

CE QU'ON PEUT ATTENDRE

DE

l'Organisation Scientifique des Mines

PAR

A. BAIJOT

Ingénieur (A. I. M.)

INTRODUCTION. — La question la plus grave posée actuellement à l'humanité est certes celle du charbon: le déficit de la production est tellement important que nul ne peut prévoir la possibilité de satisfaire tous les besoins des hommes.

La recherche des moyens propres à augmenter d'une part la production et à diminuer d'autre part la consommation, doit être la principale préoccupation de tous ceux qui sentent le danger qui couve derrière cette inquiétante situation.

A nous, exploitants des mines, d'étudier et de réaliser l'augmentation de production; à d'autres l'étude de la réduction des besoins et de la consommation.

LA PRODUCTION. — Les deux grands facteurs de la production sont le personnel et le rendement. En règle générale, toute tendance d'augmentation de personnel dans notre pays revient à une action de déplacement d'ouvriers au détriment de la prospérité nationale.

L'augmentation de rendement reste le seul moyen positif de relèvement de notre production. Cette augmentation est-elle possible? Nous répondons: « Oui », et allons le prouver.

LE RENDEMENT. — Le rendement, c'est l'équivalent en richesse d'une unité de travail humain.

L'unité de travail humain ne devrait-elle pas être logiquement la calorie? Malheureusement, on a pris l'habitude de mesurer le travail de l'homme grâce à une unité sociale, élastique, n'ayant rien de précis : la journée de travail.

Le rendement de l'ouvrier de la mine, c'est la richesse en charbon qu'il produit par journée de travail.

Que l'on envisage l'ensemble des travailleurs d'une exploitation, ou une équipe, ou un ouvrier individuellement, cette collectivité, ou cet homme produisent du travail dans un but bien déterminé. Pour en augmenter le rendement, il faut :

1° Diminuer le travail, mécaniquement parlant, nécessaire pour atteindre le but visé;

2° Faire exécuter la plus grande partie de ce travail par des machines;

3° Organiser le travail humain qui reste à faire pour que l'ouvrier en produise le plus possible avec un minimum de fatigue corporelle.

On pourrait s'étendre à l'infini dans la discussion de ces trois principes. Pour éviter toute généralité et appuyer notre argumentation sur un cas bien précis, nous analyserons le travail de creusement d'un travers-bancs en terrain dur ne nécessitant aucun boisage.

Ce qui nous a poussé vers cet exemple, c'est que le creusement d'un travers-bancs est un travail peu variable quelle que soit la nature du gisement; d'autre part, le nombre de facteurs qui l'influencent est relativement réduit, ce qui rend l'étude plus facile.

Les diverses séries d'opérations, d'ailleurs, peuvent se condenser dans trois chapitres, savoir :

A. Le forage des trous de mine;

B. Le tir des mines;

C. L'enlèvement des déblais.

Examinons l'une après l'autre ces différentes séries d'opérations en nous laissant guider par les trois grands principes précédemment énoncés.

Les améliorations que nous allons citer ou faire entrevoir ne sont pas toutes de celles qu'on peut réaliser du jour au lendemain. Notre but est bien plutôt de tracer un programme d'action que d'apporter un système tout prêt à l'application.

A. — LE FORAGE DES TROUS DE MINE.

LONGUEUR DU FORAGE. — Diminuer le travail de forage, c'est réduire la longueur totale des trous de mine par mètre courant de travers-bancs; cette longueur dépend de la nature du terrain et de son pendage, de la section de la galerie, de la puissance de l'explosif, de la longueur et du diamètre des trous ainsi que de leur disposition et de leur ordre d'explosion, et on conçoit que dans chaque cas particulier, il y ait un « schéma » de forage plus avantageux que tous les autres; il faudrait le rechercher.

Dans des travers-bancs en roche dure de 5 m² environ de section, des ouvriers creusaient couramment 23 à 24 mètres de trous par mètre d'avancement; dans le même terrain, avec le même explosif, nous sommes arrivés au même résultat avec 20 à 21 mètres de trou; cela marque une économie de 15 p. c. sur la quantité de travail du forage.

Est-ce là tout ce qu'on peut gagner? Evidemment non: nous n'avons agi que sur la disposition et la longueur des trous et notre intervention n'eut pour guide que le sentiment; si par une série d'études scientifiques on recherchait l'effet de la variation de chacun des facteurs, tous les autres restant constants, on pourrait poser l'équation du forage, si je puis ainsi m'exprimer, laquelle permettrait de définir mathématiquement les conditions les plus avantageuses de ce travail en fonction de la nature du front et de l'explosif permis. On arriverait ainsi à réduire la longueur totale des trous à un chiffre probablement très inférieur aux 20 mètres obtenus en travaillant au jugé.

Si on réfléchit au nombre restreint des facteurs qui influencent le problème et à leurs limites individuelles de variation, on aura l'impression que la résolution de « l'équation du fo-

rage » ne présentera pas grande difficulté. Cela semble d'ailleurs confirmé par une relation de l'ingénieur américain Ch.-A. Mitke (1) qui, après une étude scientifique du creusement d'un travers-bancs propose un forage systématique unique quelle que soit la structure du front. Il impose à l'ouvrier une règle invariable indiquant le nombre, l'emplacement, la profondeur, l'inclinaison des trous et l'ordre dans lequel ils doivent explorer; cette systématisation nous prouve que le problème ne présente pas de complication.

LE FORAGE PROPREMENT DIT. — Passons maintenant à l'étude de la diminution du temps de forage d'un mètre de trou de mine et divisons ce travail en deux séries d'opérations: d'une part, le forage proprement dit, c'est-à-dire le temps pendant lequel l'outil travaille; d'autre part, les opérations accessoires renfermant toutes les autres manutentions exécutées en vue du forage telles que: montage des outils et démontage, changement de fleurets, curage, etc.

Dans les terrains durs qui nous intéressent et avec de l'air comprimé à 3 1/2 atmosphères (nombreuses sont les mines où la pression ne dépasse pas ce taux à front des chantiers), nous avons constaté souvent que le forage proprement dit de trous légèrement montants pour cartouches de 30 m/m durait 17 à 18" par mètre courant avec marteau perforateur de 13 à 14 kilogrammes environ.

Quels sont les facteurs sur lesquels il faut agir pour réduire ce temps? La pression de l'air comprimé, le type de l'outil, son état de vétusté, la pression avec laquelle le fleuret appuie le front du trou, l'état de lubrification, l'inclinaison du trou, la forme du fleuret, son acier, son taillant, sa trempe, la méthode curage, etc...

Il faudrait rechercher la valeur optimum de chacun de ces facteurs par une longue série d'expériences scientifiquement conduites:

(1) *Engineering and Mining Journal* (nov.-déc. 1918).

déterminer la valeur la plus recommandable de la pression de l'air comprimé, et des essais ont prouvé que le rendement d'un marteau perforateur tombe de 50 p. c. quand la pression tombe de 5 1/2 à 3 1/4 atmosphères;

rechercher le type d'outil le plus avantageux, et il est probable qu'avec le forage systématique que nous préconisons, la perforatrice sur affût l'emportera sur le marteau perforateur parce que le principal avantage de ce dernier, sa mobilité, aura perdu presque tout son intérêt, surtout dans les terrains durs, tels que ceux qui nous occupent;

étudier des outils résistant longtemps à l'usage et combinés de telle façon qu'ils puissent être souvent et facilement rajustés; des études ont montré que certains marteaux perdent 30 p. c. de leur rendement quand ils ont creusé 2,000 mètres de trous.

réaliser le poussage électrique ou mécanique parce que la pression du fleuret sur le front du trou est un facteur qui agit sur l'avancement;

trouver le meilleur lubrifiant maintenant longtemps l'outil dans un bon état de travail;

découvrir le meilleur fleuret, le meilleur acier, le meilleur taillant, la meilleure trempe, la meilleure forme;

analyser dans chaque cas, chaque terrain et chaque inclinaison les avantages et les inconvénients du curage à l'eau, à l'air ou à la main;

etc...

A quel chiffre-limite pourra-t-on aboutir quand on aura réalisé tous ces perfectionnements? Ce serait difficile à préciser; disons seulement que grâce à l'amélioration d'une partie de ces facteurs, réalisée au sentiment sans aucune étude scientifique, nous avons pu ramener le temps de forage proprement dit d'une façon courante à 9' 50" et que certains essais nous ont même accusé 7' 21"; ce n'est qu'une étape, on peut beaucoup mieux.

OPERATIONS ACCESSOIRES AU FORAGE. — Les opé-

rations accessoires au forage sont plutôt des manutentions légères que des dépenses de kilogrammètres; les réduire c'est, d'une part, améliorer le matériel et, d'autre part, assurer un bon apprentissage de l'ouvrier. Ainsi :

L'installation et la fixation d'un marteau perforateur et de son flexible sont d'autant plus rapides que ces objets sont mieux disposés avec ordre et méthode en des endroits spécialement aménagés pour les recevoir et que les appareils de fixation sont mieux étudiés et mieux entretenus;

le graissage de l'outil prendra d'autant moins de temps que la burette sera mieux comprise et le lubrifiant de meilleure qualité; mais ces avantages seront vite perdus si l'ouvrier ne trouve jamais la burette au moment où il en a besoin ou s'il la laisse trainer, se détériorer, s'emplier de poussière;

le changement de fleurets demandera d'autant moins de temps que ceux-ci seront plus résistants et que leur mode de fixation sur l'outil sera plus rapide; mais ces améliorations ne serviront à rien si on n'a pas appris à l'ouvrier à disposer dans un ordre toujours le même et à la portée de sa main, les fleurets dont il aura besoin et s'il faut qu'il aille à chaque changement faire un triage dans un tas pêle-mêle à plusieurs mètres derrière le front, etc...

Nous avons fréquemment mesuré que l'ensemble des opérations accessoires au forage occupait 13 à 14' de travail par mètre de trou; cependant, une équipe expérimentée a pu, grâce à nos conseils, réaliser couramment ces opérations en 5' environ; ce chiffre pourra être encore diminué.

CONCLUSIONS. — En résumé, dans un travers-bancs en roche dure, les ouvriers, travaillant comme ils en ont l'habitude, foraient par mètre de bouveau 23 à 24 mètres de trous à raison de 31' de travail par mètre, soit 12 H. 00' par mètre courant de travers-bancs.

