

ACTUATE



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

Statut : 27/11/2014

actuate



ACTUATE

« **Advanced Training and Education for Safe Eco-driving of Clean Vehicles** »

Traduction : „ **Enseignement et formation avancée pour une écoconduite sécuritaire de véhicules propres**“



Pour plus d'informations, veuillez consulter <http://www.actuate-ecodriving.eu/>

- **Projet pour l'optimisation du mode de conduite pour réduire la consommation d'énergie**
 - Développement de programmes de formation et de mesures de formation générale pour une écoconduite des véhicules électriques dans les transports publics locaux.
 - L'accent est mis sur le conducteur en tant qu'opérateur principal de l'écoconduite.
 - Des campagnes de motivation complémentaires garantiront que les conducteurs continuent à appliquer ce qu'ils apprennent dans les formations.



Consortium ACTUATE

■ Le Consortium ACTUATE comprend

- Cinq entreprises locales de transport public de **Salzburg** (Salzburg AG, Autriche), **Brno** (DPMB, République tchèque), **Parme** (TEP S.p.A., Italie), **Leipzig** (LVB) et **Eberswalde** (BBG, Allemagne) qui exploitent déjà des véhicules électriques
- ainsi que la Leipziger Aus- und Weiterbildungsbetriebe (**LAB** - Institut de formation de Leipzig),
- le fabricant de bus belge **Van Hool** et
- **trolley:motion**, l'association internationale de promotion des systèmes e-bus à zéro émission (Autriche).
- **Rupprecht Consult** (Allemagne) est responsable de la coordination du projet.



Contact

■ Rupprecht Consult – Forschung & Beratung

Dr Wolfgang Backhaus

Clever Straße 13-15

50668 Köln/ Germany

Tél : +49/221/606055-19

E-mail : w.backhaus@rupprecht-consult.eu

Web : www.rupprecht-consult.eu

■ Salzburg AG

pour l'énergie, les transports et les télécommunications

Salzburger Lokalbahnen

DI Christian Osterer

Plainstraße 70

5020 Salzburg/ Austria

Tél : +43/662/4480-1500

E-mail : salzburger_lokalbahnen@salzburg-ag.at

Web : www.slb.at

Les auteurs sont les seuls responsables en ce qui concerne le contenu de cette présentation. Elle ne reflète pas nécessairement l'opinion de l'Union européenne. L'EASME et la Commission européenne déclinent toute responsabilité quant à l'utilisation qui pourrait être faite des informations contenues dans ce document.



Qualification de base et formation avancée

- **Qualification de base**

obligatoire pour tous les conducteurs professionnels avant de commencer à travailler

- **Formation avancée**

la preuve d'une formation avancée doit être fournie lorsque l'on exerce cette profession

- conformément à la directive 2003/59/CE, la structure de la formation avancée comprend

- 35 heures de formation avancée en 5 ans
- dans la plupart des pays de l'UE une formation avancée est fournie sous la forme d'unités de 7 heures p.a.

- Ce matériel de formation avancée peut être utilisé pour l'unité de formation avancée « écoconduite ».



Structure de la formation avancée

- Introduction et principe de fonctionnement du système « trolleybus »
- Pratique de la conduite - 1ère Partie
- Écoconduite d'un trolleybus
- Pratique de conduite - Partie 2
- Aspects de sécurité des trolleybus
- NB !



Introduction



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

actuate



Écoconduite sur des lignes publiques régulières

- Une écoconduite sur des lignes publiques régulières signifie :

- une efficacité en matière de consommation d'énergie
- une faible usure, et
- une conduite respectueuse de l'environnement.

- Une écoconduite aide

- à préserver l'environnement
- à offrir un transport moins stressant tant pour les passagers que pour les conducteurs
- à réduire les coûts énergétiques et de maintenance



Les 3 règles de l'écoconduite

- **Règle de sécurité**

Toutes les autres règles sont subordonnées à la règle de la sécurité

- **Règle de ponctualité**

La ponctualité est essentielle pour des lignes publiques régulières et signifie quitter un arrêt ni trop tôt ni trop tard

- **Règle d'optimisation des coûts**

L'écoconduite signifie diminuer le plus possible la consommation d'énergie et réduire l'usure subie par le véhicule tout en respectant les règles de sécurité et de ponctualité



Source d'énergie - l'e-mobilité

- Utilisation de l'énergie électrique provenant de sources d'énergie renouvelables
- Aucune perte lors de la conversion de la production des sources d'énergie renouvelables
(par opposition au procédé de raffinage de l'essence et du gazole)
- Zéro émission localement
- Possibilité de récupération d'énergie lors du freinage
- Niveau d'efficacité allant jusqu'à 99 % pour les moteurs électriques, mais seulement jusqu'à 35 % pour les moteurs diesel
(plus faible pour les moteurs à essence et au gaz)
- **Les véhicules électriques sont respectueux de l'environnement et presque totalement silencieux**



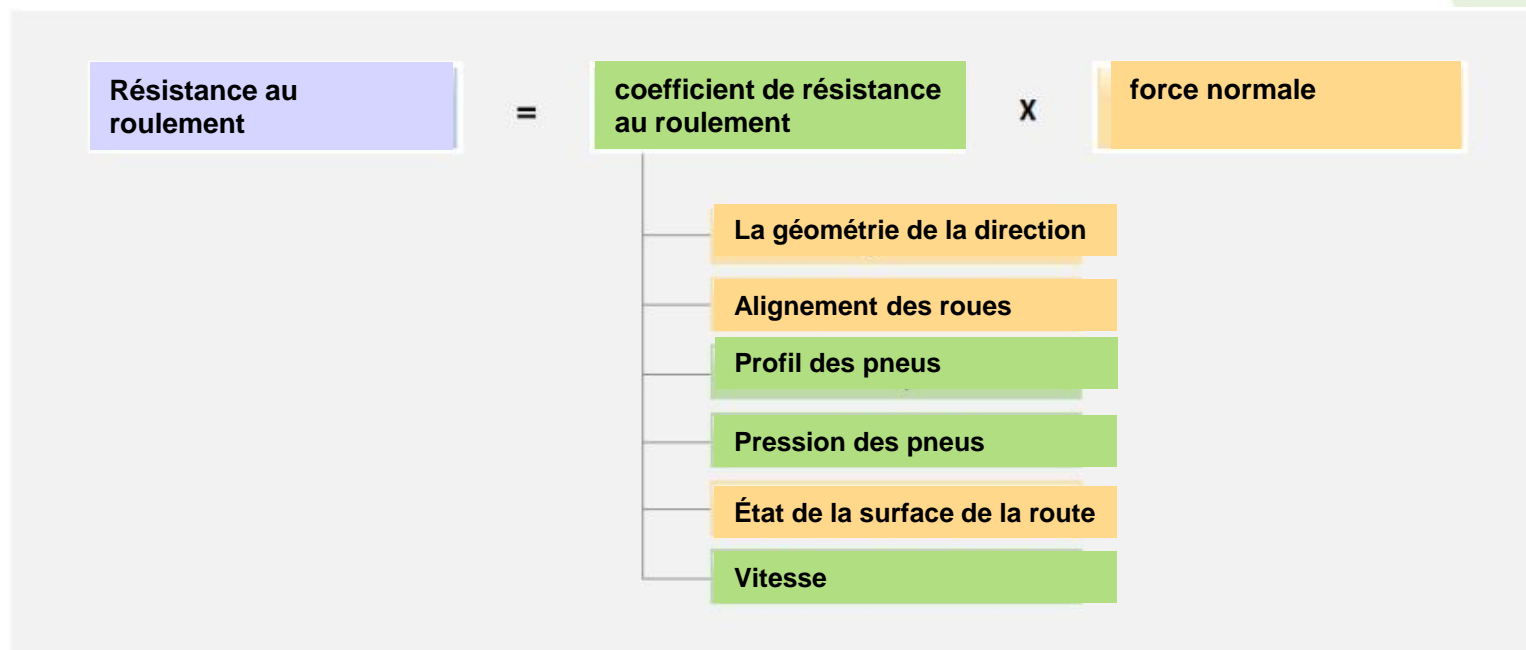
Résistances actives et forces générées lorsqu'un véhicule est en mouvement

- Une résistance active agit en permanence lorsque le véhicule est en mouvement
- La force résultante agit dans la direction opposée au mouvement et agit comme un frein
- La force d'entraînement du moteur nécessaire pour surmonter la résistance active a un impact important sur la consommation d'énergie.
- Les résistances actives et les forces suivantes agissent lorsqu'un véhicule est en mouvement



Résistance au roulement (1/3)

- Indépendamment de la force d'adhérence et de la force normale (poids du véhicule)



Résistance au roulement (2/3)

- Les facteurs qui influent sur le coefficient de résistance au roulement en fonction du

- profil des pneus (pneus normaux ou pneus neige)

Les bus en Autriche doivent être équipés de pneus neige du 1er novembre au 15 mars

