

MACHINE D'EXTRACTION

ACTIONNÉE PAR L'ÉLECTRICITÉ

INSTALLÉE

à la Société THIEDERHALL, à Thiede près de Brunswick
par le professeur HOPPE, de Clausthal (1).

—
ATTAQUE DIRECTE DE L'ARBRE DES BOBINES. — BATTERIE

TAMPON D'ACCUMULATEURS

[62267 : 5388]

A. — Considérations préliminaires.

I. — *Aperçu sommaire des conditions que doit remplir une machine d'extraction électrique, servant à la translation du personnel, et dispositions grâce auxquelles ces conditions peuvent être satisfaites.*

En premier lieu, les appareils moteur et de sécurité doivent se conformer aux règlements miniers en matière de moteurs d'extraction à vapeur.

De plus, les sections des conducteurs et résistances parcourus par le courant électrique doivent être largement calculées, afin que, sans échauffement dangereux, on puisse obtenir la vitesse stipulée des câbles sous charge, mettre en train, faire frein, marcher en sens inverse, et, en cas urgent, arrêter rapidement la machine.

Les appareils suivants sont par suite nécessaires :

1. Un rhéostat de démarrage, correspondant au modérateur ;
2. Un commutateur inverseur, correspondant au changement de marche ;
3. Des freins commandés mécaniquement et électriquement.

La réunion judicieuse des appareils 1 et 2 constitue un *controller*.

(1) *Glückauf* (9 juin 1900). Trad. E. Masson, ingénieur à Verviers.

Les freins de manœuvre d'usage courant aussi bien qu'un frein automatique fonctionnant en cas de distraction du machiniste, exigent une attention toute spéciale.

Le frein d'une machine à vapeur peut agir indépendamment du modérateur et du changement de marche, et même avec la pleine pression sur le piston, bien que ce ne soit pas recommandable. Au contraire, l'électromoteur ne doit jamais être enrayé par le frein lorsqu'il est en circuit. Les leviers de mise en marche et d'inversion¹ de mouvement doivent donc être reliés au frein de manière que les manœuvres suivantes seules soient possibles :

1. Laisser partir l'électromoteur à frein ouvert (suppression générale des résistances) ;
2. Serrer les freins sur le moteur mis hors-circuit (nécessairement après insertion de résistances).

Si ces précautions sont négligées, l'électromoteur est exposé à détérioration, les sûretés fondent.

Au moyen du frein, le machiniste doit être maître de sa machine, mais le frein doit aussi agir indépendamment du mécanicien :

1. Quand le courant est subitement coupé (cas de fusion d'une sûreté) ;
2. Quand, par inattention du mécanicien, la cage dépasse la recette ;
3. L'électromoteur ne doit pas démarrer au moment de l'introduction des wagonnets, même si le mécanicien avait négligé de faire frein.

Cette aide automatique, si l'on peut s'exprimer ainsi, est fournie par l'électricité, en suite de la réversibilité spontanée de l'électromoteur en dynamo génératrice.

Ajoutons enfin que l'électromoteur doit être directement calé sur l'arbre des tambours d'enroulement des câbles, afin de supprimer tout intermédiaire. Tel est le cas de la machine de Thiederhall.

II. — *Notice historique.*

La première application de l'électricité dans les mines et la métallurgie remonte à 1879 (2).

La petite locomotive minière exposée à cette époque à Berlin, par Siemens et Halske est devenue une curiosité historique.

(1) *Leitfaden der Elektrotechnik*, O. Hoppe, p. 123.

La même firme installa en 1882 le premier chemin de fer électrique souterrain, au puits Opel des houillères de Zaukerode (Saxe).

Depuis, la locomotion électrique souterraine s'est largement répandue. En 1880, l'électricité fut appliquée à de petits treuils d'intérieur; mais la machine d'extraction électrique est toute récente.

Au lieu d'attaquer directement l'arbre portant les tambours des câbles, comme le fait d'habitude le moteur à vapeur, l'électromoteur conduisait par courroies ou engrenages. (*Bockwa* 1891. *Schuckert, Hollertzug* près *Siegen* 1897, *Oechelhauzer. A.E.G. — Westregeln* 1898, *Siemens et Halske. — Schmidt Kranz et Cie, Nordhausen.*)

Les transmissions intermédiaires exigent beaucoup de place, réduisent notablement l'effet utile et la sécurité, et troublent le machiniste par leur bruit insupportable.

La première machine d'extraction à électromoteur attaquant l'arbre des bobines est celle de Thiederhall — décrite plus loin, installée par Siemens et Halske et mise en train en août 1899 ⁽¹⁾.

III. Revue rapide des avantages de l'installation de Thiederhall sur les précédentes.

La machine d'extraction à attaque directe par l'arbre de l'électromoteur est comparable aux grandes machines d'extraction à vapeur, auxquelles nous sommes habitués.

Il n'est pas douteux qu'à l'avenir, les règlements de police des mines interdiront les transmissions intermédiaires pour les machines utilisées à la translation du personnel.

La suppression des chocs et des frottements des engrenages augmente l'effet utile de 8 à 10 p. c., et les câbles sont mieux ménagés.

L'étude complète de cette machine ayant été faite par M. Köttgen, ingénieur en chef de la maison Siemens et Halske, ce technicien a pu créer un ensemble bien homogène, présentant les innovations suivantes :

1. Attaque directe des bobines par l'électromoteur.
2. Emploi d'une batterie-tampon d'accumulateurs, en dérivation.

En vue de la sécurité, les organes de commande électrique et mécanique du frein, ont pu être combinés convenablement.

