



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable  
et de l'Énergie

# Les Rencontres de la MOBILITÉ INTELLIGENTE

PARIS • BEFFROI DE MONTROUGE • 26-27 JANV. 2016

## Cyrille BAUDON, Récupération d'énergie dans les transports publics

NOS PARTENAIRES :



Association des Directeurs  
des Services Techniques  
Départementaux

advancity  
The Smart Metropolis Hub

Cerema

IDRIM  
Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité

ASFA  
AUTOROUTES & OUVRAGES CONCEDES

TRANSPORTS  
Transportpublic

TELECOM  
Evolution

LUTB  
TRANSPORT & MOBILITY SYSTEMS

mov'eo  
Imagine mobility

I-TRANS



Ville rail  
& Transports  
Le magazine des nouvelles mobilités

Infrastructures  
& Mobilité

MOBILICITÉS





## “Ne jamais arrêter le flux”

**TUNNELS**

<b>Equipements tunnels</b> 	<b>Ventilation tunnels &amp; Piping</b> 	<b>Equipements de gestion de trafic</b> 	<b>Systèmes d'Aide à l'Exploitation</b> 
---	---	--	--

**RAILS**

<b>Energie de Traction</b> 	<b>Signalisation Ferroviaire</b> 	<b>GSM - R</b> 	<b>Remaniement caténaire</b> 
--	--	--	--

