

étincelles. Il se produit alors aux divers points de la rangée de charbon, où la lame quitte le balai, de petites étincelles blanches ou jaunes que l'on appelle « picotements ». La durée de ces étincelles est faible, c'est la seule raison pour laquelle leur marche en parallèle est stable. Le courant qu'elles conduisent n'a pas le temps de se déplacer.

Si l'écart de réglage augmente encore, les petites étincelles du début ne suffisent plus à le compenser, la durée, la puissance de chacune d'elles augmentent, et ce sont alors de véritables petits arcs fonctionnant en parallèle. Or, ce fonctionnement est instable, il va donc se produire une augmentation rapide de certains de ces arcs aux dépens de leurs voisins.

C'est la seconde allure du phénomène, ce sont les perles, étincelles bleues, très éclairantes, qui apparaissent en certains points seulement parmi les picotements. (Ces picotements précèdent les perles à chaque passage de lame et s'éteignent quand les perles sont formées.) Elles sont très nourries, presque aussi grosses que leur longueur et paraissent rondes, c'est pourquoi nous les désignons par « perles ».

Enfin, pour un très mauvais réglage, ou après une marche défectueuse prolongée (ce qui revient au même), la durée de

ces perles est telle que leur marche en parallèle ne peut plus subsister. Elles disparaissent alors pour laisser la place à un arc unique (à chaque passage de lame) dont la puissance est quelquefois très grande et les effets très nuisibles au collecteur et aux charbons. La détérioration rapide de ces derniers, certaines actions électro-magnétiques, font que cet arc est d'une mobilité extrême. Il se déplace sur toute la rangée de charbons, portant au rouge les points où il séjourne un petit instant. On observe d'ailleurs très souvent que cet arc ne se produit que sur une rangée, il passe ensuite à la suivante de même polarité et fait le tour complet du collecteur en un temps assez long (une ou deux heures).

La description du phénomène de production des étincelles, donnée ci-dessus, explique pourquoi les génératrices à fortes intensités où le nombre de charbons est très grand, sont plus délicates que les dynamos, plus faibles, où l'intensité totale est conduite par quelques charbons seulement. La puissance de l'étincelle dépend, en effet, du courant total de la dynamo et non pas du courant passant dans un seul charbon de cette dynamo.

(A suivre)

## Les avantages et l'intérêt de la traction à courant continu haute tension

### Le réseau départemental du Jura

La question de la traction par courant continu, ou plutôt ce qu'on est convenu d'appeler « à tension élevée », c'est-à-dire de 1.500 à 3.000 volts, est éminemment intéressante, encore beaucoup plus, peut-être, pour les chemins de fer départementaux ou — qu'on nous excuse d'employer ce vocable, secondaires [il n'entre dans ce terme aucun sens péjoratif, qu'on en soit sûr] — que pour les grands réseaux. Le courant continu est, en effet, un instrument si souple et si précieux qu'on ne saurait y renoncer que lorsque la chose est absolument nécessaire. Une tension de 1.500 à 3.000 volts, telle qu'on l'utilise aujourd'hui, assure un champ d'action tellement large, qu'aucun réseau secondaire ou départemental ne pourrait, *à priori*, rejeter comme insuffisante une telle solution.

Nous en parlons ici avec quelque orgueil régional, puisque — croyons-nous — c'est dans le Dauphiné que sont apparues les premières applications, en France, de la traction par courant continu à tension élevée, d'abord sur la ligne de tramways de Grenoble à Chapareillan, d'une longueur de 45 kilomètres, et qui fonctionne depuis 1901 avec une réelle perfection technique, à 1.200 volts, sur deux ponts (deux fils aériens à  $\pm 600$  V., et mise du milieu de l'équipement à la terre). La deuxième application, réellement capitale, de la traction électrique, a été l'emploi du courant continu à 2.400 volts sur deux ponts aériens, entre St-Georges-de-Commiers et La Mure, par l'Administration des Chemins de fer de l'Etat, exploitant cette ligne. C'est seulement, croyons-nous encore, en 1911, qu'en Amérique a été utilisé le courant à 2.400 volts sur le tronçon de Butte à Anaconda, tronçon qui constitue un embranchement de la célèbre ligne des Montagnes-Rocheuses, et qui sert à l'exploitation des non moins fameuses mines de cuivre d'Anaconda.

En France, le chemin de fer de St-Georges-de-Commiers à La Mure doit être prolongé, toujours à 2.400 volts, mais avec

un seul pont, c'est-à-dire avec la tension totale entre fil aérien et terre, depuis La Mure jusqu'à Gap.

