

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 67 (1976)

Heft: 14

Artikel: Passé, présent et perspectives d'avenir du trolleybus

Autor: Manzoni, S.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915190>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Passé, présent et perspectives d'avenir du trolleybus

Par S. Manzoni

629.113.62

Après une période de déclin, le trolleybus semble avoir retrouvé une deuxième jeunesse. L'autobus étant le principal concurrent, l'article présente une comparaison autobus-trolleybus basée sur des résultats d'exploitation. Il présente, d'autre part, quelques aspects du trolleybus dit unifié UST. L'avenir du trolleybus ne paraît menacé par aucun des nouveaux systèmes de transport.

Nach einer Phase des Rückganges scheint der Trolleybus einen erneuten Aufschwung zu erleben. Da der Autobus der wichtigste Konkurrent ist, bringt der Aufsatz einen auf Betriebsergebnissen beruhenden Vergleich zwischen Autobus und Trolleybus. Ferner werden einige Aspekte des Einheitstrolleybus UST beschrieben. Die neuen Transportsysteme scheinen die Zukunft des Trolleybus nicht zu gefährden.

1. Le passé

Le trolleybus a roulé pour la première fois le 28 avril 1882 à Halensee (Berlin). Ce n'est cependant qu'au début de ce siècle que furent inaugurées les premières exploitations dont le nombre devait atteindre son maximum durant les années 1950. A ce moment, plus de 10 000 véhicules étaient en service dans environ 500 villes appartenant à 43 pays. En Suisse, le trolleybus a tardé quelque peu à s'implanter. La première exploitation moderne, celle de Lausanne, date de 1932; la dernière, celle de Schaffhouse, de 1966. Le début des années 1940 est la période qui a vu naître le plus grand nombre de réseaux.

Les années 1950 marquent un tournant dans l'histoire des transports en commun urbains avec l'apparition du phénomène automobile privée dans toute son ampleur et avec toutes ses conséquences: diminution du pourcentage des déplacements assurés par les transports en commun, manque d'intérêt de la part de la collectivité et des pouvoirs publics pour les transports urbains. Ces années marquent aussi le début d'une période d'environ 20 années durant laquelle le nombre de trolleybus en service a baissé dans tous les pays à l'exception de la Suisse et de certains pays de l'Est. En 1953, il y avait en Grande-Bretagne 3800 trolleybus, le dernier trolleybus a disparu en 1971.

La prolifération de l'automobile avec son cortège de nuisances, les nouvelles exigences des consommateurs pour tout ce qui touche à la qualité de la vie, la forte augmentation du prix du pétrole ainsi que les problèmes liés à la diversification des sources d'énergie sont les causes principales qui ont fait que, dès 1970, on a assisté à un lent mouvement vers la réhabilitation des transports en commun. Les nouveaux systèmes de transport, dont on parle depuis plus de 10 ans, n'ayant pas donné de résultats probants jusqu'à présent, l'effort de réhabilitation des transports urbains se fait essentiellement en améliorant les systèmes existants et en particulier le trolleybus.

2. Le présent

Dans les pays de l'Est, le nombre total des trolleybus produits est en constante augmentation. Durant les dix dernières années, la Tchécoslovaquie a produit 450 trolleybus en moyenne par an.

La Suisse, qui compte actuellement 18 exploitations de trolleybus, est le premier pays occidental qui a décidé de renouveler et agrandir le parc de trolleybus existants. Depuis 1972, 145 trolleybus représentant plus du 35 % du parc existant ont été commandés. La grande majorité de ces véhicules sont du type dit «unifiés UST» (UST = Union des Entreprises Suisses de Transports Publics). Ces véhi-

cules [1]¹⁾, dans leur version articulée (fig. 1 et 2) et à 2-essieux (fig. 3), sont le fruit d'une fructueuse collaboration entre les constructeurs mécaniciens et électriciens suisses et plusieurs entreprises de transport urbain. Cette collaboration a permis de définir un véhicule qui soit le meilleur compromis possible entre les idées et les exigences des différents exploitants. Une standardisation importante a été recherchée et trouvée, spécialement au niveau de l'équipement électrique de traction, du châssis et des organes de roulement. Outre un prix de revient plus faible du fait de la série importante, cette standardisation permet aux entreprises de transport d'échanger entre elles, si nécessaire, les principaux composants et organes électriques et mécaniques (pièces de rechange).