**82**  
M€  
de chiffre  
d'affaires en 2013

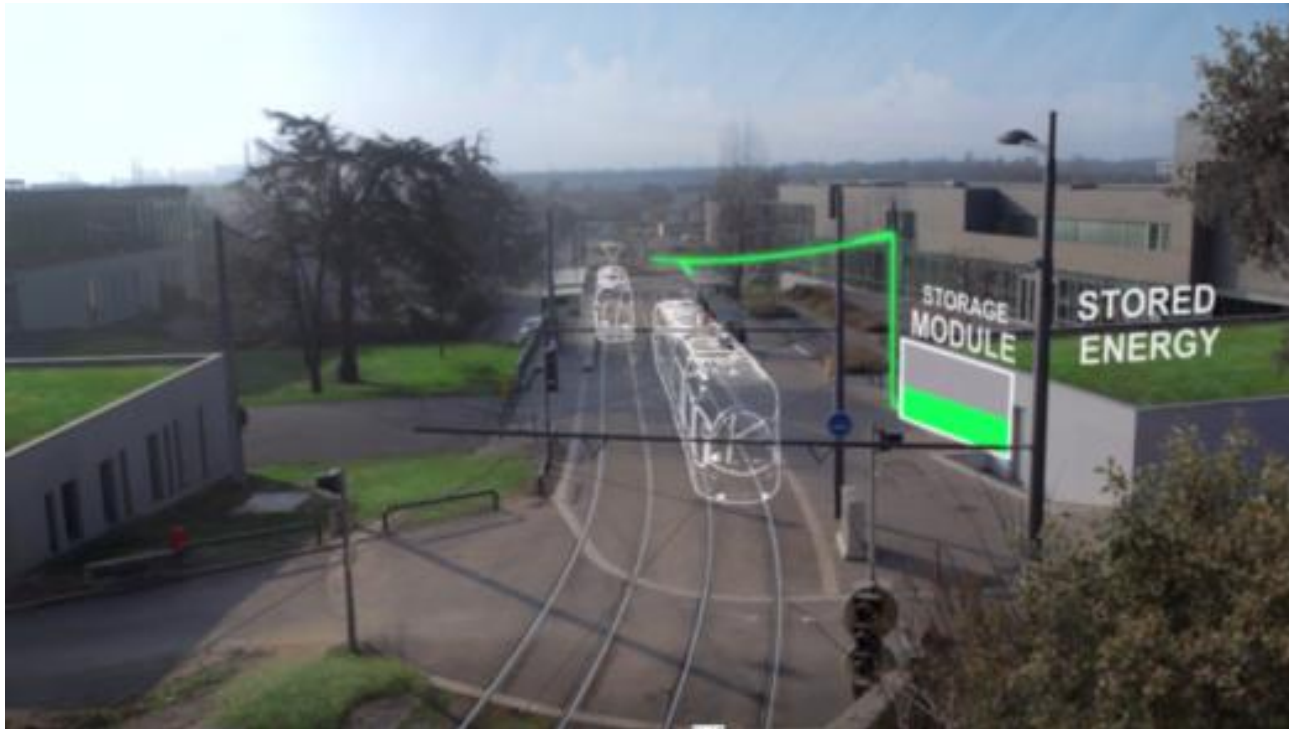
**30%**  
Part à l'export

**320**  
collaborateurs

**125**  
Collaborateurs en  
ingénierie

## Enjeux et objectifs

- Les matériels roulants ont la capacité à restituer de l'énergie au freinage.
- Une partie de cette énergie peut être utilisée par un besoin adjacent sinon
- **La grande majorité de l'énergie de freinage est perdue.**



[Film Récup d'énergie](#)

## Pourquoi la récupération de l'énergie de freinage

- Une énergie disponible
  - Un freinage génère jusqu'à 400kW (moyenne) selon le matériel roulant retenu,
  - Cette énergie est principalement dissipée dans l'atmosphère par effet Joule.
- Attente sociétale
  - Campagne de communication autour des économies d'énergie,
  - Diminution du bilan carbone,
  - Action développement durable.
  - COP 21
  - Loi de transition énergétique
- Diminution des coûts d'investissement
  - Optimisation des installations fixes d'énergie,
  - Réduction du foncier.

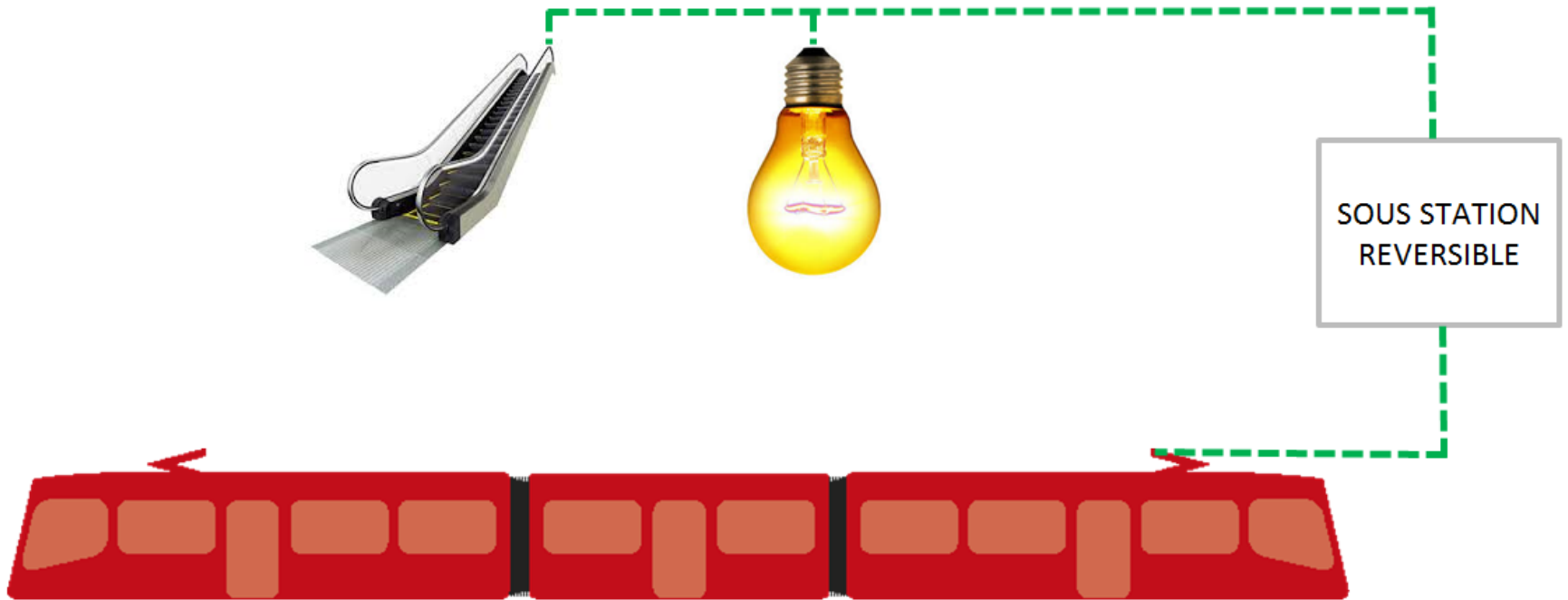
# LES TECHNIQUES DEVELOPPEES

- **Stockage embarqué :**
- Intérêt pour l'effacement de LAC mais bilan économique limité



