Chatelard)
- Ligne à écartement normale électrifiée en 15Kv 16,667hz (Martigny-Le Châble-Orsières)
- Centre de réparation et de révision des bogies oeuvrant pour des clients Suisse et Français
- Un reseau régional de bus
- Des entreprises filles de camionnage et d'exploitant ferroviaire (RegionAlps)
- Environ 240 employés



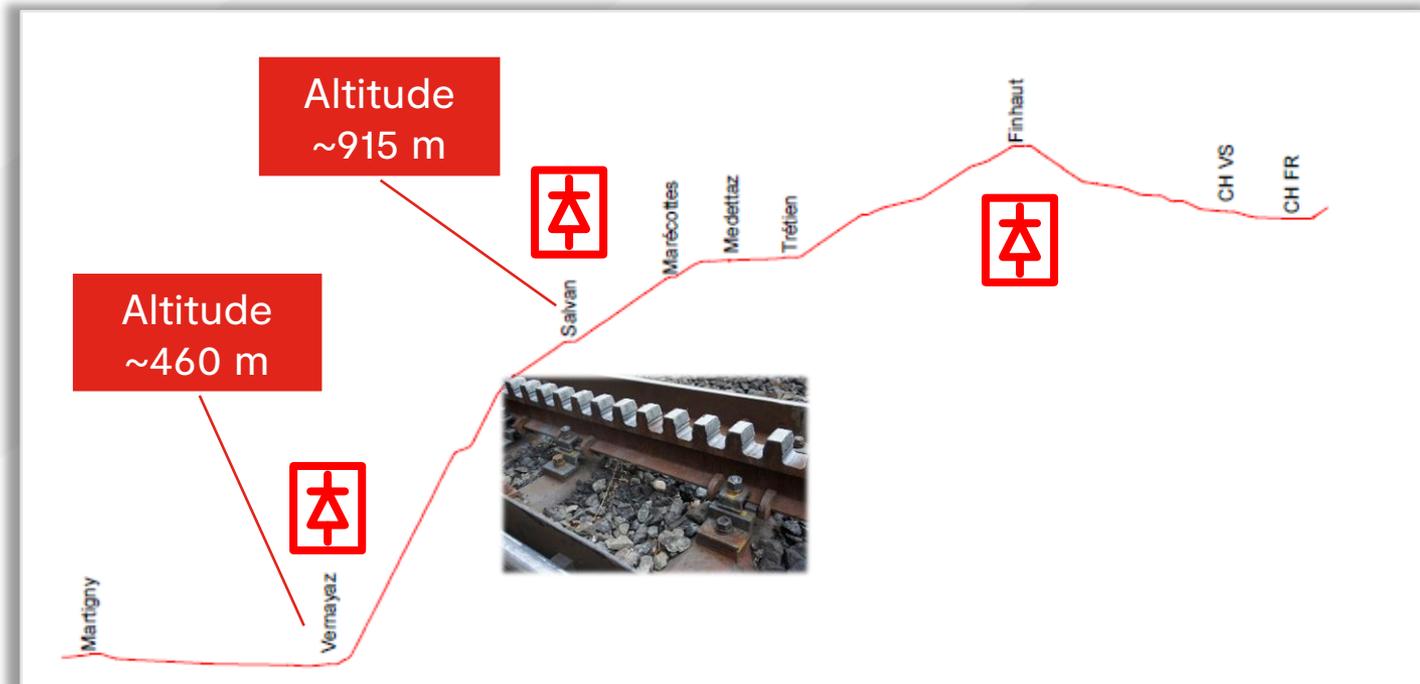
# LA LIGNE DU MONT-BLANC EXPRESS



Tronçon crémaillère  
200%

# CARACTÉRISTIQUES DE LA LIGNE

- Dénivellation ~455 m entre Salvan et Vernayaz
- Crémaillère de type Strub, 200‰ entre Vernayaz et Salvan
- Réseau d'alimentation en ilot
- 3 sous-stations (Vernayaz-Salvan-Finhaut)



# CARACTÉRISTIQUES DE LA LIGNE

- Alimentation électrique par rail au sol 8 km
- Alimentation électrique par LC 11 km
- 850 VDC de tension de ligne