Des trolleybus «unifiés UST» sont actuellement en service dans les villes de Zurich, Berne, Bâle, Lausanne, Genève et Neuchâtel. Ils représentent une amélioration d'un système existant avec l'introduction de quelques innovations techniques. Des démonstrations et essais ont déjà eu lieu dans plusieurs pays étrangers où ce trolleybus a obtenu la faveur des usagers et des exploitants.

Parmi les autres pays occidentaux, on note la récente décision de la France de commander à l'industrie nationale un total de 185 trolleybus à 2-essieux.

3. Comparaison économique trolleybus-autobus

On s'accorde généralement à reconnaître que la limite économique séparant les champs d'application de l'autobus et du trolleybus peut s'exprimer en fonction de la densité du trafic, le trolleybus étant plus économique pour les lignes à

1) Voir la bibliographie à la fin de l'article.



Fig. 1 Trolleybus articulé dit «unifié UST»

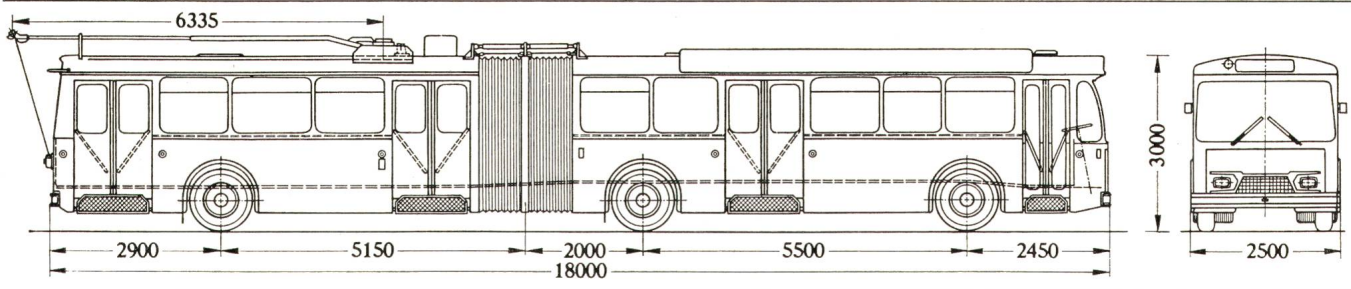


Fig. 2 Croquis d'encombrement du trolleybus selon fig. 1

forte densité de trafic. Cette limite peut s'exprimer en fonction de l'intervalle entre deux passages consécutifs et se situe généralement aux alentours de 7 min. Sa valeur augmente légèrement avec la diminution du coefficient d'utilisation des véhicules. Elle augmente aussi avec l'augmentation de la capacité des véhicules: d'après une étude effectuée en 1967 à Zurich, le trolleybus articulé est plus économique que l'autobus articulé à partir d'un parcours annuel d'environ 20 000 km; pour les véhicules à 2-essieux, la supériorité du trolleybus commence à environ 45 000 km.

Les coûts d'exploitation de l'autobus et du trolleybus dépendent d'un grand nombre de facteurs. La valeur relative de ces facteurs est différente suivant les réseaux; pour un même réseau, elle peut changer avec le temps. A cause de cela, il est très difficile d'établir des règles précises valables pour l'ensemble des entreprises de transports urbains. L'examen d'un cas particulier peut fournir d'utiles renseignements ainsi qu'une bonne base pour l'étude d'un autre cas à condition de prendre garde d'en généraliser les résultats sans faire intervenir tous les facteurs correctifs.

Comme cas particulier, on prendra la Compagnie Genevoise des Tramways Electriques (CGTE) qui exploite des tramways, des trolleybus et des autobus. Dans le rapport de gestion de l'exercice 1974, on trouve les principales caractéristiques du réseau de trolleybus et du réseau d'autobus (tableau I) ainsi que les coûts et les produits de chacun de ces deux types de véhicules (tableau II).

