

Electrification des têtes motrices de bélier et de scraper-rabot Westfalia, système Peissenberg, par le matériel Siemens

par J. MINNE,

Ingénieur à la S. A. « CBM »,

Représentant la Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia, à Lünen (Allemagne).

SAMENVATTING

De hoge kostprijs van de energieoverbrenging onder de vorm van perslucht en de meestal geringe capaciteit van de bestaande compressoren, verplichten spoedig de ontginners over te gaan tot de electrificatie van de schaafschrappers. Een bondige berekening bewijst dat de verhoogde initiale uitgave, naar gelang de omstandigheden, na 5 tot 6 maanden gedelgd wordt door de besparing op de energiekosten.

Een enkele aandrijfmachine ware minder kostelijk bij aankoop, maar is niet praktisch wegens de ongelijke verdeling van de spanningen in de ketting, waardoor verbiedende belastingen ontstaan in het afbouwtuig, bij het overschrijden van geologische storingen.

Men is dus teruggebracht tot het gebruik van twee aandrijfmachines, die onderling gekoppeld zijn bij normale werking, maar die onafhankelijk kunnen bediend worden voor de manoeuvres. In dit laatste geval is iedere machinist uitsluitend meester van zijn aandrijfmachine.

De algemene schikking is vergelijkbaar met een aanbouwschaaf, behalve dat de voedings- en stuurgeleiders niet door de pijler gaan, maar langs de galerijen en een doortocht omgeleid zijn.

De elektrische uitrusting bestaat uit een werkplaatstransformator, twee vertrekken op 500 V naar de beide galerijen, twee schakelkastjes verbonden door een stuurkabel, twee motoren met kortsluitanker van 33 of 42 kW en twee bedieningskastjes met drie drukknoppen « vooruit-stop-achteruit » en met de bediening van de ontgrendeling.

De voornaamste moeilijkheid bij de electrificatie van de inrichting bestaat in de verhitting van de motoren door het herhaald inschakelen en remmen, veroorzaakt door de grote frequentie van de omkering der bewegingen van de inrichting.

De motoren moeten zeer krachtig zijn; men gebruikt meestal motoren van 42 kW. De transmissie geschiedt door bemiddeling van een hydraulische koppeling. Proeven op een nieuwe koppeling zullen vermoedelijk toelaten zonder bezwaar te starten op grote snelheid (1,86 m/s) in de meest ongunstige omstandigheden. Deze nieuwe koppeling is gekenmerkt door een hoog en regelbaar aanloopregime (ongeveer 1.200 omwentelingen per minuut) verzekerd door regelbare olie-injectoren, gevoed door een ruime vertragingkamer.

De dynamische remming is slechts vereist bij grote hellingen. Voor de vlakke en half-steele lagen volstaat een eenvoudige blokkeringsrem voor de veiligheid van de bediening.

De gebruikte Siemens-motoren laten tenslotte een kadans van 9 à 10 inversies per minuut toe, hetgeen in de praktijk niet bereikt wordt. Aldus zullen deze ver onder het kritisch verhittingspeil blijven.

RESUME

Le coût élevé de l'énergie sous forme d'air comprimé et la capacité souvent faible des compresseurs existants contraignent rapidement l'exploitant à l'électrification des têtes motrices de scraper-rabot. Un calcul sommaire nous montre qu'il faut de 3 à 6 mois, suivant les cas, pour amortir complètement le surplus de dépense initiale grâce à l'économie d'énergie réalisée.

Une bonne électrification doit satisfaire aux mêmes exigences de base qu'une installation à air comprimé, à savoir : simplicité, sécurité et rendement équivalents.

La tête motrice unique, quoique moins chère à l'achat, n'est pas intéressante, par suite de la répartition inégale des tensions de chaîne, laquelle provoque des contraintes néfastes sur l'engin d'abatage, lors du passage d'accidents géologiques. On utilisera donc deux têtes motrices qui seront toujours couplées entre elles pour la marche normale, mais qui pourront être déverrouillées pour les manœuvres. Dans ce cas, chaque machiniste est seul maître de son moteur, exclusivement.

