

LA HOUILLE BLANCHE

ÉDITIONS B. ARTHAUD, Succ^r de J. REY, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France... . . . 40 francs } Le Numéro : 7 francs
 { Etranger 50 francs }

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

HYDRAULIQUE. — Les ponts roulants de montage dans les centrales électriques.

ÉLECTRICITÉ. — La deuxième conférence mondiale de l'énergie. — Règles fondamentales pour la protection des alternateurs et des transformateurs, par H. POPPIKOFER.

DOCUMENTATION. — Cinq années d'électrification de l'U. R. S. S. — Calcul de la protection d'une ligne de transport par des fils de garde reliés à la terre. — L'amélioration du facteur de puissance, l'emploi des condensateurs. — Chauffe électrique des

machines à composer. — Ondes vagabondes sur les lignes de transmission avec des vagues de surtension artificielles.

LÉGISLATION. — Les sociétés coopératives de distribution d'électricité et l'exonération de l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux, par Paul BOUGAULT, avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

INFORMATIONS. — Etat d'avancement de la normalisation en France.

BIBLIOGRAPHIE.

HYDRAULIQUE

Les ponts roulants de montage dans les grandes centrales électriques

Le développement continu des réseaux de distribution du courant électrique et les besoins accrus en énergie électrique qui en sont la résultante ont conduit, non seulement à l'agrandissement considérable des centrales existantes, mais aussi à la construction de nouvelles installations. Afin d'utiliser avec le maximum d'économie les ressources naturelles dont on dispose principalement pour la production du courant, notamment le charbon et l'eau, les machines motrices et les génératrices de courant sont de plus en plus importantes comme poids et dimensions; en effet, le rendement total d'une grosse machine est généralement plus élevé que celui de plusieurs machines plus petites de même puissance totale. De plus, les frais d'établissement d'une grosse machine, par kW/h. fourni, sont presque toujours moins élevés que ceux de plusieurs petites machines.

Toutefois, la grandeur d'une machine est limitée par les possibilités d'usinage et de transport de ses organes, ainsi que par la résistance des matériaux.

Ainsi, par exemple, chacun des six groupes de machines de la centrale hydro-électrique du Shannon, près d'Ardnacrusha, en Irlande, fournit 30.000 kVA. Les plus grosses turbines hydrauliques construites jusqu'ici dans le monde, qui absorbent 250 à 300 m³ d'eau par seconde et qui servent à la production d'énergie électrique, ont été installées dans la Centrale Rhénane, près de Ryburg-Schwörstadt. La centrale de Goldenberg, construite en 1913, au Sud-Ouest de Cologne, près de Knappsack, a été agrandie par l'installation de plusieurs turbo-génératrices de 55.000 kW., tournant à 1.000 tours/minute.

De telles puissances pour une seule machine entraînent, naturellement, des dimensions et des poids peu communs. Il est donc nécessaire, pour le montage de ces machines, de disposer

de ponts roulants toujours prêts à entrer en service et ayant une force de levage correspondant au poids élevé des organes des machines. Comme, d'autre part, les lourdes charges que ces ponts manutentionnent ne sont levées et descendues que très lentement, par suite des exigences techniques du montage, ils sont généralement pourvus, pour pouvoir déplacer les charges plus légères à une plus grande vitesse, d'une transmission à plusieurs vitesses, d'un treuil auxiliaire ou de tout autre dispositif spécial ayant pour but d'obtenir un très grand écart de vitesse. Lorsque l'installation est terminée, les ponts roulants restent presque toujours montés dans la salle des machines et sont utilisés lors des révisions et des réparations des dites machines, ou lorsqu'il y a nécessité de remplacer certains organes.

Une installation de levage de puissance particulièrement élevée fut nécessaire pour le montage des turbines et génératrices de la centrale du Shannon. Chaque rotor de génératrice pèse environ 190 tonnes. Pour pouvoir, par la suite, examiner ou remplacer les crapaudines, le pont roulant devait être en mesure de lever ce rotor, ainsi que le rotor de la turbine, avec lequel il est accouplé, soit un poids total de 245 tonnes.

Cette force de levage fut obtenue en montant dans la salle des machines deux ponts roulants Demag qui, normalement, peuvent transporter chacun une charge de 100 tonnes, mais, lorsque le mécanisme de déplacement est immobilisé, peuvent être chargés de 128 tonnes (fig. 2 à 5). Pour le levage de plus lourdes charges, les deux ponts roulants sont couplés rigidement et leurs crochets doubles reliés par une traverse qui peut supporter 245 tonnes. La traverse est pourvue à chaque extrémité de deux pattes de suspension qui, pour l'accrochage, sont dressées au moyen de manivelles spéciales. La traverse elle-même est

constituée de tôles verticales et forme un caisson rectangulaire; elle a une longueur de 6 m. 90 entre les points de suspension.

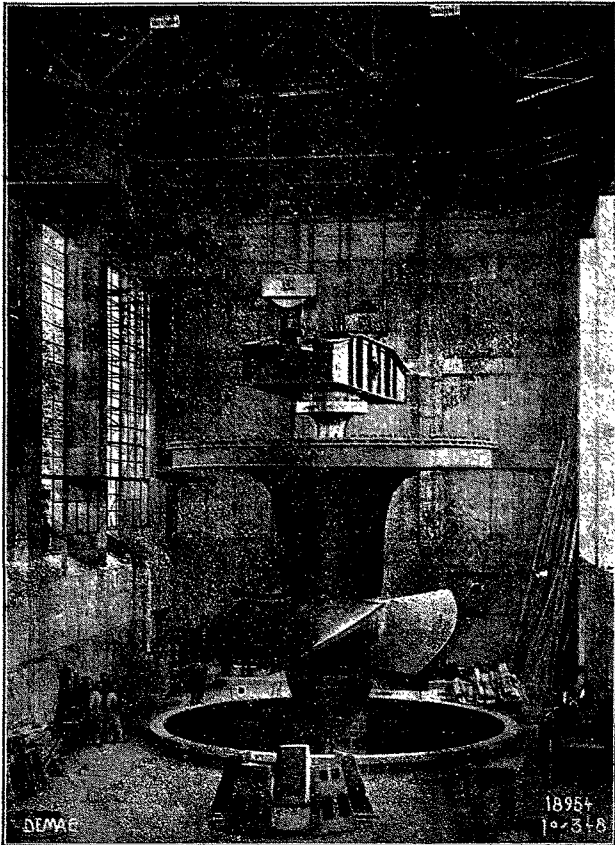


Fig. 1. — Deux ponts de 150 tonnes de force et 15 m. 80 de portée, accouplés par un palonnier, mettant en place le rotor d'une turbine.