Le réseau départemental étudié ci-après, pour être plus tard venu, n'en est pas moins intéressant ; une description fort détaillée en a été donnée par M. Robin dans la *Revue générale d'Electricité*, tome XCV, du 25 septembre 1929. Nous extrayons de cette copieuse étude, en même temps que d'un certain nombre de documents fournis sur la question, l'exposé qui suit.

### CONSTITUTION ET ROLE DU RÉSEAU RÉGIONS DESSERVIES

Cette installation, bien que de proportions modestes, est extrêmement intéressante, car elle comporte des dispositifs inédits.

Elle comprend d'abord deux lignes à profils et à tracés assez accidentés, savoir : les tronçons de Champagnole à Faucines-le-Bas et de Sirod à Boujailles.

La première ligne est raccordée d'une part à Champagnole, avec la ligne d'Andelot, Morez, La Cluse, des chemins de fer P.-L.-M., et, d'autre part, à Faucines, avec la ligne Clairvaux-Faucines de la Compagnie des chemins de fer vicinaux et celle des Chemins de fer du Doubs. Longueur de la ligne : 24 kilomètres.

La deuxième ligne du réseau a une longueur de 30 kilomètres. Partant de Sirod, elle aboutit à Boujailles, localité située non loin de Frasnès, sur la ligne P.-L.-M. de Paris à Vallorbe et Lausanne.

Quand la décision de l'« électrification » des deux lignes susvisées a été prise, le département du Jura exploitait déjà la ligne électrique de La Cluse-Morez à courant continu à 2.200 volts,

prolongement de la ligne suisse de Nyon-St-Cergues-La Cure. Les deux nouvelles lignes ont été mises en exploitation en mars 1927 et en juillet 1927.

**Sous-station d'alimentation.** — Une sous-station de transformation, sise à Sirod, utilise l'énergie en provenance des Forces motrices de la Loue, à 10.000 volts triphasés ; elle comporte deux groupes dont un de réserve, chacun de 300 KW., destiné à fournir du courant continu à 1.500 volts. Chaque groupe comporte deux commutatrices à 750 volts, à excitation compound pour permettre une légère augmentation de la tension quand la consommation augmente.

**Ligne caténaire.** — L'alimentation des lignes s'effectue au moyen d'une distribution caténaire ainsi constituée : le fil de contact en cuivre dur rainuré, de profil normal et de section 68 mm<sup>2</sup>, est suspendu à un câble en acier galvanisé de 7 fils de 2 mm., avec pendules écartés de 3 mètres. Il est renforcé par un feeder placé sur les mêmes supports et de section variable. La compensation de tension s'effectue par le système dit « à contrepoids ».

**Automotrices.** — Les automotrices doivent pouvoir démarrer sur une rampe de 40 mm., avec une rame de 50 tonnes. La vitesse ne doit pas être inférieure à 13 km/h., sur même rampe, avec

**Moteurs.** — Chaque motrice comprend quatre moteurs entraînant chacun par pignon, une roue dentée, et, par cet intermédiaire, un essieu du bogie. Les moteurs sont établis pour la tension de 750 volts, et fonctionnent en série par deux sous 1.500. En puissance unihoraire, ils peuvent donner 70 chevaux, à 750 volts et 630 tours par minute.

La puissance continue des moteurs est de 45 chevaux, à 740 tours par minute. Le rapport d'engrenages, de 15/86, pour un diamètre de roues de 950 mm. ; la vitesse est ainsi de 19,7 km/h.

Un groupe convertisseur à 220/230 volts permet l'alimentation du chauffage, de l'éclairage tant de la motrice que des remorques, du moteur de compresseur d'air, ainsi que de l'équipement de contrôle. La puissance du groupe est de 18 kW. ; circuit magnétique unique pour le moteur et la dynamo. Un groupe supplémentaire survolteur-dévolteur, adjoint au groupe convertisseur, permet d'établir une tension de manœuvre de l'équipement et d'alimentation des contacteurs, de 125 volts, à peu près constante, pour une tension d'alimentation générale variant entre 800 et 1.600 volts.