- Pression des pneus

Une forte pression des pneus engendre une baisse de la résistance au roulement, mais a un effet négatif sur l'adhérence des pneus et le confort de voyage

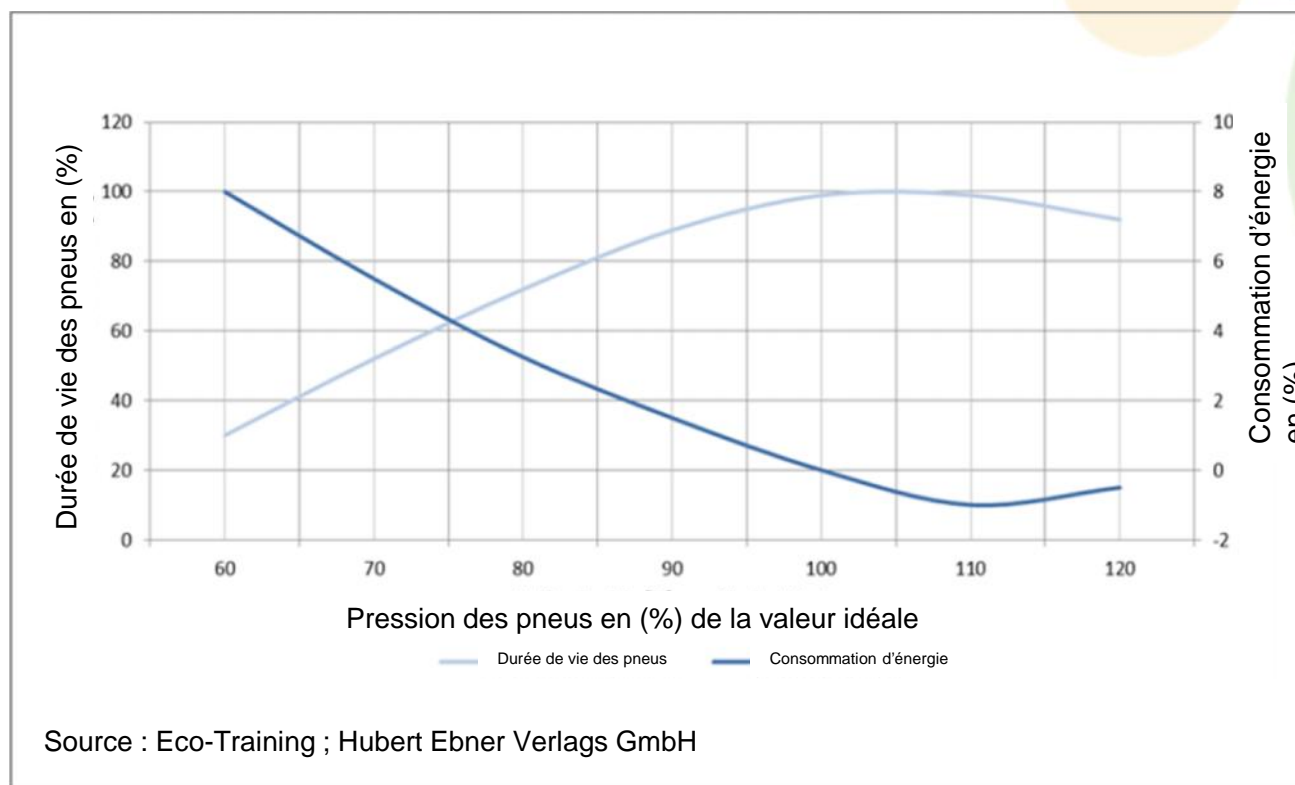
Une faible pression des pneus engendre, en plus d'une plus grande résistance au roulement et une plus grande usure des pneus, le risque que les pneus surchauffent

- Vitesse



Résistance au roulement (3/3)

- Impact de la pression des pneus sur la consommation d'énergie et l'usure des pneus



Force du gradient

- ceci correspond à la force nécessaire pour surmonter une différence de hauteur

Force du gradient

=

Masse du véhicule

X

Force gravitationnelle
(= 9,81 m/s²)

X

Cosinus de gradient

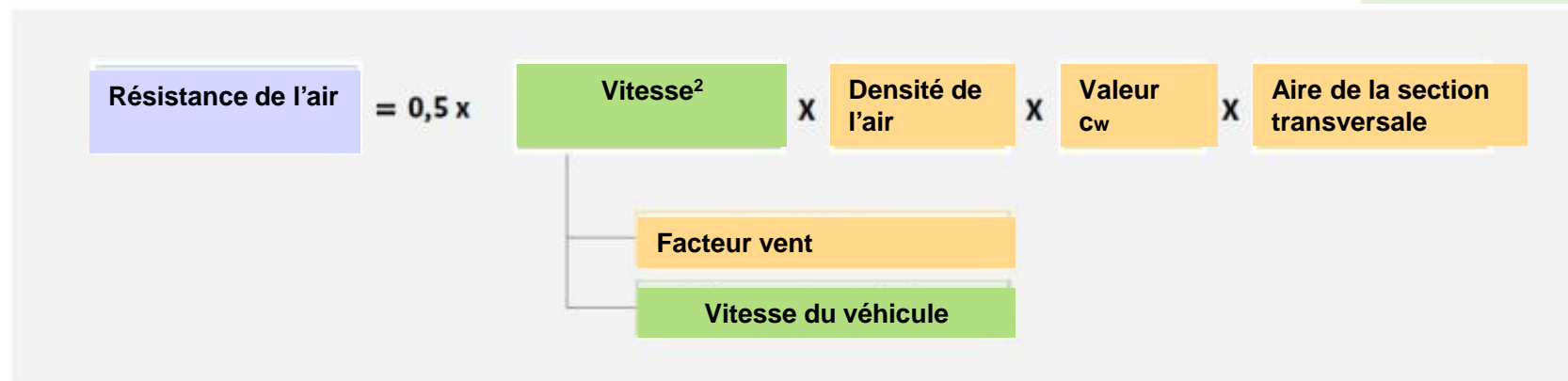
- le chauffeur n'a aucune influence sur le type de résistance (sauf en sélectionnant une autre voie pour les parcours non réguliers)

* Cosinus : fonction mathématique, selon laquelle plus le gradient est élevé, plus ce facteur est important



Résistance de l'air

- est la force nécessaire pour déplacer l'air

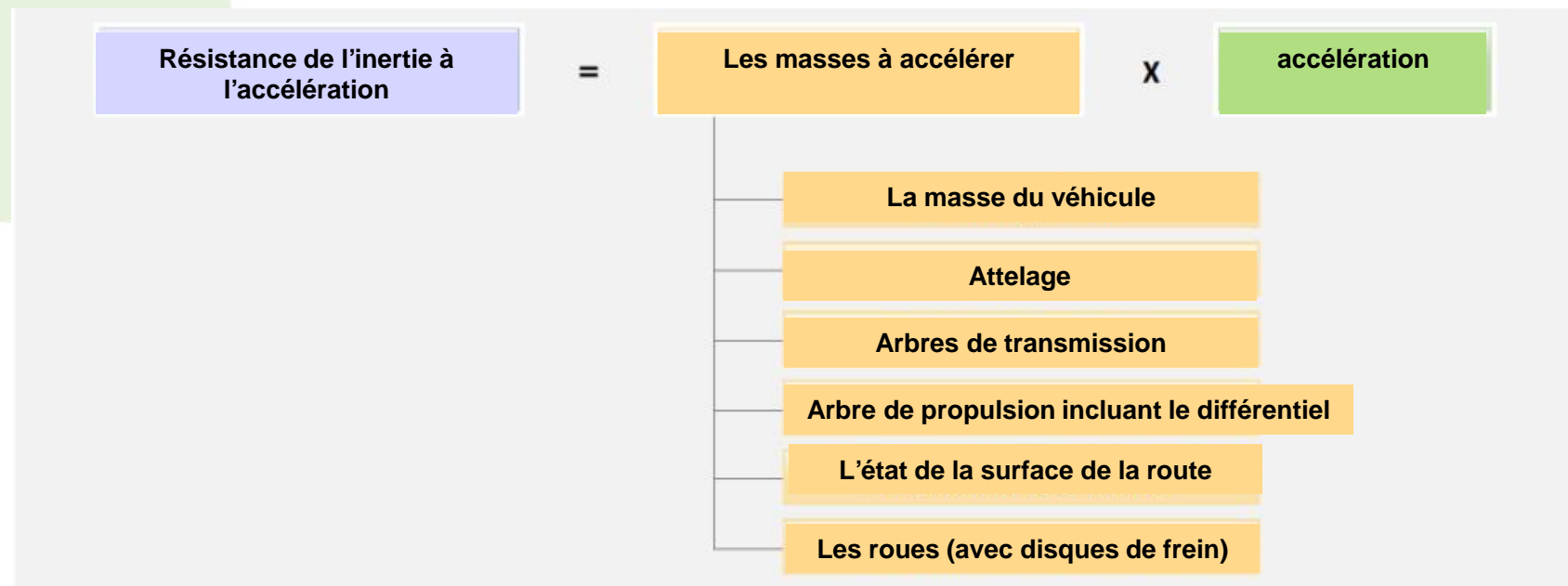


- relation quadratique par rapport à l'accélération
à deux fois la vitesse, quatre fois la résistance de l'air
- Également fonction de la densité de l'air, de la forme du véhicule (valeur C_w) et l'aire de la section transversale du véhicule



