

# ACTUATE - Présentation

Formation avancée pour une écoconduite  
sécuritaire des véhicules électriques  
Tramway



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## Qui profite de l'écoconduite ?

**L'écoconduite ne signifie pas seulement des économies réelles de carburant.**

### ■ Le chauffeur

- est plus détendu, pas stressé
- est moins susceptible de tomber malade, moins d'accidents

### ■ Le passager

- se sent plus en sécurité parce qu'il/elle ressent le calme du chauffeur à travers son comportement de conduite

### ■ Le véhicule et l'infrastructure

- Il y a moins d'usure, les systèmes d'entraînement sont traités avec plus de soin et l'infrastructure onéreuse subit moins de stress



## Qui profite de l'écoconduite ?

### ■ L'environnement

- Moins d'émissions sont produites.

### ■ La société

- L'écoconduite peut raisonnablement conduire à une réduction (supplémentaire et non basée sur la technologie) de consommation de carburant d'environ 3 pour cent, sur la base de l'expérience du partenaire ACTUATE, la société Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB, Allemagne). Un modèle de calcul pour la LVB : Avec une consommation d'environ 60 GWh par an en courant de traction, des économies d'environ 1,8 GWh peuvent être espérées pour la flotte de tramways de Leipzig. En termes financiers, cela signifie des économies de l'ordre de 210 000 € par an pour la LVB.



# Notions de base



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate





## **Les facteurs pertinents pour le comportement d'écoconduite dans les autobus et les trains :**

- Le comportement de conduite du chauffeur
- Utilisation réfléchie de l'équipement auxiliaire (climatisation, chauffage)
- Le Routage, la densité du trafic et la charge
- Utilisation réfléchie des phases de roulement
- Logiciel de contrôle électronique



**Une vitesse moyenne plus élevée n'est pas réalisée par des pics de vitesse individuels mais par un comportement de conduite constant !**



## Comment peut-on économiser de l'énergie ?

Consommation d'énergie trop élevée sur la section !

Les raisons possibles :

- Le stress
- Un comportement de conduite erratique et précipité
- « Jeu » avec le dispositif de valeur de consigne
- Une accélération trop longue
- Des phases de roulement trop courtes



## Comportement de conduite idéal sur terrain plat



- ✓ Accélérer lentement et régulièrement (penser au confort des passagers)
- ✓ Laisser le véhicule en roulement aussi longtemps que possible
- ✓ Freiner de manière uniforme et douce



## Facteurs qui influencent la distance de freinage

- Vitesse
- État des pistes
- État de la ligne
- Type et quantité d'autres freins utilisés
- Remplissage/charge du véhicule
- Caractéristiques du véhicule

**Si vous doublez votre vitesse, vous quadruplez votre distance de freinage.**





## Moteurs de tramway

Moteur à courant continu excité  
séparément avec (chopper) → Tatra



moteur asynchrone trois  
phases → NGT 6 (Leoliner),  
NGT 12 (XXL)

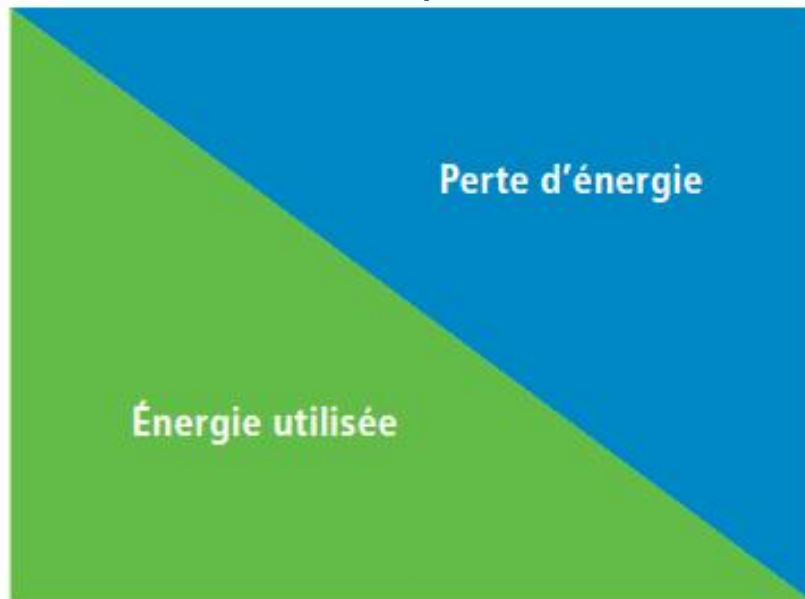
**Exemple : Tous les véhicules publics à Leipzig ont un freinage régénérateur !  
(Récupération d'énergie = freinage régénérateur) :**

***67 % (en soirée) - 98 % (aux heures de pointe) de l'énergie récupérée est utilisée !***



## Le système de contrôle est plus important pour la consommation de carburant que les moteurs

Perte d'énergie du contrôle rhéostatique à haute accélération constante et optimale

