

Mise en application d'une programmation du transport principal par dispatching à la S.A. des Charbonnages du Hasard

par R. HARDENNE,

Ingénieur Civil des Mines
Ingénieur Divisionnaire à la S.A. des Charbonnages du Hasard

RESUME

Cet exposé est relatif à la programmation du transport principal au Siège de Cheratte de la S.A. des Charbonnages du Hasard.

Un système de dispatching a été mis en place avec pour conséquences : une réduction du matériel roulant et une suppression totale des arrêts de chantiers pour défaut d'alimentation en berlines vides. Ces résultats se sont maintenus à travers l'évolution normale du planning de production.

L'exposé fournit les données numériques intéressantes, précise la méthode et en relate la mise en application.

Il insiste spécialement :

- *sur les procédures de calcul prévisionnel relatif aux critères de départ des rames;*
- *sur les tests permettant, avant la mise en marche du système, de contrôler sa sécurité d'exploitation;*
- *sur la possibilité pratique de réaliser un dispatching programmé sans qu'il soit toujours besoin d'un ordinateur connecté en temps réel.*

INHALTSANGABE

Des Aufsatz behandelt den Übergang zur programmierten zentralen Zugverkehrssteuerung in der Grube Cheratte der Gesellschaft Charbonnages du Hasard.

Durch die Einrichtung dieses Systems ist es gelungen, den Lokomotiven- und Wagenpark zu verringern

SAMENVATTING

Deze uiteenzetting handelt over het programmeren van het hoofdvervoer in de zetel Cheratte van de N.V. Charbonnages du Hasard.

Er werd een dispatchingsysteem ingevoerd met tot gevolg : een vermindering van het rollend materieel en het volledig verdwijnen van produktiestoringen in de pijlers als gevolg van een tekort aan ledige wagens. Deze resultaten bielden stand doorheen de normale ontwikkeling van de produktieplanning.

De uiteenzetting geeft interessante numerieke gegevens, en geeft nadere inlichtingen omtrent de methode en de manier waarop ze in toepassing gebracht werd.

Er wordt speciale nadruk gelegd op :

- *de methode van vooraf berekenen van de criteriums geldend voor het vertrek der treinen;*
- *de tests waardoor de bedrijfszekerheid van het systeem wordt onderzocht voor het in gang gezet wordt;*
- *de mogelijkheid om een geprogrammeerde dispatching in te richten zonder dat men altijd een reële-tijd-ordinator nodig heeft.*

SUMMARY

This report concerns the programming of main haulage in the Cheratte colliery of the Hasard Collieries Ltd.

A dispatching system has been installed with the following results : reduction in the locos and mine

und den Stillstand der Abbaubetriebe infolge mangels an Leerwagen vollkommen auszuschalten. Bei normaler Entwicklung der Abbaubetriebs- und Förderpläne waren diese Erfolge von Dauer.

Der Aufsatz enthält aufschlußreiche Zahlenangaben und eine eingehende Beschreibung des Verfahrens und seiner praktischen Anwendung.

Mit besonderer Ausführlichkeit werden behandelt :

- die Vorausberechnung der Kriterien für die Abfahrt der Züge;
- Versuche zur Überprüfung der Betriebssicherheit des Systems vor seiner Einführung;
- die Möglichkeit der Einrichtung einer programmierten zentralen Zugsteuerung, ohne daß es notwendig wäre, in jedem Fall eine Direktberichtigung durch den angeschlossenen Rechner durchzuführen.

cars, total abolition of stoppages in the working places for lack of the supply of empty trucks. These results have been maintained throughout the normal evolution of planning production.

The report gives the pertinent numerical data, a precise description of the method and an account of its application.

It specially emphasizes the procedure for forecasting calculations

- concerning the criteria of the departure of the trains of mine cars;
- concerning the tests whereby the system may be set in motion and its safe working may be controlled;
- concerning the practical possibility of drawing up a dispatching programme without it being necessary to connect a computer on each occasion.

1. INTRODUCTION

Pour la mise en exploitation du nouvel étage de 480 m au Siège de Cheratte, la Direction de la S.A. des Charbonnages du Hasard a estimé indispensable de procéder à une étude complète du transport principal à cet étage et d'y installer une programmation des convois de berlines.

11. Buts de l'organisation

Partant des lois de distribution des capacités de chargement aux points de déhourdage, de la circulation des convois et de la capacité du puits d'extraction, connaissant les variations du planning de production et disposant du plan de raillage, nous devions :

- a) Concevoir une technique :
 - simple où les calculs sont réduits au minimum minimorum;
 - ne laissant aucune place à l'interprétation du personnel;
 - adaptable aux variations instantanées des débits des points de chargement et journalières des productions présumées, aux évolutions du programme d'exploitation, aux modifications éventuelles du transport principal et aux critères de priorité imposés par la Direction du Siège.
- b) Pouvoir tester les modèles de transport proposés en fonction des modifications reprises ci-dessus (a) afin
 - de prévoir les aléas du transport;
 - de renseigner la Direction du Siège sur les besoins en matériel roulant, les aménagements éventuels à apporter au raillage et sur le coût de l'ensemble du transport principal.

L'organisation à réaliser devait donc être à la fois rigide et évolutive et permettre une introduction de la programmation du transport principal dans l'établissement des plannings de production. La direction d'un siège d'extraction ne peut en effet en aucun cas ignorer les contraintes imposées par le transport principal lors de l'étude du programme d'exploitation (éventuellement dans un P.E.R.T. de production) et des prévisions budgétaires.

12. Lois de distribution (en ch.)

a) Chargement des berlines.

Pour le chargement des berlines, les lois sont :

$$\theta_N = \frac{100 \cdot N}{\bar{\omega}_1} \left(1 + \frac{1,77 \cdot x}{\sqrt{N}} \right)$$

$$\omega_t = \frac{\bar{\omega}_1 \cdot t}{100} \left(1 + \frac{26 \cdot x}{\sqrt{t \cdot \bar{\omega}_1}} \right)$$

Ces lois ont été établies par chronométrage des temps de chargement berline par berline. Les effets de grappe n'ont été éliminés qu'en prenant les temps 40 berlines par 40 berlines.

Lors de l'étude pour le second siège, nous avons constaté que les indices de dispersion décroissent avec la dureté du charbon.

b) Circulation des convois.

Les locomotives sont du type diesel (Moes DLM II) et les berlines ont une capacité de 630 litres.

La loi de circulation correspond à la formule :

$$\delta = m + n \cdot d + (p + q \cdot d) \cdot x$$

Les coefficients trouvés pour le matériel roulant ci-dessus sont donnés au tableau I.

TABEAU I

Coefficients	Berlines vides	Berlines pleines
m	0,6	2,6
n	$14,5 \cdot 10^{-3}$	$13,7 \cdot 10^{-3}$
p	si $d < 290$ 0,2 si $d \geq 290$ 0,725	0,54
q	si $d < 290$ $57 \cdot 10^{-4}$ si $d \geq 290$ 0	$5,6 \cdot 10^{-4}$

Ces coefficients sont très variables avec l'état du raillage, la sinuosité des galeries, l'automatisme des aiguillages, etc. Les mêmes locotracteurs et les mêmes berlines peuvent donner des valeurs très différentes dans deux sièges différents et même à deux étages d'un siège.

La loi des temps de manœuvre est une loi normale. Par chronométrage, nous avons obtenu des valeurs données au tableau II pour les moyennes et les écarts-types.

TABEAU II

Localisation	Moyenne	Ecart-type
Au puits	8,85 ch	3,63 ch
Point de chargement		
1°) Rebrousse-poil	14,96 ch	2,36 ch
2°) Ring	8,90 ch	3,86 ch
Préparatoires	14,03 ch	5,16 ch

Nous donnons à la figure 1 les schémas des raillages pour les deux types de point de chargement.

c) Capacité du puits d'extraction.

Ces lois sont de la même forme que pour le chargement des berlines. Nous avons pour M berlines et pour un temps t :

$$\theta_M = 0,281 \cdot M + 0,183 \cdot x \cdot \sqrt{M}$$

$$\omega_t = 3,560 \cdot t + 0,102 \cdot x \cdot \sqrt{t}$$

13. Schéma du transport principal

La figure 2 est relative au transport principal de l'étage de 480 m du Siège de Cheratte.

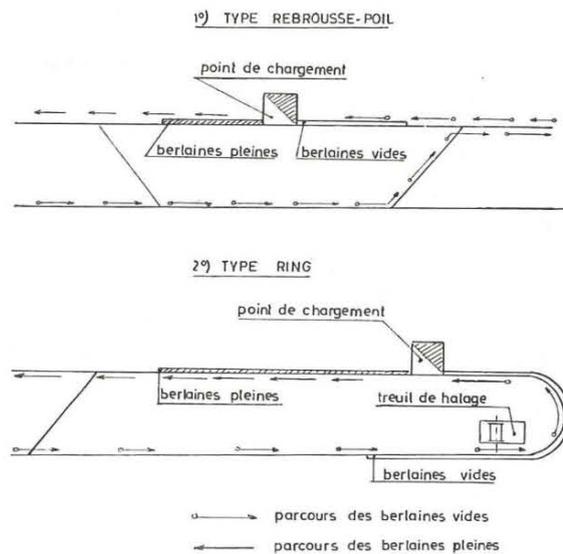


Fig. 1

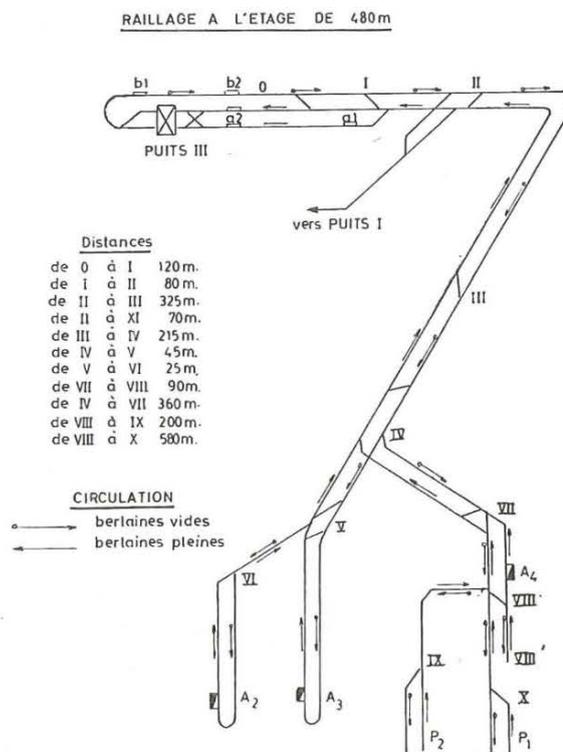


Fig. 2

L'ensemble de la circulation se fait à double voie sauf pour les préparatoires à partir du point VII. La répartition géographique des points de chargement est une distribution en étoile à partir du point IV où les convois de berlines pleines et de berlines vides risquent de se télescoper.