L'agencement général est comparable à celui d'un rabot adaptable, sauf que les câbles de force et de télécommande ne passent pas en taille, mais bien par les voies et cheminées. L'installation électrique se compose en détails d'un transformateur de chantier, de deux départs à 500 V vers les deux voies, de deux coffrets de commande, reliés par un câble-pilote, de deux moteurs à rotor en court-circuit de 33 ou 42 kW, et de deux coffrets-manipulateurs portant chacun les boutons « avant-arrêt-arrière », ainsi que la commande de déverrouillage.

Les principales sources de difficultés dans l'électrification de l'engin proviennent des démarrages, du freinage et de l'échauffement des moteurs, toutes conséquences de la grande fréquence des inversions de marche.

Les moteurs devront être puissants : la tendance est d'utiliser les 42 kW ; la transmission du couple s'effectuera par l'entremise d'un coupleur hydraulique. A ce sujet, les essais d'un nouveau coupleur actuellement en cours permettront probablement d'assurer un démarrage correct à grande vitesse (1,86 m/s) dans les cas les plus difficiles. Ce nouveau coupleur se caractérise par un régime élevé et réglable d'accrochage, de l'ordre de 1.200 tr/min, réalisé par injecteurs d'huile ajustables, au départ d'une importante chambre de retardement.

Le freinage dynamique ne s'avère nécessaire que pour les grands pendages ; pour les plateures et semi-plateures, un frein d'arrêt suffit à assurer la sécurité des manœuvres.

Enfin les moteurs Siemens préconisés permettent de supporter une cadence de 9 à 10 inversions simples par minute, ce qui n'est jamais atteint dans la pratique ; de ce fait, ces moteurs resteront loin en deçà de la limite d'échauffement critique.

SOMMAIRE

A. Nécessité de l'électrification.

1. Esquisse d'un calcul de rentabilité.

B. Conditions d'une bonne électrification.

1. Exigences de base.
2. Un ou deux moteurs ?
3. Marche normale.
4. Manœuvres.
5. Où placer les câbles ?

C. Composition schématique de l'installation Westfalia-Siemens.

1. Têtes motrices.
2. Transformateur de chantier.
3. Coffrets.
4. Moteurs.
5. Manipulateurs.
6. Nouvelle commande à distance à sécurité intrinsèque.

D. Problèmes spécifiques à l'électrification.

1. Démarrage.
 - a) Origine des difficultés.
 - b) Puissance des moteurs.
 - c) Type d'accouplement.
2. Freinage.
3. Echauffement des moteurs.

E. Conclusion.

A. Nécessité de l'électrification.

Le prix de revient élevé de l'énergie sous forme d'air comprimé et la capacité souvent faible des batteries de compresseurs existants contraignent souvent l'exploitant à l'électrification des têtes motrices de scraper-rabot, surtout dans le cas où plusieurs installations fonctionnent dans un même siège.

1. Calcul sommaire de rentabilité.

L'estimation des prix de revient comparés nous permettra de calculer la période de temps au bout

de laquelle l'installation électrique atteindra un prix de revient égal à celui de l'installation à air comprimé.

L'équipement des machines Westfalia à l'air comprimé coûte à l'achat environ 190.000 FB, tandis que l'équipement électrique coûte, lui, environ le double. Il nous faudra donc amortir environ 200.000 FB par l'économie réalisée, grâce à l'emploi de l'énergie électrique. On comparera des moteurs de 40 kW avec des turbines à air de 50 ch : le temps de marche des moteurs peut être estimé à 6 h/jour, en cas de marche à 2 postes.

La consommation spécifique d'air comprimé est de 50 m³ d'air aspiré par cheval et par heure, ce qui nous donne :

$$2 \times 50 \text{ m}^3/\text{ch}/\text{h} \times 6 \text{ h} \times 50 \text{ ch} = 30.000 \text{ m}^3 \text{ d'air aspiré par jour.}$$

Le m³ d'air aspiré coûtant environ 11 centimes, la consommation d'air comprimé atteindra

$$30.000 \times 0,11 = 3.300 \text{ F/jour.}$$

Le kW/h lui coûte environ 0,90 F, ce qui nous donne :

$$2 \times 40 \text{ kW} \times 6 \text{ h} \times 0,90 \text{ F/kWh} = 432 \text{ F/jour.}$$

La différence est de 3.300 F — 432 F = environ 2.800 F/jour, qui seront amortis en 200.000/2.800 = 70 jours, soit en environ 3 mois.