Le rotor est fixé à la traverse au moyen de deux œillets de suspension et d'un anneau porteur. Les œillets de suspension sont disposés au milieu de la traverse et, pour faciliter l'accrochage peuvent tourner autour de leurs boulons de fixation au moyen d'une articulation spéciale de façon à venir se placer sous les

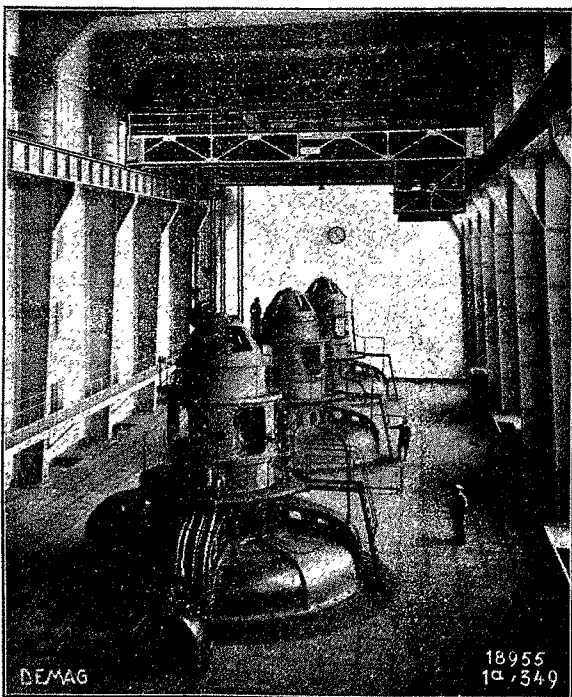


Fig. 2. — Salle des machines de la centrale du Shannon, avec les deux ponts roulants.

tourillons de suspension de l'anneau porteur. Ce dernier est alors fixé sur l'arbre du rotor par un dispositif prévu.

Chaque crochet de charge est suspendu à huit brins de câble qui s'enroulent deux par deux sur un tambour. Les câbles sont guidés de façon que la charge soit levée absolument verticale.

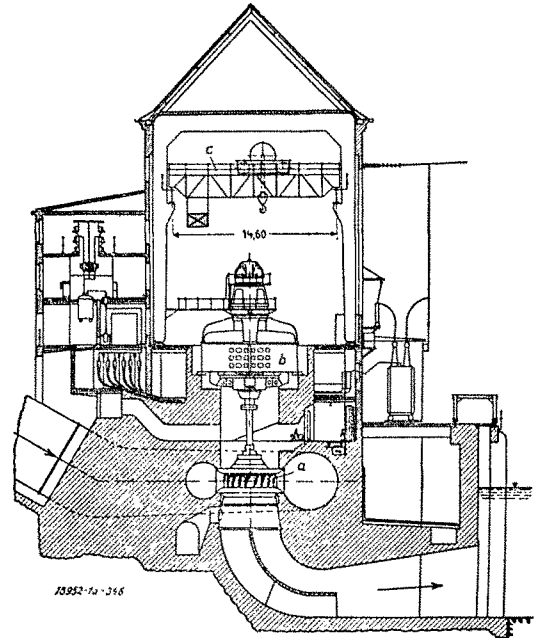


Fig. 3. — Coupe de la salle des machines.
a = turbine, b = génératrice, c = pont roulant.

ment. Ceci est très important car, étant donné le faible jeu existant entre le rotor et le carter, le risque de coincements, accrochages et détériorations est grand. Les câbles sont placés sur les tambours et poulies de façon à n'être pliés que dans un seul sens, ceci en vue de prolonger leur durée. Les positions extrêmes des crochets de charge sont limitées par des inter-

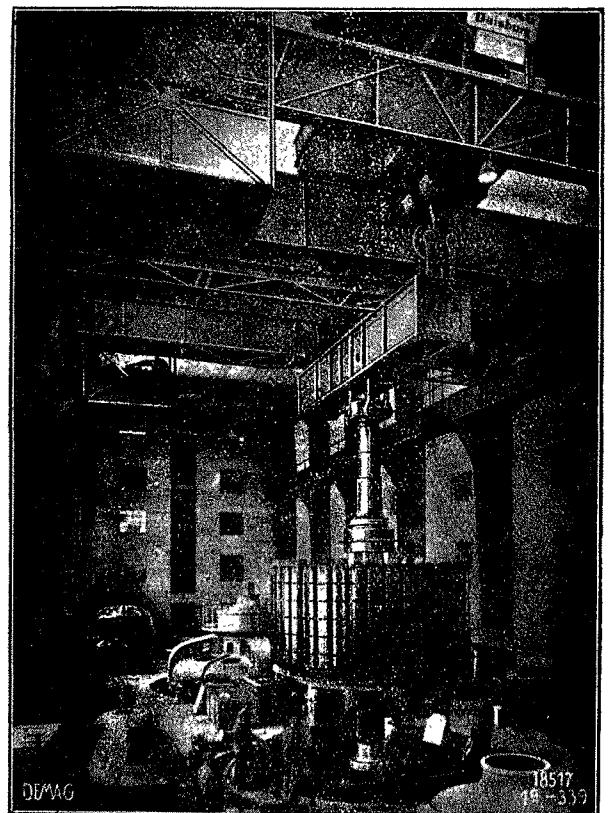
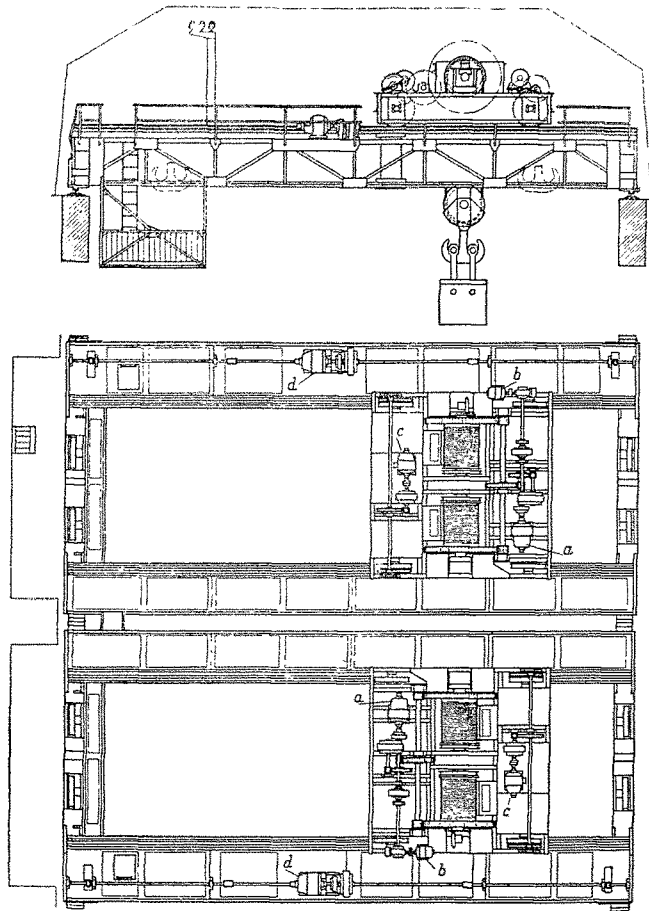


Fig. 4. — Ponts roulants accouplés avec traverse au cours du montage d'un rotor de génératrice.

rupteurs de fin de course qui permettent une course de levage de 16 mètres.

