

TRAMWAY ÉLECTRIQUE



C'est quoi ?

Le développement des véhicules individuels et des autobus avait entraîné dans certaines villes la disparition du tramway du paysage urbain. Le développement des réseaux de transports collectifs urbains et périurbains constitue un enjeu majeur pour les générations futures. Ces réseaux doivent diminuer la congestion urbaine, désenclaver certains quartiers, soutenir l'économie et l'attractivité des villes et des métropoles tout en réduisant la pollution et les émissions de gaz à effet de serre. Ce développement passe aujourd'hui par la mise en œuvre de transports collectifs en site propre [TCSP]. Il s'agit d'un système de transport public de voyageurs, utilisant une voie ou un espace affectés à sa seule exploitation, bénéficiant généralement de priorités de circulation. Aujourd'hui les tramways et les tram-trains sont les transports collectifs en site propre qui connaissent les plus fortes expansions. Depuis sa création, diverses variantes ont émergé : Tram-train, Tramway interurbain, Tramway sur pneus, Alimentation par le sol, Tramway sur Batterie et Tramway cargo.



Tramway Twisto © Caen la mer

Comment ça fonctionne ?

L'ancêtre du tramway, dont la traction s'effectuait grâce à des chevaux, est né aux Etats-Unis, où une ligne régulière fonctionna entre le centre de New-York et Harmel, dès 1832. Les chevaux, système trop onéreux, ont été par la suite remplacés par une locomotive à vapeur puis en 1873, un système de traction par câble a été installé à San Francisco (les Cable Cars).



Cable Cars © 3 lignes encore en activité à San Francisco

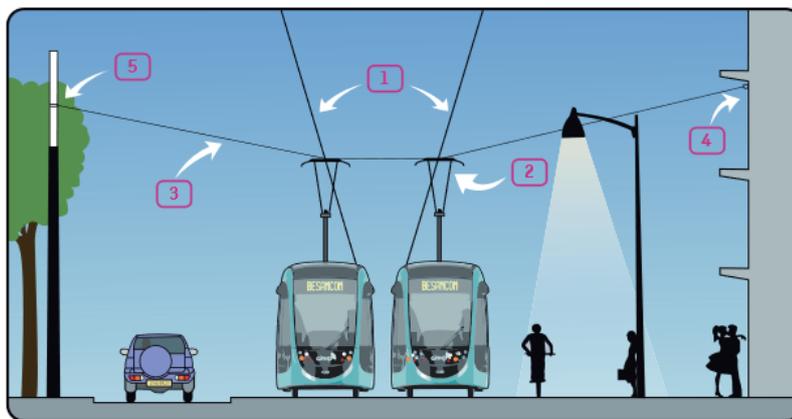
C'est à la fin du 19^{ème} siècle que s'impose le tramway électrique sous l'impulsion de l'ingénieur allemand Werner Von Siemens et de l'industriel américain Frank Julian Sprague. Cette nouvelle technologie se répand rapidement aux Etats-Unis, alors qu'il faudra attendre deux décennies pour que les villes d'Europe acceptent la prise de courant par ligne aérienne de contact. En France, les 1ères lignes de ce type fonctionnèrent à Clermont-Ferrand à partir de 1890.



Tramway électrique Clermont-Ferrand © Collection JMF.fr

Tramway électrique

Le tramway circule en ville sur des rails encastrés dans le sol. Ces rails ne présentent pas de saillies afin d'assurer la sécurité des piétons et des véhicules susceptibles de croiser ces voies. Une rame de tramway est habituellement composée de caisses suspendues situées entre deux caisses porteuses. Les caisses porteuses (motrices ou nacelles) sont articulées sur des chariots appelés « bogies ». Cette architecture permet d'améliorer les passages en courbe, de libérer de l'espace à l'intérieur des caisses et de proposer des planchers bas sur l'intégralité de la rame.



