

Le trolleybus, un véhicule d'avenir... et d'actualité !



Sommaire de ce dossier :

• Les avantages de la traction électrique	... p. 1
• Les succès du trolleybus en Europe	... p. 2
• Le trolleybus à Grenoble : propositions de l'ADTC et position du SMTc	... p. 2
• Trolleybus du futur » : il risque d'arriver trop tard	... p. 2 – 3
- de l'idée au projet	... p. 2
- du prototype à la production en série	... p. 3
• Les problèmes spécifiques à la propulsion électrique sans fil	... p. 3 - 4
• Batteries :	... p. 3
- autonomie et poids	... p. 3
- durée de vie : coût d'amortissement	... p. 3
- puissance de crête	... p. 3
• Super-condensateurs et biberonnage :	... p. 4
- les sous-stations : dimensionnement et surcoûts	... p. 4
- vulnérabilité aux défaillances électriques	... p. 4
• Piles à combustible :	... p. 4
- pertes énergétiques de la filière hydrogène	... p. 4
- stockage d'hydrogène et sécurité	... p. 4
• Conclusions	... p. 5
• ANNEXE : ILLUSTRATIONS	... p. 6 - 11

Le tramway est plébiscité depuis sa réintroduction à Grenoble en 1987. Ses deux caractéristiques fondamentales, le rail et la traction électrique, lui confèrent des qualités unanimement appréciées de rapidité et de confort. Toutefois, implanter une plate-forme ferroviaire en zone urbaine est une contrainte assez lourde, pouvant poser problème dans certains sites très contraints, et pas forcément justifiée, selon la fréquentation prévisible. C'est là le domaine de prédilection du trolleybus, plus léger, mais qui conserve toutes les performances de la traction électrique comme les tramways.

Les avantages de la traction électrique¹

• Pas de gaz d'échappement, une propulsion silencieuse et confortable

Tous les riverains profitent de ces avantages. Diminuer les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants est un enjeu très important dans une agglomération comme Grenoble, où les transports constituent la première source de pollution. Enfin, au niveau global, en privilégiant les sources d'électricité les moins polluantes, on peut améliorer le bilan carbone d'une flotte de véhicules en passant à la traction électrique².

Le gain de confort par rapport à une propulsion thermique (*absence de secousses lors des changements de vitesse, 3 à 5 fois moins de bruit qu'un bus à moteur thermique*) est très apprécié par les passagers.

• Moteur électrique et alimentation filaire ont une longue durée de vie

La longévité de ce matériel (*20 à 30 ans pour les trolleybus, contre 10 à 12 ans pour les bus Diesel*) permet de réduire les coûts de maintenance et de renouvellement. Il arrive que les moteurs électriques soient réutilisés sur les châssis de la génération suivante, comme cela a été fait à Lyon. Les lignes aériennes et les sous-stations d'alimentation, lorsqu'elles ont été bien faites comme c'est le cas à Grenoble, sont aussi robustes : durée de vie de l'ordre de 40 ans.

• Une meilleure vitesse commerciale grâce à la puissance électrique du réseau de lignes aériennes

Les lignes aériennes alimentant les trolleybus répartissent la puissance sur tout le réseau. Cela permet de disposer en chaque point d'une puissance instantanée élevée au meilleur prix, très utile dans les côtes, ou lors des fréquents redémarrages — *après chaque arrêt de la ligne, mais aussi après chaque carrefour à feu ou perte de priorité*. Les trolleybus ont de ce fait une meilleure « vitesse commerciale » que les bus Diesel. Ils peuvent aussi avoir une capacité plus importante : jusqu'à 200 passagers.

Le temps de trajet est diminué : c'est un argument essentiel pour attirer de nouveaux usagers vers les transports en commun. En outre, à qualité de service égale (*nombre de passages de bus par jour sur la ligne*), avoir une

¹ <http://adtc-grenoble.org> > Documentation : Pour un trolleybus moderne dans l'agglomération grenobloise (2005)

² Voir graphique montrant la consommation d'énergie des trams, trolleybus et bus en annexe page 6.

meilleure vitesse commerciale permet de **réduire le coût d'exploitation**. Ce sera encore plus vrai quand le prix des carburants repartira à la hausse, une tendance inéluctable à moyen terme. Or, le président du SMTC le rappelle régulièrement, et à juste titre : la maîtrise des coûts d'exploitation est un enjeu crucial pour le développement des transports en commun.

