

Résumé

Deux bosseurs et un manœuvre avaient été chargés de creuser, à l'outil et dans le toit, la fausse-voie située au sommet d'une taille chassante en plateure, à 5 à 10° de pente, de la couche Charnapré et de remblayer cette taille.

Le dernier cadre C₂ de cette voie avait été établi la nuit précédente à 90 centimètres du cadre précédent C₁, et à 2 mètres à 2^m,50 du vifthier.

L'un des bosseurs coupa d'abord l'extrémité d'une bèle de taille qui se trouvait à 1^m,50 en avant de C₂ puis il entreprit le creusement. Le manœuvre amena des bois et l'autre bosseur se mit à préparer l'endroit à remblayer.

Vers minuit, le surveillant visita les lieux et n'y remarqua aucune cause spéciale de danger. A ce moment, le premier bosseur jetait, dans la taille, des pierres abattues. Lorsqu'il eut coupé le toit jusqu'au vifthier, il s'occupa du remblayage avec ses compagnons. Il remplissait, à genoux, un bac vide, placé à l'entrée de la taille, lorsqu'il fut écrasée par une lourde pierre qui s'était détachée du toit de la taille, contre le coupement de la fausse-voie.

Il fut rapidement dégagé, mais avait déjà cessé de vivre.

La pierre tombée mesurait 1^m,10 × 0^m,70 × 0^m,45. Sa face supérieure était lisse et humide, celle du côté de la taille était irrégulière et une de ses faces latérales correspondait à une cassure remplie de pholérite qui se prolongeait dans le toit. Avec d'autres blocs plus petits, elle formait un éboulement s'étendant sur 2 mètres de longueur le long de la voie.

Le cadre C₂ était tombé. La taille était boisée par bèles parallèles au vifthier, distantes de 1 mètre à 1^m,50, et recroisées, au sommet, par deux bèles perpendiculaires. L'extrémité d'une de ces dernières bèles, qui se trouvait sous la pierre en question, était brisée. La partie restante de cette bèle était tombée.

Le toit était découpé en lentilles par la stratification et les clivages.

Le sommet de la taille était remblayé jusqu'au cadre C₁, à trois hèves du vifthier.

Le bac se trouvait dans la hève du milieu.

MÉMOIRE

L'état actuel de la question

DES

PARACHUTES DE MINES

PAR

ALEX. DUPRET

Ingénieur principal au Corps des Mines
Chargé de Cours à l'Université de Bruxelles.

Le but de la présente étude est de fournir un exposé de la question des parachutes, et de rechercher si l'obligation de l'emploi de ces appareils dans nos mines est actuellement désirable.

Nous indiquons ci-dessous quelques-unes des principales références bibliographiques concernant ce sujet.

Ouvrages généraux.

HATON de la GOUPILLERE. — Cours d'Exploitation des Mines. (La description du parachute KANIA et KUNTZE figure dans cet ouvrage.)

UNDEUTSCH. — Theorie, Konstruktion, Prüfung und Regelung der Fallbremsen und Energie-Indikatoren.

Périodiques.

Bulletin de l'Industrie Minérale. 3^e, VIII, p. 235. Description du parachute MUNZNER-UNDEUSCH.

Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preussischen Staate.

1880 : SELBACH. — Kritik der Fangvorrichtungen.

1913 : Travaux de la Commission prussienne des câbles.

1921 : Travaux de la Commission prussienne des câbles.

Technique moderne. 1^{er} et 15 décembre 1912 : CRUSSARD.

— Les parachutes de cages de mines.

Glückauf. 1^{er} avril 1922 : SCHOENFELD. — Die Hobelfangvorrichtungen.

PREMIÈRE PARTIE

Étude des parachutes

Les seuls parachutes *actuellement répandus dans l'industrie* sont basés sur le principe suivant :

Un ressort, interposé entre le câble et la cage, est normalement comprimé sous le poids de celle-ci. En cas de rupture du câble ou de l'attache, le ressort se détend et met en contact les organes de prise du parachute avec le guidage. Les organes de prise subissent, de la part du guidage, un effort provoquant le freinage et l'arrêt de la cage. La mise en prise de ces organes, amorcée par l'effet du ressort, s'achève par l'effet du poids et de la vitesse de la cage.

En fait, il ne faut pas absolument une rupture de corde pour provoquer le fonctionnement du parachute. Ce fonctionnement se produit lorsque l'effort à la patte descend sous une certaine limite. Plus l'écart entre ces quantités est grand, plus le fonctionnement du parachute est rapide.

L'entrée en action du parachute doit être *énergique et rapide*, afin d'assurer :

1° une pénétration franche et pratiquement simultanée des organes de prise ;

2° un prompt arrêt de la cage, afin d'éviter que l'effet de la pesanteur lui fasse prendre une vitesse excessive, et d'empêcher que le câble n'ait le temps de fouetter la paroi du puits avant la prise, ce qui pourrait entraver celle-ci.

L'effet du parachute doit être *progressif*, afin d'absorber l'énergie cinétique de la cage — et, dans une certaine mesure, celle du bout de câble tombant avec la cage — en un temps suffisamment long. Ceci afin d'éviter des accélérations dangereuses pour le personnel et le matériel.

Dans le même ordre d'idées, le choc résultant de l'entrée en prise doit être réduit au minimum.

L'arrêt d'une cage montante est chose relativement aisée, pour peu que le parachute soit rapide et bien étudié. La pesanteur se charge, en effet, de développer sur la cage un effort de freinage efficace ; le rôle du parachute se réduit presque à la fixer au sommet de sa course ascendante.

La difficulté naît lorsque le parachute entre en jeu lors de la descente de la cage. Dans ce qui va suivre, nous nous bornerons à envisager ce dernier cas. Lorsque nous parlerons de vitesse de cage, il s'agira donc d'une vitesse dirigée vers le bas.

A. — Généralités sur l'emploi des parachutes.

Disposition des ressorts.

Commande des organes de prise.

Dans les appareils à prise faciale, tel le parachute FONTAINE, les dispositifs de commande sont très simples. La prise faciale présente toutefois de graves inconvénients, qui l'ont fait abandonner :

1° flexion des guides lors de la prise ;

2° nécessité d'un boulonnage spécial des guides ;

3° la prise dépend directement de l'écartement des guides, et est affectée directement par leur usure.

La prise latérale est aujourd'hui la règle. Elle supprime les deux premiers inconvénients. Nous verrons plus loin que certaines dispositions permettent de remédier aussi au troisième. Les organes de prise, jumelés, agissent sur les faces latérales de chaque guide.

Les ressorts (ressorts spiraux, ressorts à boudins ou à lames), développent des efforts dépassant 3 tonnes. Nous étudierons plus loin le problème de leur calcul.

Le mode de fixation du câble au parachute dépend du type d'attelage adopté.

Il est des plus simples dans le cas de l'attelage par tige rigide, cette tige attaquant directement le ressort du parachute. Cette disposition permet un usinage soigné et un réglage précis. Elle est de loin la plus rationnelle.

L'on s'est préoccupé d'adapter au parachute l'attelage à chaînettes, en raison des avantages de cet attelage et de son fréquent emploi. Généralement les chaînettes sont groupées. Un groupe de deux chaînettes, par exemple, commande une paire d'organes de prise. Cette disposition risque de provoquer la prise sur un guide seulement, en cas de rupture de chaînette, ou même en cas d'oscillation ou de choc excentrique développé sur la cage. Or, une prise partielle est toujours dangereuse, en raison des sollicitations excentrées qu'elle provoque.

