

Installations d'extraction à câbles multiples en Grande-Bretagne

J. VERWILST,

Ingénieur civil des Mines A.I.Br., Chef de Service à l'Association des Industriels de Belgique

SAMENVATTING

Doel van deze bijdrage is de aandacht te vestigen op de uitbreiding die de ophaalinrichtingen met meervoudige kabels nemen in Groot-Brittannië en in fine enkele karakteristiken te geven van vier recente installaties die de auteur in 1958 bezocht.

Op het huidig ogenblik zijn dertien inrichtingen met vier kabels in bedrijf. Een vijftigtal multi-kabel-inrichtingen zijn nog gepland door de National Coal Board. Deze cijfers tonen onmiskenbaar de gedragslijn aan die de N.C.B. zich uitgestippeld heeft: duidelijke orientatie naar de ophaalinrichtingen met meervoudige kabels.

RESUME

L'objet de cet article est d'attirer l'attention sur le développement que prennent en Grande-Bretagne les installations d'extraction à câbles multiples et de donner in fine quelques caractéristiques sur quatre installations récentes que l'auteur a eu l'occasion de visiter en fin d'année 1958.

A ce moment, treize installations à quatre câbles étaient en service. Une cinquantaine d'installations multicâbles sont actuellement prévues par le National Coal Board. Ces chiffres montrent à eux seuls la ligne de conduite que s'est tracée le N.C.B.: l'orientation vers les installations d'extraction à multicâbles.

1. Introduction.

L'objet de cet article est d'attirer l'attention sur le développement que prennent en Grande-Bretagne les installations d'extraction à câbles multiples et de donner in fine quelques caractéristiques sur quatre installations récentes que l'auteur a eu l'occasion de visiter en fin d'année 1958. Il s'agit des installations suivantes:

- Rufford Colliery, puits n° 2 et 3 - East Midlands Division, Area 3;
- Maltby Colliery, puits n° 2 - North Eastern Division, Area 1;
- Westoe Colliery, puits Westoe - Durham Division, Area 1.

Ces visites ont été réalisées grâce à la très aimable obligeance de MM. A.E. Crook, H.M. Principal Inspector of Mechanical Engineering in Mines and Quarries, et C.D. Wilkinson, Chief Engineer, Reconstruction Department du National Coal Board.

Qu'ils soient remerciés pour l'organisation et l'aide qu'ils ont apportées à ce voyage.

Une cinquantaine d'installations multicâbles sont actuellement prévues par le National Coal Board (N.C.B.). Fin 1958, treize installations à 4 câbles étaient en service. Ces chiffres montrent à eux seuls la ligne de conduite que s'est tracée le N.C.B.: l'orientation vers les installations d'extraction à multicâbles. Cette décision a été prise, non pas parce que l'on était mécontent des anciennes installations, mais pour des raisons nouvelles d'exploitation. Elles sont, d'après les Anglais, les suivantes.

Au-delà de 650 mètres, si une installation doit être approfondie, la charge payante doit être augmentée. De plus, les câbles d'un diamètre supérieur à 40 mm ne conviennent plus sur les installations traditionnelles (tambours cylindriques ou bicylindroconiques). On a recours alors aux installations multicâbles. Il est à remarquer que la préférence est donnée en Grande-Bretagne aux installations

à quatre câbles vis-à-vis de la traditionnelle machine Koepe monocâble, quoique celle-ci paraisse devoir être sur le continent également progressivement remplacée par des machines à 4 câbles dans les nouvelles installations. Dans pareils cas, il nous semble que les quelques exemples allemands et les exemples plus nombreux suédois et maintenant anglais devront retenir sérieusement l'attention des ingénieurs chargés d'étudier les plans d'une nouvelle installation d'extraction. Il est d'ailleurs heureux de constater que la Belgique ne paraît pas s'être laissée distancer dans cette nouvelle voie.

Quelques points particuliers intéressant tout spécialement les installations à 4 câbles vont maintenant être examinés.