**Freinage.** — Les freins sont à main, à air comprimé, et du type électrique rhéostatique.

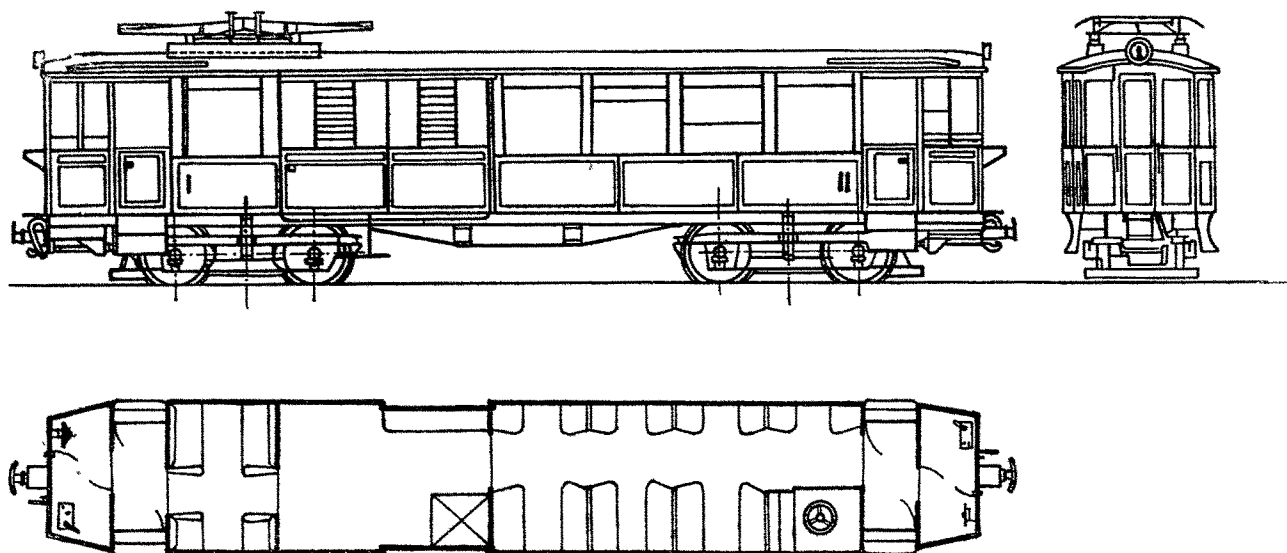


Fig. 1. — Réseau départemental du Jura : Automotrices

un train de 50 tonnes, et pour une remorque de 10 tonnes sur 40 mm., la vitesse doit être de 22 km/h. Les trains lourds pèsent en somme 80 tonnes, et les légers 40.

Les automotrices comportent deux bogies à deux essieux moteurs chacun ; les constantes des voitures sont données ci-après :

Longueur totale.....	14 <sup>m</sup> 520
Longueur totale de caisse.....	13 <sup>m</sup> 520
Largeur totale de caisse.....	2 <sup>m</sup> 210
Hauteur au-dessus du rail.....	3 <sup>m</sup> 375
Empattement des bogies.....	2 <sup>m</sup> 400
Distance d'axe en axe des bogies.....	7 <sup>m</sup> 870
Diamètre des roues .....	0 <sup>m</sup> 950
Poids de l'automotrice vide en ordre de marche.	24 tonnes
Rails Vignole, voie de 1 mètre, poids par mètre	26 kg.

La caisse comporte des compartiments de première et deuxième classes, à marchandises, et deux postes de manœuvre. La cellule haute tension se trouve dans un coin du compartiment à bagages. Le chauffage est électrique.

**Équipement de contrôle.** — L'équipement est du type à contacteurs électro-magnétiques, le démarrage s'effectuant par couplage en série-parallèle de deux groupes de moteurs.

Les contacteurs, à grande puissance de rupture, sont au nombre de 12. Ils sont installés dans la cellule haute tension. Deux moitiés de résistances de démarrage, une par chaque groupe moteur, pour le démarrage en série. Cependant, une résistance de 10 ohms a été adjointe à un groupe pour le démarrage de la seule motrice, quand un courant faible est suffisant. Cette résistance n'intervient que pour le premier cran série, et non dans la marche en parallèle.

**Appareil d'inversion.** — Cet appareil consiste en les éléments suivants : les connexions sont établies au moyen de trois cylindres ou tambours de couplage, montés sur le même bâti et disposés dans la cellule haute tension. Ces tambours comprennent :

- 1° Un cylindre inverseur pour marche AV et AR ;
- 2° Un cylindre à deux positions, soit pour la marche normale, soit pour la marche avec freinage électrique ;

3° Un cylindre avec trois positions de marche, correspondant à l'utilisation de l'un ou l'autre des groupes de moteurs, à celle des deux groupes à la fois, enfin au retrait d'un des groupes de moteurs. En cas d'avarie, ce cylindre permet de maintenir le fonctionnement du contrôleur avec deux moteurs seulement. Un contact auxiliaire, dont nous donnons plus loin le rôle, est affecté à ce cylindre.