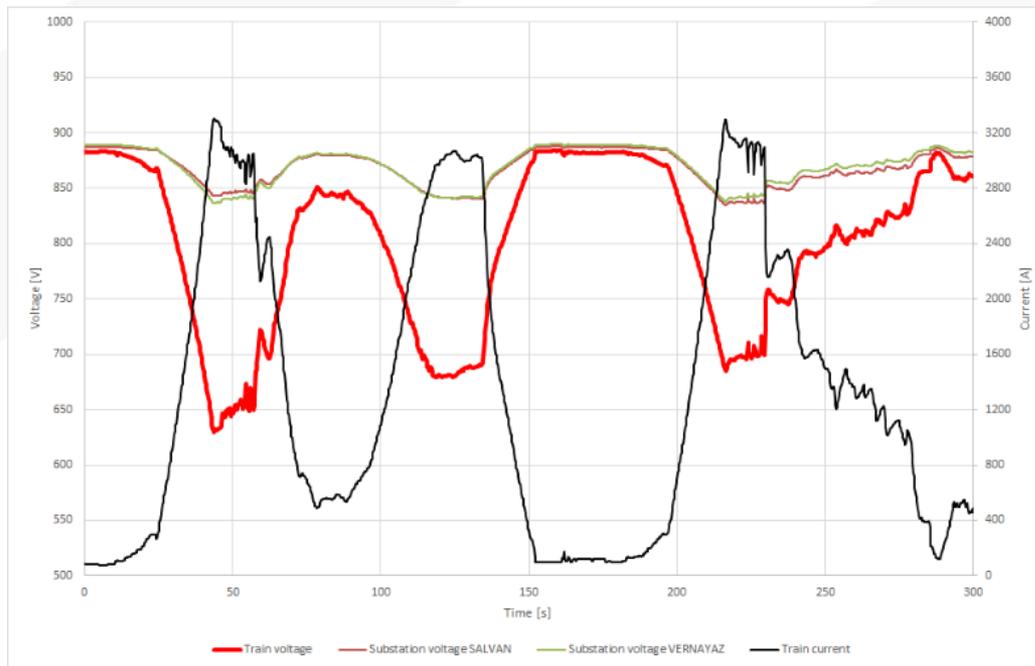


# LES VÉHICULES

Véhicule	Photo	Longueur	Poids total max. unité simple	Nbre de voyageurs max.	Récupération énergie freinage possible
Z 890 (7 véhicules en commande chez Stadler Rail, 3 rames suisses)		40 m	91 t	230	OUI
Z 870 (Z871 et Z872)		40.8 m	86 t	213	OUI
Z800 (801, 802, 803, 821, 822)		37.8 m	81 t	104	OUI
BDeh 4/8 + Bt (Autom. 7 et 8, voiture 64)		18 m 15.4 m	46.8 t 22.2 t	180	NON
BDeh 501		17.8 m	47.5 t	Infrastructure 40 max	NON
Xemh 4/4 no.6 (Bobby)		18 m	46.8 t	Infrastructure	NON

# ORIGINES DU PROJET & PROBLÉMATIQUES

- Chute de tension en crémaillère importante (-650V)
  - ⇒ Conséquence : Circulation en unité multiple pas possible
  - ⇒ Pas de possibilité d'augmenter la tension de ligne (interopérabilité CH-FR)
- Pas de valorisation d'énergie de freinage des trains
- Sous-station de Vernayaz en fin de vie et sous-dimensionnée
- Systèmes de terres DC mélangés (dépôts)



# ORIGINES DU PROJET & PROBLÉMATIQUES

Dans une étude partiellement subventionnée par l'OFT dans le cadre du programme SETP 2050 (stratégie énergétique 2050 des transports publics) \*), les solutions suivantes ont été comparées :

- Système de stockage d'énergie avec volant d'inertie
- Systèmes de stockage d'énergie avec des batteries de plusieurs fournisseurs, avec différents niveaux de capacité de stockage
- Sous-station réversible à Vernayaz

\*) Final report (in French) downloadable from [www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=70403&Load=true](http://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=70403&Load=true)



# SOLUTION AU PROBLEME DE TENSION

La solution la plus simple et la plus fiable a été choisie pour résoudre le problème de tension

