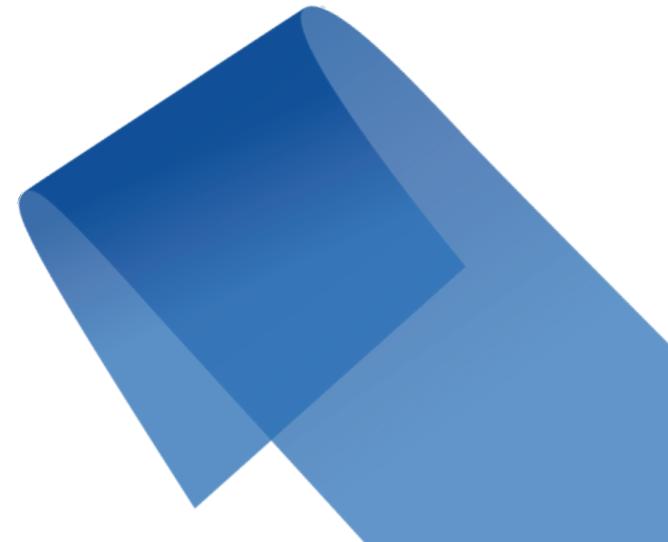


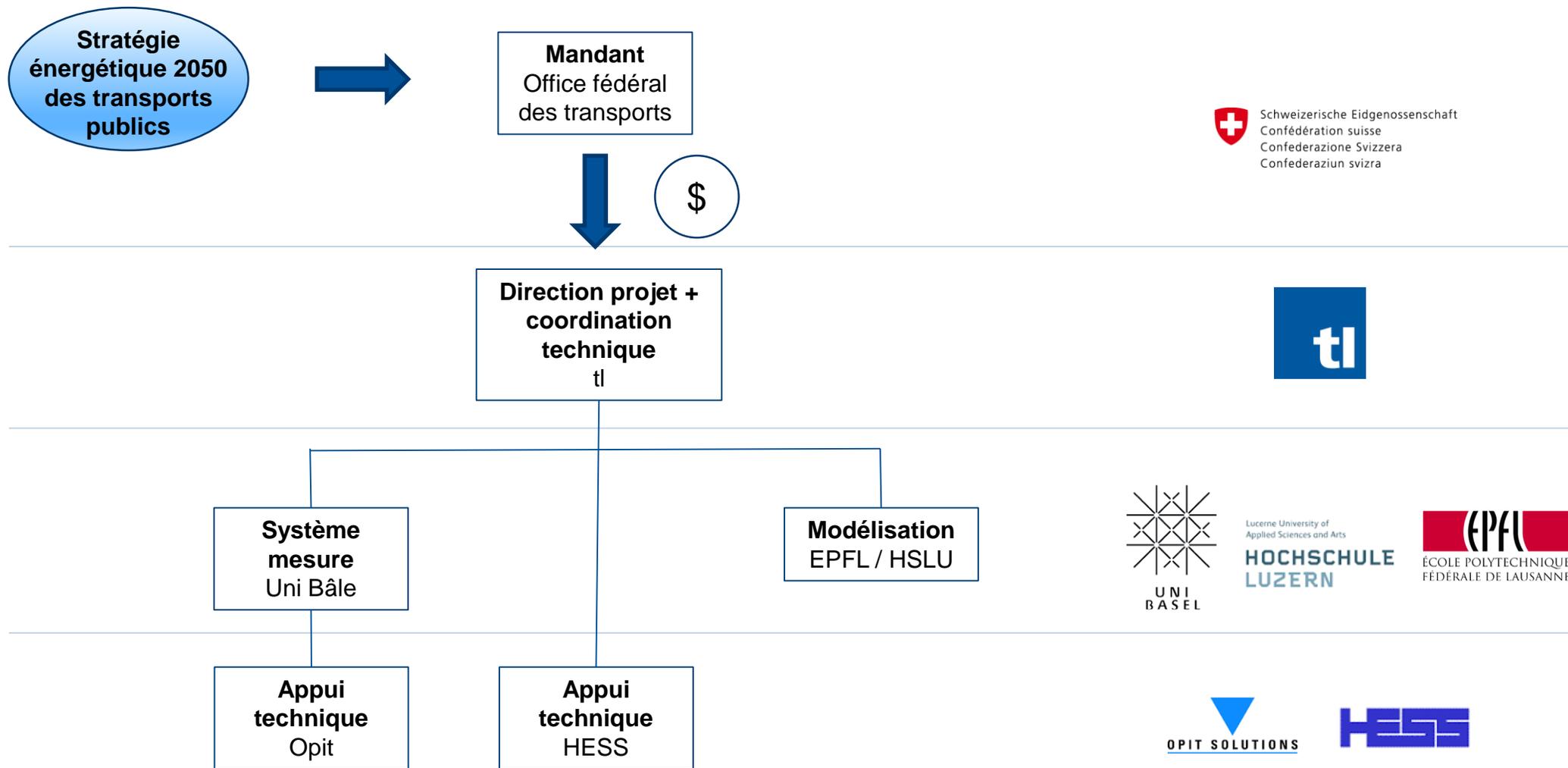
Bilan énergétique sur un trolleybus articulé aux tl