Le succès du trolleybus en Europe ³

Après leur introduction à Berlin, les trolleybus ont conquis de nombreuses lignes, et comme le tram, après un relatif abandon, ils connaissent maintenant un regain d'intérêt. Les réseaux de trolleybus modernes utilisent des véhicules d'une capacité variant de 95 à 200 passagers (*standard, articulé, ou bi-articulé tri-caisse*).

Plus de 10 000 trolleybus sont en circulation en Europe, et 348 villes dans le monde exploitent des trolleybus. Un nombre croissant de villes françaises et européennes convertissent progressivement leur parc de bus Diesel en trolleybus: Lyon (*7 lignes*), Limoges, Saint-Etienne, Genève (*6 lignes*), Lausanne, Zürich, Rome, Gênes, Parme, Milan, Athènes, Solingen, Eberswalde, Salzburg, Innsbruck... Plusieurs villes françaises ont des projets d'extension ou d'implantation de lignes de trolleybus : Valenciennes (*30 km*), Lyon (*20km*), Nancy ⁴ (*12 km*), Lorient (*11 km*) et Saint-Etienne (*11km*). Ces projets bénéficient d'un soutien dans le cadre du plan de relance national.

Lorsqu'un exploitant transforme une ligne de bus en ligne de trolleybus, même sans changement du nombre de véhicules desservant la ligne, **la fréquentation augmente de 10 à 30%**, sous l'effet combiné du meilleur confort, du gain de vitesse commerciale, et du fait que l'itinéraire du trolleybus, matérialisé par les lignes aériennes d'alimentation, devient visible pour les passants. ⁵

Le trolleybus à Grenoble : propositions de l'ADTC et position du SMTC

Jusqu'en 1999, les **lignes 31 et 32 de la SemiTAG** ³ étaient desservies par des trolleybus. L'essentiel du réseau d'alimentation est encore en place et devra être complété en réaménageant quelques tronçons démontés. L'évolution des normes sur les lignes électriques ne rendent pas l'équipement existant obsolète
→ voir exemple + photo page 10.

Compte tenu des avantages des trolleybus par rapport aux bus Diesel, l'ADTC a demandé au SMTC de **réintroduire rapidement des trolleybus, en commençant par ces 2 lignes**, comme à Lyon, où les TCL remettent en service la ligne de trolleybus 44 qui était exploitée en bus Diesel depuis une dizaine d'années.

Sur le fond, le SMTC affirme partager notre avis quant à l'intérêt du trolleybus. Mais il souhaite prendre le temps d'étudier d'autres options possibles, de type « *trolleybus sans fil* » ou bus électriques. Pourtant, des lignes aériennes existant déjà, l'investissement trolleybus serait très facile à amortir à Grenoble.

D'autre part, le service départemental de sécurité incendie a récemment demandé le démontage de 6 tronçons de ligne aérienne de trolleybus. L'ADTC a interpellé le SMTC en mettant en doute le bien-fondé de cette demande : 6 lignes de trolleybus fonctionnent à Genève et 7 à Lyon, y compris dans des rues étroites où les manœuvres sont plus délicates pour les pompiers. L'ADTC note d'ailleurs que le service départemental de sécurité incendie n'a pas demandé la dépose :

- de fils de tramway (*600 V continu, comme les trolleybus*), même dans certaines rues du centre ancien où il y a peu de place pour manœuvrer
- des nombreuses guirlandes lumineuses (*220 V alternatif*) qui tapissent le ciel de certaines rues

Si les pompiers doivent intervenir le long d'une ligne, il est toujours possible, pour qu'ils le fassent dans de bonnes conditions de sécurité, de couper le courant immédiatement depuis le poste central de circulation de la TAG. Dans ce cas, les trolleybus sont équipés d'un petit groupe électrogène ou d'un moteur auxiliaire leur permettant de se déplacer à vitesse réduite.