Résistance de l'inertie à l'accélération

- causée par l'inertie des pièces mobiles installées dans le véhicule
- Le principe d'inertie décrit la tendance d'un corps à rester dans une position précise à moins d'être impacté par une force (motrice)



Facteurs significatifs

- Deux facteurs importants pour un fonctionnement économe en énergie peuvent être déduits à partir des corrélations des valeurs de résistance à l'avancement individuelles

- **Avant le début du trajet**

inspection de l'état du véhicule

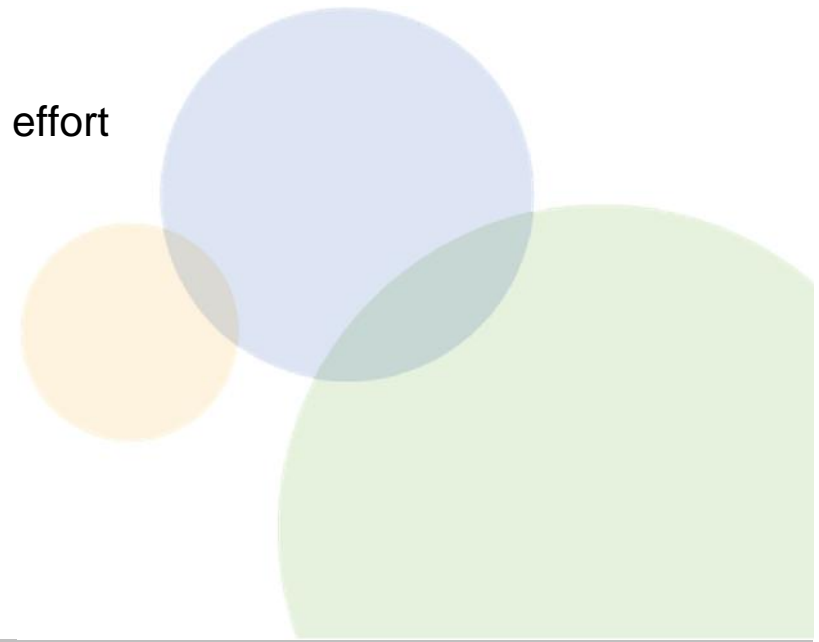
- **Pendant le trajet**

sélection adaptée de la vitesse



Utilisation générale des trolleybus

- Zéro émission
 - Quasiment aucune utilisation d'énergie non régénérative
 - Faibles émissions de gaz à effet de serre
- Fonctionnement silencieux
- Haute performance, accélération et freinage sans effort
- Haut niveau de confort de voyage



Principe de fonctionnement du système « trolleybus »



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

actuate



Informations générales sur le réseau du fil de contact



- Des stations de rectification fournissent l'électricité
Elles convertissent l'électricité fournie par les fournisseurs d'électricité en courant continu et alimentent les différents secteurs en électricité
- Secteurs séparés par des chevauchements isolés
Les chevauchements sont croisés par des commutateurs désactivés
- Lorsque le frein électrique est appliqué, les supercondensateurs absorbent l'électricité récupérée (et dans une certaine mesure la batterie lithium-ion) → Lorsque les supercondensateurs sont à pleine charge, l'électricité est introduite dans le fil de contact (un autre trolleybus doit être dans la même section pour absorber l'électricité)

