Le véhicule et sa propulsion

Autor(en): **Jufer, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **64 (1973)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915545

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Le véhicule et sa propulsion [1])

Par *M. Jufer*

629.1

L'évolution des transports urbains a été dominée par un nombre restreint de combinaisons de solutions voie-véhicule-sustentation-propulsion qui ont fait leurs preuves. Des critères de fiabilité, de sécurité et de durée de vie ont été prépondérants dans le choix de ces conceptions. Par ailleurs, l'impératif de conduite du véhicule par un homme a provoqué, progressivement, une augmentation de la capacité unitaire au détriment de la fréquence, afin de limiter les frais d'exploitation.

A la base de tous les systèmes conventionnels, on trouve le chemin de fer et la voiture automobile. Les principales solutions relèvent des combinaisons suivantes (fig. 1):

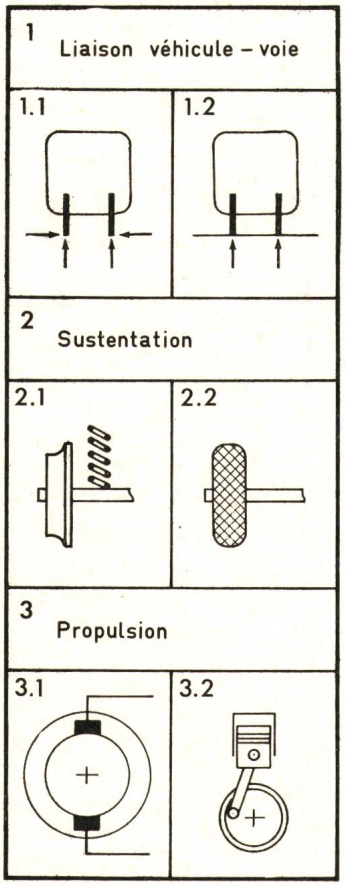

Fig. 1
Les principales solutions

1.1 Véhicule guidé par la voie
1.2 Véhicule indépendant sur route
2.1 Roues acier
2.2 Roues à pneus
3.1 Moteur à collecteur
3.2 Moteur à explosion

1. Liaison véhicule-voie
   1.1 Véhicule guidé par la voie (1 degré de liberté)
   1.2 Véhicule indépendant sur route (2 degrés de liberté)
2. Sustentation
   2.1 Roues acier
   2.2 Roues à pneus
3. Propulsion
   3.1 Moteur à collecteur
   3.2 Moteur à explosion

On obtient ainsi huit solutions de principe qui ne sont pas toutes exploitées ou exploitables. Le paramètre taille intervient également au niveau de ces combinaisons. L'évolution de la technique des transports urbains a essentiellement fait appel à des améliorations technologiques. Citons en particulier:

- les voitures en alliages légers;
- les roues acier à voile élastique;
- les alimentations courant continu à tension variable (hacheurs);
- les dispositifs à vitesse affichée, etc.

La prise de conscience des problèmes que pose le trafic de voitures privées, les impératifs écologiques et de mieux vivre ont eu récemment pour conséquence l'apparition de nouvelles solutions qui toutes excluent le moteur à explosion. C'est essentiellement la propulsion et la sustentation qui voient les solutions possibles les plus révolutionnaires. Ces divers éléments nouveaux sont cependant pénalisés par des impératifs économiques et par une inconnue au niveau de la fiabilité et de la durée de vie. La plupart d'entre eux ne présentent d'intérêt que combinés avec un système de conduite automatique. Il ne faut néanmoins pas négliger l'impact psychologique favorable de l'aspect nouveauté d'un système de transport. C'est la seule façon d'expliquer la multiplication des solutions pas toutes très rationnelles et économiques qui apparaît au stade des prototypes, aux USA en particulier. Pour certains, il semble que la nouveauté technique soit la clé du succès de l'implantation d'un système de transport.

Parmi les solutions fondamentalement nouvelles, citons principalement (fig. 2):

1. Liaison véhicule-voie
   1.3 Véhicule monorail
   1.4 Véhicule suspendu
2. Sustentation
   2.3 Coussin d'air
   2.4 Lévitation magnétique

[1]) Conférence, donné le 24 octobre 1972 à l'occasion des journées d'information «Transports urbains collectifs».

3. Propulsion
   3.3 Moteur asynchrone et convertisseur de fréquence
   3.4 Moteur linéaire

Les véhicules de type monorail et suspendu ne sont pas à proprement parler une nouveauté, mais entrent en considération par suite de l'intérêt que peut présenter une intégration de ces systèmes dans un site urbain existant.