Nous sommes parvenus à réaliser le même travail avec 20 m. de trous à raison de 15' 30" par mètre, soit 5 H. 10' par mètre de bouveau; ce qui signifie que le rendement des opérations

de forage a été plus que doublé. A quel chiffre arrivera-t-on le jour où l'étude scientifique de tous les facteurs aura permis de condenser les meilleures conditions de travail jusque dans les plus petits détails?

B. — LE TIR DES MINES.

On peut diviser ce travail en quatre séries d'opérations:

- a) Le bourrage des mines;
- b) La préparation des bourres;
- c) La mise à feu;
- d) Barrage et nettoyage.

POIDS D'EXPLOSIF. — Diminuer l'ensemble du travail de minage revient à réduire le poids d'explosif par mètre courant de bouveau, ce qui veut dire : rechercher le meilleur explosif eu égard aux règlements en vigueur, le diamètre le plus avantageux des cartouches, le détonateur le plus sûr et le plus efficace, l'exploseur le plus docile, la meilleure répartition des charges dans les différents fourneaux, l'ordre des explosions, etc. Il ne nous a pas été permis de faire la moindre recherche dans ce sens : on conviendra cependant que la question est attrayante et qu'elle ménage probablement des surprises.

Dans les différents bouveaux que nous avons étudiés, le le minage était fait à la dynamite-gomme; la consommation s'élevait à 7 ou 9 kilogrammes par mètre d'avancement, la section était voisine de 5 m².

LE BOURRAGE DES MINES. — Le temps du chargement et du bourrage des mines est surtout influencé par l'habileté et l'expérience de l'ouvrier; il faut cependant noter que la longueur moyenne des fourneaux a également son importance. Les nombreux relevés que nous avons exécutés, se sont cantonnés entre les limites extrêmes de 7' 48" et 12' 09" par kilogr. de dynamite, qui donnent une idée du bénéfice à réaliser par l'éducation professionnelle du travailleur.

LA PREPARATION DES BOURRES. — L'ouvrier considère presque toujours ce travail comme un passe-temps; nous avons fréquemment trouvé des temps de 12' et souvent plus encore par kilogr. de dynamite. Dans certains cas, on peut faire exécuter ce pétrissage par le rouleur ou par le boute-feu; c'est une solution de circonstance qui ne peut recevoir d'application générale. La seule solution scientifique, c'est de fabriquer au jour les bourres d'argile à l'aide d'une machine à pétrir qui fait automatiquement l'emballage; il faut, dans ce cas, prendre la précaution d'envelopper les bourres dans du papier de couleur différente de celui des cartouches; ajoutons que la machine n'est plus à inventer puisqu'elle fonctionne dans certaines mines américaines.

LA MISE A FEU. — Le temps désigné par « mise à feu » est celui qui s'écoule entre le moment où l'on quitte le front et celui où a lieu l'explosion (la dernière explosion en cas du minage à la mèche). La différence constatée entre l'emploi de l'électricité et celui de la mèche est généralement peu sensible. On peut évaluer le temps de cette rubrique à 6' environ par kilogr. de dynamite.

BARRAGE ET NETTOYAGE. — Enfin le temps nécessaire pour monter le barrage et le démonter ainsi que pour nettoyer le sol après l'explosion est généralement d'autant plus grand que le terrain est plus dur et l'explosif plus brisant. Sans discuter tous les facteurs qui interviennent ici, disons que dans les travers-bancs en roche dure qui nous intéressent nous avons trouvé de 6' à 8' par kilogramme de dynamite. Inutile d'insister sur l'importance d'une bonne éducation professionnelle du bouleviseur pour diminuer ces petites manutentions.

CONCLUSIONS. — En résumé, la totalité des opérations de minage représente normalement 30' environ par kilogr. de dynamite. En supprimant le façonnage des bourres et donnant à une bonne équipe quelques conseils, le même travail fut fait en 21 1/2 minutes, chiffre éminemment perfectible encore d'a-

près tout ce que nous venons d'exposer. Si nous recherchons ensuite la réduction du poids d'explosif comme nous l'avons établi au commencement de ce chapitre, nous arriverons à une augmentation considérable du rendement dans le travail de minage.

C. — ENLÈVEMENT DES DÉBLAIS.

Cette opération comporte deux stades distincts: le chargement et le roulage.

LE CHARGEMENT. — Pour réduire le travail de chargement, il faudrait diminuer la hauteur et la longueur du pelletage: la hauteur est imposée par la hauteur du wagonnet et il ne semble pas que l'emploi de convoyeurs bas puisse, du moins pour l'instant, trouver son application dans les bouvaux.

Par contre, nous pouvons agir sur la longueur, c'est-à-dire la distance qui sépare la matière à charger du véhicule qui doit l'emporter. Si ce véhicule ne peut approcher suffisamment du tas de déblais, le pelletage se fait en plusieurs jets, chose qui se rencontre encore dans nos mines tout extraordinaire que cela puisse paraître. Or, un homme travaillant au rythme de 8 pelletées de 7 kilogrammes par minute et faisant avancer la matière de 3 mètres fournit en une journée un travail de 0.042 tonnes-kilométriques tout au plus, ce qui porte de nos jours à plus de 350 francs le prix de la tonne-kilométrique de ce genre de transport. Ce cas, que l'on peut, à notre époque, considérer comme un signe de désordre, ne se présente plus que tout à fait exceptionnellement; presque toujours le chargeur d'un bouveau jette ses déblais directement dans le wagonnet. Or, si on fait varier, sans que l'ouvrier s'en rende compte, la distance entre le tas à charger et le wagonnet, tous les autres facteurs du pelletage restant les mêmes (pelle, matière, plancher), on remarquera que le rythme des pelletées augmentera inconsciemment, involontairement, au fur et à mesure de la réduction de la distance; la conclusion à tirer de cette observation se formule toute seule.

LE PELLETAGE. — Divisons le travail de chargement en deux séries d'opérations : le pelletage proprement dit et les opérations accessoires au chargement (installation du plancher, bris de pierres, rassemblement de la matière, etc.).

Les facteurs qui interviennent dans le pelletage proprement dit, sont : la forme de la pelle et du manche; le métal de la pelle et le bois du manche; la surface de la pelle et le diamètre du manche; le poids de la pelle emmanchée; la nature de la matière à charger, son humidité, son état de division et sa densité, la nature, la forme, l'inclinaison, du plancher de chargement; la position du tas par rapport au véhicule; la force musculaire de l'ouvrier, son apprentissage, son habitude et sa volonté, ces derniers facteurs déterminant l'importance du rythme, etc.

On voit que le problème est complexe et il ne nous a pas été possible de l'aborder. Notons seulement que les pelles des bouveleurs dans la région où furent faites nos constatations, mesurent seulement 7 dm², que leur poids mort atteint le chiffre trop élevé de 23 p. c.; que la charge moyenne par pelletée n'est que 6 à 7 kilogrammes et que le temps moyen de pelletage d'un wagonnet de 750 kilogrammes de déblais dure de 9' 17" à 13' 30", ce qui correspond à un rythme moyen de 7.7 à 10.7 pelletées seulement par minute. Or, en travail normal, l'ouvrier fournit de 13 à 15 pelletées; la différence entre ces chiffres et les précédents, d'ailleurs, provient de ce que le rythme est souvent rompu, conséquence d'un plancher défectueux, d'une pelle de forme, de dimensions et de métal non appropriés et enfin d'un apprentissage insuffisant et défectueux de l'ouvrier.

Etant donnée une matière définie à charger, dans un véhicule déterminé, il existe un matériel de pelletage plus avantageux que tous les autres; d'autre part, ce matériel étant réalisé, il existe une façon de s'en servir plus économique que toutes les autres; en d'autres termes, il existe une science de pelletage. Si on songe à l'importance que prend dans une mine le travail de la pelle, on sentira l'immense intérêt qui s'attache à cette question.

A défaut d'une démonstration directe de l'existence d'une

science de pelletage, rapportons quelques renseignements ayant trait à un travail très simple et très répandu, celui du limeur. M. Ama mesura qu'un ajusteur expérimenté travaillant correctement (« Revue de Métallurgie », juillet 1913) fournissait le gramme de limaille de cuivre avec une dépense d'« énergie dynamique » de 2.5 calories, tandis qu'un apprenti (2 ans d'apprentissage) travaillant le même cuivre avec la même lime consommait par gramme de limaille 4.9 calories. A fatigue égale, l'un des ouvriers accusait un rendement double de celui de l'autre; cette différence était due à une attitude correcte, à un rythme meilleur, à une meilleure répartition du travail entre les différents muscles ainsi qu'à la suppression des mouvements inutiles. Si de pareils écarts se constatent dans un travail simple et régulier comme celui du limeur, il est certain qu'on en trouvera de bien grands dans le travail du pelletier. Chaque ouvrier a sa façon d'enfoncer la pelle, de la relever, de la vider, etc., et cependant on sera facilement d'accord pour reconnaître qu'il y en a une plus économique que toutes les autres; il faudrait la rechercher et déterminer l'ouvrier à l'adopter.

OPERATIONS ACCESSOIRES AU CHARGEMENT. —

Les opérations accessoires au chargement pourront également être réduites par l'adoption d'un matériel plus rationnel et par un bon apprentissage. Nous avons trouvé qu'elles prenaient un temps variant entre 2' 49" et 3' 01" par wagonnet de déblais.

LE TRANSPORT. — Le travail de transport sera d'autant plus petit que l'on réduira la longueur du roulage depuis le front jusqu'à la double voie; ceci est élémentaire, il n'y a pas lieu d'y insister.

Il est toujours nécessaire de disposer dans un travers-bancs un appareil quelconque permettant de faire passer les wagonnets d'une voie sur l'autre. Suivant la perfection de cet appareil, sa simplicité et son efficacité, on pourra réduire plus ou moins le temps et l'effort de passage de la voie des vides dans

celle des pleins. De même si la voie est stable, bien établie, et si le matériel roulant est bien compris, le temps de roulage proprement dit sera aussi plus réduit.

CONCLUSIONS. — En résumé, dans son travail normal, tel qu'il est habitué de l'exécuter, l'ouvrier dépense 18 à 21' de travail effectif par wagonnet pour l'enlèvement des déblais; avec de légères modifications, on peut réduire ce temps à 14' 1/2. Mais si on s'imposait l'étude scientifique du pelletage et du roulage, des outils et de leur emploi, on descendrait à un chiffre bien plus bas encore.