On voit que les coûts de l'énergie sont très proches. Ils se basent sur un prix moyen de l'énergie électrique de 0,08 fr./kWh et un prix moyen du gas-oil de 0,40 fr./l. En se basant sur les coûts par km et sur les prix de l'énergie et du carburant, on obtient pour le trolleybus une consommation moyenne par véhicule de 2,68 kWh/km et pour l'autobus une consommation moyenne par véhicule de 0,55 l/km de gas-oil.

Du tableau II, on voit que le coût total au km était en 1974 pratiquement le même pour le trolleybus et pour l'autobus. L'évolution du coût au km pour les deux types de véhicules est particulièrement intéressante. Les indications du tableau III extraites des rapports de gestion des années

1960 à 1974 montrent que la différence du coût d'exploitation entre le trolleybus et l'autobus a constamment diminué.

Quand on compare les charges totales du trolleybus et de l'autobus, il y a lieu d'examiner soigneusement les frais d'entretien des véhicules. Ces frais ne dépendent pas seulement du type du véhicule, trolleybus ou autobus, mais aussi de l'âge du véhicule et de la conception de sa partie mécanique et électrique. Les frais d'entretien d'un véhicule moderne sont nettement plus bas que ceux d'un véhicule conçu il y a quelques années. Avant la mise en service des trolleybus «unifiés UST», l'âge moyen du parc des trolleybus en Suisse était plus élevé que celui des autobus. Pour tirer des conclusions valables, il faut donc ramener les comparaisons à des véhicules de même niveau technologique.

4. Equipement électrique

Une des innovations techniques importantes des trolleybus «unifiés UST» réside dans l'équipement électrique. Dans ces trolleybus, l'équipement électrique traditionnel avec rhéostat de démarrage a fait place à un «hâcheur». Ce dispositif utilise des thyristors rapides à commutation forcée qui alimentent le moteur de traction à collecteur en courant hâché. Le hâcheur apporte plusieurs avantages par rapport à l'équipement électrique traditionnel.

D'après des mesures effectuées sur des trolleybus en service, le hâcheur permet de réaliser une économie de 15 à 20 % d'énergie selon les conditions du trafic urbain. Cette énergie, qui est égale à la moitié de l'énergie nécessaire pour faire accélérer le véhicule, est celle qui est habituellement

Principales caractéristiques des réseaux de la CGTE Tableau I

	Trolleybus	Autobus
Longueur des lignes (km)	32	192
Nombre de véhicules	70	166
Voyageurs transportés	24 164 000	29 311 000
Kilomètres parcourus (km)	3 010 328	5 915 140
Voyageurs par km et véhicules	8,03	4,95

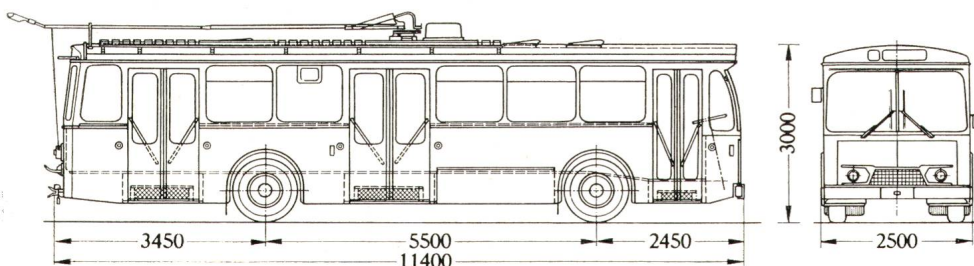


Fig. 3 Croquis d'encombrement du trolleybus à deux essieux du type «unifié UST»

dissipée dans le rhéostat de démarrage des équipements électriques traditionnels.