En cas de marche à un poste, cette période sera évidemment portée à 6 mois.

Cette rapide estimation nous permet de mettre en évidence l'intérêt qu'il y a à électrifier le scraper-rabot malgré un investissement initial plus important.

B. Conditions d'une bonne électrification.

1. Exigences de base.

L'installation électrique doit pouvoir répondre aux mêmes exigences de base qu'une installation à air, à savoir : simplicité, sécurité de marche et rendement équivalent considéré du point de vue purement minier.

2. Un ou deux moteurs ?

Etant donné que l'installation de scraper-rabot comporte normalement 2 têtes motrices, on nous pose souvent l'objection suivante, valable à première vue : pourquoi ne pas simplifier la machine et n'utiliser qu'une tête motrice unique, éventuellement plus puissante ?

En effet, on ne simplifierait pas seulement l'installation en elle-même, mais également les aductions d'énergie et les commandes à distance.

Il nous faut répondre que ces avantages apparents ne peuvent s'acquérir dans le cas de l'entraînement électrique, qu'en acceptant des inconvénients importants d'exploitation.

En effet, dans ce cas, un des deux brins de chaîne se trouve constamment sous tension sur toute sa longueur.

Si le caisson se dirige vers la tête motrice, la chaîne côté charbon est tendue, car elle doit tirer le brin de retour s'enroulant sur la poulie de renvoi ; si le caisson, au contraire, s'éloigne de la tête motrice, le brin de retour tendu lui transmet la traction par l'entremise de la poulie de renvoi. Or, une chaîne tendue sur toute sa longueur cherche à prendre d'elle-même le plus court chemin entre tourteau et poulie de renvoi, au détriment des épontes dans le cas de tailles ondulées. De ce fait, il est très difficile de traverser des ondulations, des selles de mur tendre ou des dérangements importants avec une machine à moteur unique.

De plus, il est souvent impossible d'installer en un seul point la puissance totale qui doit nécessairement être élevée, dans le cas de longues tailles et de faibles pendages.

Les exigences d'une exploitation sûre et rationnelle devant tenir compte de toutes les possibilités, telles que dérangements, ondulations et autres difficultés, conduisent donc automatiquement au choix d'une installation à 2 têtes motrices.

3. Marche normale.

La voie de base et la voie de tête comprendront donc chacune une tête motrice. Les moteurs seront verrouillés entre eux, pour la marche normale, de telle sorte que chaque machiniste — pied ou tête — soit à même de manœuvrer les 2 moteurs simultanément et dans le même sens. Le machiniste qui voit arriver l'engin d'abatage vers lui, commande l'arrêt simultané des 2 moteurs et leur démarrage en sens inverse, soit simultané, soit retardé par relais à temps.

4. Manœuvres.

Pour certaines opérations, il s'avère nécessaire de pouvoir déverrouiller les 2 moteurs : ainsi, pour le franchissement des montants de voie, de même que pour les manœuvres d'ouverture, de fermeture et de tension de chaîne au pied de taille, chaque machiniste doit pouvoir être à même de ne marcher qu'avec son moteur propre. Il déverrouille donc son coffret, ce qui lui donne la certitude de ne commander que son moteur au moyen de son manipulateur. Pendant ce temps, l'autre moteur doit être sans courant, de manière à éviter toutes fausses manœuvres ou accidents.

5. Où placer les câbles ?

L'ennoyage vers les fronts, nécessité par l'abatage, ainsi bien souvent que la faible ouverture de la veine, rendent impossible une liaison directe par la taille entre les deux moteurs, aussi bien pour le câble de force que pour le câble-pilote.

Ces câbles doivent donc être placés soit dans l'ancien montage, soit dans une cheminée de liaison ; de cette façon, aucune sollicitation mécanique

néfaste ne peut intervenir. On évite ainsi tout danger de panne par blessure du câble, et partant, tout danger d'incendie ou d'explosion.