Dans l'immédiat, l'ADTC insiste pour que le SMTC et les communes **préservent scrupuleusement le patrimoine de lignes aériennes**. Le démantèlement des tronçons encore réutilisables coûterait entre 1 et 2 M€ (millions

³ Voir illustrations en annexe

⁴ A Nancy, ce choix est lié à l'abandon du « TVR ». Voir § *Trolleybus du futur* page 3, alinéa « La pré-série »

⁵ Une récente enquête de Kéolis montre que la majorité des usagers n'utilisent pas couramment les plans des réseaux.

d'euros). Les Grenoblois ne comprendraient pas qu'on dépense tout cet argent pour détruire un équipement dont, à ce jour, **absolument rien ne prouve qu'il deviendra inutile**.

« Trolleybus du futur » : il risque d'arriver trop tard

Les enjeux de développement durable nous imposent de **réduire de plus de 3% par an nos émissions de gaz à effet de serre... dès d'aujourd'hui !** Or, le développement d'un produit jusqu'au stade de la desserte régulière est un processus très exigeant au niveau industriel, car il concerne des véhicules fonctionnant sans discontinuer, 12 à 16 heures par jour, pour transporter un grand nombre de personnes.

Il s'écoule souvent **plus d'une décennie** entre le lancement d'une idée innovante, et son entrée en service régulier, ou son abandon. C'est d'ailleurs le délai annoncé par le laboratoire du CEA Grenoble impliqué avec le SMTc dans des recherches sur les bus électriques. Explication :

- **De l'idée au projet** : délai très variable selon que les technologies en jeu sont déjà maîtrisées et exploitées, ou pas encore. Au moins 2 ans.

Les premiers travaux sur la pile à combustible à hydrogène datent de la fin des années 60...

- **Le prototype** : tests et mises au point. Durée de cette phase : typiquement 2 ans.

Importance de cette étape : en 1994, en pensant gagner du temps, on avait imposé au fabricant de sauter l'étape « prototype » et de livrer directement aux Régions plus de 400 rames TER X72500. Résultat : taux de pannes très supérieur à la moyenne des autres trains, entraînant de graves perturbations de la régularité des TER pendant des années, et un surcroît de travail et de dépenses pour la maintenance.

- **La présérie** : évaluation de l'ergonomie et de la fiabilité en conditions réelles, correction des défauts, ou abandon du dispositif. Durée de cette phase : 2 à 3 ans.

Exemple à ne pas reproduire : le fiasco du « TVR » à Nancy et Caen. Les défauts de la présérie n'ont pas pu être corrigés. Les pannes récurrentes coûtent 2,6 M€ / an à Nancy, sans compter l'impact des nombreux retards et d'une vitesse commerciale réduite. Le fabricant a arrêté la production des TVR. Nancy va passer au trolleybus ou « THNS », trolleybus à haut niveau de service.

- **La série** : souvent 2 à 3 ans entre la présérie et les suivantes, si les étapes précédentes sont concluantes.

Exemple : même pour des technologies parfaitement maîtrisées comme les trains électriques, les Régions ont révisé le cahier des charges en 2008, commandent des rames en 2009, et recevront la livraison en 2012.

Les « trolleybus sans fil » n'ont à ce jour pas dépassé le stade du prototype, et aucun fabricant n'a publié les données « sensibles » sur l'efficacité énergétique et la durée de vie des prototypes. Les seuls bus électriques en exploitation ont une petite capacité (≈ 20 places) et une autonomie restreinte (≈ 100 km).

Sans nier à Grenoble sa légitimité pour participer au développement de futurs véhicules électriques plus performants, il serait extrêmement risqué d'attendre 10 ans —ou plus— l'hypothétique mise sur le marché de futurs « trolleybus sans fils ».

Grenoble doit montrer l'exemple en s'engageant dès aujourd'hui dans la conversion de lignes de bus Diesel en lignes de trolleybus.