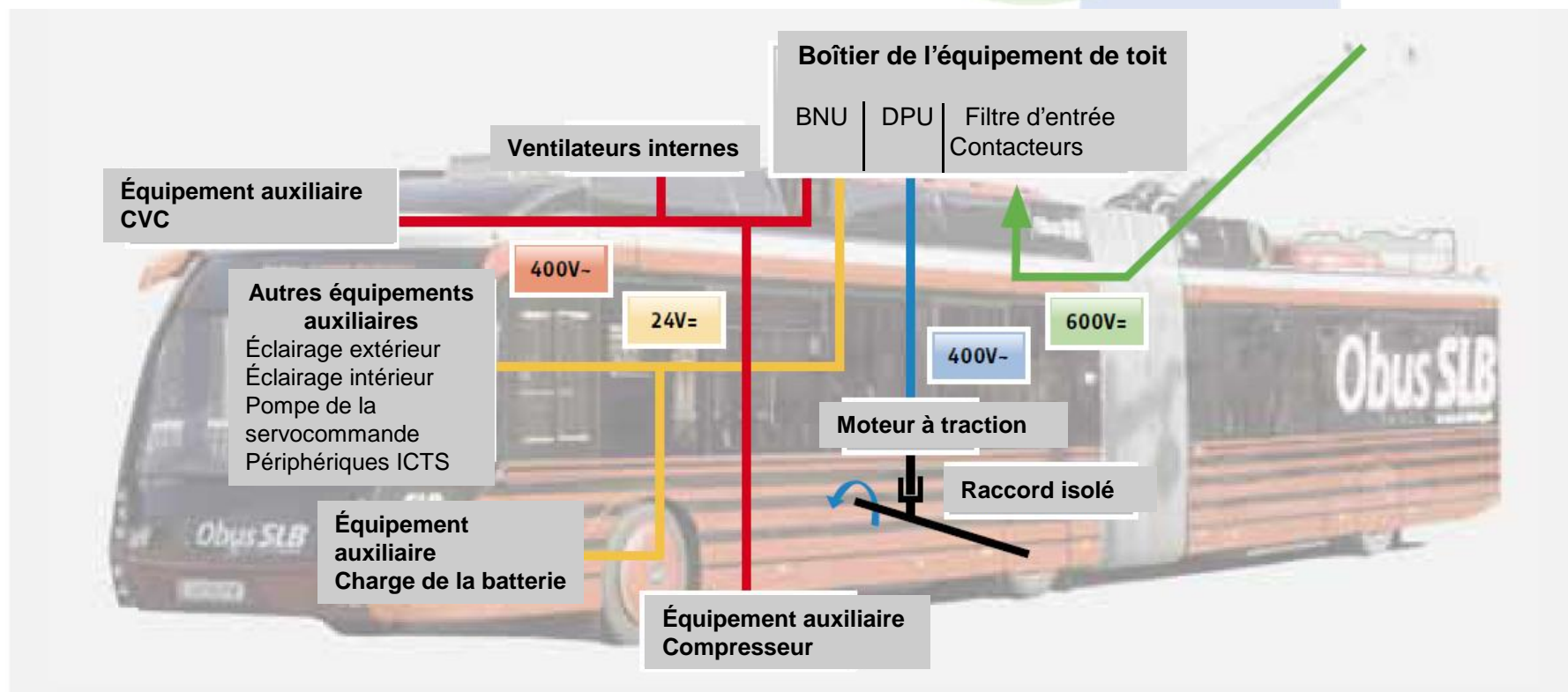


Frein électrique

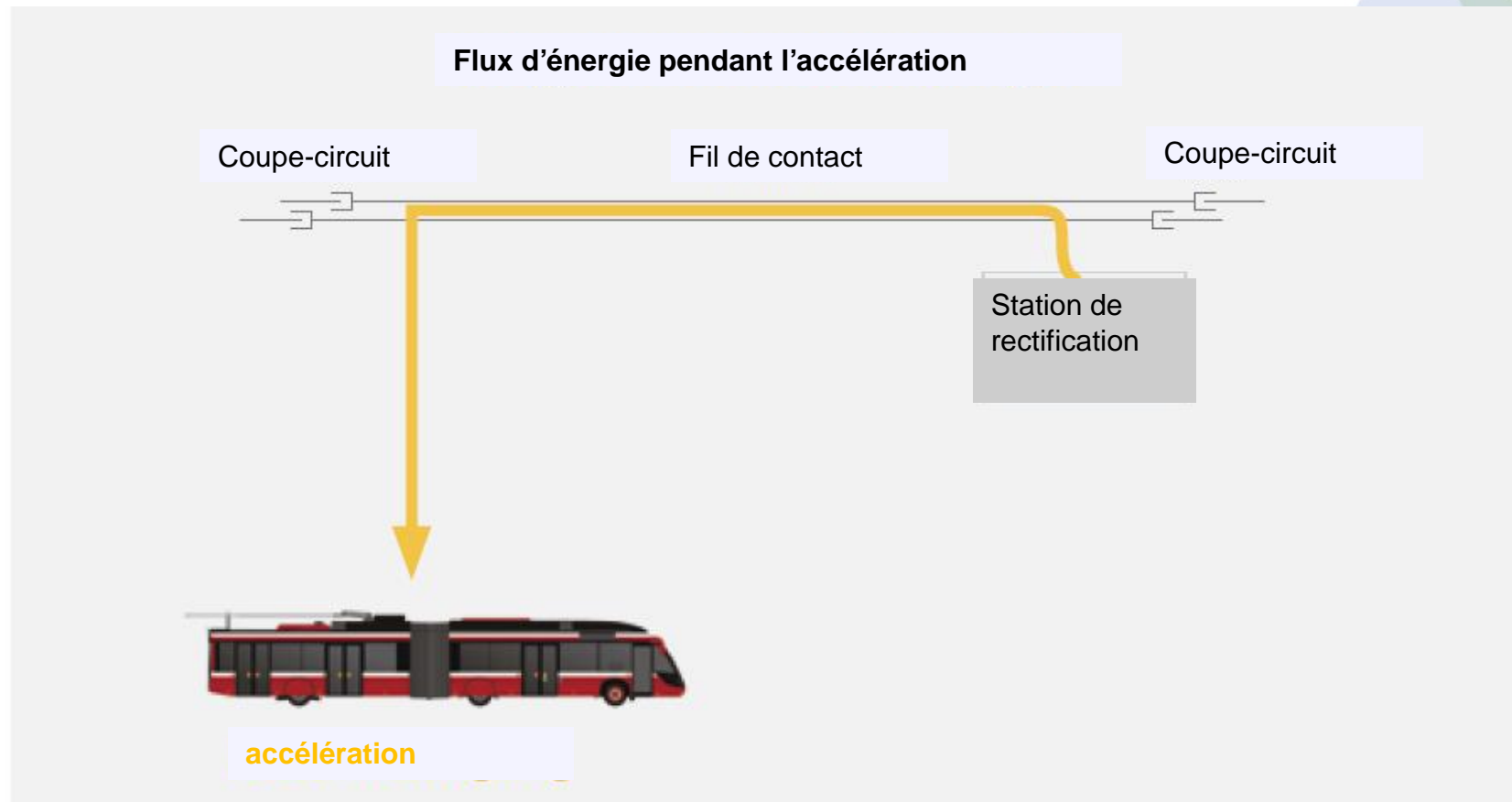
- Le moteur électrique à traction et la résistance électrique sont conformes aux exigences légales en tant que frein de traînée
- **Récupération d'énergie** lors des opérations de freinage
- surplus d'énergie non nécessaire au véhicule car celle de l'équipement auxiliaire est réinjectée dans le fil de contact
- le frein électrique est **résistant à l'usure et sans entretien**