C. Composition de l'installation Siemens répondant à ces conditions.

1. Têtes motrices.

Les têtes motrices se montent de la même façon que pour l'installation à air comprimé, sauf que l'accouplement à broches est remplacé par un accouplement hydraulique.

De plus, on ajoute un frein de sécurité à chaque tête motrice. Nous en reparlerons plus loin, lors de l'étude de quelques problèmes spécifiques à l'électrification (fig. 1).

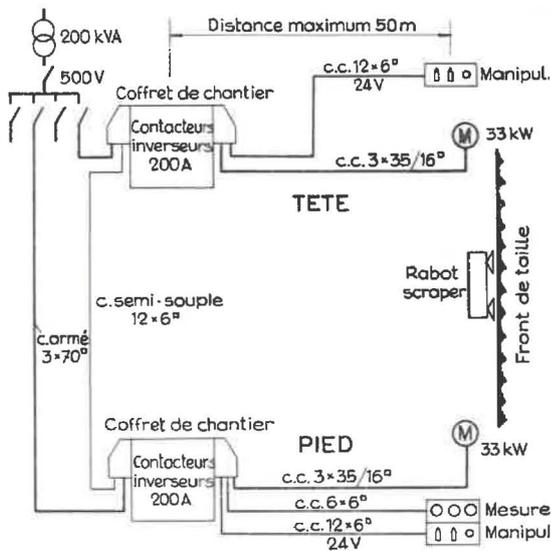


Fig. 1. — Schéma de principe.

2. Transformateurs de chantier.

L'alimentation des deux moteurs s'effectue le plus efficacement au départ d'un transformateur de chantier. Celui-ci sera prévu suffisamment puissant ; ainsi, dans le cas de deux moteurs de 33 kW, on choisira une puissance nominale d'environ 200 kVA, de manière à fournir un courant suffisamment fort lors du démarrage simultané des deux moteurs.

3. Coffrets.

Du transformateur partent deux câbles de force vers les deux coffrets de chantiers (fig. 2) ; ceux-ci seront placés à une distance maximum de 50 m des moteurs. Les sections de câble doivent être dimensionnées de telle sorte que la chute de tension soit la plus faible possible : n'oublions pas que le couple est une fonction quadratique de la tension, c'est-à-dire qu'une chute ohmique de 10 % nous entraîne à une perte de couple de 19 %.

Les deux câbles courts reliant les coffrets aux moteurs peuvent généralement être plus faiblement dimensionnés.

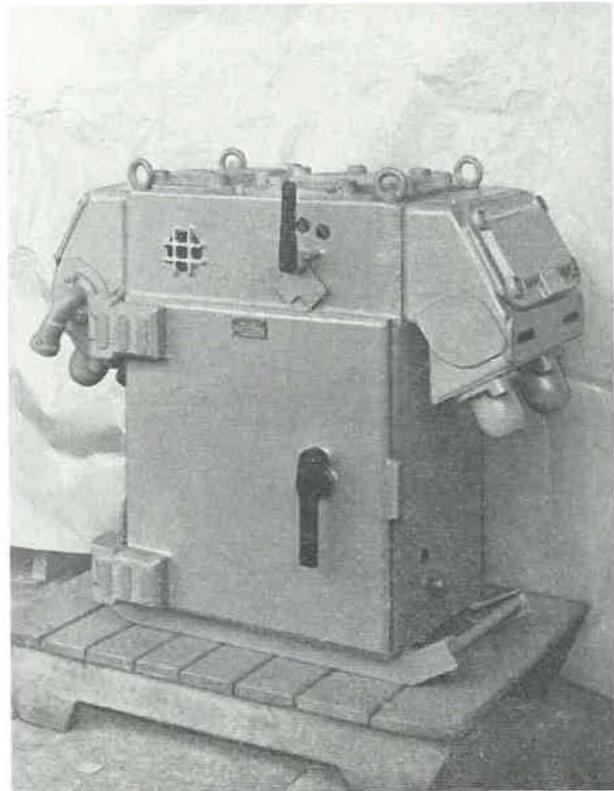


Fig. 2. — Coffret de chantier ACS-2.