Travail par mètre courant de travers bancs.

Tel qu'il travaille, pour faire un mètre de travers-bancs en terrain dur de 5 m² de section avec le matériel dont nous venons de parler, l'ouvrier a besoin de 1280' de travail effectif décomposé comme suit :

Forage : 23 à 24 mètres à raison de 31'	728'
Minage : 7 à 9 kilogr. de dynamite à raison de 30'	240'
Enlèvement des déblais : 16 wagons à raison de 18 à 21'	312'
	1280'

Il a suffi de quelques modifications pour fournir le même rendement en 710' :

Forage. 20 à 21 mètres à raison de 15' 1/2	317'
Minage : 7 à 8 kilogr. à raison de 21' 1/2	161'
Enlèvement des déblais : 16 wagonnets à raison de 14' 1/2	232'
	710'

Le chronométrage que nous rapportons en annexe accuse 775'.

On a ainsi augmenté l'effet utile des 3/4 et ce résultat est obtenu sans trop demander à l'ouvrier, rien qu'en lui mettant en main des outils mieux appropriés et en lui apprenant à les bien utiliser. Il avait l'habitude de fournir « n » minutes de

travail effectif sur sa journée, nous n'avons pas encore essayé de lui en demander plus; tout au plus certains gestes inutiles, d'exécution facile parce que familiers, sont remplacés par d'autres plus profitables mais réclamant peut-être plus d'énergie.

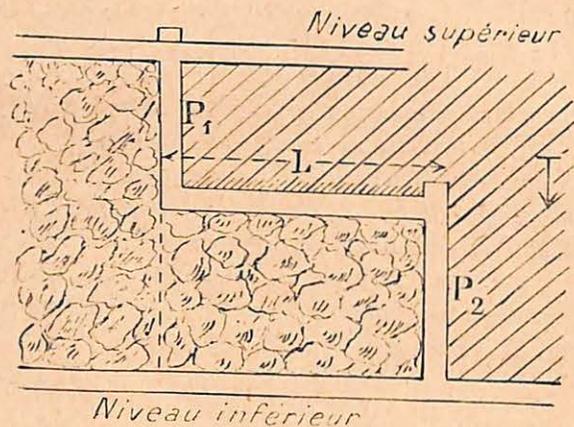
On aura facilement compris par ce qui précède qu'il ne nous a pas été permis de pousser très loin cette amélioration d'outillage et d'apprentissage. Si on pense à tout ce qu'il faudrait faire dans ce sens, on peut envisager la possibilité de tirer du travail du bouveleur un effet utile bien plus considérable encore.

Cette première étape est donc facile à réaliser puisqu'elle est presque indépendante de la volonté de l'ouvrier; il faut simplement prendre la précaution de ne pas passer trop brusquement des habitudes anciennes aux nouvelles. Taylor, dans son étude sur l'organisation scientifique du travail, avait très bien établi ces deux étapes quand il disait que le rendement est le produit des deux facteurs; la capacité productive de l'ouvrier et sa volonté. Ce que nous avons voulu démontrer, c'est la possibilité d'améliorer la capacité productive des ouvriers de la mine; nous verrons plus loin comment il faut s'y prendre pour rehausser leur volonté au travail.

Quelques autres exemples.

OUVRIERS A VEINE. — Si nous avons pris pour exemple le travail du bouveleur, c'est, comme nous l'avons expliqué dans les premières pages, parce que ce travail est presque le même partout et qu'étant très simple, il se prête très facilement à l'analyse. Mais les résultats eussent été aussi concluants si nous avions choisi toute autre profession.

Ainsi, dans l'exploitation d'une veine de 2 mètres à faible pendage par tailles montantes (1), nous avons chronométré que



l'abateur de capacité moyenne, en allure normale, met les temps suivants de travail effectif pour livrer un wagonnet de charbon:

Abatage	7' 37"
Chargement.	7' 45"
Roulage	1' 15"
Boisage	4' 53"
Remblayage.	7' 27"
Total par berline.	28' 57"

(1) Le croquis ci-contre donne la disposition normale d'une taille dans l'exploitation envisagée :

Les chantiers ont une longueur L, variant de 40 à 80 mètres. On y aligne de 6 à 10 abateurs. Les bennes arrivent au chantier par le plan incliné P₁; elles s'évacuent par le plan P₂. Le roulage le long du front se fait par les abateurs. Environ 50 % des bennes amenées au chantier sont pleines de remblai que l'abateur doit vider avant de charger son charbon.

Le nombre de facteurs qui entrent en jeu ici est bien plus considérable encore que celui qui agit sur le creusement d'un bouveau; c'est dire que nous n'avons pas essayé de les analyser scientifiquement.

Cependant, nous avons recherché les moyens d'amélioration des principaux de ces facteurs et après modification de l'exploitation, mise en marche de haveuses, convoyeurs, etc., nous sommes arrivés à réduire les différentes opérations aux chiffres suivants :

Abatage	4' 00"
Chargement.	5' 42"
Roulage	—
Boisage	2' 50"
Remblayage.	—
	<hr/>
	12' 32"

La capacité productive des ouvriers à veine de ce chantier était plus que doublée; et ce n'est là qu'une étape vers un idéal bien plus rémunérateur.

LE ROULEUR. — Les réparateurs, boiseurs, rebancheurs, rouleurs nous eussent fourni des exemples tout aussi instructifs. Ainsi, dans un siège exploitant de grandes veines en plateure par tranches inclinées, nous avons trouvé que le travail fourni en moyenne par chaque rouleur s'établit comme le montre le tableau ci-après:

OPÉRATIONS EFFECTUÉES	Nombre d'opérations par poste	Temps pour chaque opération	Temps de travail effectif
Accrochage ou décrochage	71	10"	710"
Ripage sur plaque	44	15"	880"
Rouler les wagonnets	805 m.	1" par m ct	805"
Revenir à vide	805 m.	»	805"
Freiner	986 m.	»	986"
Manœuvre de taquets de plans inclinés	39	10"	390"
Sonner aux plans inclinés	32	10"	320"
Mettre en marche les plans inclinés .	22	20"	440"
Travail effectif moyen d'un rouleur par jour. (Soit 1 h. 28' 56")			5336"

Que d'énergie à économiser et à récupérer dans cette importante catégorie de travailleurs!

LES OUVRIERS DU PARC A BOIS. — L'étude des travaux du jour est tout aussi intéressante que celle des travaux du fond.

Dans un parc à bois où toutes les pièces découpées arrivent par wagon de chemin de fer, des mesures précises ont été faites pour connaître le temps que demandait chaque manutention élémentaire. Si à l'aide de ces chiffres nous calculons le temps de travail effectif que représente la mise en magasin d'une pièce de pin de 2^m50, la catégorie la plus employée dans la mine dont il s'agit (poids moyen 29 kilogr.), nous trouvons:

- 1° Prendre la pièce dans le wagon et la glisser verticalement contre le wagon 8" 0
- 2° Prendre la pièce verticalement contre le wagon et la déposer horizontalement sur le quai de déchargement 7" 8
- 3° Prendre la pièce horizontalement sur le quai et la déposer dans un chariot 12" 8

- 4° Rouler le chariot jusqu'à la pile d'emmagasinage (longueur moyenne : 100 m. avec 3 ripages, par pièce) 9" 0
 - 5° Prendre la pièce sur le chariot, la mettre sur l'épaule 7" 8
 - 6° Monter sur la pile jusqu'au point où l'on désire mettre la pièce (longueur des piles, 50 m.). 90" 0
 - 7° Disposer la pièce horizontalement sur la pile et l'aligner 6" 7
 - 8° Descendre à vide de la pile 53" 0
 - 9° Ramener le chariot vide au quai (par pièce) 5" 9
- Total. 201" 0

Les chronométrages ont établi également que pour tous les bois de moins de 3^m50, la manœuvre était toujours plus rapide quand l'ouvrier prenait la pièce ou la déposait verticalement qu'horizontalement; ainsi, pour les pièces de 2^m50, on trouve :

- La pièce étant debout, la prendre et la mettre sur l'épaule 3" 93
- La pièce étant à terre, horizontalement, la prendre et la mettre sur l'épaule 7" 85
- La pièce étant horizontale sur une pile de 1 mètre, la prendre et la mettre sur l'épaule 14" 00
- La pièce étant sur l'épaule, la mettre en pile verticalement 3" 98
- La pièce étant sur l'épaule, la mettre à terre 4" 65
- La pièce étant sur l'épaule, la disposer sur une pile de 1 mètre 7" 80

Profitant de ces enseignements, modifions par la pensée la disposition du parc, de telle façon que le wagon de chemin de fer puisse arriver directement le long de la pile d'emmagasinage, celle-ci recevant les bois verticalement; les temps de mise en dépôt d'une pièce de 2^m50 seront dès lors:

- 1° Prendre la pièce dans le wagon et la glisser verticalement le long du wagon 8" 0

2° Prendre la pièce verticalement le long du wagon et la déposer verticalement à la pile (trajet maximum, 5 mètres) 6" 0

3° Ajoutons le temps que représente par pièce la manœuvre supplémentaire des wagons de chemin de fer pour les amener le long des piles : nous supposons que 2 hommes y mettent 10' chacun par wagon, la traction étant assurée par un moyen mécanique quelconque, un câble continu par exemple; temps par pièce (10' x 60) x 2

300 pièces

4" 0

Total. . . 18" 0

En conséquence, le travail d'emmagasinage d'une pièce de 2^m50 peut être réduit de 201" à 18". Je laisse au lecteur le soin d'estimer lui-même l'augmentation de rendement qu'on peut réaliser dans ce parc à bois.

LAMPISTERIE A BENZINE. — Terminons nos exemples par quelques chiffres sur le travail d'une lampisterie à benzine. On releva les chiffres ci-après en chronométrant les ouvrières dans leur travail tel qu'elles l'exécutent tous les jours :

Démontage :

1° Prendre la lampe sur la table, l'ouvrir à l'aimant, la remettre sur la table sans séparer les pièces . . . 4" 10
 2° Dévisser et démonter la lampe, puis mettre en place les pièces sur la table 18" 61
 3° Dévisser le bouchon de remplissage 4" 35
 4° Porter les pots de la table de démontage à la table de garnissage 1" 56
 5° Rassembler les autres pièces sur la table. 1" 50
 6° Porter ces pièces sur la table de nettoyage 2" 16
 7° Mettre les couronnes en place sur la table 1" 15

Total du démontage. . . 33" 43

2° Prendre la pièce verticalement le long du wagon et la déposer verticalement à la pile (trajet maximum, 5 mètres) 6" 0

3° Ajoutons le temps que représente par pièce la manœuvre supplémentaire des wagons de chemin de fer pour les amener le long des piles : nous supposons que 2 hommes y mettent 10' chacun par wagon, la traction étant assurée par un moyen mécanique quelconque, un câble continu par exemple; temps par pièce (10' x 60) x 2 4" 0

300 pièces

Total. 18" 0

En conséquence, le travail d'emmagasinage d'une pièce de 2^m50 peut être réduit de 201" à 18". Je laisse au lecteur le soin d'estimer lui-même l'augmentation de rendement qu'on peut réaliser dans ce parc à bois.

