

L'Évite-molettes à heurtoirs (Système Hanrez)

par

M. J. LAURENT,
Ingénieur au Corps des Mines, à Charleroi.

La Société Anonyme des Ateliers J. Hanrez, à Monceau-sur-Sambre, a conçu et fait breveter un type d'évite-molettes à freinage, qu'elle a réalisé au chevalement du puits d'extraction du siège n° 2 du Charbonnage de Boubier, à Châtelet.

Le principe de cet appareil est le même que celui des heurtoirs Rawié, qui sont utilisés en remplacement des heurtoirs fixes par certaines compagnies de chemin de fer.

Il consiste à absorber progressivement sous forme de travail de frottement l'énergie cinétique d'un convoi de chemin de fer en marche ou d'une cage de mine montant en vitesse dans un chevalement.

I. — DESCRIPTION

L'évite-molettes d'une cage est constitué de trois séries de heurtoirs I, II et III (fig. 1). Chacune de ces trois séries comporte deux groupes identiques de deux heurtoirs jumelés, placés sur les faces latérales du chevalement, de manière à être entraînés par le toit de la cage.

La figure 2 représente la coupe horizontale d'un heurtoir, qui se compose d'un bout de rail r du type pesant 45 kg. par mètre courant serré par l'intermédiaire de boulons et d'une fourrure en bois b , sur un rail fixe f , du même profil que le rail r . Le rôle de la fourrure en bois est d'assurer un bon coefficient de frottement et de donner au système l'élasticité requise pour réaliser un frein agissant de façon régulière et constante.

Le rail f fait partie d'une file continue qui, en dessous du niveau des taquets de sûreté, est attachée par l'intermédiaire d'une pièce spéciale à un large fer plat descendant dans le sol, où il se fixe à une poutrelle d'ancrage. Comme l'indique la figure 1, les trois

bouts de rail r_1 , r_2 et r_3 de trois heurtoirs superposés, sont serrés sur la même file de rails fixes f .

A chaque paire de bouts de rail jumelés, est rivé un cadre en fers U, dont les côtés horizontaux reçoivent les pièces de choc qui sont en bois. Des pièces analogues sont disposées sur les côtés correspondants du toit des cages.

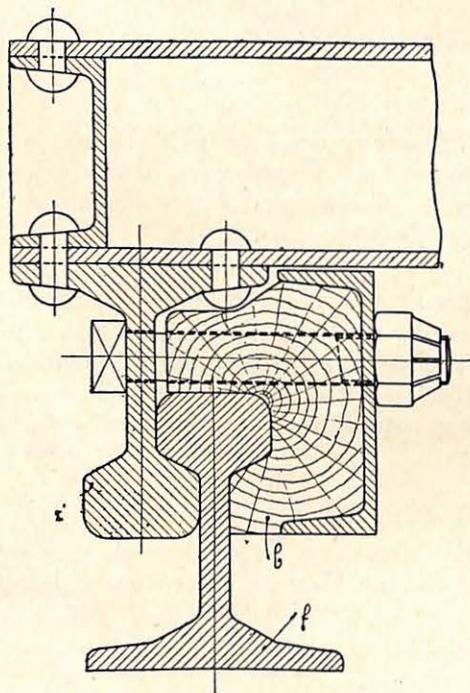


Fig. 2.

Chacun des bouts de rail r_1 est serré contre le rail fixe par deux boulons d'un pouce, de telle sorte que les premiers heurtoirs d'une cage comportent ensemble 8 boulons. Pour les deuxièmes et troisièmes heurtoirs d'une cage, le nombre de boulons de serrage est porté respectivement à $4 \times 3 = 12$ et $4 \times 7 = 28$.

Les taquets de sûreté sont au nombre de deux par face latérale de cage. Chacune des paires latérales est montée sur une traverse en acier coulé portant deux mains courantes qui glissent sur les

rails fixes (fig. 1, coupe AB). Cette traverse est attachée à deux fers ronds verticaux, terminés à leur sommet par un corbeau C_1 reposant sur la pièce de choc supérieure des troisièmes heurtoirs. Ceux-ci supportent donc les fers ronds, la traverse et les taquets de sûreté.

Ces taquets sont réunis aux premiers heurtoirs par des tringles t qui les maintiennent normalement dans la position d'effacement.

