

Les caténaires en France

Etude de synthèse réalisée pour présenter, lors du symposium « voie », la technologie française en matière de caténaire aux spécialistes ferroviaires Chinois (MOR) à Pékin en mars 1995.

Table des matières

1. ETUDES DE CONCEPTION:	6
1.1 Partie Electrique:	6
1.2 Partie Mécanique:	6
2 ETUDES D'EXECUTION:	7
3 GESTION DU MATERIEL:	7
4 MONTAGE PROPREMENT DIT:	7
5 CONTROLE - TEST - MISE EN SERVICE - MAINTENANCE:	8

LES CATENAIRES ET LEUR MISE EN PLACE

La pose des caténaires est le résultat d'une succession de tâches. Ces tâches sont le fruit d'une accumulation d'expérience et « d'astuces » plutôt que l'application de grands principes théoriques. Elles doivent être bien organisées pour assurer un déroulement progressif et cohérent des opérations.

Pour effectuer une pose satisfaisante, il convient de bien se préparer suivant les différentes étapes ci après:

1. Etude de conception (Électrique et mécanique),
2. Etude d'exécution,
3. Gestion du matériel (Commande, vérification, contrôle),
4. Montage proprement dit,
5. Contrôle, tests, mise en service, maintenance.

Nous détaillerons chacune de ces étapes que la Société COGIFER CATENAIRE est en mesure de réaliser grâce notamment à la mise au point d'un logiciel de CAO particulièrement performant.

RAPPEL:

Tout d'abord, nous allons faire un rapide rappel sur l'évolution des caténaires dans le temps et sur quelques principes désormais retenus pour les caténaires grandes vitesses d'aujourd'hui.

- **Jusqu'en 1950**, l'alimentation électrique était réalisée en courant continu sous 1 500V.

Avantages : moteur série continu robuste ayant un excellent couple de démarrage

Inconvénient : forte section de cuivre, nécessité d'avoir 2 fils de contact de section 107 à 150 mm² en cuivre dur; porteur solide en cuivre de section 116 mm et parfois un porteur auxiliaire de 104 mm, compte tenu du poids de 5 kg/m et de la tension mécanique de 1200 daN, les tronçons sont limités à 1200 m maximum; la résistance ohmique représente 0,05 Ω/km soit pour une intensité de 2000 A (maximum) une chute de tension de 100 V/km ce qui nécessite une sous station tous les 10 à 15 km et qui limite la vitesse des trains à une valeur de 160 à 200 km/h

- **Depuis 1950**, l'alimentation électrique est passée à 25 000 V sous 50 Hz ce qui à puissance constante ($P=UI$, d'environ 6 à 8000 kW), a provoqué une baisse très importante de l'intensité. Cette baisse d'intensité a permis d'utiliser une section de cuivre plus faible et d'avoir un fil de contact plus léger; on lui a donné un nouveau profil qui assure un meilleur contact avec le pantographe et une meilleure "prise" pour les pinces. L'utilisation du point neutre relié au rail permet en outre:
 - de transporter l'énergie sous 50 kV,
 - d'utiliser l'énergie sous 25 kV.

De plus le feeder, en opposition de phase par rapport au fil de contact permet un transfert d'énergie (par rééquilibrage dans les autotransformateurs) et une réduction des éventuelles perturbations électromagnétiques. Le feeder est en aluminium-acier de 288 mm² (soit 143 mm² en équivalent Cuivre).

LES CATENAIRES ET LEUR MISE EN PLACE

Compte tenu de cette faible consommation en intensité (200 à 600 A) et de la baisse de la chute de tension, on a pu éloigner les stations d'alimentation à 50 voire 100 Km entre elles.