LAMPISTERIE A BENZINE. — Terminons nos exemples par quelques chiffres sur le travail d'une lampisterie à benzine. On releva les chiffres ci-après en chronométrant les ouvrières dans leur travail tel qu'elles l'exécutent tous les jours:

Démontage :

1° Prendre la lampe sur la table, l'ouvrir à l'aimant, la remettre sur la table sans séparer les pièces 4" 10
 2° Dévisser et démonter la lampe, puis mettre en place les pièces sur la table 18" 61
 3° Dévisser le bouchon de remplissage 4" 35
 4° Porter les pots de la table de démontage à la table de garnissage 1" 56
 5° Rassembler les autres pièces sur la table. 1" 50
 6° Porter ces pièces sur la table de nettoyage 2" 16
 7° Mettre les couronnes en place sur la table 1" 15

Total du démontage. 33" 43

Nettoyage :

1° Nettoyer les verres avec deux chiffons 9" 05
 2° Nettoyer les tamis avec brosse mécanique 26" 01
 3° Porter les tamis sur la table et les remettre en place sur les verres 2" 78
 4° Essuyer les cuirasses et les mettre sur les tamis. 11" 50
 5° Nettoyer à la main les couronnes d'entrée d'air 10" 00
 6° Visiter les rallumeurs 8" 60

Total du nettoyage. 67" 94

Garnissage :

1° Garnir la lampe (prendre le pot sur la table, le remplir, l'égoutter et le remettre sur la table) 16" 40
 2° Visser le bouchon 7" 50
 3° Essuyer les pots et les remettre sur la table de garnissage 8" 55

Total du garnissage. 32" 45

Remontage :

1° Porter les pots de la table de garnissage à la table de nettoyage 1" 87
 2° Remonter la lampe 13" 90
 3° Mise en place 4" 86

Total du remontage. 20" 63

Résumé :

a) Démontage 33" 43
 b) Nettoyage 67" 94
 c) Garnissage. 32" 45
 d) Remontage 20" 63

Travail effectif par lampe. 154" 45

En modifiant certaines parties constitutives de la lampe pour la simplifier, en disposant mieux les appareils de nettoyage et les tables de travail pour supprimer des manutentions inutiles,

en améliorant les appareils de remplissage, de broissage, de nettoyage, on est arrivé au résultat suivant:

1° Ouvrir la lampe et la démonter	15" 11
2° Dévisser le bouchon	4" 35
3° Placer le tamis sur la machine à nettoyage	1" 00
4° Mettre la lampe à l'appareil de remplissage	1" 10
5° Egouttage	5" 00
6° Reprendre la lampe et la remettre sur la table.	1" 00
7° Visser le bouchon	7" 50
8° Mettre la bague d'entrée d'air à la machine à nettoyer	2" 00
9° Frotter le pot et nettoyer le verre à la machine.	15" 00
10° Remonter la lampe	9" 70
11° Fourbissage extérieur avec machine	4" 00
12° Mettre la lampe en place	4" 86
	Total par lampe. 71" 62

La capacité productive des lampistes était donc presque doublée.

L'organisation générale.

Il semble suffisamment démontré que la capacité productive de chaque ouvrier pris individuellement puisse être considérablement améliorée. Peut-on en conclure que le rendement général de la mine sera relevé dans la même proportion? C'est que de nouveaux problèmes de grande ampleur vont se poser; dans toute industrie et dans une mine en particulier, toutes les professions sont liées les unes aux autres et le rendement d'un ouvrier quelconque dépend non seulement des facteurs directs de son travail, mais aussi des liens qui l'enchaînent aux nombreux autres services.

On aura beau avoir organisé le travail de l'ouvrier à veine pour qu'il puisse fournir 20 wagonnets de charbon, si le roulage ne lui en amène que 10; il sera bien inutile d'avoir organisé le travail du bouveleur si le boutefeu arrive régulièrement au chantier une heure trop tard.

Ces petits exemples sont suffisants pour expliquer que parallèlement à l'étude scientifique de tous les facteurs qui influencent directement le travail d'un ouvrier quelconque, il faudra mener l'étude scientifique de l'organisation générale, c'est-à-dire des facteurs qui régissent les relations existant entre chaque service et même chaque individu, et ce ne sera pas la partie la plus facile.

Bureau d'étude.

Nous nous sommes efforcés dans l'analyse du travail du bouveleur et aussi dans les autres exemples que nous avons rapportés, de faire sentir quel était le programme à suivre pour relever le pouvoir productif du travailleur. La recherche scientifique de l'influence des variations de chaque facteur, demande des observations, des mesures, des essais très longs et très difficiles auxquels l'ingénieur exploitant ne peut pas se livrer parce que, d'une part, il n'en a pas le temps, d'autre part, parce qu'on ne peut pas mettre à la disposition de chacun le matériel quelquefois coûteux qu'exigent de telles recherches.

L'Organisation Scientifique d'une mine n'est donc possible que si on institue un organisme nouveau, « le bureau d'étude », à l'instar de ce qui se passe d'ailleurs dans toutes les usines modernisées et taylorisées.

Si on étudie le rôle de ce bureau, on remarquera qu'il aura surtout à déterminer des relations entre phénomènes naturels, relations qui sont les mêmes pour tout le monde. Il paraît bien inutile que chaque compagnie sacrifie temps et argent pour rechercher les mêmes coefficients; aussi peut-on concevoir un « service central d'étude » fonctionnant pour un ensemble de mines, tout un bassin, ou bien des compagnies ayant des intérêts communs. Le « bureau d'étude » de chaque compagnie aura ainsi un rôle beaucoup plus facile et moins coûteux qui consistera à rechercher l'application des relations scientifiques calculées par le « service central d'étude ».

Service d'apprentissage.

L'éducation, dit M. Gustave Lebon, est l'art de faire passer le conscient dans l'inconscient. Faire l'éducation professionnelle d'un ouvrier, psychologiquement parlant, c'est créer en lui, par l'exemple, la suggestion, le prestige, ou tout autre artifice, des associations conscientes qui, par leur répétition, font naître des réflexes nouveaux les rendant inconscientes, et grâce auxquels l'ouvrier accomplit machinalement, sans intervention de la réflexion et avec précision, les gestes et mouvements qu'on lui aura appris. La trame des réflexes ainsi formés persiste d'une façon continue; un apprentissage une fois accompli, ne s'oublie pour ainsi dire jamais. Si l'apprentissage a été mauvais, si les réflexes commandent des mouvements inutiles, défectueux, imprécis, on a fait un mauvais ouvrier et la correction d'un mauvais apprentissage devient chose très difficile.

Chaque ouvrier a sa façon de pelleter; si cependant on avait déterminé avec précision les contractions musculaires les plus économiques pour manier la pelle, leur ordre et leur rythme le plus avantageux, on pourrait inculquer aux jeunes ouvriers l'art du pelletage rationnel et cette éducation une fois acquise ne pourrait plus être que difficilement modifiée; qu'on se rappelle l'exemple du limeur de M. Amar pour saisir toute l'importance de cette question.

Ce qui est vrai pour le pelleteur l'est aussi pour toutes les autres professions: foreur, mineur, machiniste, remblayeur, rouleur, freineur, encageur, moulineur, etc.

Or, actuellement, que se passe-t-il? Aucune mine ne se charge de l'apprentissage de ses ouvriers; le mineur apprend le métier au hasard des rencontres; tout au plus reçoit-il de ses chefs immédiats quelques conseils de valeur souvent douteuse d'ailleurs.

Il faut assurer l'éducation professionnelle de nos ouvriers de mine; à côté du « bureau d'étude », il faut créer un « organisme d'apprentissage »; sans ce dernier, d'ailleurs, le premier resterait forcément stérile.

Précisons par un exemple: supposons que le travail du creusement des travers-bancs ait été complètement étudié. Le bureau d'étude choisira un ou deux hommes bien constitués, présentant des garanties de moralité suffisantes, et possédant assez de caractère pour pouvoir à l'avenir commander d'autres hommes. Ils seront initiés à toutes les manutentions qu'exige le travail en bouveau: on leur apprendra à déterminer l'emplacement, la direction, le nombre, la profondeur des trous en fonction de la nature du terrain, la quantité d'explosif à mettre dans chaque fourneau, l'ordre des explosions; on les initiera au maniement des outils de forage, de la pelle, etc. On leur apprendra à disposer autour d'eux leurs outils dans un ordre déterminé, à faire tous les travaux avec un minimum de contractions musculaires et conséquemment un minimum de temps et de fatigue.

Une fois bien empreints de ces méthodes, ces hommes que nous appellerons des « éducateurs », seront chargés de constituer des équipes de boulevieurs, de les éduquer et de les surveiller.

L'activité de l'ouvrier.

Abordons maintenant le deuxième facteur du rendement: l'activité de l'ouvrier, c'est-à-dire sa volonté à accomplir la tâche demandée, question délicate et épineuse derrière laquelle se retranchent beaucoup d'industriels quand on leur parle de l'organisation scientifique de leur industrie. Nous nous sommes attachés ici à dédoubler convenablement la question.

Négligeons les considérations qui intéressent l'homme dans sa vie civile et privée pour n'examiner que celles qui le touchent le plus quand il est au travail.

Pour augmenter la volonté de l'ouvrier à fournir du rendement, il faut lui faire sentir de la façon la plus efficace que le bien-être dont il jouit est directement proportionnel au rendement qu'il accuse; en d'autres termes, il faut que le salaire soit fonction du rendement individuel. Pour aboutir à ce résultat, il faut:

1° Que le salaire soit basé sur le travail effectif qu'il fournit;

- 2° Que son travail soit mesuré séparément et non plus mélangé au sein de celui d'une nombreuse équipe;
- 3° Que chaque effort fait par l'ouvrier reçoive sa récompense;
- 4° Que les prix établis soient équitables;
- 5° Que la mesure du travail soit facile et correcte;
- 6° Que la récompense suive le plus près possible l'effort;
- 7° Que la formule de salaire soit encourageante.