Légende

- | | |
|--|---|
| 1. Lignes aériennes de contact
ou « L.A.C. » permettant de transporter le courant (750 V) et sur lesquelles frotte le pantographe du tramway, pour lui fournir l'électricité nécessaire à son déplacement. | 3. Câble de soutien
fixé entre façades ou poteaux, il soutient les L.A.C. |
| 2. Pantographe
équipement du tramway déployable, situé au-dessus du véhicule et permettant de capter le courant. | 4. Ancre en façade d'immeuble |
| | 5. Ancre sur poteau |

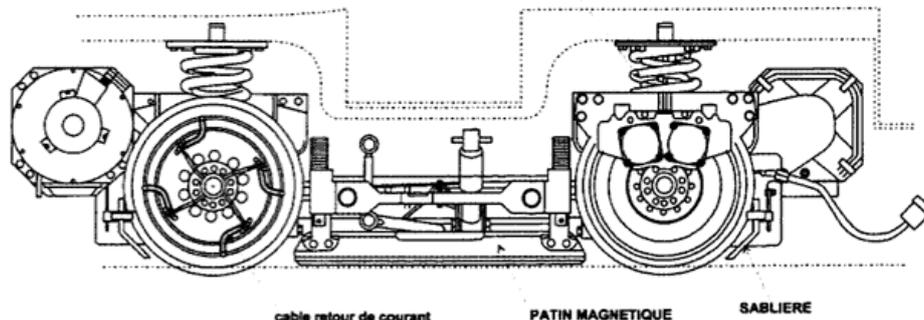
Les tramways sont conçus pour fonctionner avec une énergie électrique 750 V continu. Ils présentent de fortes capacités d'accélération et de décélération pour offrir des temps de parcours attractifs tout en desservant un maximum de stations. La vitesse maximale d'un tramway est de 80 km/h.

Les lignes aériennes de contact ou « L.A.C. » permettent de transporter le courant [750 V continu]. Les L.A.C. sont ancrées sur des poteaux qui jalonnent la plateforme. Et c'est sur ces L.A.C. que le pantographe du tramway va se frotter, pour lui fournir l'électricité nécessaire à son déplacement. Le pantographe est installé sur le toit du tramway. Déployable, c'est lui qui va capter le courant qui alimente le tram.

Comment se fait la traction de tramway

La force de propulsion qu'un moteur électrique est capable de produire résulte de l'interaction d'un courant électrique avec un champ magnétique. En effet, lorsqu'un courant électrique circule dans un fil convenablement placé dans un champ électrique, ce fil subit une force électromagnétique. Cette force est d'autant plus puissante que le champ magnétique est puissant, et que le courant est puissant. Pour cette raison, les moteurs comportent toujours des bobinages à grand nombre spires. Au lieu d'équiper les rames avec un seul moteur superpuissant, il est plus pratique de répartir la traction nécessaire sur un grand nombre de roues.

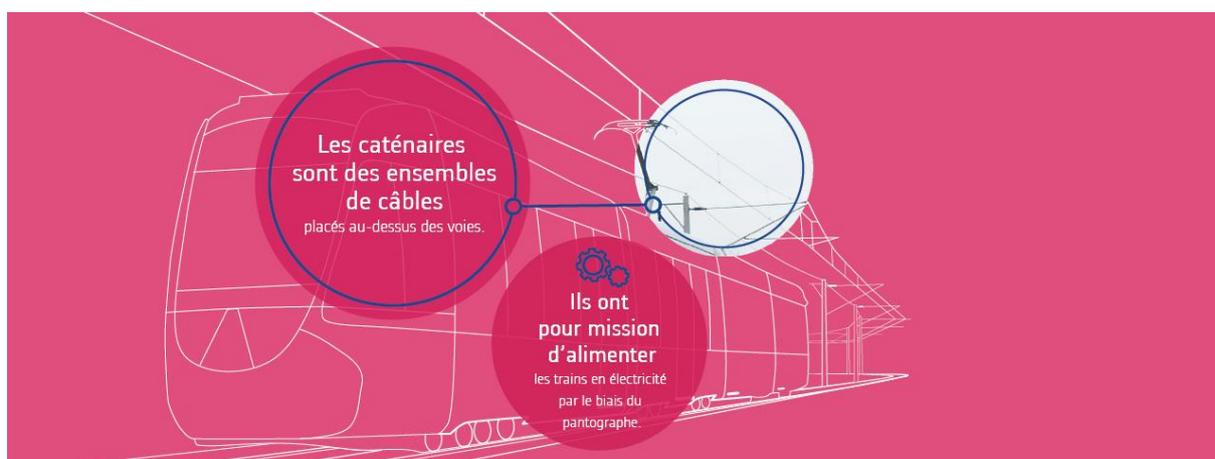
Les rames du tramway comportent 4 bogies dont 3 sont motorisés. Les bogies sont des chariots à 4 roues, situés sous le véhicule ferroviaire. Ils sont mobiles par rapport au châssis du véhicule et destinés à s'orienter convenablement dans les courbes.