Pour éviter un télescopage des convois venant des préparatoires et des convois faisant les manœuvres en A₄, un jeu de feux de signalisation rouge et vert a été installé en VII, VIII et VIII'.

Si le point de chargement en A₄ est du type rebrousse-poil, par contre en A₂ et A₃ ils sont du type ring.

14. Mode de transport adopté

Nous avons adopté le principe d'un dispatching central placé au point I. De cette façon, le convoi de berlines vides partira du puits connaissant directement sa destination.

Nous pouvons envisager deux possibilités, soit à rame constante, soit à rame variable. Comme nous allions substituer, au principe de la liberté du chef de trait, un principe *simple mais rigide*, il nous a paru normal, afin de ne pas introduire trop de variations en une fois, de maintenir les rames constantes. Il est d'ailleurs normal de les prendre égales à un nombre compatible avec l'effort de traction des locotracteurs et multiples d'un nombre entier de cage d'extraction.

$$12 \text{ berlines} \times 5 \text{ cages} = 60 \text{ berlines.}$$

Le dispatcher est en liaison téléphonique avec les points de chargement et les préparatoires. Il demande tous les quarts d'heure la situation des berlines aux différents points de chargement. Ceux-ci, ainsi que les préparatoires, lui téléphonent dès que le nombre de berlines pleines pour former un convoi est atteint, et lorsqu'un convoi quitte le point considéré. Il peut ainsi adapter le circuit des convois d'une manière presque continue aux débits des chantiers.

Il est *le seul à commander le transport*. Aucun convoi ne peut quitter le puits sans son ordre. Un locotracteur ne peut quitter un point de chargement qu'au moment où le nombre de berlines par rame est atteint.

Nous avons donc adopté le système T_1 .

Nous adoptons comme principe qu'un *convoi de berlines vides a toujours priorité* sur un *convoi de berlines pleines*. Ceci est très important lors de croisement de rames ou de circulation à simple voie.

« PRIORITE AUX BERLAINES VIDES ».

Nous pourrions, dans l'avenir, étudier la mise en application à rames variables et, si ce système est plus économique, l'introduire dans notre mode de transport.

2. DÉTERMINATION DES MARGES

21. Réserve potentielle de berlines disponibles

La réserve potentielle d'un point de chargement est :

$$v^{po} = v + \sum_i N_{v_i}$$

a) $\sum_i N_{v_i}$ est facilement déterminable. Il suffit de connaître le nombre de convois en circulation entre le puits et le point de chargement moins le nombre de rames parties de ce point vers le puits. Nous rappelons que chaque départ de rame est signalé, par le préposé du point de chargement, au dispatcher.

$$\sum N_{v_i} = [\sum (\text{loco parties du puits}) - \sum (\text{loco parties du point de chargement})] \times 60$$

b) Dans l'évitement d'un point de chargement, il est extrêmement rare que des conditions techniques ou topographiques ne limitent le nombre de berlines, soit pleines, soit vides.

Appelons $N(A_i)$ ce nombre et désignons par $n(A_i)$ le nombre de berlines nécessaires aux appareils de manœuvre de berlines.

Il est absurde de mettre au point de chargement A_i un nombre supérieur à :

$$N(A_i) + n(A_i) = v + c + n(A_i) = C^{te}(A_i)$$

Comme il est plus facile pour le débourdeur de compter les berlines pleines qui sont passées devant lui que les berlines vides qui restent à remplir, il donnera ce nombre c au dispatcher.

La valeur v sera trouvée par différence :

$$N(A_i) - c = v$$

Nous connaissons ainsi v^{po} .

Nous tenons à signaler que $N(A_i)$ doit être supérieur au nombre de berlines maximum imposé par convoi.

22. Détermination des temps maxima et minima des trajets

221. Arrêt pour croisement (fig. 3).

Lors d'un croisement de berlines pleines et de berlines vides, le convoi de berlines pleines doit s'arrêter lorsque le convoi de berlines vides est à une distance (a) . Si l est la longueur d'un convoi, la distance a est donnée par :

$$a = l \times \frac{\text{vitesse des rames vides}}{\text{vitesse des rames pleines}}$$

Le temps d'arrêt sera en moyenne donné par :

$$\bar{\delta}_{\text{arrêt}} = \frac{a + l}{\text{vit. vides}}$$

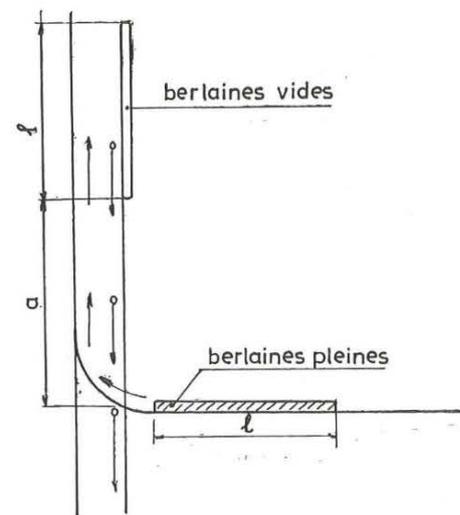


Fig. 3

Il faut tenir compte que le convoi de berlines pleines ne se mettra en marche que lorsque le convoi de berlines vides sera passé, c'est-à-dire lorsque le locotracteur aura parcouru la distance $a + l$.

Dans notre cas, $l = 100$ m, les vitesses des convois sont respectivement :

- avec berlines pleines de 73 m/ch
- avec berlines vides de 69 m/ch.

La valeur de $a = 100 \cdot \frac{69}{73} = \pm 95$ m.

$$\bar{\delta}_{\text{arrêt}} = \frac{95 + 100}{69} = 2,83 \text{ ch.}$$

222. Arrêt pour tronçon à simple voie (fig. 4).

Pour un tronçon à simple voie, le convoi de berlines pleines sera arrêté lorsque le convoi de berlines vides sera à une distance a de la simple voie telle que

$$a = (L + l) \times \frac{\text{vitesse des rames vides}}{\text{vitesse des rames pleines}}$$

Le temps moyen d'arrêt de la rame pleine sera de

$$\bar{\delta}_{\text{arrêt}} = \frac{a + l + L}{\text{vit. vides}}$$

Lorsque la circulation dans le tronçon est réglée par deux feux lumineux rouge et vert, il est très facile

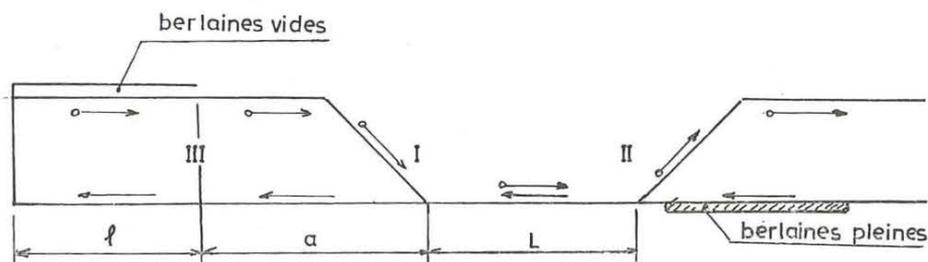


Fig. 4

TABLEAU III. — $\bar{\delta}$, σ_{δ} , δ_{\min} , δ_{\max} des parcours.

Désignation		Valeurs			
Points	Trajets	$\bar{\delta}$	σ_{δ}	δ_{\min}	δ_{\max}
A ₂	AL	21,24	3,93	13,38	29,10
	RT	27,23	3,67	19,89	34,57
	AR	48,47	5,38	37,71	59,23
A ₃	AL	20,88	3,93	13,02	28,74
	RT	26,88	3,67	19,54	34,22
	AR	47,76	5,38	37,00	58,52
A ₄	AL	31,50	2,47	26,56	36,44
	RT	27,86	3,67	20,52	35,20
	AR	59,36	4,42	50,52	68,20
P ₁	AL	33,47	5,21	23,05	43,89
	RT	33,94	3,67	26,60	41,28
	AR	67,41	6,37	54,67	80,15
P ₂	AL	37,82	5,21	27,40	48,24
	RT	38,05	3,67	30,71	45,39
	AR	75,87	6,37	63,13	88,61

de réaliser cet arrêt prématuré de la rame de berlines pleines :

- soit en déplaçant le bouton d'enclenchement pour la rame de berlines vides de I à III;
- soit en différant l'allumage de feux par relais temporisé lorsque l'enclenchement est réalisé au point II. La valeur de la temporisation est égale au temps mis par la rame de berlines vides pour parcourir la distance a .

223. Moyennes, écarts-types, minima et maxima des temps de parcours.

Nous considérons que les différents parcours ainsi que les manœuvres sont indépendants les uns des autres et nous aurons :

$$\bar{\delta}_{total} = \sum \bar{\delta}_{partiel}$$

$$\sigma_{\delta_{total}} = \sqrt{\sum \sigma_{\delta_{partiel}}^2}$$

Nous reprenons au tableau III les valeurs des moyennes, des écarts-types, des minima et des maxima des temps de parcours pour les différents points repris à la figure 2.

