

Projet d'efficiencia énergétique des rames du m1

Andreas Tonin, département physique université de Bâle

Peter Oelhafen, département physique université de Bâle

Jorge Ivanez, transports publics de la région lausannoise

Julien Schaub, transports publics de la région lausannoise





Introduction



- 1 Présentation des tl
- 2 Véhicule tsol et introduction à l'énergie
- 3 Programme SETP
- 4 Projet
- 5 Questions
- 6 Discussions ouvertes



Présentation des tl

- 2 Véhicule tsoi et introduction à l'énergie
- 3 Programme SETP
- 4 Projet
- 5 Questions
- 6 Discussions ouvertes

A wide-angle photograph of a cityscape taken from an elevated position, likely a bridge or a high-rise building. In the immediate foreground, a dark metal truss bridge structure is visible, with a railing featuring a repeating pattern of grey and red rectangular panels. Below the bridge, a road with some greenery and a few trees can be seen. The middle ground is filled with various urban buildings, including a large, light-colored classical-style building with many windows, and a modern building with a glass facade. In the background, a range of blue mountains is visible under a sky with scattered white clouds. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

ensemble
#innovons_les_tl



Transports publics de la région lausannoise

1

40 lignes de bus

2

2 lignes de métro

3

1 ligne de train

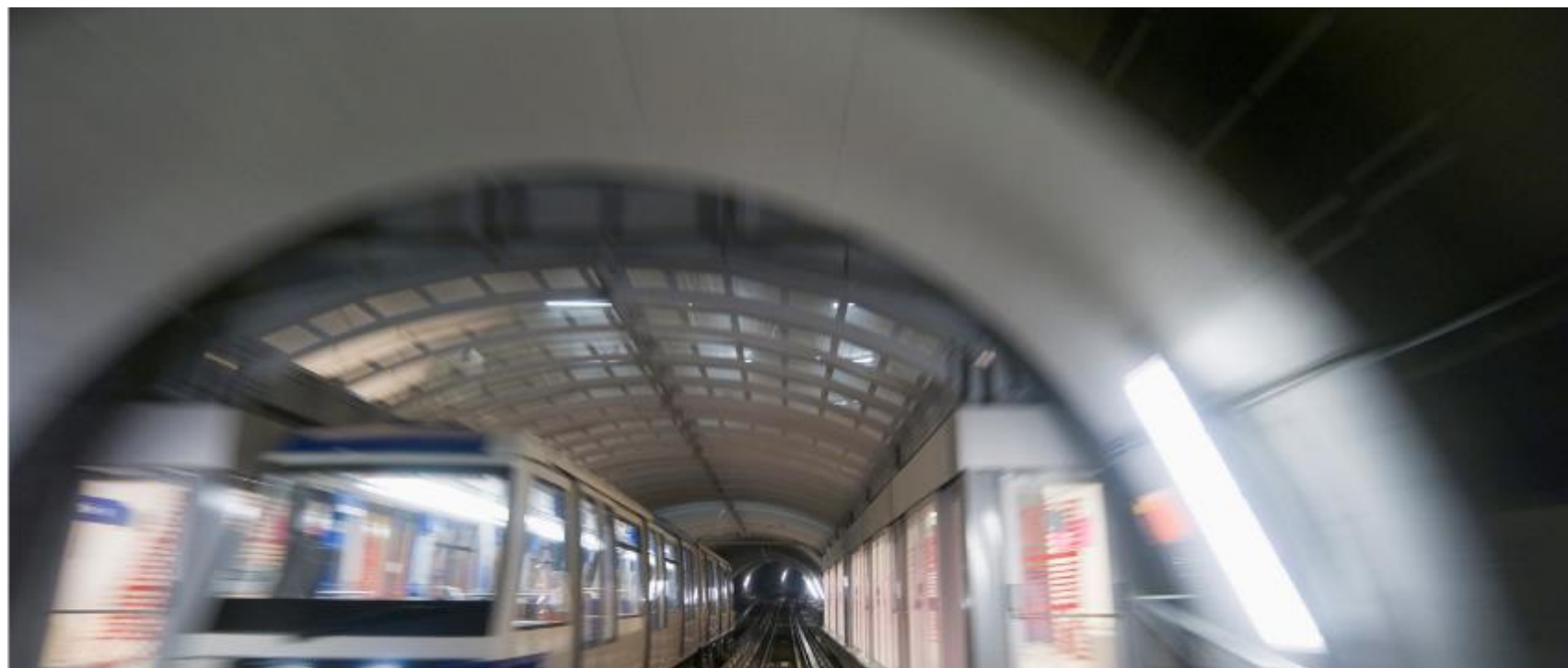
4

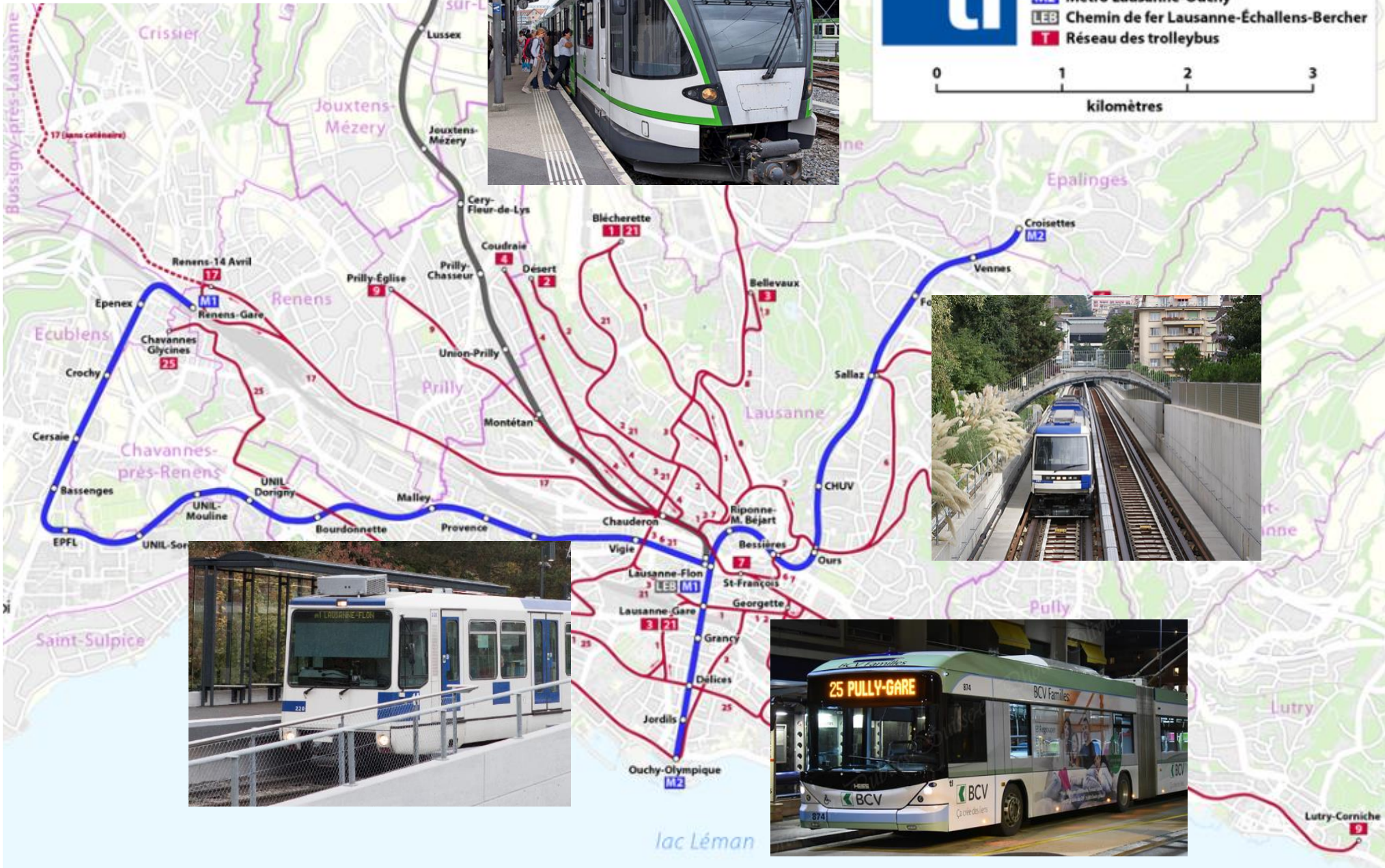
119 millions de voyageurs

5

6

1468 employés





tl Les projets structurants



**AXES ///
// FORTS**
DE TRANSPORTS PUBLICS URBAINS

Tramway

Bus à haut niveau de service [BHNS]

Métros [m1, m2 et m3]

1
2
3
4
5
6

En parallèle à l'amélioration du réseau
de transport public, l'accès aux
centres-villes est garanti aux voitures



Des espaces publics revalorisés
et des transports publics qui
contribuent à la qualité de vie



Lausanne-Flon – Renens, Gare

m1



Le métro de l'Ouest
lausannois



Le m1 en chiffres 1/2

m1 (TSOL avant 2000)

15 stations

7.8 km, voie unique

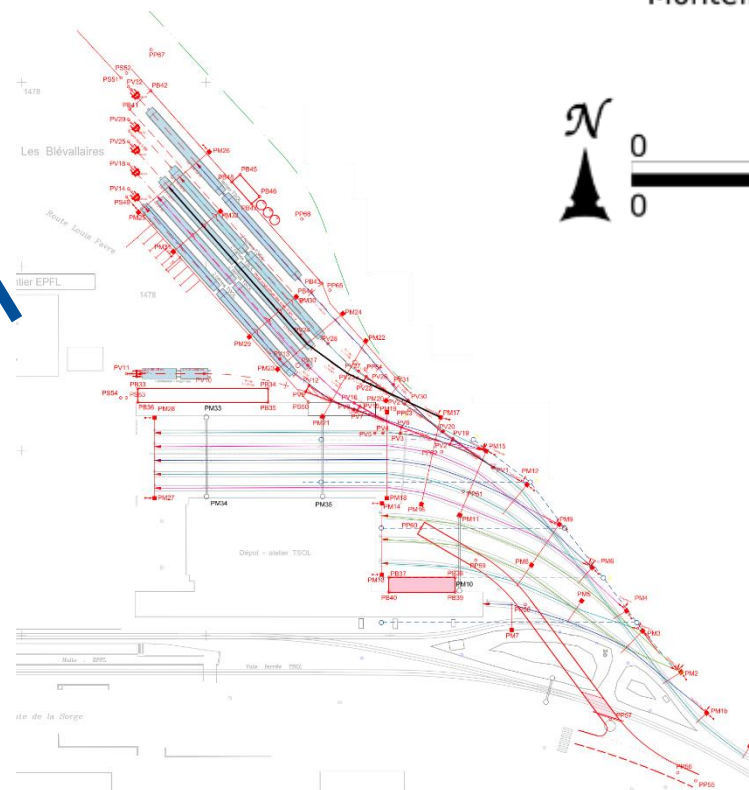
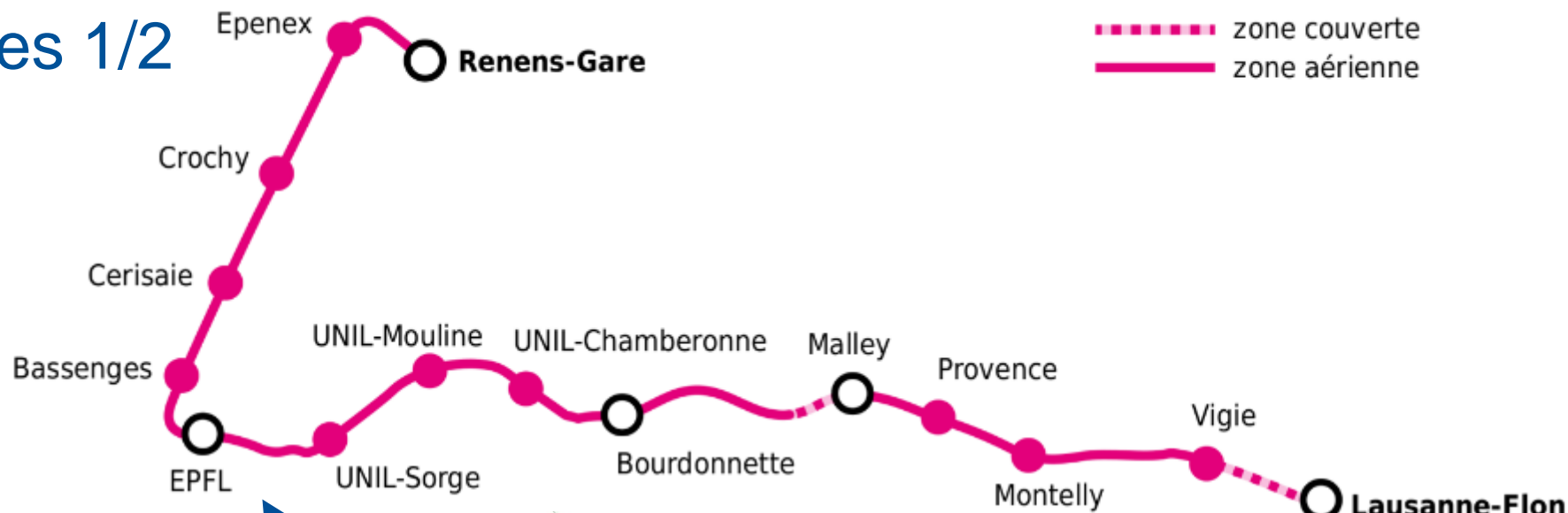
Ecartement CFF