L'addition d'un téléphone reliant la station génératrice (au jour),

(1) La machine d'extraction géante exposée à Chicago par *Thomson-Houston Electric Co* de Boston, avec électromoteur directement accouplé, n'est guère qu'une pièce d'exposition, car elle n'a pas encore été mise en service.

le chargeage inférieur et la recette intérieure, contribue à assurer un bon fonctionnement.

Du reste les épreuves de réception des 9 et 10 mai 1900 (relatées à la fin de ce travail) ont prouvé que l'installation répond parfaitement à toutes les exigences du service : sécurité, forte production, facilités de manœuvre, économie, en un mot, tout ce que l'on peut demander d'une machine d'extraction et de translation du personnel.

Essayée pour la première fois au tramway électrique *Zürich-Hirslanden*, en février 1896, la batterie-tampon a donné de bons résultats ; installée à Thiederhall, elle a parfaitement répondu à l'attente et ses applications se répandront rapidement dans l'art des mines.

Cette batterie est disposée en parallèle avec la dynamo génératrice et ne comporte aucun dispositif de réglage du nombre des accumulateurs.

Pendant les périodes de ralentissement et arrêts de l'extraction, la batterie absorbe l'excès de travail de la génératrice, et le restitue en cas de besoin. Durant la descente des charges, l'électromoteur fournit lui-même du courant à la batterie, ce qui constitue un freinage électrique. Au contraire, l'excès de travail moteur de la machine à vapeur doit être annulé par le freinage ; il y a dépense de vapeur pendant les arrêts et ralentissements.

Les craintes exprimées au moment de l'adjonction de cette batterie-tampon ne se sont nullement justifiées ; on lui a même reconnu des avantages imprévus : malgré — et, pourrait-on dire, — ensuite des variations et inversions du courant qu'elle cherche à atténuer, la batterie-tampon travaille dans de meilleures conditions qu'une batterie ordinaire à charge et décharge presque complètes.

L'avenir décidera si cette batterie occasionne réellement une majoration de coût et une réelle complication. La prime annuelle de garantie décennale de la batterie de Thiederhall n'est que de 600 marks, somme bien faible en comparaison de l'économie annuelle de combustible réalisable. Cette économie s'élèverait à 50 p. c., suivant les expériences effectuées aux tramways de Remscheid, où la charge est très variable.

B. — Description de l'installation

La machine d'extraction est installée à l'orifice d'un puits intérieur vertical réunissant les niveaux de 300 et 500 mètres.

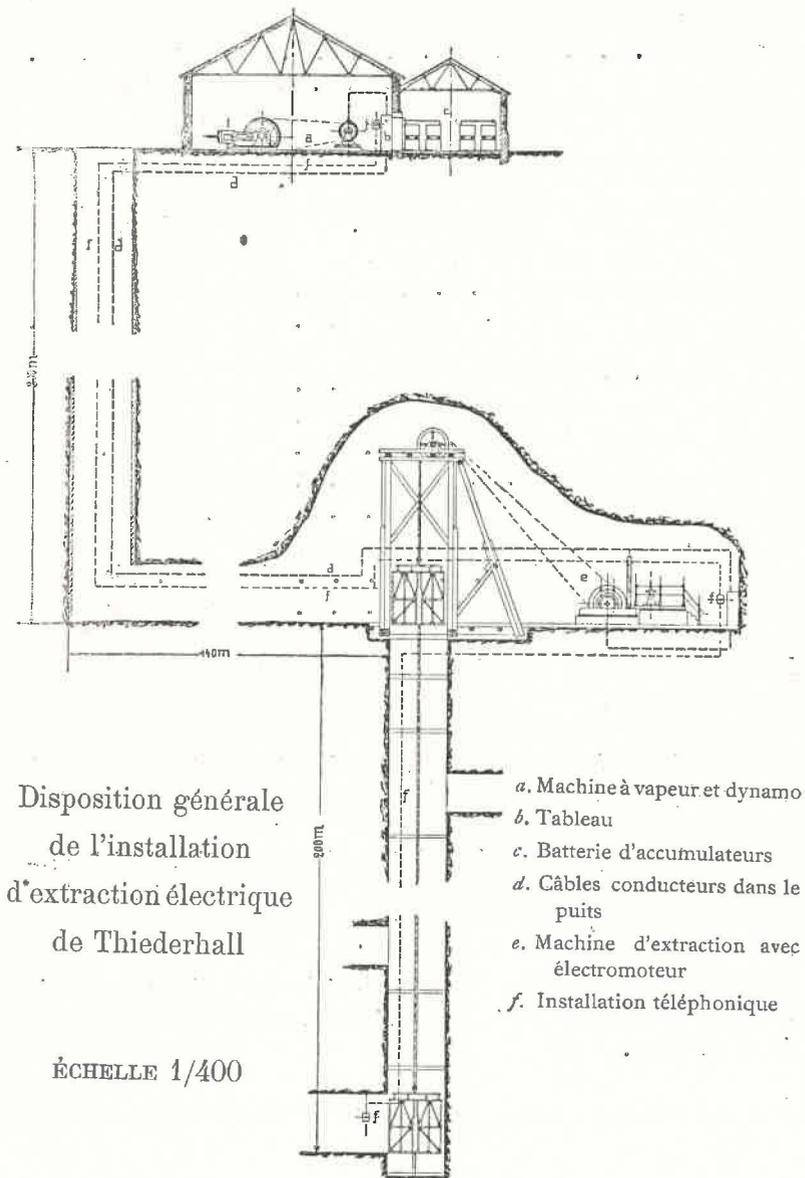


Fig. 1

Les conditions de l'extraction stipulées au contrat sont les suivantes :

Charge utile	800 kilogrammes.
Poids mort {	a) Wagonnets 400 »
	b) Cage 800 »
	c) Cable 350 »
	d) Attache du câble 75 »
Total	2,425 kilogrammes,
Extraction par poste de huit heures	200 tonnes.
Nombre de traits par heure	32
Vitesse du câble pendant l'extraction	6 mètres par seconde.
» » la translation du	
personnel	3 » »
» » la visite du câble.	0 ^m 30 » »
Diamètre du câble, acier clos	17 millimètres.
» des tambours	1 ^m 70.
Distance d'axe en axe des molettes	1 ^m 33.
» horizontale des axes des tambours	
et des molettes	15 mètres.
» verticale des mêmes axes	8 »

Des essais complets, résumés à la fin de cette étude, montrent que la machine est capable de développer 2 à 2.5 fois plus de travail que le travail imposé.