Problèmes spécifiques à la propulsion électrique sans fil

Les véhicules électriques posent plusieurs problèmes sérieux. Alimenter un véhicule sans fil oblige à embarquer un dispositif de **stockage d'électricité** : batterie, super-condensateurs, combustible de la pile à combustible, et ne dispense pas des recharges intermédiaires au niveau des sous-stations (*dispositif dit « de biberonnage »*)

• Batteries

La capacité des accumulateurs est au mieux 0,15 kWh par kg pour les modèles les plus performants (*batteries au lithium*), et des limitations physiques empêcheront de monter beaucoup plus haut en ratio énergie / masse. Leur durée de vie est actuellement limitée à environ 1000 cycles de charge-décharge. Conséquences :

→ Autonomie

A ce jour, seuls de petits bus (*capacité moyenne 20 passagers*) roulent sur batterie. L'exploitant doit pouvoir faire rouler un bus toute la journée, soit, selon les lignes du réseau TAG, 150 à plus de 300 km. Une

autonomie de 300 km pour un bus standard exigerait **au moins 3 tonnes** de batteries⁶. On ne peut pas charger de telles masses sur le toit, et les exigences d'accessibilité PMR doivent conduire à généraliser les bus à plancher bas : l'installation des batteries se ferait aux dépens de l'espace alloué aux passagers.

→ Durée de vie

Le nombre de 1000 cycles charge-décharge serait atteint en environ 3 ans de service. Or, changer les batteries tous les 3 ans équivaldrait à **doubler le coût du véhicule tous les 9 ans !**

→ Puissance de crête

Les batteries pourraient fournir l'énergie pour rouler à la vitesse de croisière, mais ne supporteraient pas les pics de puissance nécessaires aux démarrages, à moins de sacrifier la vitesse commerciale en imposant des **accélérations faibles**. Pour ne pas avoir à surdimensionner les batteries (*trop lourdes...*), il faudrait employer des super-condensateurs et/ou des tronçons avec fils d'alimentation (*dispositifs dits de « biberonnage » pour les recharges intermédiaires*) en plus des batteries.

• Super-condensateurs et biberonnage

Les super-condensateurs supportent mieux les pics de puissance que les batteries, mais en contrepartie, ils se déchargent en quelques dizaines de secondes. Du fait de leur structure (*membrane microporeuse*) qui limite la tension maximale, il faudrait des cellules comportant près de 300 super-condensateurs en série pour alimenter un moteur électrique de bus standard. Conséquences :

→ Faible espacement entre sous-stations :

Pour pouvoir recharger les super-condensateurs, on peut estimer qu'il faudrait des sous-stations environ 5 fois plus rapprochées que pour les trolleybus classiques, et ces sous-stations devraient être dimensionnées pour une puissance de crête d'autant plus élevée que la durée de charge désirée sera courte. Cela les rendrait plus coûteuses en investissement (*sous-stations sur-dimensionnées et nombre plus élevé*) et en fonctionnement (*le coût de l'électricité augmente proportionnellement à la puissance de pointe*). Il n'est pas exclu que le recours à la technique de biberonnage **multiplie par 5 à 10 le coût d'investissement et le coût de fonctionnement des sous-stations**⁷.

En outre, ce dispositif de biberonnage pourrait obliger le bus à prolonger ses arrêts même lorsqu'il n'y a plus de passagers à prendre ou déposer.

→ Vulnérabilité aux défaillances électriques :

La gamme de tension supportée par un super-condensateur obligerait à en installer environ 300 en série pour alimenter un bus électrique. Le claquage d'un condensateur, en rendant plus facile le passage du courant, augmenterait le risque de chauffage, donc de claquages en série. Les cellules devraient être encapsulées pour résister à ce type d'incident sans dommages pour les passagers.

• Piles à combustible

Elles ne présentent aucun intérêt pour les applications de puissance si le combustible est carboné, donc la seule option envisageable serait la pile à hydrogène, en supposant que l'on cesse de produire l'hydrogène à partir du méthane comme actuellement, pour le produire à partir d'eau.

Quelles que soient les performances espérées des futures piles à hydrogène, **elles resteront tributaires de la production et du stockage d'hydrogène**. Conséquences :

→ Pertes énergétiques de la filière hydrogène :

La dissociation de l'eau et la compression de l'hydrogène à stocker dissipent de l'énergie. De ce fait, la filière eau-hydrogène consomme environ 10 fois plus d'énergie que les piles ne peuvent en produire ! Les pertes survenant dans l'étape de dissociation de l'eau en hydrogène ne peuvent pas être réduites.