L'on a proposé d'actionner le parachute par une chaînette spéciale, reliée directement à la patte du câble. La difficulté réside dans le réglage précis et permanent de l'appareil.

En somme, les parachutes modernes sont des machines précises, peu compatibles avec l'emploi des chaînettes d'attelage.

Le calcul des éléments de commande présente certaines difficultés, en raison des chocs qu'ils sont appelés à supporter en cas de prise sur cage descendante. Ces difficultés ne sauraient toutefois être considérées comme essentielles dans la question qui nous occupe.

Organes de prise.

L'on a définitivement renoncé aux organes à prise instantanée, tels les verrous des anciens parachutes.

Comme il vient d'être dit, la prise se fait généralement sur la face latérale des guides. Le procédé est parfait en cas d'emploi de guidages bilatéraux. Au contraire, en cas d'emploi de guidages unilatéraux, genre BRIART, le guidage et la cage sont l'objet d'une sollicitation excentrique très importante. Partisans et adversaires des parachutes sont généralement d'accord pour admettre que cette sollicitation exclut toute efficacité, tout au moins lorsqu'il s'agit d'une cage descendante.

Organes de prise pour guides en bois. — L'on a successivement employé :

1° des griffes s'implantant dans les guides, et les labourant en cas de grandes vitesses. Ce dispositif manque de progressivité ;

2° des excentriques à dents. Ce dispositif est également brutal ;

3° des coins s'insérant entre les guides et des mâchoires solidaires de la cage. Ces appareils ont un fonctionnement trop variable avec l'état des surfaces en contact. Or, l'étude théorique faite plus loin montre la nécessité d'une prédétermination stricte de l'effort de freinage ;

4° des outils attaquant *systématiquement* les guides. C'est la disposition la plus rationnelle. Elle est adoptée

aujourd'hui dans les meilleurs parachutes industriels. Nous citerons :

a) le parachute MUNZNER-UNDEUTSCH, où des couteaux s'enfoncent dans les guides. Ce dispositif risque de fendre les guides ;

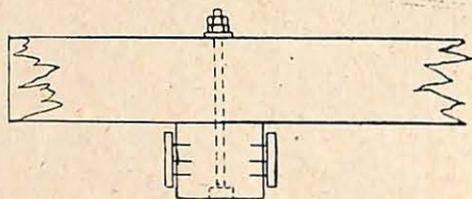


FIG. 1.

Parachute Undeutsch.

b) le parachute KANIA et KUNTZE, où les couteaux sont remplacés par des lames de scie. Le danger de fissuration

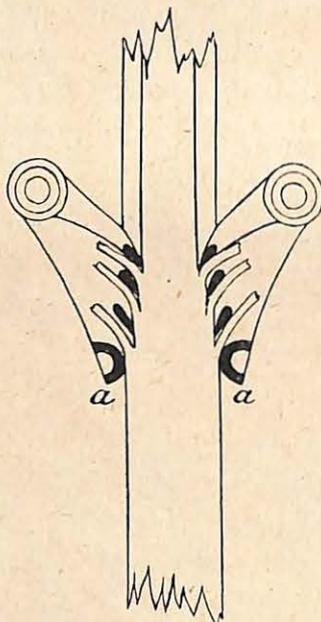


FIG. 2.

Parachute Schoenfeld.

du guide disparaît ; toutefois, si les scies ne sont pas en bon état, elles risquent de s'empâter et d'être arrachées ;

c) le parachute SCHOENFELD, où l'appareil de prise est un rabot à lames multiples attaquant les faces du guide. L'inconvénient du système est la mise hors service immédiate du guide. De plus, les longs copeaux rigides que donnent ces appareils risquent de blesser le personnel.

Les outils de prise ont des caractéristiques communes :

a) Si la mise en prise se fait encore par arc-boutement, la prise elle-même est limitée par la disposition du porte-outil. Dans le parachute SCHOENFELD, par exemple, la profondeur de prise est limitée par les arrêts *a* ;

b) Ces dispositifs permettent de compenser, dans certaines limites, l'usure des guidages. Dans le parachute SCHOENFELD, par exemple, les deux rabots affectés à un même guide sont rapprochés par un ressort. La pénétration, limitée par les arrêts *a*, n'est pas sensiblement affectée par une usure modérée des guides ;

c) L'expérience a démontré, tout-au-moins pour le système UNDEUTSCH, que la mise en prise se fait sans choc dangereux dans les appareils bien étudiés ;

d) Une étude adéquate de l'outil permet de réaliser *un effort de freinage déterminé a priori et variant peu dans une installation donnée*. Cet effort variera peu le long du parcours de freinage, et variera également peu lorsque la vitesse initiale de la cage variera.

De tels parachutes sont, en fait, de véritables freins, capables d'absorber une énergie considérable, en réalisant un parcours de freinage directement proportionnel à l'énergie à absorber.

Comme le montrent les statistiques allemandes, analysées plus loin, le fonctionnement de ces parachutes en cas d'accident a reçu la sanction de la pratique. Ils représen-

tent le perfectionnement maximum des appareils industriellement répandus. Nous verrons toutefois qu'ils ne sont pas à l'abri du risque grave du *fonctionnement intempestif*.

Nous examinerons plus loin les conditions auxquelles doit satisfaire l'*effort de freinage* développé par le parachute. Dans les cas extrêmes, cages lourdes, puits profonds, il sera de l'ordre de 20 tonnes, soit 10 tonnes par guide.

Organes de prise pour guides en rails. — L'on emploie à peu près exclusivement des organes de prise à excentrique, dont le type est celui du parachute MALISSARD-TAZA, encore largement employé dans le Nord et le Pas-de-Calais. La difficulté essentielle, et qui ne paraît pas encore résolue, est la création d'un *effort retardateur constant et déterminé a priori*. Des études systématiques, analogues à celles faites par UNDEUTSCH pour son parachute, seraient à entreprendre pour les guides en rails. Le problème qui se pose est la création d'un outil à pénétration strictement limitée, et toutefois assurée, et s'effectuant sans choc excessif.

Les *appareils à friction*, séduisants en principe, n'ont guère donné de résultat. L'effort réalisé est généralement trop faible. De plus, il dépend trop de l'état des surfaces de contact.

En somme, la question du problème du parachute pour guides bilatéraux en fer n'est pas résolue. Au point de vue des installations belges, cette difficulté n'est pas essentielle, de telles installations représentant 5 % seulement de l'ensemble des installations d'extraction.

Quant aux guidages unilatéraux en fer, ils semblent incompatibles avec l'emploi de parachutes réellement efficaces. Cette situation est plus grave, les installations BRIART représentant 50 % des installations belges.

Note. — Prise latérale par organes faciaux.

Certains parachutes, dont le type est le parachute *Hypersiel*, très répandu en Belgique, réalisent la prise sur la face latérale des guides par un organe de prises unique dont le mouvement, par rapport au guide, est à considérer comme facial. La réaction du guide ne comporte toutefois qu'une composante faciale faible, de sorte que l'inconvénient résultant de la sollicitation du guide en flexion est réduit.

L'organe de prise des parachutes réalisés suivant ce principe est toujours une griffe. Il est essentiellement peu progressif.

Il serait intéressant de combiner le principe de la prise latérale par un organe facial, et celui de l'organe de prise par un outil travaillant systématiquement.

La difficulté semble résider dans le fait qu'un tel outil doive se déplacer normalement à la surface à attaquer. Dans les organes décrits plus haut, le sens de ce déplacement est normal.