II. — FONCTIONNEMENT

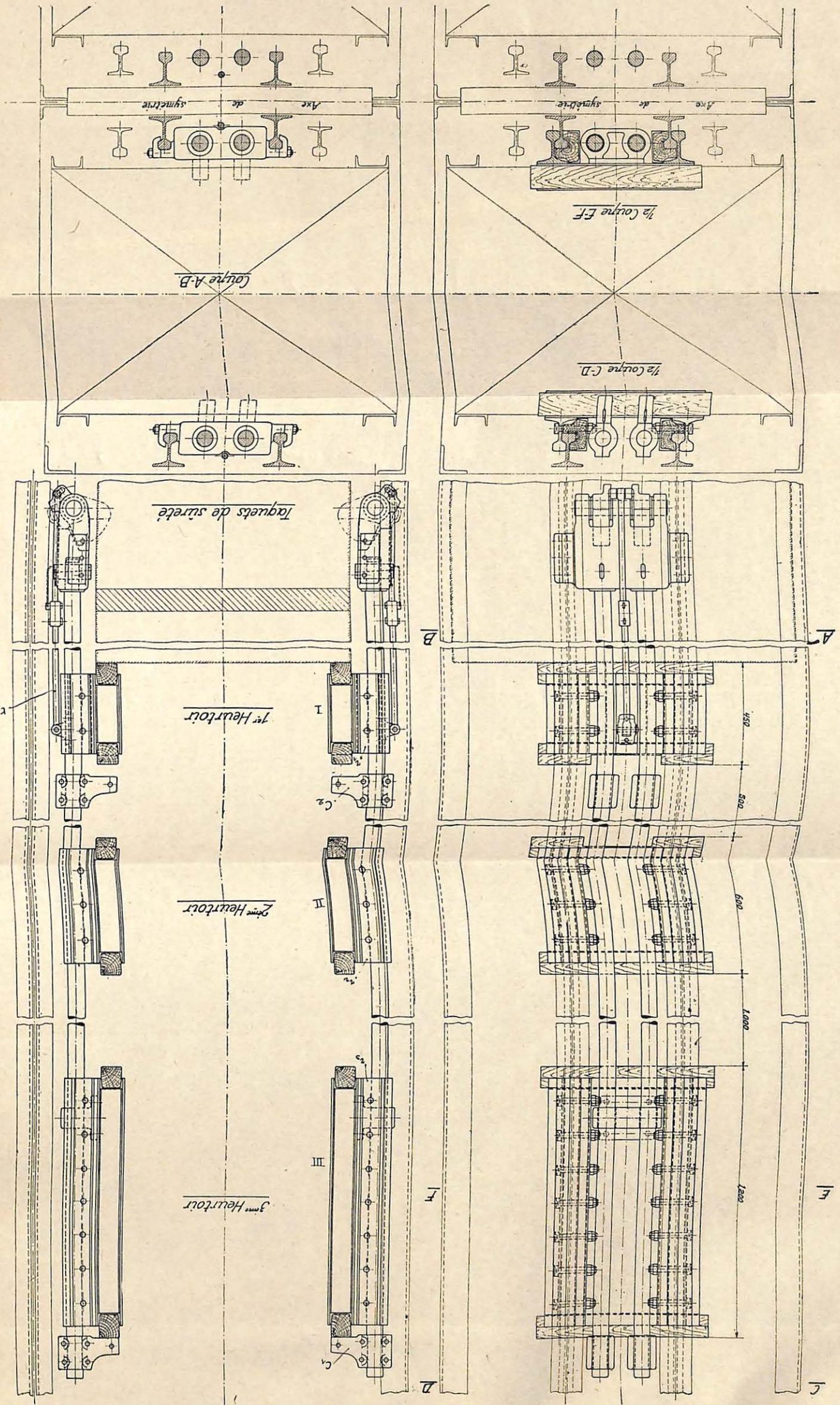
Quand la cage chargée de terres monte en vitesse dans le chevalement, sa toiture atteint d'abord le niveau des taquets de sûreté, alors que son plancher inférieur se trouve à $1^m,40$ au-dessus des taquets de la recette. A un niveau situé à $4^m,40$ au-dessus de celui des taquets de sûreté, la toiture aborde puis entraîne l'ensemble des premiers heurtoirs, qui soulèvent les tringles t en provoquant ainsi l'abaissement des taquets de sûreté dans la position de retenue.