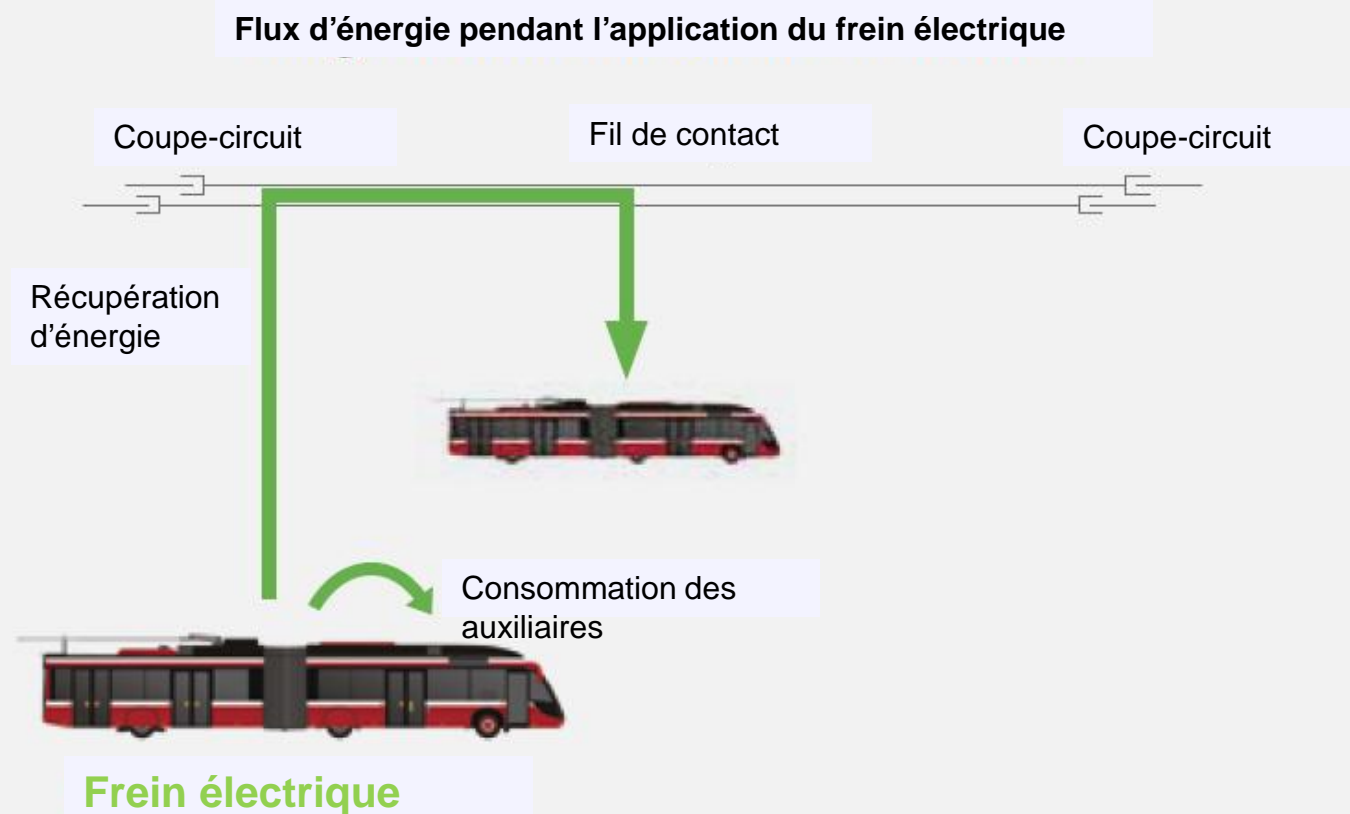
Flux d'énergie dans le trolleybus



Flux d'énergie pendant l'accélération

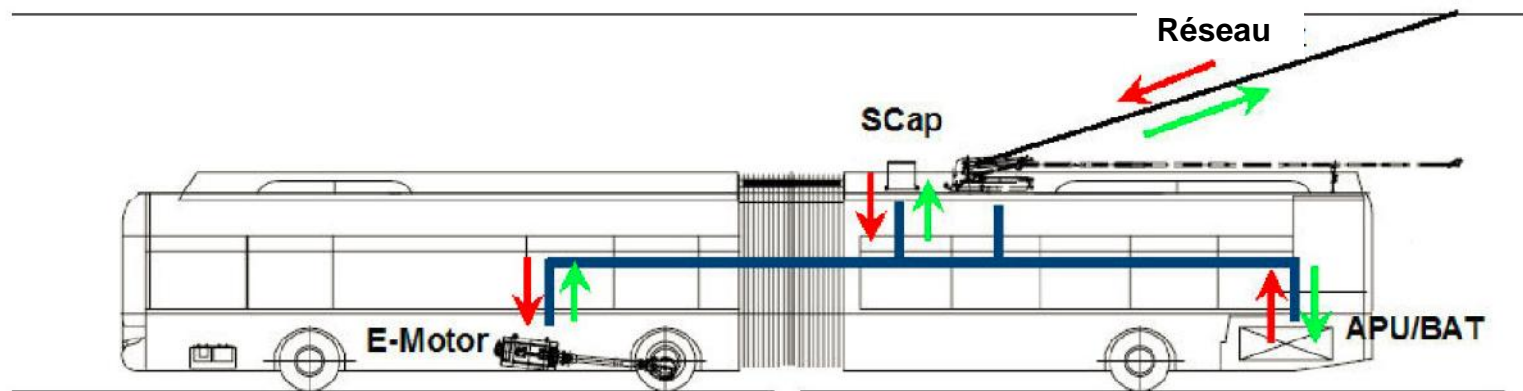


Flux d'énergie pendant l'application du frein électrique



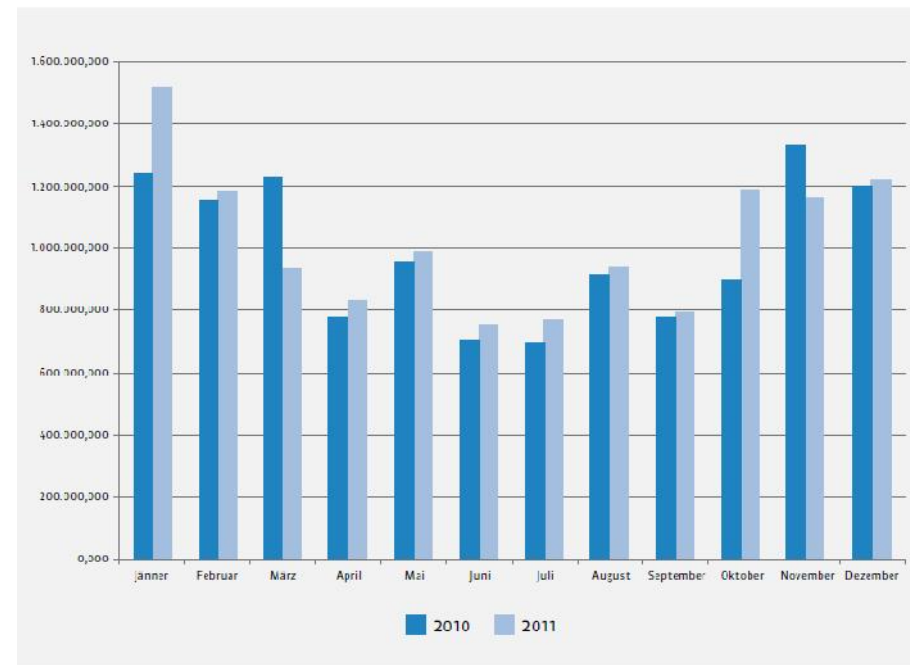
Flux d'énergie lors de l'accélération et l'application du frein électrique (avec supercondensateurs)

- Pendant l'accélération, le trolleybus utilise d'abord l'électricité à partir des supercondensateurs chargés puis, lorsque ceux-ci sont vides, à partir du fil de contact.
- Lors de l'application du frein électrique, l'électricité récupérée alimente les supercondensateurs (et, le cas échéant, la batterie aussi) pour y être stockée.



Consommation d'énergie et facteurs ayant une influence (exemple de Salzbourg)

- La consommation d'énergie varie du fait de l'utilisation plus ou moins forte du système de CVC en fonction des variations de températures extérieures
- Notamment une consommation d'énergie élevée entre novembre et février étant donné que les systèmes de chauffage sont en constante utilisation
- À des températures comprises entre -4°C et $+4^{\circ}\text{C}$, le besoin en énergie pour le chauffage est en moyenne de 13,5 kW



Différences entre les trolleybus et les autobus diesel

- Conversion d'énergie par la combustion de carburant diesel
- Facteur d'efficacité des moteurs diesel jusqu'à 35 % max.
- Transmission de puissance par le groupe motopropulseur
 - Connexion de friction avec la transmission automatique (convertisseur hydraulique, disque de friction, etc.)
 - Antidérapant avec transmission standard (roues dentées)
- La traction antidérapante est sans perte ;
toutefois, le groupe motopropulseur doit être interrompu pour changer de vitesse
- La connexion de friction peut avoir des pertes
- La transmission dans les trolleybus est anti-dérapante



Pratique de conduite - Partie 1



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

actuate



Conseils sur la partie pratique de la formation avancée I

- Sélection d'une « vraie » route/ligne
- Détermination d'une certaine séquence de chauffeurs
- Mise en application du « comportement de conduite normal »
- Conditions aussi réalistes que possible (par exemple, en conduisant derrière un bus en fonction pour simuler les approches, les arrêts et les départs des arrêts de bus de la façon la plus réaliste possible)
- Préparez les mesures d'énergie pendant la conduite



Écoconduite d'un trolleybus

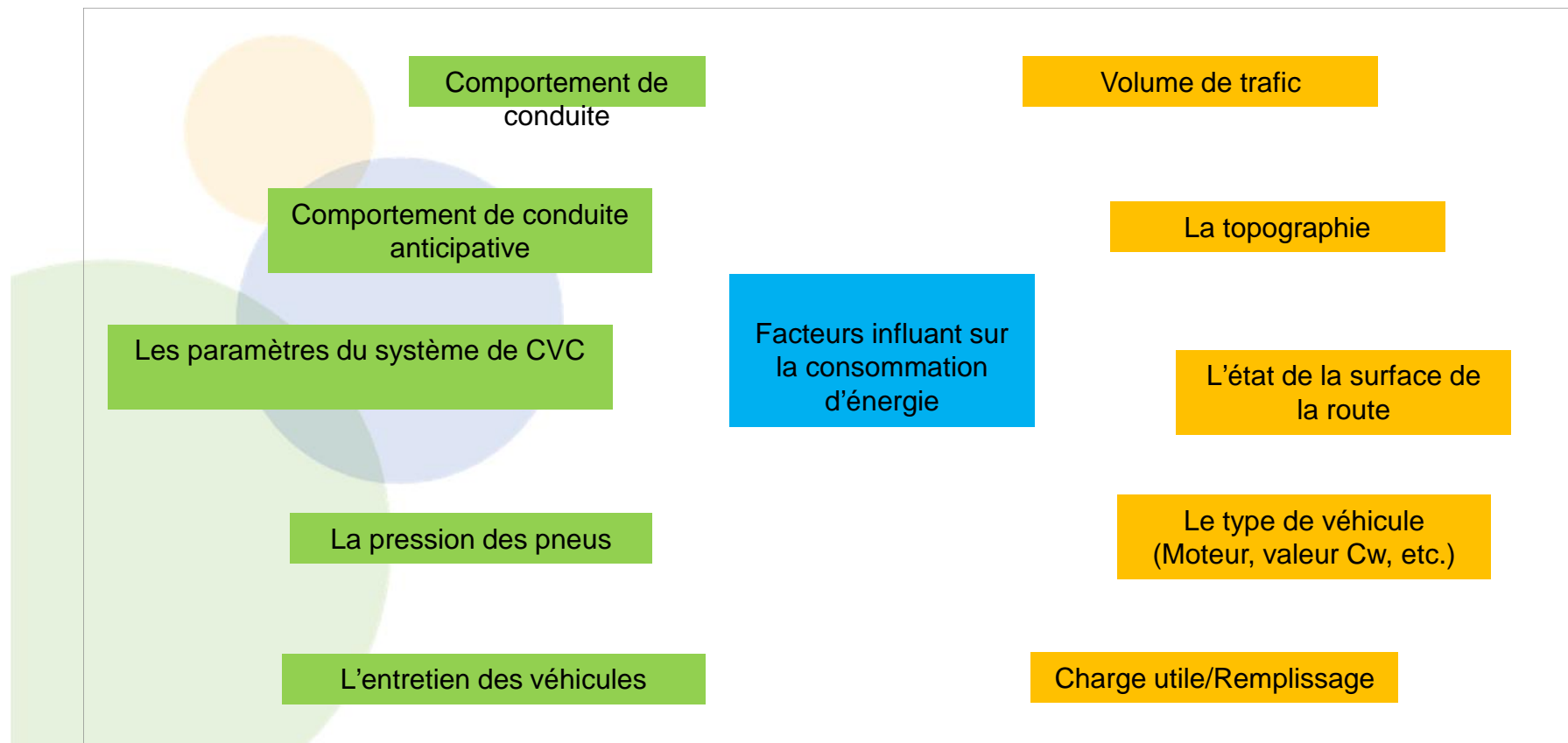


Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Facteurs influant sur la consommation d'énergie



Facteurs contrôlables

- Puisque le volume de trafic, le routage et le remplissage (poids) ne peuvent pas être influencés pour les services réguliers, les facteurs
 - Comportement de conduite
 - Comportement de conduite anticipative
 - Réglage du système de CVCdeviennent plus importants
- La pression des pneus et l'état du trolleybus peuvent être vérifiés visuellement