Colloque UTP – Fribourg, 29-30 mai 2018

Philippe Seydoux, transports lausannois



tl Origine et organisation du projet





Le véhicule

tl Le véhicule - TBA

- Trolleybus Hess Swisstrolley 4
- Année de construction 2013
- Double traction avec des moteurs de 120 kW chacun
- GMA thermique de 100 kW
- Simple vitrage
- Température chauffage 18°C
- Température climatisation 24°C
- Température réglable pour le conducteur



Principaux consommateurs



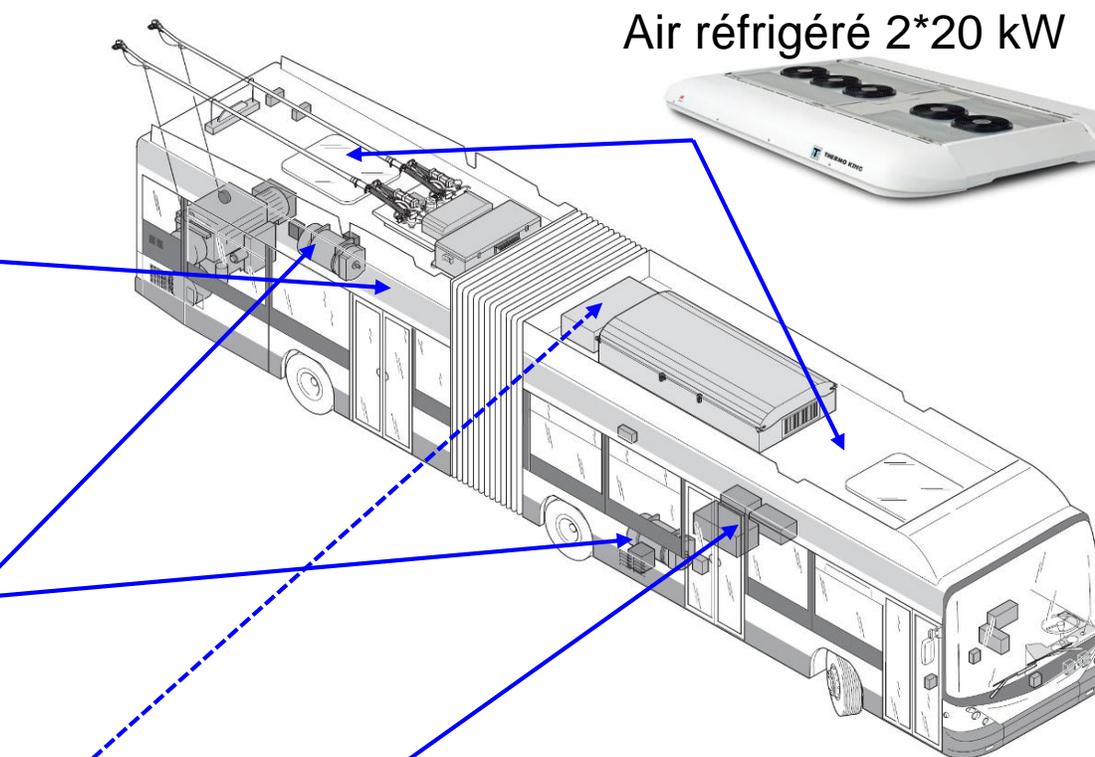
Compresseur d'air



Moteurs de traction 2*120 kW



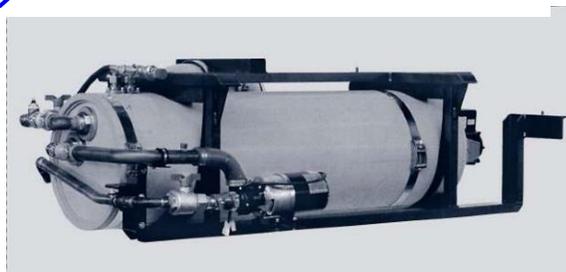
Résistance de freinage