Les premiers heurtoirs continuent alors à monter avec la cage et atteignent bientôt les corbeaux C_2 , qui sont calés sur les fers ronds de suspension des taquets de sûreté. Ceux-ci dès lors suivent la cage dans son ascension, à 20 cm. sous le plancher de l'étage supérieur qu'ils retiennent en cas de chute.

Si la cage garde une vitesse suffisamment élevée après le premier freinage, elle continue à monter et les premiers heurtoirs atteignent les deuxièmes après 50 cm. de course, et ces derniers poussent à leur tour les troisièmes après avoir parcouru un espace d'un mètre.

Comme le montreront les calculs subséquents, la cage arrivant à la recette avec sa charge et sa vitesse maxima, sera arrêtée par les heurtoirs lorsque les premiers auront parcouru $3^m,65$, les deuxièmes $3^m,13$ et les troisièmes $2^m,13$. A ce moment, le sommet des troisièmes heurtoirs se trouvera à $3^m,40$ environ sous la tangente horizontale inférieure à la molette et l'étrier attachant les chaînettes au câble sera à $0^m,50$ environ sous l'axe des molettes. La figure 3 représente diverses positions de la cage dans le chevalement ainsi que les positions correspondantes des heurtoirs.

Normalement, le câble ne peut se rompre qu'après que la cage a atteint les premiers heurtoirs, donc après l'abaissement des taquets de sûreté. Si cet accident se produisait, la cage retomberait d'abord sur ceux-ci d'une hauteur de 20 cm., puis descendrait avec eux, entraînant successivement les premiers et les troisièmes heurtoirs.



Ces derniers pousseront à leur tour les deuxièmes s'il y a contact entre eux au moment de la rupture du câble ou si ce contact se fait postérieurement au cours du freinage de la cage descendante. Les calculs établis ci-après montrent que, dans le cas le plus défavorable, la cage sera immobilisée au bout d'une descente maximum de 1^m.51 quand elle est chargée de terres.

III. — CALCULS DE FONCTIONNEMENT

Les caractéristiques principales du puits d'extraction du siège n° 2 du Charbonnage de Boubier sont les suivantes :

Poids de la cage remplie de personnel	kg.	5.000
Poids de la cage chargée au maximum de 6 wagons de terres	kg.	8.600
Vitesse maximum à la recette de la cage remplie de personnel	m./sec.	10
Vitesse maximum à la recette de la cage chargée de terres	m./sec.	20
Hauteur de la cage	m.	7.75
Hauteur des chaînes d'attelage	m.	6.10
Distance entre les premiers heurtoirs et le toit de la cage reposant par son plancher inférieur sur les taquets de la recette	m.	5.80

La patte du câble arrive sur la molette quand la cage a poussé les premiers heurtoirs sur une distance de 5^m.60 environ.

Par suite de l'action de l'évite-molettes de la machine d'extraction, l'effort moteur sur la cage chargée de terres est supprimé au moment où son plancher inférieur passe à un niveau situé à 2 m. sous les premiers heurtoirs. Nous verrons plus loin pourquoi cette distance a été choisie.

L'évite-molettes de la machine d'extraction est constitué essentiellement d'un doigt qui est fixé au curseur de l'indicateur de position des cages et qui, à la fin de la course, vient pousser un levier vertical dont la rotation déclenche simultanément la fermeture des soupapes d'admission de la vapeur et la fermeture des freins de la machine. Quand la cage est remplie de personnel, le sommet du levier est coiffé, par l'aide du machiniste, d'un chapeau dont le but est de permettre au curseur de faire fonctionner l'évite-molettes de la machine plus tôt que lorsque la cage est chargée de terres. On a donné à ce chapeau une épaisseur telle que l'évite-molettes

de la machine entre en action lorsque le toit de la cage se trouve à 4^m.50 sous le niveau des premiers heurtoirs.

Nous admettons que les freins sont suffisants pour compenser dans les deux cas (terres et personnel) l'énergie cinétique des organes de la machine et du câble de la cage du fond, celle-ci se trouvant sur le tablier de la balance hydraulique dès que le plancher inférieur de la cage de la surface arrive au niveau de la recette.