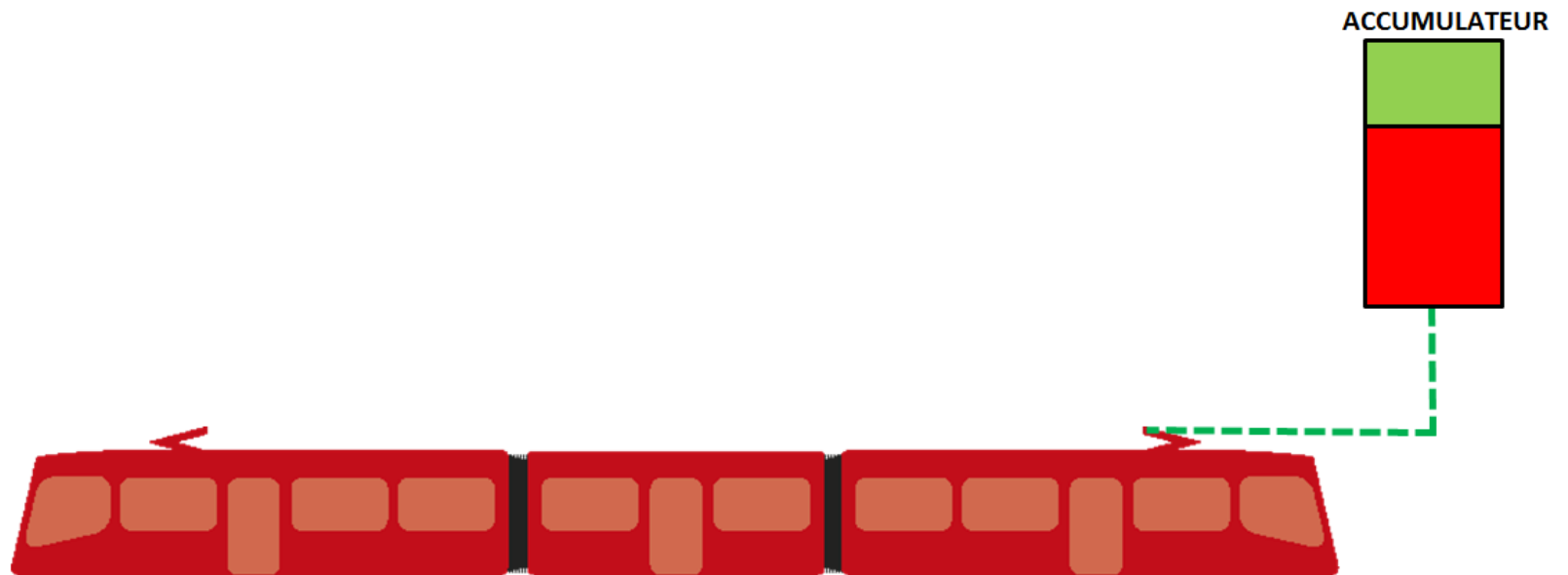
# LES TECHNIQUES DEVELOPPEES

- Réinjection « vers le réseau »:



# LES TECHNIQUES DEVELOPPEES

- **Stockage dans les infrastructures fixes :**

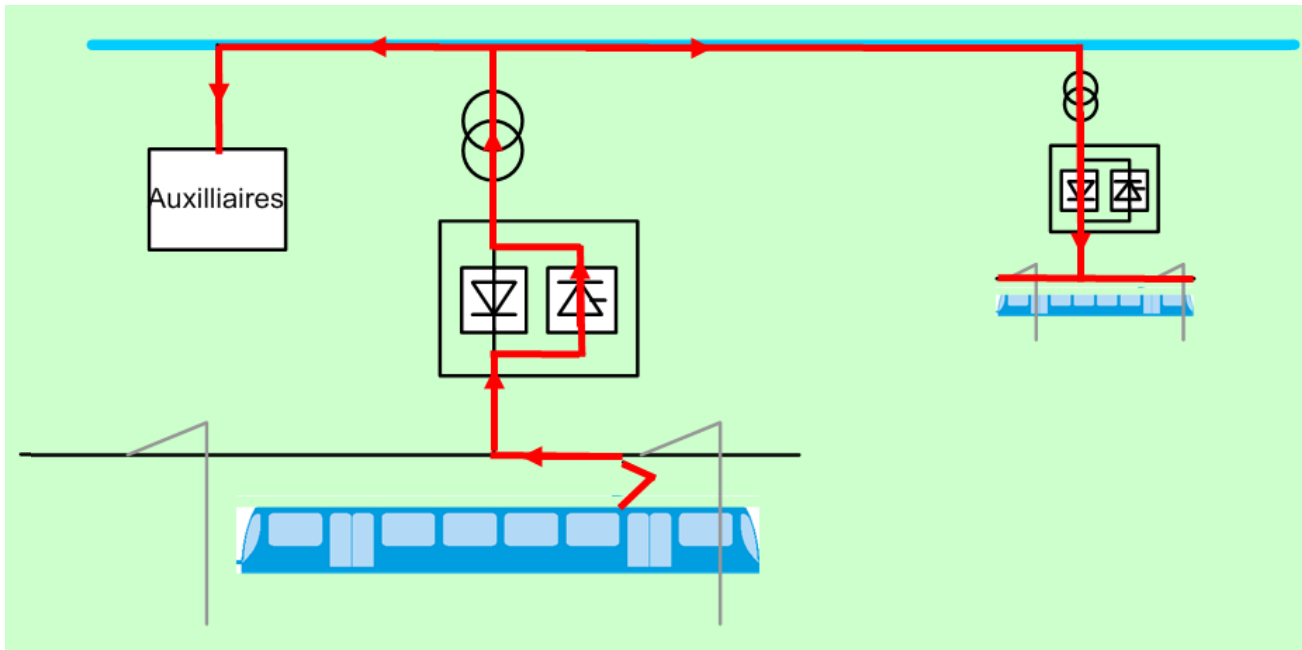




Mobility grâce à **ses compétences en énergie traction et en conversion d'énergie** a développé des systèmes permettant de répondre aux problématiques d'exploitation des réseaux et réduire l'impact environnemental :

- **Systeme de récupération d'énergie embarqué**
- **La sous station de réinjection d'énergie (Energy Inverter System – EIS)**
- **Le module de Récupération d'Energie (Energy Storage System - ESS)**

## La sous station de réinjection d'énergie (Energy Inverter System – EIS) Mode de fonctionnement



L'énergie générée lors des freinages électriques est réinjectée sur le réseau électrique privatif.

## La sous station de réinjection d'énergie (Energy Inverter System – EIS)

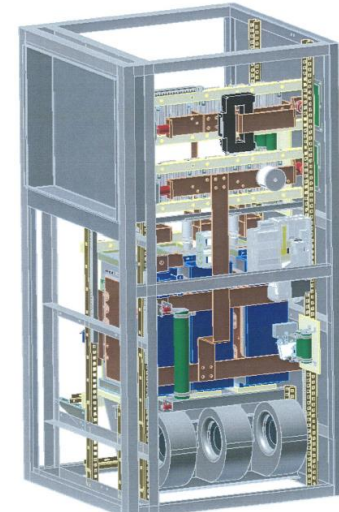
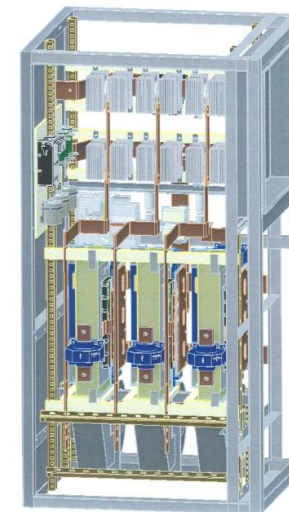
### L'innovation

Double avantage :

- la stabilisation de la tension sur le réseau
- une récupération de 90 % de l'énergie totale de freinage.

Le principe de l'EIS est basé sur une technologie de **convertisseurs IGBT** constituant l'**onduleur de réinjection** installé en parallèle du redresseur.