Air réfrigéré 2*20 kW



Chauffage 34 kW



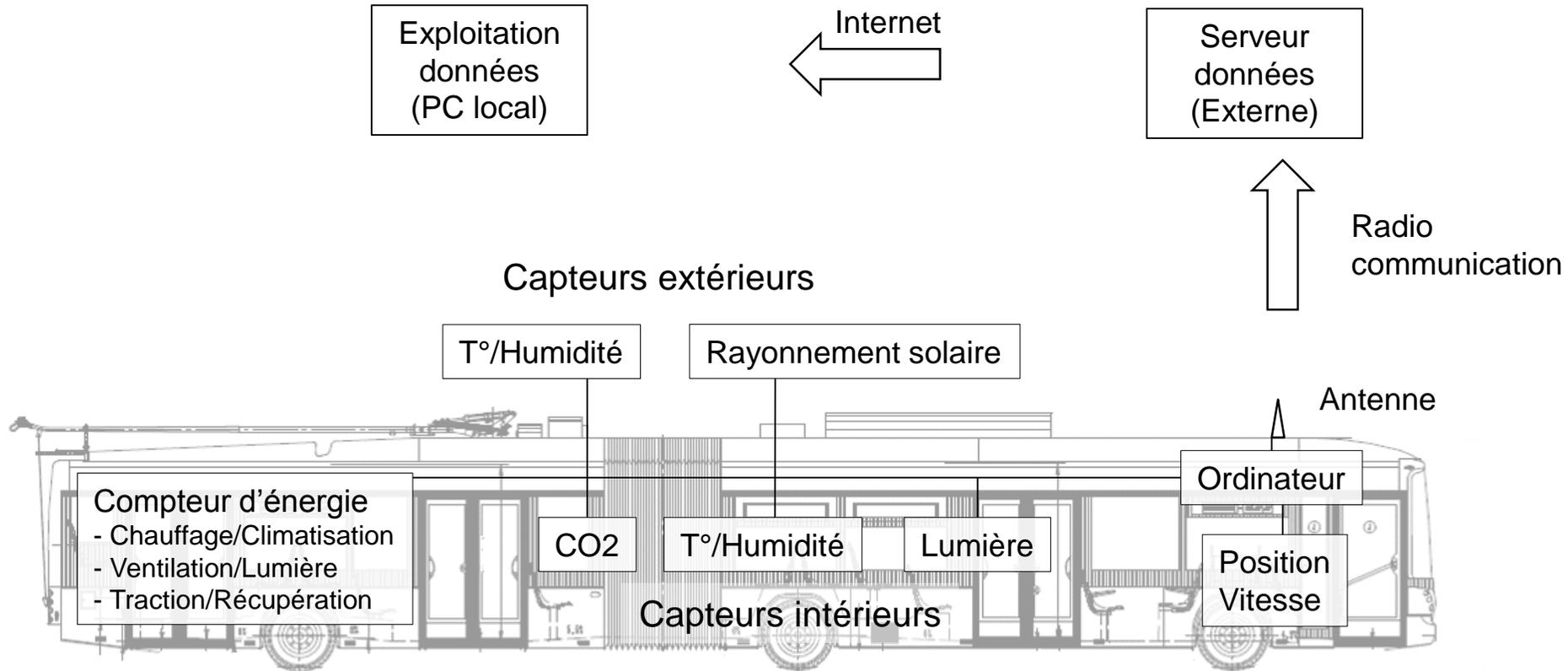
Réseau 24 Volts



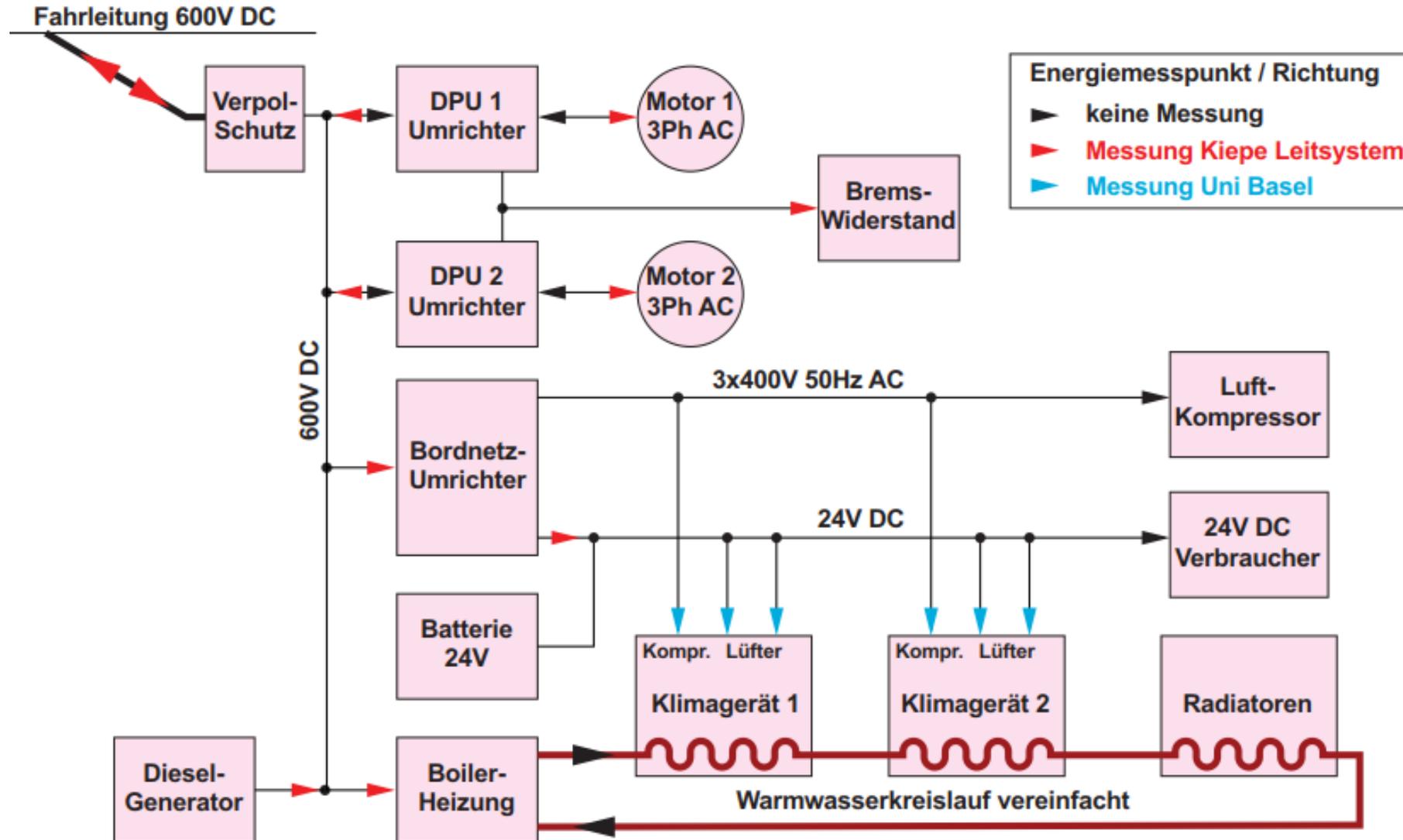


Le système de mesure

tl Système de mesure

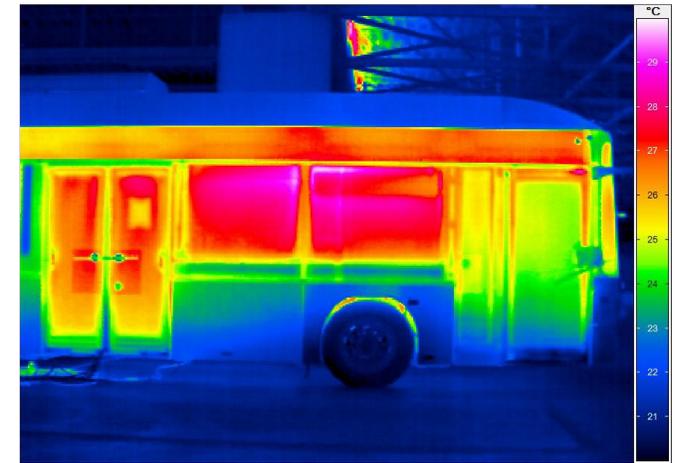
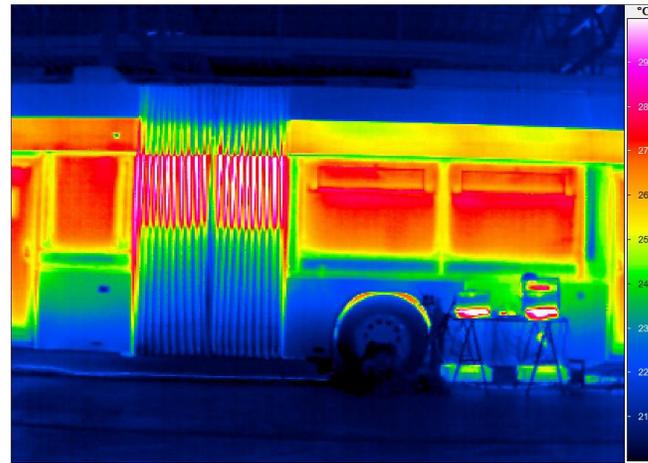
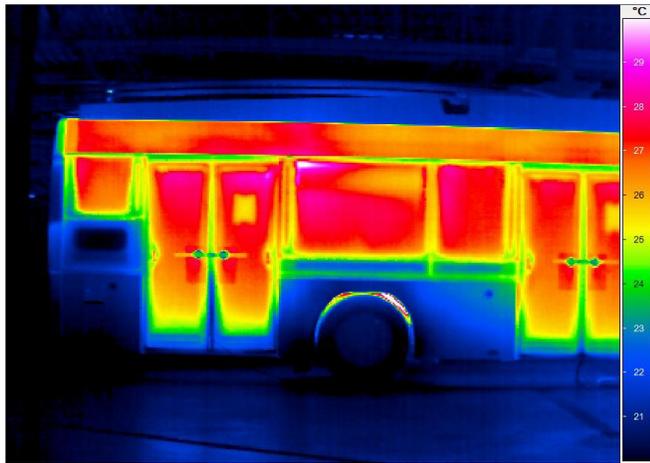