Pente max 0.6 %

Alimentation 750 V

Vitesse max 70 km/h (ligne)

750 m de tunnel



Garage atelier



13 millions de passagers

Campus EPFL / UNIL

Cadence :

Heure de pointe : 5'

Heure creuse : 7.5'

Circulation en unité double

- 1 Présentation des tl
- 2 Véhicule tsol et introduction à l'énergie
- 3 Programme SETP
- 4 Projet
- 5 Questions
- 6 Discussions ouvertes

tsol 1

- 12 rames
- 1991
- ACMV
- mi-vie de 2011 à 2018

tsol 2

- 5 rames
- 1996
- ACMV
- mi-vie de 2011 à 2018

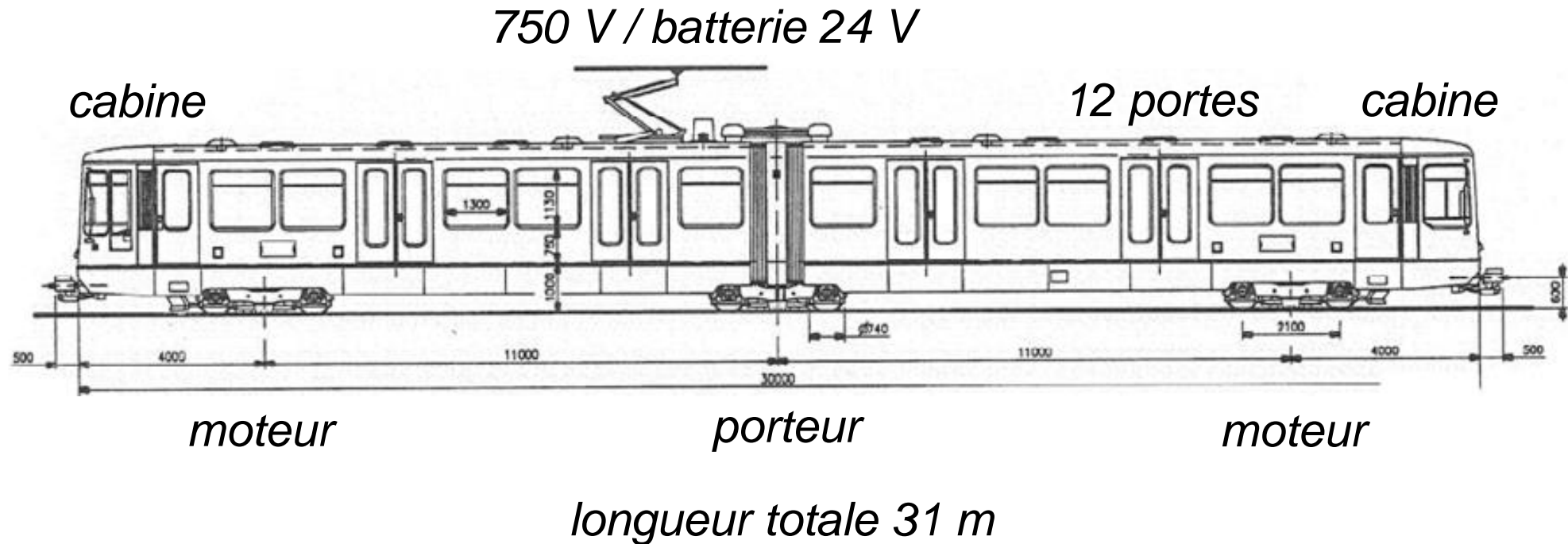
tsol 3

- 5 rames
- 2015
- MOB & tl

Flotte de 22 rames
Be 4/6



tl Caractéristiques des véhicules



- masse 64 tonnes (en charge)
- 295 places (56 places assises)
- puissance : 2 X 235 kW
- vitesse max 80 km/h
- climatisation uniquement en cabine

Freins

- électrique (récupération / rhéostat)
- pneumatique
- patin magnétique

1 Puissance d'une rame : 470 kW

2 Consommation annuelle d'une rame: 310'000 kWh

3 Consommateurs :

- 4 • Energie de traction
- 5 • Chauffage
- 6 • Climatisation en cabine
- Auxiliaires

Les rames restent sous alimentation durant la nuit et la consigne de chauffage maintenue à 21°



tl Quiz sur les puissances

Puissance :

6100 kW = ?

5200 kW = ?

2000 kW = ?

800 kW = ?

750 kW = ?

470 kW = ?

Re 460



6100 kW

**Stadler Tango
(6 caisses)**



750 kW

Bhe 4/8



800 kW

Ge 4/4



2000 kW

ICN



5200 kW

tsol



470 kW

- 1 Présentation des tl
- 2 Véhicule tsol et introduction à l'énergie
- 3 Programme SETP**
- 4 Projet
- 5 Questions
- 6 Discussions ouvertes



Le 21 mai 2017, la Suisse approuve la Stratégie énergétique 2050 du Conseil fédéral

- Sortie progressive du nucléaire
- Développement des énergies vertes



L'OFT a développé le programme SETP 2050
*Stratégie **E**nergétique dans les **T**ransports **P**ublics*



L'OFT finance des projets auprès des compagnies de transport ayant pour buts :

- L'abandon de l'énergie de source nucléaire
- La diminution du recours aux énergies fossiles
- L'encouragement de la production d'énergie renouvelable
- L'amélioration de l'efficacité énergétique

Financement de l'OFT à hauteur de 40 %

L'OFT lance en janvier et en juin l'appel de nouveaux projets


Prochain délai : 31.01.2020

Informations :

<https://www.bav.admin.ch/bav/fr/home/themes-a-z/environnement/setp2050.html>

- Formulaire de proposition de projet
- Exemple de projets réalisés
- Autres informations et formalités



- 1 Présentation des tl
- 2 Véhicule tsol et introduction à l'énergie
- 3 Programme SETP
-  4 **Projet**
- 5 Questions
- 6 Discussions ouvertes

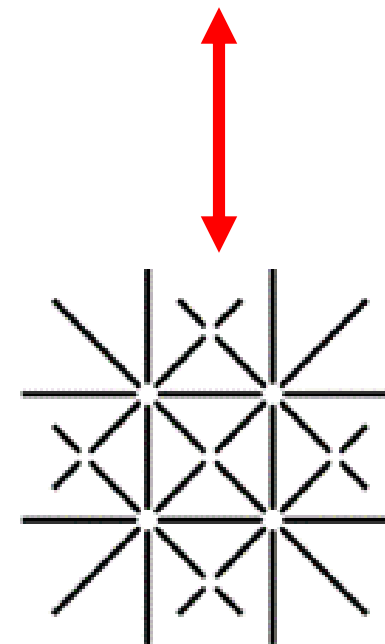
- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction
- 5 Préparation de la rame
- 6 Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives



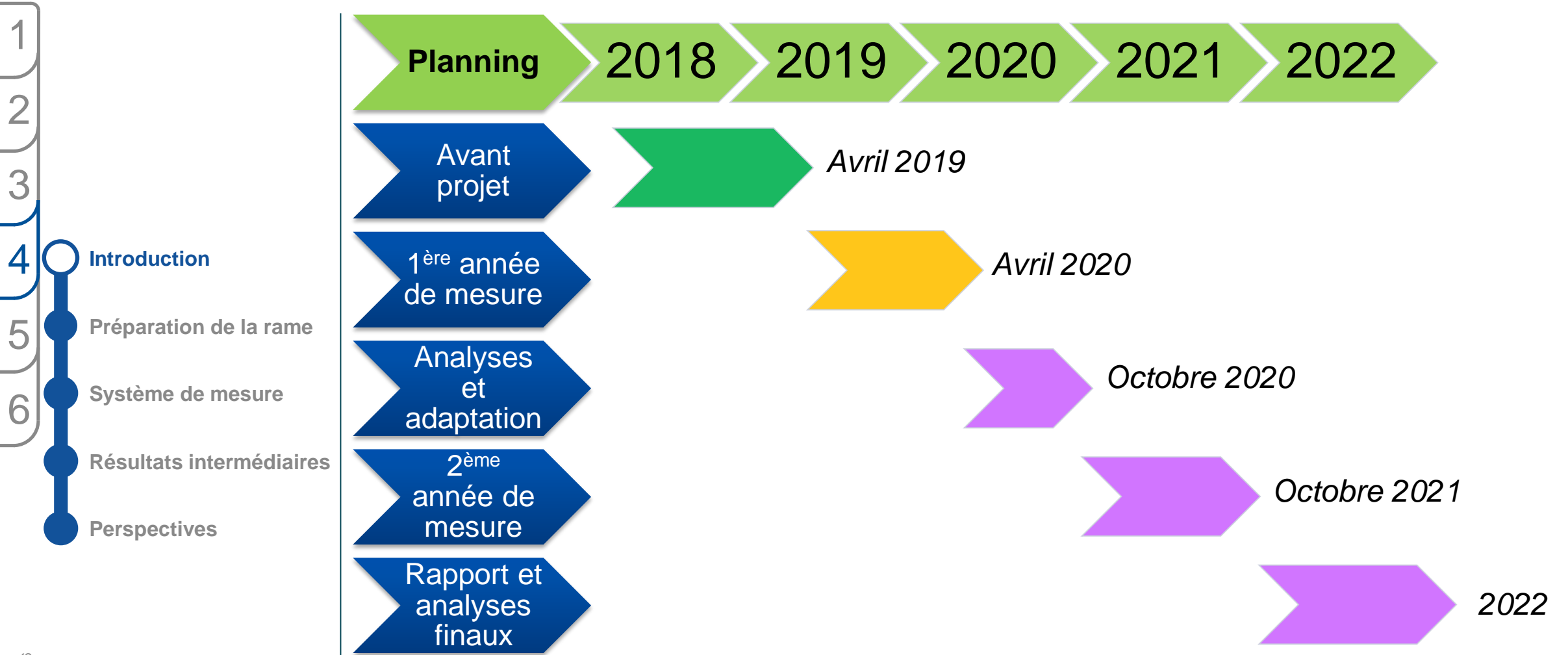
- Introduction
- Préparation de la rame
- Système de mesure
- Perspectives