2. Coefficient de sécurité des câbles.

M. A.E. Crook, H.M. Principal Inspector of Mechanical Engineering in Mines and Quarries, a proposé la formule suivante qui est actuellement retenue pour calculer le coefficient de sécurité des câbles utilisés sur machine à friction :

$$F = \frac{4,7 (R + 35)}{R (1 + 0,0028 \sqrt{L}) - 13,5}$$

S'il existe des poulies de renvoi au voisinage, 35 est remplacé par 43 avec :

- F : coefficient de sécurité minimum en extraction de produit.
- R : rapport du diamètre du tambour d'adhérence à celui du câble.
- L : longueur suspendue du câble en pieds.

Le coefficient F est augmenté de 1 en transport du personnel.

Il est intéressant de constater que cette formule favorise à la fois les installations profondes et également celles où la fatigue de flexion des câbles est moindre.

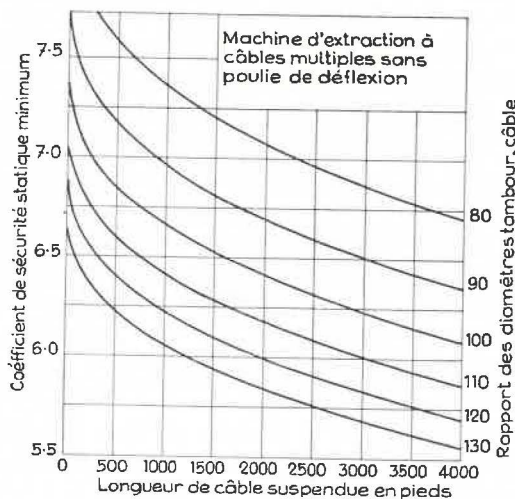


Fig. 1.

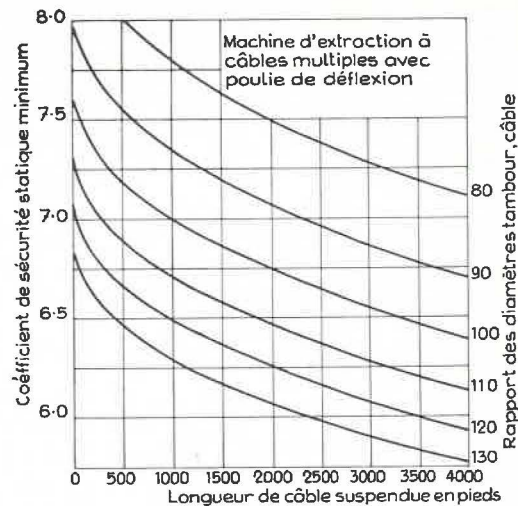


Fig. 2.

Les figures 1 et 2 traduisent en graphique cette formule.

Cette formule est publiée dans le projet spécial proposé pour les appareils d'extraction à friction dans les puits verticaux (1).

3. Egalisation des tensions dans les câbles.

Il n'est prévu aucun dispositif particulier pour égaliser la tension dans les câbles. Même l'usage du palonnier de compensation est abandonné dans les installations visitées. Par contre, on veille particulièrement à l'égalisation des tensions dans chaque câble, tensions qui sont mesurées soit par des statimètres, soit par la mesure de la compression du ressort, s'il y a, à l'attache de chaque câble. Cette méthode a donné jusqu'à présent satisfaction.

De plus, si les câbles ont été posés de façon telle qu'il règne en chacun d'eux à l'origine une tension égale, si dans ces conditions un câble venait par la suite à prendre plus que sa part de charge, l'expérience aurait montré qu'il s'allonge et que de ce fait il restitue de lui-même le supplément de charge et que de ce fait l'égalisation des tensions s'opère.

Une grande attention doit être apportée dans la fixation de la garniture qui doit être montée bien ferme et constituer une jante homogène. Cette façon d'opérer doit s'appliquer aussi bien aux blocs qu'aux lamelles constituant les blocs. Cette précaution garantit contre l'usure des gorges qui amène alors fatalement des inégalisations de tension dans les câbles et précipite alors l'usure des gorges.