De multiples essais effectués sur des heurtoirs analogues utilisés sur les chemins de fer ont montré que l'effort résistant s'élève à 1 tonne par boulon d'un pouce serré normalement à l'aide d'une clef d'un mètre de longueur.

Pour un déplacement d'un mètre du heurtoir, le travail de freinage s'élève donc à 1.000 kilogrammes-mètres par boulon.

L'énergie cinétique MV^2 de la cage chargée de terres, passant à la recette à la vitesse de 20 m. par seconde, est égale à :

$$8.600 \times 1/9,81 \times 20^2 = 350.000 \text{ kg.-m.}$$

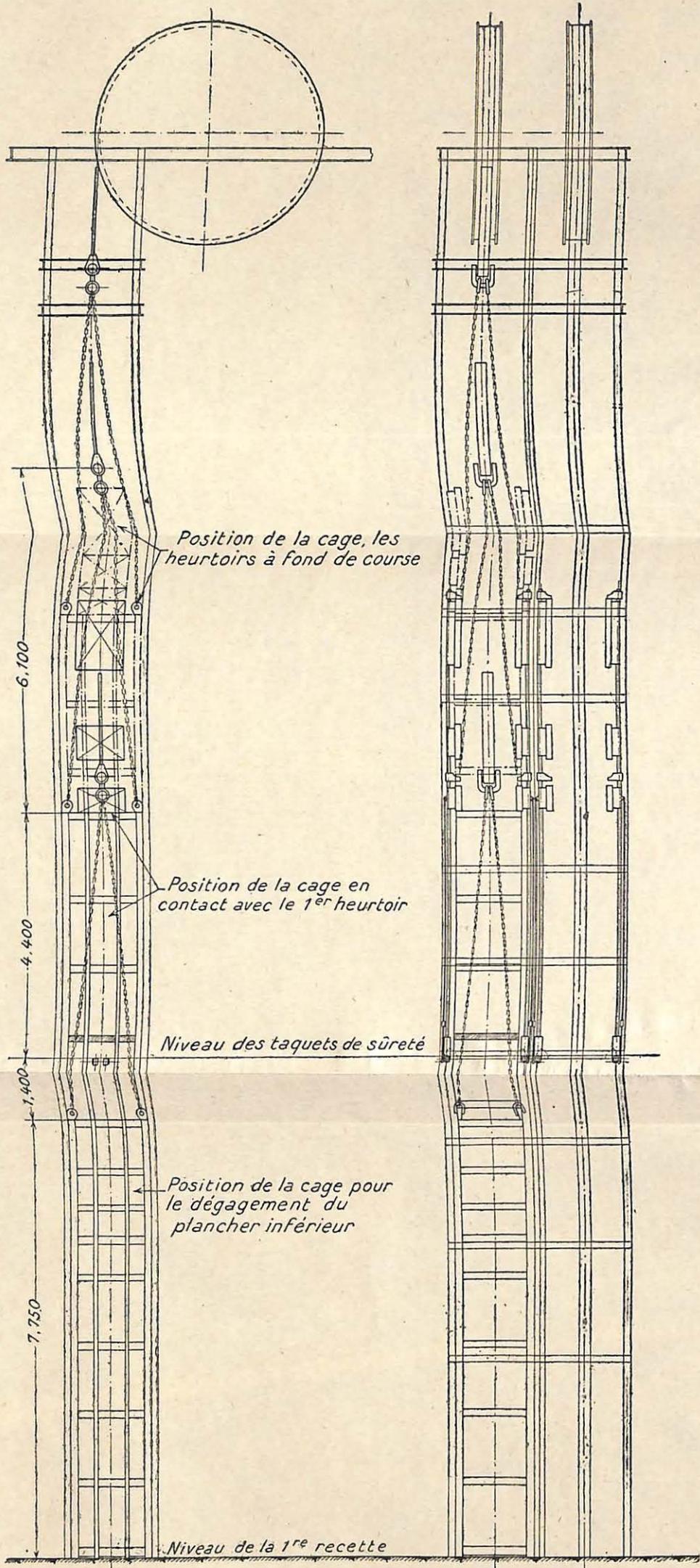
L'énergie cinétique de la cage remplie de personnel, passant à la recette à la vitesse de 10 m. par seconde, s'élève à :

$$5.000 \times 1/9,81 \times 10^2 = 51.000 \text{ kg.-m.}$$

Nous négligeons la résistance de l'air ainsi que le poids des taquets de sûreté, des heurtoirs et de leurs accessoires respectifs, qui contribuent d'ailleurs à ralentir la cage.