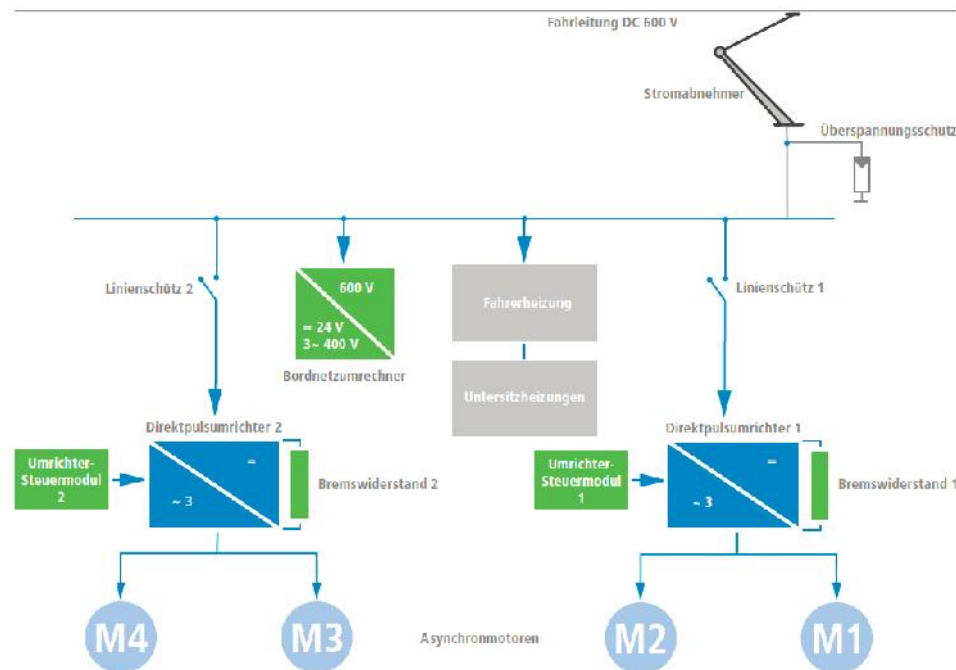


Le contrôle rhéostatique est sans aucun doute le moins rentable.  
50 % de l'énergie économisée est convertie en chaleur et est perdue même avec un comportement de conduite optimal.

Il n'y a aucune récupération d'énergie ici !

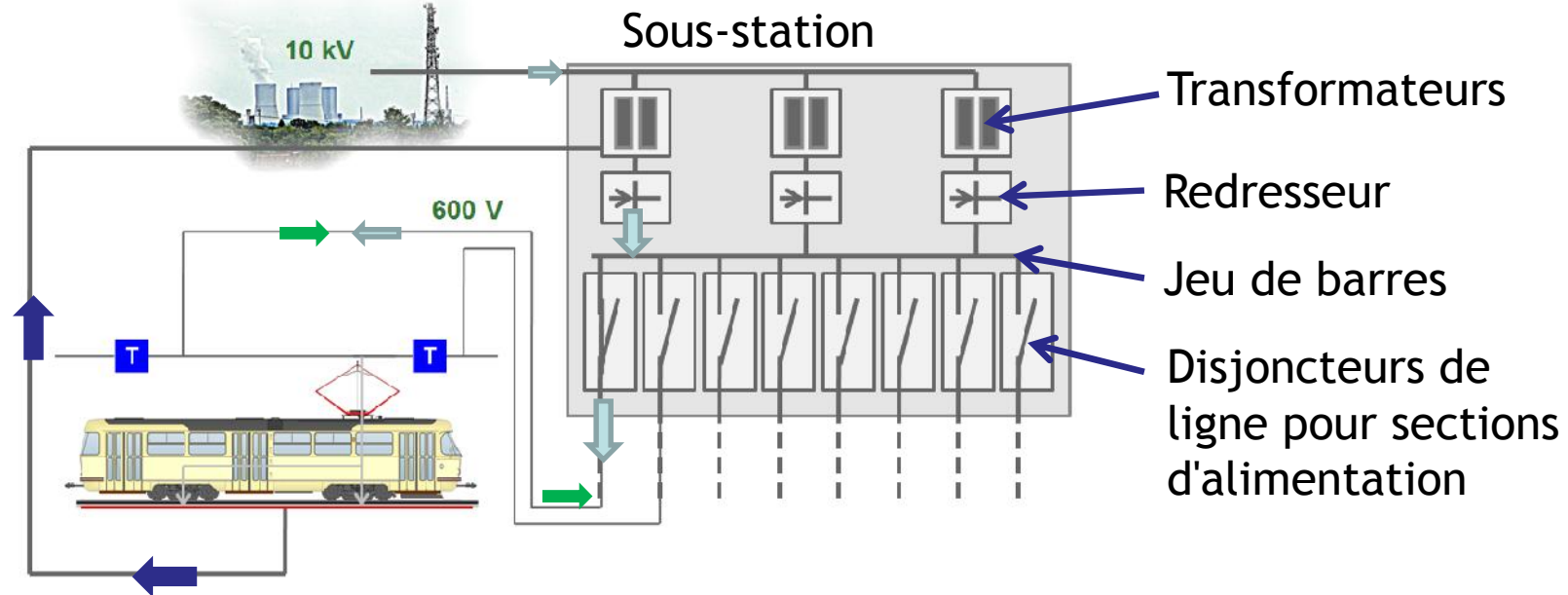


## Le système de contrôle est plus important pour la consommation de carburant que les moteurs



Les IGBT (Transistor bipolaire à grille isolée) et contrôles chopper normalement installés dans les nouveaux véhicules sont très efficaces. Seule la quantité exacte d'électricité que le moteur peut utiliser est reprise. Cependant, le chauffeur détermine la quantité d'électricité que le moteur utilisera parce qu'il détermine la quantité de courant absorbée par le dispositif de consigne ou accélérateur et la longueur et l'intensité de récupération d'énergie lors du freinage.