4. Moteurs.

Les moteurs utilisés sont du type asynchrone à rotor en court-circuit (Siemens duOR 1193 ou 1194-4 DF) ; ils sont antigrisouteux et ont une puissance de 33 ou 40 kW à 1.450 tours/min (fig. 3). Il s'agit de moteurs de la nouvelle série, normes Faberg ($i_D = 4,5 i_N$; $C_D = 2,1 C_N$). Ces moteurs sont très généralement employés pour les nouvelles installations de panzers et de rabots.

5. Manipulateurs.

A chaque poste de commande se trouve un coffret manipulateur permettant les manœuvres avant -

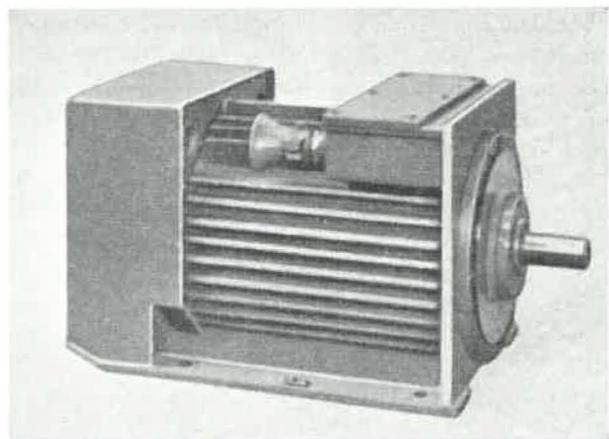


Fig. 3. — Moteur duOR 1193-4 DF.

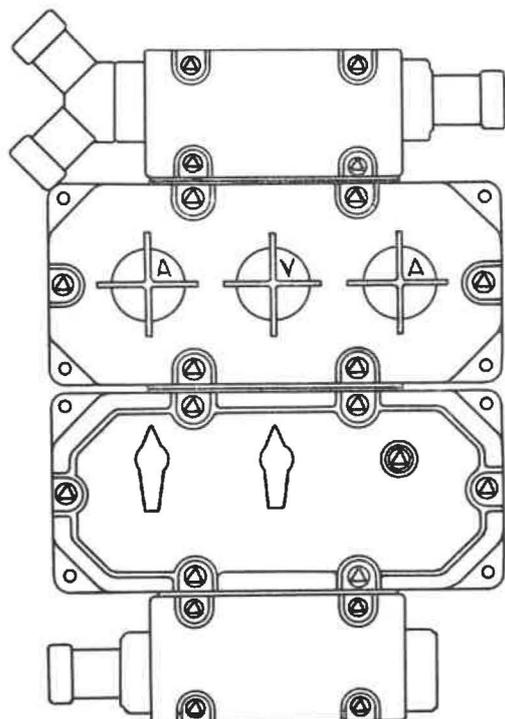


Fig. 4. — Coffret-manipulateur.

arrêt - arrière et portant également la commande de déverrouillage (fig. 4). Ces manipulateurs sont reliés chacun à leur coffret par un câble-pilote ; un troisième câble-pilote relie les 2 coffrets entre eux (section : $10 \times 6 \text{ mm}^2$).

6. Nouvelle commande à distance.

Ce type de commande à distance directe par câble est plus simple et meilleur marché que la nouvelle commande à distance à conducteur unique et à sécurité intrinsèque, utilisant 2 appareils dureH à transistors et une liaison par câble unique.

Ce dernier type de commande ne devient rentable, par rapport au type classique décrit plus haut, que lorsque la distance entre coffrets dépasse 700 m, comptés bien entendu en additionnant les longueurs des 2 voies depuis la cheminée, plus la longueur de la cheminée elle-même. On notera également que la commande par transistors nécessite un personnel de haute qualification, les pannes étant beaucoup plus difficiles à déceler.

On conclura de ce qui précède que l'électrification d'une installation de scraper-rabot est réalisée dans les grandes lignes de la même façon que celle d'un rabot adaptable.

D. Problèmes spécifiques à l'électrification.

1. Démarrages.

a) Origine des difficultés.