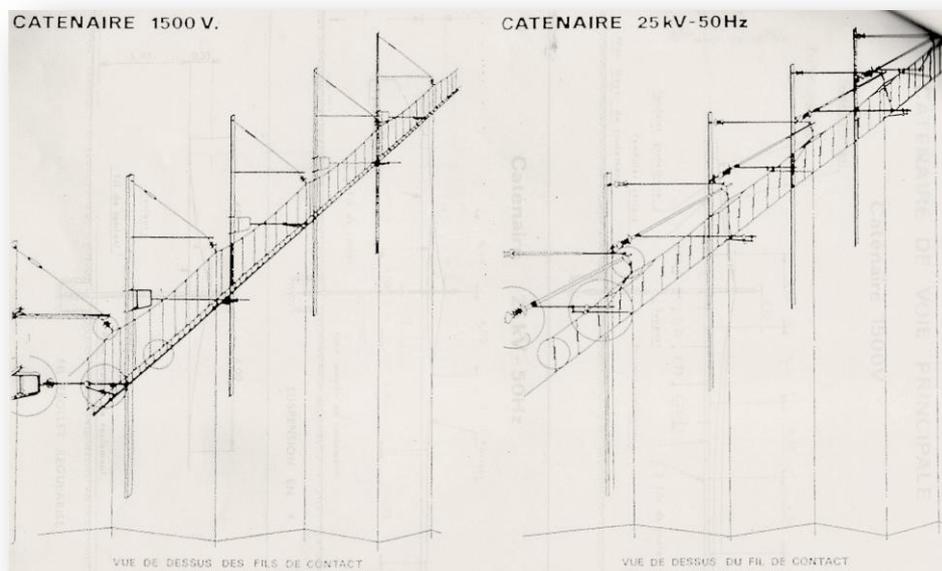
Cette tension est désormais utilisée par plus de 30 pays.

Evolution technique Caténaire

Année	Tension Electrique V	Tension Mécanique daN	Section du fil de contact mm ²	Porteur mm ²	Vitesse Maxi Km/h	Avantages	Observations
avant 1950	1500 V =	1200	107 à 150	116 + 104	120/160		2 fils de contact usure: changement/2ans sous station/15 km
1954	25 000	1000 de -20 à +50°C	107 (cuivre rond)	65 bronze étain	120	moins cher de 40% espcomt 50à100Km	1 seul fil de contact: + léger faible perte en ligne apparition d'arc pour V>200Km/h
1970	25 000	1000	107	65	200	vitesse supérieure	création du Y pour augmenter l'élasticité de la caténaire
1980	25 000	1200	107	65	225	vitesse supérieure	flèche de 1"/100 de la portée
1981 (TGV EST)	25 000	1400	120	65 (1400 daN)	270	meilleure tenue du cable	durée de vie pouvant être de 80 ans
(TGV ATL)	25 000	2000	150	65	300	gain en installation	suppression du Y conducteur avec méplat
1990 (ESSAI)	25 000	3300	150	65	515,3	vitesse supérieure	record mondial

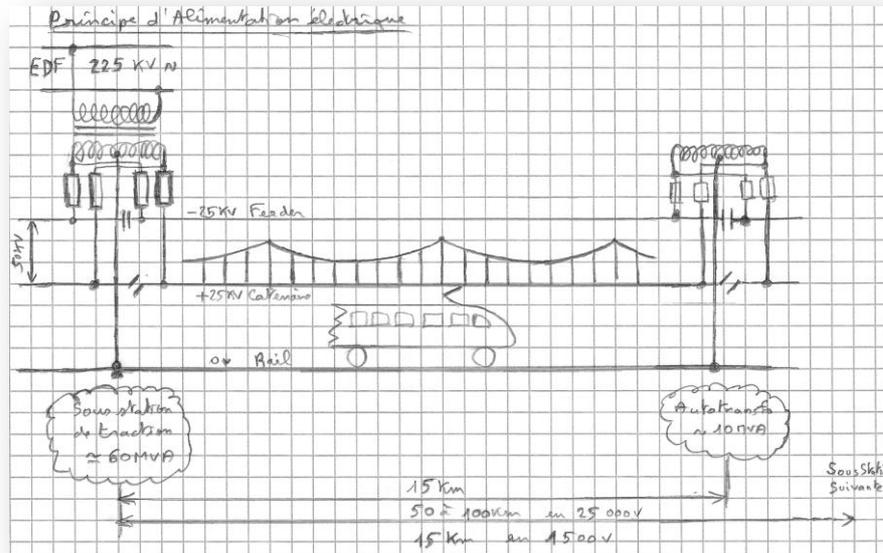
CATENAIR.XLS, M. EMONET, LE 13/04/1995

Les principales caténares utilisées :