La charge appliquée à chacun des ponts roulants est, en général, levée par le treuil principal actionné par un moteur de 23 CV., et pouvant lever la charge à la vitesse de 0 m. 50 par minute. Comme pour la vérification et le remplacement des



par une pédale. La portée du pont entre axes de rails est de 14 m. 60.

Le poste de commande est placé à une extrémité du pont roulant de façon à assurer au conducteur, quelle que soit la position du chariot, une visibilité parfaite de la charge et du champ d'action du pont. La course du pont est limitée par des

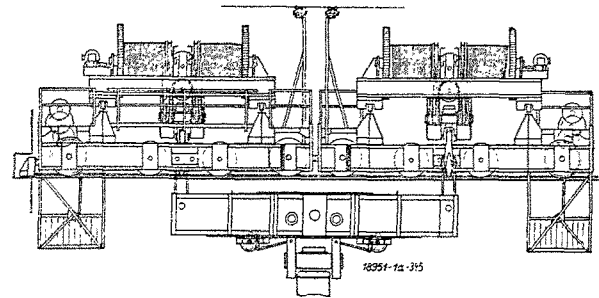


Fig. 5. — Ponts roulants.

a = moteurs principaux de levage, b = moteurs de levage de précision, c = moteurs de déplacement du chariot, d = moteurs de déplacement du pont.

butoirs élastiques placés aux extrémités de la voie de roulement longue de 52 m.; en outre, peu avant d'atteindre ses positions extrêmes, le pont fait entrer en action des interrupteurs de fin de course.

Une installation de pont roulant de disposition analogue a été livrée pour la centrale rhénane de Ryburg-Schwörstadt, encore en construction (fig. 1 et 6 à 9). Chaque pont roulant a une portée de 15 m. 80 et une force de levage normale de 150 tonnes. La hauteur de levage est de 16 m. 50. Là aussi, les deux ponts roulants peuvent être couplés et leurs crochets doubles réunis par une traverse afin de pouvoir assurer la mise en place des rotors des turbines qui pèsent chacun 280 tonnes. Pour les réparations à effectuer par la suite, les rotors des géné-

paliers, la position en hauteur de la charge doit être très exactement commandée, la charge maximum de 245 tonnes ne devant être soulevée qu'à une très faible hauteur, 10 mm. tout au plus, et cela avec une très faible vitesse d'environ 0,05 m./minute, une transmission supplémentaire spéciale a été adoptée. Ce dispositif de levage de précision est commandé par un moteur de 6 CV. 4 et est relié au moteur du treuil principal par un accouplement à friction; ce dernier moteur tourne à vide pendant le fonctionnement du mécanisme de levage de précision. Les moteurs du treuil principal et du treuil de précision sont commandés par des contrôleurs différents avec interverrouillage de façon à éviter toute fausse manœuvre. Chaque pont roulant possède donc, pour la même force de levage, deux vitesses entièrement séparées, dans le rapport de 1 à 10. En cas d'interruption volontaire ou involontaire du courant, la charge est immobilisée à n'importe quelle hauteur par un frein magnétique.

Les deux treuils de levage avec leurs organes de transmission sont placés sur le chariot du pont roulant; ils sont d'une surveillance aisée et bien accessibles. Le déplacement du chariot à la vitesse de 12 m./minute est commandé par un moteur de 13 CV. 6. Sous la poutre principale de chaque pont se trouve encore un fer à I qui sert de voie de roulement à un chariot auxiliaire de 5 tonnes de force. Le mécanisme de déplacement du pont porté par huit roues est commandé par un moteur de 23 CH.; la vitesse de déplacement est de 24 m./minute. Ce mouvement est réglé et freiné au moyen d'un frein, actionné

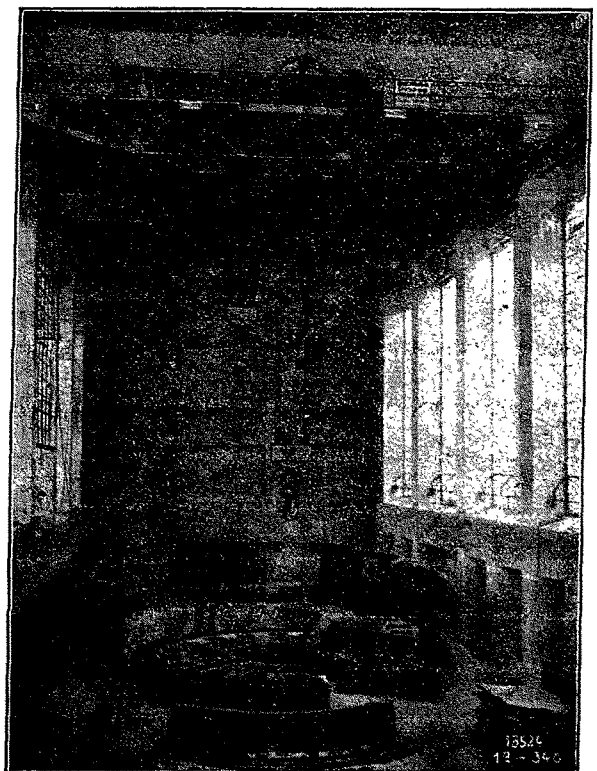


Fig. 6. — Salle des machines de la centrale rhénane de Ryburg-Schwörstadt avec les deux ponts roulants de montage accouplés.

ratrices et des turbines peuvent être démontés séparément. La traverse est de même construction que celle des ponts roulants de la centrale de Shannon décrits plus haut, cependant les pattes de suspension aux extrémités ont été remplacées par

de l'arbre du rotor et une clavette annulaire en deux parties est placée dans une gorge circulaire usinée sur l'arbre.

La vitesse de charge est, pour les lourdes charges, de 0 m./min. 80 ; pour les charges inférieures à 50 tonnes, un chan-