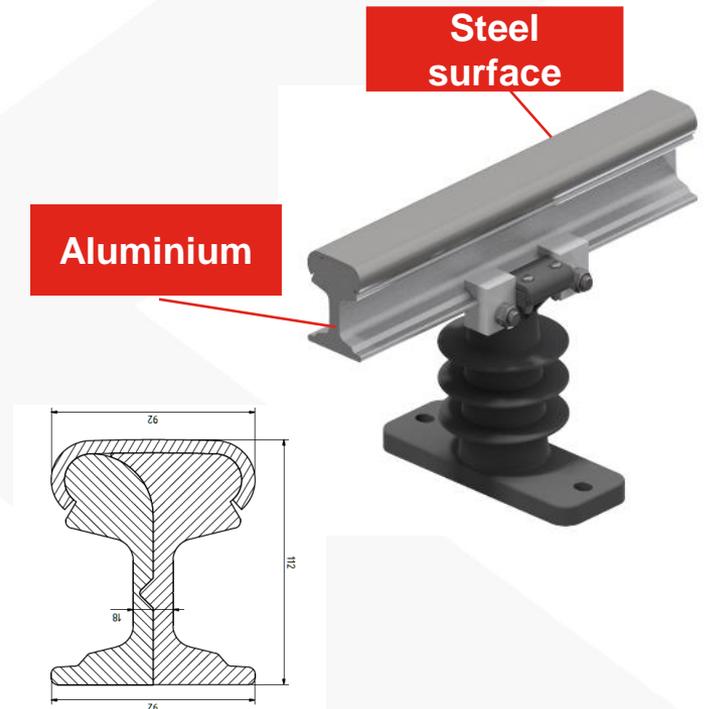
**Installation d'un nouveau rail conducteur (aluminium + acier composite de SPL Powerlines)**

**Résistances de boucle (retour inclus) :**

⇒ Ancien rail conducteur (sans alimentation) : 132 m $\Omega$ /km

⇒ Nouveau rail conducteur (sans alimentation) : 41 m $\Omega$ /km

Seulement 6 m $\Omega$ /km dans le rail conducteur, le reste étant dans le circuit de retour = la voie !



# SOLUTION AU PROBLEME DE TENSION

Même avec deux unités Z870 en UM et une puissance maximale, la tension ne descend jamais en dessous de 715 V



# ORIGINES DU PROJET & PROBLÉMATIQUES

- ~~Chute de tension en crémaillère importante (-650V)~~
  - > ~~Conséquence : Circulation en unité multiple pas possible~~
  - > ~~Pas de possibilité d'augmenter la tension de ligne (interopérabilité CH-FR)~~
- Pas de valorisation d'énergie de freinage des trains
- Sous-station de Vernayaz en fin de vie et sous-dimensionnée
- Systèmes de terres DC mélangés (dépôts)

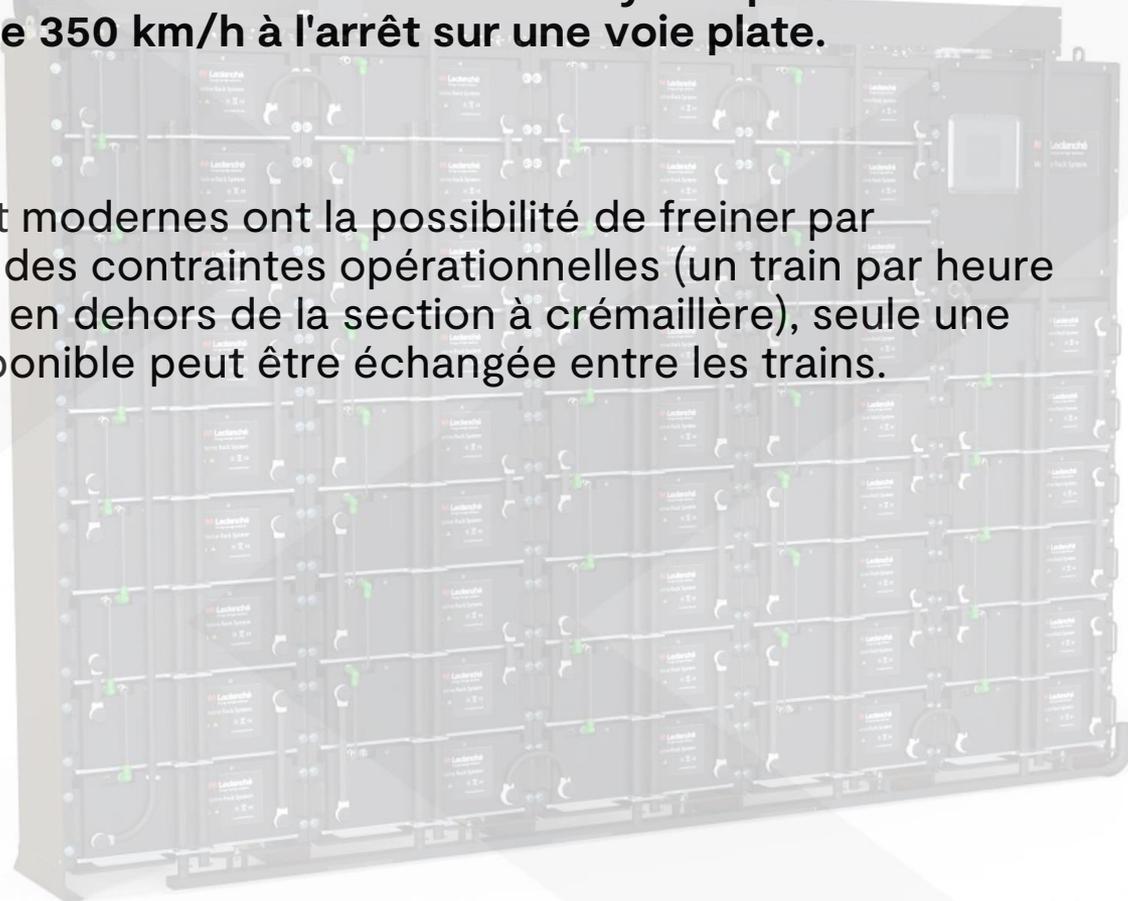
RESOLU!