En résumé, l'égalisation des tensions dans les câbles ne semble pas constituer un problème particulier.

(1) « Draft Proposed Special Regulations for Friction Winding Apparatus in Vertical Shafts » of the Ministry of Power.

4. Garnitures des tambours, glissement, cheminement.

Deux des installations visitées présentaient des garnitures en bois d'orme et deux en ferrodo. Dans chaque installation, les garnitures se comportaient bien.

La réglementation prévoit un coefficient de frottement minimum de 0,2. Aucun essai n'aurait été effectué en Grande-Bretagne à ce sujet depuis ceux pratiqués par Metropolitan Vickers et dont les résultats ont été présentés à la conférence d'Ashorne Hill (2).

Ces essais avaient été effectués sur une garniture en bois d'orme avec différents types de câbles, dans des conditions variables d'humidité et de graissage et sous des pressions sur garniture variables. Le coefficient de frottement variait entre 0,15 et 0,85.

D'après les Anglais, la garniture doit pouvoir résister à des pressions diamétrales allant jusqu'à 28,16 kg/cm² (400 lbs/sq.in.). Si cette valeur est dépassée, une usure prématurée de la garniture est à craindre. Cette valeur limite de la pression maximum serait un des facteurs qui conditionnent le dimensionnement du tambour. Ces valeurs sont données pour des câbles clos dont l'usage est généralisé par le N.C.B.

Les gorges de la garniture doivent être creusées et mises à dimension avec exactitude. Elles sont égalisées, soit par meulage, soit par tournage.

La tenue des garnitures dans les installations visitées était bonne. Les garnitures étaient toujours celles d'origine.

Le glissement ne cause également pas de problème. Les installations à 4 câbles sont peu propices à ce phénomène. Par contre, chaque installation visitée était équipée d'un dispositif pour corriger le cheminement à chaque cordée qui a pour but de replacer en position correcte les indicateurs et dispositifs de sécurité liés au tambour. Le dispositif de correction du cheminement est commandé en fin de translation, soit par le machiniste qui met sa cage ou son skip à niveau grâce aux repères sur le câble, soit automatiquement par la cage ou skip à la recette jour par un dispositif magnétique, radioactif ou électronique qui positionne alors l'endroit d'arrêt.

L'amplitude du cheminement varie d'une installation à l'autre et dépend du type d'installation (2 cages ou skips ou cage ou skip avec contrepoids) et des charges transportées. Il varie de plusieurs centimètres à chaque cordée.

5. Machines d'extraction.

S'il existe quelques machines d'extraction à deux câbles installées au sol, la disposition de la ma-