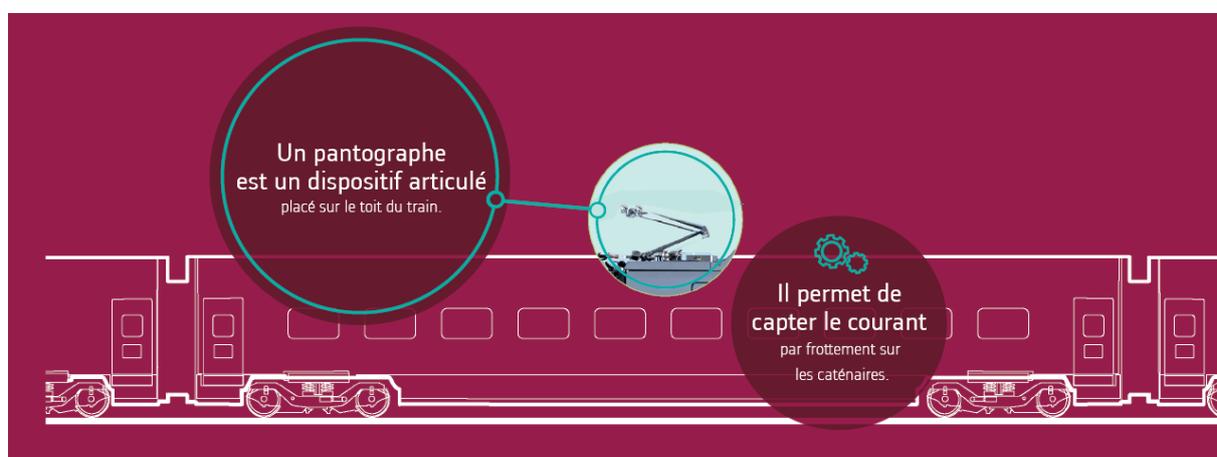
Les 4 roues du bogie motorisé sont équipées d'un **moteur électrique asynchrone**. Tous les moteurs d'une rame sont indépendants, ils sont commandés et régulés électroniquement. Ces machines peuvent également fonctionner en **générateur d'énergie électrique** ce qui a pour conséquence de les freiner [freinage dynamique].

Le fonctionnement du tramway

Les **caténares** sont un des éléments les plus connus de l'infrastructure ferroviaire, car également l'un des plus visibles. Ce sont des ensembles de câbles placés au-dessus des voies qui permettent d'acheminer le courant électrique et ainsi alimenter les trains en électricité par le biais du pantographe. Aujourd'hui, des solutions alternatives ont été trouvées pour faire circuler certains trains sans caténares. Mais le recours à ces câbles électriques n'en demeure pas moins un usage extrêmement répandu dans l'univers ferroviaire.