En partant de l'hypothèse que les moteurs sont d'égale puissance dans les deux cas, l'effort de trac-

tion d'un rabot adaptable est normalement de 4,7 fois supérieur à celui intervenant dans le cas d'un bélier ou d'un scraper-rabot ; cela provient de la différence des rapports de réduction : 65 pour le rabot rapide et 13,8 pour le bélier. On peut donc prévoir des difficultés dans le démarrage du bélier, provenant de la faiblesse relative de l'effort de traction.

Ces difficultés s'accroissent en raison inverse du pendage et en raison directe de la longueur de la taille.

En effet, le frottement des chaînes l'une contre l'autre et contre le front de charbon, augmente au fur et à mesure que la pente diminue.

A titre d'éclaircissement, mentionnons qu'une installation fonctionnant dans un pendage de 90° ne consommera que l'énergie nécessaire au déplacement du corps de bélier et à l'abatage du charbon, tandis que les résistances passives des chaînes s'annuleront pratiquement.

De plus, dans les longues plateures, on doit utiliser un long train de caissons de scraper, en sorte que, à ce poids mort additionné de la masse de charbon y contenue, viennent encore s'ajouter les résistances passives des chaînes, déjà fort importantes.

b) Puissance des moteurs.

Le démarrage de l'installation est avant tout une fonction de la puissance des deux moteurs. Ceux-ci doivent accélérer facilement toutes les masses en présence ; caissons, chaîne, réducteurs et coupleurs et leur communiquer une vitesse linéaire de 1,80 m/s.

Des moteurs de 33 kW se sont avérés trop faibles pour cette tâche, ce qui nous a obligés à utiliser une vitesse deux fois moindre. C'est la raison pour laquelle nous sommes passés de 33 à 40 kW.

c) Type d'accouplement.

En plus de la puissance des moteurs, on constate que le choix d'un type d'accouplement est également un facteur très important pour l'obtention d'un démarrage correct. Jusqu'ici, la plupart des installations ont été équipées des coupleurs Voith-Sinclair bien connus et appréciés, mais depuis la mi-mars, on a mis deux coupleurs Océana (type C) en service au Charbonnage du Gouffre, siège n° 10 (fig. 5).

Ce coupleur ne se différencie d'un Voith normal que par l'importance de la chambre additionnelle, dite « de retardement ». Celle-ci contient, à l'arrêt, la plus grande quantité de l'huile, de telle sorte qu'au démarrage, seule une faible quantité se trouve dans le coupleur proprement dit.

L'huile passe de la chambre de retardement dans le coupleur par l'entremise de 4 injecteurs réglables, fonctionnant sous l'influence de la pression d'huile