224. Détermination des temps minima de chargement.

La formule des temps de chargement étant :

$$\theta_{v^{po}} = \frac{100 \cdot v^{po}}{\bar{\omega}_1} \left(1 + \frac{x \cdot 1,77}{\sqrt{v^{po}}} \right)$$

nous pouvons calculer le temps minimum de chargement au seuil de confiance 97,5 % ($x = -2$) pour un $\bar{\omega}_1$ et un v^{po} donnés. Le tableau IV reprend quelques valeurs de θ_{min} .

Nous avons reporté ces valeurs sur le diagramme de la figure 5 où v^{po} est en abscisse et θ_{min} en ordonnée, ce qui nous donne une courbe pour chaque $\bar{\omega}_1$.

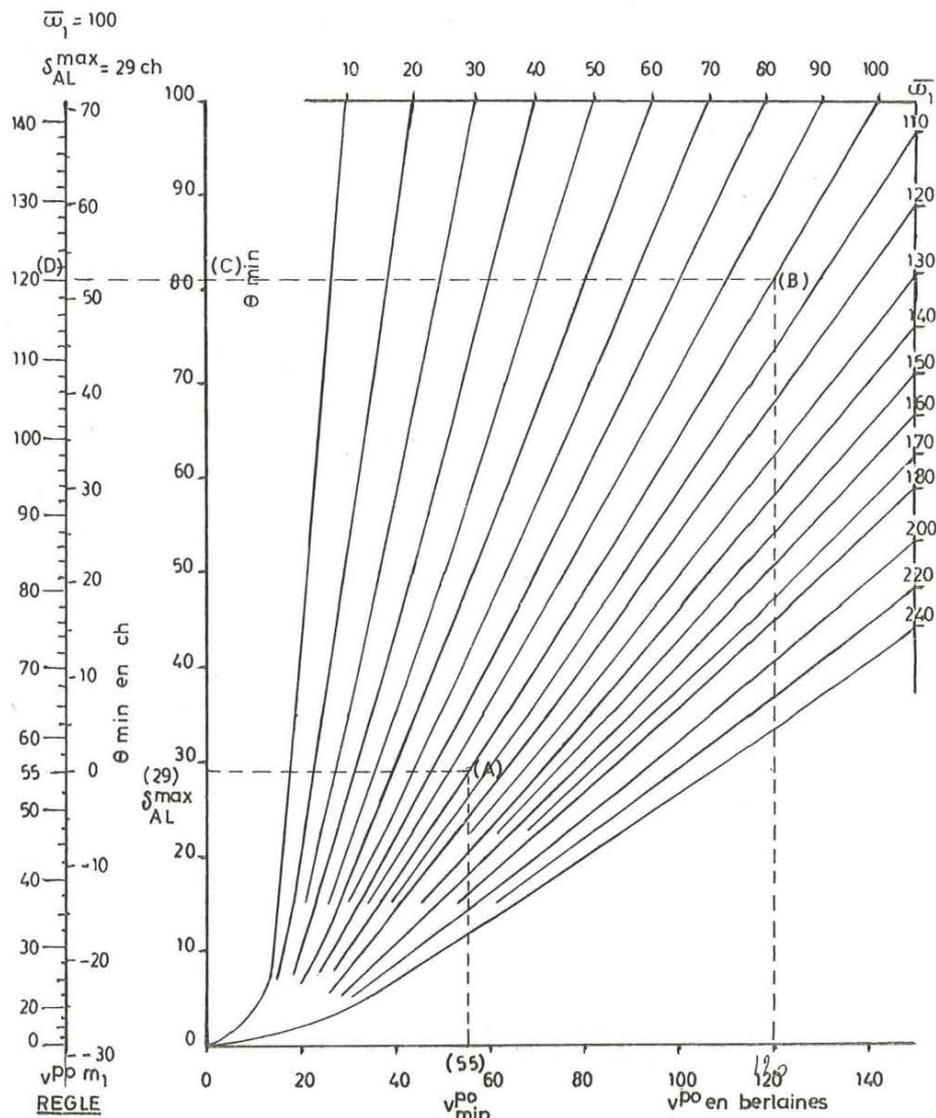


Fig. 5.

Diagramme n° 1 des θ_{min} pour une réserve potentielle donnée.

TABLEAU IV. — Valeurs de θ_{\min} en ch.

$\frac{v^{po}}{\bar{\omega}_1}$	20	40	60	80	100	120	140
40	10,4	43,9	81,6	120,4	161,5	202,8	245,0
60	6,9	29,2	54,4	80,5	107,7	135,1	163,3
80	5,2	21,9	40,8	60,2	80,7	101,4	122,0
100	4,2	17,6	32,7	48,3	64,6	81,1	98,0
120	3,4	14,6	27,2	40,1	53,8	67,6	82,0
140	3,0	12,4	23,3	34,5	46,2	58,0	70,0
160	2,6	11,0	20,8	30,1	40,4	50,7	61,2
180	2,3	9,8	18,2	26,8	35,9	45,0	54,5

225. Détermination des marges m_1 .

2251. Méthode de calcul

Ayant calculé le temps maximum pour aller du puits à un chantier donné et connaissant la capacité horaire de chargement de ce chantier, nous pouvons pour chaque valeur de v^{po} reprendre les calculs et déterminer la marge m_1 correspondante.

2252. Méthode graphique.

Nous pouvons, partant du diagramme de la figure 5 tracé précédemment, déterminer une méthode graphique très simple.

Prenons comme exemple un chantier où $\bar{\omega}_1 = 100$ et le $\delta_{AL \max} = 29$ ch.

a) Détermination de v^{po}_{\min} .

A l'intersection de l'horizontale tracée par $\theta_{\min} = 29$ avec la courbe de $\bar{\omega}_1 = 100$ (point A) correspond un $v^{po} = 55$ qui est précisément le v^{po}_{\min} du chantier.

b) Détermination des marges.

Sur une droite parallèle à l'ordonnée, nous construisons une échelle des temps correspondant à :

$$\theta_{\min} - \delta_{AL \max} \text{ (échelle de droite).}$$

Le zéro de cette échelle correspond à :

$$\theta_{\min} = \delta_{AL \max} \text{ et à } v^{po}_{\min} = 55.$$

A gauche de cette droite, nous construisons une nouvelle échelle des temps graduée en v^{po} . Pour chaque valeur de v^{po} (ex. 120) correspond un point B sur la courbe $\bar{\omega}_1 = 100$, un point C sur l'ordonnée des θ_{\min} et un point D sur l'échelle de gauche.

Nous avons ainsi constitué une règle donnant immédiatement, dans le cas de $\bar{\omega}_1 = 100$ et $\delta_{AL \max} = 29$, pour chaque valeur de v^{po} , la marge correspondante.

Cette règle est très importante car elle est la base fonctionnelle du tableau de dispatching.

2253. Méthode des abaques.

Pour un siège, ou pour un étage donné, il est très facile de déterminer des abaques de détermination des marges partant :

- des moyennes et des écarts-types des temps de manœuvre;
- des longueurs de parcours;
- des capacités horaires de chargement;
- des stocks potentiels (v^{po}).

Ces abaques ont été tracés pour le siège de Cheratte et repris au diagramme de la figure 6.

1°) Exemples.

$$l = 810 \text{ m} \quad \bar{\tau}_A = 8,9 \text{ ch} \quad \sigma_\delta = 0,725 \text{ ch}$$

$$\sigma_\tau = 3,86 \text{ ch} \quad \bar{\omega}_1 = 100 \text{ b/h} \quad v^{po} = 70 \text{ berl.}$$

- a) Sur les abaques de σ_δ et σ_τ portons les valeurs données. En joignant ces points par une droite, nous obtenons à l'intersection de cette droite et de l'abaque $\sigma_{\delta_{AL}}$ la valeur de cet écart-type (3,9) sur l'échelle de droite que nous reportons sur l'échelle de gauche de cet abaque.
- b) D'autre part, portons les valeurs de l et $\bar{\tau}_A$ sur les abaques correspondants. En joignant ces points par une droite, nous obtenons à l'intersection de cette droite et de l'abaque $\bar{\delta}_{AL}$ la valeur (21,2) de $\bar{\delta}_{AL}$.
- c) Relions maintenant les valeurs (3,9) de $\sigma_{\delta_{AL}}$ et (21,2) de $\bar{\delta}_{AL}$ par une droite. Elle coupe l'abaque $\delta_{AL \max}$ au point (29), qui est la valeur cherchée du temps maximum pour atteindre le chantier considéré.
- d) De l'autre côté, joignons par une droite les valeurs $\bar{\omega}_1$ (100) et v^{po} (70) sur les abaques correspondants. Cette droite coupe l'abaque θ_{\min} en (41) sur l'échelle

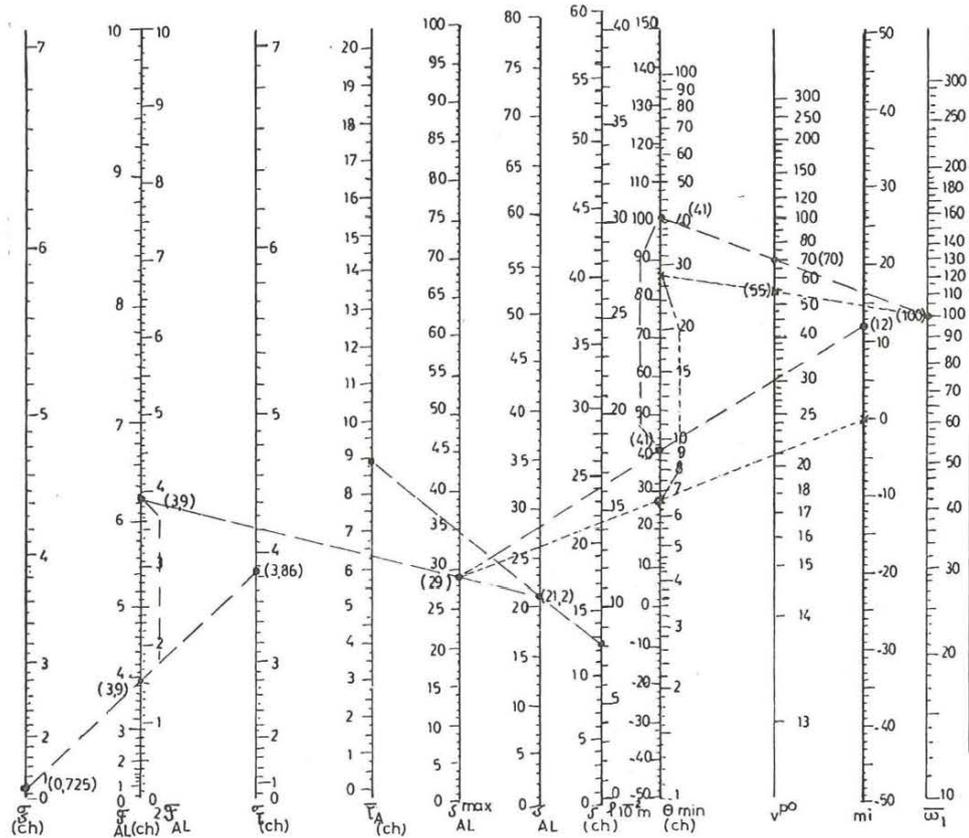


Fig. 6.