tl Système de mesure





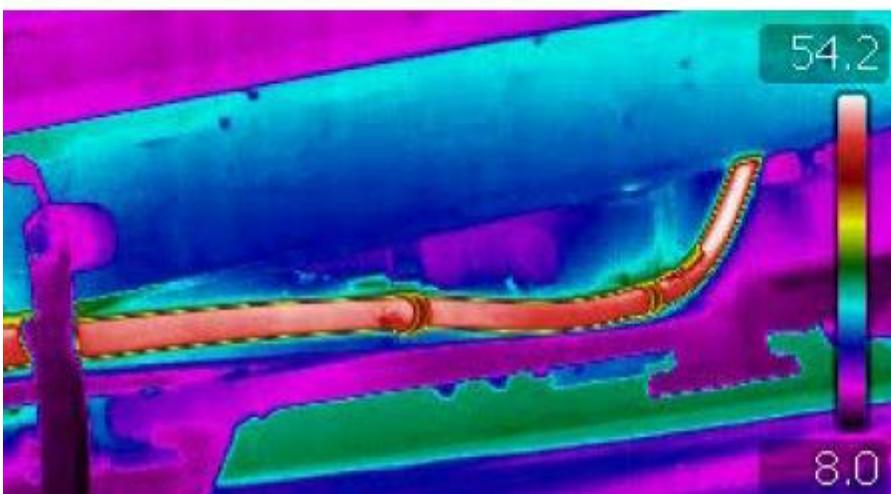
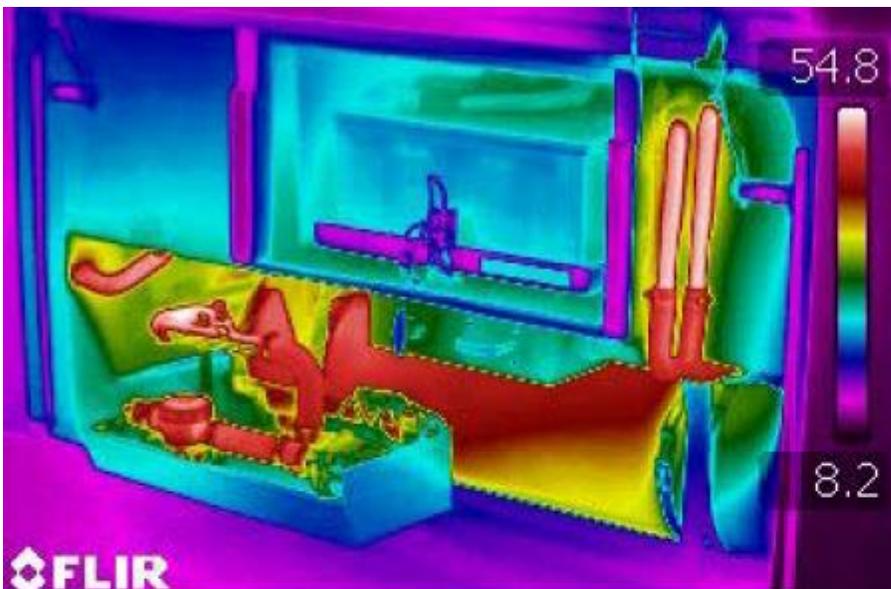
Test de l'enveloppe du véhicule