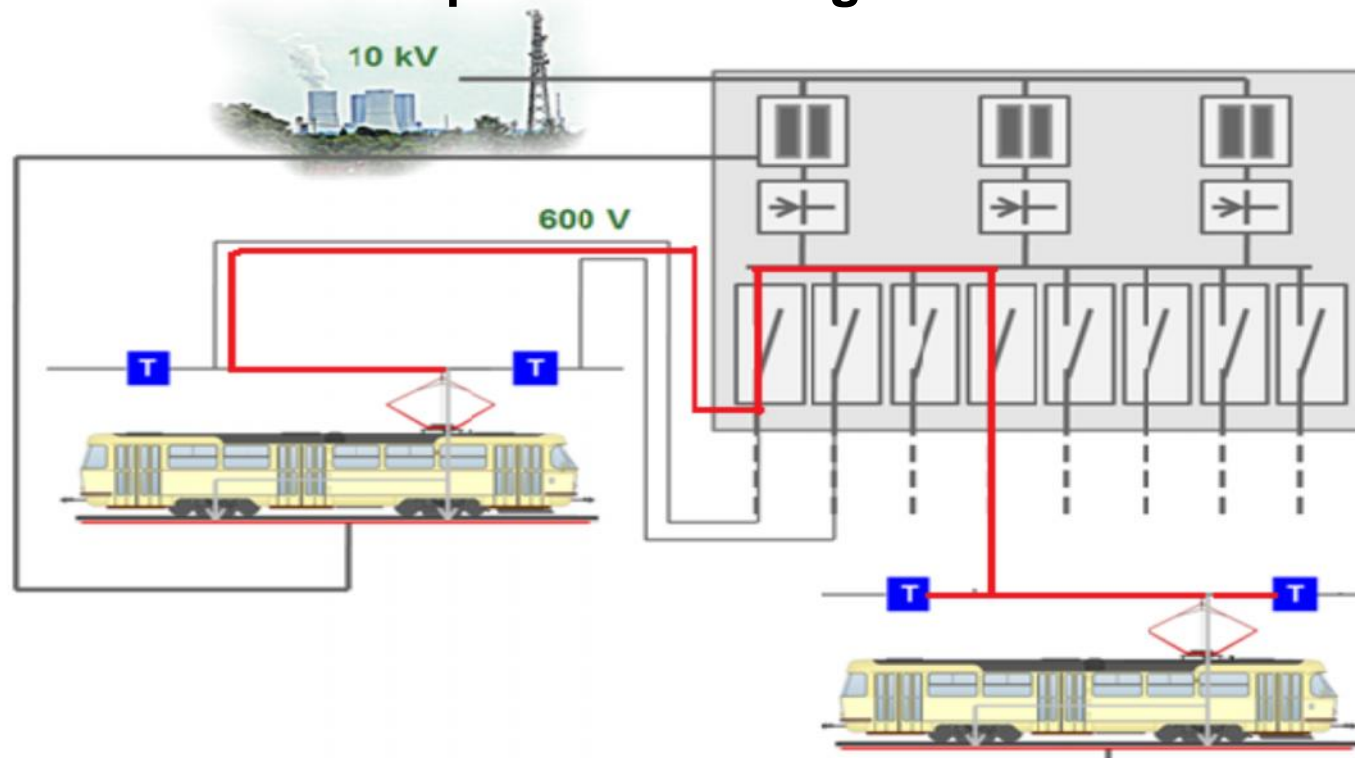
## Profil de courant simple



10 kV de courant alternatif est envoyé de la centrale à la sous-station. Il est converti en 600 V, redressé et passé dans un jeu de barres à partir duquel les sections d'alimentation individuelles bifurquent.

Après avoir été utilisée dans le véhicule, l'électricité est réinjectée via le câble de retour (courant de fuite).

## Profil de courant avec récupération d'énergie



Lors de la récupération d'énergie, le courant excédentaire est renvoyé du véhicule au fil de contact.

Le courant de retour est introduit dans le jeu de barres de manière à pouvoir être utilisé par tous les véhicules s'alimentant à partir du jeu de barres de la sous-station concernée.



## Dynamique du véhicule : Inter-support

**Les forces entre la roue et le rail (force d'adhérence de traction) dépendent :**



Caractéristiques des matériaux

▶ Acier sur acier



Inter-support

▶ Terre, des débris d'usure, des couches d'oxyde, des feuilles, du sable, de la neige



La force totale de traction du véhicule

▶ doit toujours être inférieure ou au plus égale à la force de traction d'adhérence