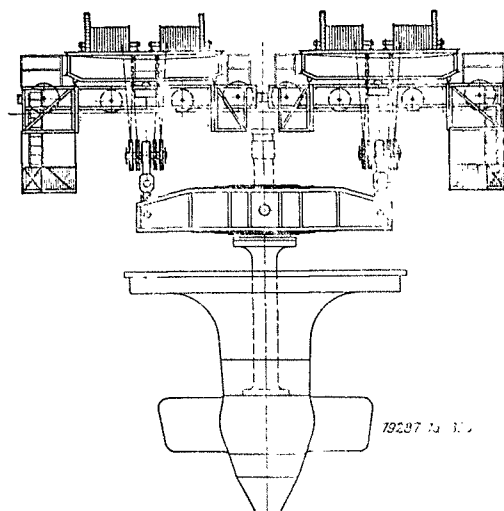
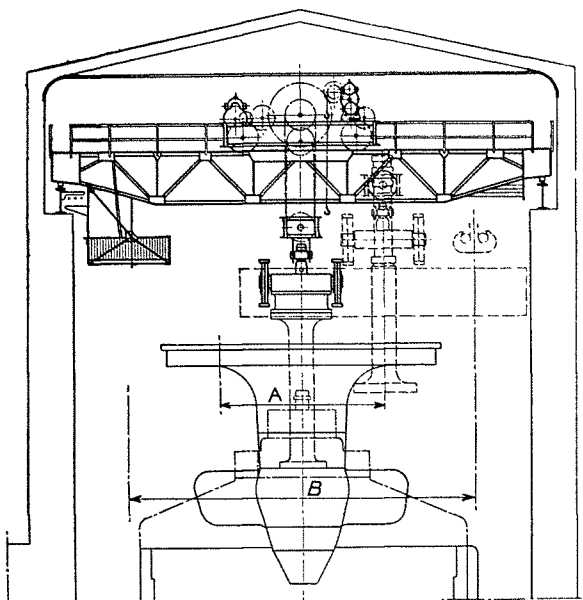
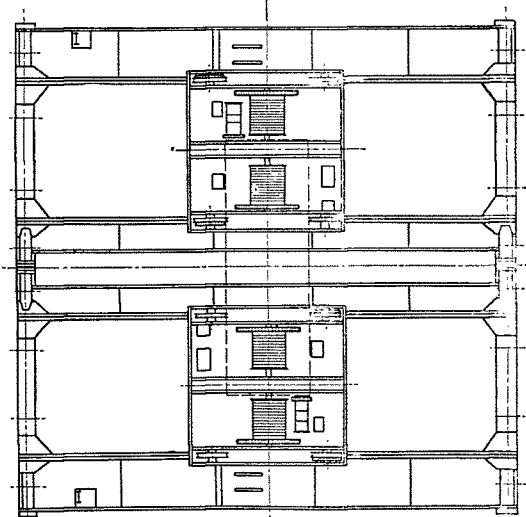


Fig. 7. — Pont roulant jumelé pour 300 tonnes.
Rayon d'action : A pour 140 tonnes, B pour 100 tonnes.



gement de vitesse permet de porter celle-ci à 2 m./minute. De plus, le moteur à courant triphasé de levage est accouplé rigidement avec une dynamo à courant continu, de façon à obtenir un réglage très précis des vitesses de levage et de descente. Pour le freinage, la dynamo est branchée sur des résistances. On

des œillets. Une membrure entretoise en acier fondu est suspendue comme un pendule à deux tourillons au centre de la traverse et est destinée à saisir le rotor de la génératrice ou de la turbine. Le rotor de la turbine y est boulonné par son plateau d'accouplement, alors que pour la fixation du rotor de la génératrice, une ouverture centrale laisse passage à l'extrémité

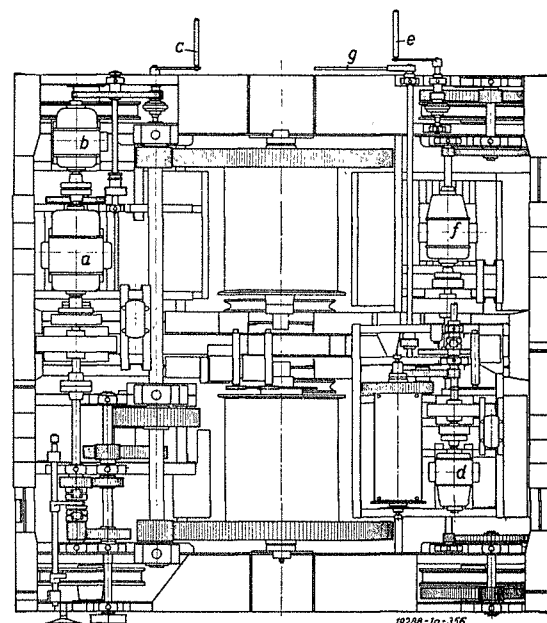
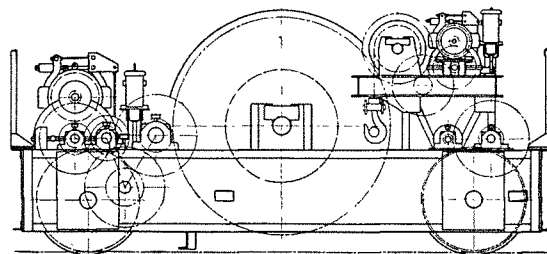


Fig. 8. — Chariot de 150/50 tonnes avec treuil auxiliaire de 5 tonnes.
a = moteur de levage avec dynamo de freina ; e, b c = commande à main pour treuil de levage, d = moteur de commande du treuil auxiliaire, e = commande à main pour treuil auxiliaire, f = moteur de translation du chariot, g = commande à main pour la translation du chariot.

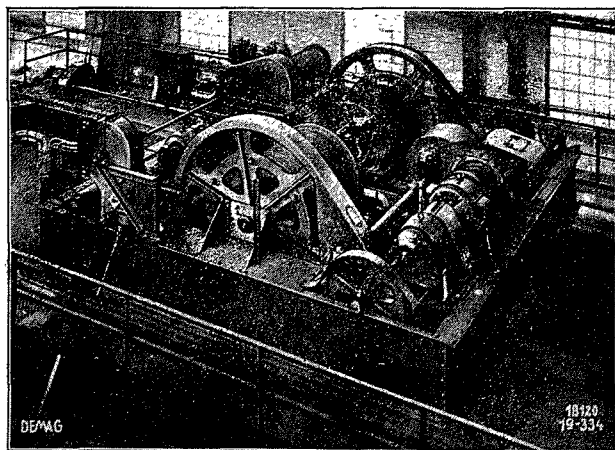


Fig. 9. — Chariot d'un des deux ponts roulants à l'atelier.

obtient ainsi le réglage propre du moteur asynchrone, en particulier pour la descente où, par exemple, lors de la pose de lourdes pièces de machine, il est absolument nécessaire de pouvoir régler très exactement la descente à une hauteur déterminée.

Outre le treuil principal, un treuil auxiliaire de 5 tonnes est aussi monté sur le chariot.

Afin de pouvoir utiliser les ponts roulants même en cas d'interruption dans la fourniture du courant, tous les mouvements : déplacements des ponts et des chariots, levée et descente de

avec roulements sont intercalées entre le chapiteau et le palonnier pour pouvoir fixer aussi le rotor lorsqu'il est un peu incliné et, pour lui permettre de balancer quelque peu, le cas échéant, lorsqu'il est suspendu.