Pour les couteaux — UNDEUTSCH — et pour la scie — KANIA et KUNTZE — l'on ne peut en concevoir d'autre. Pour les rabots — SCHOENFELD — il ne serait peut-être pas impossible d'imaginer un outil attaquant les guides à la manière de la griffe du parachute HYPERSIEL. Toutefois, le dispositif ne paraît pas encore avoir été appliqué jusqu'ici.

Quant au parachute HYPERSIEL pour guides en rails, il est d'une extrême brutalité lorsqu'il est conditionné pour permettre l'arrêt d'une cage descendante.

Guides et traverses.

Il n'est pas superflu de rappeler que *le parachute le mieux étudié, et le plus solidement construit, devient de nulle valeur* si le système, guides-traverses, sur lequel il est appelé à fonctionner ne présente pas la résistance

voulue. Parachute et guidage forment un tout indissociable. Placer un bon parachute sur un guidage trop faible est un travail, non seulement *inutile*, mais *dangereux*, en raison du risque de fonctionnement intempestif.

D'après ce qui précède, les guides doivent être à même de supporter l'application brusque d'une charge verticale de l'ordre de 10 tonnes, dans les cas défavorables. Cette application revient à l'application d'une charge progressive de 20 tonnes par guide. L'on peut charger le chêne moyennement humide à 100 kg/cm^2 , ce qui exigera des guides de 200 cm^2 de section. L'on recommande, en Allemagne, l'emploi de guides de $16 \times 16 \text{ cm}^2$, ce qui laisse une marge d'usure suffisante.

Si l'on admet que cet effort progressif de 20 tonnes intéresse trois traverses — ce qui suppose l'emploi de guides relativement longs — chaque traverse supportera une charge de 6,6 tonnes. Pour une traverse de 5 mètres de longueur portante, le moment fléchissant résultant sera sensiblement de 600.000 kg.cm , ce qui, pour 100 kg/cm^2 de tension, exige un module de flexion de 6.600 cm^3 . Ce résultat correspond sensiblement aux grands bois de 32×35 centimètres carrés.

Le calcul du diamètre des boulons d'assemblage des guides aux traverses ne présente pas non plus de difficulté particulière.

Il sera donc possible de combiner un guidage apte au fonctionnement des parachutes.

Toutefois, dans les puits profonds, même s'il est fait emploi de cages de poids moyen, les guidages nécessaires sont importants, et les traverses arrivent aux limites d'équarrissage usuelles. Il va de soi que si les guidages généralement employés dans les puits profonds, et surtout dans les puits étroits, suffisent bien à guider les cages, ils ne sauraient constituer un appui sûr pour parachutes.

B. — Théorie du parachute.

Préliminaires. — Considérations physiologiques sur les effets des accélérations et des chocs appliqués à l'organisme.

1. *Accélérations.* — Un homme, stationnant debout dans une cage, dans une position naturelle et une attitude absolument décontractée, sera sensible aux accélérations subies par la cage. Une accélération vers le haut — cas du ralentissement d'une cage descendante — donnera à cet homme l'impression de l'augmentation brusque de son poids apparent; son corps sera soumis à compression par inertie.

Il est bien entendu qu'il s'agit d'une accélération instantanément appliquée. Il ne s'agit pas de l'application d'un choc, phénomène différent, qui sera étudié plus loin, et qui correspond à la variation, en un temps très court, de l'énergie cinétique d'une masse.

Si l'on appelle P le poids du corps, g l'accélération due à la pesanteur, j l'accélération vers le haut subie par le sujet, le supplément de poids apparent éprouvé sera

$$\frac{Pj}{g}$$

Par unité de poids freiné, il vaut

$$\frac{j}{g}$$

En somme, ce cas correspond à une mise en charge brusque exempte de percussion.

Nous verrons que les puits profonds exigent des parachutes capables de retenir, non seulement la cage, mais encore un poids considérable de corde.

Dans ces conditions, ainsi que nous le verrons, l'effort

de freinage excède très notablement le poids de la masse freinée, et l'on arrive à réaliser

$$j = 3 \text{ à } 4 g$$

soit environ 40 m/sec². La mise en charge ainsi réalisée est pénible, mais sa durée d'application est courte (1/5 de sec. environ). Il n'est pas possible de dire a priori si elle est dangereuse ou non. Nous verrons plus loin comment la question a été abordée.

2. *Chocs.* — L'organisme humain est particulièrement sensible au choc de bas en haut, lorsque le sujet se trouve dans l'attitude verticale et que le choc est complètement inopiné. Tout se passe comme si l'homme tombait d'une certaine hauteur, sur une paroi rigide.

UNDEUTSCH admet, un peu empiriquement peut-être, que la hauteur de chute admissible dans ces conditions est de 0^m,30 au plus. S'étant laissé tomber de 0^m,18 de hauteur sur une aire rigide, dans une attitude décontractée, il déclare n'avoir nulle envie de recommencer l'expérience. Il a fait partager sa conviction à son collaborateur.

Cette hauteur de 0^m,30 fixerait donc l'énergie par kg que l'organisme puisse impunément perdre à la suite d'un choc.

Théoriquement et expérimentalement, les chocs dus au freinage se traduiront numériquement par la hauteur de chute libre correspondant à la perte d'énergie cinétique due au choc.

Il s'agissait de transposer ces notions dans le domaine de l'expérimentation des cages freinées, où il ne peut être question d'introduire du personnel en cours d'essai.

UNDEUTSCH a proposé une solution intéressante. Il remarque que, dans les cas de freinage brusque, le personnel éprouve des lésions aux membres inférieurs et au bassin. Assimilant le corps à une masse supportée par les membres

inférieurs à la manière de ressorts, il a construit un appareil d'essai que nous allons décrire.

3. *Indicateur de UNDEUTSCH.* — Cet appareil comporte un châssis permettant le coulisement vertical d'une masse, dont l'inertie permet d'enregistrer les chocs et accélérations imprimées au châssis. Un ressort agit constamment sur cette masse.

L'idée la plus simple serait d'équilibrer par le ressort l'effet de la pesanteur sur cette masse; en vue de supprimer les phénomènes oscillatoires, UNDEUTSCH a toutefois été conduit à donner au ressort une force, dirigée évidemment vers le haut, égale au *double* du poids de la masse.

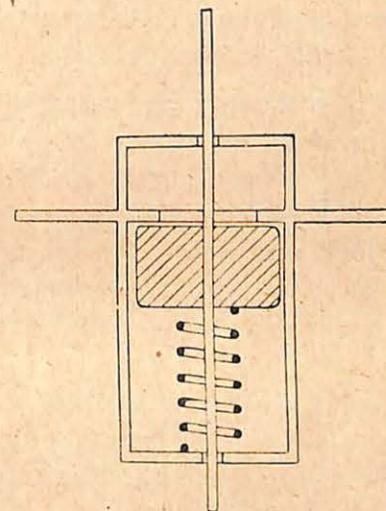


FIG. 3.

L'appareil est monté comme il est indiqué ci-contre. Si P est le poids de la masse, 2 P est l'effort développé par le ressort sur la masse. Cette masse développe donc, sur la butée qui limite sa course vers le haut, un effort P à l'état de repos.

Les déplacements relatifs de la masse et du châssis sont enregistrés.

1° *Etude de l'appareil comme accélérographe.*

Supposons l'appareil soumis à une accélération vers le haut j . La réaction de la masse sur la butée devient :

$$P - \frac{P}{g} j.$$

Elle est positive tant que j reste inférieure à g . Dès que j dépasse g , la masse se sépare de la butée. Si le mouvement uniformément varié se prolonge pendant un temps suffisant, elle prendra une position d'équilibre relatif à une distance x de la butée.