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



UNI
BASEL



Connaissance des conditions de mesure

- Capteurs de mesure des conditions



Mesures des consommateurs

- Traction
- Chauffage et climatisation
- Auxiliaire



Analyses

- Bilan énergétique
- Mesures d'amélioration



1	
2	
3	
4	Introduction
5	Préparation de la rame
6	Système de mesure
	Résultats intermédiaires
	Perspectives



1	
2	
3	
4	Introduction
5	Préparation de la rame
6	Système de mesure
	Résultats intermédiaires
	Perspectives

~ 60 composants

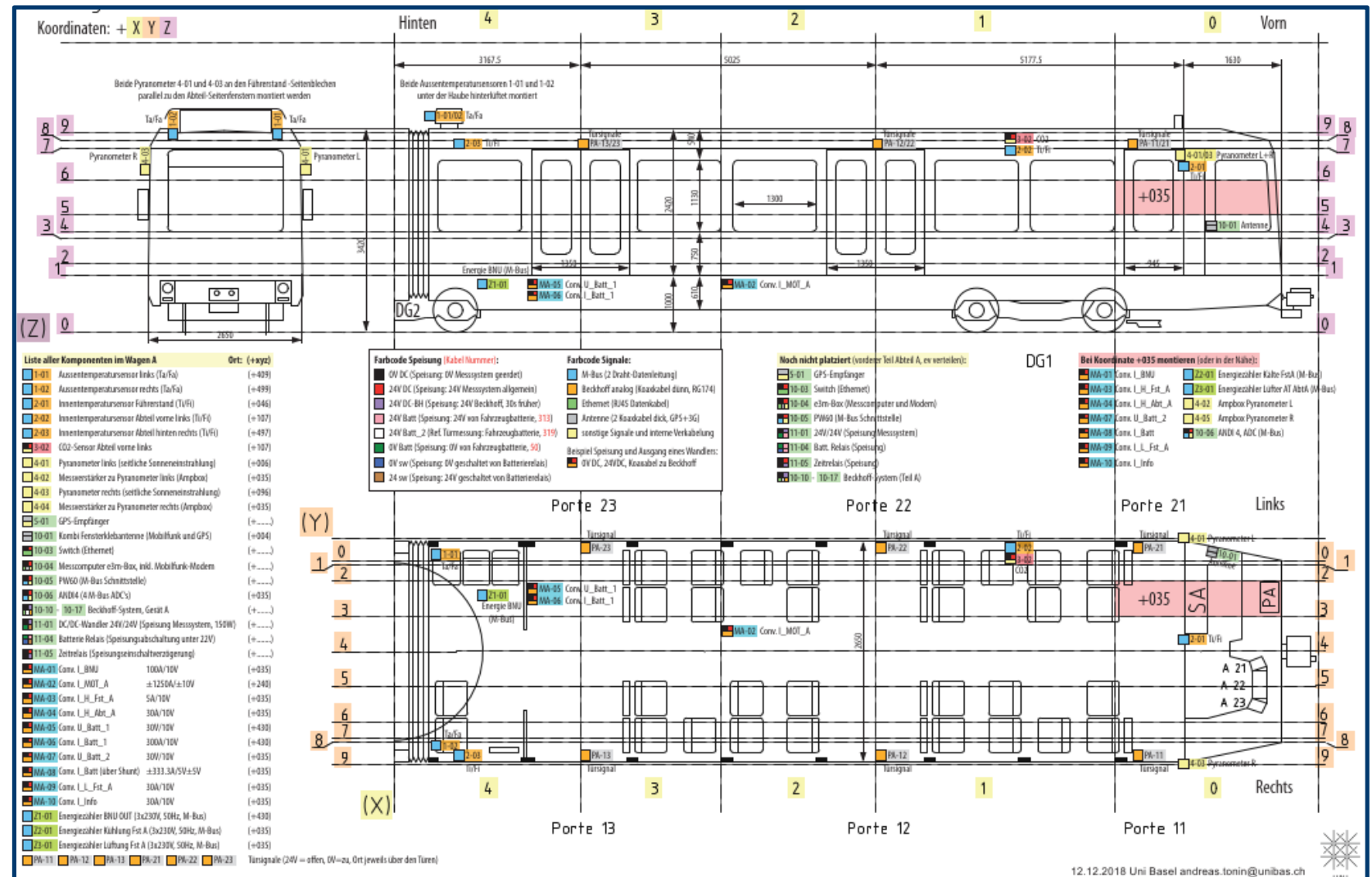
- Sondes de température extérieure
- Sondes de température intérieure
- Capteurs de CO2
- Capteurs de rayonnement solaire
- Antenne GPS



Introduction

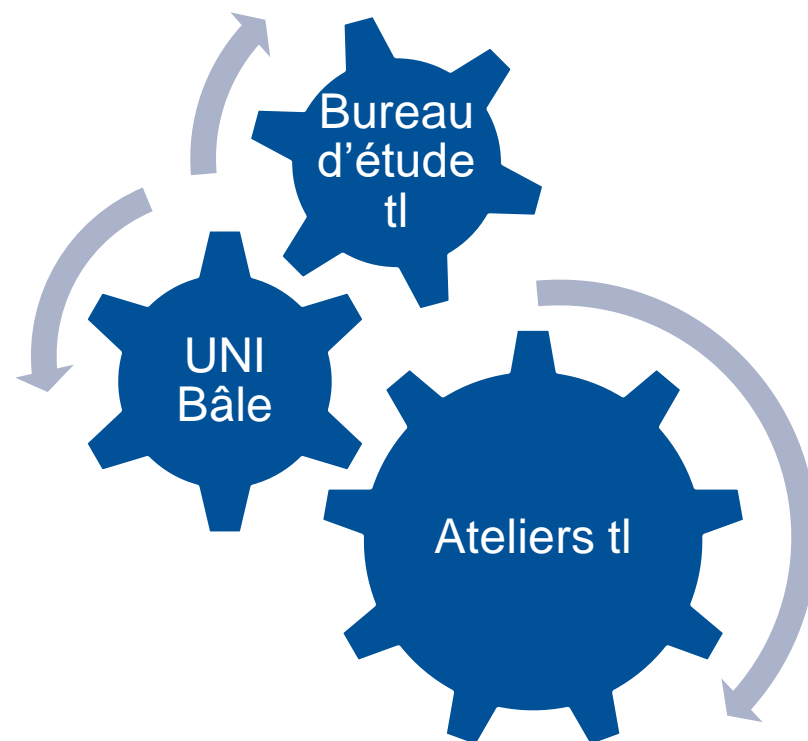
Systeme de mesure

Perspectives



tl Préparation de la rame

- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction
- 5 Préparation de la rame
- 6 Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives



Une semaine de travail d'installation pour les ateliers !



- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction
- 5 Préparation de la rame
- 6
- Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives

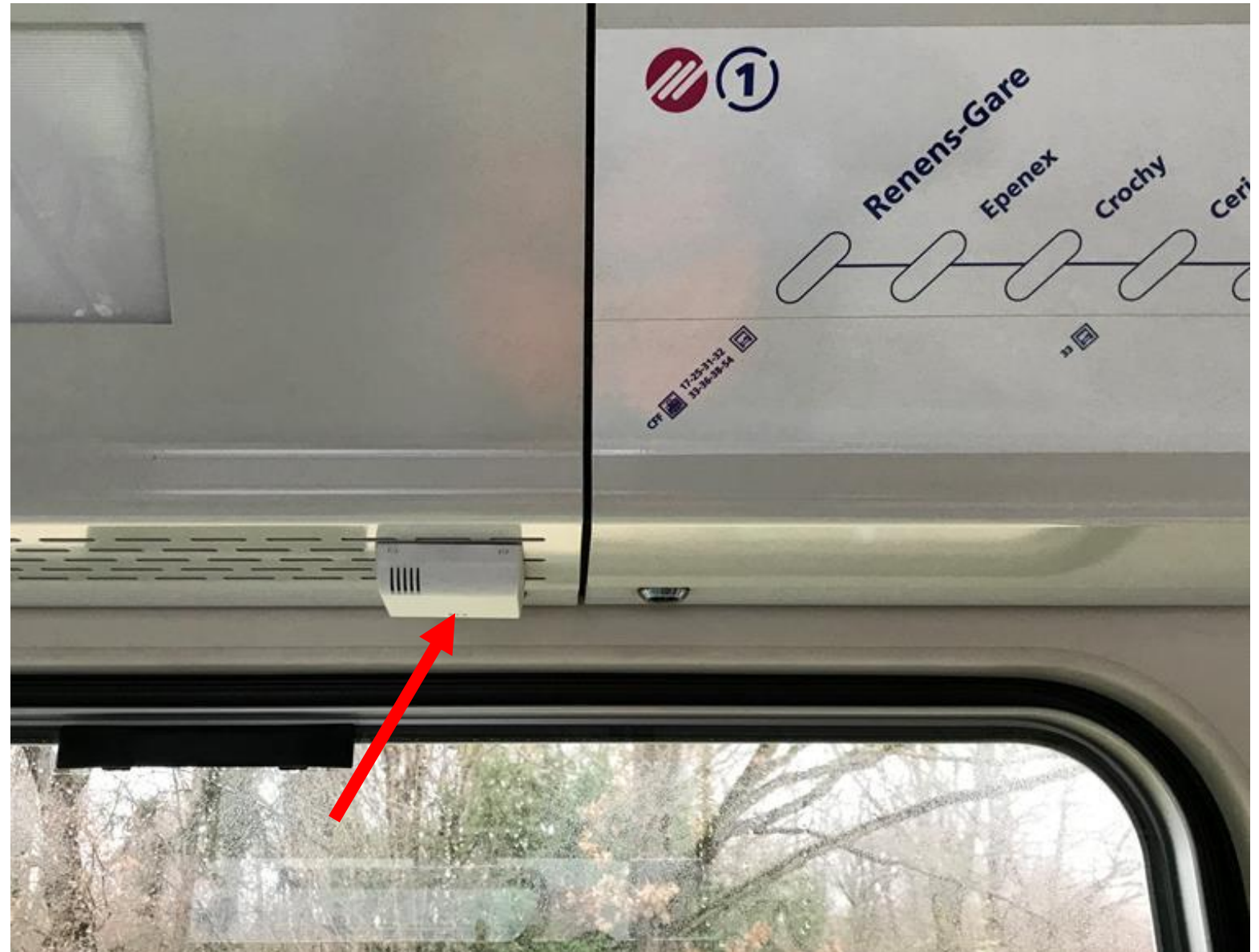


- 1
- 2
- 3
- 4 ● Introduction
- 5 ○ Préparation de la rame
- 6 ● Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives



tl Capteur de température

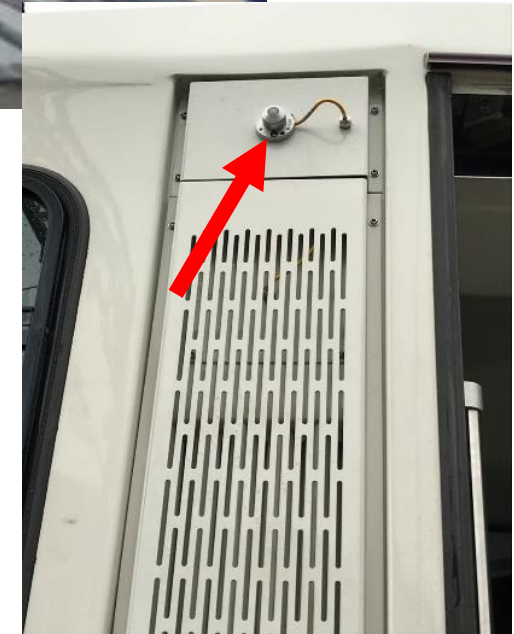
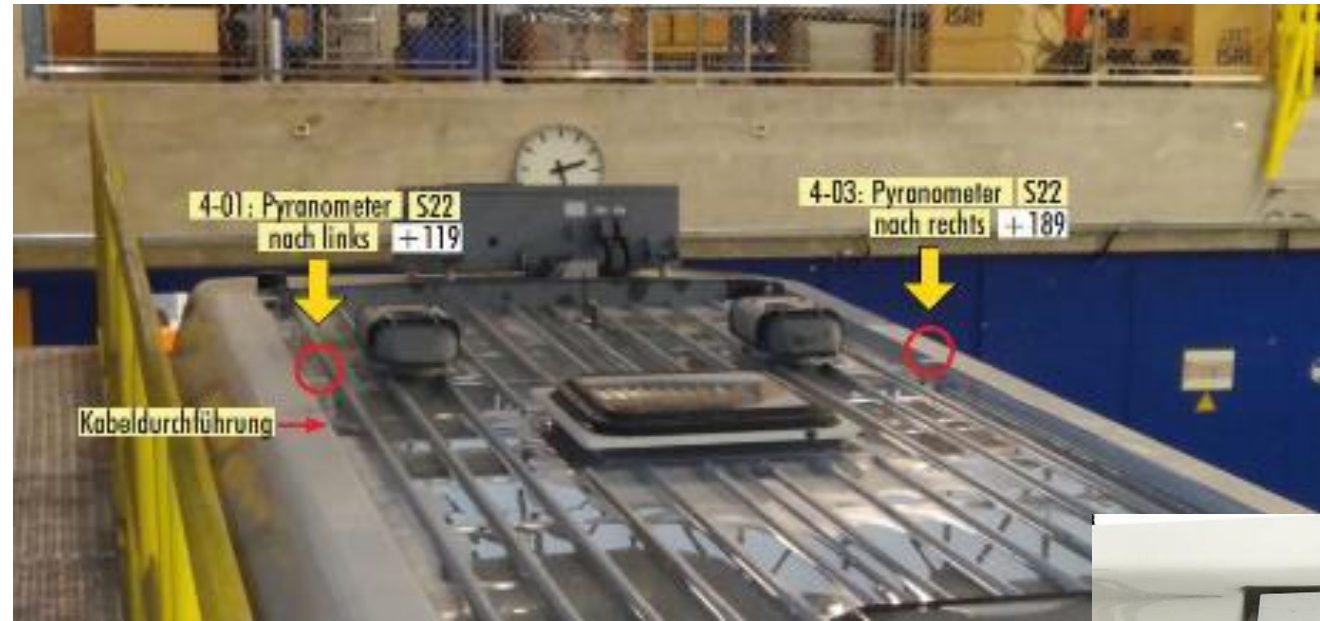
- 1
- 2
- 3
- 4 ● Introduction
- 5 ○ Préparation de la rame
- 6 ● Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives



1	
2	
3	
4	Introduction
5	Préparation de la rame
6	Système de mesure
	Résultats intermédiaires
	Perspectives

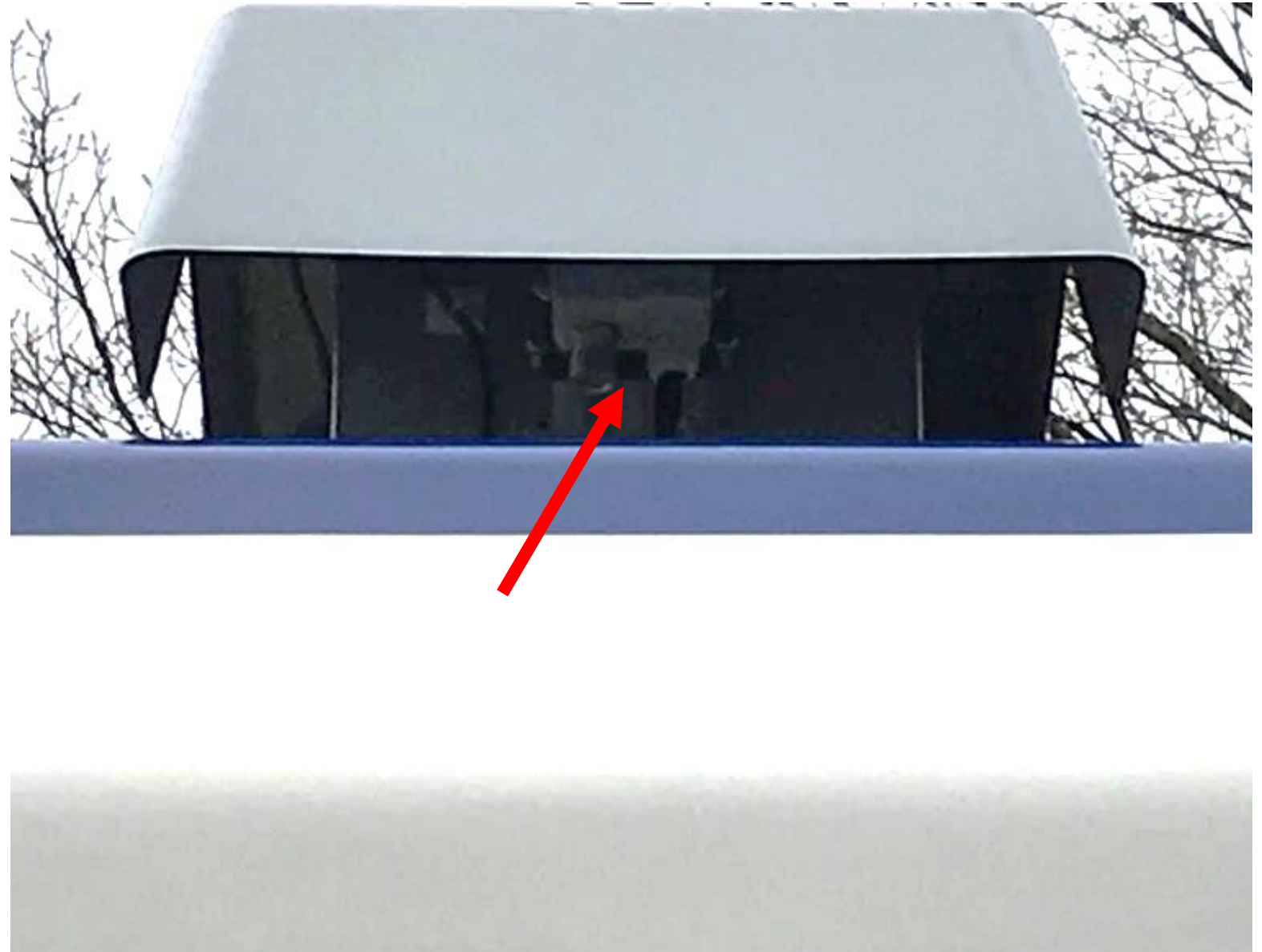


- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction
- 5 Préparation de la rame
- 6
- Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives



tl Capteur de température extérieure

- 1
- 2
- 3
- 4 ● Introduction
- 5 ○ Préparation de la rame
- 6 ● Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives





Capteur de tension armoire cabine

- 1
- 2
- 3
- 4 ● Introduction
- 5 ○ Préparation de la rame
- 6 ● Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives

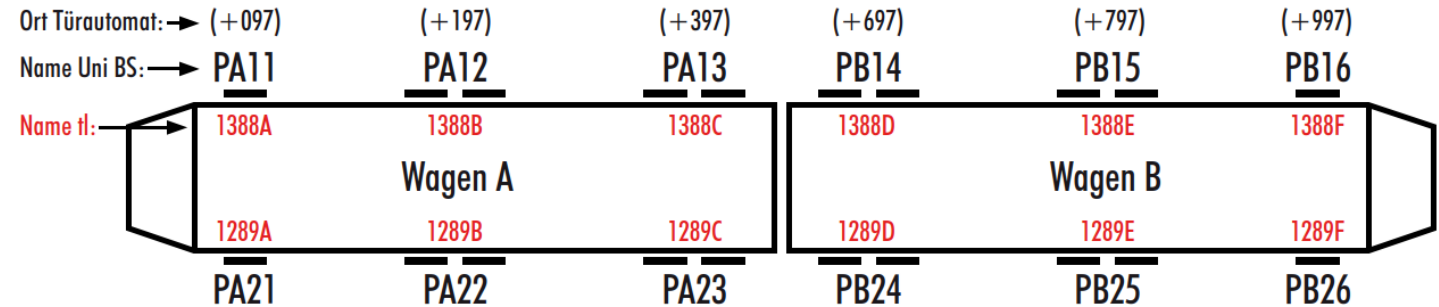


tl Capteur de tension sous caisse

- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction
- 5 Préparation de la rame
- 6 Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives



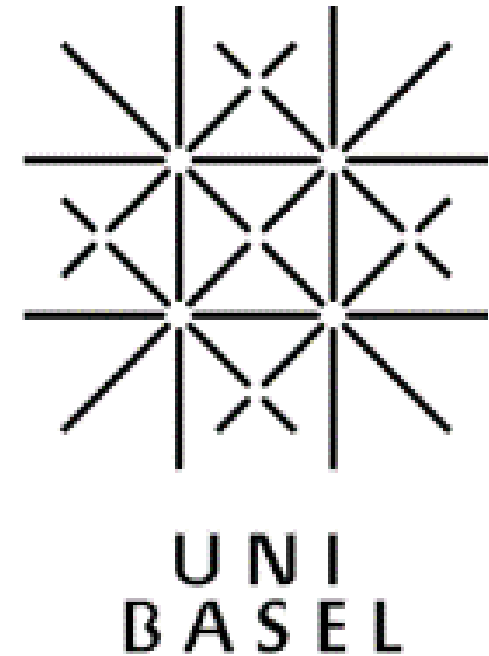
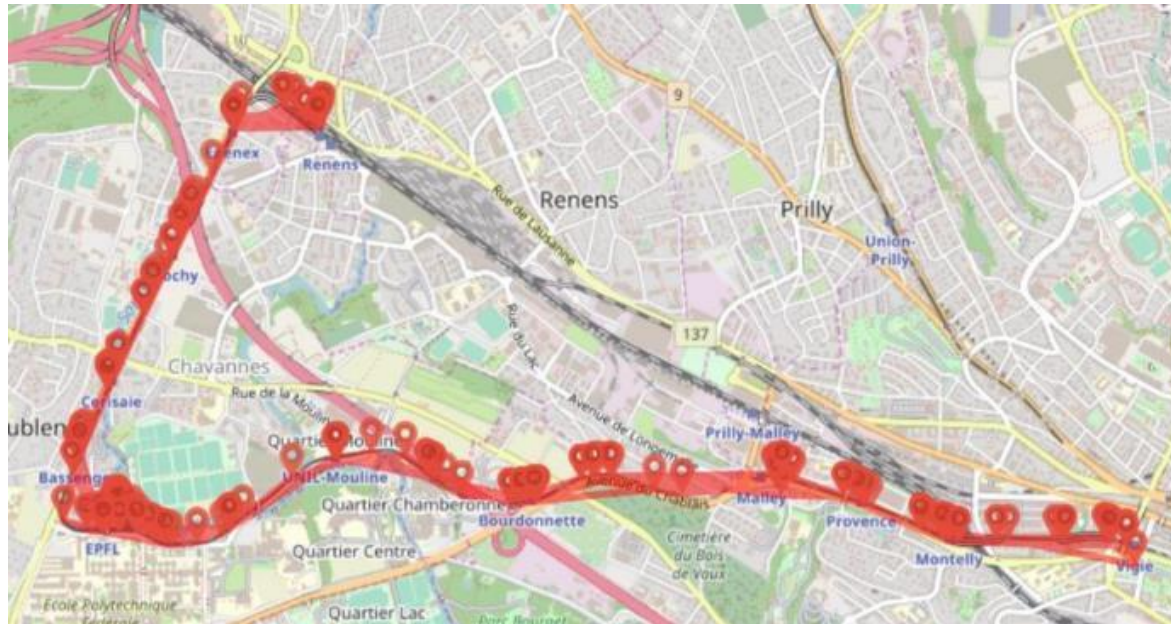
1	
2	
3	
4	Introduction
5	Préparation de la rame
6	Système de mesure
	Résultats intermédiaires
	Perspectives