Le travail de freinage à effectuer pour arrêter la cage étant égal à la moitié de son énergie cinétique, nous donnons ci-dessous le calcul des distances de freinage :

	Personnel kg.-m.	Terres kg.-m.
Travail total de freinage à effectuer	25.500	175.000
Travail réalisé sur 2 m. de hauteur pour vaincre la pesanteur avant l'abordage des premiers heurtoirs	—	17.200
Idem sur 4 ^m .50	22.500	—
Travail de freinage restant à exécuter	3.000	157.800
Travail de déplacement des premiers heurtoirs (50 cm.)	4.000	4.000
Travail effectué pour vaincre la pesanteur pendant ce déplacement	2.500	4.300
		<hr/>
		8.500



Espace parcouru par les premiers heurtoirs au moment de l'arrêt de la cage chargée de personnel : $3000 : 13000 = 0^m,25$.

Travail de freinage restant à exécuter	149.500
Travail de déplacement sur un mètre des premiers et deuxièmes heurtoirs : $8000 + 12000 =$	20.000
Travail réalisé pour vaincre la pesanteur pendant ce déplacement	8.600
	<hr/> 28.600
Travail de freinage restant à exécuter	120.900
Travail de déplacement des premiers, deuxièmes et troisièmes heurtoirs par mètre de soulèvement : $8000 + 12000 + 28000 =$	48.000
Travail à effectuer pour vaincre la pesanteur par mètre de hauteur	8.600
	<hr/> 56.600

Espace parcouru par les troisièmes heurtoirs au moment de l'arrêt de la cage :

$$120900 : 56600 = 2^m,13.$$

La longueur totale de freinage sera ainsi de :

$$0^m,50 + 1 \text{ m.} + 2^m,13 = 3^m,63.$$

Les accélérations négatives ou décélérations imprimées à la cage chargée de pierres lors de l'abordage de chacun des groupes de heurtoirs se calculent par la formule :

$$J = \frac{Rg}{P}$$

où R est la force retardatrice entrant en jeu et P le poids à freiner.

Décélération à l'abordage des premiers heurtoirs :

$$8000 \times 9,81 \times 1/8600 = 9,14 \text{ m./sec}^2$$

Décélération à l'abordage des deuxièmes heurtoirs :

$$12000 \times 9,81 \times 1/16600 = 7,10 \text{ m./sec}^2$$

Décélération à l'abordage des troisièmes heurtoirs :

$$28000 \times 9,81 \times 1/28600 = 9,60 \text{ m./sec}^2$$

Calculons maintenant la course descendante des taquets de sûreté lorsqu'ils reçoivent la cage après une rupture du câble.

Nous appellerons X la distance de freinage à la descente et H la hauteur parcourue par la cage entre le moment où elle atteint les premiers heurtoirs et celui où le câble se rompt.

1. — Cage chargée de terres.

1^{er} cas. — $H \leq 0^m,055$. — Ce cas se présente lorsque les premiers heurtoirs n'ont pas dépassé les corbeaux C_2 au moment où le câble se rompt.

L'énergie cinétique de la cage retombant librement d'une hauteur de $0^m,20$ sur les taquets de sûreté est égale à :

$$8600 \times 2 \times 0,20 = 3.440 \text{ kg.-m.}$$

La valeur de X s'obtient par l'équation qui exprime l'égalité entre la somme de la demi-énergie cinétique et du travail de la pesanteur d'une part, et le travail de freinage des premiers et des troisièmes heurtoirs d'autre part. Cette équation s'écrit comme suit :

$$3440/2 + 8600 X = 28000 (0,055 - H) + 36000 (X - 0,055 + H)$$

$$\text{ou} \quad 27400 X = 2160 - 8000 H$$

Cette équation donne :

$$\text{pour } H = 0 : \quad X = 0^m,079$$

$$\text{et pour } H = 0^m,055 : \quad X = 0^m,063$$

Ce cas ne présente guère d'intérêt, car si $H = 0$, il n'y a pas de choc et les taquets de sûreté resteraient soulevés. Ceux-ci ne peuvent s'abaisser de façon suffisante qu'au moment où H atteint à peu près $0^m,055$. Avant ce moment, le choc doit être considéré *a priori* comme incapable de produire une rupture des attelages de la cage.