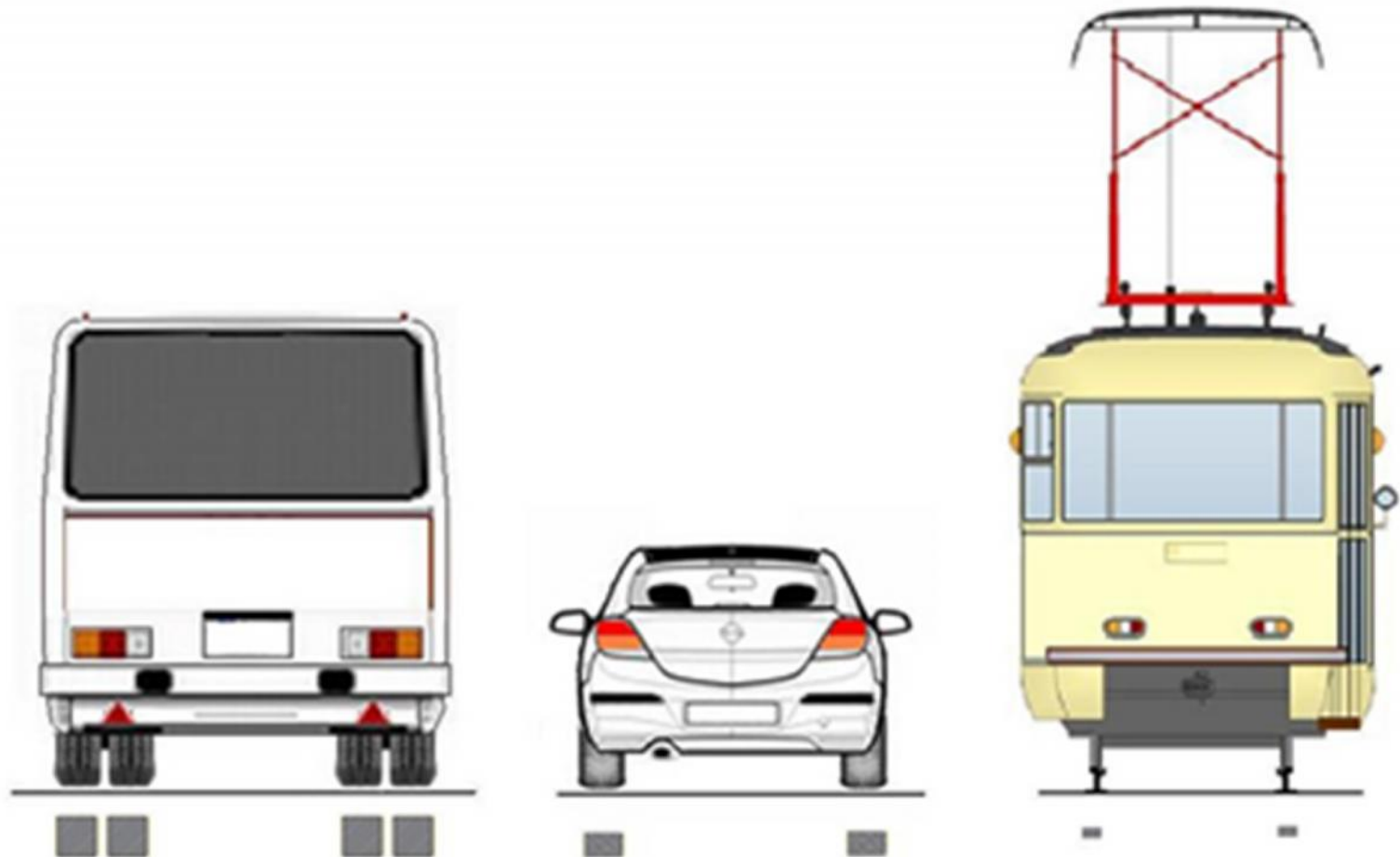


Pression de surface

▶ Zone de contact de la surface de roulement de la roue à la surface de la tête de rail → Poids d'adhésion



## Dynamique du véhicule : Frottement de roulement



## Technologie des véhicules : Moteur à courant continu avec frein régénératif

- ➔ Dans le cas de **frein électrique**, ou freinage par récupération, souvent appelé frein générateur, le moteur d'entraînement est utilisé comme générateur lors du freinage.
- ➔ L'énergie est réinjectée dans le réseau d'alimentation (fil de contact). Dans certains trains, l'électricité produite est utilisée pour alimenter le système de chauffage ou pour charger la batterie. Toutefois, un équipement supplémentaire est nécessaire pour réaliser cela.
- ➔ Ce processus est appelé régénération d'énergie et les freins sont appelés freins régénératifs.  
(Recuperare = latin pour « récupérer », « regagner »)



# Pratique de conduite



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## Conseils sur la partie pratique de la formation

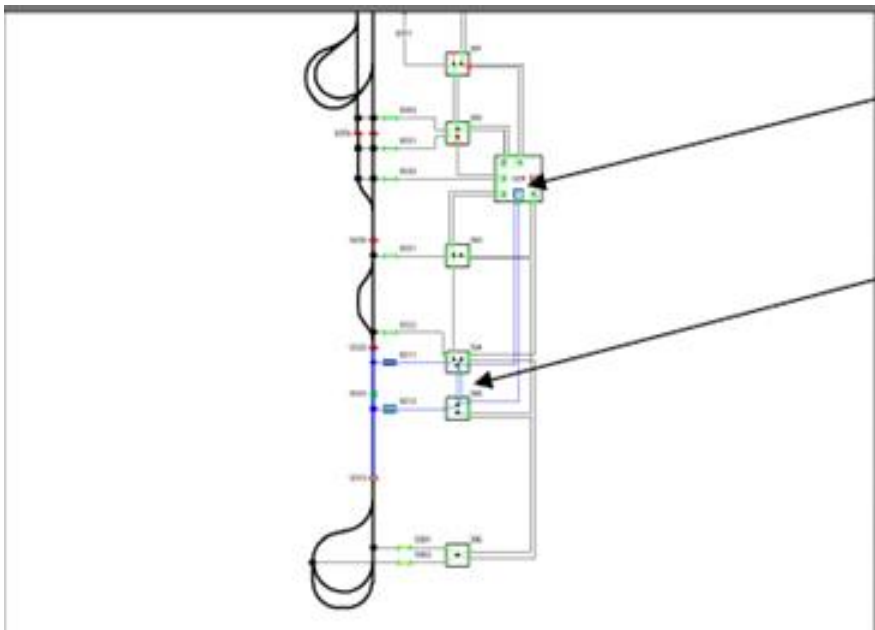
- Sélection d'une « vraie » route/ligne pour la partie pratique (assurez-vous que les conditions soient aussi réalistes que possible, par exemple en conduisant derrière un bus de ligne) afin de simuler de façon la plus réaliste possible l'approche, l'arrêt et le départ des arrêts de bus.
- Détermination d'une certaine séquence de chauffeurs
- Préparer la mesure de l'énergie pour le voyage
- Application du « comportement de conduite normal » (« l'avant » trajet)
- Il faut, si possible, conserver le même itinéraire et la même séquence de chauffeurs pour « l'après » trajet
- Enseignez le comportement de conduite, y compris les informations fournies lors de la partie théorique, au cours de « l'après » trajet
- Répétez les mesures d'énergie pour une comparaison des potentielles réductions d'énergie par rapport à « l'avant » trajet





## Enregistrement de la consommation avant et après la formation

1. Mesure de trajets individuels dans une section de voie définie
2. Mesure de la ligne dans une section de voie définie
3. Évaluation individuelle du comportement de conduite par des observateurs



Mesures prises au début la section  
au niveau de la sous-station  
Mesures de courant et de tension  
avec calculs de puissance