Diagramme n° 2 des abaques de détermination des m_1 et des $v^{po} \min$.

de droite qui est la valeur de θ cherchée. Cette valeur est reportée sur l'échelle de gauche du même abaque.

e) Si nous réunissons ce point de l'abaque θ_{\min} et le point (29) de l'abaque de $\delta_{AL \max}$ par une droite, celle-ci coupe l'abaque des m_1 en (12) qui est la marge cherchée dans les conditions imposées.

2°) Nous pouvons également, à partir de ces abaques, chercher $v^{po} \min$.

Dans ce cas, il suffit de joindre le $\delta_{AL \max}$ trouvé (29) à la marge 0. Cette droite intercepte l'abaque de θ_{\min} en (29) sur l'échelle de gauche. Cette valeur est reportée sur l'échelle de droite. Nous relions le point à la production moyenne horaire donnée (100). Cette dernière droite coupe l'abaque de v^{po} en (55) qui est la valeur $v^{po} \min$ cherchée.

3. TEST D'ORGANISATION

31. Minima de matériel roulant

Avant de tester le modèle d'organisation, il faut connaître le minimum de locotracteurs que nous mettrons en circulation, ainsi que le minimum de berlines nécessaires aux différents points de chargement.

311. Nombre de locotracteurs.

Connaissant la distance l du puits au point de chargement, le temps de manœuvre, ainsi que les vitesses de circulation des locotracteurs, nous pouvons déterminer la capacité horaire de transport d'un locotracteur circulant entre le puits et ce point de chargement (i). Nous avons :

$$\bar{\omega}_{1 \text{ loco}, i} = \frac{100 \cdot N}{\delta_{AR}^i}$$

où N = nombre de berlines par convoi.

Si la capacité de chargement de ce point de chargement est $\bar{\omega}_1^i$, le nombre minimum de locotracteurs devant circuler vers le chantier sera :

$$L_{i \min} = \frac{\bar{\omega}_1^i}{\bar{\omega}_{1 \text{ loco}, i}}$$

Le nombre théorique de locotracteurs L_{th} doit être tel que :

$$\psi_{loco} = \frac{\sum L_{i \min}}{L_{th}} \leq 0,95$$

Le tableau V donne le nombre minimum de locotracteurs pour des prévisions moyennes horaires fonction du planning d'exploitation. Nous y avons fait

TABLEAU V. — L_{\min} et $L_{\text{théorique}}$.

Pts chargement		$\bar{\omega}_1$ loco	1 ^e période		2 ^e période		3 ^e période	
N ^o	Distance puits		$\bar{\omega}_1$	L_{\min}	$\bar{\omega}_1$	L_{\min}	$\bar{\omega}_1$	L_{\min}
A ₂	810	118	181	1,57	150	1,27	95	0,81
A ₃	785	119	45	0,38	70	0,59	75	0,63
A ₄	1100	97	60	0,62	60	0,62	110	1,13
P ₁	1300	89	20	0,22	20	0,22	20	0,22
P ₂	1600	79	20	0,25	20	0,25	20	0,25
Totaux			330	3,04	320	2,95	320	3,04
$L_{\text{théorique}}$			3,38		3,28		3,38	

figurer le nombre théorique de locotracteurs pour un $\psi_{\text{loco}} = 0,9$.

Rappelons que le nombre de berlines par convoi a été fixé à 60.

Le nombre minimum de locotracteurs sera donc égal à 4.

312. Nombre de berlines au point de chargement.

a) Le minimum admissible de berlines disponibles en un point de chargement est égal au nombre de berlines d'un convoi :

$$(v + c)_{\min} = N = 60$$

v = nombre de berlines vides

c = nombre de berlines pleines

N = nombre de berlines d'un convoi.

Les locotracteurs attendent que le convoi soit terminé dans 97,5 % des cas.

b) Si nous nous réglons pour que le nombre d'attentes soit égal au nombre de fois que le convoi est prêt, nous devons supposer que le trajet a été effectué pendant un temps moyen et que pendant ce temps moyen le point de chargement a eu une capacité moyenne de chargement :

$$\delta_{AL} = \bar{\delta}_{AL} \quad \omega_t = \frac{\bar{\omega}_1}{\bar{\delta}_{AL}} = \frac{\bar{\omega}_1 \cdot \bar{\delta}_{AL}}{100}$$

La réserve potentielle minimum qui a déclenché le départ d'un convoi est égale à :

$$v^{\text{po}}_{\min} = v + \varepsilon N$$

ε = nombre de convois déjà en circulation vers le point de chargement.

Si nous voulons qu'en moyenne un convoi soit chargé à l'arrivée du $(\varepsilon + 1)^{\text{e}}$ locotracteur, il faut que :

$$N = c + \frac{\bar{\omega}_1}{\bar{\delta}_{AL}} - \varepsilon N$$

ce qui donne :

$$\begin{aligned} (v + c)_{\text{moyen}} &= v^{\text{po}}_{\min} - \frac{\bar{\omega}_1}{\bar{\delta}_{AL}} + N \\ &= v^{\text{po}}_{\min} - \frac{\bar{\omega}_1 \cdot \bar{\delta}_{AL}}{100} + N \end{aligned}$$

c) De même, si nous voulons que le $(\varepsilon + 1)^{\text{e}}$ locotracteur n'attende pas du tout, il faut considérer qu'il effectue le trajet en un temps minimum et que la capacité du point de chargement a été minimum pendant ce temps.

Nous trouvons par le même raisonnement que :

$$(v + c)_{\max} = v^{\text{po}}_{\min} - \omega_{\delta_{AL}, \min}^{\min} + N$$

d) Si nous prenons l'exemple de la 1^e période du tableau V, nous trouvons pour $v + c$ les différentes valeurs du tableau VI.

A ces nombres, il faut ajouter :

- 1^o) 2×60 berlines dans chaque préparatoire P₁ et P₂. Ces travaux étant attelés à 3 postes, nous avons prévu un nombre suffisant de berlines pour ne pas faire de transport au 3^e poste.
- 2^o) Les 4 convois en circulation, soit $4 \times 60 = 240$ berlines.

Les nombres totaux de berlines en circulation et aux points de chargement seront respectivement :

$$\begin{aligned} \text{Total}_{\min} &= \sum (v + c)_{\min} + 240 + 240 \\ &= 660 \text{ berlines} \end{aligned}$$

TABLEAU VI. — $(v + c)_{\min}$, $(v + c)_{\text{moyen}}$ et $(v + c)_{\max}$.

Points de chargement	Temps de parcours		Capacité de chargement			v_{\min}^{po}	$(v + c)$		
	$\bar{\delta}_{AL}$	$\delta_{AL \min}$	$\bar{\omega}_1$	$\bar{\omega}_{AL}^S$	$\omega_{AL \min}^{\min}$		min.	moyen.	max.
A ₂	21,25	13,38	185	39	12	85	60	106	133
A ₃	20,88	13,02	45	9	2	33	60	84	91
A ₄	31,50	26,56	60	19	7	46	60	87	99

$$\begin{aligned} \text{Total}_{\text{moyen}} &= \sum (v + c)_{\text{moyen}} + 240 + 240 \\ &= 757 \text{ berlines} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total}_{\text{max}} &= \sum (v + c)_{\text{max}} + 240 + 240 \\ &= 803 \text{ berlines} \end{aligned}$$

A ces nombres, il faut encore ajouter les berlines qui doivent rester constamment dans les appareils prévus pour leur avancement aux points de chargement.

En général, nous adoptons le chiffre moyen.

Nous tenons cependant à attirer l'attention sur le cas où le nombre de locotracteurs choisi est très proche du $L_{\text{théorique}}$. Il est alors indispensable d'éviter les attentes aux points de chargement car, pour pallier ces arrêts, on serait amené à mettre en circulation un locotracteur et 60 berlines en plus, alors qu'il est tout simple de prévoir 46 berlines de plus pour les différents endroits de remplissage.

313. Nombre de berlines au puits.

La détermination de ce nombre est très simple. Elle sera explicitée lors de la simulation.

32. Capacité d'extraction

Par la théorie des files d'attente, nous savons que le ψ entre les berlines extraites et les berlines produites doit être inférieur à 1. En pratique, nous recommandons de se limiter à 0,9.

Il nous faut donc :

$$\psi_{\text{puits}} = \frac{\sum \bar{\omega}_1^{\text{chantier + préparatoires}}}{\bar{\omega}_1^{\text{puits}}} \leq 0,9$$

Nous avons vu au n° 311, tableau V, que la capacité horaire de chargement était de 320 et 330 berlines et que la loi d'extraction du puits donnait un :

$$\bar{\omega}_1^{\text{puits}} = 356 \text{ d'où } \psi_{\text{puits}} = \pm 0,90$$

33. Nécessités d'une simulation

Après avoir déterminé des marges, un nombre de locotracteurs, un nombre de berlines $(v + c)$ aux

différents points de chargement, des temps de parcours et des capacités de chargement, il nous reste à déterminer :

- 1°) le volant de berlines au puits pour absorber les variations de l'extraction et de la loi d'arrivée des rames au puits,
- 2°) cette loi d'arrivée des convois,
- 3°) les aléas qu'entraînent ces conditions de transport et notamment les attentes de locotracteurs et les arrêts des points de chargement pour manque de berlines vides.