Soit a la constante du ressort; — réaction du ressort pour une flèche 1. — Au point d'équilibre, l'effort développé par le ressort est $2P + ax$. La masse est donc soumise, vers le haut, à un effort

$$2P + ax - P = P + ax$$

et l'on peut écrire

$$P + ax = \frac{P}{g} j.$$

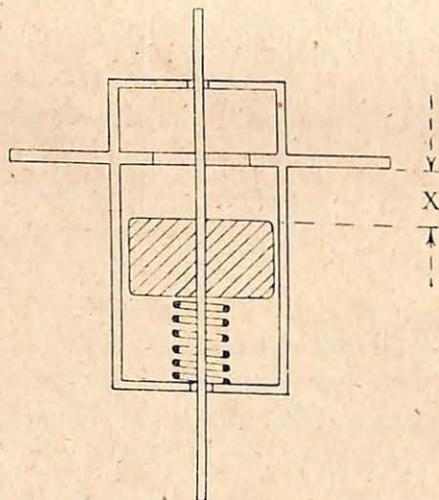


FIG. 4.

$$\text{D'où} \quad x = \frac{P}{a} \left(\frac{j}{g} - 1 \right)$$

$\frac{P}{a}$ n'est autre que la flèche A que prendrait le ressort sous une charge P . Dès lors

$$x = A \left(\frac{j}{g} - 1 \right)$$

Dans l'appareil utilisé par UNDEUTSCH, A vaut 18 millimètres. Pour des valeurs de $\frac{j}{g}$ de l'ordre de 4, x serait de l'ordre de 54 millimètres.

Au cours des essais de parachutes, l'accélération est appliquée à la masse pendant un temps court; la position d'équilibre correspondant à cette accélération ne peut donc être réalisée. Nous n'insisterons pas sur cette question;

2° *Etude de l'appareil comme enregistreur de choc.*

C'est le rôle véritable de l'appareil. Si l'on imprime à celui-ci un choc de bas en haut, la masse se sépare de la butée, puis s'y applique à nouveau sous l'effet du ressort.

Nous avons vu plus haut que l'importance du choc pouvait être exprimée par une hauteur de chute h , l'énergie cinétique d'une masse de poids P étant Ph au moment du choc.

Soient X l'écart maximum de la masse par rapport à la butée, et x une valeur intermédiaire, variable, de cet écart. Au point d'écart x , la tension du ressort est

$$2P + ax$$

et l'énergie emmagasinée dans le ressort est

$$\int (2P + ax) dx$$

Entre la position de contact contre la butée et la position d'écart maximum X , l'énergie emmagasinée vaut donc

$$2PX + \frac{1}{2} aX^2$$

Ceci étant, supposons le châssis au repos, et procédons aux opérations suivantes :

a) chute libre du châssis d'une hauteur h . Le châssis prend une accélération

$$j = -g$$

D'après le 1° ci-dessus, la masse reste en contact avec la butée; la réaction sur la butée devient

$$P - \frac{P}{g} j = 2P.$$

b) arrêt instantané du châssis. La masse poursuit sa descente jusqu'à ce que son énergie cinétique soit absorbée par le ressort. Si donc X est l'écart maximum de la masse, l'on pourra écrire, comme le montre la figure 5

$$Ph + PX = 2PX + \frac{1}{2} aX^2.$$

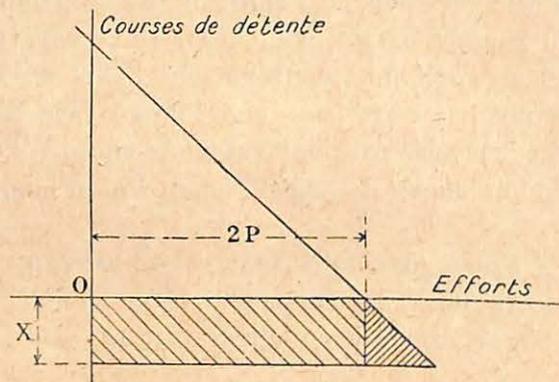


FIG. 5.
Diagramme du ressort.

A l'énergie cinétique de chute Ph doit, en effet, être ajoutée l'énergie PX correspondant à la chute supplémentaire de la masse due à l'élasticité du ressort; relation que l'on peut écrire

$$a X^2 + 2 PX - 2 Ph = 0$$

et qui permet de déterminer h en fonction de X et réciproquement.

On peut encore l'écrire

$$X^2 + 2 A X - 2 A h = 0$$

Pour $h = 0,30$ mètres;

$A = 0,018$ mètres;

$X = 0,087$ mètres.

Remarque : La théorie ci-dessus suppose l'absence de résistances passives, l'emploi de ressorts de poids négligeable, et un châssis parfaitement rigide;

3° *Etude de l'action d'un parachute par l'indicateur de UNDEUTSCH.*

Les essais exigent un chevalement spécial. La cage tombe d'une certaine hauteur, afin de lui donner la vitesse requise. Au moment où cette vitesse est atteinte, un dispositif approprié provoque le déclenchement du parachute. L'indicateur est placé dans la cage.

Pendant la période de chute libre, la butée entraîne la masse.

Pendant la période d'entrée en prise, il se produit un choc, que l'appareil enregistre. Ce choc est dû à la percussion des organes de prise sur le guidage, et à la brusque mise en mouvement des pièces mobiles du parachute.

Dès ce moment, l'accélération vers le haut subie par l'appareil agit. Comme elle agit toutefois pendant un temps court, c'est l'écart dû au choc qui est prépondérant. L'étude analytique de la composition des deux phénomènes ne peut trouver place ici.

Dans ses essais, dont nous reparlerons, UNDEUTSCH a défini la « fatigue » totale subie par l'indicateur, lors de

l'arrêt de la cage, par l'écart maximum enregistré. Lorsque cet écart total est inférieur à la valeur correspondant à une hauteur de chute de 0^m,30, UNDEUTSCH estime que l'arrêt s'est produit sans risquer de blesser gravement le personnel.

C'est là une approximation dont le degré n'est pas strictement fixé. Dans l'état actuel de la question, il semble toutefois difficile de faire mieux.

Théorie du parachute à ressort simple.

Nous adoptons, pour la facilité de l'exposé, le schéma simplifié d'un parachute à prise faciale.

- C cage
- T tige d'attelage
- P organes de prise
- R ressort
- B butée de ressort
- B' butée du parachute.

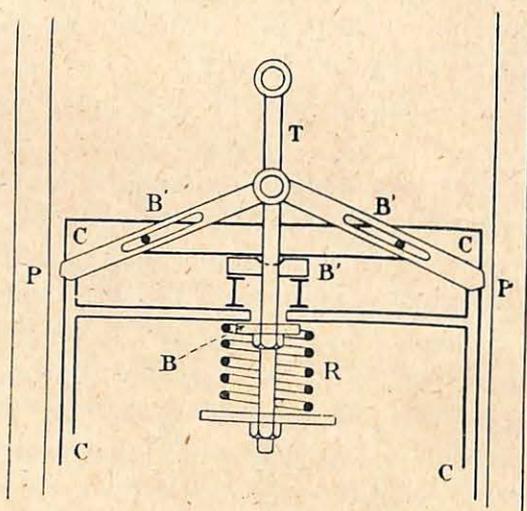


FIG. 6.

Schéma d'un parachute.

La théorie de l'appareil revient au calcul de l'effort de freinage et des éléments du ressort.