1	
2	
3	
4	Introduction
5	Préparation de la rame
6	Système de mesure
	Résultats intermédiaires
	Perspectives



1	
2	
3	
4	Introduction
5	Préparation de la rame
6	Système de mesure
	Résultats intermédiaires
	Perspectives



Andreas Tonin &
Peter Oelhafen



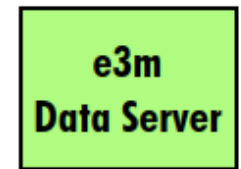
METRO M1 - ENERGY CONSUMPTION AND CLIMATE DATA ACQUISITION SYSTEM

Data Analysis (e3m Data Center):

- 195 various Data Points (from Metro)
- 242 + various Formula Data Points
- Customizable Charts
- Data-Export (Excel .csv)



Internet



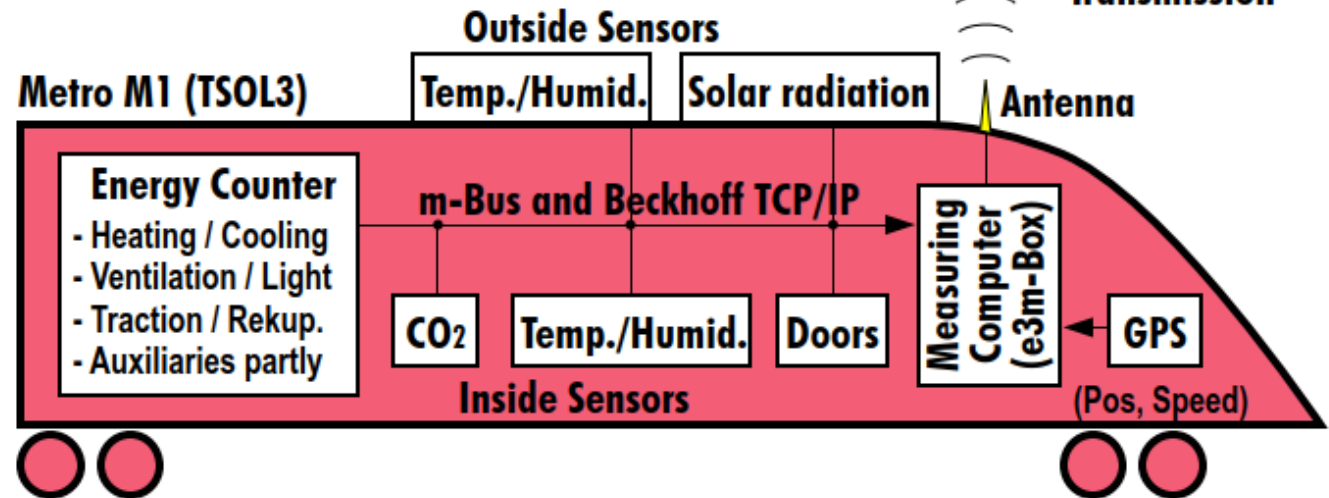
Data Cloud with Arithmetic-Unit

Antenna

Mobile Data Transmission

Acquisition System:

- 5 AC-Energy Counters
- 3 DC Voltage Sensors
- 15 DC Current Sensors
- 12 Door States
- 2 Beckhoff Controllers
- 14 Beckhoff Measuring Nodes
- 2 M-Bus Devices
- 8 Temperature Sensors
- 2 CO₂-Sensors
- 2 Pyranometers
- 1 GPS (Position System)
- 1 Measuring Computer (e3m)
- 1 Antenna (and other devices)



Goal: - Long-term measurement to find and implement energy-saving measures (for retrofits and new orders)

Partners: - tl (transport company), opit (e3m-Datasystem), pi-system (Beckhoff programming), FOT (Federal Office of Transport)



METRO M1 - DATA ANALYSIS (e3m Data Center)

The e3m system is a trademark of the German company Emation which cooperates with the Swiss company Opit. Opit supplies us with the measuring computer and the data-server/-center access. The Beckhoff system is an industrial computer with modular measuring nodes (PI-system).

The data center provides access to the data server. It runs in an internet browser.

Each minute the measuring computer collects sensor data, preprocessed DC-energy data from the Beckhoff system and the AC-energy meters using various interfaces.

The raw data is transmitted once a day to the data server. There it automatically calculates predefined formula data points, aggregations and diagrams or charts.

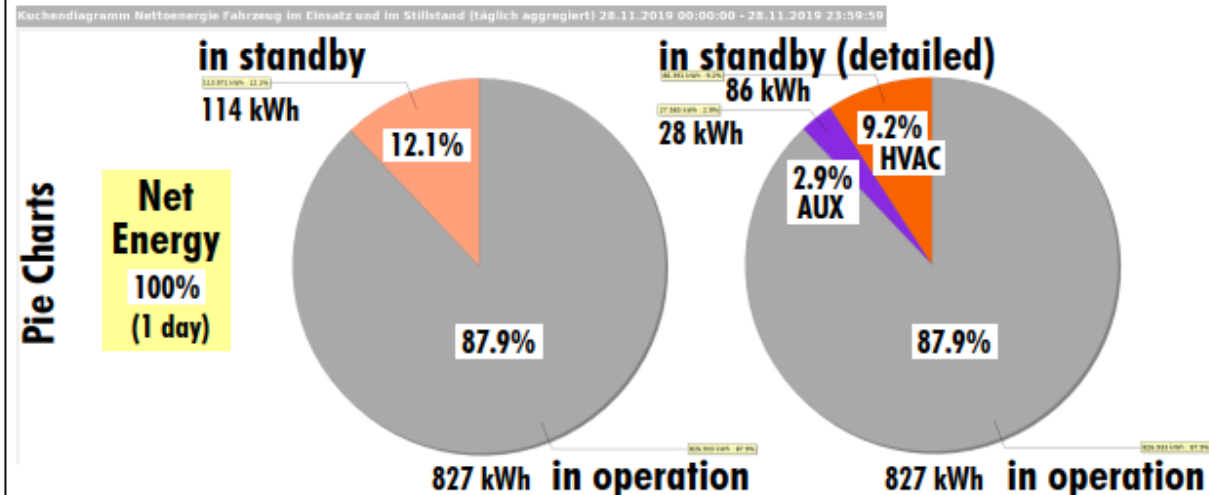
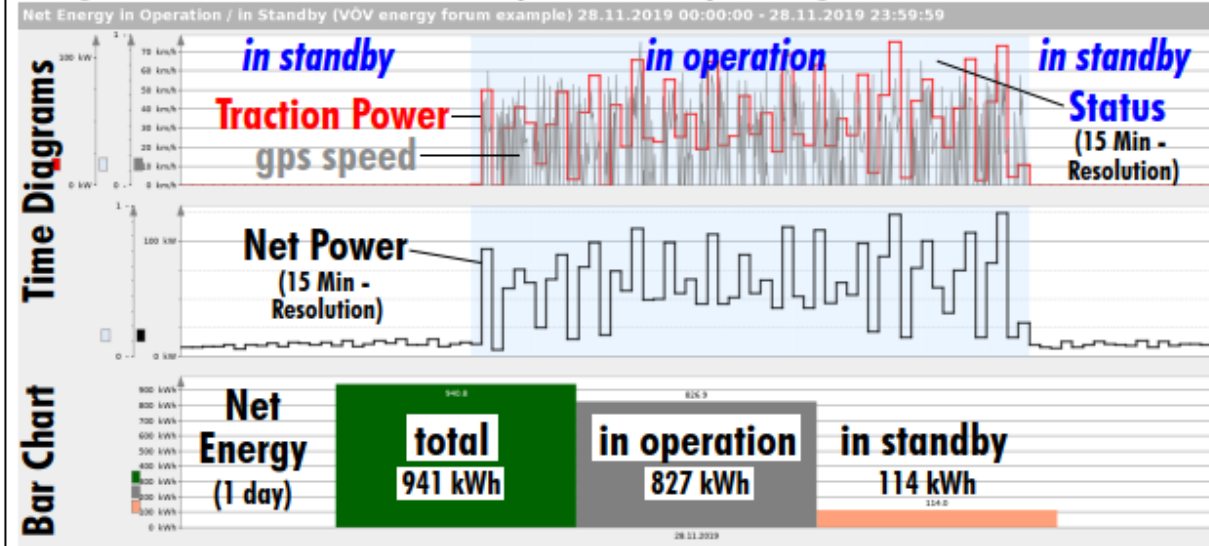
An example of daily aggregations is shown in the bar and pie charts. This can be done for weeks, months or years as well.

With formula data points you can do arithmetics, differentiation and integration, comparisons, synchronisations of time stamps and much more. When data is shown in a diagram, it is easier to understand.

On the right is a small example what can be done within the Data Center.

Data export opens even more possibilities.