QUE LE SALAIRE SOIT BASE SUR LE TRAVAIL EFFECTIF FOURNI. — C'est la condamnation du travail à la journée.

C'est également la condamnation des primes de fin d'année, parts de bénéfiques, etc., parce que celles-ci sont le résultat du travail collectif et que l'homme ne peut y mesurer la part de son intervention personnelle.

QUE LE TRAVAIL SOIT MESURE SEPARÉMENT ET NON PLUS MÉLANGE AU SEIN DE CELUI D'UNE NOMBREUSE ÉQUIPE. — Tous les industriels ont remarqué que l'ouvrier met toujours plus de goût et plus d'ardeur lorsqu'il travaille seul à la tâche que lorsqu'il est en équipe. Il sent bien mieux que son effort lui profitera personnellement.

Ainsi : on paie partout les travers-bancs au mètre d'avancement et l'ouvrier reçoit un salaire qui est proportionnel à l'activité moyenne de plusieurs équipes pendant une quinzaine. Si on payait les trous de mine forés, les kilos d'explosif brûlés, les wagonnets de déblais chargés, etc., comme nous le verrons plus loin, la mesure du travail ainsi détaillée pourrait se faire après chaque poste et chacune des équipes serait payée proportionnellement à sa propre activité, abstraction faite de l'activité montrée par les autres.

QUE CHAQUE EFFORT FAIT PAR L'OUVRIER REÇOIVE SA RECOMPENSE. — Payer des trous forés, des kilos d'explosifs brûlés, des wagonnets chargés, des cadres de boisage placés, ce n'est pas la même chose que de payer des mètres de travers-bancs finis; ces prix n'agissent pas de

la même façon sur l'esprit de l'ouvrier chez qui la relation de cause à effet est d'autant plus précise que le temps, la distance et le nombre de facteurs sont réduits. Dans l'un des cas, il ne sentira pas l'importance de faire un trou de plus ou de charger un wagonnet de plus avant de quitter le chantier; dans l'autre cas, il la traduira directement en francs et centimes et il sera tenté de faire ici l'effort qu'il ne ferait pas là.

QUE LES PRIX ÉTABLIS SOIENT ÉQUITABLES. — Pour que les prix soient parfaitement équitables, il faudrait qu'ils soient tels que tous les ouvriers d'une même catégorie, travaillant avec la même activité, arrivent aux mêmes salaires. Cela est irréalisable dans le travail de nos mines comme nous le pratiquons : il y a toujours de bons et de mauvais chantiers; le même ouvrier montrant la même ardeur au travail touche facilement ici de hauts salaires, tandis que là, il ne peut atteindre la moyenne, même avec un surcroît d'effort.

Que fait-on dans les travers-bancs? On s'arrête souvent à deux prix, l'un en schistes, l'autre en grès. Mais ces schistes ou grès représentent tout une échelle de dureté; la longueur de trou par mètre d'avancement et le temps de forage par mètre de trou prennent tout une série de valeurs successives et il n'est pas équitable de ne considérer que deux cas. D'autre part, la pression de l'air comprimé pourra ne pas être la même dans tous les quartiers de la mine, les outils pourront être différents soit comme type, soit comme entretien, l'aérage ici sera violent, là il sera presque nul, dans un cas le thermomètre marquera 20°, dans l'autre 30°, un bouveau sera desservi régulièrement en wagonnets, un autre souffrira journellement des retards dans le roulage, etc.

Si au lieu de payer l'ensemble du travail, on payait les opérations élémentaires (forage, minage, chargement), il serait plus facile de déterminer la variation du prix de chacune d'elles en fonction des variations des différents facteurs qui l'intéressent. Ainsi l'ingénieur posséderait des tableaux, résultat d'investigations scientifiques qui diraient le temps qu'il faut pour forer un mètre de trou en fonction du terrain, de l'outillage,

et de la pression de l'air comprimé. C'est donc avec précision et équité que l'on pourrait annoncer à l'ouvrier « ici le mètre de trou sera payé tant » et s'il y a contestation, il suffira de deux heures pour solutionner le litige. Le chef aurait en plus à sa disposition des coefficients à appliquer en fonction de l'aérage, de la température, etc.

QUE LA MESURE DU TRAVAIL SOIT CORRECTE ET FACILE. — En divisant le travail en ses opérations élémentaires, on pourrait craindre d'arriver à une confusion inextricable des prix et chez l'ouvrier mineur, peu familier aux calculs longs, naîtrait peut-être de la méfiance. Il faut, pour faciliter la comptabilité, ramener tout à une unité unique: « la minute de travail effectif » est tout indiquée. Pour chaque opération, on allouera à l'ouvrier un temps standard que l'on pourra toujours réaliser séance tenante en cas de contestation. Le rendement individuel sera évalué en multipliant ce temps standard par le nombre d'opérations exécutées. Ce sera la base du tarif des salaires.

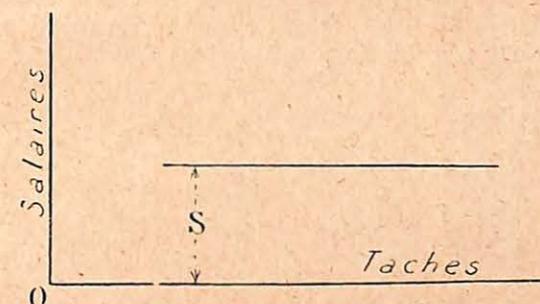
QUE LA RECOMPENSE SUIVE LE PLUS PRES POSSIBLE L'EFFORT. — Généralement, l'ouvrier reçoit un salaire qui est une fonction de l'activité moyenne d'une ou plusieurs équipes pendant toute une quinzaine. Nous avons montré l'intérêt qu'il y avait à substituer le travail individuel au travail en équipe; nous voulons montrer maintenant l'intérêt qu'il y aurait à établir le salaire à la fin de chaque poste au lieu de le faire par périodes d'une quinzaine.

Grâce à la division en opérations élémentaires, on mesurera journallement le rendement de chaque poste: les mètres de trou forés, l'explosif brûlé, les wagonnets de remblai chargés, les cadres de boisage placés, etc., etc. Que l'on donne à l'ouvrier au sortir de la mine un bulletin où ces renseignements seront inscrits et multipliés par leur temps standard et il aura ainsi chaque jour, avant de partir, le taux du salaire qu'il vient de gagner. A-t-il flané, il sent de suite la punition; s'est-il dévoué, il en reçoit aussitôt la récompense. Le temps et la distance entre la cause et l'effet sont très courts et très frappants.

La paie, au lieu d'être proportionnelle à la moyenne de l'activité pendant quinze jours, serait au contraire la somme des activités journalières; il y a là une distinction psychologique qui semble n'avoir pas été suffisamment saisie.

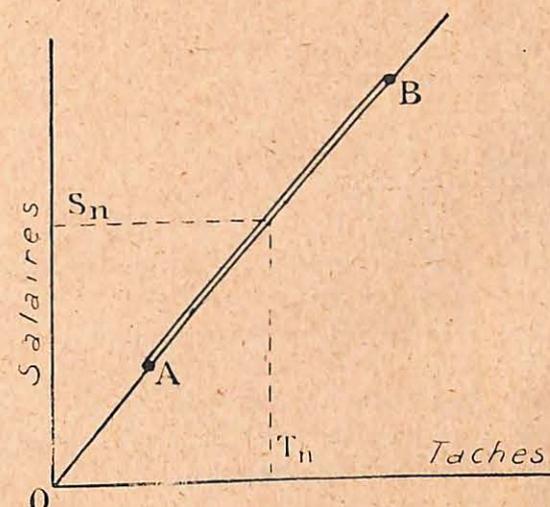
QUE LA FORMULE DE SALAIRE SOIT ENCOURAGEANTE. — Les formules appliquées dans l'industrie sont nombreuses; rappelons ici les principales:

1° Salaire en régie. — Ce n'est pas le prix du travail, mais le prix du temps de présence; l'ouvrier sent que ce n'est pas



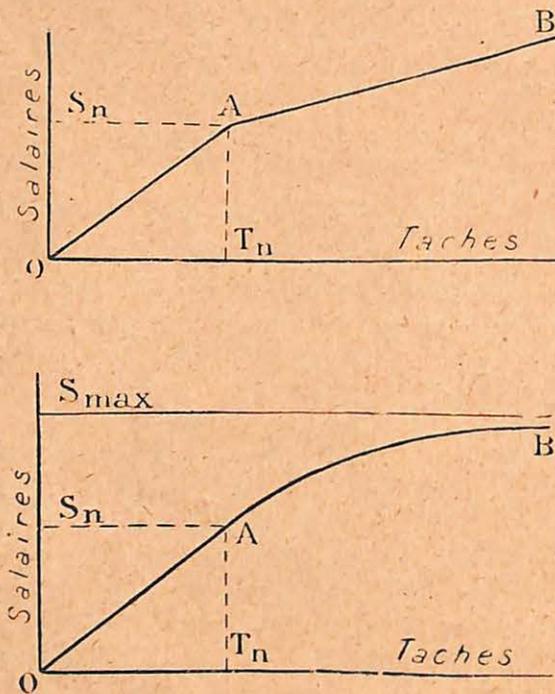
son effort qu'on récompense, mais uniquement le fait d'être présent. C'est la forme de rémunération la plus démoralisante qui soit connue, puisqu'elle enlève à l'ouvrier tout idéal.

2° Salaire aux pièces. — C'est avec le précédent le tarif le



plus souvent admis dans les mines. Si S_n est le salaire normal attribué pour la tâche normale T_n , les différents ouvriers s'échelonnent dans la zone AB : aux ouvriers voisins de A, on trouve toujours une raison permettant d'attribuer des suppléments quelconques pour relever le prix de la journée; pour ceux qui sont voisins de B, on recherche des prétextes pour réduire le prix unitaire M , si bien que l'émulation qui devrait théoriquement résulter de l'application d'une telle formule est complètement annihilée du fait du patron lui-même.