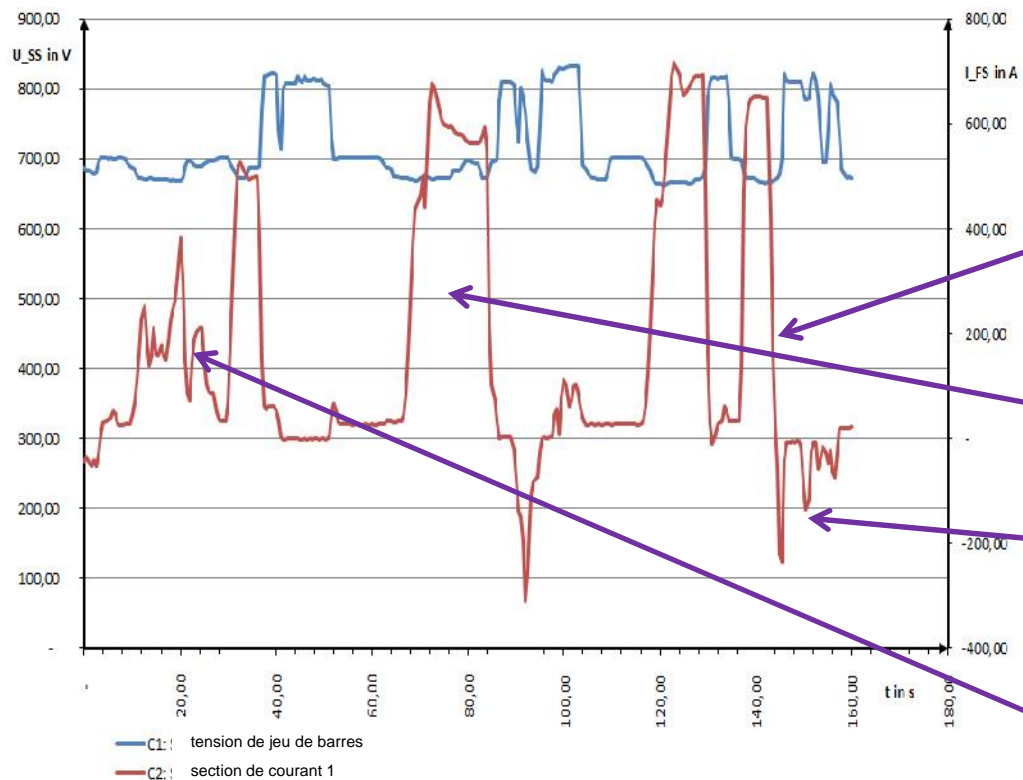
### Conditions auxiliaires :

Section de voie unique avec signalisation  
Aucun équipement auxiliaire supplémentaire  
utilisation partielle de route  
avec transport de personnes motorisé  
Arrêts



## Mesures de consommation d'énergie

Mesures pour le personnel non formé → courbe de courant sous-optimale en raison d'un comportement de conduite agité, stressant → Dispositif de consigne constamment modifié !



= Mauvais comportement de conduite

Toucher le frein avant d'accélérer

Accélération longue

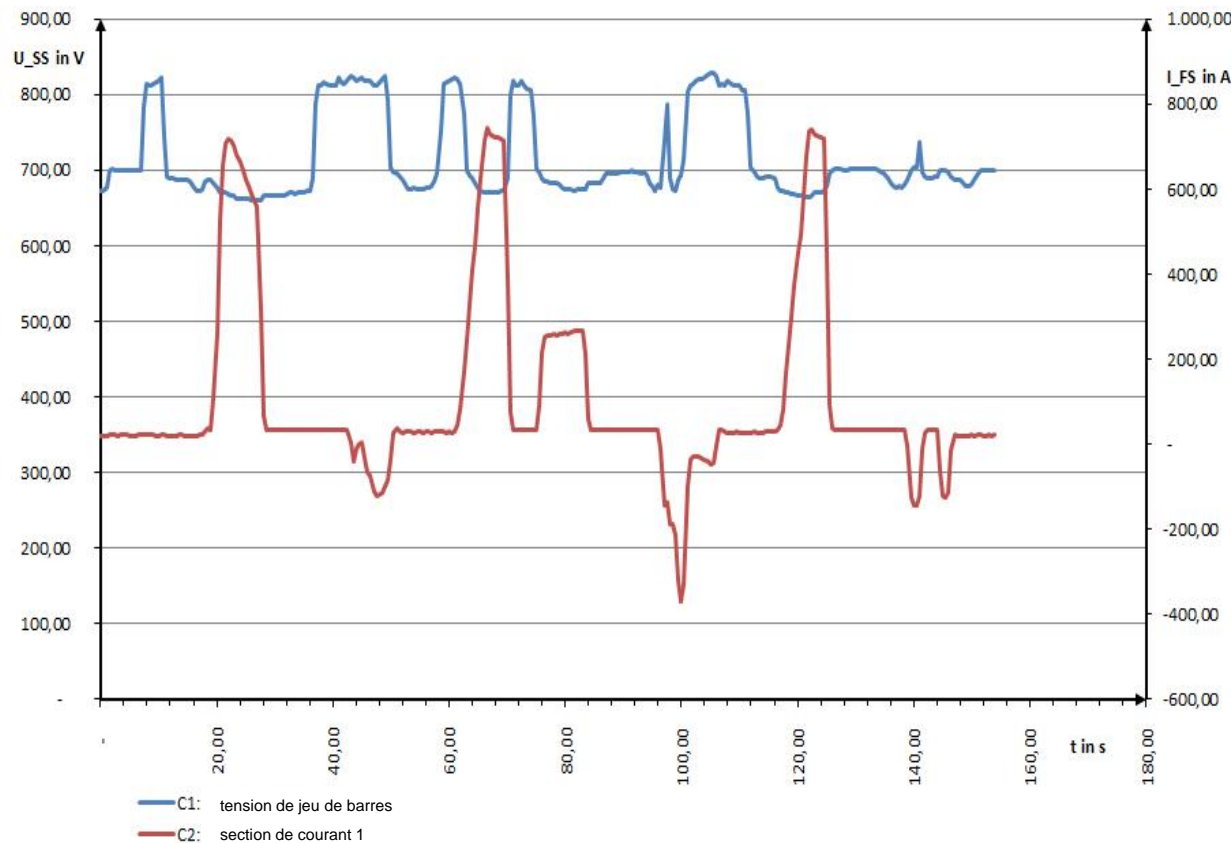
Freinage avec récupération d'énergie

Des accélérations non régulières, longues, déséquilibrées



## Mesures de consommation d'énergie

Mesures pour personnel formé → courbe courant idéale due à un comportement de conduite calme et fluide