Nous ne pouvons attendre une détermination sur le tas. Nous devons les connaître à l'avance.

Cela ne peut se faire que par une simulation.

34. Simulation sur ordinateur

L'ordinateur permet de réaliser une simulation d'un grand nombre de postes ou de jours de production et de nous donner les éléments signalés en (33) avec une très grande précision.

Les principes d'une telle simulation sont les suivants :

- a) Une horloge pointerait l'écoulement du temps de quart d'heure en quart d'heure.
- b) L'heure sera totalisée pour chaque point de chargement, pour le puits et pour chaque locotracteur.
- c) Nous calculerons l'heure à laquelle un nouveau convoi devra partir du puits vers un chantier (A_i), ainsi que le moment auquel ce chantier téléphonera qu'il a un nombre N de berlines pleines.
- d) Nous chercherons, après chaque événement, quel est le minimum de ces temps :

1°) Si c'est l'horloge, nous calculerons à chaque point de chargement la quantité de berlines chargées, ainsi que les temps repris en (c). Nous vérifierons si ce point n'a pas eu d'arrêt ($v = 0$).

2°) Si c'est l'heure d'arrivée d'un convoi en un point de chargement, nous calculerons la situation pour ce point comme en 1°) et éventuellement le temps d'attente du locotracteur pour que $c = N$.

3°) Si c'est l'heure d'arrivée d'un convoi au puits, nous calculerons l'extraction, le temps écoulé

entre deux rames, et nous déterminerons vers quel chantier et à quelle heure le nouveau convoi partira. Nous déterminerons également les nombres v_{puits} et c_{puits} , ainsi que les attentes éventuelles du puits pour manque de berlines pleines.

- e) Un nouveau convoi sera envoyé vers le chantier :
 - 1^o) qui aura prévenu que $c = N$ si aucun convoi ne circule déjà vers ce chantier,
 - 2^o) ou dont la marge sera nulle ou négative (la plus grande en valeur absolue).

Deux conditions doivent être imposées au départ de toute simulation :

- a) ψ de la capacité de transport :

$$\psi_{\text{loco}} = \frac{\sum \bar{\omega}_1 \text{ loco}}{\sum \bar{\omega}_1 A_i} \leq 0,95$$

- b) ψ d'extraction du puits :

$$\psi_{\text{puits}} = \frac{\sum \bar{\omega}_1 \text{ puits}}{\sum \bar{\omega}_1 A_i} \leq 0,95$$

Ces deux doivent être inférieurs à 0,95 et de préférence à 0,9.

Si ces deux conditions ne sont pas respectées, il est inutile de faire la simulation et, dans l'avenir, il sera inutile de vouloir essayer n'importe quelle organisation.

35. Simulation manuelle

351. Conditions imposées.

Nous simulerons :

- a) Une production au cours de la 1^e période du tableau V, c'est-à-dire pour des capacités horaires de chargement respectivement de :

- 185 berl./heure pour le chantier A_2
- 45 berl./heure pour le chantier A_3
- 60 berl./heure pour le chantier A_1

en faisant abstraction des préparatoires.

- b) En utilisant 3 locotracteurs tirant des convois de 60 berlines.

- c) En répartissant le parc de berlines disponibles comme suit :

en A_2 , 80 berlines (limité par la situation géographique)

en A_3 , 80 berl. + 30 berl. } dans un bunker
 en A_1 , 80 berl. + 60 berl. }
 au puits, 300 berlines.

Pourquoi prendre 300 berlines au puits, alors que précédemment nous avons écrit que nous ne pouvions le prédéterminer ? Nous choisissons au départ un nombre trop grand. Au cours de la simulation, nous rechercherons quel sera le v_{min} . Pour avoir toujours un

convoi de 60 berlines au puits, nous fixerons alors le nombre de berlines nécessaires égal à :

$$(v + c)_{\text{puits}} = 300 - v_{\text{min}} + 60$$

- d) En suivant les heures de production des chantiers, d'extraction du puits et de circulation des convois, qui nous ont été données par la Direction du Siège.

352. Diagrammes gaussiens.

Pour faciliter les déterminations des temps de parcours, ainsi que des capacités et des temps de chargement et d'extraction, nous traçons toutes les lois normales des variables aléatoires $\delta^{i_{AL}}$, $\delta^{i_{RT}}$, $\theta_{v_{po}}^i$, ω_t^i , $\theta_{c_{\text{puits}}}$ et $\omega_{t_{\text{puits}}}$ pour chaque chantier A_i et pour le puits sur des diagrammes gaussiens qui donnent, en ordonnée, les probabilités cumulées d'une loi réduite de Gauss et, en abscisse, les variables aléatoires suivant une échelle linéaire.

Il est évident que, sur un tel diagramme, une loi de Gauss est représentée par une droite (dite droite de Henry) qui passe à l'ordonnée 50 % par la moyenne (\bar{G}) et aux probabilités 15,87 et 84,13 par les valeurs respectives de $(\bar{G} - \sigma_G)$ et $(\bar{G} + \sigma_G)$.

Sur le diagramme de la figure 7 nous avons réuni toutes les droites correspondant aux différents parcours, tant aller que retour, entre le puits et les chantiers (A_i).

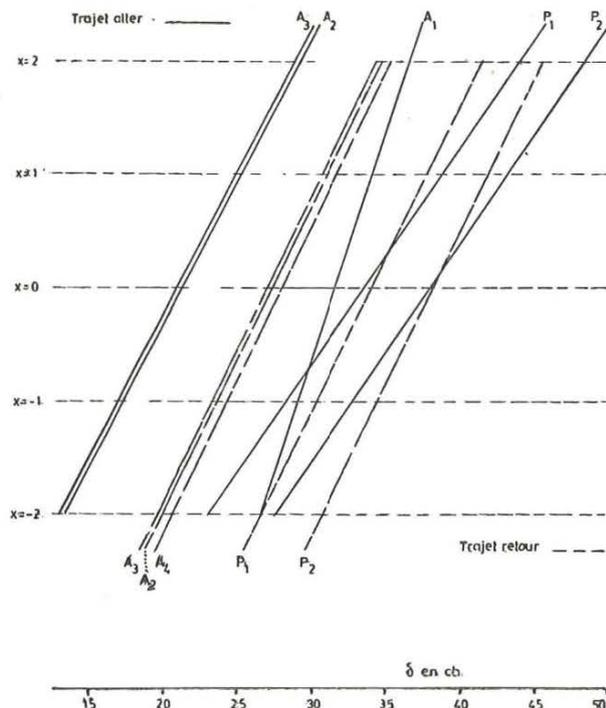


Fig. 7

Diagramme n° 3 des temps de parcours.

- Sur le diagramme de la figure 8 nous avons tracé :
 - 1^o) Le réseau de droites correspondant à $\theta_{v_{po}}^i \cdot \bar{\omega}_1^i$.

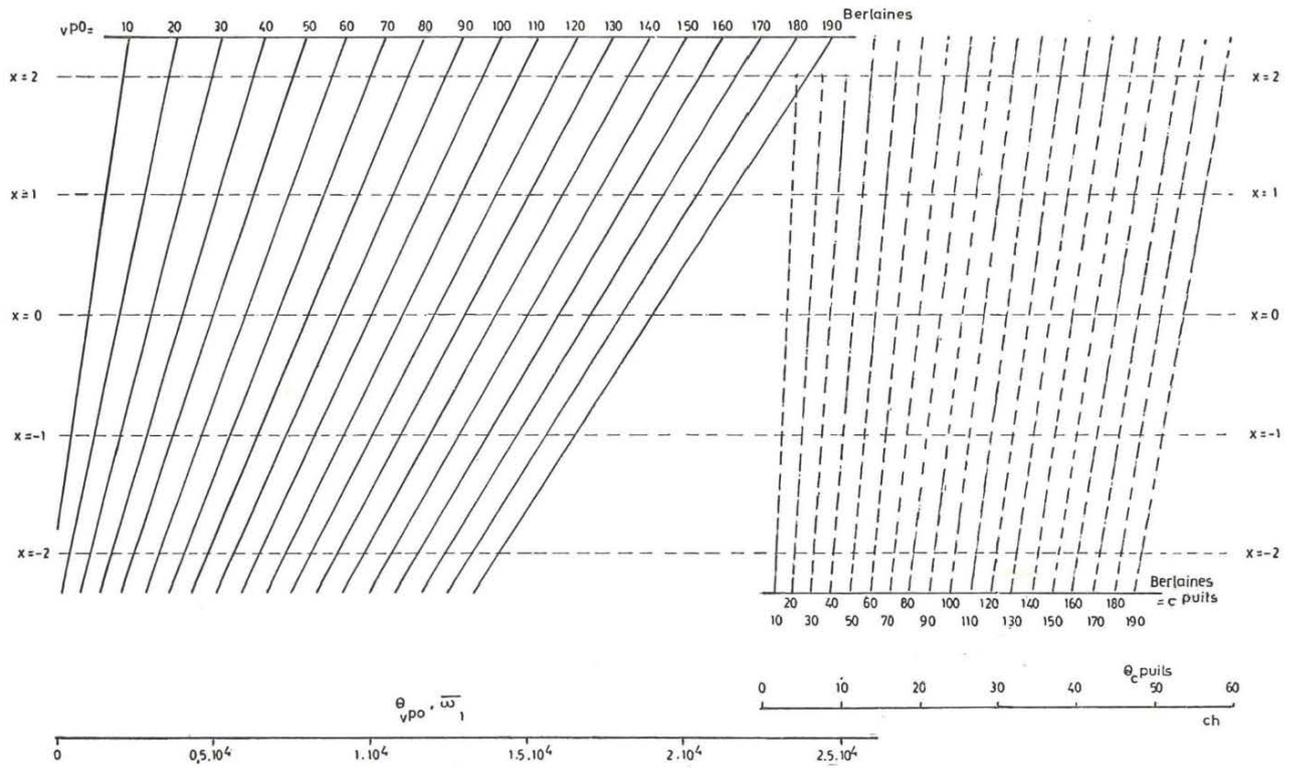


Fig. 8.