Les cylindres 1 et 2 sont actionnés au moyen d'électro-aimants mis en action par un contrôleur-manipulateur (un dans chaque cabine de manœuvre). Le soufflage est installé sur l'appareil

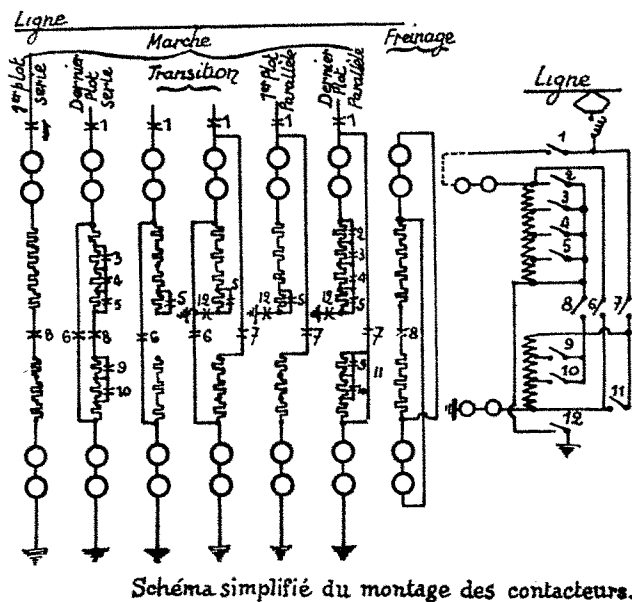


Schéma simplifié du montage des contacteurs.

Fig. 2 — Réseau départemental du Jura : Equipement de contrôle des automotrices

de couplage, et commandé par le contrôleur-inverseur de marche. Le cylindre séparateur défini en troisième, est manœuvré à la main, à l'aide de la poignée du cylindre d'inverseur de marche du manipulateur.

La fermeture de ces trois cylindres sur leurs plots de contact s'effectue toujours à vide, c'est-à-dire sans courant.

Nous ne citons que pour mémoire un certain nombre d'appareils auxiliaires ; nous ne nous occuperons que du combinateur-manipulateur.

**Combinateurs-manipulateurs.** — Répartis aux deux extrémités de la caisse, ils comportent montés sur le même bâti, deux cylindres indépendants et verrouillés, l'un d'inversion de marche, avec trois positions : marche avant — zéro — marche

arrière, l'autre tambour principal, manœuvré de part et d'autre du zéro, dans un sens correspondant à la marche en moteur, dans l'autre, au freinage électrique. Onze touches de marche normale, dont cinq en série, deux de passage série-parallèle, quatre pour la marche en parallèle. En outre, six crans de freinage.

Les deux cylindres sont verrouillés en ce sens que le principal ne peut tourner que lorsque le cylindre auxiliaire se trouve lui-même dans la position de marche AV ou AR, mais non sur la position zéro.

De même, si le tambour principal est sur une position quelconque autre que le zéro, le cylindre auxiliaire est immobilisé.

Le tambour auxiliaire agit sur les électro-aimants de commande du cylindre d'inversion placé dans la cellule. Le cylindre principal permet, dans sa position zéro, la fermeture du disjoncteur, puis la manette étant légèrement déplacée dans un sens ou dans l'autre, le fonctionnement de l'un des électros de marche ou de freinage, se produit.

Les touches qui suivent provoquent la fermeture des contacteurs. En cas de fonctionnement du disjoncteur, par suite d'une surcharge par exemple, le réenclenchement par le bouton d'enclenchement n'est possible que si le tambour principal a été préalablement ramené à zéro. Dans la marche à deux moteurs seulement, une bobine de verrouillage empêche le tambour principal de franchir la position « direct » série. Cette bobine est alimentée par le contact auxiliaire placé sur le tambour séparateur faisant partie de l'appareil de couplage.

Ces combinateurs sont pourvus de soufflages magnétiques comportant chacun un petit interrupteur du circuit, genre « fin de course », permettant, par coupure de ce circuit d'alimentation, d'éviter le fonctionnement répété du noyau plongeur des électro-aimants de marche ou de freinage, à chaque passage à zéro de la manette du cylindre principal.

**Disjoncteur principal.** — Le disjoncteur principal est placé sur le circuit de traction ; il est à soufflage magnétique et à grande capacité de rupture. Sa commande s'effectue au moyen de boîtes d'enclenchement et de déclenchement, placées dans chaque cabine de manœuvre. Le fonctionnement, à maximum de courant en cas de surcharge, est complété par le fonctionnement à minimum de tension.

**Consommation.** — Elle a été trouvée, au bout d'une année d'exploitation, de 55 watt/heures par tonne-kilomètre, y compris le groupe convertisseur, mais non le chauffage électrique.

L. B.