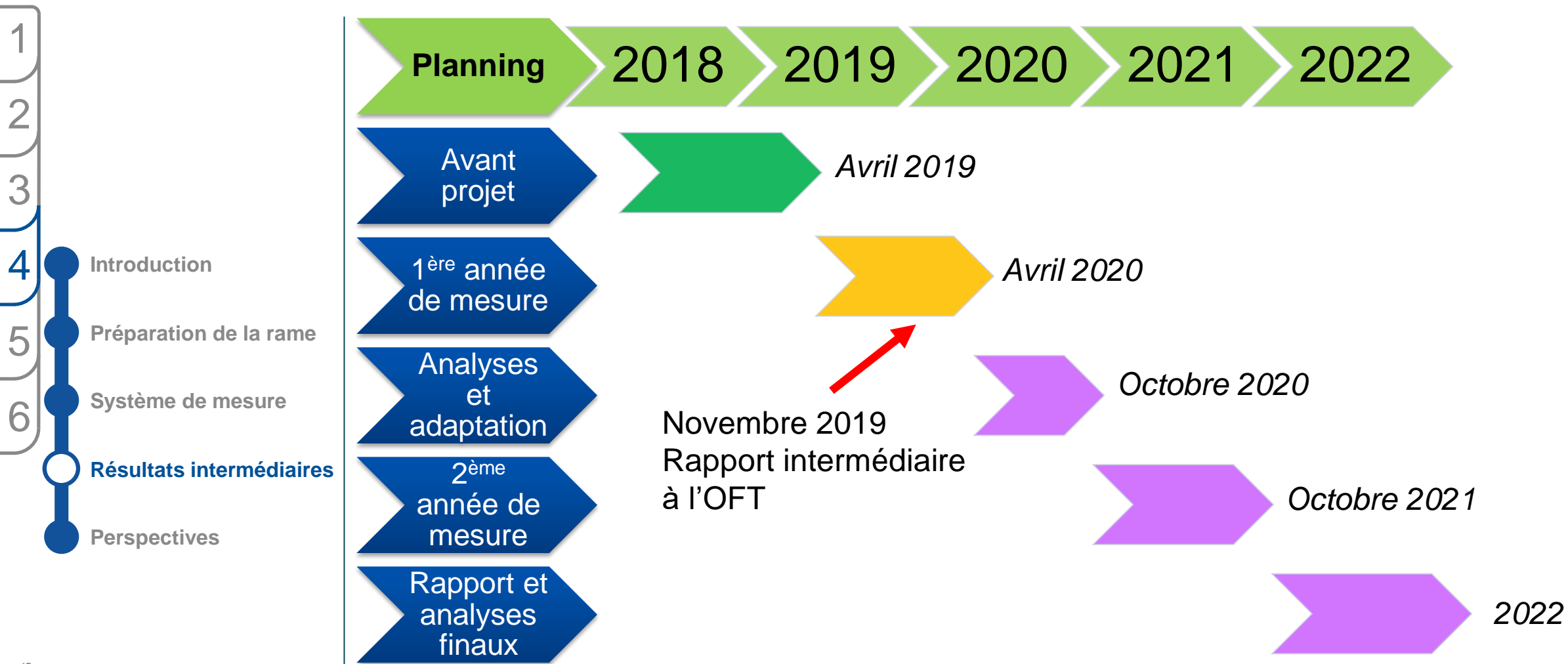
Diagram examples of one day (28.11.2019): Energy used in standby

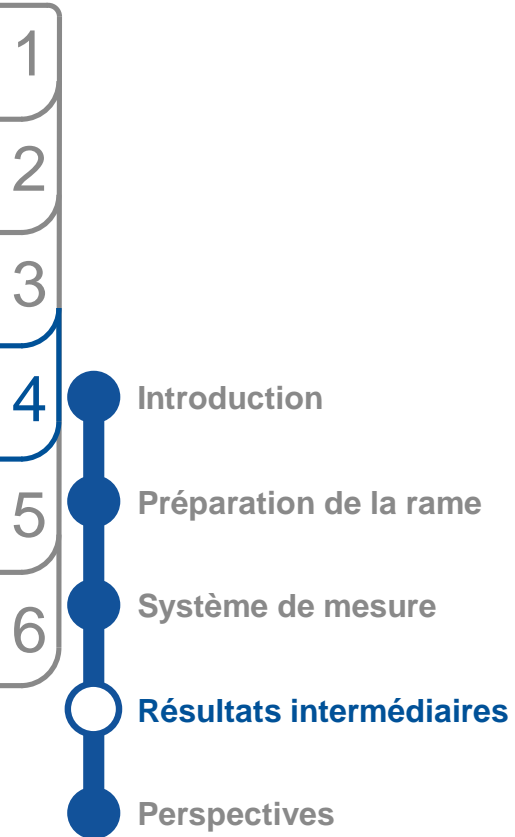


- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction
- 5 Préparation de la rame
- 6 Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives

1	
2	
3	
4	Introduction
5	Préparation de la rame
6	Système de mesure
	Résultats intermédiaires
	Perspectives



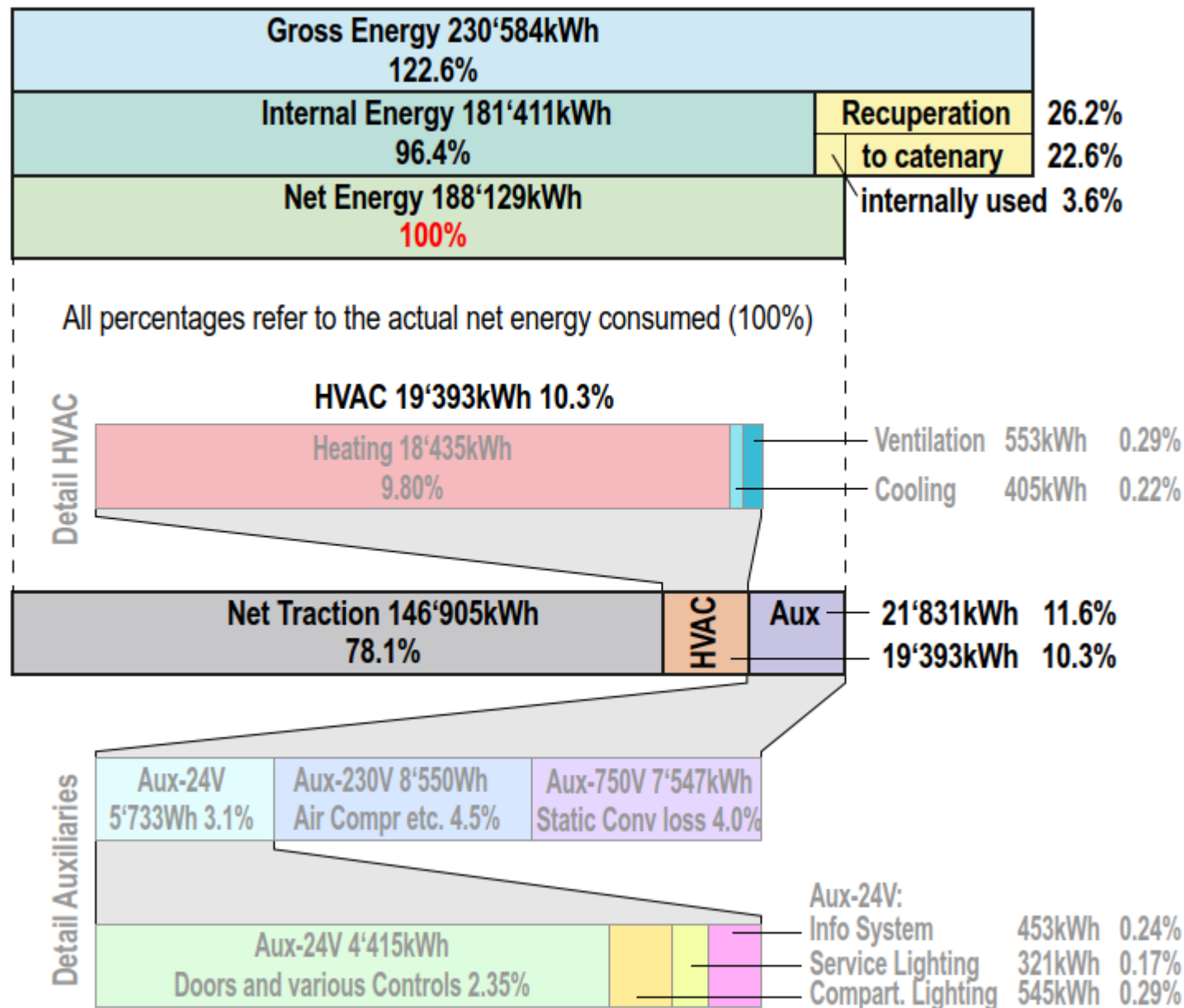




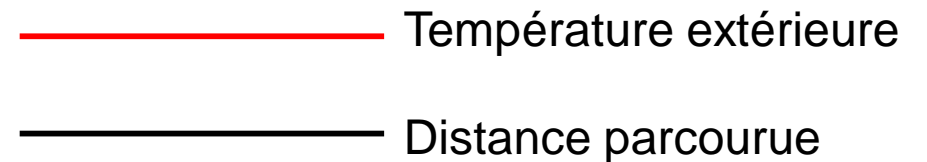
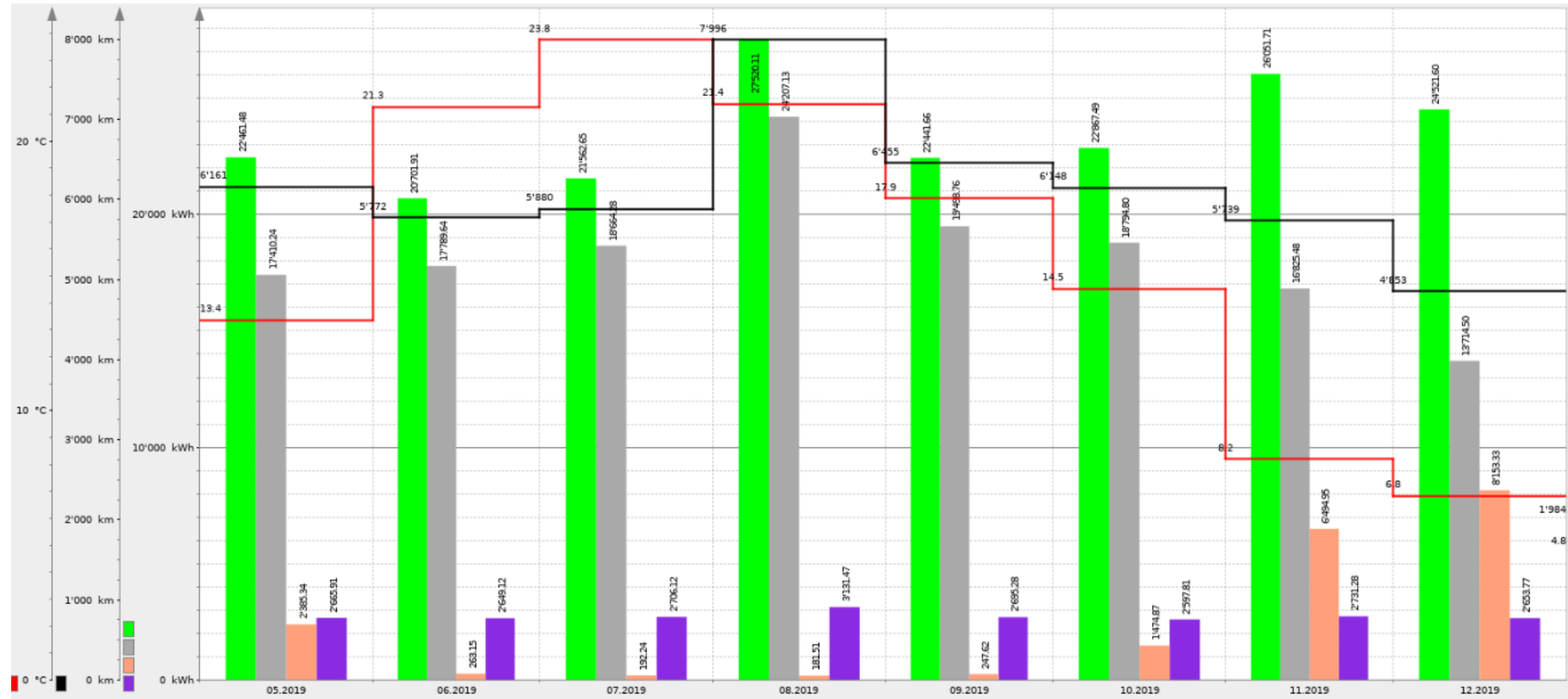
Données :