Ils possèdent l'avantage de pouvoir convertir l'énergie de freinage et la restituer immédiatement



## **Maîtrise de l'énergie :**

- Économie de l'énergie jusqu'à 15% grâce à la conversion en énergie alternative et la restitution dans une boucle privative.
- Limitation de la chute de tension
- Stabilisation de la tension dans la Ligne de Contact de par la capacité à fournir de l'énergie sur les appels de puissance importants,

## **Simplicité d'implantation :**

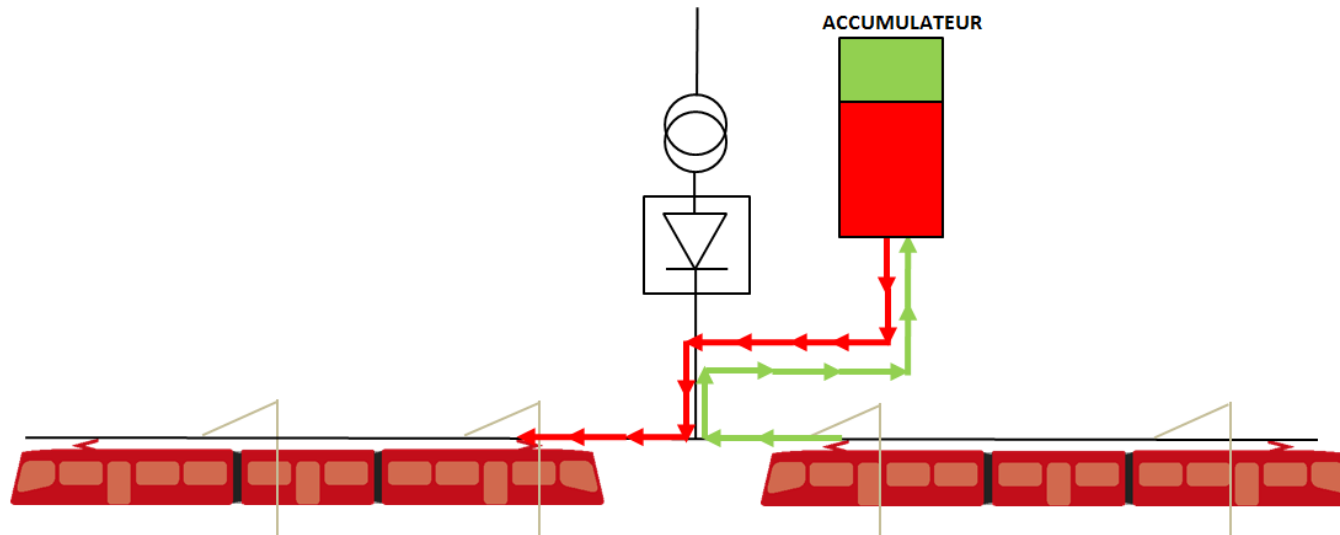
- Solution 3 en 1: compacité de l'ensemble des fonctions redresseur - onduleur - filtre anti-harmonique,
- Solution modulable en fonction du besoin en puissance.
- Installation facile, solution plug and play et peu encombrante.
- Implantation sur des réseaux neufs ou en exploitation.
- Augmentation de l'inter-distance entre les sous-stations et donc réduction du nombre de sous-stations,

## **Rentabilité :**

- Economie de l'énergie grâce à la récupération au freinage et la réinjection sur la boucle Haute Tension (énergie qui sera consommée par les auxiliaires),
- 90 % de l'énergie générée lors du freinage est récupérée, sans limitation de la durée de récupération,

## Le module de Récupération d'Énergie (Energy Storage System - ESS)

- Principe de fonctionnement



- Freinage d'une rame : Stockage de l'énergie,
- Accélération d'une rame : Restitution de l'énergie,

## Une solution au service du développement durable

### Maîtrise de l'énergie

- Économie de l'énergie grâce à la récupération au freinage et la réinjection à la traction.
- Charge et décharge très rapides.
- Stabilisation de la tension du réseau électrique pour se prémunir de l'arrêt éventuel du système de transport.