2^e cas. — $0^m,055 < H < 1^m,408$. — Ce cas se présente lorsque les premiers heurtoirs soulèvent les corbeaux C_2 à la montée et lorsque les deuxièmes heurtoirs n'interviennent pas pour freiner la cage après la rupture du câble.

Pour que les deuxièmes heurtoirs soient utilisés pour freiner la cage après rupture du câble, il faut que soit vérifiée l'inégalité suivante :

$$X > (H + 0,055) + (1,500 - H).$$

c'est-à-dire que X soit plus grand que $1^{\text{m}},445$, ce qui correspond à une valeur de H égale à $1^{\text{m}},408$ ainsi que nous allons le montrer immédiatement.

L'équation de freinage devient :

$$5440/2 + 8600 X = 8000 (H - 0,055) + 36000 (X - H + 0,055)$$

ou
$$27400 X = 180 + 28000 H$$

On trouve :

pour $H = 0^{\text{m}},055$: $X = 0^{\text{m}},065$

et pour $H = 1^{\text{m}},408$: $X = 1^{\text{m}},445$

3^e cas. — $1^{\text{m}},408 < H < 1^{\text{m}},500$. — Cette condition est réalisée lorsque les deuxièmes heurtoirs interviennent pour freiner la cage après la rupture du câble, les troisièmes n'ayant pas été utilisés pour freiner la cage montante avant la rupture.

L'équation de freinage devient :

$$5440/2 + 8600 X = 8000 (H - 0,055) + 36000 (1,500 - H) + 48000 \{ X - [(H - 0,055) + (1,500 - H)] \}$$

ou
$$39400 X = 17520 + 28000 H$$

Cette équation donne :

pour $H = 1^{\text{m}},408$: $X = 1^{\text{m}},445$

et pour $H = 1^{\text{m}},500$: $X = 1^{\text{m}},510$

4^e cas. — $H > 1^{\text{m}},500$. — Ce cas se présente lorsque les troisièmes heurtoirs sont soulevés par la cage montante avant la rupture du câble.

L'équation de freinage s'établit comme suit :

$$5440/2 + 8600 X = 8000 \times 1,445 + 48000 (X - 1,445)$$

ou
$$39400 X = 59520$$

X reste invariable et égal à $1^{\text{m}},510$.

II. — Cage chargée de personnel.

1^{er} cas. — $H < 0^{\text{m}},055$. — Nous négligeons ce cas pour les raisons indiquées plus haut.

2^e cas. — $0^{\text{m}},055 < H < 0^{\text{m}},388$. — Les premiers heurtoirs ont poussé les corbeaux C_2 et les troisièmes heurtoirs interviennent dans le freinage après la rupture du câble. Ces derniers heurtoirs ne sont pas utilisés à cet effet quand X est plus petit que $H - 0^{\text{m}},055$ et l'équation ci-dessous montre qu'ils cessent d'intervenir dans le freinage de la cage descendant librement quand H dépasse $0^{\text{m}},388$. Nos calculs précédents nous ont montré que théoriquement H n'atteignait que $0^{\text{m}},375$ au maximum. Toutefois, comme ils sont quelque peu approximatifs, il est prudent d'envisager le cas où cette valeur de H est dépassée.

On trouve :

$$2000/2 + 5000 X = 8000 (H - 0,055) + 36000 (X - H + 0,055)$$

ou
$$31000 X = -540 + 28000 H$$

pour $H = 0$: $X = 0^{\text{m}},032$

et pour $H = 0^{\text{m}},388$: $X = 0^{\text{m}},353$

Ces dernières valeurs de H et de X sont obtenues en résolvant les deux équations à deux inconnues :

$$31000 X = -540 + 28000 H \quad \text{et} \quad X = -0,055 + H$$

3^e cas. — $H > 0^{\text{m}},388$. — Les premiers heurtoirs suffisent seuls à freiner la cage descendant librement.

On a :

$$2000/2 + 5000 X = 8000 X.$$

X reste constant et égal à $0^{\text{m}},353$.