1) Renouvellement d'air : Taux **élevé**

2) Qualité de l'enveloppe : Isolation **faible**

tl Test d'isolation thermique



Influence de la ventilation et de l'ouverture des portes

1) Effet de la ventilation

La consommation d'énergie de chauffage d'un TBA avec la ventilation est plus élevée de **20-30%** qu'un TBA sans ventilation

2) Effet de l'ouverture des portes

L'ouverture régulière des portes augmente la consommation d'énergie de chauffage du TBA de **1-4%**



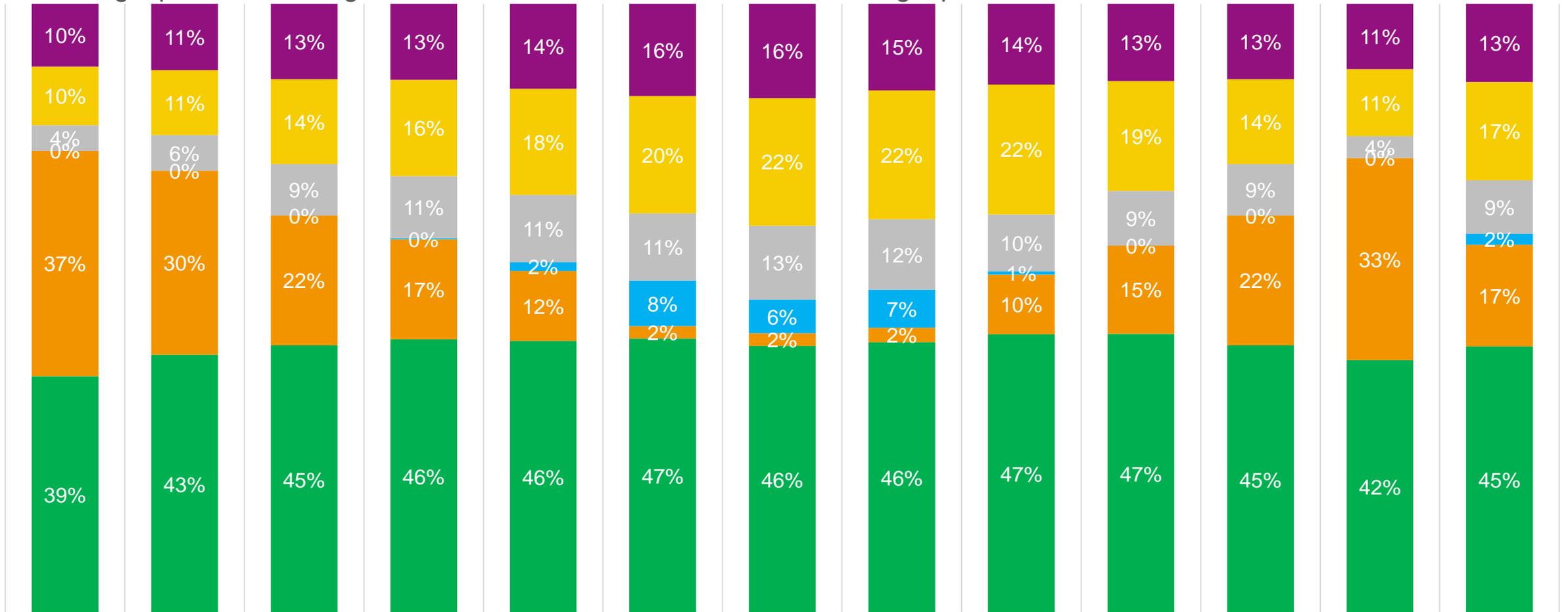
Relevés de consommation d'énergie



Mesures 2017 – Bilan (%)

- Accessoires (compresseur air, éclairage, ventilation)
- Energie perdue dans la résistance
- Energie pour le chauffage

- Energie ré-injectée dans la ligne pour les autres véhicules
- Energie pour l'air réfrigérée
- Energie pour avancer