Diagramme n° 4 des $(\theta_v \text{ po. } \bar{\omega}_1)$ des chantiers et des θ_c du puits.

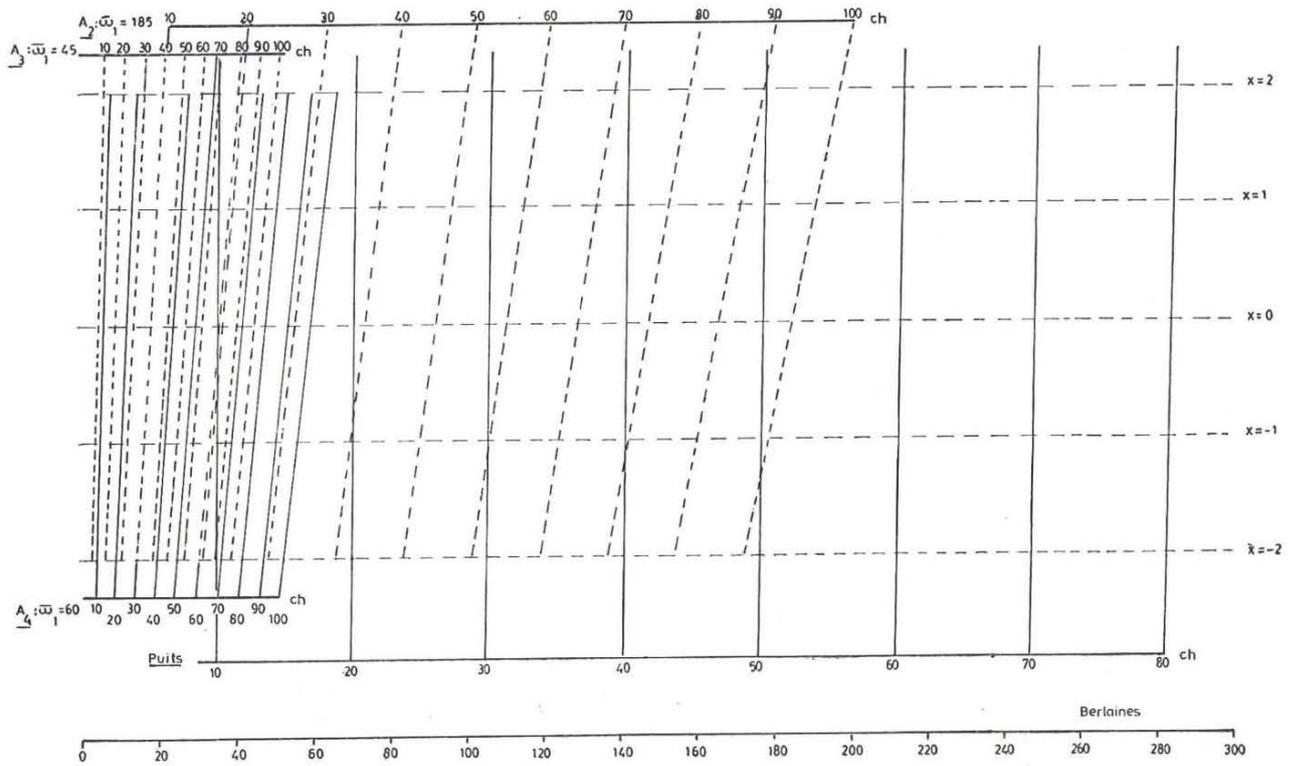


Fig. 9.

Diagramme n° 5 des ω_t pour les chantiers et le puits.

TABLEAU VII. — SIMULATION

HEURES		CHANTIER A ₂							CHANTIER A ₃							CHANTIER									
Réel	de la sim.	Berlaines		Berl.	Charges	t ₀₀	Loco		Attentes		Berlaines		Berl.	Charges	t ₀₀	Loco		Attentes		Berlaines		Berl.	Charges	t ₀₀	
		v	c	t	cum.		Ar.	Dép.	Loco	Cch ^r	v	c	t	cum.		Ar.	Dép.	Loco	Cch ^r	v	c	t	cum.		
7 ^h 00'	0 97	80	0	—	—						110	0	—	—							140	0	—	—	
8 ^h 00'	100 112	80 121	0 19	— 19	— 19		112				110	0	—	—							140	0	—	—	
8 ^h 15'	125 131 138 146	101 126	39 0 14	20 21 14	39 60 74		146	138	26		85	25	25	25							121	19	19	19	
8 ^h 30'	150 156 159 163	120 80	20 0	6 40	80 120			158	12		73	37	12	37							104	36	17	36	
8 ^h 45'	175 176 177 181 190 194	30 88 80	50 52 0	50 52 8	170 172 180		177	181	4		62	48	11	48							92	48	12	48	
9 ^h 00'	200 208 214 217 224	107 80	33 0	8 27	213 240		194	217	23		50	60	12	60	60						80	60	12	60	60
9 ^h 15'	225	52	28	28	268						35	75	15	75							77	63	15	53	
21 ^h 50'	1450	13	67	71	2347						84	26	0	626							140	0	10	73	
																					139	1	1	74	
																					65	75	5	675	
Résultats de la simulation				2347					357 en 37x	44 en 3x			656					0 0				675			

MANUELLE

A ₁				DISPATCHING									PUITS						HEURES			
Loco		Attentes		Chantier A ₁			Chantier A ₂			Chantier A ₃			Loco		Tps entre 2 conv.	Berlaines		Extraction		Attentes		de la sim.
Ar.	Dép.	Loco	Puits	v ^{po}	m ₁	Futur dép.	v ^{po}	m ₁	Futur dép.	v ^{po}	m ₁	Futur dép.	Ar.	Dép.		v	c	t	cum.	Loco	Puits	
				80	-97		110	—	—	140	—				540	0						0
				140	24	124								97	480	0				72		97
				140	24	124	110	—	—	140	—				480	0						100
				121	15	127																112
				101	6	131	85	—		121	—											125
				161	34	165								131	420	0				106		131
																						138
																						145
				120	15	165	73			104												150
				80	-3	155																158
				140	24	183								158	360	0				133		159
													163	360	60						163	163
				90	1	176	62	45	221	92	55	230										175
				150	29	205																176
				148	28	205																177
				140	24	205																181
																						190
				115	13	207				140	—			190	27	360	0	19	60		9	190
				107	9	209	-50	28	228	137	—	—		194	320	40	20	80	4			194
																						200
				167	37	251									272	28	12	92				208
				140	24	241								214	300	0	28	120				214
224	224													214	240	60					6	217
																						224
				112	11	235	95	—	—	139	—	—										225
															516	24			3456			
				0	0														3456			
																				629	431	

La loi des θ_{ν}^i est égale à :

$$\theta_{\nu}^o = \frac{100 \cdot \nu^{po}}{\bar{\omega}_1} \left(1 + \frac{1,77 \cdot x}{\sqrt{\nu^{po}}} \right)$$

L'expression :

$$(\theta_{\nu}^i \cdot \bar{\omega}_1) = 100 \cdot \nu^{po} \left(1 + \frac{1,77 \cdot x}{\sqrt{\nu^{po}}} \right)$$

est indépendante de $\bar{\omega}_1$ et est donc valable pour tous les points de chargement et toutes les capacités horaires de chargement.

2^o) Le réseau de droites correspondant à $\theta_{c \text{ puits}}$ pour un $\bar{\omega}_1 \text{ puits} = 356$ berlines/heure.

Sur le diagramme de la figure 9, nous avons groupé les droites pour des valeurs de t allant de 10 ch à 100 ch en 4 séries :

- la première pour A_3 et $\bar{\omega}_1 = 45$
- la deuxième pour A_4 et $\bar{\omega}_1 = 60$
- la troisième pour A_2 et $\bar{\omega}_1 = 185$
- la quatrième pour le puits et $\bar{\omega}_1 = 356$.

352. Simulation proprement dite.

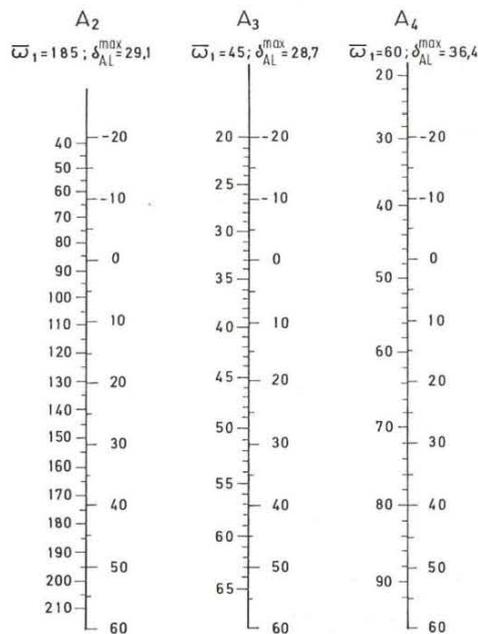
La simulation est maintenant aisée. Nous appliquons les mêmes principes que ceux énoncés pour une simulation sur ordinateur.

Nous suivons une liste de nombres tirés au hasard dans une table de Random Numbers. Nous reportons ce nombre sur un des diagrammes 7, 8 et 9 pour trouver la valeur de la variation aléatoire cherchée que nous reportons dans le tableau VII.

Ce tableau, dont nous donnons ci-joint un exemple, nous donne :

a) En première colonne, la suite horaire des événements (c'est l'horloge de l'ordinateur).