L'installation comprend :

La *station primaire* de la surface, où se trouvent la machine à vapeur (a) qui actionne la dynamo et la batterie-tampon (c) de 260 éléments;

La *station réceptrice* située à l'orifice du puits intérieur, à la profondeur de 300 mètres, à 140 mètres de distance horizontale de l'axe du puits principal. Cette station comporte la machine d'extraction (e) et ses deux électromoteurs, bien ventilés;

Les *câbles conducteurs* (d) descendant dans le puits, amenant le courant continu sous la tension de 500 volts de la dynamo aux électromoteurs.

La machine motrice est du système Compound, à condensation par injection; elle développe une puissance de 90 chevaux sous 6 atmosphères de pression, à la vitesse de 195 tours par minute, et conduit

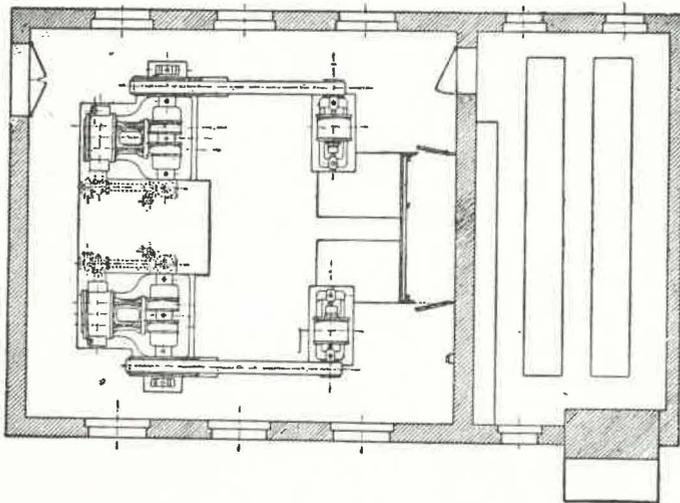


Fig. 2

par courroie une dynamo de 65 kilowatts de puissance normale, faisant 650 tours par minute. Cette machine a été construite par Swiderski de Leipzig. La dynamo est excitée en dérivation, et travaille en parallèle (ou dérivation) avec la *batterie d'accumulateurs* système Pollak (fig. 4) de Francfort-sur-le-Mein, logée dans une salle contiguë. Outre les avantages déjà mentionnés, cette batterie présente ceux d'absorber tous les à-coup de l'extraction et de permettre à la machine à vapeur de travailler au degré d'admission le plus économique. Elle augmente beaucoup aussi la puissance de production.

Le *tableau* (fig. 5) porte les appareils d'interruption et de mesure.

La *machine d'extraction* (fig. 6, 7, 8), dont la partie mécanique a

été exécutée par MM. Schmidt, Kranz & C^o, de Nordhausen, comporte un tambour fixe et un tambour fou sur l'arbre, accouplés par

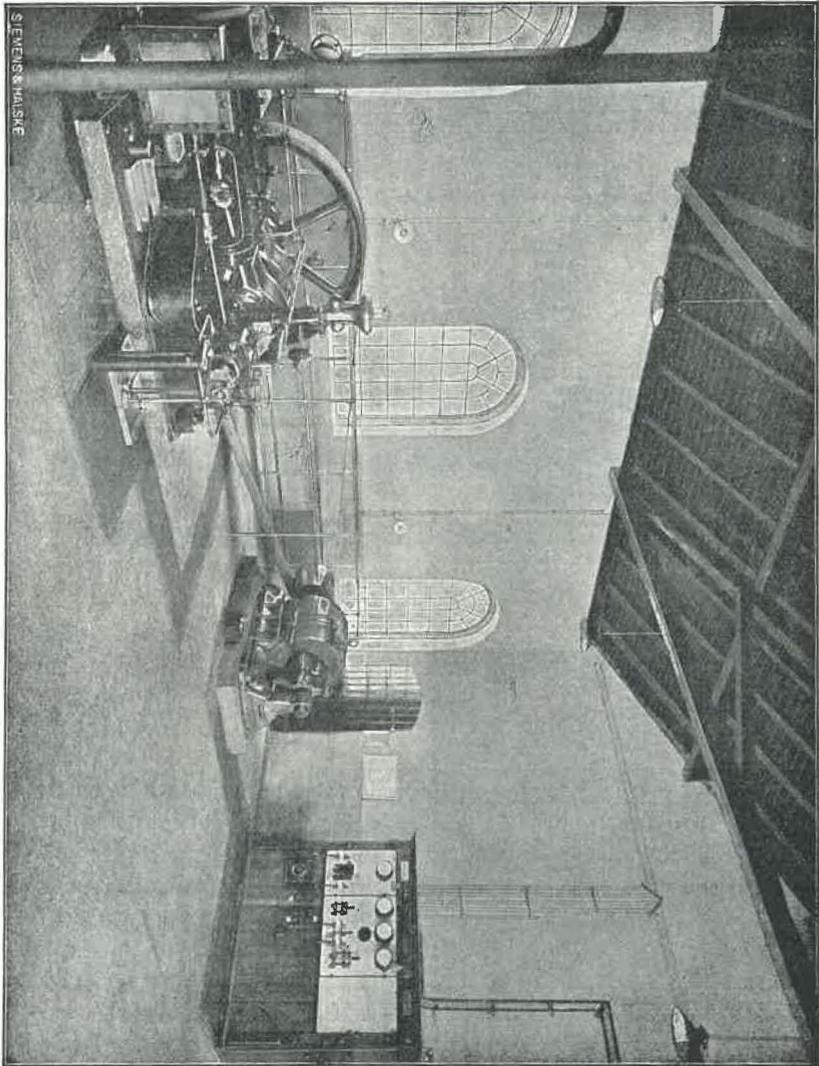


Fig. 3. — Station génératrice.