La butée de ressort B a pour but d'éviter une compression excessive du ressort, et d'empêcher, en temps normal, le mouvement oscillatoire des organes du parachute.

Hypothèses fondamentales.

1° Le travail de freinage correspond à l'énergie cinétique de la cage. Il est totalement fait abstraction de celle du bout de câble entraîné par la cage.

Le temps de freinage étant court, la cage est arrêtée avant qu'un poids important de câble ait eu le temps de s'amasser sur le toit de celle-ci.

La rigidité du câble semble néanmoins devoir faire craindre un choc supplémentaire, résultant de l'effet d'inertie du câble qui agirait comme une barre verticale.

Il est absolument impossible de soumettre cet effet à l'analyse.

2° L'effort de freinage est supposé constant le long de la course de freinage.

3° Le parachute doit pouvoir supporter, non seulement la cage, mais encore la totalité du poids du câble.

Il est entendu que le câble ne commence à s'amasser sur le toit de la cage qu'après l'arrêt de celle-ci.

Equations fondamentales

1. Détermination de l'effort de freinage.

Soient :

Q le poids d'une cage contenant la charge maximum prévue de personnel.

Q' le poids maximum de câble susceptible de s'amasser sur le toit de la cage.

Le poids du parachute est à répartir entre Q et Q'.

E l'effort de freinage développé par les organes de prise.

e le rapport E/Q — effort unitaire de freinage.

Nous envisageons le cas d'une cage contenant du personnel et non celui d'une cage chargée de produits à extraire. Nous verrons, en effet, que le risque de fonctionnement intempestif des parachutes conduit à verrouiller ces appareils pendant l'extraction des produits. D'autre part, nous considérons le cas d'une cage descendante, qui est le plus défavorable au point de vue de la difficulté d'arrêt.

Soient :

V la vitesse de la cage au moment de l'entrée en prise — elle est un peu supérieure — de 1 à 2 m/sec — à la vitesse au moment de la rupture.

j l'accélération — en valeur absolue — pendant la période de freinage.

L le parcours de freinage.

L'on pourra écrire

$$\frac{V^2}{2g} = L(e - 1)$$

et

$$j = g(e - 1)$$

La cage ayant été arrêtée par absorption de son énergie cinétique, il importe d'éviter que le câble s'amassant sur le toit, puisse la remettre en mouvement. Ceci exige que

$$E > Q + Q'$$

Dès lors

$$e > 1 + \frac{Q'}{Q}$$

A) *Puits profonds*. — Dans le cas des puits profonds, le rapport $\frac{Q'}{Q}$ est susceptible d'une valeur relativement

considérable. Il est utile de rechercher l'ordre de grandeur que les données usuelles lui assignent.

Rapportons ces données à l'unité wagonnet. Nous pouvons, sans grande erreur, admettre les nombres suivants :

| | Par wagonnet Kilogr. |
|--|-------------------------|
| Poids de la cage et de ses attirails | 400 |
| Poids du wagonnet vide. | 250 |
| Charge de pierres. | 600 |
| Charge de charbon | 400 |
| Charge de personnel. | 400 |
| Charge maximum d'extraction. | 1.250 |
| Charge à la patte, charbon | 1.050 |
| Charge à la patte, personnel | 800 |

Considérons le cas de l'emploi d'un câble d'acier résistant à la rupture à 130 kg./mm², extrayant à 1.000 mètres de profondeur. Soit S la section nette — par unité de wagonnet — du câble, supposé à section constante. Admettons un coefficient de sécurité de 9 à l'enlevage.

L'on peut, d'autre part, admettre que le poids linéaire d'un câble correspond à la section droite du métal, multiplié par le coefficient de densité 7,8, et par un coefficient que nous prenons égal à 1,35 et qui tient compte du poids des âmes, de la graisse, du fil de couture, et de l'obliquité des fils.

Exprimant que le coefficient de sécurité à l'enlevage est 9, nous aurons :

$$1.250 + S \cdot 7,8 \cdot 1,35 = \frac{130 S}{9}$$

D'où

$$S = 330 \text{ mm}^2.$$

Le poids du câble sera donné par :

$$330 \cdot 1,35 \cdot 7,8 = 3.500$$

et le rapport :

$$\frac{Q'}{Q} = 4,4.$$

L'emploi d'acier plus résistant est de nature à réduire ce rapport, qui restera toutefois compris entre 3 et 4. Dès lors, e sera de l'ordre de 4 à 5, et j de l'ordre de 4g à 5g. Le freinage est donc extrêmement énergique.

Dans ces conditions, la longueur du parcours d'arrêt est réduite. Pour $V = 7$ m/sec, $e = 5$, l'on trouve :

$$L = 0,63 \text{ m.}$$

La question essentielle est, en pareil cas, de savoir si le personnel peut supporter l'accélération négative correspondant à cet arrêt sur parcours réduit, arrêt caractérisé, en fin de compte, par une valeur de e de l'ordre de 5.

Les essais de UNDEUTSCH répondent à cette question, comme le montre le tableau d'essais reproduit dans la suite de cette étude.

Pour l'étude de tout nouvel appareil, il semble nécessaire de procéder à de tels essais. C'est pourquoi la théorie de l'appareil de UNDEUTSCH a été tant soit peu développée.

B) *Fuits peu profonds.* — Dans le cas des puits peu profonds, l'on commencera par tabler sur une valeur de V de l'ordre de 6 m/sec, et sur un parcours de freinage de l'ordre de 1 mètre. Dans ces conditions, e sera de l'ordre de 3. Si le poids de câble est faible, cette valeur de e assurera un effort suffisant pour supporter le câble amassé sur la cage.

II. Détermination des caractéristiques du ressort. —

Le ressort agit dès que l'effort à la patte descend en dessous de sa tension normale. De plus, il constitue réservoir d'énergie, et libère, par sa détente, l'énergie nécessaire à assurer l'entrée en prise.

1° Diagramme caractéristique du ressort.

En portant en abscisses les tensions du ressort, et en ordonnées les flèches, l'on constitue le diagramme du ressort.

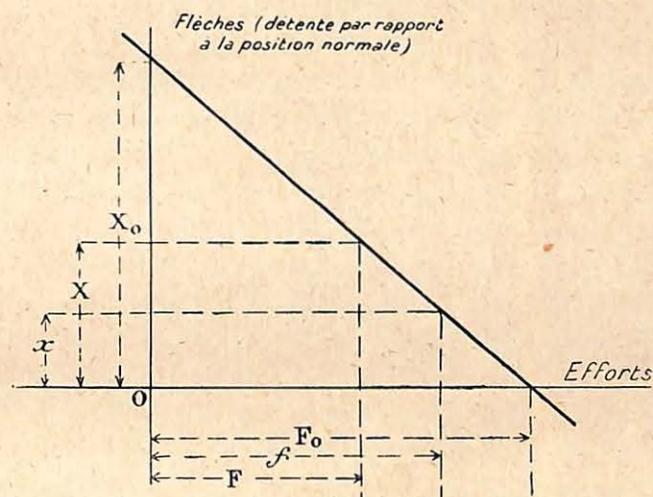


FIG. 7.

Diagramme d'un ressort de parachute.

Nous appellerons :

X_0 la flèche totale du ressort, depuis sa position de détente jusqu'à sa position normale.

X la course du ressort, entre sa position normale et sa position de prise.

x la course du ressort entre sa position normale et un point intermédiaire variable.

F_0 la tension normale du ressort.

F sa tension au moment de la prise.

f sa tension au point correspondant à la course x .