TABLEAU VII. — Simulation manuelle.
Règles des marges m_1 .



b) Par chantier :

- les nombres ν et c de berlines vides et pleines,
- la capacité de chargement entre deux événements successifs intéressant le chantier,
- le nombre total de berlines chargées au cours de la simulation,
- lorsqu'il y a 60 berlines pleines, c'est-à-dire lorsque le chantier aura prévenu le dispatcher qu'il y a un convoi prêt au départ,
- les heures d'arrivée et de départ des locotracteurs,
- les temps d'attente des locotracteurs et du chantier.

c) Pour le dispatcher : par chantier

- la réserve potentielle de berlines vides,
- la marge positive ou négative restant avant le départ d'une nouvelle rame,
- l'heure en temps réel du prochain départ d'un convoi.

d) Pour le puits :

- les heures d'arrivée et de départ d'un convoi,
- le temps écoulé entre deux départs,
- les nombres ν et c de berlines vides et pleines restant après chaque événement,
- la capacité d'extraction entre deux événements intéressant le puits et l'extraction totale au cours de la simulation,
- les temps d'attente du puits et des locotracteurs.

En même temps que nous procédons à l'établissement de ce tableau, nous traçons les circuits effectués par les 3 locotracteurs sur le diagramme de la figure 10. Ce dernier porte en ordonnée les heures en temps réel et en abscisse les longueurs des différents parcours. Nous plaçons à la suite les uns des autres les parcours communs et nous isolons les parcours indépendants.

Si nous désirons une plus grande précision des résultats, nous simulerons plusieurs jours successivement en prenant les ν et les c des chantiers et du puits restant à la fin de la journée comme ν et c au début du jour suivant.

353. Résultats de la simulation.

a) Loi d'arrivée des convois au puits.

Connaissant tous les temps écoulés (θ_r) entre deux arrivées de convois au puits, nous avons calculé les valeurs caractéristiques :

$$\bar{\theta}_r = 21 \text{ ch} \quad \sigma_{\theta_r} = 10,2 \text{ ch} \quad i_{\theta_r} = 0,485$$

b) Nombre de locotracteurs.

Les 3 locotracteurs ont entraîné une attente au point de chargement A_2 de 44 ch et, au cours de la journée, les attentes au puits ont très souvent été nulles. Or

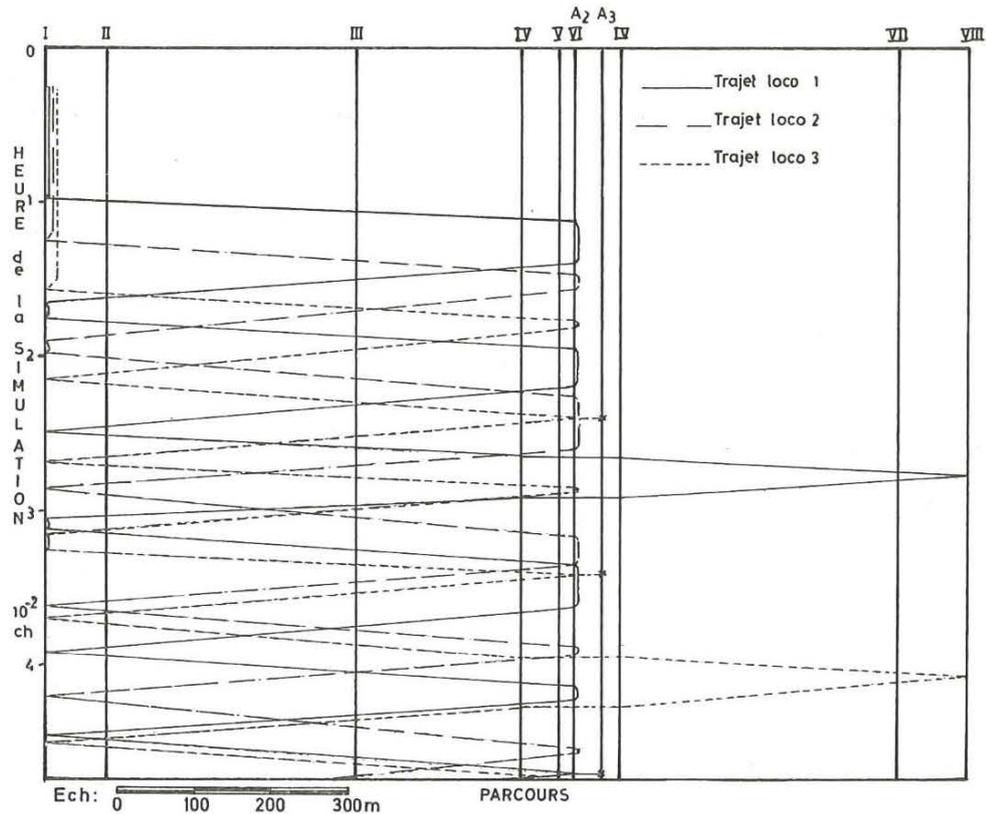


Fig. 10.

Diagramme n° 6 de la circulation des locotracteurs.

nous aurions dû, en plus, effectuer 3 voyages vers chaque préparatoire, ce qui aurait été impossible.

Nous devons donc faire circuler 4 locotracteurs (nombre déjà défini en 311).

c) *Saturation des locotracteurs.*

Les locotracteurs circulent de 7^h15 à 21^h moins 100 ch perdus entre les premier et second postes pour permettre la libre circulation du personnel dans les galeries.

Le temps disponible par locotracteur est de $(2100 \text{ ch} - 725 \text{ ch} - 100 \text{ ch}) = 1275 \text{ ch}$.

La somme des temps d'attente des 3 locotracteurs a été de $357 \text{ ch} + 629 \text{ ch} = 986 \text{ ch}$. Nous pouvons en retirer 300 ch car le départ de la simulation était faussé. Il est pratiquement impossible de commencer une journée avec toutes les berlines vides. Une seconde journée nous donnera des résultats plus normaux. Le total des temps de circulation des 3 locotracteurs a été de :

$$1275 \text{ ch} \times 3 - 686 \text{ ch} = 3139 \text{ ch.}$$

A ce total, nous devons ajouter les temps de circulation vers les préparatoires (nous prendrons $\delta_{AR} = \delta_{AR}$) soit :

$$67,41 \text{ ch} \times 3 + 75,87 \times 3 = 430 \text{ ch.}$$

La saturation des 4 locotracteurs sera de l'ordre de :

$$\frac{3139 + 430}{1275 \times 4} = 70 \%$$

d) *Nombre de berlines.*

Au puits.

Le v_{\min} trouvé est égal à 163. Nous devons donc disposer au puits de :

$$300 - 163 + 60 = 197 \simeq 200 \text{ berlines.}$$

Il faut ajouter ± 50 berlines restant dans les appareils d'encagement.

Nous aurons donc au total 250 berlines au puits.

Aux points de chargement.

Nous avons simulé avec 80 berlines à chaque point de chargement, auquel il faut ajouter ± 25 berlines dans le ring et les appareils avanceurs.

Nous aurons donc $105 \times 3 = 315$ berlines.

Dans les préparatoires.

Nous avons déjà donné ce nombre de 240 berlines.

Dans les convois.

Nous aurons $60 \times 4 = 240$ berlines.

RAME CONSTANTE

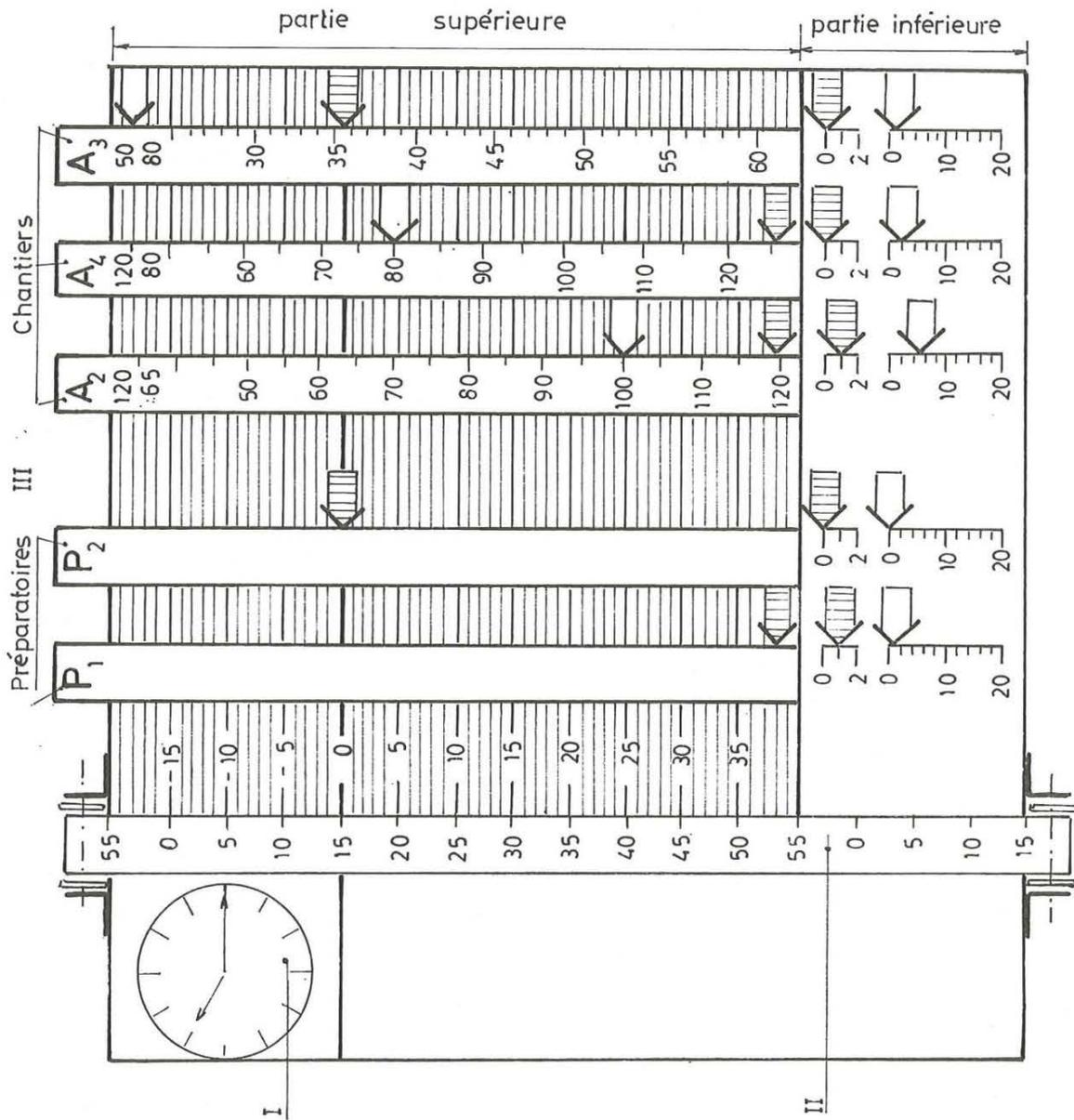


Fig. 11.