Les arbres de renvoi de chaque treuil sont munis de freins à ruban pour maintenir les lourds mouffles relevés quand les

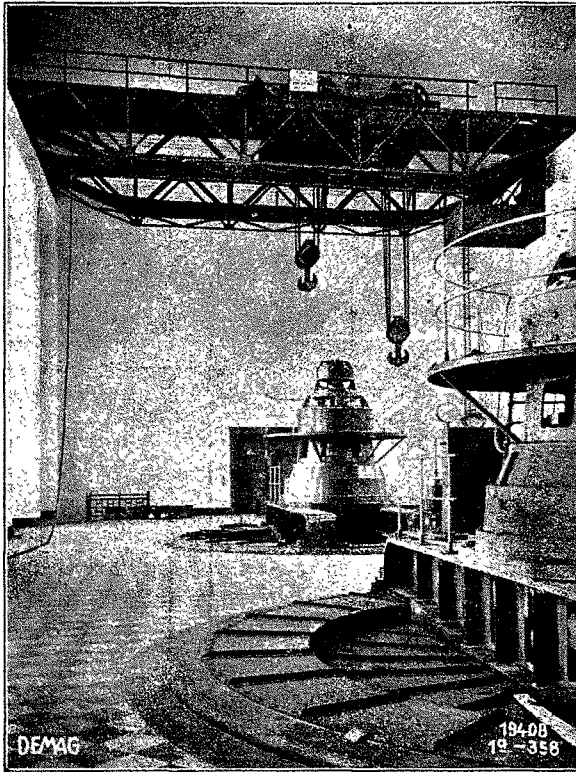


Fig. 10. — Pont roulant de montage avec deux treuils de 55 ton., montés sur un chariot commun, dans la salle des machines de la centrale hydraulique Karsefors, près de Laholm, en Suède.

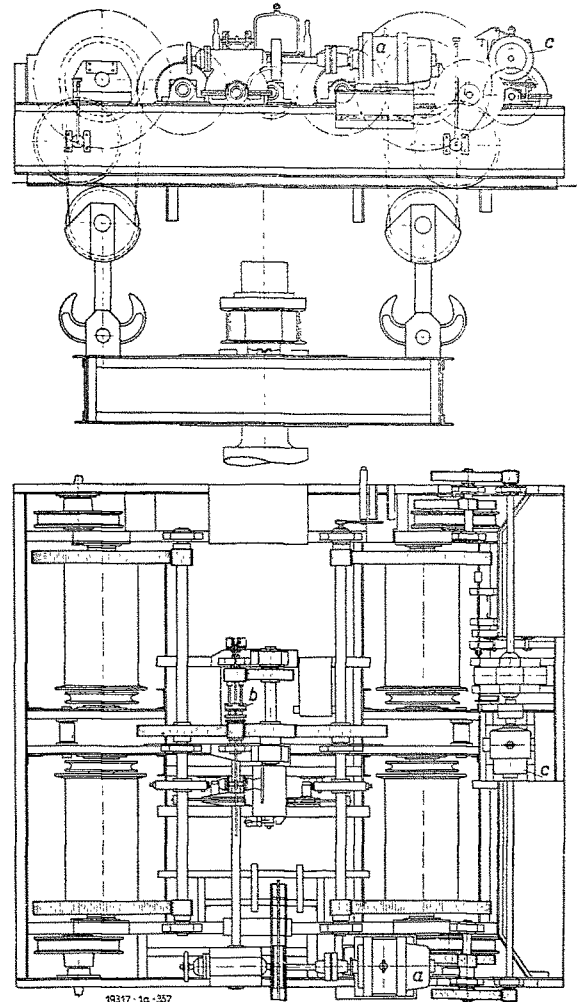


Fig. 11. — Chariot de 2 x 55 tonnes.

a = moteur de commande commun aux deux treuils, b = transmission à changement d'embrayage, c = moteur de translation.

la charge, peuvent être effectués à la main à l'aide de manivelles rapidement mises en place et en interposant des transmissions démultiplicatrices prévues.

Un gros pont avec deux mécanismes de levage montés sur un chariot commun a été construit pour la centrale hydraulique Karsefors de la Sydsvenska Kraftaktiebolaget de Malmö, qui est équipée de deux turbines de 22.000 CV (fig. 10 et 11). Le pont a une portée de 16 m. 90. Les deux treuils ont, chacun, deux tambours commandés par un moteur électrique *a* qui entraîne les treuils par l'intermédiaire d'un embrayage spécial *b*. Pour lever à une vitesse de 1 m. 20 par minute des charges supérieures à 55 tonnes, les deux treuils fonctionnent ensemble, tandis que le treuil de droite, fig. 11, fonctionne seul avec une vitesse de 2 mètres environ par minute pour le levage des charges plus petites, soit jusqu'à 55 tonnes.

Les crochets doubles des deux treuils sont construits avec œillets pour recevoir le palonnier. La liaison entre les crochets et le palonnier est réalisée par axes et éclisses. Un chapiteau spécial, monté au centre du palonnier, sert à enlever, au moyen d'un collier en deux pièces, le rotor de la génératrice dont l'arbre porte une rainure prévue à cet effet. Deux plaques en acier

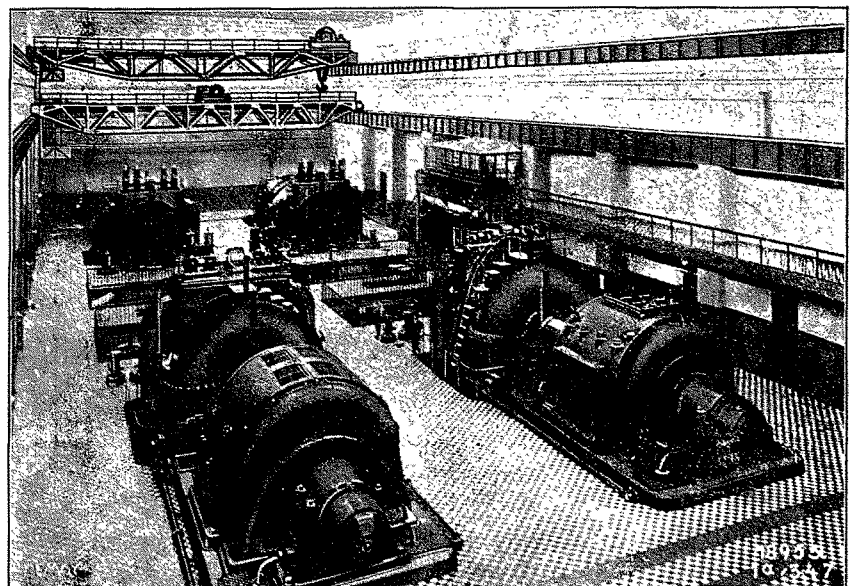


Fig. 12. — Agrandissement de la salle des machines de la centrale de Goldenberg, avec le pont roulant de 120 tonnes et un autre pont roulant de 60 tonnes se déplaçant ci-dessous.

tambours sont débrayés et qu'il n'existe plus de liaison entre ceux-ci et le moteur ou le frein de levage. Les deux tambours ne se trouvent plus en prise avec leur commande quand la transmission *b*, embrayée pour le travail en commun des deux treuils, est embrayée seulement pour le fonctionnement du treuil de droite, ou inversement et le tambour du treuil de gauche n'est

qui, lors de l'agrandissement de la centrale de Goldenberg, en 1918, furent adjoints au pont de 60 tonnes déjà existant. Le pont roulant de 30 tonnes a une portée de 26 m. 25 et se déplace sur la même voie que le pont de 60 tonnes; cette voie dessert l'ancienne et la nouvelle salle des machines. Le pont roulant de 120 tonnes a 27 mètres de portée et est monté sur une voie