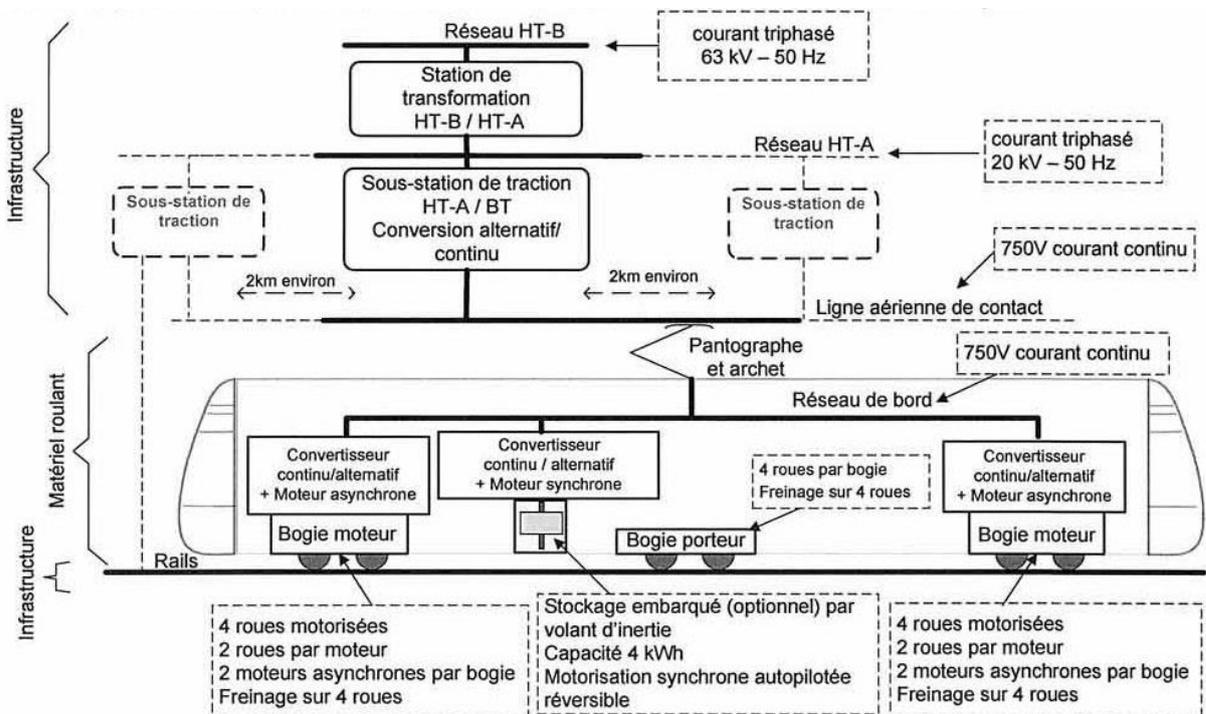
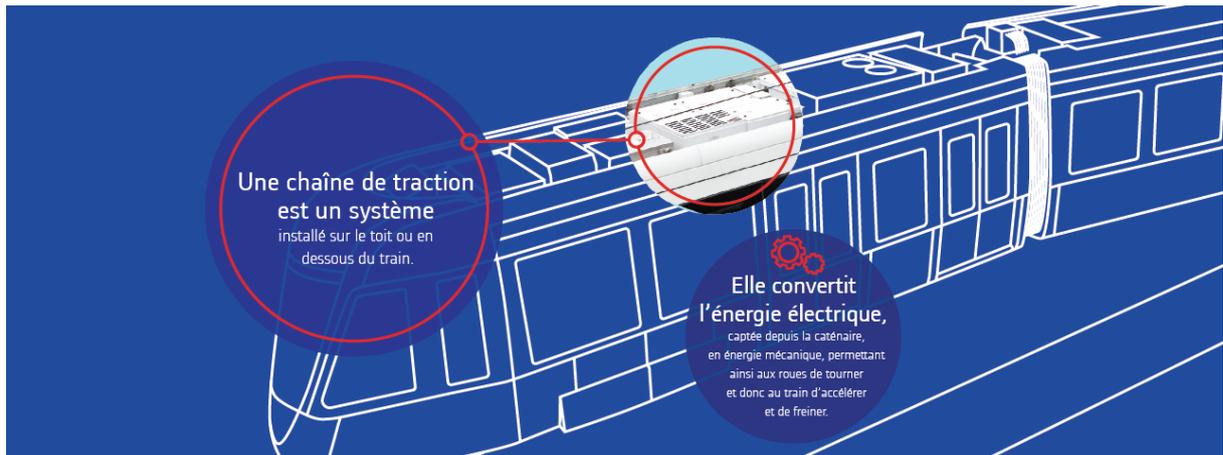


Les **pantographes** sont des composants du train. Ils sont placés sur le toit, à distance régulière, sur toute la longueur du train. Il s'agit de dispositifs articulés qui permettent de capter le courant électrique par frottement sur les caténares et de le transmettre à la chaîne de traction.



Le fonctionnement du tramway

Une **chaîne de traction** est un composant du train. Il s'agit d'un système installé sur le toit ou en dessous du train. La chaîne de traction convertit l'énergie électrique, captée par le pantographe depuis la caténaire, en énergie mécanique, permettant ainsi aux roues de tourner et donc au train d'accélérer et de freiner.