→ Stockage d'hydrogène et sécurité :

⁶ Paramètres du calcul : un bus standard consomme 38 litres aux 100 km, rendement du moteur Diesel $\approx 30\%$; batterie Li performante de rendement supposé $\approx 90\%$, et rendement du moteur électrique $\approx 90\%$. Il s'agit d'une estimation basse pour les batteries : **avec des accumulateurs au plomb, il faudrait plutôt 6 tonnes**, soit autant que la masse des passagers !

⁷ Dans une étude de l'EPFL, un test de prototype a conduit à **remplacer 1 sous-station de trolleybus classique par 7 sous-stations de « biberonnage »**, soit un surcoût d'au moins un facteur 7 pour l'installation des sous-stations. Si le trolleybus sans fil ne peut « biberonner » qu'au niveau des arrêts équipés de sous-stations, soit environ **10%** de son temps de parcours, la puissance instantanée à fournir devra atteindre environ **10 fois** celle de la sous-station d'une ligne classique. Or le coût de l'abonnement pour la fourniture d'électricité est directement proportionnelle à la puissance de crête. Si on tient compte aussi du rendement des batteries et des super-condensateurs, limité à haute puissance, on peut estimer que le coût de la consommation d'électricité risque d'être au total multiplié par 10

Pour une autonomie équivalente à au moins 120 litres de Diesel (*soit une journée complète pour les lignes de bus les plus fortes consommatrices du réseau TAG*), il faudrait stocker 520 litres d'hydrogène sous 200 bars⁸, pression habituelle de stockage du GNV. Ceci imposerait des contraintes de sécurité sévères, en particulier pour le dépôt, car l'hydrogène peut fuir et s'enflammer à l'air plus facilement que le méthane. L'utilisation d'hydrogène liquide (-253°C) serait prohibitive pour des véhicules, et le stockage dans des matrices solides —*recherches en cours*— risque de poser des problèmes similaires aux batteries lithium.

En résumé : surcoûts par rapport au trolleybus filaires

Avec les solutions « sans fils », la **consommation d'électricité des trolleybus augmenterait d'au moins 50%** (voire plus pour les piles à combustibles), du fait des pertes dans les batteries, les super-condensateurs, ou les piles et la production de leur combustible. Ces pertes sont toutes plus importantes que celles du réseau électrique.

La prise en compte du **cycle de vie des composants** conduirait également à une augmentation de la dépense énergétique et des coûts d'amortissement. Ce surcoût peut être estimé à un **facteur 2 tous les 10 ans pour un bus électrique à batteries**, par rapport au trolleybus filaire.

Enfin, le biberonnage obligerait en outre à augmenter très significativement le nombre et la puissance nominale des **sous-stations**. Ceci induirait des **coûts d'investissement et de fonctionnement 5 à 10 fois plus élevés** par rapport aux sous-stations classiques qui alimentent les réseaux de trolleybus filaires.

En conclusion, on peut prévoir que le choix de bus électriques sans fil sur des lignes à relativement forte fréquentation induirait chaque année des dépenses supplémentaires importantes, sans aucun gain de performance par rapport à un trolleybus classique.

Conclusion : l'avenir se prépare aujourd'hui, avec le trolleybus !

Le SMTC doit s'impliquer dans des travaux d'évaluation objective de la faisabilité et du rapport performances / coût des technologies présentées ci-dessus, mais **sans hypothéquer le redéploiement du trolleybus sur les lignes où l'infrastructure existe déjà**.

Il est trop risqué d'attendre l'émergence d'une solution « **trolleybus sans fils** » innovante, qui ne sera pas opérationnelle au stade industriel avant une dizaine d'années, et qui aura, selon toutes probabilités, une moins bonne efficacité énergétique, des performances insuffisantes par rapport aux contraintes d'exploitation, et des **coûts d'investissement et de fonctionnement bien supérieurs à ceux d'un trolleybus classique**.

Il faut commencer à réintroduire rapidement des trolleybus sur les lignes 31 et 32.

Le développement de **technologies innovantes pour les véhicules électriques** pourrait déboucher plus facilement sur la création d'une flotte de petits camions chargés de **livrer les marchandises aux commerces** à partir d'une plate-forme logistique située aux portes de la ville. Optimiser les livraisons de marchandises, et réduire la pollution due aux poids-lourds, sont deux objectifs du Plan de Déplacements Urbains.