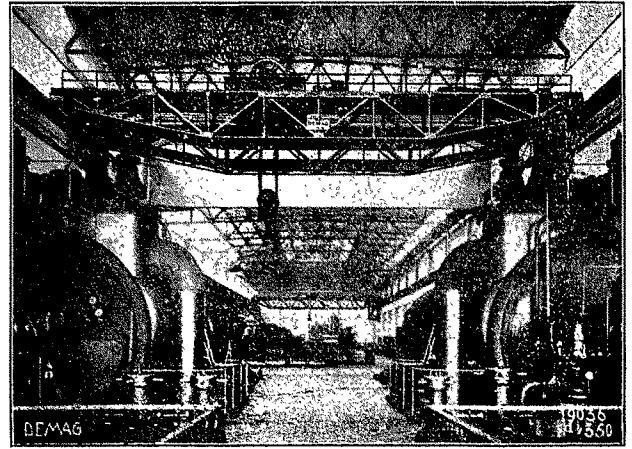
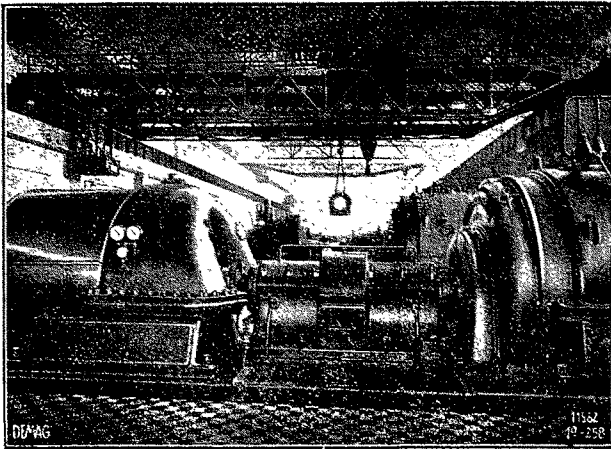


Fig. 13 et 14. — Salle des machines de la centrale de Goldenberg. A gauche : en avant, le pont roulant de 60 tonnes ; derrière, au-dessus, le pont roulant de 120 tonnes ; derrière, au-dessous, celui de 30 tonnes. A droite : en avant, en haut, le pont roulant de 120 tonnes ; en arrière et en bas, celui de 60 tonnes. Les deux plus petits ponts roulants se déplacent sur la même voie.

également plus en prise avec sa commande quand le treuil de droite fonctionne seul. Le poids de la charge et du chariot est transmis au chemin de roulement par l'intermédiaire des poutres du pont et de huit galets au total. Comme il est dit pour les autres ponts, les caissons du châssis du pont sont scindés au centre et les deux moitiés ainsi formées sont reliées entre elles par des articulations dans le but de faire porter parfaitement tous les galets de roulement. Il y a bien, à cet endroit, des efforts à transmettre horizontalement, mais non verticalement. Chaque

spéciale qui dessert la nouvelle salle des machines seulement.

Afin de compenser les fortes variations de consommation de courant, donc pour assurer une charge régulière de la centrale aux diverses heures de la journée et une utilisation plus économique des installations de production de courant, on utilise dans les centrales thermiques des accumulateurs hydro-électriques ou thermiques, et, dans les centrales hydrauliques presque uniquement des accumulateurs hydro-électriques.

Pendant les périodes de faible consommation, la centrale,

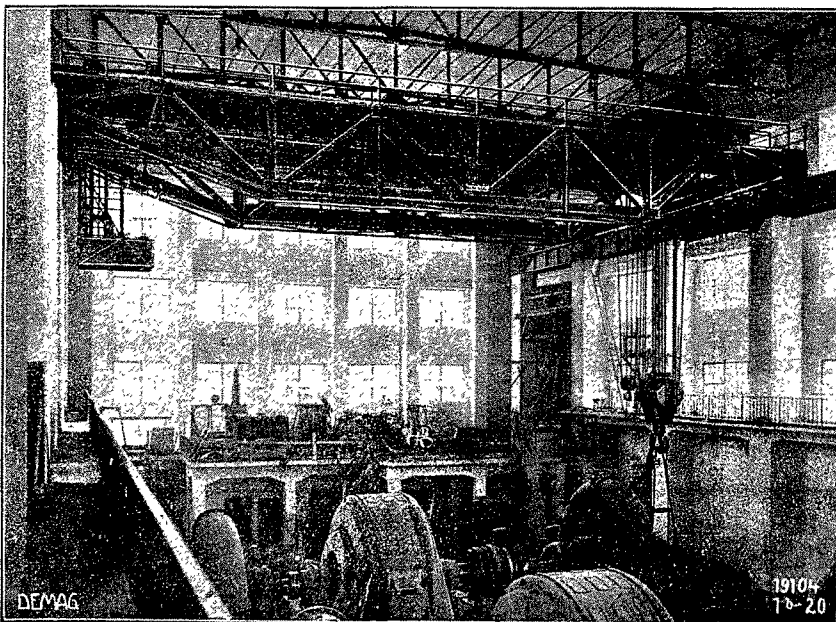


Fig. 15. — Salle des machines de la station d'accumulation et de pompage de Niederwartha, avec pont roulant de 150 tonnes.

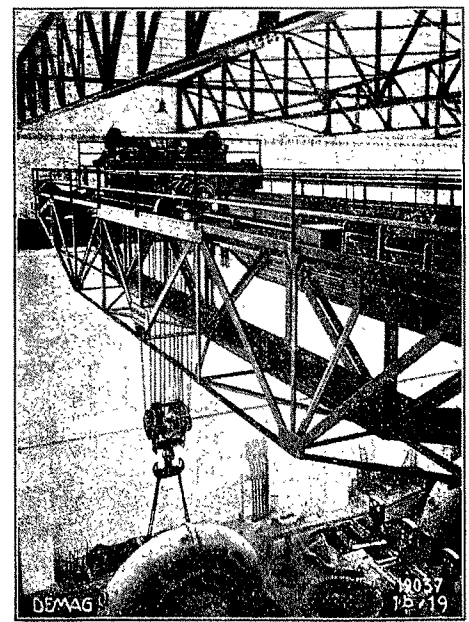


Fig. 16. — Le pont roulant de la figure 15, au cours du montage d'une turbine hydraulique.

moitié de poutre du pont forme donc un chariot reposant sur quatre roues. La vitesse de translation du pont est de 20 m./min., tandis que celle du chariot est de 15 m./minute.

Les autres figures représentent des ponts roulants de montage installés dans des centrales thermiques. Ainsi, les figures 8 et 10 montrent un pont roulant de 30 tonnes et un de 120 tonnes

dans le cas d'accumulateurs hydro-électriques, livre le courant en excès à l'installation d'accumulation pour l'alimentation de pompes. Celles-ci refoulent de l'eau dans des bassins surélevés; au moment des pointes, cette eau alimente des turbines hydrauliques directement couplées aux pompes d'accumulation. Les turbines à eau entraînent ainsi les moteurs électriques des

pompes, lesquels fonctionnent alors comme génératrices.