3° Salaire régressif. — On a cherché évidemment à réduire les gros salaires de la zone B de l'exemple précédent. Pour



cela, au-delà d'une certaine tâche normale T_n , le prix unitaire est réduit dans une certaine proportion;

La formule générale prend la forme

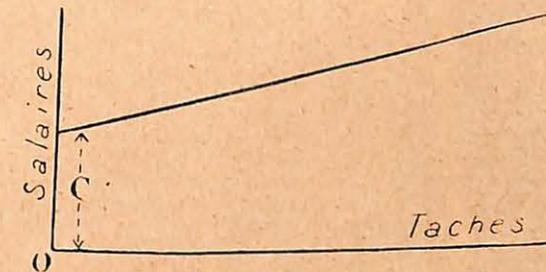
$$S = MT_n + M'(T - T_n) \quad (1)$$

On a même été plus loin dans cet ordre d'idées et on a remplacé l'élément droit AB par un élément courbe s'approchant asymptotiquement d'un salaire maximum qu'on s'impose à l'avance.

4° Salaire à prime. — On accorde ici un salaire minimum C qui est acquis avant tout travail, puis en plus, une prime proportionnelle au travail exécuté. La formule générale est:

$$S = C + MT.$$

On vise ici non seulement l'élimination des hauts salaires, mais aussi la disparition des suppléments après coup aux ouvriers fâneurs et inhabiles.



Tous ces tarifs furent imaginés parce que l'industriel ne parvenait pas à donner à ses ouvriers des prix « équitables »; ce sont des paillatifs administratifs pour uniformiser les salaires.

Les véritables formules industrielles furent l'œuvre de Taylor et de son école; grâce à une étude minutieuse de tous les éléments de travail de chacun, on détermine ici la tâche que peut faire un ouvrier travaillant consciencieusement et méthodiquement; il n'est plus question dans les formules qui vont suivre, du « travail normal T_n de nos tarifs précédents, terme vague,

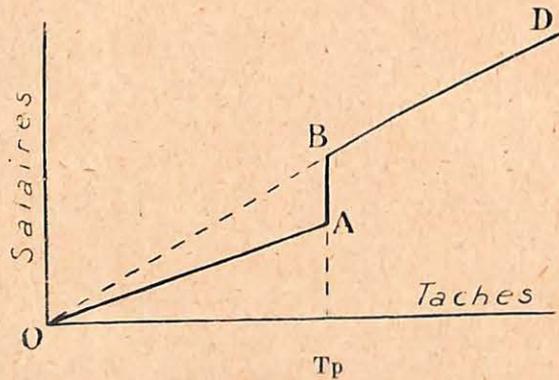
(1) Si la tâche réalisée est $T < T_n$ il n'y a que le premier terme qui compte.

imprécis, choisi au sentiment et que l'ouvrier modifie à son gré. Tout repose sur le « travail possible T_p » déterminé scientifiquement, avec précision, et que l'ouvrier peut toujours accomplir sans fatigue exceptionnelle et sans surmenage, à la condition cependant qu'il travaille suivant les méthodes et le rythme qu'on lui aura inculqués lors de son apprentissage.

5° Salaire différentiel de Taylor. — La tâche imposée que l'ouvrier expérimenté et travaillant activement peut toujours réaliser est T_p ; s'il n'y arrive pas, c'est qu'il a mis de la mauvaise volonté à la besogne ou qu'il a mal suivi les instructions; tant pis pour lui, il sera payé suivant la loi $OA - M_1T$. S'il fait la tâche imposée, on l'en récompense par un prix unitaire plus élevé. Il est payé suivant

$$BD = M_2 T$$

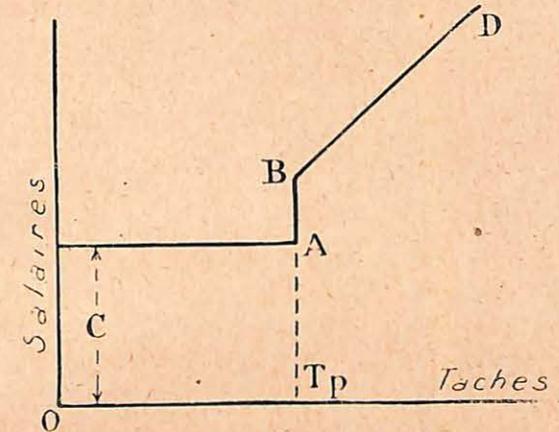
Au lieu d'infliger une punition aux ouvriers actifs comme nous l'avons vu dans tous les systèmes régressifs, on lui ac-



corde ici un encouragement; on ne craint plus les hauts salaires, on les recherche et on les suscite. L'idée maîtresse de ce tarif est diamétralement opposée à celle qui a enfanté toutes les formules que nous avons développées précédemment.

D'autres tarifs ont suivi la même idée que Taylor; signalons-en les principaux.

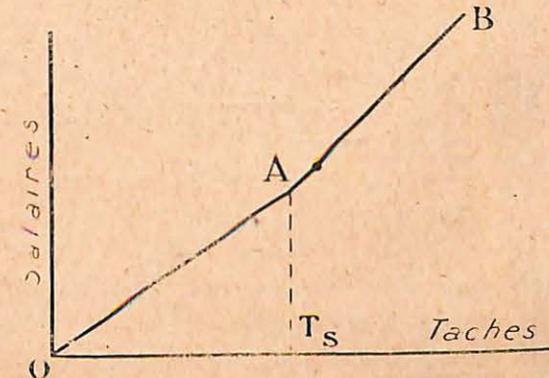
6° Salaire avec « bonus » de Gantt. — Pour Gantt, tout ouvrier qui n'atteint pas assez souvent la tâche imposée T_p doit être considéré comme inapte et déclassé. Les rendements inférieurs à T_p sont donc exceptionnels et ils sont payés à un tarif fixe et uniforme C . Si la tâche T_p est réalisée, l'ouvrier touche



en plus un « bonus » AB toujours très important. Si l'ouvrier dépasse la tâche imposée, on lui accorde en plus une prime proportionnelle à ce supplément suivant BD . La formule générale est:

$$S = C + \text{bonus} + M(T - T_p) \quad (1)$$

7° Salaire progressif. — A partir d'une certaine tâche T_s ,



(1) Si la Tache réalisée est $T < T_p$ ou T_s , il n'y a que le premier terme qui compte.

le prix unitaire est augmenté et la formule devient :

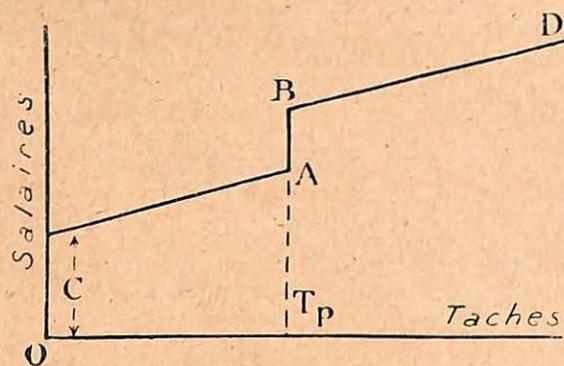
$$S = MT + M'(T - T_s) \quad (1)$$

C'est la formule de Taylor avec cette différence que l'augmentation de prix ne s'applique qu'à la dernière partie du travail exécuté au lieu de s'appliquer à la totalité.

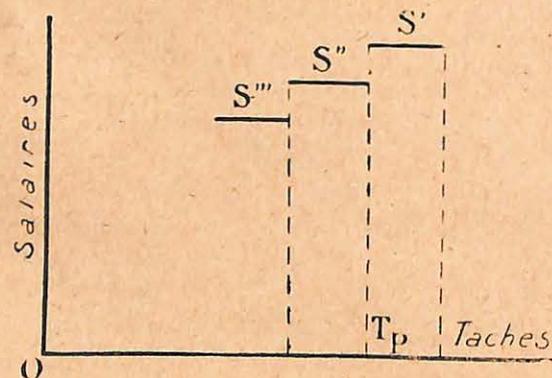
8° Salaire à prime avec bonus. — C'est une combinaison du salaire avec prime vu au 4° et du bonus de Gantt. La formule s'écrit :

$$S = C + MT + \text{bonus.}$$

Ce tarif semble très recommandable pour les travaux de la mine.



9° Salaire fixe par catégorie. — Ce tarif fonctionne comme suit : On connaît exactement le travail possible T_p que peut



(1) Si la Tache réalisée est $T < T_p$ ou T_s , il n'y a que le premier terme qui compte.

faire un ouvrier parfait; tous ceux qui sont capables d'y parvenir, sont payés au taux fixe S' ; ceux qui n'en peuvent faire que 90 p. c. feront partie de la seconde catégorie au salaire S'' ; ceux qui n'en produiront que 80 p. c. formeront la troisième catégorie au salaire S''' et ainsi de suite. Au fur et à mesure qu'il se perfectionne, l'ouvrier passe d'une catégorie à la suivante; s'il se relâche, il est déclassé.

Un tel système aboutira à un succès d'autant plus grand que l'étude du travail sera faite avec plus de minutie et que le contrôle des tâches exécutées sera plus fréquent et plus individuel.

Parmi toutes ces formules, disons que nos préférences vont au salaire à prime avec bonus rapporté au 8°.

Application de ces principes au cas du travers-bancs.

Serait-il difficile d'appliquer tous ces principes dans la mine? Voyons le cas du travers-bancs.

On peut dresser des tableaux donnant les temps qu'il faut allouer pour un mètre de trou en charbon, schistes, psammites, grès ordinaire, grès dur, etc., en fonction de l'outillage et de la pression de l'air comprimé.

De même d'autres tableaux donneront les temps à allouer pour le minage, le chargement, le roulage, le boisage, la pose de la voie, la pose des tuyaux, etc.

Ces divers temps standard une fois fixés pour un bouveau donné ne varieront que très rarement; le forage des trous à chaque changement de terrain par exemple, mais le minage, le chargement, le roulage, seront beaucoup plus stables.

A la fin de chaque poste, l'équipe de deux ou trois hommes reçoit de son chef de poste un bulletin de travail ainsi libellé:

TRAVAIL : Bouveau N° 637. OUVRIERS : Louis X, Charles V, Jean Z. DATE : 1 ^{er} sept. 1919, poste du matin.	Travaux	Temps Standard	Temps de travail effectif
Trous forés	20	14'	280'
Explosifs brûlés	10 kg.	20'	200'
Wagons chargés	20 w.	17'	340'
Wagons roulés (longueur =) .	20 w.	35'	70'
Cadres de boisage	1	120'	120'
Pose des tuyaux d'aérage			
Pose de la voie			
Pose des tuyaux à air comprimé . .			
.			
.			
.			
TOTAL			1010'

Travail effectif par homme-poste : $\frac{1010}{3} = 303$.