= Bon comportement de conduite

3x des accélérations courtes, vives et accélération intermédiaire

3 actions de freinage avec récupération d'énergie

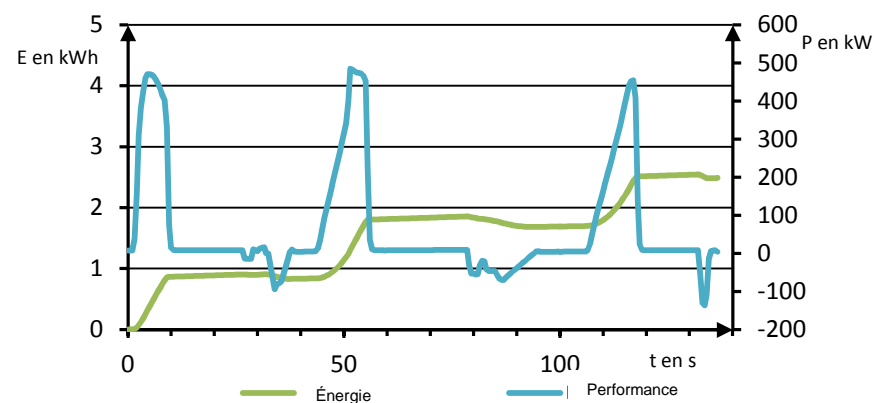
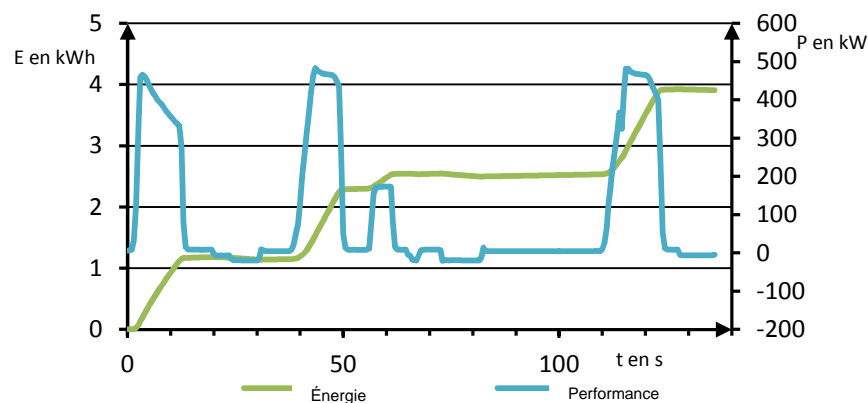
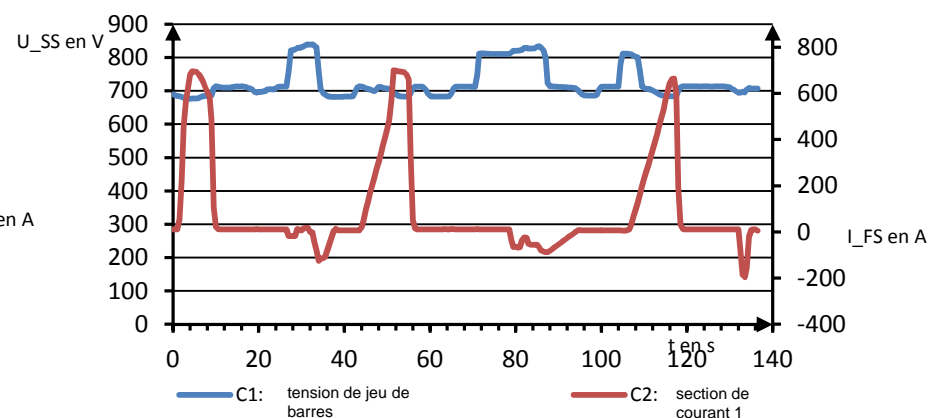
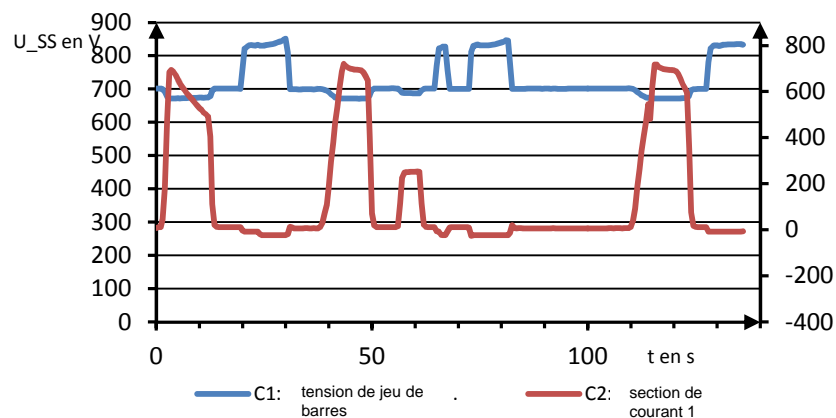


## Résultats des mesures d'énergie à Leipzig

Évaluation Tramway  
T4D/T4D/NB4 = Tatra  
avec un véhicule à  
remorque Bombardier