Nous pourrions écrire

$$F = F_0 \left(1 - \frac{X}{X_0}\right)$$

$$f = F_0 \left(1 - \frac{x}{X_0}\right)$$

Appelons Q le poids de la cage, y compris le poids du personnel qu'elle contient, Q' le poids du câble, et posons

$$k = \frac{F_0}{Q}$$

$$k' = \frac{X}{X_0}$$

Nous aurons

$$F = k(1 - k')Q$$

Dans la suite de cette étude, nous aurons en vue le cas d'une cage de poids moyen en service dans un puits profond. Nous admettrons

$$Q = 4000$$

$$Q' = 12000$$

Le rapport

$$\frac{Q'}{Q} = 3$$

ce qui est d'accord avec les chiffres avancés plus haut.

Les conditions essentielles requises sont les suivantes :

La mise en prise se fait par l'intermédiaire de l'énergie du ressort. En fait, une partie de cette énergie est distraite de cette fonction, et sert à rapprocher la cage et le bout de câble. La force du ressort doit être suffisante, pour assurer une *prise franche* et surtout une *prise en un temps court*. Un retard à la prise laisse, en effet, prendre de la vitesse à la cage. De plus, il donne au câble le temps de fouetter les parois du puits, ce qui pourrait amener des efforts importants, capable de s'opposer à la prise. Il faut donc que la force F_0 soit suffisante, et que la force F conserve une valeur relativement élevée. Il importe d'éviter les fonctionnements intempestifs, toujours graves. Il faut, pour cela, que F_0 soit notablement inférieur à Q , en d'autres termes que k soit suffisamment faible, afin d'éviter que de faibles chocs ou oscillations de la cage puissent provoquer le fonctionnement intempestif. Il faut, de plus, laisser constamment un intervalle suffisant entre les organes de prise et les guides, ce qui exige que X soit assez grand.

Nous allons tenter d'exprimer analytiquement ces conditions, en faisant remarquer que ce calcul, basé sur beaucoup d'hypothèses simplificatrices, ne peut être considéré comme rigoureux et peut, tout au plus, être admis en *première approximation*.

III. *Dynamique du parachute* (1). — Nous appliquons aux masses de la cage et du câble les lois de la dynamique, en supposant ces masses uniquement sollicitées par la pesanteur et par leur action mutuelle à la patte.

Le câble est supposé rompu à la bobine, la cage étant près du fond. Prenons l'instant de la rupture comme origine des temps. Appelons x la détente du ressort au temps t . Soient z et z' les espaces parcourus respectivement par la

(1) Cf. CRUSSARD, SELBACH.

cage et le câble entre le temps 0 et le temps t , comptés positivement vers le bas. L'on écrira

$$\frac{Q}{g} \frac{d^2 z}{dt^2} = Q - f.$$

$$\frac{Q'}{g} \frac{d^2 z'}{dt^2} = Q' + f.$$

Par réduction et soustraction, l'on en tire

$$\frac{d^2 (z - z')}{dt^2} = fg \left(\frac{1}{Q} + \frac{1}{Q'} \right)$$

$z - z'$ est visiblement égal à x .

D'autre part,

$$f = F_0 \left(1 - \frac{x}{X_0} \right).$$

Dès lors, l'on peut écrire

$$\frac{d^2 (X_0 - x)}{dt^2} = \frac{gF_0}{X_0} (X_0 - x) \left(\frac{1}{Q} + \frac{1}{Q'} \right)$$

équation différentielle du second ordre, montrant que la variation de $X_0 - x$ est sinusoïdale.

En posant

$$X_0 - x = y$$

$$\frac{gF_0}{X_0} \left(\frac{1}{Q} + \frac{1}{Q'} \right) = a^2$$

l'intégration de cette équation donne

$$y = X_0 \cos at.$$

La durée T de la détente est donnée par la relation

$$X_0 - X = X_0 \cos aT$$

et

$$T = \frac{1}{a} \arccos (1 - k')$$

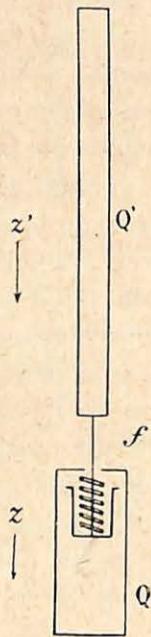


FIG. 8.

L'équation du mouvement de la cage, intégrée entre 0 et T , donne immédiatement la valeur du supplément de vitesse v pris par la cage pendant la période d'entrée en prise :

$$v = gT - \frac{gF_0}{aQ} \sin aT$$

relation qui, développée, devient

$$v = \sqrt{\frac{g}{kk' \left(1 + \frac{Q}{Q'} \right)}} [\arccos (1 - k') - k \sqrt{1 - (1 - k')^2}]$$

C'est l'équation fondamentale de la théorie du parachute.

IV. *Discussion de la valeur de k' .* — Une valeur excessive de k' risque d'affaiblir dangereusement l'effet du ressort en fin de course, précisément au moment où son effet devient utile. Une valeur trop faible de k' risque de provoquer, avec un ressort de proportions normales, une mise en prise intempestive par manque de jeu entre guides et organes de prise en position normale.

C'est à juste titre que les constructeurs adoptent des valeurs de k' différant peu de 1/2. Nous adopterons successivement.

$$k' = 0,4$$

$$k' = 0,6$$

V. *Discussion de la valeur de X .* — Une valeur exagérée de X ralentira le fonctionnement du parachute, comme le montre la formule générale. Une valeur trop faible de X exigerait une construction trop ajustée, ce qui pourrait donner lieu à des prises intempestives, comme il est dit ci-dessus.

L'on est amené, dans la pratique, à donner à X des valeurs ne dépassant pas 0,10 m.

Remarque : comme

$$k' = \frac{X}{X_0}$$

l'on voit que X_0 sera, dans ces conditions, de l'ordre de 0,20 m. C'est bien ce qui est réalisé dans les grands parachutes pour cages lourdes.

VI. Discussion de la valeur admissible pour v .

Nous supposons que la vitesse maximum fixée est de 6 m/sec. pour la translation du personnel. Nous admettons que la vitesse effectivement réalisée est de 10 % inférieure à cette limite, soit de 5,50 m/sec. Une cage descendante, animée de cette vitesse, et pesant 4.000 kilogrammes, possède une énergie

$$\frac{4.000}{2 \times 9,8} \times 5,5^2 = 6.200 \text{ kilogrammètres.}$$

Cette énergie est appréciable. Elle augmente, pendant la période d'entrée en prise, et devient

$$\frac{4.000}{2 \times 9,8} (5,5 + v)^2$$

à la fin de cette période.

Si l'on s'astreint à limiter à 50 % l'accroissement de l'énergie cinétique pendant la période d'entrée en prise, l'on posera

$$\frac{5,5 + v}{5,5} = \sqrt{1 + 0,50}.$$

D'où

$$v = 1,24 \text{ m/sec.}$$

En réalité le calcul ci-dessus néglige de tenir compte des effets d'inertie des pièces du parachute, des frottements, des jeux de construction, etc. Il est donc légitime, afin de

se couvrir de tout aléa, de ne tolérer pour v qu'une fraction de la valeur ci-dessus calculée — 50 % par exemple — Ceci nous conduit à admettre

$$v = 0,62 \text{ m/sec.}$$

VII. Calcul de k par la considération de la rapidité d'entrée en prise.

En introduisant, dans la formule fondamentale

$$X = 0,10$$

$$1 + \frac{Q}{Q'} = 1,33$$

$$v = 0,62$$

et en admettant successivement

$$k' = 0,4$$

$$k' = 0,6$$

il vient :

$$k = 0,67$$

$$k = 0,75$$

Nous justifions ainsi par le calcul les données admises par la plupart des auteurs.