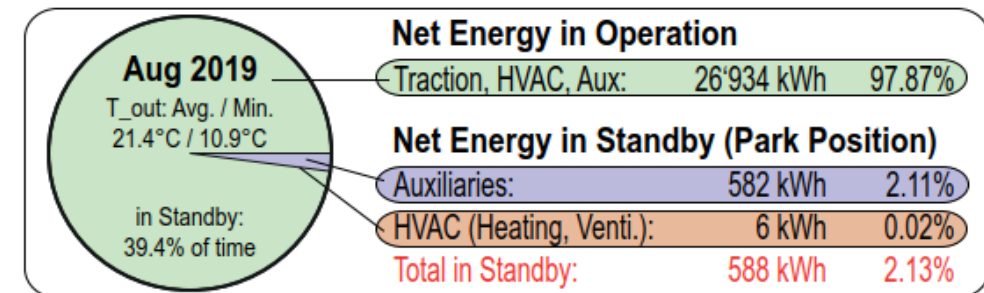
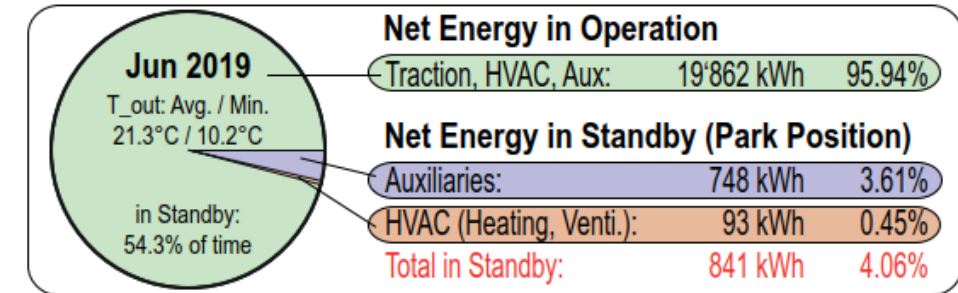
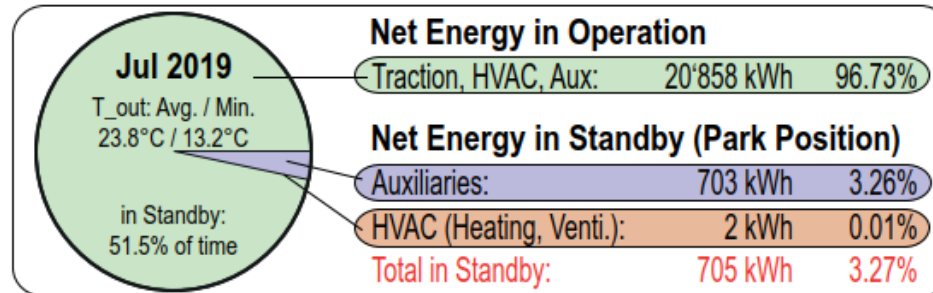
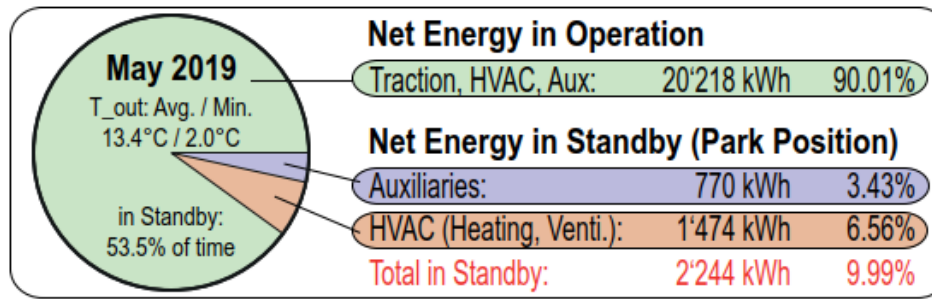
- Période de mesure du 01.05.2019 au 31.12.2019
- Temps de fonctionnement : 49.6 %
- Temps au dépôt : 50.4 %
- $\text{Energie nette} = \text{Energie brute} - \text{Energie de récupération}$

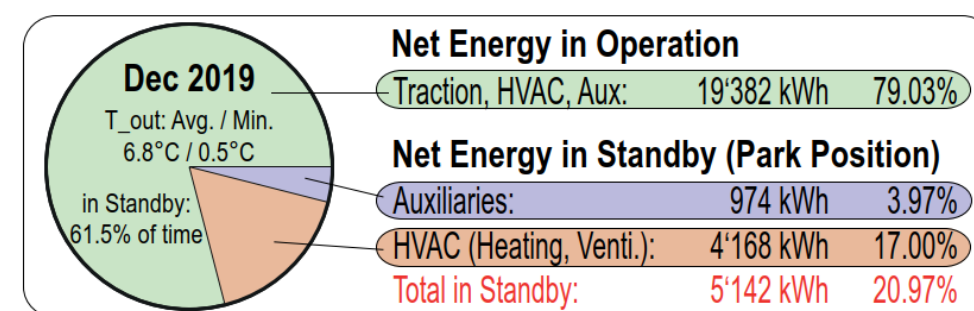
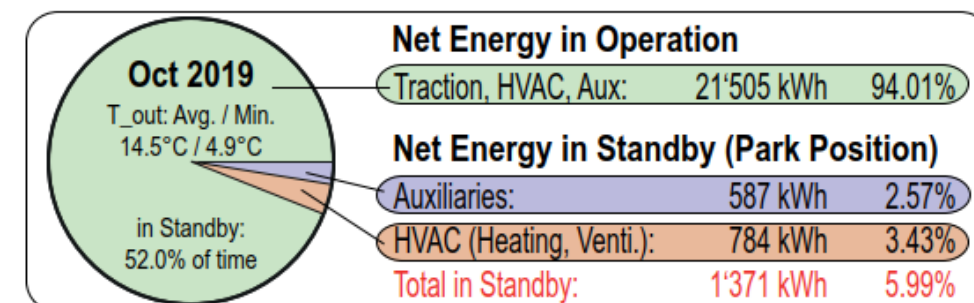
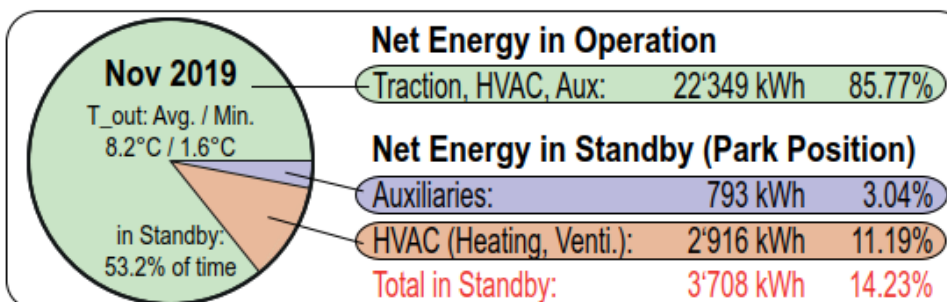
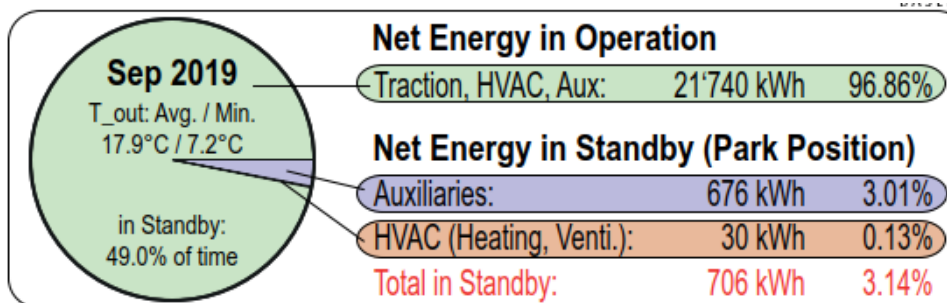
1	
2	
3	
4	Introduction
5	Préparation de la rame
6	Système de mesure
	Résultats intermédiaires
	Perspectives

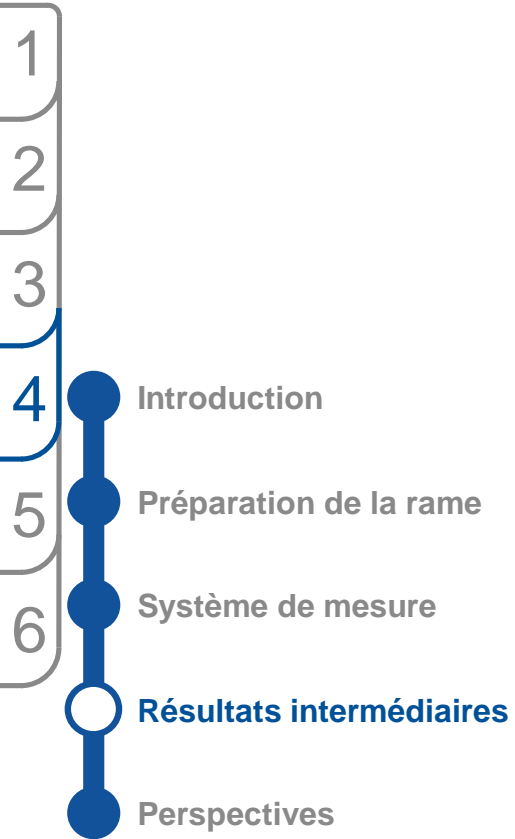


- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction
- 5 Préparation de la rame
- 6 Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives



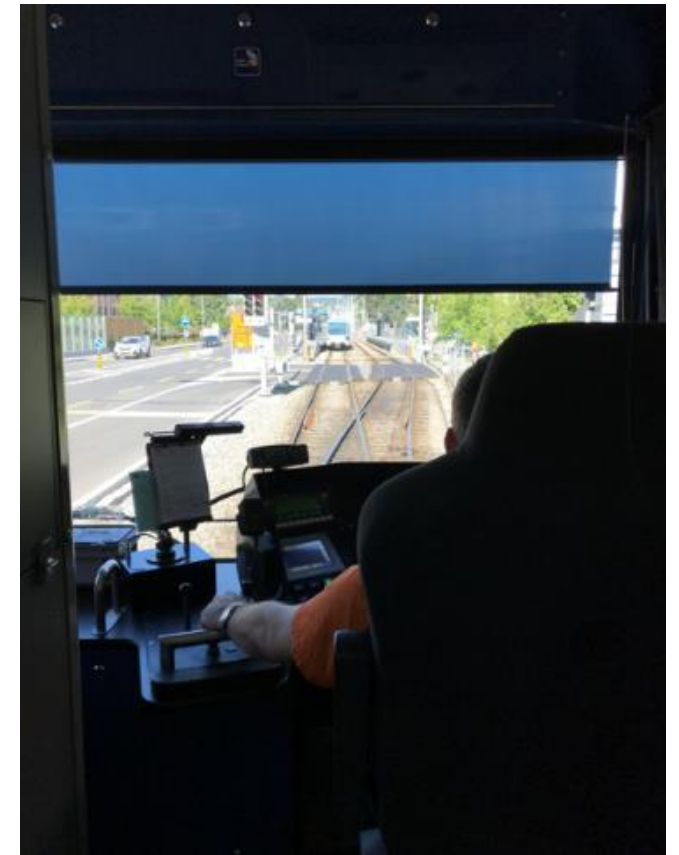


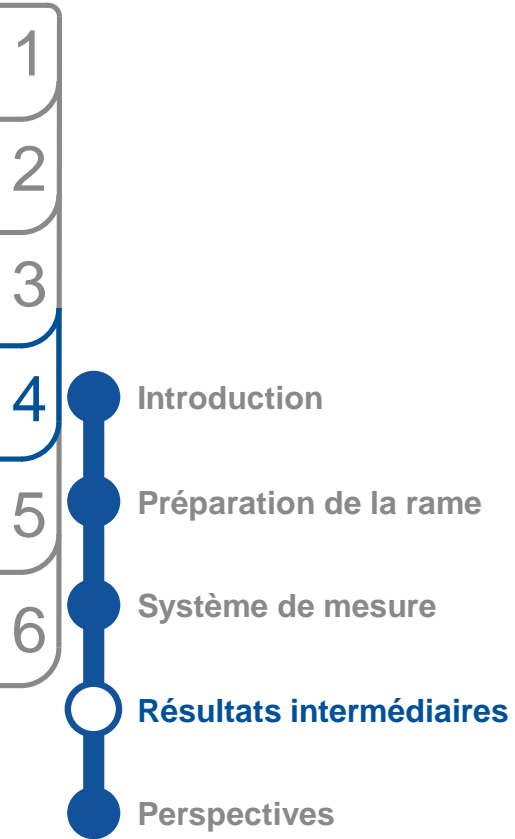




L'interruption de l'alimentation durant la nuit demandera de résoudre les problématiques :