quatre boulons permettant le réglage des câbles à longueur. Chaque tambour est muni d'une poulie-frein. L'arbre est porté dans de larges

coussinets à graissage par bagues. Il dépasse ces coussinets de part et d'autre d'environ $1^m40'$: les armatures des deux électromoteurs sont montées sur ces prolongements. On peut donc aisément les enlever et les remplacer. Le diamètre de 190 millimètres attribué à cet arbre en acier limite sa flexion, sous le poids des électromoteurs à 0,2 millimètre.

La machine repose sur un bâti en fonte, creux, très robuste.

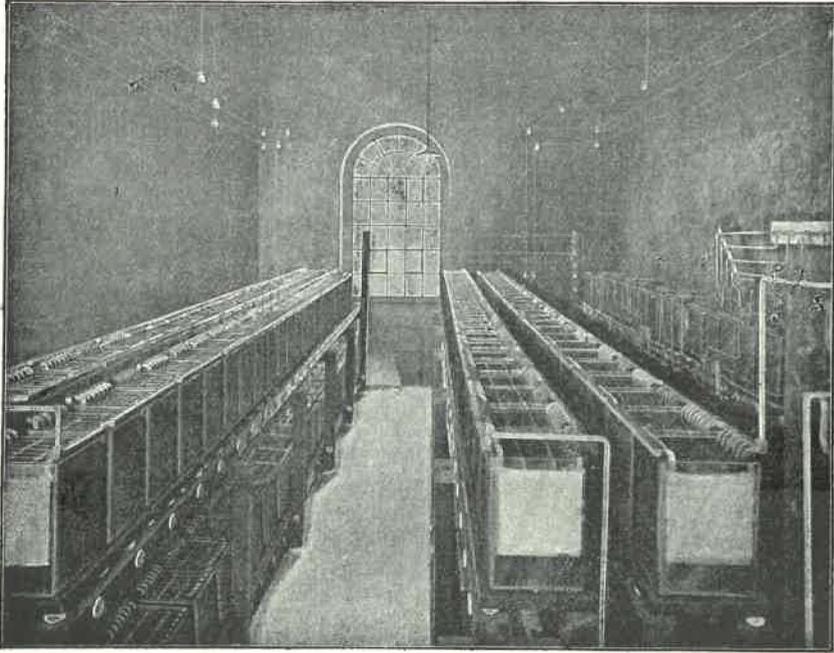


Fig. 4. — Batterie d'accumulateurs.

Devant les tambours, en vue du mécanicien, se trouvent les appareils électriques de mise en train et de changement de marche, de mesure (voltmètre et ampèremètre) et un tachographe.

La vitesse de 6 mètres des câbles correspond à 70 révolutions des électromoteurs. Ils sont chacun capables de supporter un travail de 150 chevaux, soit ensemble 300 chevaux. Ils sont enroulés en dérivation. Pour la vitesse de 6 mètres, ils sont groupés en parallèle. Pour

la translation du personnel (3 mètres), ils sont disposés en série. Les vitesses intermédiaires s'obtiennent par insertion de résistances dans le circuit.

La faible vitesse de 0^m30 pour visite des câbles sous charge minime a exigé beaucoup d'ingéniosité de la part de l'électricien : si l'on voulait réduire la vitesse par insertion de résistances, on atteindrait difficilement le but, car le courant devant être très faible, il ne subit que peu de réduction de tension. De plus, au début de l'ascension, le

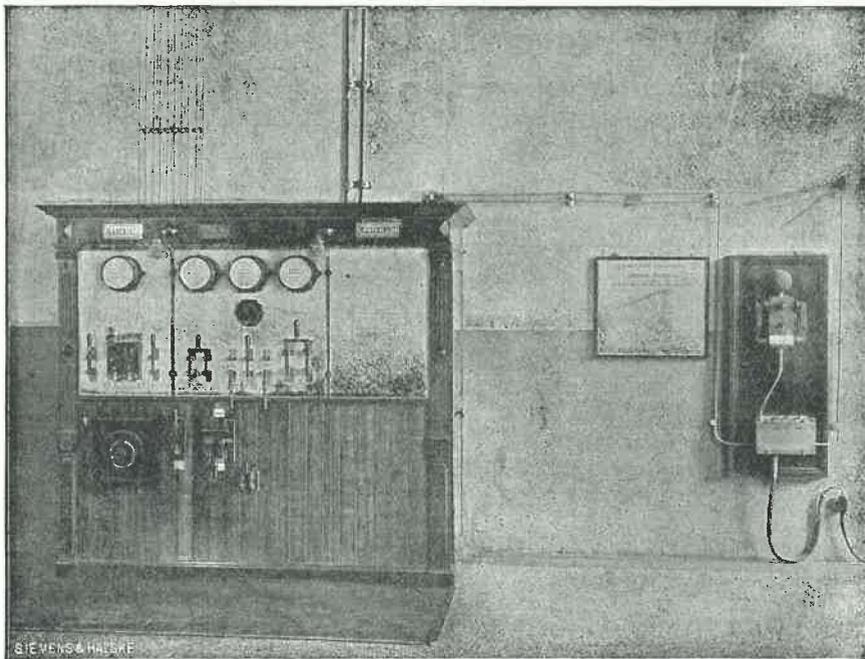
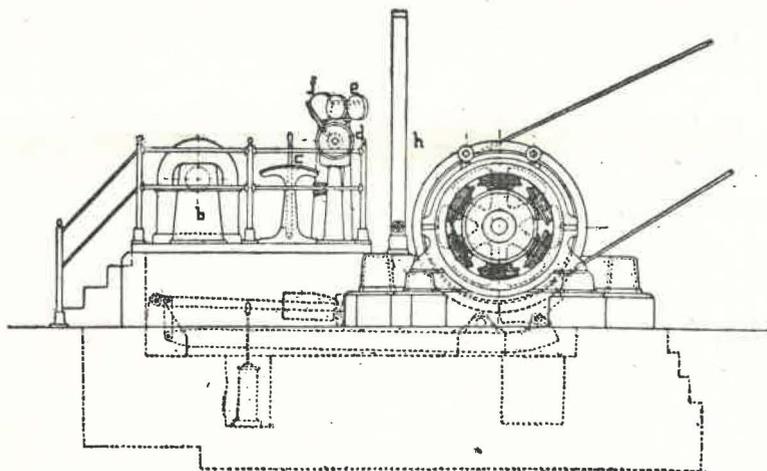