En résumé, nous constatons que, dans les circonstances les plus défavorables, une cage chargée de terres dont le câble se romprait après qu'elle aurait atteint les premiers heurtoirs serait arrêtée par les divers heurtoirs après avoir été freinée par ceux-ci sur une distance maximum de $1^{\text{m}},51$.

Dans les mêmes circonstances, une cage chargée de personnel serait arrêtée après avoir été freinée sur un espace maximum de $0^{\text{m}},353$.

Il reste à envisager le cas où le machiniste d'extraction distrait se trompe de sens de marche après les manœuvres et fait monter à grande vitesse dans le chevalement la cage chargée de wagonnets vides ou de personnel.

Cette distraction a d'abord fort peu de chances de se produire, pour la raison suivante. Lorsque le machiniste a terminé les ma-

nœuvres de la cage de la surface, qui se font en montant, il change de marche, puis fait tourner la machine lentement jusqu'au moment où il a repris le mou de la cage du fond, qui à ce moment repose normalement sur le tablier d'une balance hydraulique.

S'il avait donc oublié de changer de marche, il est fort probable qu'il ferait cependant tourner sa machine lentement et qu'il s'apercevrait de son erreur avant d'avoir donné de la vitesse à la machine.

Comme nous l'avons dit plus haut, l'évite-molettes est réglé de telle sorte qu'il coupe l'arrivée de vapeur lorsque le toit de la cage chargée de terres arrive à 2 m. des premiers heurtoirs. Il laisse ainsi au machiniste une marge de 3^m,80 pour exécuter ses manœuvres. Ces distances sont respectivement 4^m,50 et 1^m,30 pour la cage chargée de personnel.

Afin d'établir l'espace que devront parcourir les heurtoirs pour arrêter la cage, il faudrait connaître son énergie cinétique au moment où la vapeur est coupée, et par conséquent sa vitesse. Le calcul exact de celle-ci serait fort long et manquerait de précision en raison du doute planant sur les données du problème. La suite nous montrera que nous pourrions heureusement nous borner à calculer l'énergie cinétique de la cage au moment où elle atteint les premiers heurtoirs, en négligeant les frottements et l'inertie des masses à mettre en mouvement, à l'exception de celle des cages et du câble de la cage du fond.

Nous obtiendrons ainsi pour la cage à freiner une énergie cinétique supérieure à celle qu'elle a eu en réalité.

Les données sont les suivantes :

Poids de la cage chargée de wagonnets vides	kg.	4.260
Pression maximum de la vapeur	kg./cm ²	10
Course de chacun des deux pistons	m.	1,50
Diamètre des pistons	m.	0,75
Diamètre des tiges de piston	m.	0,15
Longueur de la spire supérieure du câble bobiné de la cage de la surface	m.	17
Longueur de la spire supérieure du câble bobiné de cage du fond	m.	11,60
Distance de l'axe de la molette à l'étage inférieur du puits	m.	651
Poids des câbles par mètre courant	kg.	10,2

La course de chacun des pistons pendant l'espace de temps compris entre le moment du départ et celui où l'évite-molettes coupe l'arrivée de vapeur est égale à :

$$\frac{3,80}{17} \times 3 = 0^m,67$$

Effort de la vapeur sur les 2 pistons :

$$2 \times 10 \times \left(\frac{\pi}{4} \times 75^2 - \frac{\pi}{4} \times 15^2 \right) = 81.000 \text{ kg.}$$

Travail de la machine pour 0^m,67 de course des pistons :

$$81000 \times 0,67 = 54.300 \text{ kg.-m.}$$

Espace parcouru par le câble de la cage du fond pendant que l'autre monte de 5^m,80 :

$$5,80 \times \frac{11,60}{17} = 3^m,96$$

Si nous supposons que la cage du fond ne repose pas sur le tablier de la balance (ce qui n'est guère probable), le travail accompli par cette cage et le câble qui la soutient, pour une descente de 3^m,96, est égal à :

$$(651 \times 10,2 + 8600) \times 3,96 = 60.350 \text{ kg.-m.}$$

Travail nécessaire pour faire monter la cage de la surface de 5^m,80 :

$$4260 \times 5,80 = 24.700 \text{ kg.-m.}$$

Energie cinétique de la cage de la surface au moment où son toit atteint les premiers heurtoirs :

$$2 (54300 + 60350 - 24700) = 179.900 \text{ kg.-m.}$$

Travail de freinage nécessaire pour l'arrêter :

$$1/2 \times 179900 = 89.950 \text{ kg.-m.}$$

On voit que ce travail est de beaucoup inférieur au travail correspondant de la cage chargée venant du fond, qui est de 125.000 kilogrammes-mètres.