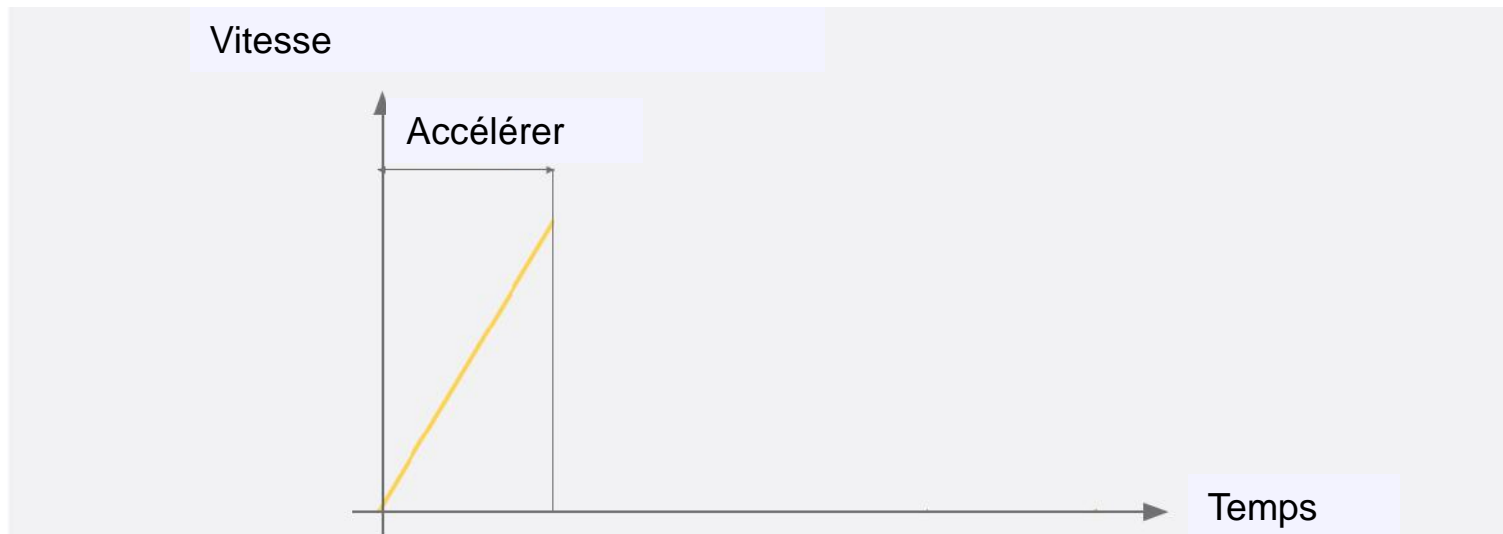
Différentes conditions de conduite

- Plusieurs conditions de conduite sont possibles lors de la conduite des véhicules
- Connexion immédiate entre les conditions de conduite et la consommation d'énergie
- 4 conditions de conduite différentes
 - Accélérer
 - Vitesse constante
 - Roulement
 - freinage



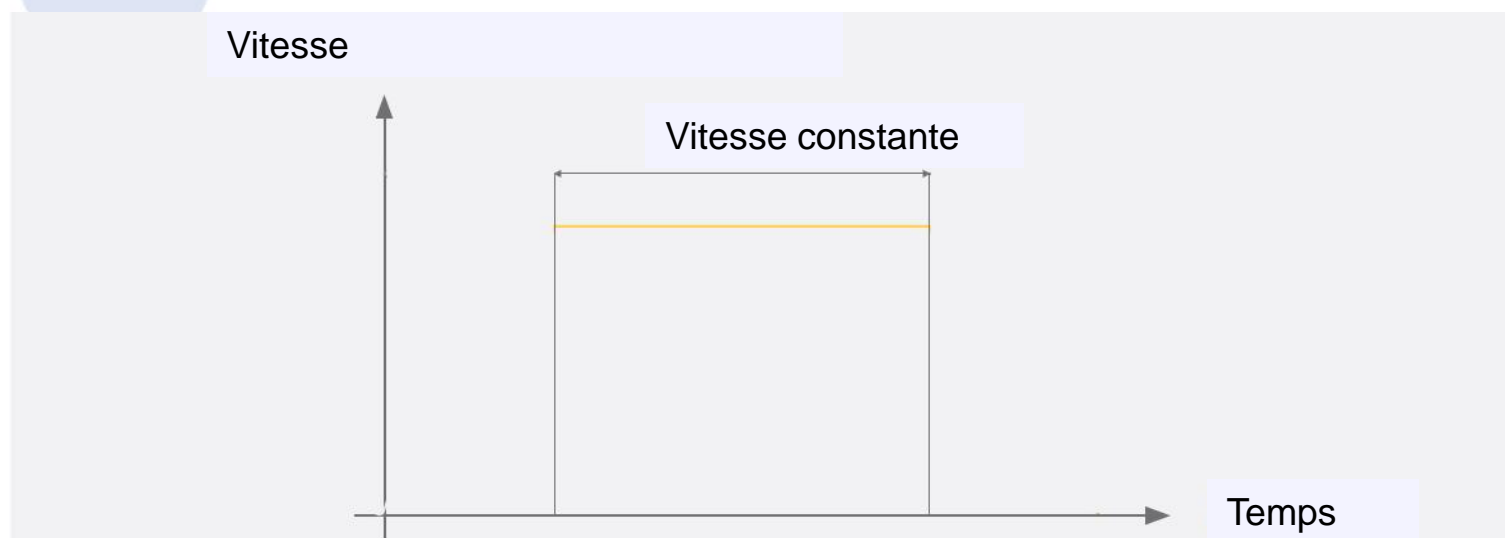
Accélérer

- signifie augmenter la vitesse en utilisant de l'énergie
- la force propulsive du trolleybus doit être supérieure à la résistance inverse à la direction d'évolution



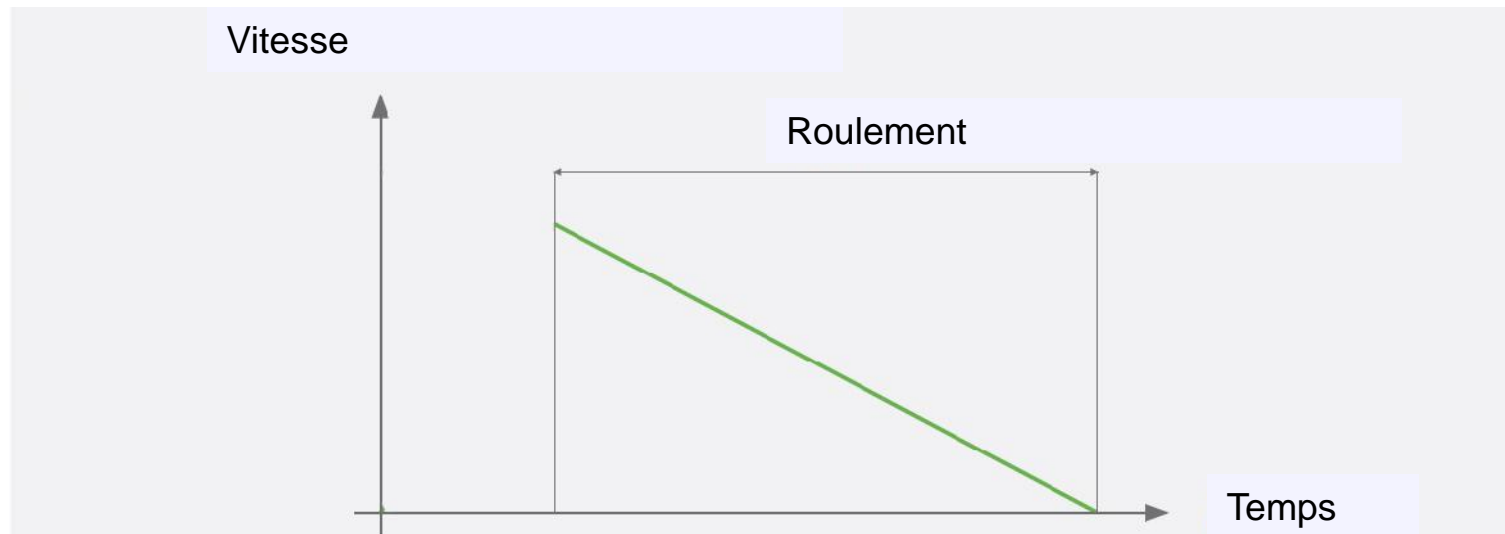
Vitesse constante

- cela signifie maintenir une vitesse constante
- cela signifie utiliser la quantité exacte d'énergie pour équilibrer la résistance inverse à la direction d'évolution



Roulement

- la pédale d'accélérateur n'est pas utilisée lorsque le véhicule roule et aucune énergie n'est nécessaire pour qu'il se déplace vers l'avant
- L'équipement auxiliaire est alimenté en énergie par auto-excitation du moteur
- lorsque le véhicule roule la vitesse baisse à cause de l'effet de freinage de la résistance à l'avancement



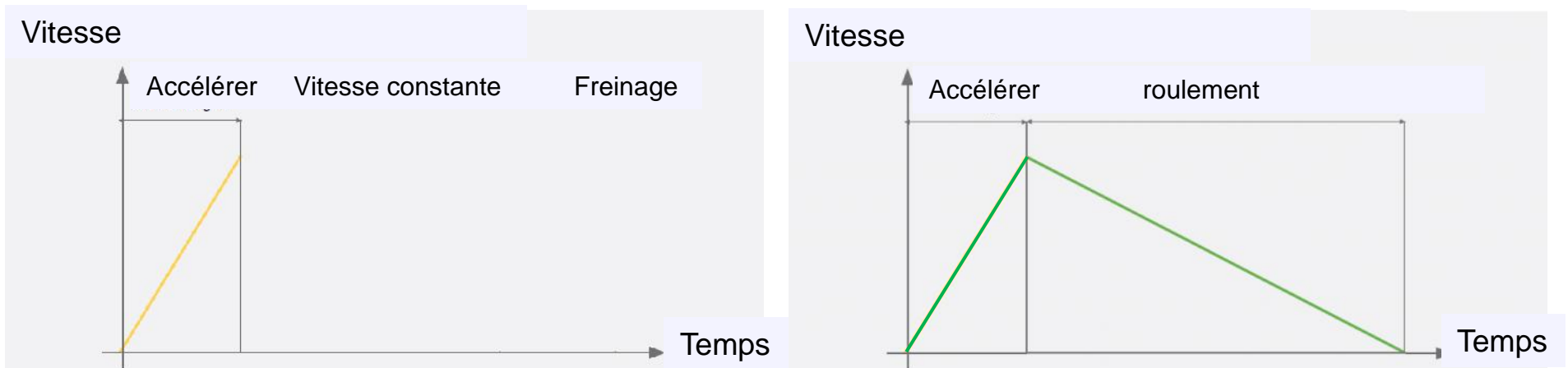
Freinage

- Freiner signifie réduire la vitesse
- récupération d'énergie par l'application du frein électrique
- lors d'un freinage en utilisant le frein pneumatique, toute l'énergie de freinage générée entre le disque de frein et les garnitures de frein est convertie en chaleur et est perdue