Ces «nouvelles» solutions peuvent être combinées entre elles ou avec des solutions conventionnelles.

Parmi les prototypes les plus révolutionnaires envisagés actuellement, citons:

– le système Romag, (USA),
à guidage et sustentation magnétiques et propulsion par moteur linéaire, le tout formant un seul élément,
– le système TTI–OTIS, (USA), à sustentation par coussin d'air, guidage par pneus et propulsion par moteur linéaire,
– le système URBA, (France), de type suspendu à coussin d'air et propulsion par moteur linéaire.

Examinons de plus près ces nouveautés ainsi que leurs perspectives d'avenir dans le domaine des transports urbains.

Le coussin d'air

Développé en premier lieu pour des transports de type maritime, le coussin d'air est caractérisé par un système de mise en pression de l'air (ventilateur, compresseur) et une enceinte de répartition de cette pression. Les performances étant d'autant meilleures que cette pression est faible, la surface du coussin devra être la plus grande possible. Le système présente les avantages d'une auto-régulation, d'absorption d'irrégularités faibles à moyennes et de la possibilité de mouvements dans toutes les directions. La puissance nécessaire à l'entretien de la pression est de l'ordre de 5 kW/t. Au nombre des inconvénients, relevons la surface importante nécessaire, la fragilité des éléments constituants (lèvres), le bruit et la nécessité d'un guidage auxiliaire (roues, autres coussins d'air, etc).

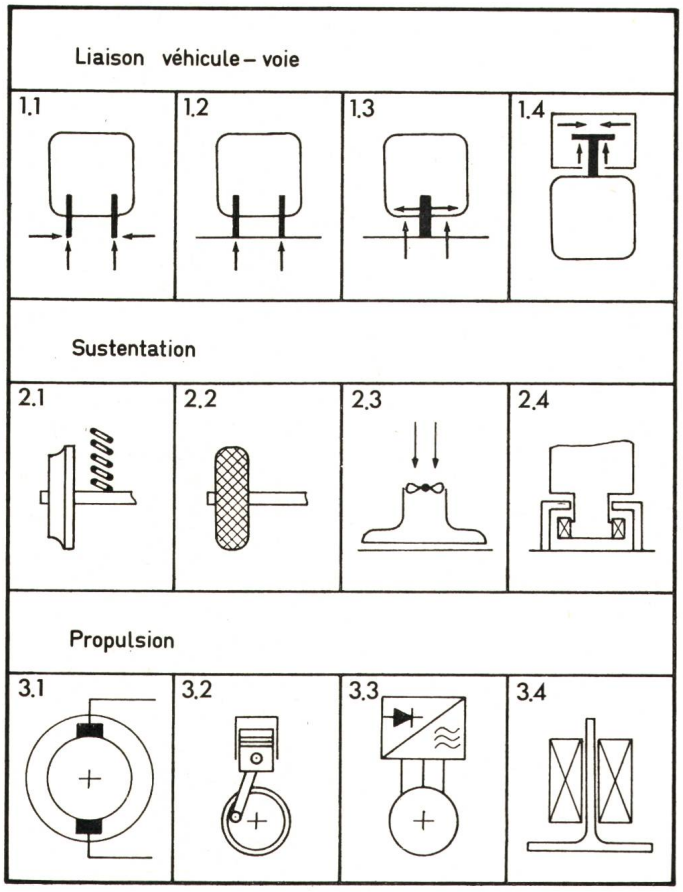

Fig. 2
Les solutions fondamentalement nouvelles

1.1 Véhicule guidé par la voie
1.2 Véhicule indépendant sur route
1.3 Véhicule monorail
1.4 Véhicule suspendu
2.1 Roues acier
2.2 Roues à pneus
2.3 Coussin d'air
2.4 Lévitation magnétique
3.1 Moteur à collecteur
3.2 Moteur à explosion
3.3 Moteur asynchrone et convertisseur de fréquence
3.4 Moteur linéaire

La sustentation magnétique

La lévitation par induction et répulsion n'est concevable que pour de grandes vitesses (supérieures à 200 km/h). Elle est auto-régulatrice, mais nécessite une excitation par un bobinage supraconducteur.