Conclusion. — L'emploi des cages lourdes et de vitesses notables augmentant beaucoup l'énergie que le parachute doit absorber lors de l'arrêt, il est essentiel de réaliser une entrée en prise rapide, ce qui exige pour k des valeurs de l'ordre de 0,6 à 0,8.

Ces valeurs ont été mises en avant par le prof. HERBST dans les discussions de la Commission prussienne.

VIII. Calcul du coefficient k par la considération de la prévention des mises en prise intempestives. — La force du ressort doit être suffisamment faible, afin d'éviter que, par



l'effet d'une accélération accidentelle vers le bas, le parachute entre en prise.

Appelons j l'accélération de la cage vers le bas, et R la réaction de la butée de la tige de parachute sur la cage, réaction dirigée vers le haut, supposant ainsi le parachute en position normale. L'équation du mouvement de la cage s'écrit

$$\frac{Q}{g} j = Q - R - F_0$$

D'où

$$R = Q \left(1 - k - \frac{j}{g} \right)$$

Dès que j dépasse la valeur $g(1 - k)$, la réaction R passe par 0, la butée se sépare de la cage et le parachute entre en prise.

FIG. 9.

L'on établit aisément le tableau ci-dessous :

| | | | | |
|-------|------|------|------|------|
| $k =$ | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| $j =$ | 7,85 | 5,90 | 3,94 | 1,96 |

La difficulté pratique est d'évaluer le j_{\max} à craindre. Il ne s'agit pas, en effet, d'accélération normales, mais bien d'accélération accidentelles, surtout à craindre pour la cage descendante, qui est précisément sujette au danger de la mise en prise intempestive. Ces accélérations sont principalement dues :

Aux chocs imprimés par le guidage.

Aux serrages partiels de la cage dans ses guides. Cet effet peut entraîner le fonctionnement intempestif, alors que, sans parachute, il serait insuffisant à arrêter la cage.

Aux oscillations élastiques du câble, notamment en cas de freinage brusque.

La prédétermination du j_{\max} à craindre échappe donc au calcul. La question devrait être résolue par l'expérience, au moyen d'enregistreurs d'inertie. La solution apportée par ces appareils serait encore incomplète. Les accélérations accidentelles agissent, en effet, non seulement par leur grandeur, mais aussi par leur durée d'application à la cage. Des expériences directes, poursuivies dans des puits équipés — et non dans des châssis d'essai — paraissent seules à même de résoudre cette question.

A défaut de données expérimentales, l'on peut noter que des accélérations normales de 2 m/sec^2 à l'enlevage sont envisagées dans le calcul de certaines machines d'extraction. Il semble légitime, dans ces conditions, de mettre le parachute à l'abri de tout accident pour des accélérations accidentelles et anormales de 6 m/sec^2 à la patte du câble (1). Dans ces conditions, la valeur maximum de k est de 0,4.

Les constructeurs de l'étranger insistent particulièrement sur la nécessité de réduire k . La firme MUNZNER, se basant sur des recherches personnelles non publiées, faisait demander à la Commission prussienne de limiter supérieurement k à 0,3.

Conclusion. — La prévention du redoutable danger de la prise intempestive amène à prévoir l'emploi de ressorts faibles.

Cette pratique provoquera une mise en prise lente, ce qui risquera d'entraver le fonctionnement normal du parachute.

Conclusion générale. — Il n'existe pas de parachute à simple ressort qui soit, à la fois, assuré d'un fonctionnement correct et à l'abri du risque de fonctionnement intempestif.

(1) D'après SCHOENFELD, des accélérations accidentelles de cet ordre auraient été relevées expérimentalement.

Tout parachute efficace est sujet au fonctionnement intempestif. Il y est d'autant plus sujet qu'il est plus efficace, c'est-à-dire qu'il est capable d'arrêter une cage dans des conditions spécialement dures.

Résultat des essais de parachutes

Nous avons vu que, dans le cas de puits profonds, l'effort de freinage était relativement considérable, le coefficient e pouvant atteindre des valeurs de l'ordre de 4 et 5.

La théorie ne peut indiquer si un freinage aussi énergique peut s'effectuer sans danger pour le personnel de la cage. Nous avons parlé du dispositif expérimental de UNDEUTSCH et de son appareil indicateur.

Bien que les essais de UNDEUTSCH aient été effectués au châssis d'expérience, partant dans des conditions s'écartant sensiblement de celles de la pratique, il est intéressant de citer quelques résultats obtenus :

| 1 ^{re} Série. — Q = 1.449 kg. | | Essai 3 | Essai 7 | |
|--|--------|----------|----------|----------|
| Vitesse initiale | m/sec. | 2,50 | 5,40 | |
| Prise des couteaux | mm. | 34 | 35 | |
| Parcours de freinage | m. | 0,075 | 0,315 | |
| Hauteur figurative du choc | » | 0,217 | 0,270 | |
| Effort unitaire e | | 5,33 | 5,74 | |
| Effort total E | kg. | 7728 | 8326 | |
| 3 ^{me} Série. — Q = 2.927 kg. | | Essai 20 | Essai 23 | Essai 24 |
| Vitesse initiale | m/sec. | 2,56 | 5,38 | 5,43 |
| Prise des couteaux | mm. | 38 | 36 | 26 |
| Parcours de freinage | m. | 0,146 | 0,616 | 0,993 |
| Hauteur figurative du choc | » | 0,066 | 0,103 | 0,046 |
| Effort unitaire e | | 3,28 | 3,39 | 2,51 |
| Effort total E | kg. | 9604 | 9926 | 7353 |

Ce tableau montre que l'effort de freinage varie peu lorsque la pénétration des couteaux reste constante. Il montre aussi que de grandes valeurs de e peuvent être réalisées sans choc excessif.

C. — Théorie des parachutes spéciaux

Inconvénients spécifiques du parachute ordinaire.

La nécessité d'éviter le risque de mise en prise intempestive oblige le constructeur à employer des ressorts faibles, et à laisser un jeu important entre le guide et l'organe de prise.

Il en résulte une prise fortement ralentie, par le fait que le ressort est faible et que le déplacement de la tête de ce ressort est grand.

Cette difficulté tient, en somme, au fait que c'est le ressort qui est le réservoir d'énergie utilisé lors de la mise en prise.

Parachutes à vis.

Dans ces appareils, l'on met l'énergie de la cage descendante à contribution, aussitôt la rupture du câble. Dans l'appareil type, des roues légères sont mises rapidement en contact du guide, qui les entraîne. Cet entraînement provoque la manœuvre de coins de serrage.

Ce principe doit être considéré comme faux. En effet, la fin de la mise en prise est systématiquement retardée. Il n'est pas possible, par un tel dispositif, de réaliser la mise en prise complète en un temps de l'ordre du 1/5 de seconde, ce que réalisent couramment les parachutes ordinaires.

Nous n'insisterons pas davantage sur ces appareils.

Parachutes à ressort déclancheur.

Le parachute comporte encore un ressort d'attelage. Toutefois, le rôle de ce ressort est simplement de permettre la commande d'un accumulateur d'énergie distinct — ressort spécial — ou d'un transformateur d'énergie — gaz comprimés.

Rien n'est changé au calcul de l'effort de freinage.