# STOCKAGE ET VALORISATION DE L'ENERGIE

**La différence d'énergie potentielle entre Salvan et Vernayaz équivaut à l'arrêt d'un train de même masse de 350 km/h à l'arrêt sur une voie plate.**

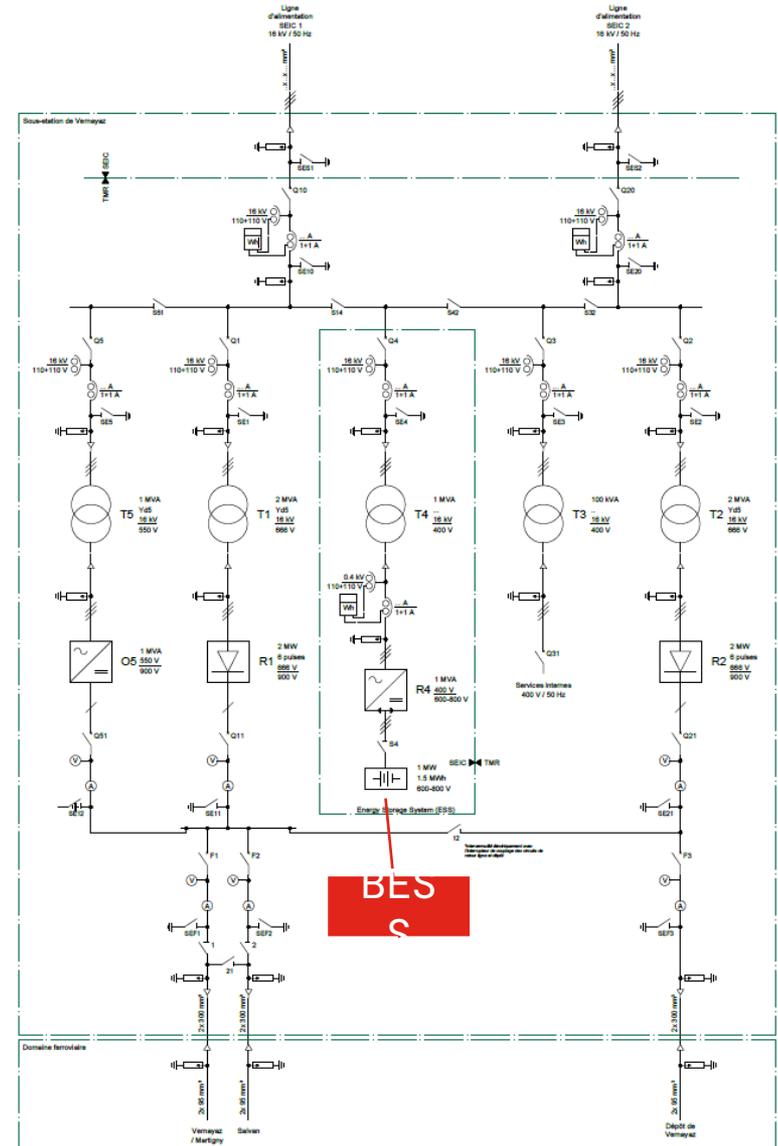
Les types de matériel roulant modernes ont la possibilité de freiner par récupération, mais en raison des contraintes opérationnelles (un train par heure dans chaque sens, traversée en dehors de la section à crémaillère), seule une petite partie de l'énergie disponible peut être échangée entre les trains.