D'après des statistiques de plusieurs réseaux suisses, la répartition des frais d'entretien des trolleybus sur divers organes est celle du tableau IV. Le remplacement d'organes électromécaniques (contacteurs), soumis à usure, par des semi-conducteurs (thyristors), non soumis à usure, permet d'abaisser les coûts d'entretien de l'équipement électrique. Le réglage continu des efforts de traction et de freinage, en éliminant les à-coups de couple, permet d'abaisser les coûts d'entretien du châssis, de la transmission et de la carrosserie.

5. Comparaison globale trolleybus-autobus

Toute comparaison entre le trolleybus et l'autobus doit considérer, en plus des aspects d'ordre économique, les critères suivants:

- Comportement dans l'environnement: bruit, vibrations et concentration de la pollution. A cet égard, la supériorité du trolleybus est indéniable.

- Approvisionnement énergétique: Le trolleybus présente une grande indépendance vis-à-vis de la source d'énergie primaire. La source d'énergie de l'autobus est seulement le pétrole, alors que celle du trolleybus peut être indifféremment et simultanément le pétrole, le gaz naturel, le charbon, l'eau (énergie hydraulique) ou l'uranium (énergie nucléaire).

- Economie des produits pétroliers: Le pétrole étant une ressource non renouvelable et dont les réserves sont limitées, on devrait restreindre son utilisation dans les applications où il a des substituts, comme c'est le cas pour les transports urbains.

Le rapport annuel 1974 de l'UST donne des indications intéressantes sur l'importance du trolleybus et de l'autobus sur le plan suisse. Le tableau V est tiré de la statistique suisse des transports de l'année 1973 et se réfère, en grande partie, aux entreprises membres de l'UST.

6. Perspectives d'avenir

Les perspectives d'avenir du trolleybus sont étroitement liées à l'avenir des transports collectifs urbains. La nécessité d'effectuer des économies d'espace et des économies d'énergie impose le développement des transports collectifs.

Les embouteillages que connaissent nos villes sont le signe que l'on a atteint la saturation des rues. L'unique solution pour répondre à l'augmentation des déplacements est de mieux utiliser la place disponible. A parité de surface occupée sur la chaussée, la capacité de transport d'un trolleybus est plus de cinq fois supérieure à celle de la voiture privée.

L'importance de l'énergie, en particulier du pétrole, et le caractère limité des ressources imposent que toutes les énergies soient utilisées le plus rationnellement possible. Au nombre des possibilités d'économie de l'énergie la limitation des transports individuels au bénéfice des transports en commun n'est pas négligeable.

Pour de nombreuses années encore, le développement des transports collectifs dans les villes existantes se fera sans doute avec les systèmes classiques: métro, tramways, trolleybus et autobus. Les systèmes nouveaux ne semblent avoir d'avenir que pour les villes nouvelles.

Le métro s'impose dans les très grandes villes où il est actuellement en pleine expansion. Le tramway est intéressant quand la demande dépasse 2000 à 3000 places à l'heure. A Genève, où il ne subsiste plus qu'une seule ligne de 8 km de long, le nombre de voyageurs transportés par le tram

Coûts et produits par kilomètre virtuel parcouru, en Fr. Tableau II

	Trolleybus	Autobus
<i>1. Frais de personnel</i>		
Administration	0,174	0,181
Exploitation (conducteurs)	2,029	2,150
Entretien des installations	0,114	0,024
Entretien des véhicules	0,708	0,794
<i>2. Frais de choses</i>		
Dépenses générales	0,263	0,181
Entretien des installations	0,205	0,062
Entretien des véhicules	0,185	0,385
Energie et carburant	0,214	0,222
Autres consommations des véhicules	0,047	0,063
<i>3. Amortissement et charges diverses</i>		
Amortissement des installations	0,274	0,059
Amortissement des véhicules	0,268	0,217
Amortissement d'autres valeurs	0,027	0,021
Frais de capitaux	0,079	0,112
Divers	0,130	0,138
A. Charges totales	4,717	4,696
B. Produits totaux	3,853	2,959
C. Excédents des charges	0,864	1,737