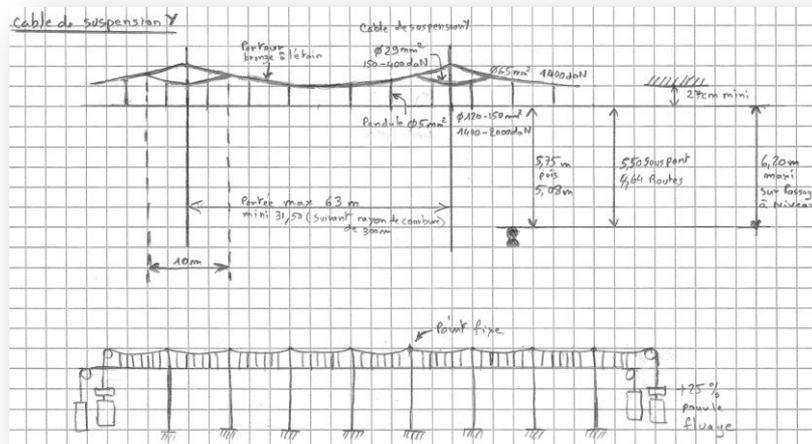
LES CATENAIRES ET LEUR MISE EN PLACE

L'alimentation électrique en 25.000 Volts

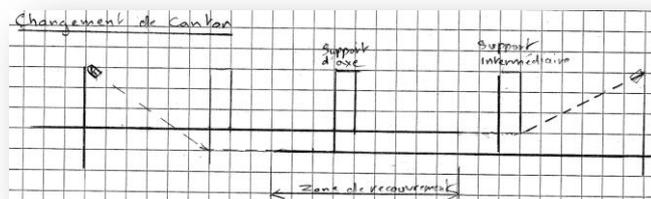
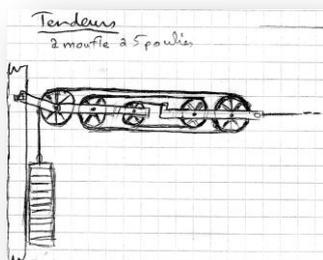


Caractéristiques des lignes :

Le fil de contact est accroché sur le porteur grâce à des pendules, pour assurer une élasticité suffisante, on suspend le fil de contact par l'intermédiaire d'un câble de suspension auxiliaire appelé « câble Y ».

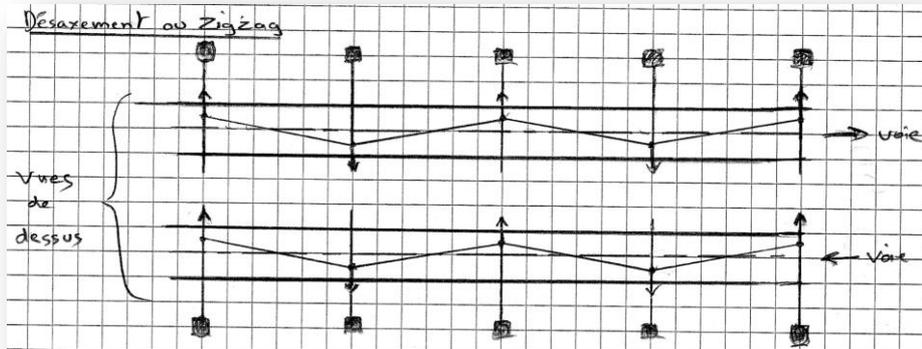


Ces différents câbles sont maintenus à des tensions de 1400 à 2000 daN grâce à des tendeurs.