# NOUVELLE SOUS-STATION VERNAYAZ

Une sous-station réversible destinée à remplacer la sous-station existante à Vernayaz est la meilleure solution, à la fois en termes d'efficacité énergétique et LCC

- Financement de la partie sous-station de traction au travers de la convention de prestation OFT
- Financement de la partie stockage au travers d'un investissement privé 50%TMR – 50% GENEDIS
- Soutien du programme ProKilowatt de l'office fédéral de l'énergie pour la partie privée
- ABB a remporté l'appel d'offre pour la partie sous-station réversible



BES  
S

# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

## Pourquoi stocker l'énergie plutôt que de réinjecter en direct sur le réseau ?

### Le stockage permet

- De produire ou consommer selon les besoins
- De faire coïncider besoins et opportunités
- D'optimiser et soutenir les deux réseaux (TMR + Genedis)
- Des partenariats Win-Win entre le GRD et les clients

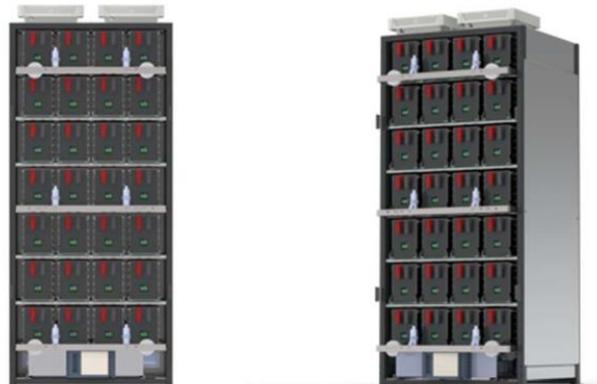
### Avantage chemin de fer

La quantité et la temporalité de la réinjection et de la consommation sont connus à l'avance!



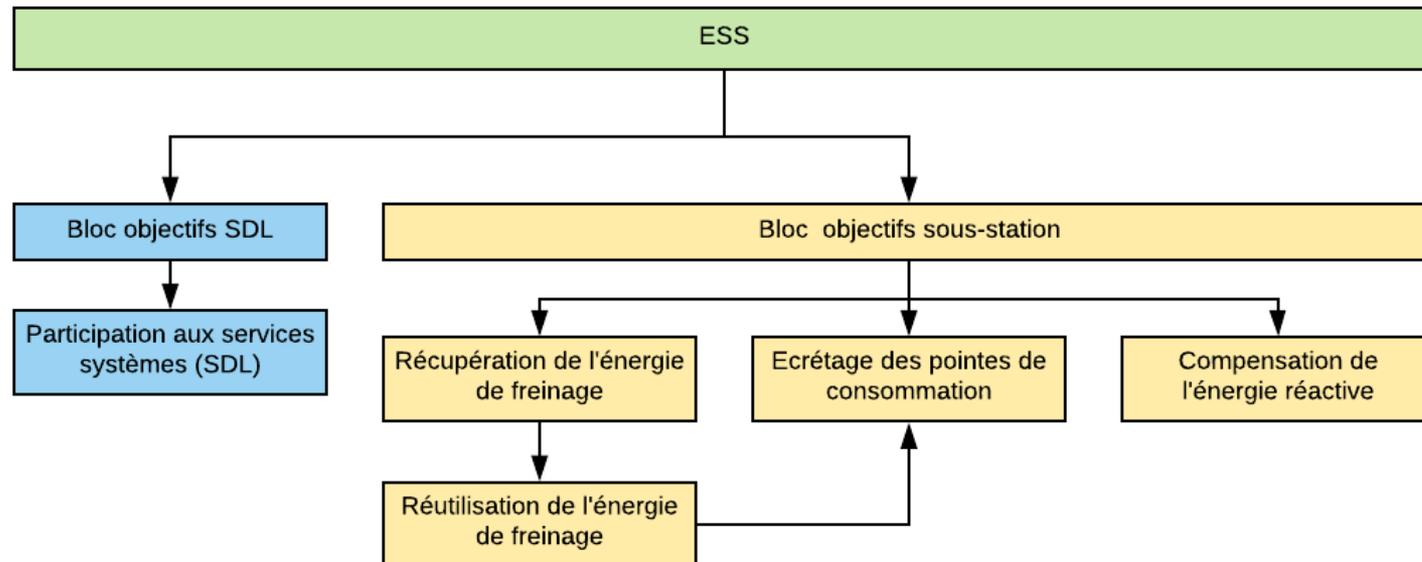
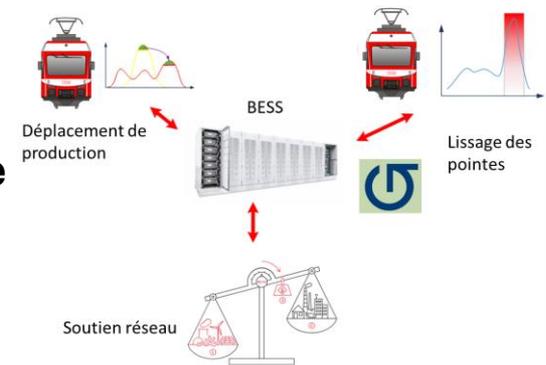
# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