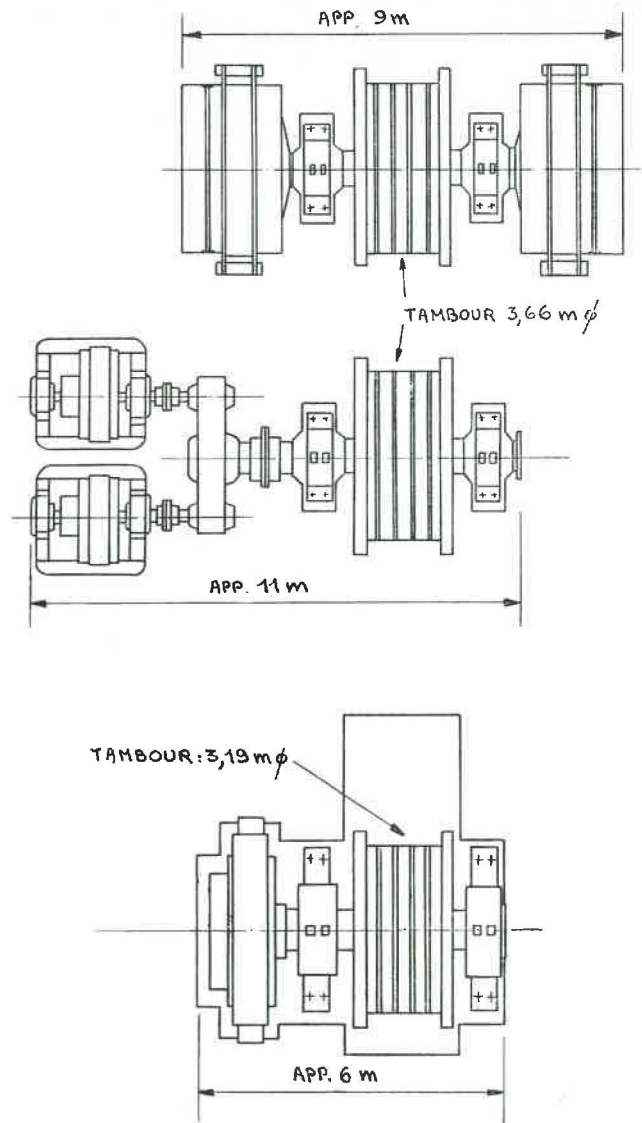


Fig. 3.

chine en tour au-dessus du puits s'impose pour les installations à 4 câbles.

Les machines d'extraction sont du type Ward-Léonard avec un ou deux moteurs actionnant le tambour. Trois dispositions particulières ont été rencontrées ; elles sont schématisées à la figure 3.

Le système (1) comporte deux moteurs en porte-à-faux avec deux paliers, le système (2) comporte deux moteurs avec réducteur de vitesse, 2 paliers principaux et paliers secondaires, et le système (3) comporte un moteur en porte-à-faux avec également deux paliers. Dans les moteurs en porte-à-faux, le stator est fixé à la charpente, tandis que le rotor est fixé sur l'arbre du tambour d'adhérence et se trouve en porte-à-faux vis-à-vis de son palier sans aucun autre support. L'accouplement de l'arbre sur le rotor se fait uniquement par frottement. Ce dernier est réalisé par serrage de boulons et écrous à couple contrôlé. Les boulons se trouvant dans des logements avec tolérance, ne transmettent aucun couple moteur. Le recours à deux paliers seulement

(2) Wire Ropes in Mines — Ashorne Hill, 1950. Discussion, Mr H.M. Hugues, p. 666.

présenterait des avantages intéressants d'entretien et sur l'alignement.

Les groupes Ward-Léonard sont installés au sol dans un bâtiment séparé.

Les tours des installations visitées présentaient des charpentes métalliques avec remplissage en maçonnerie ou feuilles métalliques en alliage léger. Trois tours pouvaient être déplacées par vérins, un était fixe.

La réglementation précise certaines conditions, concernant les opérations de freinage. Il est intéressant de les noter. Elle renseigne sur les capacités minimums du frein, mais ne précise pas les limites des capacités maximums, ce qui pourrait avoir un certain intérêt au point de vue imitation des sollicitations des câbles d'extraction. Lorsque le machiniste actionne à bout de course son levier de frein, l'effort de freinage provoquera une décélération de la pleine charge descendante d'au moins $1,52 \text{ m/s}^2$ (5 ft/s^2) ou un couple de 2,5 fois le couple statique appliqué à la charge de service pour laquelle l'installation a été calculée.

Les freins de service sont actionnés, soit pneumatiquement, soit hydrauliquement. Lorsque les freins sont hydrauliques, ils comportent une pompe et un accumulateur dont la pression est exercée par un contrepoids. Les freins pneumatiques ont occasionné certains ennuis par suite du mauvais fonctionnement des soupapes dû à l'humidité de l'air. Un des avantages avancés en faveur des freins hydrauliques est qu'il est plus facile de rendre des soupapes étanches à l'huile qu'à l'air. Il résulterait moins d'aléas avec les freins hydrauliques.

Au stade actuel, la commande des machines d'extraction des installations visitées est semi-automatique. Une installation est dite entièrement automatique si l'extraction s'opère sans intervention directe d'un opérateur ou machiniste. L'installation est semi-automatique si le démarrage est commandé par un homme, l'opérateur pouvant se trouver, soit dans la salle de la machine d'extraction, soit à la recette jour. Au charbonnage de Westoe, le machiniste est installé à la recette jour et commande à la fois et à lui seul la machine d'extraction et les opérations de décaement et d'encagement des wagonnets.