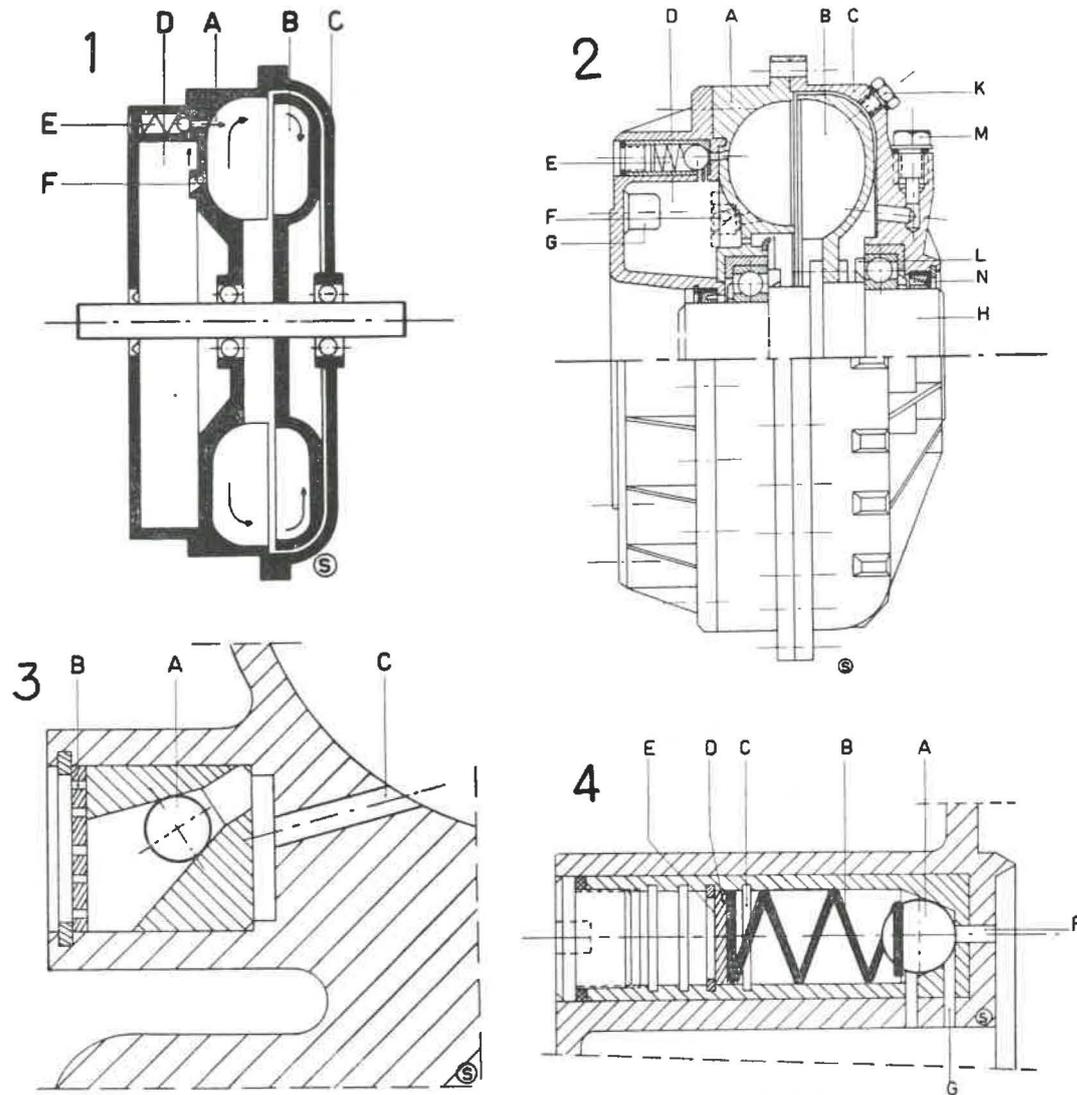


Fig. 5. — Coupleur Oceana.

- 1. Principe
- 2. Coupe de l'Oceana
- 3. Soupape de reflux
- 4. Détail des injecteurs ajustables

provoquée par la force centrifuge. Au Gouffre, les injecteurs ont été réglés à 1.200 tours/min. Les moteurs démarrent ainsi très rapidement à vide et ne commencent à fournir leur couple moteur qu'à un nombre de tours élevé, réglable à volonté et proche du couple d'accrochage. De cette façon, il est possible d'éviter les longues surcharges électriques intervenant lors de démarrages difficiles (fig. 6).

On peut comparer Voith et Océana d'une façon imagée : le démarrage du Voith équivaut au comportement d'un conducteur de voiture donnant progressivement des gaz tout en embrayant lentement ; tandis que le fonctionnement de l'Océana se compare à la manœuvre qui consiste à ouvrir d'abord pleins gaz, puis à embrayer assez sec.

Dans la pratique, on constate, dans le cas d'un bélier avec coupleurs Océana, que la chaîne se déplace faiblement aussitôt que le machiniste a actionné son manipulateur : elle atteint ensuite sa

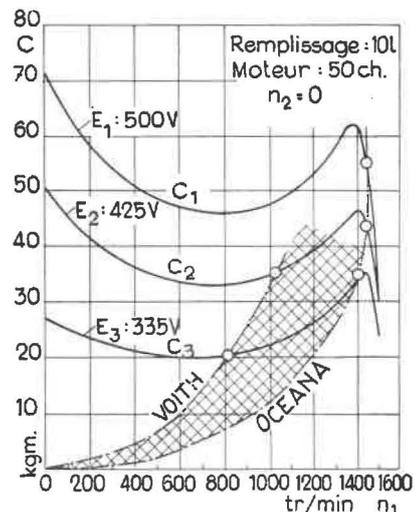


Fig. 6. — Coupleur Oceana; caractéristique de couple. Rem. : par le réglage des injecteurs, on peut obtenir n'importe quelle courbe comprise entre les 2 courbes extrêmes (surface hachurée).