Comparaison du coût au km

Tableau III

Année	Trolleybus Fr./km	Autobus Fr./km	Rapport trolleybus, autobus
1960	2,541	1,885	1,35
1964	2,766	2,190	1,26
1967	3,196	2,793	1,14
1973	4,422	4,429	1,0
1974	4,717	4,696	1,0

Répartition des frais d'entretien des trolleybus en %

Tableau IV

	Main d'œuvre	Fournitures
Moteur de traction	5	5
Châssis	35	39
Transmission	2	5
Equipement électrique de traction	19	17
Services auxiliaires	14	14
Equipement à air comprimé	8	8
Peinture	2	2
Carrosserie	15	10
Total	100	100

Trolleybus et autobus en Suisse

Tableau V

	Trolleybus	Autobus
Nombre d'entreprises	18	22
Longueur totale des lignes (km)	303	1144
Nombre de véhicules	683	1006
Voyageurs transportés (Mio)	210	193
Produits (Mio Fr)	89,6	89,9
Charges (Mio Fr)	103,9	123,2

représente environ 25 % du total des voyageurs transportés par le CGTE.

Le trolleybus a sa place sur la plupart des lignes dont le débit ne justifie pas le tramway. Il devrait se placer entre le tramway et l'autobus, ce dernier devant avoir son utilisation limitée aux lignes à faible trafic, aux longues lignes suburbaines, aux lignes nouvelles à itinéraire incertain et aux services occasionnels.

Bibliographie

[1] R. Kaller, K. Vollenwyder et S. Manzoni: Trolleybus unifiés équipés de hacheur électronique. Revue Brown Boveri 61(1974)12, p. 531...539.

Adresse de l'auteur

S. Manzoni, S.A. des Ateliers de Sécheron, case postale 40, 1211 Genève 21.

Technische Mitteilungen – Communications de nature technique

Energie-Umformung – Transformation de l'énergie

Batterien und Akkumulatoren: Gegenwart und Zukunft

621.352 : 621.355
[Nach Don Mennie: Batteries: today and tomorrow. IEEE spectrum 13(1976)3, S. 36...41]

Die bisherige Entwicklung von Batterien und Akkumulatoren ist durch Stetigkeit gekennzeichnet. Das Ziel der Miniaturisierung ist bei den Batterien schon weitgehend erreicht. Auch Akkumulatoren in Kleinausführung sind verfügbar. Dagegen steckt die Entwicklung hochenergetischer Akkus noch in den Anfängen und wird wohl erst tief in den 80er Jahren zu den gewünschten Resultaten führen.

Dank der Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten und der niedrigen Kosten bewährt sich die über hundertjährige Leclanché-Zelle mit Zinkanode. Der Nachteil der Säure führte zur Entwicklung von Batterien ähnlicher Energiedichte mit alkalischen Elektrolyten, die oft in Knopfform gebaut und z. B. für Hörgeräte verwendet werden. Von besonderer Bedeutung für die Technik der Digitaluhren war die Entwicklung von Silberoxyd-Batterien kleinster Abmessungen, mit denen eine einjährige wartungsfreie Laufzeit möglich wurde. 6...10fach höhere Energiedichte (Wh/kg) erwartet man in Zukunft von neuen Technologien, z. B. von Lithium- sowie Zink-Luft-Batterien.

Bei den Akkumulatoren dominieren seit vielen Jahren der Bleiakku und der etwas teurere Nickel-Cadmiumakku mit entsprechend grösserer Lebensdauer. Die Entwicklung der letzten Jahre führte zu versiegelten, also wartungsfreien Akkus. Wesentlich höhere Energiedichten müssen erzielt werden, wenn der dringende Wunsch in Erfüllung gehen soll, Akkumulatoren in grossem Umfang für Elektrofahrzeuge, ja sogar für die Energiespeicherung in öffentlichen Netzen verwenden zu können. Die Forschung wird in den USA sowohl von der ERDA (Energy Research and Development Administration) als auch von den Elektrizitätswerken gefördert. Sie läuft in sehr verschiedenen Richtungen bezüglich Elektroden und Elektrolyt. Einen möglichen Weg scheinen verschiedene Systeme für hohe Betriebstemperaturen (200°–300 °C) zu zeigen, z. B. auf der Basis von Schwefel-Natrium oder Schwefel-Lithium. *Eb*