La lévitation par attraction est réalisée par l'action d'un électro-aimant (lié au véhicule) agissant sur un circuit magnétique (voie). Parmi les avantages du système, relevons sa pression importante (10 kg*/cm²), la possibilité de combinaison avec un système de guidage de même nature et le faible volume lié au véhicule. La puissance nécessaire est de l'ordre de 1 kW/t. Les inconvénients sont liés au caractère instable du système nécessitant un réglage de l'entrefer, ainsi qu'à la construction d'un élément de voie spécifique.

Bien que très attrayantes sur le plan confort, bruit et entretien, ces solutions doivent se doubler de systèmes de roues ou de patins en cas de panne. Si ces techniques sont indispensables pour les grandes vitesses, leur application aux transports urbains doit encore être sérieusement étudiée.

Dans le domaine de la propulsion, les solutions électriques présentent l'avantage décisif de la propreté et du silence. Eu égard au moteur à collecteur, les nouvelles techniques ont l'avantage de la suppression du collecteur, point faible de ce moteur, qui par ailleurs a fait ses preuves.

Le moteur asynchrone

à cage est le plus robuste et le plus simple (donc le plus économique) des moteurs électriques. Il ne nécessite aucun entretien excepté la lubrification. En revanche, l'alimentation triphasée, la capacité thermique limitée et surtout la vitesse pratiquement constante sont des inconvénients importants. La réalisation de convertisseurs statiques de fréquence permet de lever tous ces inconvénients. Un convertisseur à thyristors permet également la récupération d'énergie au freinage. Le prix en est cependant actuellement très élevé. Ces systèmes créent des phénomènes harmoniques pouvant perturber les télécommunications. L'emploi est donc conditionné par une baisse de prix qui peut être envisagée à moyen terme.

Le moteur linéaire

réunit tout à la fois un maximum d'avantages et d'inconvénients. Seules les variantes asynchrones, éventuellement synchrones, entrent en considération. Le premier avantage est la libération de toute notion de limite d'adhérence. Cet avantage apparaît aussi bien pour un fonctionnement en pente que pour un démarrage. La simplicité de construction est encore plus grande que pour un moteur à cage. De plus, l'induit présente une capacité thermique pratiquement infinie, qualité intéressante au démarrage et au freinage. Le moteur linéaire est le moyen de propulsion indispensable

pour des transports urbains avec sustentation par coussin d'air ou magnétique.

En contrepartie, le moteur linéaire présente les mêmes inconvénients que le moteur à cage. Bien que pouvant être réglé en vitesse par l'intermédiaire d'une commutation de pôles (deux ou trois vitesses) ou d'un réglage de tension, le moteur linéaire ne présentera des caractéristiques comparables à celles du moteur à collecteur seulement s'il est alimenté à fréquence variable. De plus, son rendement et son facteur de puissance sont plus faibles que celui du moteur à cage. Une bonne technique de dimensionnement peut suppléer dans une grande mesure à cet inconvénient. En dernier lieu, l'induit, qui joue également le rôle de rail de réaction, peut représenter un investissement important et pose des problèmes de guidage relatif du moteur.

Ces nouvelles solutions présentent un attrait technique certain. Plutôt que de construire un nouveau véhicule autour de l'une ou l'autre de ces variantes, nous pensons préférable de poursuivre la démarche inverse, consistant à examiner l'implantation de ces techniques dans un véhicule existant. La comparaison des performances techniques probables et des coûts devrait permettre de dégager la solution la mieux adaptée à un type d'exploitation.

Adresse de l'auteur:
Prof. *M. Jufer,* Chaire d'électromécanique de l'EPFL, 16, ch. Bellerive, 1007 Lausanne.

JOHN DOUGLAS COCKCROFT

1897–1967

ETH-Z

John Douglas Cockcroft, einer der einflussreichsten und erfolgreichsten Atomphysiker, prägte die Atomforschung und die Politik des Atomkraftwerkbaues in England. Er wurde am 27. Mai 1897 in Todmorden in Yorkshire als ältester von fünf Söhnen eines Webereibesitzers geboren. 1914 schrieb er sich an der Universität Manchester ein, wo er u. a. Vorlesungen von *Rutherford* besuchte. Die dort gewonnenen Eindrücke bewogen ihn, statt Mathematik Physik zu studieren. Nach vierjährigem Militärdienst trat er wieder ins College of Technology der Universität Manchester ein, um Elektroingenieur zu werden. 1922 erwarb er den Master of Science. Seine Lehrer rieten ihm, sich mathematisch weiter auszubilden, und empfahlen ihn zudem Rutherford. Zwei Jahre später schloss er auch dieses Studium ab. Im Sommer 1925 heiratete Cockcroft eine Jugendfreundin, die ihm im Verlauf der Jahre vier Töchter und einen Sohn schenkte.