Le Chef de poste,

En portant dans la formule adoptée ce temps de travail effectif par homme-poste, on déterminera le salaire du jour.

On objectera peut-être que l'ingénieur n'aura pas de contrôle sur certaines mesures : le nombre de mètres de trous forés par exemple. Mais il ne faut pas oublier que le travail est ici systématisé et que la longueur des trous, le poids d'explosifs, le nombre de wagonnets de déblais sont par mètre courant de bouveau des constantes fixées expérimentalement et dont on ne pourra guère s'écarter.

Il va sans dire aussi que pour assurer un pareil contrôle du travail, il faudra plus de chefs, plus d'ingénieurs, plus de po-

rions; cela est inévitable. Toutes les usines modernisées ont des cadres beaucoup plus importants que celles marchant sous l'ancien régime; cela n'est rien si le rendement total est augmenté.

CONCLUSIONS. — Quels que soient les moyens mis en œuvre pour augmenter la volonté au travail de l'ouvrier, le résultat se traduit toujours de la même façon : relèvement du nombre de minutes de travail effectif. On comprend ici l'importance qui s'attache à l'adoption de cette base pour le calcul des salaires.

Une augmentation quelconque faite par des ouvriers de même aptitude et montrant la même volonté exige toujours exactement le même temps; si l'ouvrier le fait en flânant, c'est tout comme s'il l'exécutait normalement et se reposait pendant l'excédent de temps. Le jour où il montrera plus de « volonté » au travail, il accusera plus de minutes de travail effectif et la capacité productive de chaque minute étant bien définie, son rendement augmentera proportionnellement à sa volonté.

Or, sur un poste de travail, il y a un maximum de minutes que l'ouvrier peut consacrer à produire; il faut d'abord défalquer le temps des repas, de l'habillage et du déshabillage, quelquefois du trajet; de plus, pendant tout le restant de sa présence, il ne peut pas travailler sans arrêts, la constitution même de notre organisme s'y opposerait. Ainsi, sous le régime de 8 heures de présence au chantier (régime en vigueur lors de nos relevés sur les travers-bancs), on pourrait autoriser les temps de non-travail comme suit:

Changement d'habits au commencement et à la fin de chaque poste	5'
Repas	30'
Suspensions volontaires ou involontaires de travail (15 pour cent du temps restant)	68'
Total	103'

Le travailleur serait moralement tenu de fournir à son patron 480 — 103 égal 377' de travail effectif. Or, en réalité,

nous avons régulièrement trouvé des chiffres inférieurs à 300', c'est-à-dire que l'ouvrier s'octroie des repos supérieurs de plus d'une heure à ceux dont il pourrait se contenter. Activer sa volonté au travail permettrait de récupérer tout ou partie de ce temps. Le rehaussement du rendement qui en résulterait pourrait aller jusqu'à 35 p. c.

Rappelons-nous que nous avons pu doubler la capacité productive du bouveleur. En augmentant de 20, 30, ou 35 p. c. sa volonté, le rendement devrait être 2,4 à 2,7 fois plus important. En fait, l'avancement moyen par homme-poste dans les bouveaux de la mine considérée oscille entre 0 m. 175, et 0 m. 230. « Nous avons obtenu couramment 0 m. 450 chiffre pratique qui confirme notre discussion. » (Voir annexe)

Il ne sera pas sans intérêt d'ajouter ici une petite remarque.

L'ouvrier, en réclamant dernièrement la réduction de la durée de sa journée, prétendait qu'il lui était possible de fournir le même rendement en moins de temps: or, le seul facteur mis à sa disposition est sa volonté; l'autre sort de sa compétence. Les 80 minutes et plus perdues et récupérables dont nous venons de parler montrent que l'ouvrier n'avancait pas une chose inexacte et qu'il a une parfaite conscience des temps de présence qu'il n'utilise pas. Après application de la loi cependant, le rendement tomba; il ne pouvait pas en être autrement puisque rien n'a été changé et que la volonté au travail de l'ouvrier n'a pas été relevée au contraire. Et dans peu de temps rien n'empêchera qu'il vienne de nouveau, sous le même prétexte, réclamer une nouvelle réduction de son temps de présence si nous n'établissons de suite une entrave à cette future revendication. La solution, c'est de baser le salaire sur le temps de travail effectif, comme nous venons de le proposer.

Conclusions générales.

Toute l'étude que nous présentons peut se résumer en quelques mots: Nous pouvons augmenter la capacité productive des ouvriers de nos mines par l'étude scientifique de tous les

éléments de travail: amélioration du matériel, des outils, des machines, de l'organisation, de l'ordre, de la méthode. Il n'intervient ici, pour ainsi dire, que des facteurs techniques et mécaniques.

Nous pouvons aussi agir sur la volonté de l'ouvrier à produire du travail: le problème est plus délicat et plus épineux, basé surtout sur des considérations sociales et psychologiques.

Pour atteindre ces résultats, il est indispensable d'introduire de nouveaux organismes qui prendront en peu de temps une importance prépondérante: entr'autres « un service d'étude » et « un service d'apprentissage ».

Puisse cette petite étude apporter sa pierre au fondement sur lequel reposera notre industrie houillère de demain.

Le 1^{er} septembre 1919.

ANNEXE

Pour donner une idée de la façon dont furent trouvés la plupart des chiffres qui ont été rapportés dans cette étude, nous donnons ici le résultat d'un chronométrage relevé dans un travers-bancs non boisé en roche siliceuse dure.

L'équipe se composait de trois bouveleurs. Le commencement et la fin des opérations est estimé à 5 secondes près; c'est suffisant pour ce genre de relevé. La légende du diagramme donne suffisamment d'explications sur la division admise du travail.

Les trois postes se renouvelaient à front; aussi constatons-nous une présence au chantier de 7 H 58' 00".

Forage des trous de mine.

Forage proprement dit.

Longueur de trous de mine forés	33 ^m 90
Nombre de trous de mine forés	27
Longueur moyenne de chaque trou	1 ^m 26

Temps totalisé des trois hommes:

Ouvrier W.	144' 35"	} 328' 20"
Ouvrier C.	105' 20"	
Ouvrier V.	78' 25"	

Temps de travail par mètre courant de trou 9' 47"

Outils employés : marteau Ingersoll de 14 kilogr.; air comprimé à 5 1/2 atmosphères; fleurets pleins torsés bien affûtés; tous les trous sont légèrement montants et le dégagement de débris se fait bien. Quelques chiffres spéciaux furent relevés au cours de ces opérations de forage:

Forage d'un trou de 1^m22 (1 seul homme), 8' 55", soit 7' 02" par mètre courant.

Forage d'un trou de 1^m30 (2 hommes), 6' 27", soit 5' 00" par mètre courant.

Le forage va donc plus vite quand deux hommes poussent sur le marteau que lorsqu'il n'y en a qu'un seul; les chiffres ci-devant indiquent une rapidité 40 p. c. plus grande; il est vrai que le travail total de forage est doublé puisqu'il y a deux hommes au lieu d'un. Ceci montre cependant tout l'avantage qu'il y aurait à réaliser un poussage automatique énergétique.

Préparation des outils.

Le temps totalisé des trois ouvriers, relatif à cette rubrique, s'élève à :

Ouvrier W.	95' 25"	} 163' 20"
Ouvrier C.	41' 20"	
Ouvrier V.	26' 25"	

Temps par mètre de trou foré 4' 49"

Parmi ces manutentions, citons d'abord le temps qu'il faut pour installer les marteaux et se préparer à forer ainsi que pour les remiser avant chaque volée de mine : le total de ces opérations s'est élevé à 75' 40". L'un des marteaux a été re-

misé deux fois et l'autre trois fois, de sorte que le temps moyen qu'il faut pour prendre un marteau, se préparer à forer et le remiser après usage a été de 75' 40" : 5 = 15' 08"; on peut gagner sur ce temps.

Le reste, soit 163' 20" — 75' 40" = 87' 40", a été utilisé à chercher les fleurets, à examiner leur état et les changer; on y a également compris le temps pendant lequel l'ouvrier arrête son marteau de petits instants, soit pour l'ajuster sur son épaule, soit pour mieux assujettir la position de ses pieds ou d'autres petites manutentions de ce genre. On a usé 35 fleurets pendant ce poste; l'ensemble de ces petites manutentions par fleuret s'élève ainsi à 87' 40" : 35 = 2' 30".

La longueur moyenne forée par chaque fleuret a été de 33^m90 : 35 = 0^m97.

Travail au pic.

Cette opération comprend le travail que l'ouvrier fait généralement pour amorcer les trous de mine; on y a ajouté également le travail qu'il faut après minage pour abattre les quelques pierres détachées des parois et du toit.

Cela représente en tout 13' 25" seulement.

Curage des trous.

Cette opération a pris en tout 8' 50", ce qui représente 16" environ par mètre de trou ou 20" par trou.

Graissage du marteau.

Temps occupé à graisser le marteau	11' 20"
Temps pendant lequel le marteau a travaillé	328' 20"
Rapport de ces deux temps	3.5 p. c.

Les marteaux chauffaient considérablement. Les deux marteaux ont subi ensemble 9 graissages, soit un graissage pour 37' de travail ou pour 3^m75 de trou. Il eut probablement été préférable de graisser plus souvent.

Résumé des opérations de forage.

Forage proprement dit	328' 20"
Préparation des outils	163' 20"
Travail au pic	13' 25"
Curage des trous	8' 50"
Graissage du marteau	11' 20"
Total.	525' 15"

Nombre de mètres de trou forés	33 ^m 90
Temps total de forage par mètre de trou	15' 29"

Ces opérations ont été réparties comme suit:

Ouvrier W.	263' 25"	} 525' 15"
Ouvrier C.	151' 40"	
Ouvrier V.	110' 10"	

Opérations du minage.*Préparation des bourres.*

Cette opération fut faite par le rouleur; elle n'entre donc pas dans la décomposition du temps de travail des bouveleurs.

Chargement des trous de mine.