## Évaluation Tramway T4D/T4D/NB4 avant et après la formation





## Évaluation du Tramway

### Consommation d'énergie T4D/T4D/NB4 Comparaison

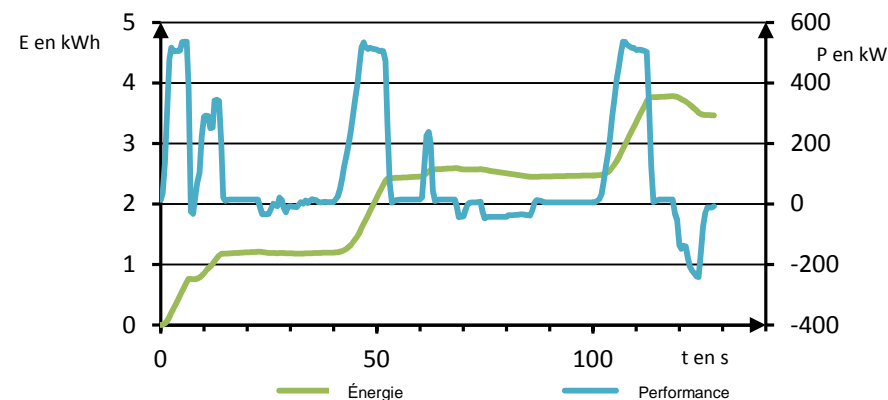
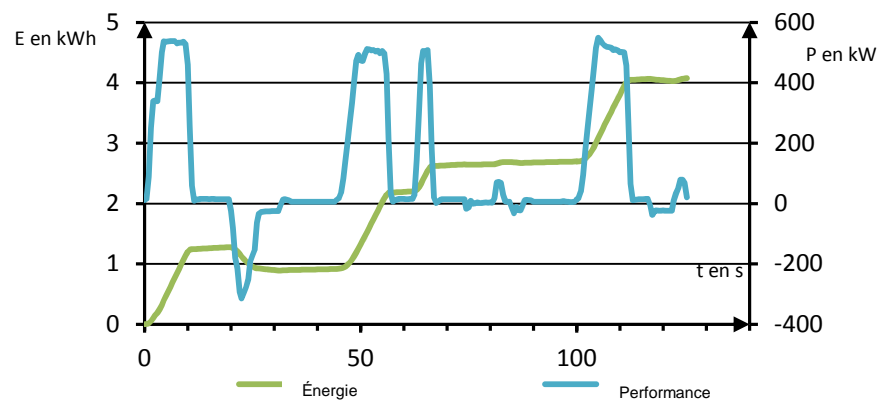
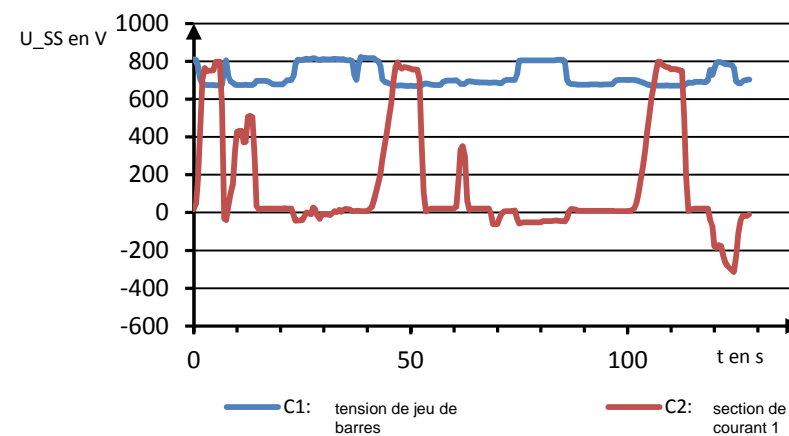
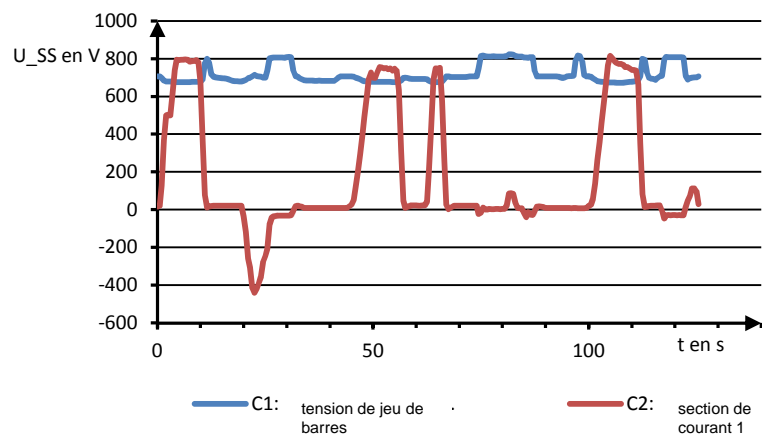
	<b>kWh</b>	<b>kWh/km</b>	<b>t/s</b>
Avant la formation	3.98	4.55	137
Après la formation	2.49	2.98	138
Effet	-44,5 %		+0,7 %