Elektronik, Röntgentechnik, Computer Electronique, radiologie, ordinateurs

Mikroprogrammierung und Nanoprogrammierung

681.326.32
[Nach G. F. Casaglia: Nanoprogrammierung vs. Microprogrammierung. Computer Vol. 9(1976)1, S. 54...58]

Im folgenden wird der von R. F. Rosin definierte Begriff Nanoprogrammierung mit der als Mikroprogrammierung oder Firmware bekannten Technik verglichen. Dazu die folgenden Definitionen:

- Instruktion: eine Bit-Kombination, die direkt von der Steuerlogik einer fest verdrahteten Maschine oder vom Mikroprogramm einer ebensolchen Maschine interpretiert wird
- Mikroprogramm: eine Sequenz von Mikroinstruktionen

- Mikroinstruktion: eine im Steuerspeicher gelagerte Bit-Kombination zur Steuerung der Prozessor-Hardware
- Mikrooperation: eine einfache Hardware-Instruktion, wie z. B. Addition, Verschieben, Abspeichern usw.
- Mikrozyklus: Steuerzyklus zum Aufsuchen und Ausführen einer Mikroinstruktion

Die horizontale Mikroprogrammierung arbeitet mit Wortlängen von 40...120bit, Mehrfachoperanden und einer sehr kurzen Ausführungszeit. Bei der vertikalen Mikroprogrammierung be-

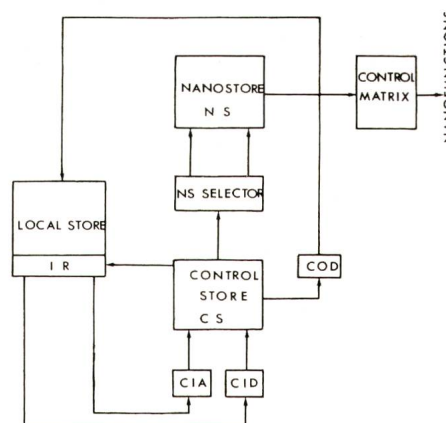


Fig. 1 Aufbau der QM-1-Maschine

Local Store	= Lokalspeicher
IR	= Instruktionsregister
Nanostore NS	= Nanospeicher
NS Selector	= Nanospeicher Vorwahl
Control Store CS	= Steuerspeicher
COD	= Output-Bus (Leitung)
CID	= Input-Bus
CIA	= Adress-Bus
Control Matrix	= Steuer-Matrix
Nanofunctions	= Nano-Funktionen

trägt die Wortlänge 16...20 bit, die Abarbeitung erfolgt in mehreren Schritten, und die Ausführungszeiten sind relativ lang. Zu Versuchszwecken wurde die Nanodata QM-1-Maschine (Fig. 1) gebaut. Der Lokalspeicher umfasst 32 Register, deren eines (IR) die am häufigsten verwendeten Mikroinstruktionen enthält. Der Steuerspeicher umfasst 2k-16-bit-Worte und der Nanospeicher 256 342-bit-Worte. Der Instruktionsablauf umfasst: Addiere 1 zum Lokalspeicher, verschiebe diesen Wert in den Steuerspeicher und suche die entsprechende Mikroinstruktion und mit deren Hilfe ein 342-bit-Wort aus dem Nanospeicher.

Der Vergleich der hier angewandten Technik mit der Mikroprogrammierung zeigt, dass die horizontale Mikroprogrammierung vergleichbare Merkmale aufweist und derjenigen Technik entspricht, mit welcher die verfügbare Hardware am besten ausgenutzt wird.

Die weitere Entwicklung geht dahin, die Maschinen stufenweise aufzubauen: Stufe 0 die reine Hardware, darüber horizontale Mikroprogrammierung und höhere Stufen komplexer Software, wovon die einfachste als Firmware bezeichnet werden kann. *Ch. Pauli*