Le groupe moteur des installations d'extraction est un système Ward-Léonard. L'adaptation des facteurs vitesse-charge aux valeurs requises est réalisée par le système de contrôle à « boucle fermée ». Ce système est basé sur la mesure de la valeur que l'on désire contrôler et la comparaison de celle-ci avec la valeur désirée. La différence entre ces deux valeurs, appelée « erreur », est alors employée pour mettre en marche un dispositif de réglage qui fait concorder la valeur réelle avec la valeur désirée.

Le diagramme du principe du contrôle de vitesse à boucle fermée montre (fig. 4) une génératrice

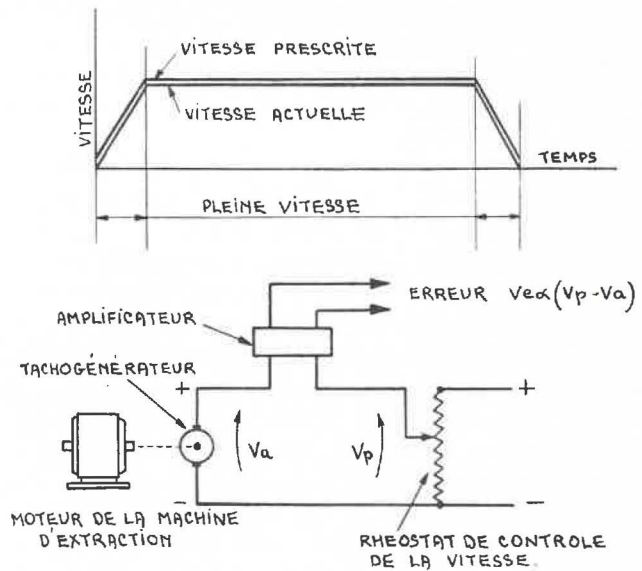


Fig. 4.

Va : vitesse actuelle
Vp : vitesse requise
Ve : erreur sur la vitesse

Contrôle de la vitesse en boucle fermée : principe de commande.

tachymétrique entraînée mécaniquement par le tambour et donnant un voltage V_a proportionnel à la vitesse. Ce voltage est additionné électriquement à un autre voltage V_p obtenu de l'alimentation en courant continu par l'intermédiaire d'un rhéostat, qui doit normalement être contrôlé par des cames ou un levier de commande du machiniste.

Avec ces deux voltages connectés en opposition, la polarité de la différence au voltage « erreur » indique si plus ou moins de puissance est nécessaire pour porter la vitesse réelle plus près de la vitesse prescrite. La puissance de correction est proportionnelle à la valeur du voltage « erreur » qui, à son tour, est proportionnelle à la différence entre les vitesses prescrite et réelle.

Des systèmes typiques employés maintenant pour le contrôle des machines d'extraction comprennent le système Marc dans lequel un redresseur à arc de mercure est employé comme amplificateur, et les systèmes Metadyne, Amplydyne et Rototrol qui utilisent des amplificateurs rotatifs. Tous ces systèmes consistent essentiellement à mesurer l'erreur de vitesse, d'accélération, de décélération ou de couple et à l'employer, après l'amplification nécessaire, pour contrôler le champ du générateur de courant.

Grâce à ces moyens utilisés dans des installations automatiques ou à contrôle manuel, un contrôle précis de la vitesse du treuil est assuré, de même que la limitation de l'accélération et de la décélération, ainsi que la limitation du couple moteur (3).

(3) Automatic Mine Winding Practice, Metropolitan-Vickers Electrical Co., Manchester.

6. Les câbles.

Il y a lieu de citer trois groupes de câbles, à savoir les câbles tête ou porteurs, les câbles d'équilibre et les câbles guides.

Les câbles guides rencontrent en Grande-Bretagne une préférence et équipent beaucoup d'installations. Leur emploi présente le grand avantage de rendre la translation plus souple, ce qui a pour conséquence de provoquer une absence presque totale des battements dans les câbles tête.