- D'accessibilité à la rame
- De remontage du pantographe
- De nettoyage des rames durant la nuit
- De température ambiante et gel





Interruption de l'alimentation pendant que la rame est au dépôt :

- 3 % : Juin / Juillet / Août / Septembre
- 10 % : mars / avril / mai / octobre / novembre
- 15 % : décembre / janvier / février
- Prix du kWh : 13.5 centimes

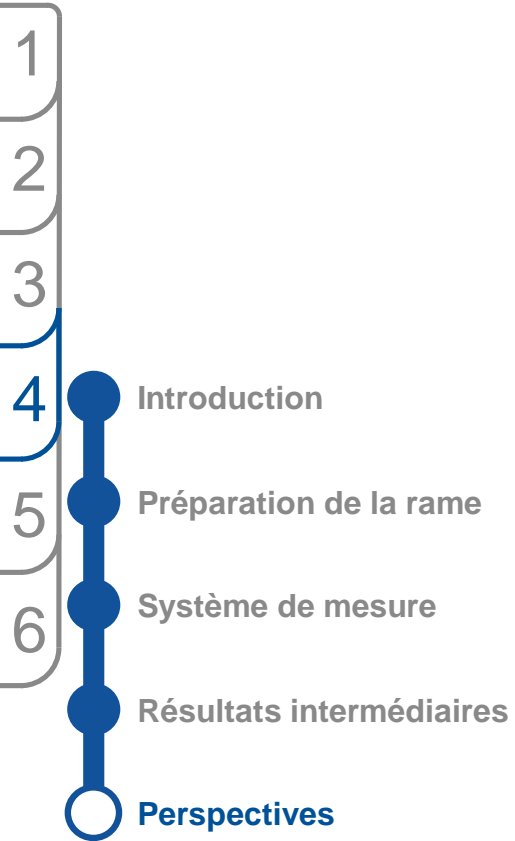
Economie d'énergie pour l'ensemble du parc : ~ 600'000 kWh

Economie financière annuelle : ~ 80'000 frs



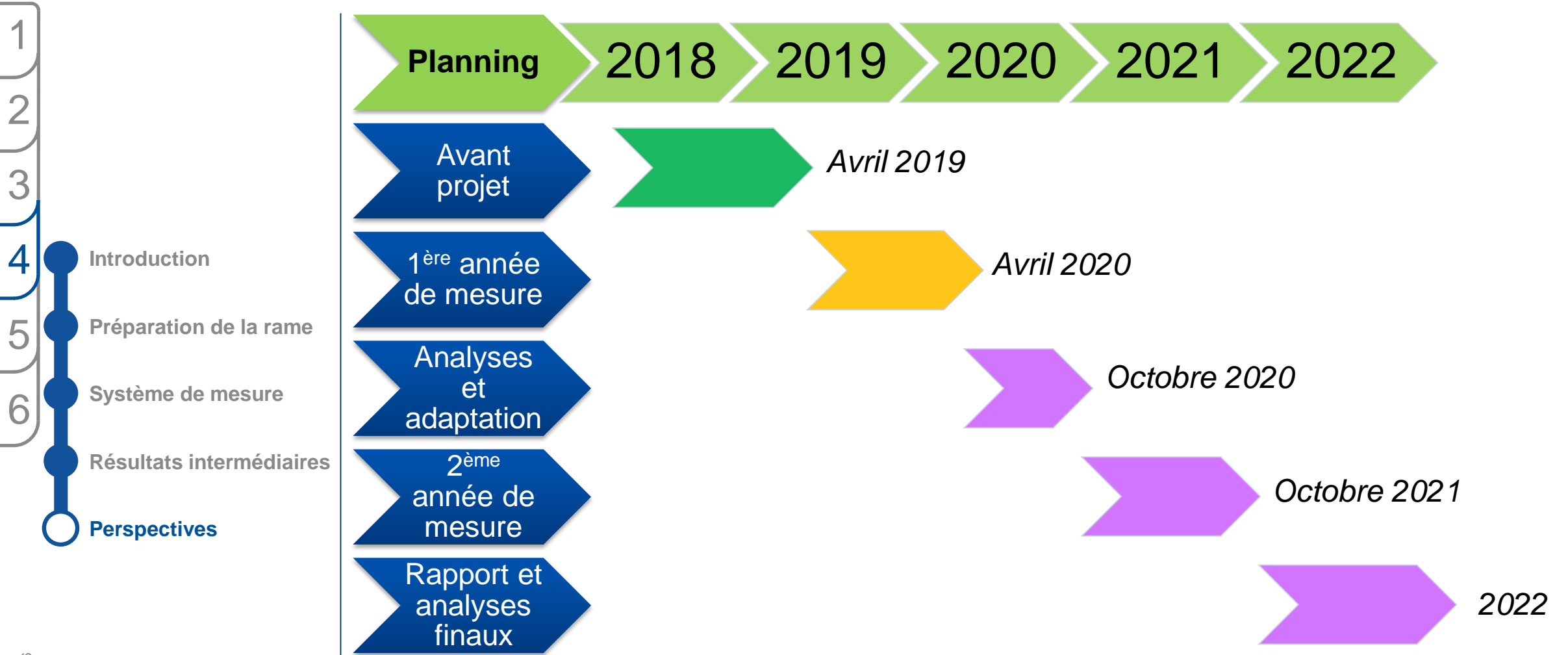
- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction**
- 5 Préparation de la rame
- 6 Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives

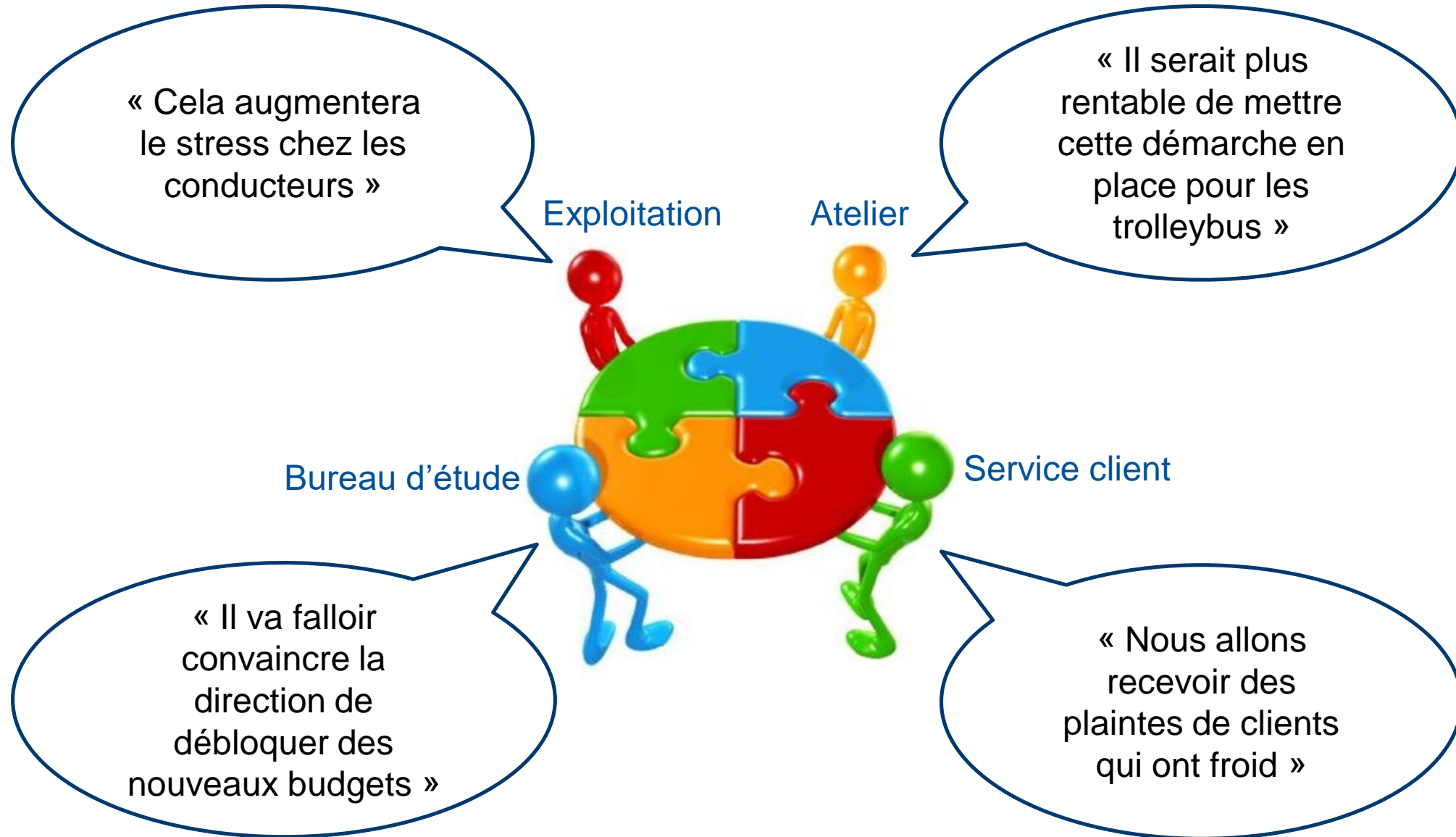





Autres axes de travail envisageables :

- Diminution de la consigne de chauffage en circulation
- Optimisation des modes d'ouverture / fermeture des portes en gare terminus
- Ecoconduite (Energie de traction)
- Optimisation de l'énergie de récupération
- Isolation





- 1 Présentation des tl
- 2 Véhicule tsol et introduction à l'énergie
- 3 Programme SETP
- 4 Projet
-  5 Questions
- 6 Discussions ouvertes

Questions



- 1 Présentation des tl
- 2 Véhicule tsol et introduction à l'énergie
- 3 Programme SETP
- 4 Projet
- 5 Questions

 discussions ouvertes

Avez-vous déjà vécu un projet similaire au sein de votre compagnie ?

Si oui,

- Dans quel domaine ? (véhicule, bâtiment, exploitation...)
- Quelles ont été les plus grosses contraintes ? (modifications techniques, gestion du changement, financement...)
- Quels sont les gains obtenus ? (ordre de grandeur)
- Comment avez-vous valorisé ce projet auprès de la clientèle et/ou à l'interne de l'entreprise ?

Merci pour votre participation



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



- 1
- 2
- 3
- 4 Introduction
- 5 Préparation de la rame
- 6 Système de mesure
- Résultats intermédiaires
- Perspectives