Contrairement aux trolleybus, ces camions électriques ne suivraient pas toujours le même itinéraire, et ils feraient naturellement, plusieurs fois par jour, des arrêts de plus longue durée pour charger les marchandises, ce qui permettrait de recharger leurs batteries dans de meilleures conditions, sans entraîner de surcoûts aussi élevés.

→ L'ADTC appelle donc le SMTC :

- à court terme, à proscrire le démantèlement des lignes aériennes existantes, et à programmer rapidement la réintroduction du trolleybus sur les lignes 31 et 32
- à moyen terme, à étudier quelles autres lignes du réseau TAG pourraient bénéficier d'une conversion bus → trolleybus
- en vue d'une évolution à plus long terme, à participer à des recherches sur les véhicules électriques innovants, pour améliorer les livraisons de marchandises, un objectif inscrit dans le PDU mais pour lequel on ne dispose pas encore de solution

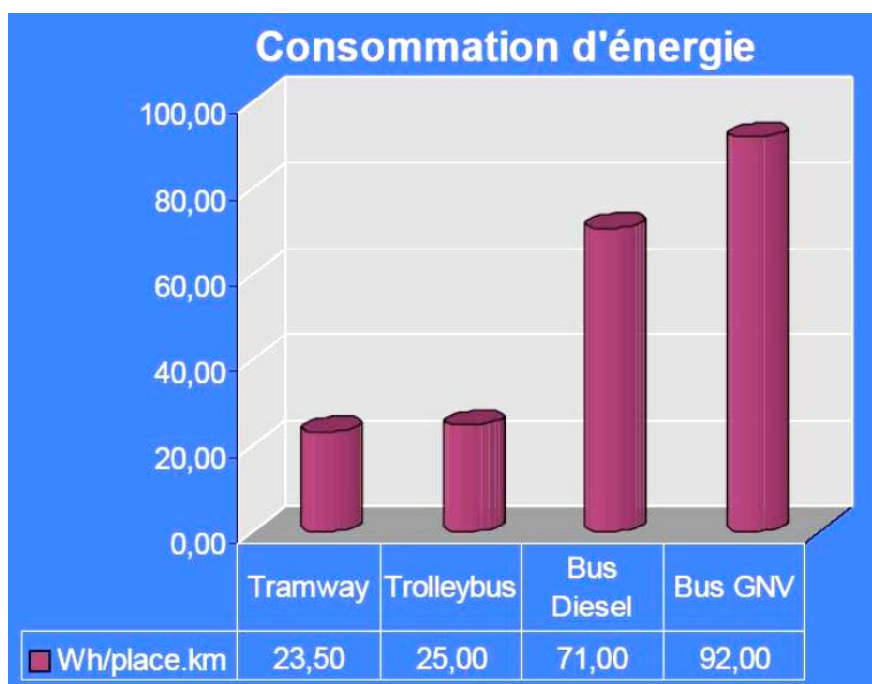
⁸ Paramètres du calcul : consommation 38 litres aux 100 km pour un bus standard, rendement du moteur Diesel ≈ 30% ; rendement du moteur électrique ≈ 90% ; rendement de la pile supposé ≈ 90%. Il s'agit d'une estimation basse pour la consommation d'hydrogène. Pour mémoire, 1 TEP ≈ 42 GJ ≈ 11,7 MWh et 1 litre d'essence ≈ 0,89 kg. La recombinaison hydrogène + oxygène restitue 280 kJ par mole d'hydrogène.

ANNEXE : illustrations

Itinéraire des bus 31 et 32, les 2 lignes de la TAG équipées de fils pour l'alimentation de trolleybus .