Les heurtoirs peuvent donc arrêter en temps utile la cage chargée de wagonnets vides montant en vitesse dans le chevalement après les manœuvres. Le cas est encore plus favorable pour une cage

chargée de personnel, le travail de freinage à exécuter se réduisant à 85.650 kg.-m.

IV. — AVANTAGES DE L'APPAREIL

Les calculs ci-dessus montrent que l'évite-molettes à heurtoirs permet d'absorber l'énergie cinétique des cages en mettant en œuvre des réactions limitées et bien connues et en limitant les décélérations à des valeurs imposées.

Il présente, en outre, l'avantage d'absorber cette énergie sur un parcours suffisamment long pour que les efforts soient assez petits.

Nous rappellerons brièvement les inconvénients les plus graves des guides rapprochés en bois que remplace avantageusement l'évite-molettes à heurtoirs.

Dans les chevalements pourvus de guides rapprochés, le travail de freinage est obtenu par la déformation de la cage et le frottement de celle-ci sur les guides. Cette déformation voulue de la cage est irrationnelle et elle présente très souvent le grave danger de rendre inopérants les taquets de sûreté.

Le travail de frottement, on le conçoit, échappe ici à tout calcul, car il dépend de la déformation de la cage et du coïncement de celle-ci dans les guides. De plus, lorsque ceux-ci sont rabotés par la cage, ils agissent plus ou moins comme une butée fixe, dont le rôle consisterait à absorber l'énergie cinétique sur un parcours très faible, nécessitant ainsi la mise en œuvre d'efforts extrêmement grands. La sécurité présentée par les guides rapprochés est donc fort aléatoire en raison de leur conception même et du doute qui pèse sur la façon dont ils agissent. On n'ignore pas d'ailleurs qu'ils n'ont pu empêcher nombre de graves accidents.

Un dernier avantage de l'évite-molettes à heurtoirs, qui est loin d'être négligeable, résulte de la faible hauteur de chute (20 cm.) de la cage libérée du câble et de son arrêt par freinage progressif, car les chances de rupture des taquets de sûreté sont presque inexistantes.

L'évite-molettes à heurtoirs que nous venons de décrire n'a jamais eu jusqu'ici l'occasion de prouver son efficacité, mais on est en droit de croire qu'il fonctionnerait à la perfection pour retenir une cage montant en vitesse dans le chevalement.

J. LAURENT.

CHRONIQUE

Attelage à cosse Demag pour câbles d'extraction

(D'après une note de la revue « Demag »,

par H. RENFORDT, Ingénieur à Duisburg.)

Les attache-câbles comptent parmi les éléments les plus importants d'une installation d'extraction, car c'est de la qualité de ces attaches que dépend, dans une grande mesure, la longévité du câble d'extraction. La moindre erreur de construction peut entraîner des conséquences graves et compromettre sérieusement la sécurité de fonctionnement. La fixation des câbles à la cage d'extraction par le nouvel attelage à cosse Demag satisfait à toutes les conditions visant le maximum de sécurité et, malgré son poids relativement faible, cet attelage répond aux exigences sévères imposées par le rude service d'extraction.

La figure 1 montre le système de cet attelage à cosse. Deux flasques fixés latéralement au corps « h » de la cosse portent le tourillon « i », auquel est suspendue la cage d'extraction soit directement, soit par l'intermédiaire d'articulations, de chaînes ou d'autres éléments analogues. Le câble porteur « a » est introduit verticalement, sans déviation, dans la cosse garnie d'une courroie en balata et est serré légèrement et progressivement avant la courbure de la cosse par le levier à charnière « k », également garni d'une fourrure en balata. Les oscillations transversales nuisibles et la torsion du câble sont ainsi rendues inefficaces. La courbure de la cosse commence par un grand rayon qui va en décroissant peu à peu. Le câble n'est donc pas fort courbé subitement, ni soumis à un effort de flexion nuisible.