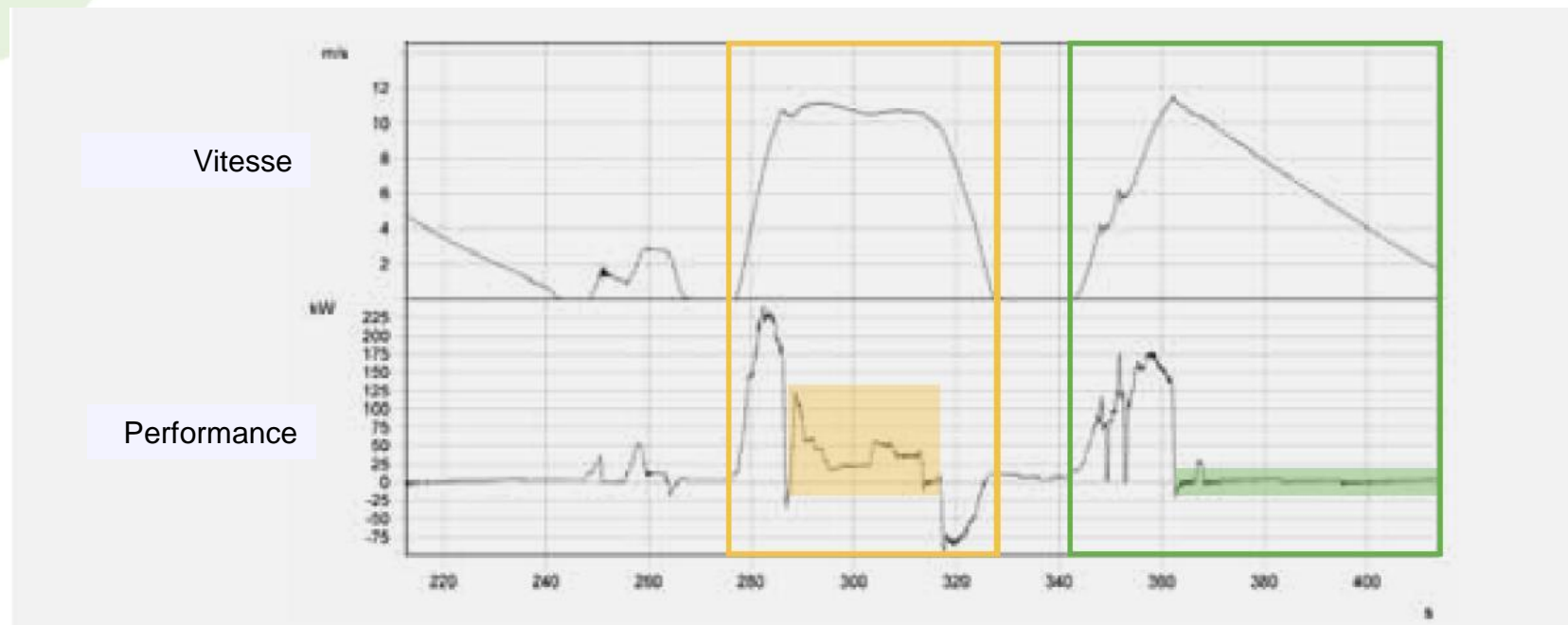
Différents cycles de conduite

- Lorsque exacerbées, les conditions de conduite engendrent des cycles de conduite
- représentation idéalisée des cycles de conduite avec
 - Section « vitesse constante »
 - Section « roulement »



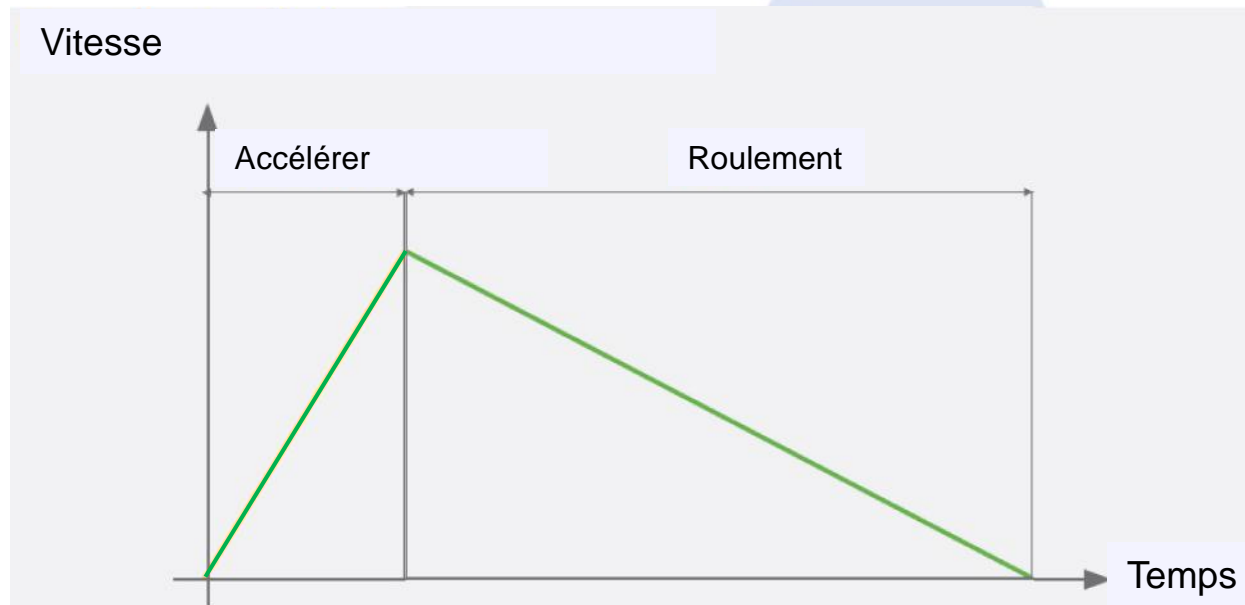
Cycles de conduite réels

- représentation de la consommation d'énergie en tant que zone en dessous de la courbe de sortie
- consommation d'énergie plus élevée en vitesse constante (jaune) que lorsqu'en



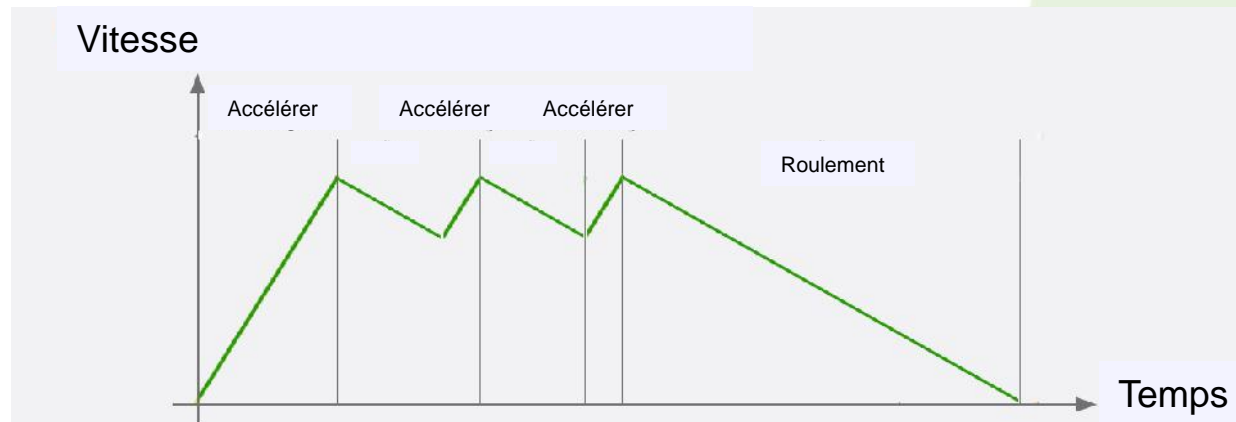
Cycle de conduite idéal

- Dans un cycle de conduite idéal, une accélération est suivie d'une section de roulement, jusqu'à immobilisation au point d'arrêt prévu
- Ceci peut être affiché par un triangle dans le tableau vitesse-temps