La Demag a, entre autres, installé un pont roulant de montage et de service (fig. 15 et 16) à la station de pompage de Niederwartha, près de Dresde, placée à égale distance des centrales de Hirschfelde et de Böhlen et qui peut être considérée

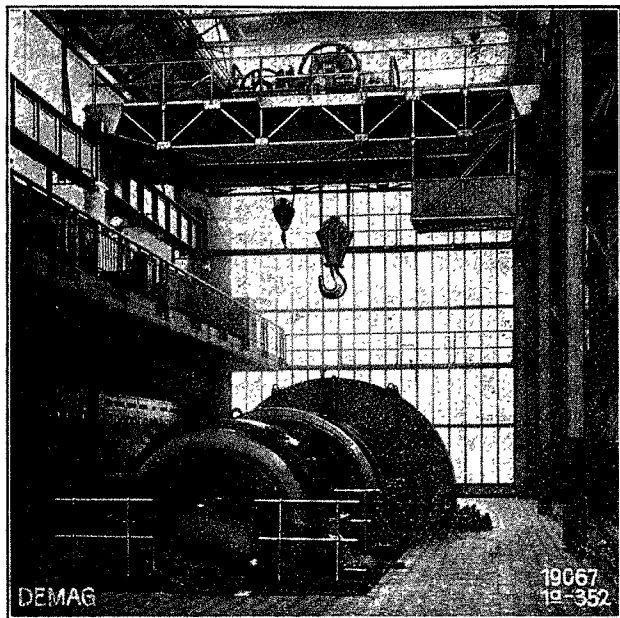


Fig. 17. — Deux ponts roulants sur pieds de 50 tonnes de force et 31 mètres de hauteur, destinés au montage d'une installation d'accumulateurs thermiques.

comme leur complément. Cette installation ne sert toutefois pas seulement à couvrir les besoins de courant aux heures de pointe, mais représente une réserve provisoire au cas où, pour une raison quelconque, l'une des centrales viendrait à s'arrêter. Le pont roulant a une force maximum de levage de 150 tonnes et une portée de 25 m. 56 entre axes des rails de roulement.

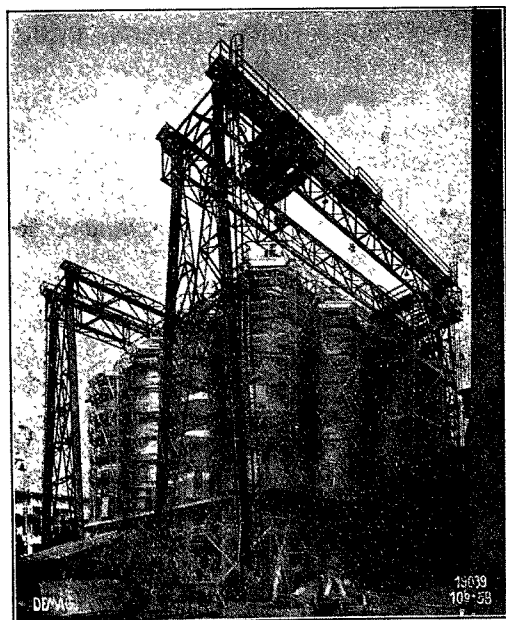


Fig. 18. — Ponts roulants démontables pour le montage d'installations d'accumulateurs thermiques.

Le treuil principal imprime au crochet une vitesse de levage de 1 m./min. 75 ; pour le réglage de la vitesse de descente, il est pourvu d'un couplage avec une dynamo à courant continu, analogue à celui de l'installation de Ryburg-Schwörstadt. Un treuil auxiliaire de 10 tonnes de force et 6 m./minute de vitesse de levage est prévu pour le levage de charges plus petites à

une plus grande vitesse. Les vitesses de déplacement du pont et du chariot s'élèvent à 23 et 12 m./min. 50 respectivement. Tous les mouvements sont limités par des interrupteurs de fin de course.

Lorsque la situation géographique de la centrale ne permet pas d'employer des accumulateurs hydrauliques, on peut, dans les centrales thermiques, constituer des réserves pour faire face aux pointes, en emmagasinant, aux heures de faible consommation, la vapeur en excès dans des accumulateurs de vapeurs, lesquels, en cas de besoin, alimentent des turbines à vapeur. De cette façon, on a l'avantage d'avoir des chaudières à charge constante et de pouvoir réduire l'importance de l'installation des chaudières au-dessous du minimum nécessité par la charge aux heures de pointe.

Une des plus grandes installations d'accumulateurs thermiques et qui comprend provisoirement seize réservoirs de chacun 290 m³ de capacité fut construite à Berlin, suivant le procédé Ruths (fig. 17 et 18). Considérant le peu de place disponible, les réservoirs de vapeur durent être disposés verticalement sur quatre rangées de quatre réservoirs chacune. Comme ces

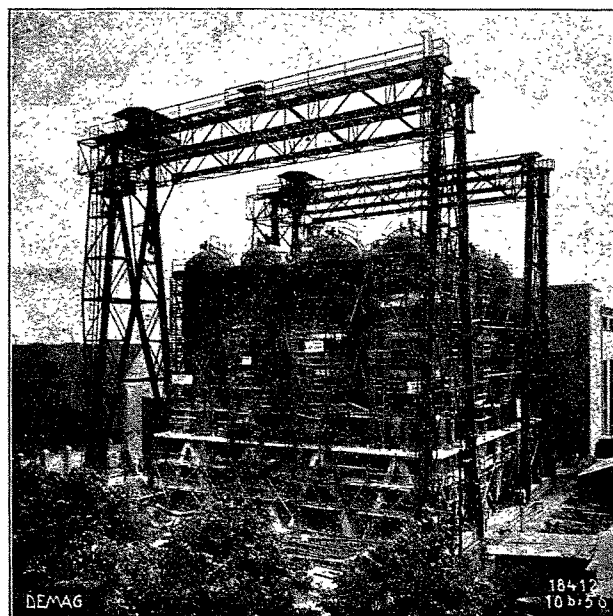


Fig. 19. — Pont roulant de 65 tonnes et 10 m. 70 de portée dans une station de transformation.

réservoirs sans les raccords ont une longueur de 21 m. 50, les ponts roulants nécessaires pour leur montage devaient avoir une hauteur libre de levage de 28 mètres environ. Afin d'atteindre cette hauteur sans entraîner une installation trop coûteuse, on adopta deux ponts roulants sur pieds de 50 tonnes de force chacun.

Les ponts sont installés de telle façon qu'ils surplombent en largeur l'installation d'accumulateurs verticaux, avec une portée de 29 mètres et la hauteur prescrite. Les rails de la voie de roulement des portiques, d'environ 55 mètres de longueur, sont noyés dans les plaques d'assise sur lesquelles sont fixés les supports des réservoirs. Les huit roues de chaque portique sont montées par deux sur un balancier et placées aux extrémités du châssis de roulement. Une des paires de roues de chaque côté du portique est commandée par une transmission. Les châssis de roulement de 14 mètres de longueur sont constitués chacun par une poutre en caisson. Les contrefiches sont de modèles différents, les unes fixes, les autres articulées. Etant donné que ces ponts roulants sur pieds doivent encore être utilisés par la suite pour le même but dans une autre centrale berlinoise, les joints des membrures entre elles ne sont pas rivetés

mais boulonnés, de sorte que toute la charpente puisse être facilement et rapidement démontée pour permettre le transport.