Tableau de dispatching.

Total.

Le nombre total de berlines nécessaires à l'étage de 480 m sera de :

$$250 + 315 + 240 + 240 \approx 1050 \text{ berlines.}$$

e) Rotation des berlines.

Le nombre de berlines de charbon extraites au cours de la simulation a été de 3456, chiffre auquel il faut ajouter les 240 berlines provenant en moyenne des préparatoires.

La rotation des berlines de l'étage de 480 m sera de l'ordre de :

$$\frac{3456 + 240}{1050} = 3,5$$

f) Les attentes des chantiers pour manque à vides.

L'introduction du 4^e locotracteur nous permet d'assurer à la Direction du Siège qu'il n'y aura pratiquement aucun manque à vides aux différents chantiers et préparatoires.

4. REALISATION PRATIQUE

41. Dispatching manuel

Nous avons dû réaliser un système simple permettant au dispatcher de déterminer facilement l'heure en temps réel de départ d'un nouveau convoi, ainsi que la destination de celui-ci.

411. Détermination de v^{po} .

Si le dispatcher peut connaître le nombre de convois circulant entre le puits et le point de chargement (A_1), il ne connaît pas le nombre de vides disponibles (v) restant au chantier ni le nombre de locotracteurs revenant de ce point (A_1) vers le puits.

Seul le préposé au chargement peut lui signaler par téléphone :

- 1^o) le moment où un convoi de berlines pleines quitte le point (A_1),
- 2^o) lorsque c atteint 60 berlines,
- 3^o) le nombre c restant au point (A_1).

En appliquant la règle donnée en 21, le dispatcher pourra déterminer v^{po} .

Les préparatoires devront prévenir dès qu'un convoi de 60 berlines pleines est prêt.

412. Tableau de dispatching.

Pour faciliter le travail du dispatcher, nous avons conçu un tableau de dispatching (fig. 11).

Il est constitué par une surface plane, portant en I une horloge, en II une bande pouvant se dérouler facilement et en III une série d'encoches dans lesquelles nous pourrions glisser des réglettes (une par préparatoire et par chantier). A droite de ces réglettes circulent 4 index, 2 dans la partie inférieure, 2 dans la partie supérieure.

4121. Partie inférieure.

Au droit de chaque réglette (chantier A_1), le long de deux échelles simples, les index :

- 1^o) *hachuré*, donne le nombre de convois de berlines vides circulant entre le puits et le chantier (A_1). Au départ d'une rame du puits vers le chantier (A_1), le dispatcher descend cet index d'un cran et il le remonte lorsque le déhourdeur lui signale qu'un convoi quitte le point A_1 ;
- 2^o) *blanc*, donne le nombre total de convois soit par poste, soit par jour, que le dispatcher a envoyés vers le point A_1 .

4122. Partie supérieure.

La surface plane du tableau supporte un diagramme horaire, la ligne renforcée constituant le zéro de ce diagramme. Les valeurs sont respectivement positives ou négatives en-dessous ou au-dessus de cette ligne.

Le long de ce diagramme circule la bande (II) qui est constituée par une échelle horaire identique à l'échelle du diagramme, mais dont les graduations vont de 0 à 60. Lors de chaque communication téléphonique, le dispatcher met cette bande à l'heure, c'est-à-dire qu'il fait coïncider la graduation de la bande correspondant aux minutes de l'horloge (I) avec la ligne renforcée du tableau principal. Il transforme ainsi les valeurs positives ou négatives de ce tableau en temps réel sur la bande II.

Dans les encoches, nous disposons des réglettes Elles sont de deux types :

- 1^o) *Pour les préparatoires* : elles ne portent que le numéro de cet atelier de travail. Seul l'index hachuré sera utilisé. Il sera placé au droit de la ligne renforcée lorsqu'on aura signalé qu'un convoi est prêt, par exemple au préparatoire P_2 . Si aucun locotracteur ne circule déjà entre le puits et l'un des préparatoires P_1, P_2 , le dispatcher expédiera le prochain convoi disponible vers P_2 . Sinon, il attendra que le locotracteur soit revenu au puits avant d'envoyer une rame vers P_2 .
- 2^o) *Pour les chantiers* : elles portent en haut le numéro, le \bar{m}_1 prévu, ainsi que le $[v + c = N(A_1)]$ de berlines disponibles du chantier.

Le long de cette réglette, nous avons tracé une graduation donnant à l'échelle des temps du tableau principal les temps correspondant à différents v^{po} (suivant la méthode des règles énoncés au 2252 (a)).

L'index hachuré sera porté en face de la ligne renforcée si le chantier a signalé que $c = 60$.

L'index blanc sera porté en face du v^{po} calculé. Le v^{po} est déterminé par :

$$v^{po} = N(A_1) - c + \varepsilon N$$

où c est donné par le déhourdeur de A_1 et ε est lu sur l'échelle (index hachuré) de la partie inférieure du tableau.

Ce seront les seuls calculs que devra effectuer le dispatcher et seulement lorsque c ou ε varient.

L'index blanc donnera sur l'échelle du tableau principal la marge m_1 correspondant au v^{po} calculé et, sur la bande II, le temps réel de départ d'un convoi vers le chantier A_1 .

Ex. : chantier A_1 , $v^{po} = 80$, $m_1 = + 5'$, le prochain départ aura lieu à partir de 10^h20.

413. Utilisation.

Nous avons déjà vu comment le préposé indique au tableau de dispatching tous les renseignements nécessaires (positionnement de la bande II et des index).

De plus, les réglettes sont placées suivant l'ordre de priorité donné par la Direction du Siège. Dans le tableau proposé, les préparatoires classés P_1, P_2 auront priorité sur les points de déhourdage classés A_2, A_4, A_3 .

4131. Vers où sera envoyé le prochain convoi ?

Pour cela, le dispatcher contrôlera les index de la partie supérieure.

Vers le chantier dont l'index hachuré est positionné à hauteur de la ligne renforcée. Si deux ou plusieurs index hachurés se trouvent simultanément sur cette droite, le plus à gauche a la priorité. S'il s'agit d'un préparatoire, le dispatcher contrôlera si aucun locotracteur ne circule déjà entre le puits et l'un des pré-

paratoires. Dans l'affirmative, l'index hachuré sera considéré comme sans valeur. Il ne reprendra sa signification qu'au retour de ce locotracteur.

Si aucun index hachuré n'est positionné à hauteur de la ligne renforcée, il contrôlera les index blancs. Ceux-ci indiquent, sur le tableau principal, les marges avant le départ d'un locotracteur. Le nouveau convoi sera envoyé vers le chantier dont l'index blanc est le plus haut (marge la plus faible).

4132. *Quand enverra-t-il le convoi ?*

Dès la disponibilité d'un convoi si un index hachuré est en jeu, ou si un index blanc a une marge négative ou nulle.

Sinon, il attendra que la marge positive indiquée par l'index le plus haut soit écoulée. En temps réel, il attendra que l'heure indiquée sur la bande II à hauteur de l'index blanc soit atteinte.

4133. *Avantages du tableau.*

Basé sur le calcul des marges m_1 , il répond parfaitement aux conditions demandées à la nouvelle organisation :

- simplicité de fonctionnement,
- minimum de calcul,
- vue d'ensemble des points de chargement et des convois,
- facilité d'adaptation :
 - aux variations instantanées de la production par l'index,
 - aux modifications du planning d'exploitation par les réglettes qu'il suffit de changer suivant les valeurs de $\bar{\omega}_1$ et $\delta_{AL \max}$,
 - aux règles de priorité (il suffit de placer les réglettes dans l'ordre prévu).

42. Dispatching automatique

Nous étudions actuellement un dispatching électrique automatique. Une lampe indique le chantier demandant un convoi et elle ne s'allumera qu'au moment où la rame doit partir.

Le machiniste du locotracteur devra pousser sur deux boutons, un au départ et l'autre au retour.

43. Remarque

Le dispatching central ne donnera entière satisfaction que s'il est instantanément mis à jour.

Aussi insistons-nous sur la nécessité impérieuse qu'il y a pour la Direction du Siège de prévoir toutes modifications aux prévisions (variation des $\bar{\omega}_1$) ou au transport principal ($\delta_{AL \max}$). Ces variations peuvent entraîner de simples mises à jour en changeant les réglettes, mais parfois une transformation complète du tableau (ordre de priorité, nombre de réglettes, les réglettes elles-mêmes) avec une adaptation du matériel roulant (nombre de berlines et de locotraceurs).

5. CONCLUSIONS

La mise en place de cette nouvelle organisation s'est effectuée sans incidents et en un minimum de temps.

Elle a été accompagnée d'une réduction sensible du matériel roulant (3 locotraceurs et 200 berlines) et elle a eu pour effet une suppression radicale des manques à vides aux chantiers.

Ce résultat a été acquis dès la mise en marche, il y a huit mois, et s'est maintenu depuis lors sans difficulté au cours de l'évolution normale du planning de production.

Une conséquence secondaire a été l'instauration d'un entretien préventif plus systématique, rendue possible par le nombre accru de locotraceurs de réserve.

Devant les résultats acquis, la Direction de la S.A. des Charbonnages du Hasard a décidé de réaliser la programmation du transport, dans le même esprit, dans le second Siège. Actuellement, la mise en place du système y est presque terminée. Nous y escomptons des résultats aussi spectaculaires.

N.B. Nous tenons à remercier les Ingénieurs de la N.V. Kempense Steenkolenmijnen, MM. Mertens, Van den Broeck et Van Nuffel, pour l'aide apportée lors de la prise des mesures et de l'étude théorique du transport principal au Siège de Cheratte de la S.A. des Charbonnages du Hasard.