### Simplicité d'implantation

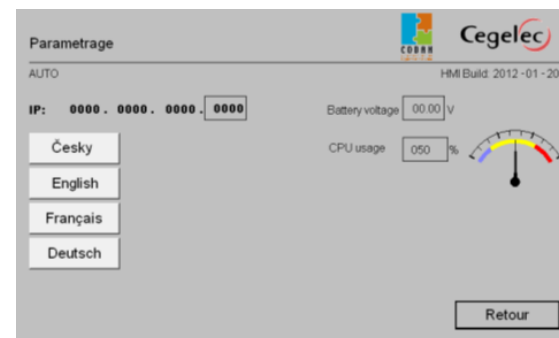
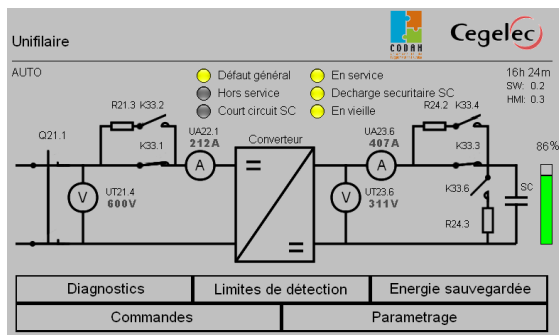
- Solution modulable en fonction du besoin en puissance.
- Installation facile, solution plug and play et peu encombrante.
- Implantation sur des réseaux neufs ou en exploitation.
- Fonctionnement indépendant du réseau d'alimentation public haute-tension.
- Fonctionnement indépendant de la production de l'énergie traction des sous-stations.

### Rentabilité

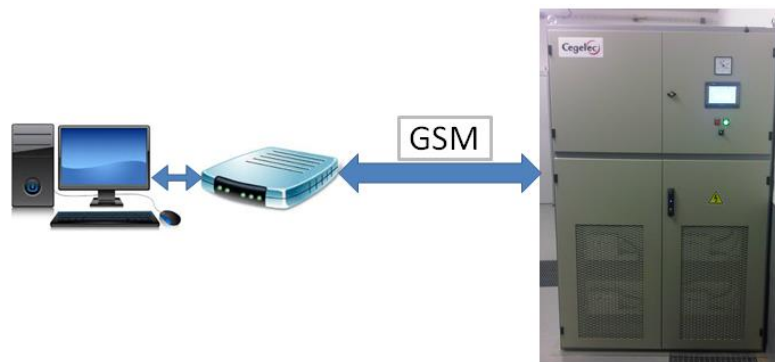
- Optimisation des coûts fonciers et des coûts de raccordement au réseau public d'énergie, par la possibilité d'implanter les modules en bordure de voie.
- Durée de vie de 30 ans pour le module et de 10 à 15 ans pour les supercapacités selon la sollicitation (1million de cycles environ).

## Systemes inter actif et connecté :

- **IHM détaillé** avec un afficheur numérique en face avant (U, I, Défauts...),



- **Systeme d'interrogation à distance** permettant de réaliser un diagnostic de l'ESS et de récupérer les informations du niveau de récupération d'énergie.