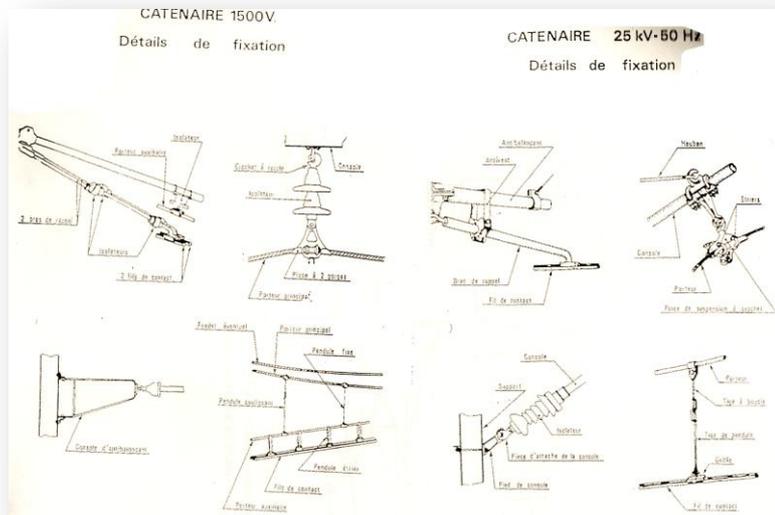
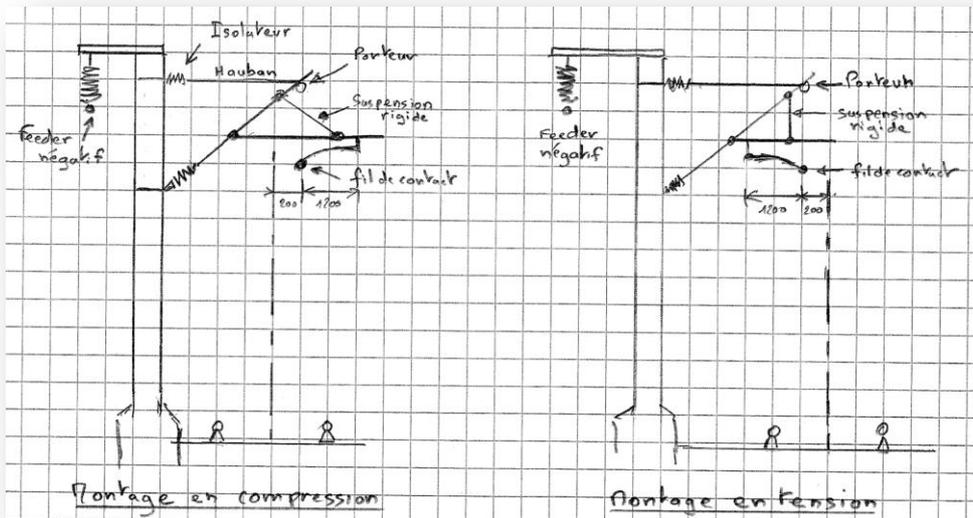


LES CATENAIRES ET LEUR MISE EN PLACE

On fait faire des « zigzag » au fil de contact à l'aide de montage alternativement en tension et en compression, pour que le pantographe n'ait pas un frottement toujours au même endroit.



L'armement se compose de plusieurs éléments :



LES CATENAIRES ET LEUR MISE EN PLACE

1. ETUDES DE CONCEPTION:

En France, les études de conception sont en général effectuées par la SNCF, à l'export COGIFER CATENAIRE peut réaliser ce genre d'étude; elles se décomposent en une partie électrique et en une partie mécanique et elles consistent en:

1.1 Partie Electrique:

- Choix du système de l'alimentation électrique:
 - nombre de sous stations,
 - répartition de l'alimentation primaire,
 - valeur de l'intensité à véhiculer,
 - emplacement des autotransformateurs,
- Critères d'appréciation:
 - nature de la ligne (profil, tracés, . .)
 - nature du matériel roulant (longueur des trains, puissance de la motrice. . .),
 - contraintes d'exploitation (trafic, évolution)
- Principes de base à prendre en compte:
 - le train doit toujours fonctionner quelles que soit les contraintes extérieures (chute de tension)
 - la répartition géométrique des conducteurs détermine l'inductance de la caténaire; l'impédance résultante en courant alternatif est 20 fois supérieure à la résistance électrique prise en compte en courant continu. La géométrie des conducteurs joue donc un rôle prépondérant.
 - l'intensité d'exploitation doit être très inférieure à l'intensité maximale autorisée. Le fil de contact ne doit jamais s'échauffer à plus de 80 °C (soit 30 à 35°C maxi autorisé par effet Joule) ce qui permet de déterminer la section des conducteurs.

1.2 Partie Mécanique:

- Architecture générale du système basée sur une expérience pratique des infrastructures.
- désaxement ou zig zag du fil de Contact pour assurer une usure régulière de la partie active du pantographe,
- pente du fil de contact limitée à 1°/100 de la portée pour assurer un meilleur contact,
- tension mécanique (actuellement généralisée à 2000 daN pour la grande vitesse) qui doit être constante quelle que soit la température (entre -20 et +50°C) pour obtenir un bon captage du courant, cette tension est obtenue en reliant tous les 1200 m les 2 câbles à des Contre poids.

Utilisation (ou non) de l'option du câble de suspension Y, le réglage de la tension mécanique est dans Ce cas très délicat (150 à 400 daN), la suppression du Y nécessite une augmentation de la section de 120 à 150 mm² ce qui permet d'augmenter la tension, il y a dans ce cas moins d'usure, le coût d'installation et d'entretien est beaucoup plus faible. (en particulier possibilité d'atteindre des Vitesses de 515,3 Km/h avec une tension de 3300 daN).