Le tram-train

Le tram-train est un véhicule dérivé du tramway, apte à circuler à la fois sur des voies de tramway en milieu urbain et sur le réseau ferroviaire SNCF pour relier, sans rupture de charge, les centres-villes et les zones périurbaines. Ces véhicules fonctionnent avec les tensions électriques des réseaux qu'ils empruntent : 750 V continu pour les villes / 25 kV 50 Hz en mode suburbain [réseau SNCF] et diesel pour les réseaux non électrifiés. La vitesse maximale d'un tram-train est de 100 km/h.



© Tram-train qui relie sur 20 km Mulhouse à Thann.

Tramway avec batterie

Les batteries constituent un système d'alimentation autonome embarqué qui permet au tramway de circuler dans les zones urbaines sans les lignes aériennes de contact, sur une distance inférieure à 1 Km, à une vitesse maximum de 30 Km/h. La recharge de la batterie s'effectue en station.

Le conducteur appuie sur un bouton lumineux pour initier l'opération permettant la séquence de transfert d'alimentation. Le pantographe qui est en contact avec la ligne aérienne s'abaisse. Le tramway est alors alimenté par les batteries situées sur le milieu du toit de la rame. Une fois la zone traversée, le conducteur appuie de nouveau sur le bouton et le pantographe se redresse. Les batteries se rechargent alors par la ligne aérienne de contact.

Les batteries alimentent les tramways sur les sections sans caténaires, évitant aux villes d'investir dans de nouvelles suspensions caténares pour étendre leur réseau.



Le marquage au sol permettant à ART de naviguer de manière autonome en phase de test.

© New China TV / CRRC Times Electric

Ce tramway sur pneu, sans rail, circule depuis 2018 dans une ville en Chine, en se dirigeant par un marquage au sol. Propulsé par batteries, ce véhicule sait rouler en mode pilotage automatique. Il peut parcourir 25 km après charge complète et rapide (en 10 minutes) de ses batteries, puisqu'il ne puise son électricité ni par les rails, ni par des caténaires. Une charge complète plus lente (effectuée au terminus ou la nuit) lui assure jusqu'à 40 km d'autonomie.

AVANTAGES

- En ligne droite, le tramway a un niveau sonore comparable à celui d'un bus électrique.
- Absence de pollution atmosphérique et d'émissions de gaz à effet de serre.
- Performances inégalées au niveau des accélérations.
- Longévité des équipements et des véhicules.
- C'est le mode de déplacement urbain qui consomme le moins d'énergie par kilomètre et par personne.
- La place du tramway est là où la fréquentation potentielle est trop importante pour être absorbée par un bus.
- La mise en site propre donne la priorité aux trams aux carrefours.
- La pollution atmosphérique est déportée vers le lieu de production de l'électricité, et diminuée lorsqu'elle est produite par des sources propre.

INCONVENIENTS

- Le tracé et les points d'arrêts sont figés et rendent son évolution difficile en fonction de la fréquentation dans l'espace et dans le temps.
- Un tram ne peut pas contourner les obstacles. Un petit obstacle peut donc bloquer la circulation du tram, et un service de bus doit être mis en place pour le remplacer.
- Le coût d'investissement est élevé par rapport au bus.
- La construction de l'infrastructure nécessite des travaux qui gênent les riverains et la circulation. Cela nécessite aussi de repenser l'aménagement des espaces publics et sa distribution.
- La vitesse est lente par rapport au métro et le débit est inférieur.
- L'impact visuel de l'infrastructure aérienne (notamment caténaire) est conséquent, particulièrement dans les villes où tous les autres fils aériens ont été supprimés.
- Le bruit (grincements, crissements) dans les tournants peut gêner les riverains et nécessite un entretien constant pour être contenu.

Pour en savoir plus :

https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/industries/ce-tramway-electrique-sans-rail-ni-catenaire-roule-deja-en-chine_AN-201902120043.html

<https://3minutesstop.alstom.com/fr/infographie/comment-faire-fonctionner-un-tramway-sans-fils/>

<https://www.science.lu/fr/electromobilite/comment-fonctionnent-les-moteurs-electriques-asynchrones>