Les câbles guides sont des câbles demi-clos. Ils sont tendus à raison d'environ 1 tonne par 100 mètres de profondeur. Afin d'éviter que le système des câbles guides ne se mette lui-même en vibration, les câbles sont tendus différemment à raison d'environ un quart de tonne entre chaque poids tendeur.

Ils sont attachés au moyen de boîtes de suspension.

Dans une installation visitée, il existait deux câbles de frottement.

Aucune règle ne semble actuellement arrêtée en ce qui concerne le type de câble employé pour les câbles d'équilibre. Quatre installations ont été visitées, trois types de câbles ont été rencontrés : les câbles plats, les câbles ronds à torons aplatis anti-giratoires, les câbles à multi-torons. Cette variété surprend lorsque l'on vient du continent où le câble plat d'équilibre est généralisé. Toutes les installations anglaises sont trop neuves pour pouvoir émettre actuellement un avis motivé sur le choix d'un type particulier de câble. Aucun incident particulier n'a jusqu'à présent été enregistré. L'avenir montrera si un type de câble est susceptible de retenir spécialement l'attention. Dans les installations visitées, il n'était pas fait usage de bois de boucle, mais d'une cage guide à claires-voies en bois.

Enfin, les câbles tête sont tous du type clos, soit deux droits, deux gauches ou câblés tous les quatre dans le même sens.

Ces câbles semblent tout particulièrement indiqués pour les installations à multicâbles. Ils présenteront à section égale d'acier une surface extérieure de contact sur la garniture plus grande que n'importe quel autre type de câble. Les pressions unitaires seront donc moindres ainsi que l'usure de la garniture. A section égale, ils présenteront un diamètre moindre, ce qui pourra permettre de diminuer le diamètre du tambour d'adhérence si l'on ne considère que le rapport des diamètres du tambour à celui du câble. Cette diminution du diamètre du tambour d'adhérence est également avantageuse pour l'appareillage électrique, car la vitesse de rotation est plus grande.

Ils ont un module d'élasticité plus élevé, ce qui a pour conséquence de compenser dans une certaine mesure un des désavantages des installations multicâbles, à savoir le temps consacré à la confec-



Fig. 5.

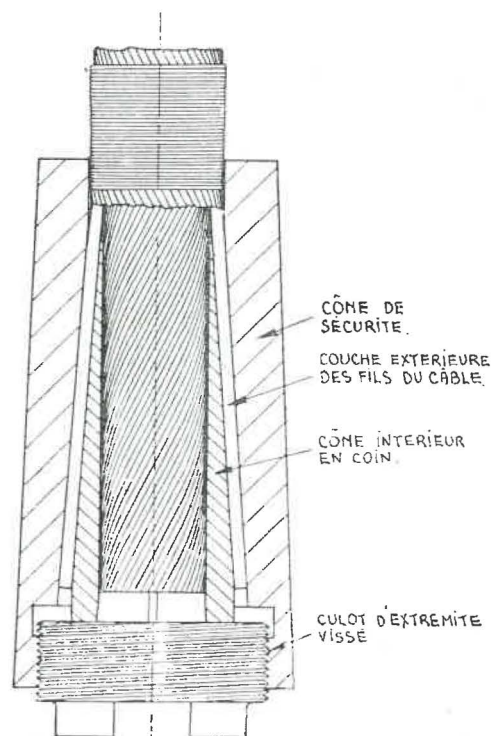


Fig. 6.

tion des pattes et à leur renouvellement. Ces câbles s'allongent moins que les câbles d'autre type de fabrication. Il faudra donc moins souvent refaire les pattes. On avance qu'un câble de 600 m avec une charge de 20 tonnes à son extrémité présente un allongement total, après deux ans, de 1,85 m en-

viron (4). Des câbles de 31,8 mm de diamètre donnent un allongement de 25,4 mm environ par tonne de charge sur une longueur de 825 m. Au charbonnage de Rufford, ils ont donné un allongement initial de 0,9 m sur une période de 3 mois. Après 4 mois, il y avait entre les câbles une différence de tension de 1/100.