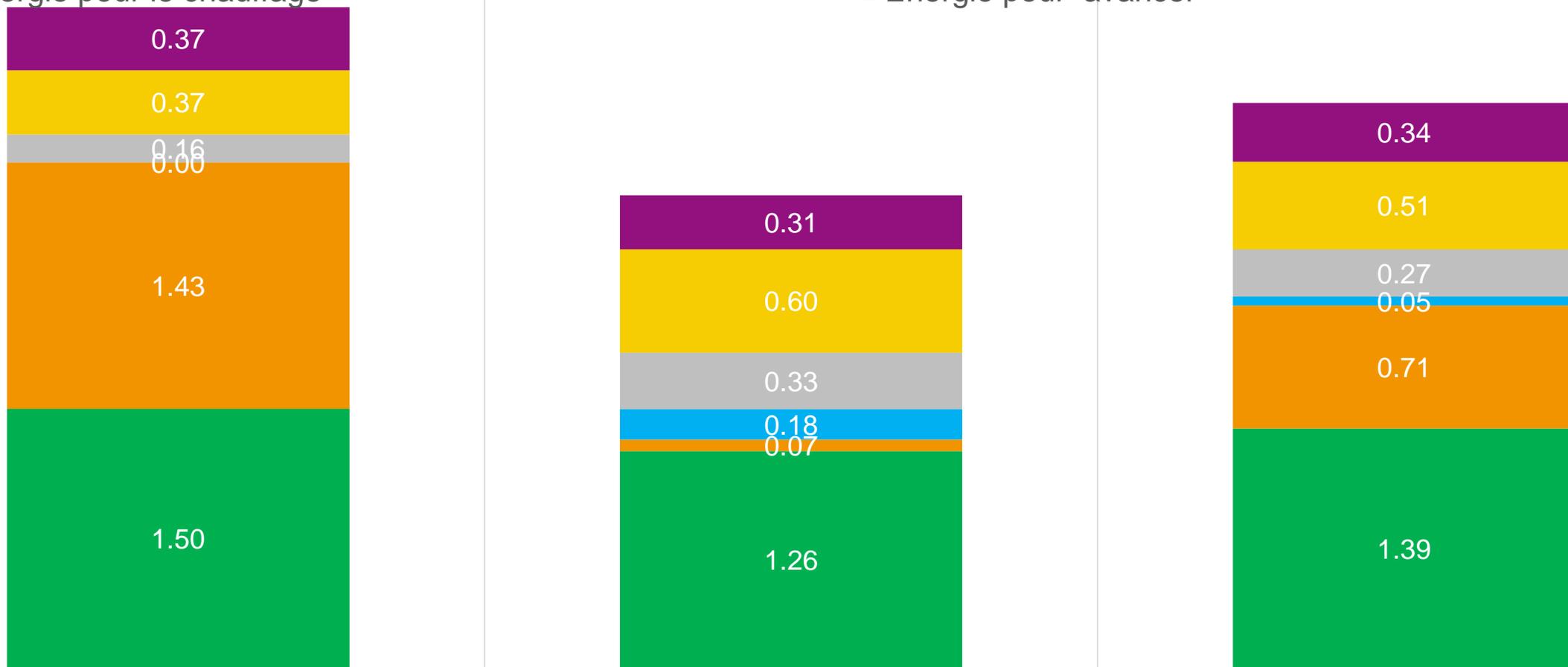


Mesures 2017 – Bilan (kWh/km)

- Min : 1.82 kWh/km en été
- Max : 3.3 kWh/km en hiver
- Moy : 2.5 kWh/km en moyenne annuelle

■ Accessoires (compresseur air, éclairage, ventilation)
■ Energie perdue dans la résistance
■ Energie pour le chauffage

■ Energie ré-injectée dans la ligne pour les autres véhicules
■ Energie pour l'air réfrigérée
■ Energie pour avancer



01.2017
TEMP.EXT MOY.
EN EXPLOIT.
2.3°C

08.2017
TEMP.EXT MOY.
EN EXPLOIT.
22.8°C

MOYENNE

Energie annuelle pour le chauffage en 2017



- 36'480 kWh pour le chauffage d'un TBA



- 15'436 kWh pour une petite maison jumelée à Bulle

Tests de gains d'énergie

Différents tests effectués

- Abaissement températures 14-15°C compartiment passagers 
- Isolation boiler – bon sens 
- Diminution du débit d'air des ventilateurs de toit 
- Abaissement modéré de la température 17°C (réelle 19°C), 2-3% 
- Abaissement de l'accélération maximale 
- Diminution de la température du boiler avec une temp. ext. de 25°C 

- Général 



Enseignements, expériences

Constatations sur les véhicules actuels

- Nos véhicules tl actuels ne sont pas conçus pour une efficacité énergétique du chauffage
- Peu d'économie possible sans d'importants travaux (isolation des parois, toit, des tuyaux d'eau, isolation revêtement de l'articulation, changement vitre).
- Pistes d'économie possibles :
 - Optimisation du logiciel de gestion du chauffage et ventilation.
 - Installation de film thermique sur les vitres (attention homologation)