- Quantité d'énergie à revaloriser sur le tronçon Vz-Slv = 540'000 kwh par an
  - ⇒ *Correspond à la consommation annuelle d'environ 200 ménages*
  - ⇒ *A la production annuelle d'une surface photovoltaïque de 2500 m<sup>2</sup>*
- Capacité de stockage installée de 2250 kwh – utile 1800 kwh (90%)
  - ⇒ *25x la capacité d'un véhicule électrique actuel*
  - ⇒ *Capacité équivalente à un an de consommation d'un ménage de 2 personnes*
- Refroidissement liquide du système de stockage et à air
- 15 ans de durée de vie des batteries (350 cycles de charges-décharge par an, 2% de dégradation par an)
- Batterie de type lithium fer phosphate (LFP), sécurité optimale



# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

- 3 applications de revalorisation de l'énergie
- Assimilé à une application de pompage-turbinage

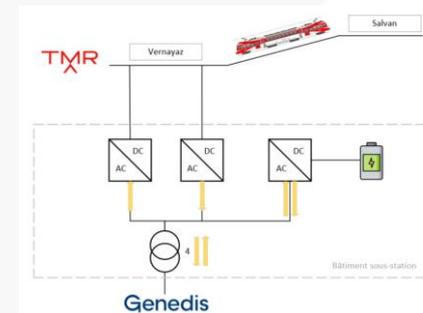
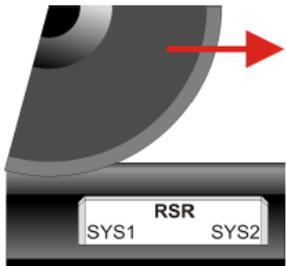


# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

## Risques principaux

1. Gestion et limitation des courants circulaires entre la sous-station adjacente (Salvan) et celle de Vernayaz

*Résolution : détection dans la voie du sens de marche du train et activation de l'onduleur seulement pendant le temps de descente du convoi pour un temps donné*