Cette faible propension à l'allongement amènera donc moins de déséquilibre dans les allongements des différents câbles.

Les attaches sont soit coulées de métal blanc, soit des attaches Reliance (fig. 5) munies en extrémité du câble et à l'intérieur même de l'attache d'un double cône de sécurité sans métal coulé. Ce dispositif de sécurité est représenté à la figure 6. Elles

(4) Trends in the Design of Tower Mounted and Ground-Mounted friction winders. P.H. Harvey et E. Klebert. The Mining Electrical and Mechanical Engineer, mars 1958, vol. 38, n° 450.

sont en acier à 1,5 % de manganèse et de ce fait sont dispensées réglementairement des traitements thermiques périodiques.

Les attaches présentent peu d'encombrement, ce qui est un avantage à plus d'un point de vue et notamment lorsque plusieurs câbles sont côte à côte en présence. Les attaches sont renouvelées tous les six mois. Une largeur d'au moins 30 cm de câble est reprise à cette occasion.

Il est recommandé de prévoir entre chaque câble une distance d'axe en axe minimum de 10 pouces (25,4 cm). L'espacement normal serait compris entre 1 pied et 15 pouces (30,5 cm et 38 cm).

En ce qui concerne l'inspection et le contrôle des câbles d'extraction, il n'est pas encore fait usage en Grande-Bretagne, d'appareils procédant par voie magnéto-inductive. Cette question est cependant à l'étude.

7. Caractéristiques principales.

	RUFFORD N° 2	RUFFORD N° 3	MALTBY	WESTOE
Equipement électrique	Metropolitan Vickers		English Electric	
Equipement mécanique	Markham	Markham	Markham	Robey
Puissance en marche continue	2.982 ch	3.418 ch	3.950 ch	2.000 ch
Puissance de pointe	4.950 ch	5.800 ch	7.000 ch	4.000 ch
Système	cage-contrepois	2 skips	2 skips	cage-contrepois
Date de mise en service	août 58	mars 58	août 57	décembre 57
Profondeur d'extraction	735 m	780 m	790 m	190-280 m
Puits	entrée d'air	retour d'air	retour d'air	entrée d'air
Diamètre du tambour à fond de gorge	3,66 m	3,66 m	3,66 m	3,19 m
Largeur du tambour	1,60 m	1,60 m	1,53 m	1,24 m
Arc embrassé	195 degrés	195 degrés	201 degrés	200 degrés
Poulies de déflexion	4-1 fixée à l'arbre; 3 folles sur l'arbre			
Diamètre de ces poulies	3,66 m	3,66 m	3,66 m	2,90 m
Garniture de ces poulies	ferodo	ferodo	ferodo	cuir
Diamètre câbles tête	31,8 mm	31,8 mm	30,5 mm	31,8 mm
Poids au mètre courant	5,6 kg	5,6 kg	5,2 kg	5,7 kg
Charge de rupture effective par câble	90,5 t	90,5 t	80,5 t	87,5 t
Poids de la cage ou du skip	11,7 t	13,2 t	16,2 t	13,7 t
Poids du contrepois	17 t	—	—	22,4 t
Charge utile en charbon	12,4 t	12,4 t	12,4 t	10,7 t
Coefficient de sécurité au tambour à la pose	8,4	9,5	6,5	8,1
Nombre d'étages de la cage	2	—	—	3
Poids à vide d'un wagonnet	660 kg	—	—	1.530 kg
Vitesse d'extraction	15 m/s	14,5 m/s	14 m/s	12,2 m/s
Durée d'un cycle d'extraction	80 s	96 s	90 s	66,9 s
Encagement	15 s	15 s	15 s	35 s
Accélération	24 s	24 s	17,2 s	17,5 s
Vitesse constante	27 s	43 s	40,6 s	—
Décélération	14 s	14 s	17,2	14,4 s
Nombre de cordées à l'heure	45	37	36	27 à 190 m 23 à 280 m