Comportement de conduite pour un cycle de conduite idéal

- Accélérez le plus doucement possible mais toujours rapidement
- Évitez toujours de maintenir une vitesse constante
- Maintenez votre vitesse en fluctuant les cycles (accélération - roulement)



- Section de roulement maximale tout en respectant les horaires
- Freinez dans l'idéal en utilisant le frein électrique



Impact sur la puissance du fil de contact

- Chaque **accélération** entraîne une **baisse de la puissance dans le fil de contact** en raison de l'énergie requise
- Chaque **application du frein électrique** engendre une **montée en puissance du fil de contact**
- Si les **supercondensateurs** sont utilisés, la **baisse ou montée en puissance est nettement moindre**



Avantages des phases de roulement

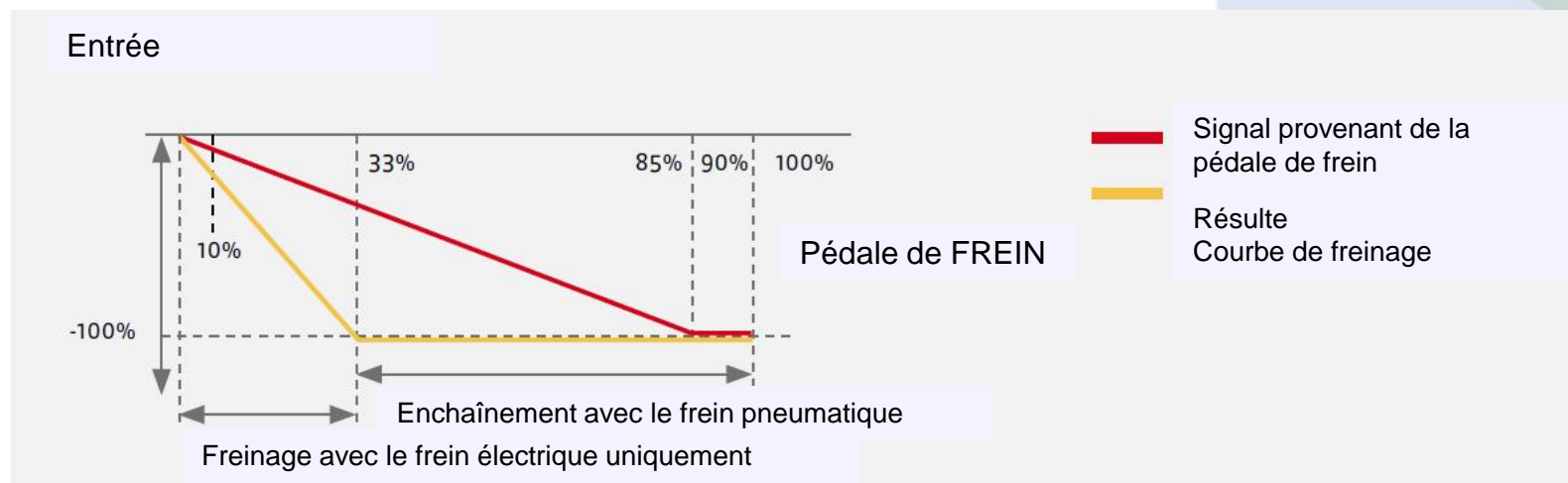
- Aucune énergie n'est absorbée à partir du fil de contact et l'équipement auxiliaire est alimenté en énergie par l'auto-excitation du moteur
- Moins d'usure sur le frein pneumatique mécanique de par une réduction de la vitesse d'approche jusqu'au point d'arrêt suivant
- Un style de conduite souple signifie un plus grand confort de transport pour les passagers et le conducteur
- **Toutefois, les sections de roulement prolongées ne sont possibles qu'avec un comportement de conduite anticipative et un bon calcul de la distance par rapport au véhicule situé devant**



Avantages et fonctionnement du frein électrique

- Récupération d'énergie lors des opérations de freinage
- Sans usure et sans entretien
- Haut niveau de confort de transport pour le conducteur et pour les passagers
- Le freinage électrique fonctionne tout seul jusqu'à ce que la pédale soit enfoncée c.

33 %



Utilisation délibérée du chauffage et de la climatisation

- Évitez de garder les fenêtres et les portes ouvertes lorsque le chauffage ou la climatisation est en marche
- Pendant les longs arrêts et les virages, gardez les portes avec gâche fermées ou coupez le chauffage ou la climatisation
- Le chauffage nécessite 13,5 kW à des températures extérieures situées entre -4° C et + 4° C (exemple de Salzbourg)
- Les nouveaux trolleybus ont des systèmes de chauffage et de climatisation automatiques



Pratique de conduite - Partie 2



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

actuate



Conseils sur la partie pratique de la formation avancée II

- Même itinéraire que pour la partie 1
- Même séquence de chauffeurs que pour la partie 1
- Rendre les conditions réalistes aussi semblables que possible à celles de la partie 1 (si possible)
- Un comportement de conduite intégrant les informations enseignées dans la section théorique
- Répétez les mesures d'énergie afin de comparer une potentielle réduction de la consommation d'énergie par rapport à la 1ère session pratique



Aspects de sécurité des trolleybus



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

actuate



Action si le pantographe est déconnecté du fil de contact

- Arrêtez-vous immédiatement, mais en tenant compte des passagers
- Mettez votre veste de sécurité avant de quitter le trolleybus
- Une inspection visuelle doit être faite du pantographe et du fil de contact
- Les pratiques suivantes sont interdites :
 - Toucher une perche de trolley alors que l'autre est toujours connectée
 - Toucher des parties branchées du véhicule et du fil de contact
 - Grimper sur le toit du trolleybus
- L'interrupteur principal doit être débranché avant de connecter le pantographe
- En cas de panne, il faut informer le centre de contrôle ; attendez les instructions du centre de contrôle ; un rapport écrit doit être soumis



Action si le fil de contact est endommagé

- Faites très attention si des parties du fil de contact pendent !
- Le chauffeur du premier trolleybus à arriver sur les lieux a pour responsabilité de sécuriser la zone s'il existe un risque pour les autres usagers de la route
- Il est interdit de toucher des sections du fil de contact qui pendent
- Si un véhicule est en contact avec des sections du fil de contact qui pendent, il faut demander au centre de contrôle de couper immédiatement l'alimentation
- Si nécessaire, les passagers doivent attendre à l'intérieur du véhicule jusqu'à l'arrivée du service de réparation d'urgence
- Si un incendie se déclare, il faut demander au centre de contrôle de couper immédiatement l'alimentation. Si ce n'est pas possible, les passagers doivent sauter du trolleybus afin d'éviter les arcs électriques, et la surface de la route doit être isolée en y posant des matériaux appropriés (des vêtements secs, par exemple) lorsque les passagers sortent du véhicule



Panne et surcharge de l'alimentation

- Si une coupure de courant empêche la poursuite du voyage, utilisez la vitesse du véhicule, c'est-à-dire son élan, et garez le trolleybus afin de ne pas gêner la circulation
- Le frein de stationnement doit être appliqué afin d'éviter que le trolleybus ne bouge
- Les pantographes doivent être déconnectés
- Les trolleybus disposant d'un système de propulsion auxiliaire doivent continuer leur parcours en utilisant ce moyen altératif
- Des coupures de courant répétées dans un très court laps de temps peuvent signifier que l'alimentation est surchargée
- Continuez à conduire en faisant très attention et évitez d'accélérer en même temps
- Coupez les systèmes de chauffage et de climatisation
- Conformez-vous à une éventuelle coordination des départs par le centre de contrôle



NB !



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

actuate



Les 3 règles de l'écoconduite

■ Règle de sécurité

Toutes les autres règles sont subordonnées à la règle de la sécurité

■ Règle de ponctualité

La ponctualité est essentielle pour des lignes publiques régulières et signifie quitter un arrêt ni trop tôt ni trop tard

■ Règle d'optimisation des coûts

L'écoconduite signifie diminuer le plus possible la consommation d'énergie et réduire l'usure subie par le véhicule tout en respectant les règles de sécurité et de ponctualité



Comportement de conduite économe en énergie avec des trolleybus

■ Les 5 règles d'or de l'écoconduite

- (1) Accélérer rapidement
- (2) Évitez toujours de maintenir une vitesse constante
- (3) Maximiser le roulement tout en respectant les horaires
- (4) Éviter les freinages inutiles et utiliser dans la mesure du possible le frein électrique sans usure permettant une récupération de l'énergie
- (5) Utiliser de manière réfléchie le système de CVC si celui-ci n'est pas mis automatiquement en mode de fonctionnement optimal



Fin



Merci de votre attention



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

56

actuate