## Projet de tramway du Havre :

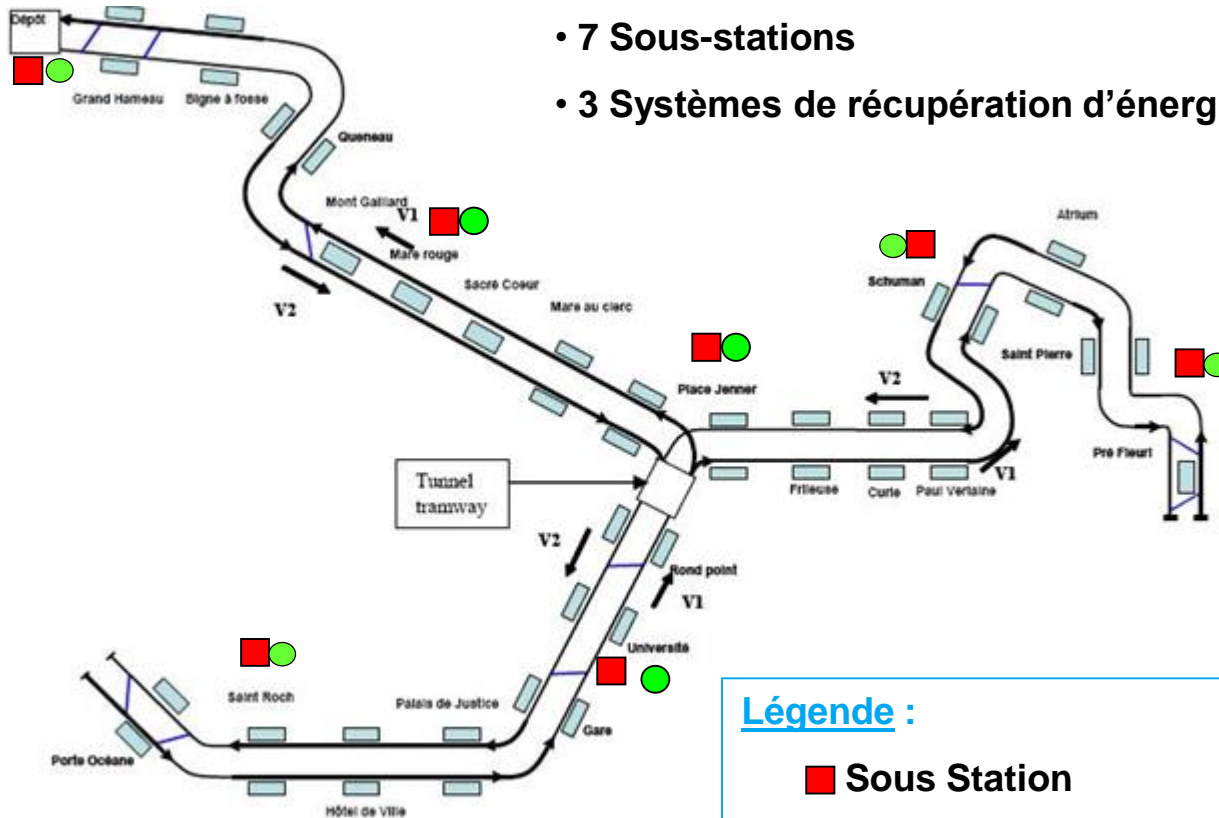
- Engagements sur le dimensionnement du réseau de traction
- Simulation pour le dimensionnement en puissance et en nombre des SST,





## Le Havre, Un tramway pionnier

- Longueur de la ligne # 14 km
- 7 Sous-stations
- 3 Systèmes de récupération d'énergie



### Légende :

■ Sous Station

● Système de récupération d'énergie



Données :

- Energie moyenne récupérée = **120 kWh/ESS** soit **350 kWh par jour**.
- **Quantité d'énergie récupérée = 130.000 kWh/an**
- **Economie = 8 à 12%** par SST équipée d'un module ESS.
- **10 tonnes de CO2** économisées chaque année.

*« Ce système répond avec satisfaction aux enjeux de l'agglomération havraise, qui souhaite valoriser recycler et valoriser les diverses sources d'énergie possibles. La récupération d'énergie de freinage du tramway permet de récupérer de réelles économies. L'enjeu est maintenant de poursuivre le travail réalisé avec Mobility pour accroître ses performances »*

Jean-Sébastien CHABOCHE, Directeur de la Mobilité, Adjoint au DGA  
Qualité de la Vie, Communauté de l'Agglomération Havraise

# UNE SOLUTION PRIMEE

La solution ESS a été doublement primée en 2015 :

Lauréat des Trophées de la transition énergétique 2015, catégorie transports durables de l'Usine Nouvelle.



Prix de l'innovation Vinci catégorie développement durable dans la région Rhône Alpes.



Le retour sur investissement s'accélère avec l'augmentation du prix de l'électricité.

Une solution maîtrisée, sur mesure et adaptée à tous les types de réseaux de transport.

Cette solution permet d'optimiser le réseau proposé afin de :

- Réduire les coûts d'infrastructure (moins d'équipements)
- Réduire les coûts de fonctionnement (facture énergétique, maintenance)

## **Mobility vous accompagne dans la mise en place d'un système de récupération d'énergie par :**

- Sa capacité de dimensionnement de réseau de traction (outil de simulation)
- Sa démarche orientée « solution » et non « produit »
- Son panel de solutions disponibles, en propre ou en partenariat
- Son expertise du ferroviaire
- Son retour d'expérience.