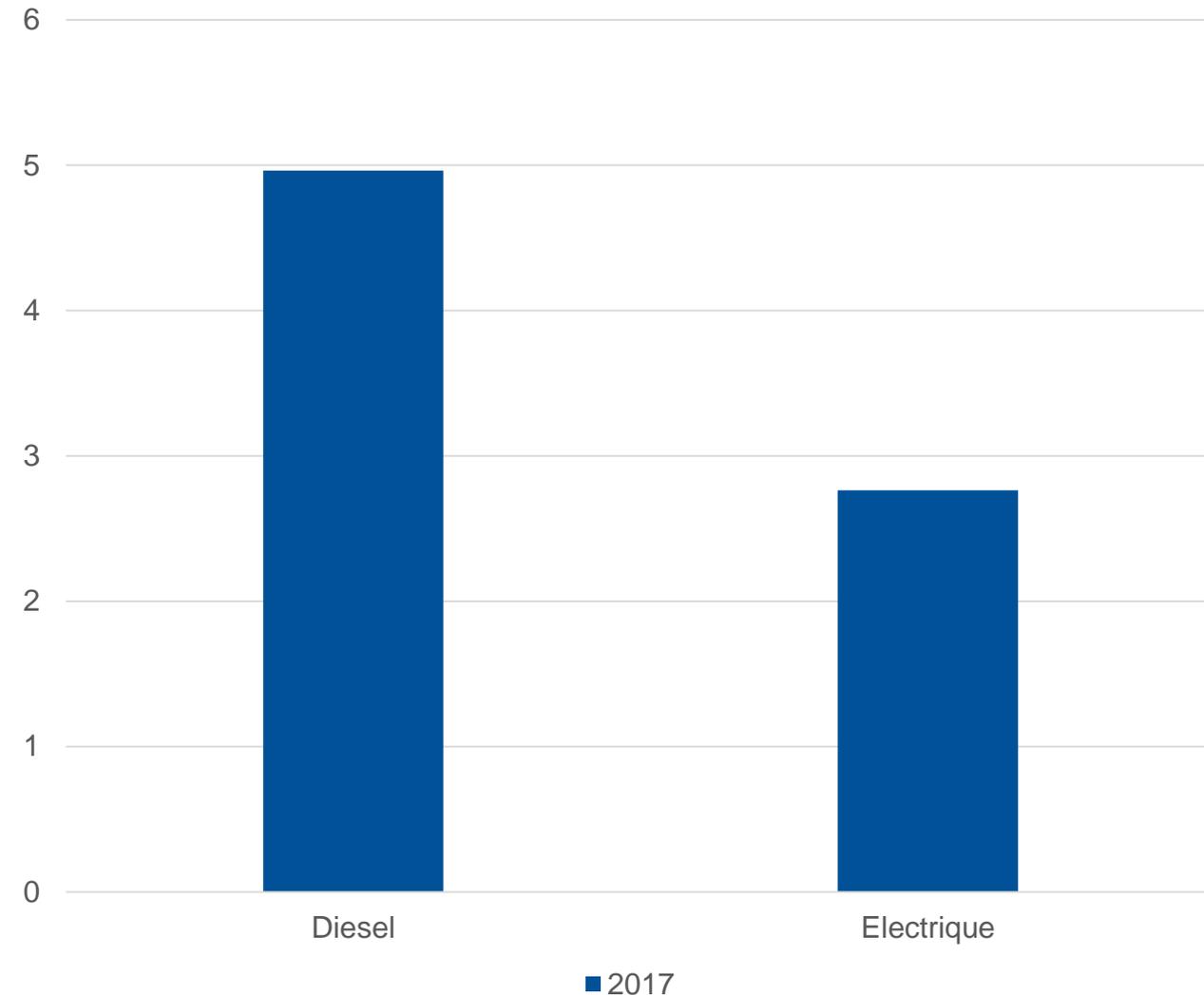
Comment faire mieux sur les nouveaux véhicules

- Alléger $\rightarrow 0.0005 \text{ kWh/kg} \rightarrow 100 \text{ kg} * 60'000 \text{ km} = 3'000 \text{ kWh}$
- Isoler les parois, le toit, optimiser le vitrage
- Optimiser la régulation de température (en fonction de la t.ext), séparer les températures en mode chauffage et climatisation
- Innover avec PAC (il faut toujours un chauffage à eau pour le complément en cas de basse température).

Conclusions

- Nos TBA sont perfectibles mais consomme toujours 45% d'énergie en moins qu'un ABA diesel.
- Les fournisseurs doivent s'impliquer plus dans l'optimisation de la consommation d'énergie

2017 Energie en kwh/km
ABA diesel vs TBA électrique





Merci pour votre attention