Fig. 5. — Tableau.

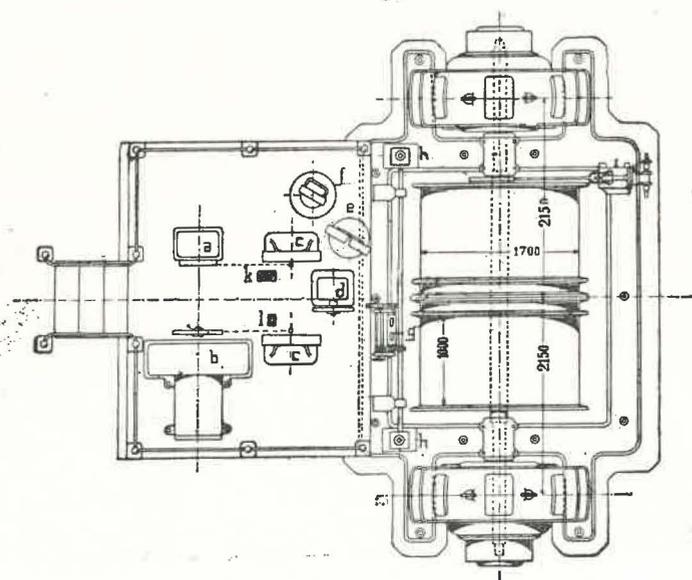
câble exerce une résistance de 350 kilogrammes qui décroît graduellement, s'annule, change de sens et devient motrice, obligeant le mécanicien à agir sur le frein pour modérer la vitesse.

Un brevet de M. Meyer, ingénieur en chef de la maison Siemens et Halske, a heureusement résolu ces difficultés.

Sans que l'on touche au levier de changement de marche ni au frein, une faible vitesse est maintenue : en essai elle s'est abaissée à



- | | | |
|---|--|--------------------------------------|
| <i>a.</i> Commutateur interrupteur | <i>f.</i> Tachographe | <i>g.</i> Pompe de compression d'eau |
| <i>b.</i> Rhéostat de démarrage | <i>e.</i> Indicateurs de courant et de tension | <i>h.</i> Pédale pour le frein |
| <i>c.</i> Secteur des leviers de commande | <i>i.</i> Retardierapparat | <i>l.</i> » pour le retardierapparat |
| <i>d.</i> Treuil pour le contrepoids du frein de sûreté | <i>h.</i> Indicateur de profondeur | |



Charge utile 800 kilogrammes
 Vitesse d'extraction 6 mètres par seconde pour les matières
 » 3 » » le personnel.
 Profondeur 200 mètres Echelle 1/100

Fig. 6

0^m09. Ceci démontre de la part de l'électromoteur une souplesse supérieure à celle de la machine à vapeur.