pleine vitesse en une fraction de seconde. Le coupleur Océana permet donc de surmonter des efforts résistants plus importants, en partant de moteurs identiques. Au Gouffre, dans une taille non alignée de 190 m et de 25° de pendage, on a pu démarrer correctement à grande vitesse (1,80 m/s), ce qui n'avait pas été possible jusqu'ici avec le Voith.

Aussitôt que la taille sera rectifiée, on procédera à une série d'essais comparatifs entre les deux types de coupleurs. Nous sommes persuadés que l'utilisation du coupleur Océana nous permettra de marcher à 1,80 m/s dans la plupart des cas, ce qui doit entraîner une amélioration du rendement d'abatage.

Il est bien certain que d'autres conditions doivent être remplies avant d'atteindre ce but, mais leur étude nous entraînerait en dehors du cadre de cet exposé.

Signalons que ces coupleurs sont en service en grand nombre et depuis plusieurs années dans les charbonnages hollandais.

2. Freinage.

Dans le cas du scraper, il n'est pas nécessaire de freiner les masses en mouvement lors des fins de course. En effet, à la montée, les caissons travaillent à l'encontre de la pesanteur et s'arrêtent très rapidement. A la descente, c'est le charbon transporté qui freine les caissons : de plus, dans les deux cas, les couteaux sont souvent engagés dans le front, ce qui ajoute encore au freinage naturel.

Les freins se trouvant sur les réducteurs sont en réalité des freins de sécurité qui ne servent qu'à immobiliser un des brins lors des manœuvres d'ouverture ou de mise en tension de chaîne. Dans le cas d'un bélier en pendage, on pourrait freiner à contre-courant, ce qui nous amène au paragraphe suivant.

3. Echauffement des moteurs.

Les réserves formulées précédemment au sujet de la grande fréquence des inversions de marche ont été rapidement éliminées dans la pratique : en effet, dans la plupart des cas, on travaille avec un train de caissons unique, dans le but d'obtenir une bonne granulométrie des produits abattus.

Or, pour des longueurs de taille de 120 à 190 m, et une vitesse de 1,80 m/s, la fréquence des inversions de marche est respectivement de 66 et 105 s dans le cas d'une course complète. Ces temps sont naturellement doublés lorsqu'on utilise la vitesse de 0,90 m/s. De plus, des essais ont prouvé que le type de moteur utilisé peut supporter une fréquence d'inversion de 25 à 30 s pendant un temps fort long, avant d'atteindre sa limite d'échauffement critique.

Les changements de marche peuvent même s'effectuer à contre-courant ; on constate également que les objections avec lesquelles on croyait devoir compter à l'origine, n'étaient en réalité pas aussi importantes que l'on ne l'avait craint.

Le calcul exact doit normalement faire intervenir les divers PD^2 des masses en rotation ainsi que la vitesse de marche.

A titre d'exemple, donnons quelques résultats, valables pour un poids de l'engin d'abatage de 500 kg et des moteurs de 33 kW.

Genre d'arrêt	Vitesses	Nombre de démarrages tolérés
Sans freinage	1 m/s	Toutes les 6 s
	1,50 m/s	» » 7 s
Avec freinage à contre-courant	1 m/s	» » 24 s
	1,50 m/s	» » 25 s

E. Conclusions.

Sans même tenir compte de l'abaissement du prix de revient du charbon obtenu par l'électrification, celle-ci nous réserve encore un avantage qui peut avoir son importance.

Aussitôt que la taille fonctionne normalement en régime, on peut se rendre compte, à la simple lecture des ampèremètres, si les moteurs travaillent à plein ou non. Dans ce dernier cas, il sera possible d'ajouter des éléments supplémentaires au train de caissons pour en augmenter le débit ou encore d'approfondir la saignée des couteaux d'abatage, de manière à utiliser au maximum la puissance installée et à en obtenir le meilleur rendement.