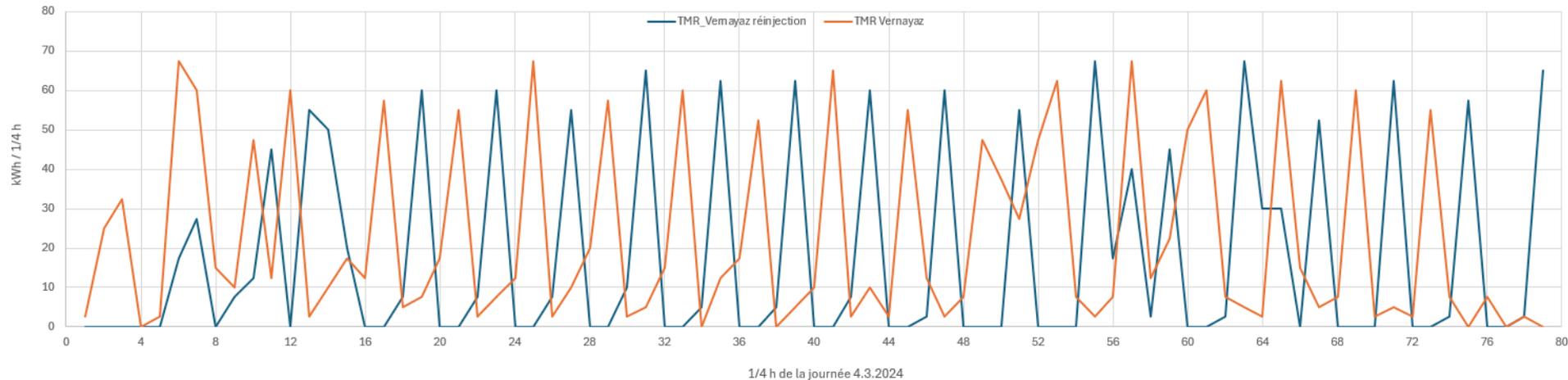


2. Gestion et limitation des courants circulaires entre l'onduleur et le redresseur de la sous-station de Vernayaz

*Résolution : abaissement de la tension à vide de la sous-station à 850 VDC / tension de récupération fixée à 970 VDC*

# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

## Premiers résultats



### Journée d'exploitation type du 04.03.2024:

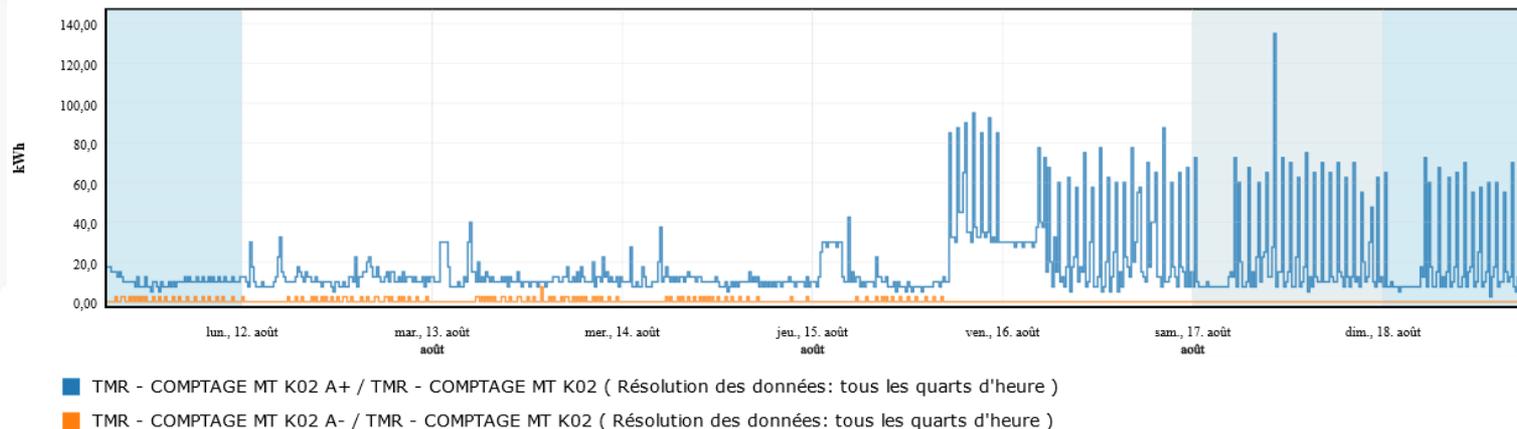
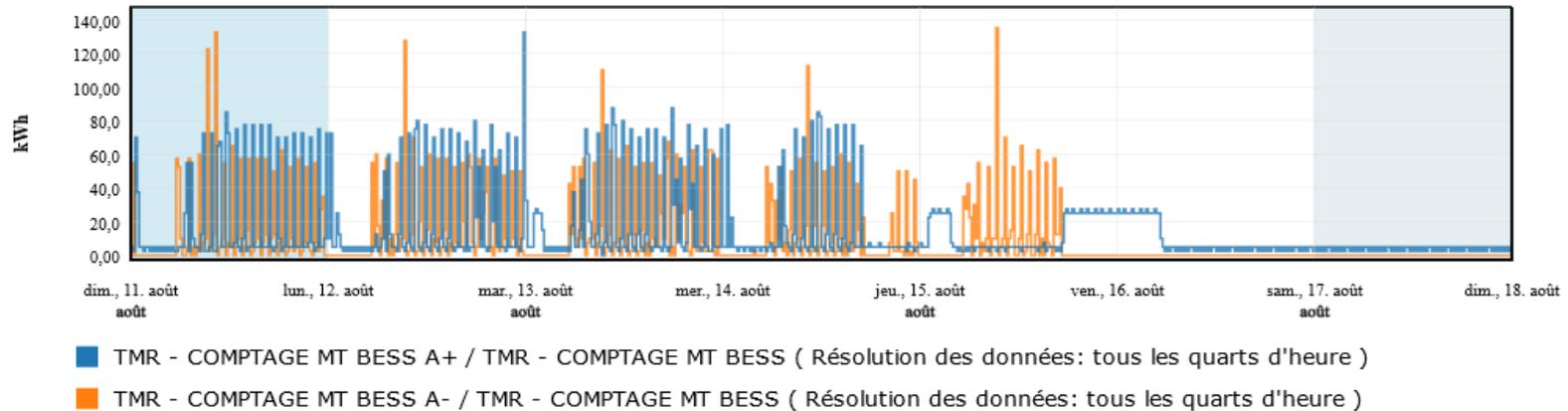
Réinjection : 1'515 kwh