Nombre de trous chargés	21
Poids de dynamite-gomme consommé.	9 k. 900
Charge moyenne de dynamite dans chaque trou	0 k. 495
Temps de chargement total	77' 27"
Temps de chargement par trou	3' 41"
Temps de chargement par kilo d'explosif	7' 49"

Sur les 27 trous forés, 21 seulement furent explosés, les 6 autres restèrent pour le poste suivant. Le minage se faisait à l'électricité pour le bouchon et à la mèche pour les mines d'élargissage. On mina en deux volées; la première fut la volée du bouchon qui comporta 7 trous de 7^m60 de longueur totale, soit 1^m08 de longueur moyenne par trou; la seconde comporta

14 trous d'élargissage d'une longueur totale de 19^m55, soit 1^m39 en moyenne par trou.

Tir des mines.

Cette rubrique désigne le temps qui s'écoule entre le moment où l'on quitte le chantier et le moment où a lieu l'explosion.

Temps totalisé des trois ouvriers	69' 15"
Nombre de volées de mine	2
Temps par homme et par volée	11' 12"
Temps par kilogr. de dynamite	6' 59"

Les ouvriers se retiraient le long des échelles d'un fonçage, ce qui demande plus de temps que de se garer dans un abri à niveau; il est possible que le temps de 11' 12" eut été réduit sans cette circonstance.

Barrage et nettoyage.

Etablissement du barrage avant la première volée (bouchon)	31' 10"
Etablissement du barrage avant la deuxième volée (élargissage)	20' 10"
Enlèvement du barrage après la première volée.	4' 10"
Enlèvement et nettoyage après la deuxième volée	12' 00"
Total.	67' 30"

Temps par kilogr. de dynamite	6' 49"
---	--------

Le barrage fut établi avec plus de soins pour la première volée que pour la seconde parce que le minage du bouchon projette toujours les débris beaucoup plus loin et avec beaucoup plus de violence. Après la première volée, il n'y eut presque rien à nettoyer sur la voie, les débris des fourneaux du bouchon étant peu importants, très menus et très dispersés; il n'en fut plus de même après les mines d'élargissage et c'est ce qui fait la différence entre les chiffres 4' 10" et 12' 00".

Résumé des opérations de minage.

Préparation des bourres	0' 00"
Chargement des trous de mine	77' 25"
Tir des mines.	69' 15"
Barrage et nettoyage	67' 30"
Total.	214' 10"

Poids d'explosif consommé	9 k. 900
Nombre de trous minés	21
Temps de minage par kilogr. d'explosif	21' 37"
Temps de minage par trou de mine	10' 11"

N. B. — On aurait pu faire rentrer dans cette rubrique le temps pendant lequel les ouvriers attendent la disparition des fumées et qui fut au total de 32' 45", soit 5' 27" par homme et par volée. L'aérage était violent et assuré par un ventilateur spécial refoulant dans des canars qui débouchaient à 8 m. des fronts. Nous avons préféré incorporer ce temps dans les arrêts.

Enlèvement des déblais.*Chargement proprement dit.*

Nous relevons sur le diagramme les temps suivants:

Ouvrier W.	2' 10"	} 237' 50"
Ouvrier C.	105' 40"	
Ouvrier V.	130' 00"	

L'ouvrier W ne s'est pour ainsi dire pas occupé du chargement, il s'occupait plutôt du forage.

Nombre de wagonnets de déblais chargés	20
Temps moyen par wagonnet	11' 53"
Surface des pelles	7.2 dm ²
Nombre de pelletées par wagonnet (contrôle sur 4 wagonnets)	101

Poids moyen des déblais contenus dans un wagonnet	750 kilos
Poids moyen par pelletée	7 k. 450
Rythme normal de l'ouvrier V par minute	15 pelletées
Nombre de pelletées des 20 wagonnets	2,020
Rythme moyen du chargement (2,020:237' 50") par minute	8.45
Rapport entre rythme moyen et rythme normal	57 p. c.

Le rythme moyen très lent de 8.45 constaté ici provient de la mauvaise volonté que le chargeur V... mit à sa besogne pendant toute une partie de la journée à cause d'observations qui lui avaient été faites. Généralement, il fournit un travail plus rapide.

Opérations accessoires au chargement.

On a porté dans cette rubrique le temps pendant lequel les ouvriers grattent avec le pic pour préparer la matière à enlever avec la pelle: on y a compté aussi le temps de concassage à la masse des gros morceaux.

Temps totalisé des trois ouvriers	56' 35"
Nombre de wagonnets chargés	20
Temps par wagonnet	2' 49"

Roulage.

Distance entre les fronts et la double-voie	10 m.
Longueur moyenne du roulage	16 m.
Temps total nécessité par le roulage	42' 15"
Nombre de wagonnets roulés	20
Temps de roulage par wagonnet	2' 6"

Opérations accessoires au roulage.

Il n'intervient dans cette rubrique que 2' 20" occupées à corriger un défaut dans la voie de roulage.

Résumé des opérations relatives à l'enlèvement des déblais.

Chargement proprement dit	237' 50"
Opérations accessoires au chargement	56' 35"
Roulage proprement dit	42' 15"
Opérations accessoires au roulage	2' 20"
Total.	339' 00"

Nombre de wagonnets de déblais chargés	20
Temps par wagonnet de déblai	16' 57"

Calcul du temps de travail par homme-poste.

Opération du forage : temps totalisé	525' 15"
Opérations du minage : temps totalisé	214' 10"
Opération de l'enlèvement des déblais : temps totalisé	339' 00"
Total.	1.078' 25"

Temps de travail par homme-poste	359' 28"
--	----------

Calcul du temps de travail effectif par mètre-courant de travers-bancs.

Le cube abattu pendant le poste s'établit comme suit :

Wagonnets de déblais restant à charger du poste précédent	5
Wagonnets de déblais chargés durant le poste	20
Wagonnets de déblais restant à charger après le poste.	5
Wagonnets de déblais réellement abattus pendant le poste	20

OPERATIONS DU FORAGE. — Pour abattre les 20 wagonnets de déblais, il a fallu faire exploser 21 coups de mine d'une longueur totale de 27^m15; le travail de forage par mètre courant de travers-bancs est donc représenté par

$$\frac{27,15 \times 16}{20} = 21^m72$$

de trous à raison de 15' 29" par mètre, cela représente un travail par mètre de bouveau de 336' 17".

OPERATIONS DE MINAGE. — Les 9,900 kilogr. de dynamite ont enlevé 20 wagonnets de déblais : la consommation d'explosif par mètre courant est donc de 9,900 x 16/20 = 7,920 kilogr.; à raison de 21' 37" par kilogr., cela représente un travail de 167' 42"

ENLEVEMENT DES DEBLAIS. — Le travail nécessaire pour charger 16 wagonnets de déblais à raison de 16' 57" par wagonnet s'élève à. 271' 12"

TEMPS DE TRAVAIL TOTAL POUR UN METRE DE TRAVERS-BANCS. — La somme des temps précédents nous amène à 775' 11", soit 12 H. 55' 11"

Les temps de non-travail.

Les ouvriers n'ont pas fourni du travail pendant toute leur présence. Les temps d'arrêt volontaires ou involontaires sont renseignés ci-après :

1° Disparition des fumées après les explosions. — Nous avons expliqué précédemment que ce temps, qui représente 32' 45", avait été reporté dans ce chapitre plutôt que dans celui du minage, parce que l'ouvrier y est réellement au repos. Avec l'aérage violent qui existait ici, l'attente n'était que de 5' 27" par homme après chaque volée; nombreux sont les cas où il faut compter sur une perte de temps bien plus considérable.

2° Repas. — Les ouvriers étaient autorisés à faire un repas d'une durée de 30' dans le courant du poste. Le chronométrage a relevé un arrêt total de 100' 15", soit 33' 25" par homme. Cette exactitude montre qu'on avait affaire à des ouvriers actifs.

3° Changement d'habits. — Le temps totalisé des trois hommes pour le changement d'habits au commencement et à la fin du poste s'élève à 14' 50", ce qui représente 4' 53" par homme.

4° Circulation dans les travaux. — Ce temps n'entre pas ici en ligne de compte parce que les ouvriers se renouvelaient à front. Mais avec la législation que l'on impose dans tous les pays actuellement où les heures de commencement et de fin de poste sont comptées à partir du jour, ce chapitre prendra une très grande importance.

5° Arrêts divers. — L'ensemble des autres arrêts s'élève à 207' 45'', parmi lesquelles nous relevons 10' 45'' pour le rallumage des lampes éteintes par les explosions; on pourrait supprimer cette perte en employant des lampes non sujettes à cet accident. Le diagramme renseigne aussi des arrêts pendant lesquels les ouvriers discutaient la position et l'orientation à donner aux coups de mine; avec un forage systématique, ces discussions n'auraient plus de raison d'être.

Résumé des temps de non-travail.

Disparition des fumées	32' 45''
Repas	100' 15''
Changement d'habits	14' 50''
Circulation dans les travaux	0' 00''
Arrêts divers	207' 45''
	<hr/>
Total des temps de non-travail	355' 35''
Temps de non-travail par homme-poste	118' 32''

Résumé.

Temps de présence par homme-poste	478' 00''
Temps de travail par homme-poste	359' 28''
Temps de non-travail par homme-poste	118' 32''

Rendement de l'équipe.

Temps de travail nécessaire pour creuser 1 mètre de travers-bancs	775' 11''
Temps de travail par homme-poste	359' 28''
Rendement du bouveleur : 359' 28'' : 775' 11''	0 ^m 463

Donnons comme comparaison les chiffres suivants relevés sur les carnets de pointage, durant le mois qui suivit ce chronométrage :

Avancement du travers-bancs pendant le mois	86 ^m 30
Nombre de journées de bouveleurs	205
Avancement moyen par homme-poste	0 ^m 423

Il est à noter que le chronométrage rapporté ici n'a pas tenu compte de certains petits travaux tels que : placement des tuyaux d'aérage, allongement de la conduite d'air comprimé, placement de la voie, avancement du plancher de ripage, etc. La différence entre l'avancement pratique de 0.423 et le chiffre du chronométrage 0.463 est dû à ces travaux.

Le chronométrage que nous venons d'analyser représente donc bien le travail moyen de l'équipe qui y a été soumise; son rendement est 2 à 2 1/2 fois plus important que celui que fournissent les autres équipes de bouveleurs; c'est le résultat des « quelques améliorations » relatées dans le cours de l'étude qui précède.

Le 1^{er} septembre 1919.