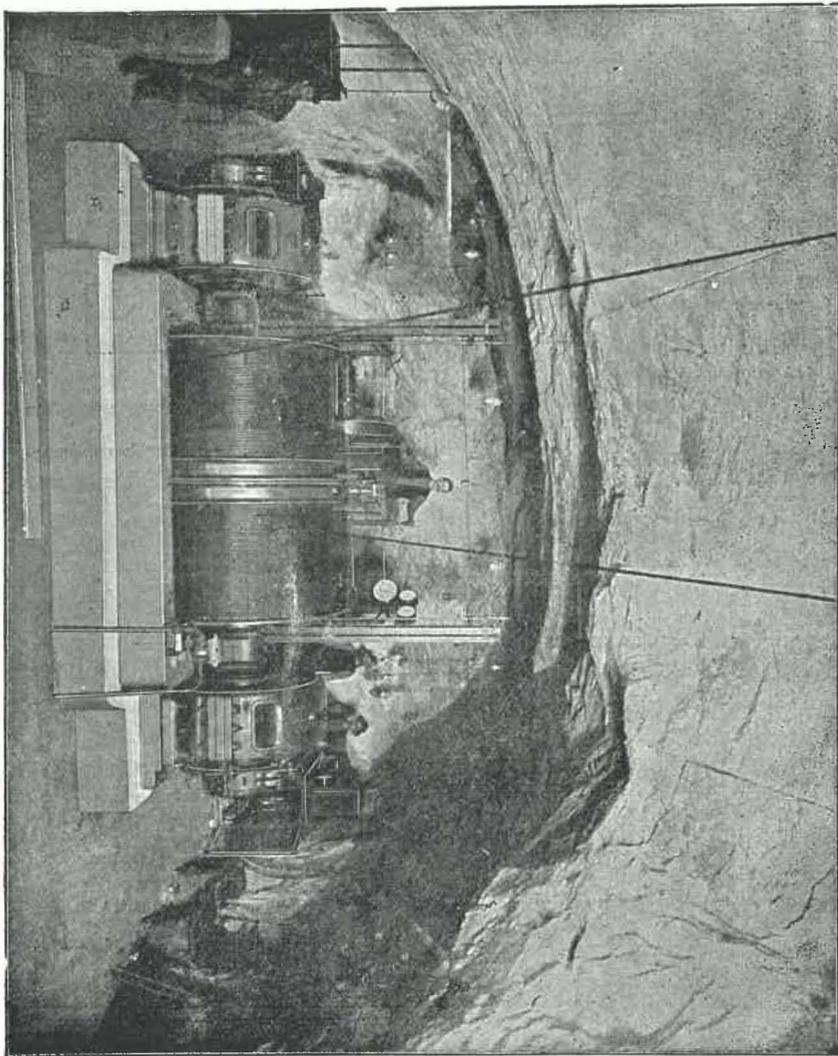


Fig. 7. — Machine d'extraction.

L'enroulement en dérivation des électromoteurs assure une vitesse régulière.

A la descente de charges, les électromoteurs agissent comme dynamo et chargent la batterie. On a appliqué ici encore le principe :

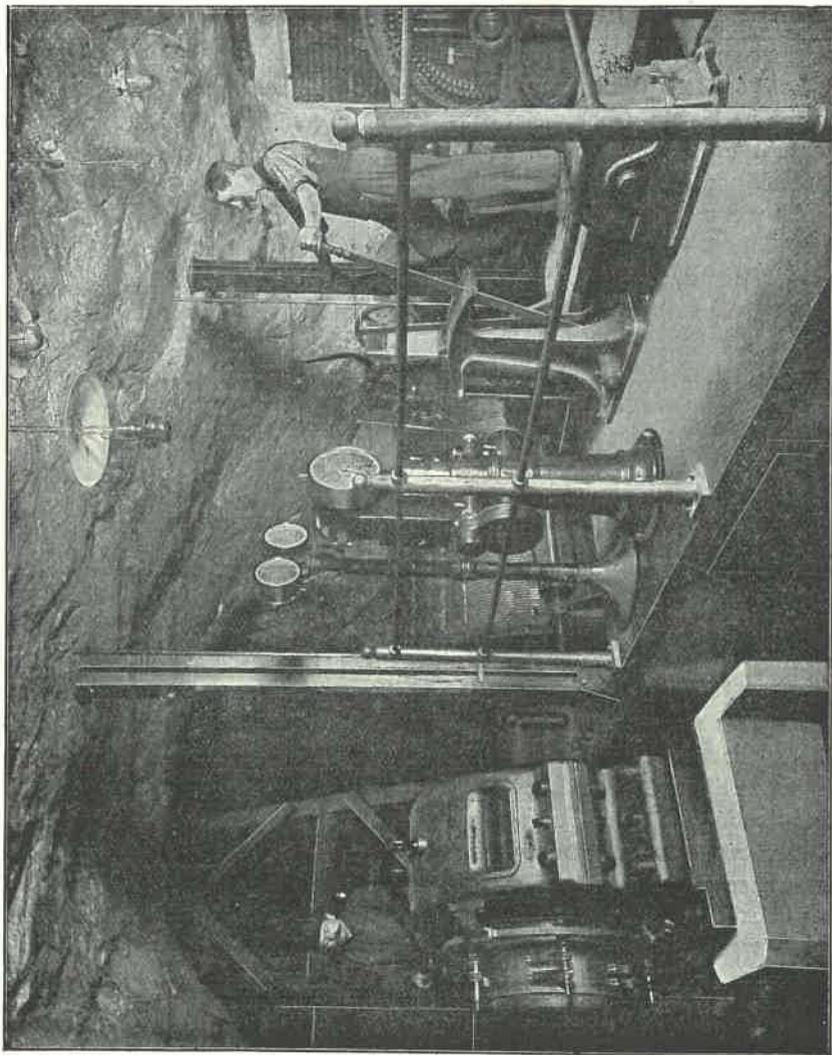


Fig. 8. — Machine d'extraction.

toute disposition augmentant la sécurité et facilitant le travail accroît l'économie d'exploitation.

Chaque position du levier correspond à une vitesse déterminée sensiblement indépendante de la charge. Le changement de sens de l'effort, au moment où, la charge étant faible, le travail du câble, de résistant, devient moteur, n'exige pas l'intervention du mécanicien. Bien que le levier de commande ne soit pas déplacé, le câble conserve une vitesse presque invariable.

Le rhéostat de démarrage (correspondant au levier du modérateur), logé à portée du machiniste, consiste en un commutateur à touches portant un grand nombre de contacts. Il est muni d'un souffleur magnétique d'étincelles.

Le commutateur interrupteur (correspondant au changement de marche) est disposé en face du rhéostat de démarrage. Le machiniste manœuvre le levier du commutateur de la main gauche, celui du rhéostat de la main droite. Le commutateur interrupteur effectue les combinaisons du circuit pour marche avant et arrière, et mise en parallèle et série des électromoteurs.

Indépendamment de la position de repos, le levier du commutateur peut occuper les positions de :

marche lente avant,	rapide avant,
marche lente arrière,	rapide arrière.

Dès que le mécanicien a déterminé, à l'aide de ce commutateur interrupteur le sens de marche et le degré de vitesse désiré, il retire graduellement les résistances du rhéostat de démarrage et la machine d'extraction se met en marche.