Consommation : 1'750 kwh

⇒ objectif atteint

# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

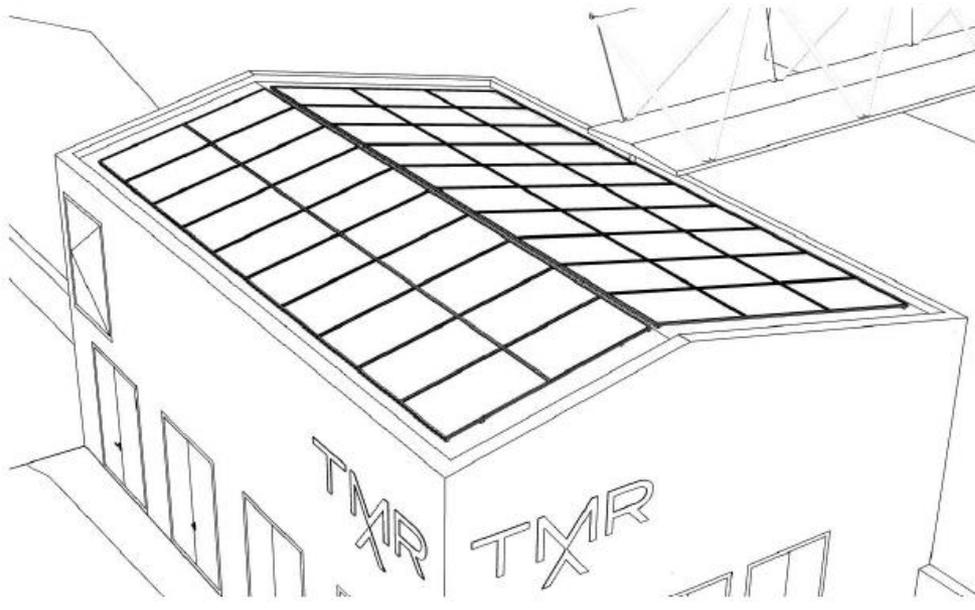
## Premiers résultats





# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

Le solaire: une opportunité qui s'inscrit dans la logique du projet



- ▶ 20,5 kWc de puissance solaire installée en toiture
- ▶ 100% d'autoconsommation (contrôle commande linéaire de la sous-station)

# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ



# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

## Les jalons principaux

- Avant-projet 2018
- Projet 2019
- Dépôt du dossier PAP à l'OFT (procédure simplifiée) décembre 2020
- DAP de l'OFT août 2021
- Appel d'offre courant 2021
- Exécution dès printemps 2022
  - Fin de la construction du bâtiment début 2023
  - Aménagement électrotechnique mars-décembre 2023
  - Livraison des transformateurs mai 2023
  - Installation système de stockage février 2024
  - Test mars 2024
  - Mise en service avril 2024



# NOUVELLE SOUS-STATION DE VERNAYAZ

Les partenaires & fournisseurs principaux du projet

**Genedis**

**Boess**

**&** Ingenieure  
Ingénieurs  
Ingegneri

**ABB**

**RAILECTRIC**

**R&S**  
Rauscher  
Stoecklin

**STATRON**  
NON STOP POWER

**FREQCON**  
sustainable solutions

**ROMANDE  
ENERGIE**

**cablex**  
en réseau pour le futur

**kek**

**i-watt**

**ISG**  
SUISSE

**TMR**

**MERCI!**

**TMR**  
tmrsa.ch