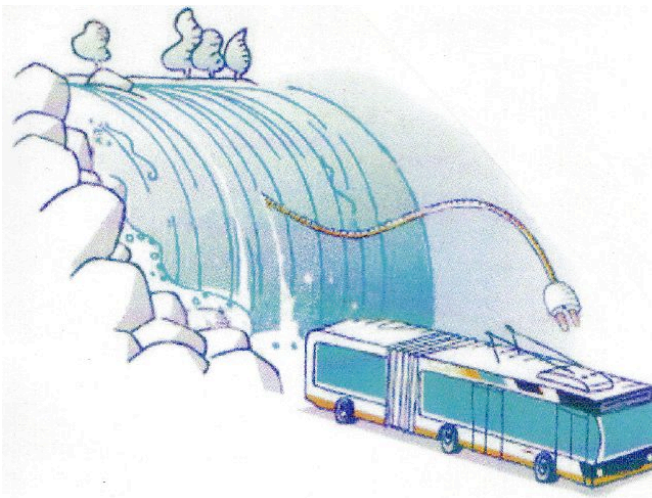


Consommation d'énergie par passager et par km en tram, trolleybus, et bus (source : EDF). Pour plus de détails, voir le dossier « Pour un trolleybus moderne dans l'agglomération grenobloise », téléchargeable sur <http://adtc-grenoble.org> > Documentation >> Dossiers thématiques



Les photos de **J.M.Guétat – ADTC Grenoble** peuvent être reproduites, aux seules conditions de citer la source et de ne pas en faire d'usage commercial.

Les Transports Publics Genevois communiquent sur la traction électrique propre : « nos trolleybus roulent à l'eau ». Photo J.M. Guétat, ADTC Grenoble ; dessin : affiche des TPG



Trolleybus modernes à plancher bas

A Limoges. Photo J.M.Guétat, ADTC



A Lyon. Photo B.Thaller - railfaneurope.net



Trolleybus articulés modernes à plancher bas. A gauche : la version trolleybus des bus articulés de la TAG, en service dans une ville tchèque. A droite, un trolleybus des TCL à Villeurbanne. Ces 2 photos sont libres de droit sous réserve d'utilisation non commerciale.

Photo : auteur non identifié, site Wikipedia tchèque.

Photo V. de Morteau, site Wikipedia



Un trolleybus articulé à plancher bas, à Milan. En Italie, le trolleybus s'appelle « **filobus** », le bus à fil. Photo libre de droit Spasmiler, Wikipedia.



Trolleybus articulé à Milan.
Photo libre de droit Spasmiler - wikipedia "Trolleybus".

Les méгатrolleybus : trolleybus bi-articulés pouvant transporter 192 passagers, en service dans 4 villes suisses, dont Genève. Photo : J.M. Guétat, ADTC Grenoble



Un des dix
trolleybus double articulé
HESS KIEPE VOSSLOH,
construit en 2005,
(24,69 mètres, 192 + 1 places).
Photo : Jean-Marie GUÉTAT

Ligne 32 à Grenoble : dépose d'un tronçon de ligne aérienne en avril 2008 (*photo J.M.Guétat – ADTC Grenoble*).
Une délibération autorisant la dépose de 6 autres tronçons a été adoptée par le SMTC.



Normes de sécurité incendie exigeant la dépose : comment font les autres villes ?

Pompiers en action à proximité immédiate d'une ligne aérienne de trolleybus dans une ville tchèque (*photo : Pavel Troller, <http://trolejbus.cz>*)



Les lignes aériennes du trolleybus 31 et 32 de la TAG ne sont plus aux normes, les fils sont trop bas ?

Les normes ont évolué, la hauteur réglementaire est passée de 5,5 à 6 m, et le matériel doit faire l'objet de contrôles périodiques.

Mais **la nouvelle norme n'est pas rétroactive**, les lignes existantes peuvent continuer à fonctionner. De plus, au besoin, il est possible d'abaisser la hauteur des fils en-dessous de la hauteur normale, comme c'est le cas pour la ligne de tram à Grand Place depuis 2001 (hauteur sous la ligne : 3,9m). *Photo J.M.Guétat, ADTC Grenoble.*



« Gêne visuelle » justifiant la dépose ?

Le long d'une ligne de trolleybus à Lyon : où est la « gêne visuelle » ? *Photo J.M.Guétat*



Place des Terreaux à Lyon :

la technique d'ancrage sur façades permettent de poser de grands tronçons de ligne aérienne sans poteaux (*ici 80 m*), pour ne pas nuire à l'esthétique de ce **site classé au patrimoine mondial de l'UNESCO...** et desservi par **des trolleybus !** *Photo J.M.Guétat – ADTC Grenoble*