LES CATENAIRES ET LEUR MISE EN PLACE

2 ETUDES D'EXECUTION:

Il convient de donner au monteur une feuille de montage précise; pour cela il faut préparer un plan de voie qui Consiste en:

- un plan de pré-piquetage: estimation grossière des emplacements par rapport au site,
- un plan de piquetage:
 - définit les règles, la portée en fonction des rayons de courbures, la position des piquets suivant le site: pont, passage à niveau, aiguillages, buse, tuyau...
 - réalisé en fonction du savoir faire, de l'expérience,
 - règles fondamentales: il faut dans tous les cas rester dans la plage de captage électrique de 1 m sur les 1,60 m du pantographe quel que soit le vent, les virages, les ouvrages, les caractéristiques du pantographe, la nature des caténaires, la pose des voies, la précision , la géométrie, le profil en travers, les encombrements. . .
- un relevé du terrain:
 - fondation : calcul du "moment " des efforts pour chaque support en fonction de sa position par rapport à la courbe, rayon de la courbe, la portée, la hauteur du fil de contact, de l'encombrement...
 - définition du type d'armement (il existe quelques principes basés sur l'expérience qu'il convient d'appliquer) et définition des cotes de montage.
- un relevé contradictoire pour réaliser le plan de piquetage définitif.
- établissement du carnet de profil des plates-formes : caractéristiques détaillées au droit de chaque poteau.
- constitution du carnet de montage: indique au droit de chaque support le profil de la plate-forme, la position des voies, le type et la dimension des massifs, le support caténaire, le matériel d'armement, les Cotes de montages, de perçage, de pendulage (longueur), les Connexions (type...) ...
- liste de l'état du matériel prévisionnel puis réel est établie en cours d'étude et à partir des carnets de montage.

3 GESTION DU MATERIEL:

- commande au fournisseur à réaliser dès que possible car les délais d'approvisionnement sont assez longs: pour les poteaux-poutrelles compte tenu des volumes importants, et pour le fil de contact compte tenu de sa spécificité.
- visites systématiques de contrôle qualité,
- réception,
- livraison.

4 MONTAGE PROPREMENT DIT:

Succession continue de 3 ensembles de trains de travaux: train de fouilles, train de matage (manutention), et train de bétonnage.

- Les fouilles sont exécutées à partir de trains spéciaux qui possèdent une pelle mécanique équipée suivant le terrain:
 - d'une TARRIERE c'est à dire une vrille qui fait un trou cylindrique,
 - d'un godet qui fait un trou parallélépipédique

LES CATENAIRES ET LEUR MISE EN PLACE

- d'un marteau fond de trou (foreuse a percussion à air comprimé 1200 c/mn, sous une pression de 4 tonnes, temps moyen= 1/4 d'heures)(TGVA 2000 trous)
 - de micropieux suivant certains sols (trop mou ou trop dur) qui sont constitués de 3 trous de 4 à 6 m de profondeur, dans lesquels on injecte du ciment, on place ensuite un socle sur lequel le poteau est fixé.
 - Les poteaux sont positionnés par des grues, et fixés provisoirement à la base et en delta suivant les cotes précises (limité à quelques % par rapport au carnet de montage) en général à 1 cm près. Il est donné une légère contre flèche pour tenir compte de la traction du câble.
 - La base est scellée par coulage a pleine fouille d'un béton (à l'aide d'un tuyau) à 250 kg/m³, il faut en moyenne 1,6 m³ de béton.
 - Puis il est coulé un dé de protection à l'aide d'une bétonnière légère.
 - Un nouveau contrôle des cotes est assuré pour réajuster l'armement en usine (perçage, galvanisation. . .).
 - Pose de l'armement en 2 minutes grâce à l'opération précédente; sans préparation le réajustement demande beaucoup plus de temps.
 - Déroulage des cuivres à partir des wagons porte touret:
 1. Feeder avec wagon-tourelle- passerelle
 2. Caténaire " " "
 3. Pendulage/réglage par wagon plate-forme ou échelle Lorry
- 1 tir comprend 16 supports et utilise un touret de 1500 m maximum.

5 CONTROLE - TEST - MISE EN SERVICE - MAINTENANCE:

Après avoir effectué l'ensemble des mesures, pour vérifier la conformité avec les valeurs prévues (résistance ohmique, isolement,...), on procède à la mise sous tension.

Coût annuel de la maintenance:

	1 500V	25 000V
Voies Principales	21 000 F/Km	15 000 F/Km
Voies secondaires	12 800 F/Km	11 000 F/Km