Pour obtenir une très faible vitesse, il suffit de placer le levier à proximité du point mort.

Le *frein* peut être actionné par pédale ou par pression hydraulique, provenant d'un accumulateur desservant les taquets hydrauliques de l'installation. La pompe reçoit son mouvement d'un excentrique calé sur l'arbre du tambour.

Le *frein de sûreté* est sous la dépendance d'un contrepoids normalement soulevé, maintenu par un petit treuil à rochet et cliquet, manœuvré à la main. Si, par inadvertance, une cage s'élève trop haut, le frein fonctionne automatiquement par suite de l'écart du cliquet opéré par le curseur indicateur de la marche des câbles. La chute du contrepoids est modérée par coussin d'air.

Chaque tambour porte un indicateur de situation des cages dans les puits, actionnant un timbre dès que la cage est parvenue à 20 mètres de la recette.

Un appareil de sûreté supplémentaire, le « Retardier apparat »

commandé par l'arbre de l'indicateur des cages, insère automatiquement des résistances dans le circuit. Si même le mécanicien avait mal disposé le levier de commandé, cet appareil déplacerait graduellement le levier dès que la cage parviendrait à 20 mètres de la recette.

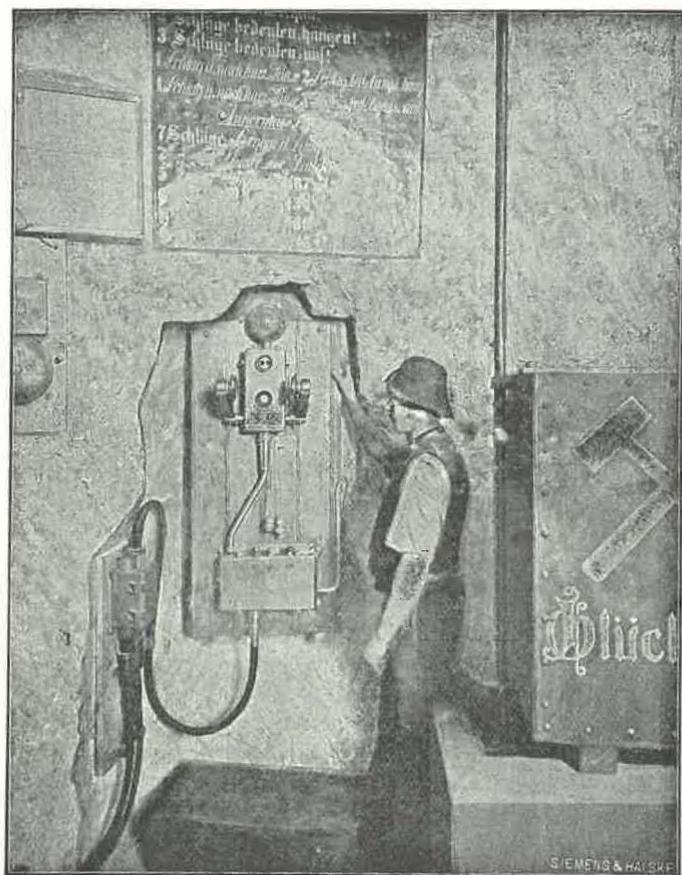


Fig. 9. — Téléphone.

Aux fins d'ascension, la vitesse de rotation des tambours est donc réduite et la chute du contrepoids du frein de sûreté ne peut par conséquent donner lieu à aucun choc dangereux. Le « Retardier appareil » peut en outre être actionné par pédale.

Un puissant téléphone relie la machine d'extraction au pied du puits intérieur (fig. 9) et à la station primaire.

C. — Résultats des essais de réception.

I & II DU 9 MAI & III DU 10 MAI 1900

I

Vérification des diverses parties de toute l'installation à la surface et dans la mine.

Cet examen démontra que tous les éléments de l'installation répondent à leur but et sont bien proportionnés.

II

Epreuves de capacité et de sécurité de l'installation :

1. — *Extraction à pleine et à demi-vitesse.*

On a obtenu les vitesses suivantes :

a) Extraction régulière à pleine vitesse (électromoteurs groupés en parallèle) :

Vitesse maxima 7^m10 par seconde.

Vitesse moyenne 6^m00 »

b) Extraction à mi-vitesse (moteurs en série) :

Vitesse maxima 3^m60 par seconde.

Vitesse moyenne 3^m20 »

Le contrat stipulait deux degrés de vitesse d'extraction : 6 mètres et 3 mètres. Ces conditions sont donc remplies.

2. — *Extraction très-lente.*

a) Descente de fortes charges (pièces de machine) :

Cage descendante avec wagonnet (315 kilogrammes) contenant 965 kilogrammes de sel 1,280 kilogrammes.

Cage montante vide, d'où excès de charge de 1,280 »

1) Freinage électrique seulement, en laissant le levier de changement de marche dans la même position pendant la suspension de la charge :

Nombre de tours (constant) 12 par minute.

Correspondant à une vitesse de 1^m08 »

2) En employant le frein à pédale :

Un tour en 62 secondes

correspondant à une vitesse de 0^m087 »

b) Remonte de faibles charges (visite de puits) :

Cage montante chargée de deux hommes (140 kilogrammes).

Cage descendante vide.

Freinage électrique seul, en laissant le levier dans la même position.

Au commencement de l'ascension. Cage occupée en bas,
vitesse 0^m095.

A la fin de l'ascension. Cage occupée en haut,
vitesse 0^m09.

c) Cages sans charges (visite des câbles).

Au commencement de l'ascension, il faut soulever le câble ;
à la fin de la course, le poids du câble devient moteur.

Freinage électrique seul, en laissant le levier dans la même position.