## Évaluation du Tramway NGT12 Bombardier Classic



## Évaluation du Tramway NGT12 avant et après la formation



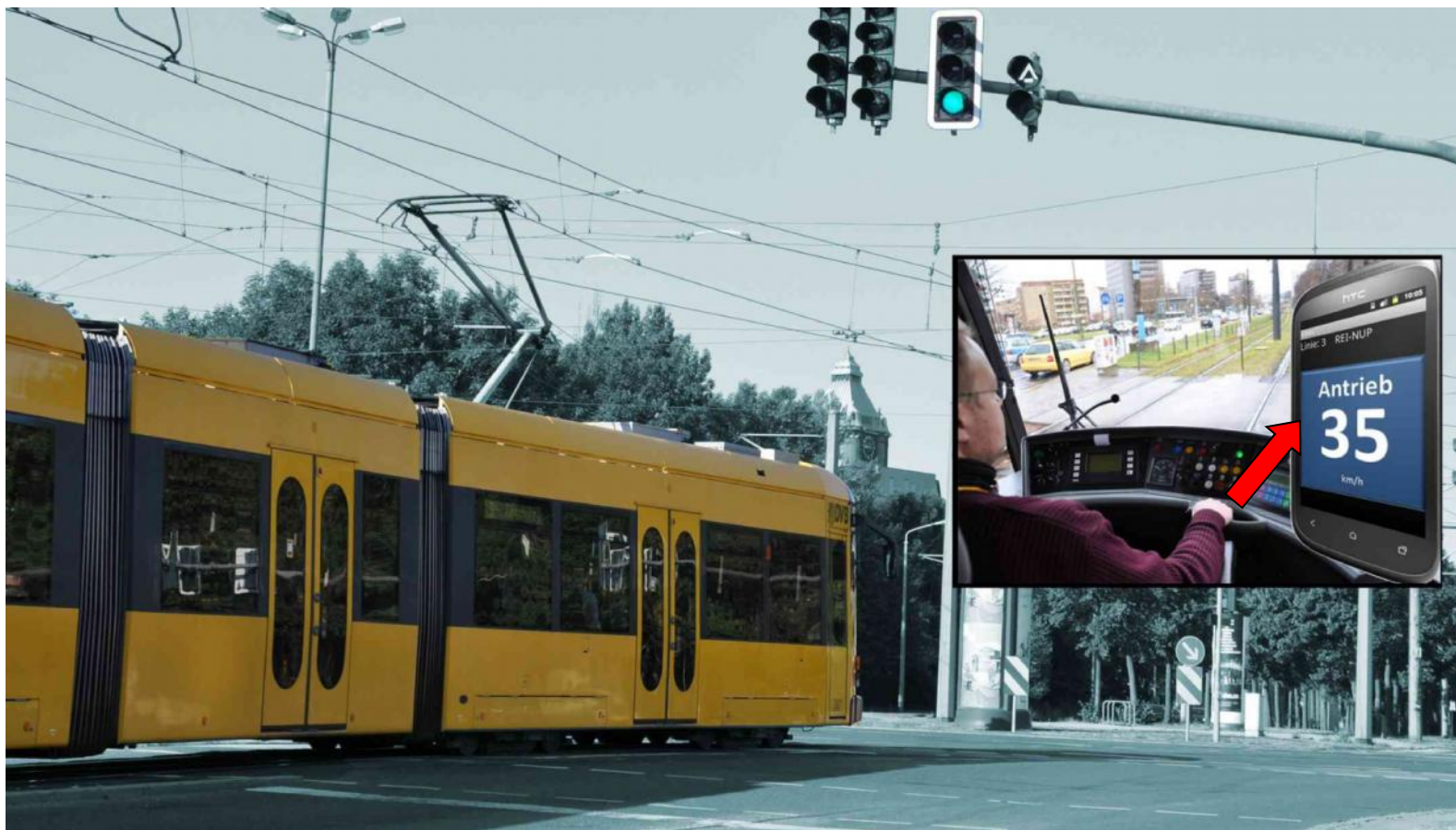
## Évaluation du Tramway

### Consommation d'énergie du NGT12 Bombardier Classic Comparaison

	<b>kWh</b>	<b>kWh/km</b>	<b>t/s</b>
Avant la formation	4.02	4.60	127 s
Après la formation	3.48	3.98	128 s
Effet	-14,5 %		+0,8 %



**De nouveaux systèmes peuvent être utilisés, ils définissent le comportement de conduite comme un protocole de ligne.**



## 6 règles d'or de l'écoconduite !

- Accélération lente et uniforme du véhicule
- Prendre l'adhérence en compte lors de l'accélération
- Lorsque la vitesse désirée est atteinte, se mettre au point mort et permettre au véhicule de rouler librement
- Toujours penser de façon anticipative lors de la conduite
- Commencer à appliquer les freins en temps utile
- Freiner de façon uniforme





# Aspects de sécurité pour les tramways



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate



## Mesures à prendre si le tramway déraile

- Principe du : Sécuriser - Sauver - Informer
- Déconnecter immédiatement le pantographe, mettre le véhicule hors tension
- Alors seulement permettre aux passagers de descendre
- Mettre une veste de sécurité avant de quitter le tramway
- Ouvrir les portes manuellement et permettre aux passagers de descendre
- Sécuriser le véhicule sur tous les côtés
- Si le véhicule obstrue d'autres voies, celles-ci doivent également être sécurisées
- Informer le contrôle du trafic et attendre l'arrivée du véhicule d'urgence de l'atelier (pour remettre le tramway sur les rails)
- Une fois le véhicule remis sur les rails, se rendre au dépôt, sans passagers, à max. 20 km/h.



## Action si le fil de contact est endommagé

- Principe : Sécuriser - Sauver - Informer
- Délimiter la zone où des fils de contact pendent, en veillant à laisser une distance de sécurité par rapport aux fils de contact
- Ne les toucher en aucun cas (courant continu → il y a un risque de rester collé à la partie)
- Toute partie de fil de contact qui pend doit être traitée comme une partie sous tension même si le disjoncteur dans la sous-station réagit normalement à des dommages de fils en désactivant automatiquement la section concernée
- Il est interdit de toucher des sections du fil de contact qui pendent
- Informer le contrôle de la circulation
- Si, exceptionnellement, la caténaire devait ne pas être coupée, ce sera fait immédiatement depuis la station d'alimentation par télécommande



## Perte d'alimentation de la caténaire due à une surcharge

- Utilisez tout élan disponible pour rouler jusqu'à la section isolée suivante (la tension est peut-être disponible dans la section suivante)
- Laissez le pantographe branché sur le premier entraîneur, débranchez le pantographe sur le deuxième entraîneur (en raison des équipements auxiliaires qui ne peuvent pas être éteints)
- Informer le contrôle de la circulation
- Si le courant est rétabli, conduisez le premier entraîneur à faible vitesse jusqu'à la section isolée suivante
- Une fois le premier entraîneur arrivé, les autres entraîneurs devraient suivre de manière similaire





# ACTUATE



**Merci de votre attention !**



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

actuate