Die Cockcrofts waren naturverbunden, wanderten viel und interessierten sich für Kunst, Baukunst und Literatur. Er selber schrieb relativ wenig wissenschaftliche Berichte; seine Stärke lag im Organisieren und in der Durchführung der Forschung.

Während seiner Tätigkeit am Cavendish-Laboratorium in Cambridge kam er im Kapitza-Club mit vielen Wissenschaftern zusammen (z. B. Bohr, Langevin, Born, Schroedinger), welche Kontakte er sehr schätzte. Angeregt durch einen Bericht aus Kopenhagen fing Cockcroft Ende 1928 mit kernphysikalischen Untersuchungen an. Er erkannte, dass es durch Bombardieren von Atomkernen mit Protonen möglich sein sollte, Kernumwandlungen zustande zu bringen. Er berechnete die hiezu nötigen Spannungen und die Wahrscheinlichkeiten des Eintreffens von Spaltungen. Darauf schlug er *Rutherford* vor, einen Protonenbeschleuniger für 300 kV zu bauen. Dieser willigte ein, nachdem er einen Kredit von 10000 Fr. erhalten hatte. Zusammen mit *Walton* arbeitete Cockcroft eine modifizierte Greinacher-Schaltung aus. 1931 richteten die beiden erstmals einen Protonenstrahl auf eine Lithium-Probe und erhielten dabei sofort helles Funkeln auf dem Zink-Sulfid-Schirm. Später gelang es ihnen, mit der Wilsonkammer nachzuweisen, dass aus dem Lithium zwei Alphateilchen entstanden waren nach der Formel

$$^{7}_{3}\mathrm{Li} + ^{1}_{1}\mathrm{H} \rightarrow ^{4}_{2}\mathrm{He} + ^{4}_{2}\mathrm{He} + 17{,}2 \cdot 10^{6}\ \mathrm{eV}$$

Diese erste künstliche Atomumwandlung (Lithium + Wasserstoff = Helium + Helium) stellt den Anfang der modernen Kernphysik und Atomenergieausnützung dar. Im gleichen Jahr entdeckte *Chadwick*, ebenfalls im Cavendish-Laboratorium, das Neutron. Diese epochemachenden Entdeckungen wirkten als Startsignal für die Entwicklung der verschiedensten Teilchenbeschleuniger (Cyklotron, Synchrocyklotron usw.).

Cockcroft lehnte Berufungen ab und wirkte weiter an der Cambridge-University. Bei Ausbruch des Zweiten Weltkrieges erhielt er militärische Aufträge, namentlich für die Entwicklung der Radartechnik. Nach Rückkehr aus den USA schlug er für die Luftabwehr radargesteuerte Geschütze vor, die zu einer Wende des Kriegsglückes zugunsten Englands führte. Mitten im Krieg begannen dann Studien zur Nutzbarmachung der Atomenergie, die sicherheitshalber in Kanada durchgeführt wurden und bei denen Cockcroft führend mitwirkte. Nach Beendigung des Krieges setzte er sich energisch dafür ein, dass auch England Atomenergieforschung betrieb. Auf seinen Vorschlag wurde das Forschungszentrum Harwell errichtet. Ihm wurde dessen Leitung anvertraut, was ihn zwang, die Leitung des im Bau befindlichen Chalk-River-Kraftwerkes und der Laboratorien in Montreal aufzugeben. Er wurde Mitglied des Atomic Energy Council, des Atomic Energy Technical Committee. Unter seiner Führung folgten dann der Bau des Reaktors in Windscale und des ersten englischen Atomkraftwerkes von Calder Hall (1956). Darauf nahm er Studien auf über schnelle Reaktoren, und als Mitglied der Atom-Energie-Behörde wirkte er als Experte in Australien, in Neuseeland und in England auf allen Gebieten der Atom- und Isotopenforschung sowie der Plasmaphysik. Er vertrat England an den internationalen Konferenzen, bei der Gründung des CERN und der Internationalen Atomenergie-Agentur in Wien. Als in Cambridge das Churchill College, eine neue Hochschule für fortgeschrittene Technologie, gegründet wurde, ward Cockcroft zum ersten Vorsteher berufen.

Am 18. September 1967 wurde Cockcroft durch den Tod aus seiner rastlosen Tätigkeit gerissen. *H. Wüger*