Au commencement de l'ascension : vitesse . . . 0^m113 par seconde.A mi-hauteur : » . . . 0^m115 »A la fin de l'ascension : » . . . 0^m243 »Le contrat exigeait que la vitesse ne dépassât pas 0^m30.3. — *Descente de charges à pleine et demi-vitesse*

Les électromoteurs fonctionnent alors comme dynamos et fournissent du courant au réseau c'est-à-dire à la batterie.

Cage descendante : 605 kilogrammes de charge utile (carnallite).

Cage montante vide.

a) Electromoteurs disposés en série :

Vitesse maxima 4^m8.» moyenne 3^m85.

b) Electromoteurs disposés en parallèle :

Vitesse maxima 9^m6.

On suspendit alors une charge extraordinairement forte :

Cage descendante : 965 kilogrammes de charge utile (sel gemme).

Cage montante vide.

Vitesse maxima 10^m5 par seconde.4. — *Montée de charges très lourdes.*

Cage montante avec wagonnets pleins, poids brut 1280 kilogrammes

Cage descendante vide.

Cette charge dépassait de 60 p. c. la charge habituelle de 800 kilog.

Les conditions du contrat ont été largement dépassées.

5. *Relevage de la cage pleine au-dessus du chargeage.*

- a) Uniquement par l'électricité. — Condition remplie.
- b) Au moyen de taquets hydrauliques. Ce dispositif est régulièrement employé.

6. *Fonctionnement des appareils de sûreté de la machine d'extraction.*

a) Appareil de ralentissement (Retardier appareil). Il répondait parfaitement à sa destination.

b) Frein de sûreté, interrupteur de sûreté et dégagement automatique de celui-ci par l'indicateur de profondeur des cages.

On fit fonctionner le frein de sûreté et le courant fut interrompu à l'aide de l'interrupteur de sûreté.

Dans ces essais, on nota l'intensité du courant et de sa tension, afin d'apprécier les variations du travail.

On observa aussi le fonctionnement de la batterie et on se rendit compte de la nécessité de son emploi pour semblable installation.

7. *Extraction avec batterie hors circuit.*

Trois essais à demi-vitesse :

- a) avec cages vides,
 - b) avec 605 kilogrammes de charge utile,
 - c) avec 1,280 kilogrammes de charge utile,
- donnèrent des résultats très satisfaisants.

III

Essais de durée destinés à se rendre compte du travail maximum dont est capable l'installation.

Ces essais occupèrent toute la matinée du 10 mai.

Afin de pouvoir éprouver l'installation au point de vue du travail dont elle est capable, le chef d'exploitation avait ordonné aux préposés aux manœuvres du puits intérieur de maintenir la durée des arrêts entre 6 et 8 secondes, en moyenne 7 secondes. Pour le travail habituel les ouvrages citent souvent 20 à 60 secondes consacrées aux manœuvres ; cette durée est fréquemment dépassée.

La durée des manœuvres et celle des ascensions était vérifiée à chaque dizaine de wagonnets, à l'aide d'une montre à index et à dispositif d'arrêt.

Pour ce travail intensif, que l'on n'avait jamais obtenu à la recette, un homme manœuvrait le levier de commande des taquets hydrauliques, retirait le wagonnet plein et répétait le signal du fond à la machine d'extraction; un deuxième ouvrier poussait en même temps le wagonnet vide dans la cage. Au chargeage du fond, deux mineurs accomplissaient les mêmes manœuvres. En outre, à la recette un troisième ouvrier numérotait à la craie les wagonnets à mesure de leur arrivée. A la surface les wagonnets numérotés étaient pesés et l'on pouvait ainsi estimer exactement la production de l'installation.

En une heure = 3600 secondes, on effectua 81 ascensions de 200 mètres de hauteur.

La direction de la mine avait prescrit une extraction de 32 traits à l'heure avec une vitesse maxima de 6 mètres.

L'installation est donc capable d'une extraction $\frac{81}{32} = 2,5$ fois plus forte.

Avant de commencer l'extraction :

de 6 h. à 6 h. 30, 22 traits avaient descendu 88 ouvriers au fond du puits intérieur; de 6 h. 53 à 9 h. 57 (3 h. 4 minutes) une extraction forcée avait débité en 240 ascensions, 240 wagonnets contenant 172,520 kilogrammes de carnalite. Suit une pause dans le travail pour la visite journalière du câble. De 10 h. 50 à 1 h. 30, extraction de 194 wagonnets contenant 140,415 kilogrammes de charge utile.

Ensuite un wagonnet d'outils (800 kilogrammes).

22 traits de remonte du personnel succédèrent jusque 2 h. 15.

En 344 minutes, sur 200 mètres de profondeur, on effectua donc :

434 traits relevant 312,935 kilogrammes de charge utile;

44 traits de personnel;

1 trait d'outils (800 kilogrammes);

1 visite des câbles.

La marche silencieuse de la machine était remarquable, les arrêts et départs s'effectuaient sans chocs, bien que la vitesse fut atteinte en 3 secondes. Au contraire, la machine d'extraction à vapeur fait éprouver une sensation désagréable que l'on peut assimiler à celle de la suspension à un câble en caoutchouc, due à l'action des coups de piston.

Malgré que les guides des cages fussent en bois, la forte extraction obtenue ici démontre bien la maniabilité et la sécurité de la machine, sa docilité sous la main du mécanicien, et témoigne de l'excellence des dispositions de l'installation.

L'extraction a pu dépasser toute attente, par suite des deux innovations introduites : commande directe de l'arbre par les électromoteurs, insertion d'une batterie-tampon.

On constata aussi combien les progrès de la technique ont pu simplifier les manœuvres des organes par la facilité avec laquelle des travailleurs peu instruits se sont familiarisés avec cet appareil, la tranquillité et la sûreté avec laquelle le mécanicien opère les variations de la marche de la machine d'extraction.