Le moteur de déplacement du portique monté à peu près au milieu de la poutre du pont imprime au portique, par l'inter-

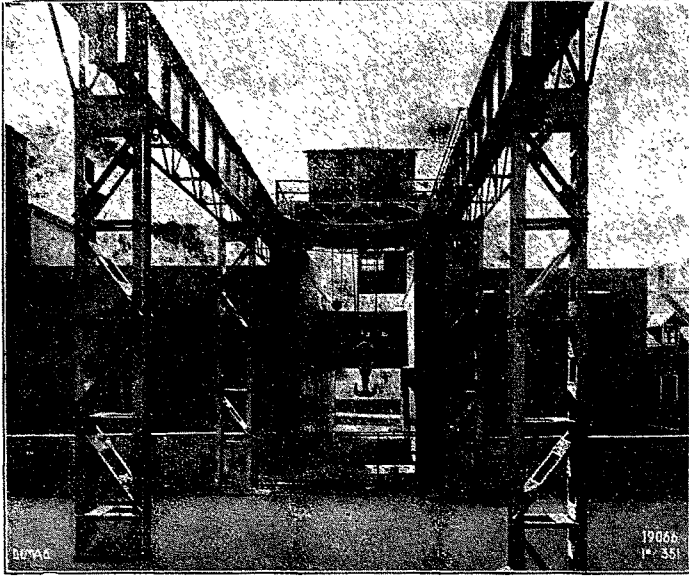


Fig. 21. — Pont roulant de 120 tonnes avec treuil auxiliaire de 10 tonnes et portée de 6 m. 40, dans une station de transformation.

médiaire de longs arbres de transmission une vitesse de 10 à 12 mètres/minute. La voie de roulement du chariot est placée à la hauteur considérable de 31 m. 135 au-dessus de la voie du portique.

Le chariot a une voie de 4 m. 43, sa vitesse de déplacement est de 7 à 8 m./minute. Le treuil de levage lève la charge maximum à la vitesse de 1 m./min. 40; pour les charges inférieures à 20 tonnes, un changement de vitesse permet de les lever à raison de 3 m./min. 50. Le moufle du crochet de charge est suspendu à huit câbles; la course totale de levage est de 28 mètres.

Dans les grandes centrales électriques, les ponts roulants sont aussi employés pour le transport, le montage et l'entretien des transformateurs. Ces derniers, qui sont installés dans des chambres incombustibles ou à l'air libre, sont ou transportés à l'atelier de réparation de la centrale, ou chargés sur des wagons de chemin de fer (fig. 19 à 21)

Nous n'avons mentionné ici que quelques-uns des ponts roulants pour grandes centrales livrés à ce jour par Demag. Toutefois, cet aperçu suffit déjà pour montrer que la technique moderne de l'appareil de levage est en mesure de faire face à toutes les exigences imposées par l'importance de la centrale ou les conditions locales. Etant donné le développement continu des centrales électriques, le temps est proche où des exigences encore plus grandes seront imposées aux ponts roulants des salles des machines.

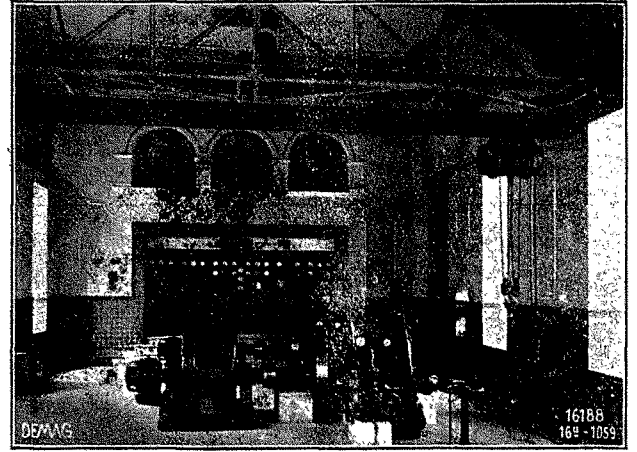


Fig. 22. — Pont roulant avec voie de roulement pour un palan Demag de 5 tonnes à déplacement commandé à la main dans une centrale interurbaine. Par déplacement du pont roulant, la voie du palan peut être reliée avec une voie conduisant à l'atelier.

Afin de pouvoir, indépendamment des opérations en cours et des réparations aux machines motrices et aux génératrices, et alors que l'appareil principal ou l'appareil auxiliaire de levage est en service, lever, descendre et déplacer des petites charges, on munit souvent la poutre horizontale du pont roulant de rails sur lesquels se déplace un chariot auxiliaire, le plus souvent un palan électrique Demag. La figure 22 en fournit un exemple particulièrement caractéristique. Le pont roulant de montage en service dans la centrale interurbaine de l'Allgau constitue également un transbordeur. Après avoir levé la charge au moyen du palan électrique, le pont roulant peut être ramené en face d'une voie aérienne fixe; après verrouillage, le palan électrique peut passer sur cette voie et transporter la charge de la centrale à l'atelier ou inversement.

Revue Demag, octobre 1930.

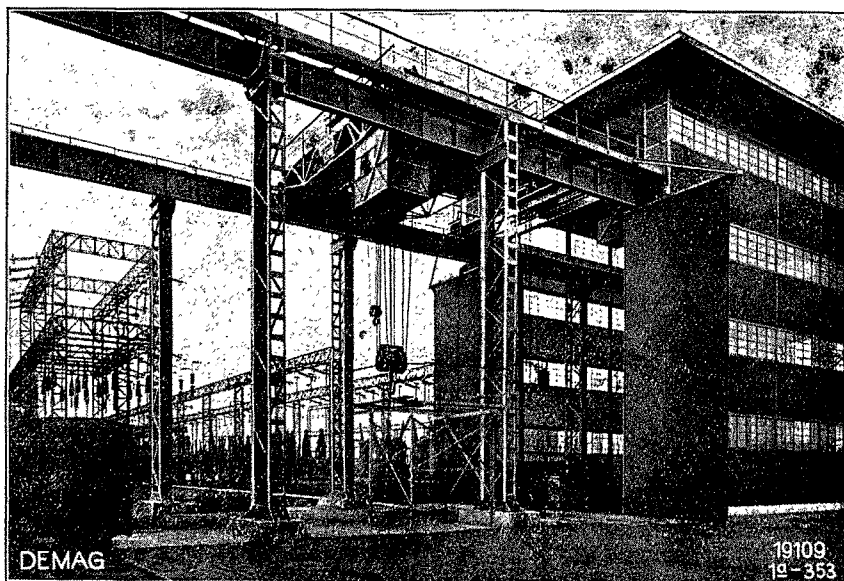


Fig. 20. — Deux ponts roulants montés sur une voie commune (Force de levage 80/12 tonnes et 12 tonnes; portée 9 m. 50) pour le service d'un groupe de transformateurs à l'air libre.