La détermination de la limite supérieure du coefficient k en vue d'éviter la prise intempestive par les effets d'inertie est identique à celle effectuée pour le parachute à ressort simple. Nous en concluons qu'il n'est pas désirable de dépasser de beaucoup 0,4 comme valeur de ce coefficient.

L'étude relative à la valeur minimum de k exigée par la nécessité de l'action rapide est à reviser. Les organes de prise sont relativement légers, indépendants de la masse de la cage et du câble, et susceptibles d'être commandés par un déclanchement très puissant. Leur fonctionnement sera donc très rapide. Nous négligerons, en première approximation, la durée de ce fonctionnement. Nous pourrions donc calculer le supplément de vitesse v comme dans le cas du parachute simple, d'après les éléments du ressort de suspension, dont l'inertie des masses en jeu tend encore à ralentir le fonctionnement.

Valeur des coefficients :

Nous adoptons encore

$$v = 0,62$$

$$1 + \frac{Q}{Q'} = 1,33$$

L'idée immédiate est de mettre à profit l'indépendance des courses des deux ressorts pour réduire celle du ressort de suspension. X pourra être réduit de 0^m,10 à 0^m,05, par exemple, sans compromettre la sécurité de fonctionnement de l'appareil.

Il reste à voir la valeur à donner à k' . Il y a intérêt à réduire k' pour augmenter la rapidité de prise, ainsi que le calcul du parachute à ressort simple l'a démontré. La condition d'un jeu suffisant entre le guide et l'organe de prise disparaissant, l'on peut adopter, toutes choses égales d'ailleurs, des valeurs réduites de k' . Il semble logique

d'adopter, dans ces conditions, un ressort comparable à celui du parachute ordinaire, possédant donc le même X_0 . Comme X est réduit de moitié, k' sera réduit de moitié. Nous prendrons donc $k' = 0,2$ et $k' = 0,3$.

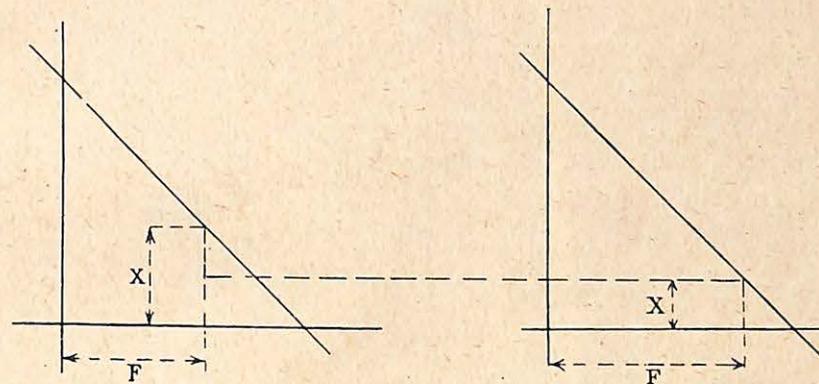


FIG. 10.

Diagramme de fonctionnement.

a) Ressort simple.

b) Ressort déclancheur.

Le graphique ci-dessus montre bien que la valeur moyenne de la force du ressort est relevée de ce chef. La course étant réduite, l'on est en droit d'espérer un fonctionnement accéléré du parachute.

L'équation fondamentale, résolue par rapport à k , donne dans ces conditions :

$$\begin{array}{ll} \text{pour } k' = 0,2 & k = 0,52 \\ k' = 0,3 & k = 0,53 \end{array}$$

L'écart entre ces valeurs et celles — de l'ordre de 0,4 — que l'on ne peut dépasser sans risquer la mise en prise intempestive par les effets d'inertie est réduit. L'incompatibilité essentielle caractérisant le parachute à ressort simple est donc fortement atténuée par l'emploi du parachute à ressort déclancheur.

Correction du temps de mouvement des organes de prise. — Evaluons, en seconde approximation, à 1/30 de

seconde la durée du mouvement des organes de prise. Pendant ce temps, la cage prend un supplément de vitesse de $9,8/30 = 0,33$ m/sec. Si l'on persiste à limiter à 0,62 l'accroissement de vitesse admissible, l'on trouve pour k des valeurs du même ordre que celles trouvées pour le parachute à ressort simple. En raison de l'existence d'un accumulateur d'énergie, les raisons qui nous ont amenés à passer de 1,24 à 0,62 ont moins de valeur. Nous pourrions, par exemple, admettre 0,93 de vitesse supplémentaire totale, soit :

$$0,93 - 0,33 = 0,60$$

de supplément de vitesse v .

En introduisant cette nouvelle valeur dans l'équation fondamentale, l'on trouve :

$$\begin{array}{ll} \text{pour } k' = 0,2 & k = 0,53 \\ \text{pour } k' = 0,3 & k = 0,54 \end{array}$$

Nous nous rapprochons beaucoup de la limite de 0,4 qu'il est désirable d'atteindre. Il serait possible de s'en approcher davantage en réduisant encore X . On est toutefois limité dans cette voie. Un jeu trop faible du ressort de suspension risquerait de compromettre le fonctionnement de l'appareil, du fait de la présence de corps étrangers, toujours à craindre dans un appareil dépendant directement de l'attelage du câble (poussières, cambouis, etc.).

Conclusion. — Le parachute à ressort déclancheur, du fait de sa prise franche et rapide, due elle-même à l'emploi d'un réservoir d'énergie approprié, est notablement supérieur au parachute à ressort simple.

Toutefois, l'on ne peut dire que ces appareils soient complètement satisfaisants. La nécessité de réaliser une course de ressort assez importante et une prise rapide oblige encore, en effet, à employer des ressorts un peu forts.

Ces appareils ne sont pas encore entrés dans la pratique. Nous renvoyons, à titre d'exemple, à la description du type SCHOENFELD.

Ces appareils sont de construction assez complexe. Le contrôle du ressort de suspension est assez aisé. Par contre, le ressort moteur, attaquant violemment les organes de prise, est plus difficilement contrôlable.

Quoi qu'il en soit, ces appareils paraissent justifier des recherches nouvelles, qui permettraient de pallier à leurs inconvénients.

Suppression du ressort de suspension.

La raison des difficultés rencontrées dans l'application des systèmes ci-dessus décrits est la nécessité d'employer de forts ressorts. Cette nécessité résulte elle-même du fait que le ressort de suspension doit rapprocher rapidement le câble de la cage, et ce d'une longueur égale à sa course normale.

En somme, le ressort utilise indirectement les forces appliquées à la cage.

L'on s'est proposé de supprimer l'attelage à ressort, et d'utiliser, soit la *vitesse* de la cage, soit son *accélération*.

Utilisation de la vitesse de la cage.

Une palette, sensible à la résistance de l'air, est fixée à la cage. En cas de chute, l'exagération de la vitesse provoque l'effacement de la palette, et le déclanchement des organes de prise.

La prise devant être évitée en temps normal, l'appareil ne fonctionnera pas aussitôt après la rupture. Un accroissement important de vitesse est donc délibérément provoqué avant l'entrée en prise de l'appareil.

Ce qui a été dit plus haut montre combien le principe est essentiellement faux. Pourtant, des inventeurs n'ont pas hésité à le préconiser.

Utilisation de l'accélération subie par la cage.

Ce principe est beaucoup plus rationnel. En effet, dès la rupture, la cage prend une accélération égale à g , aux frottements près. Un peu plus tard, le fouettement du câble contre les parois du puits peut engendrer d'importants efforts. Toutefois, si le parachute est à prise suffisamment rapide, cette importante cause de mise en défaut peut être combattue.

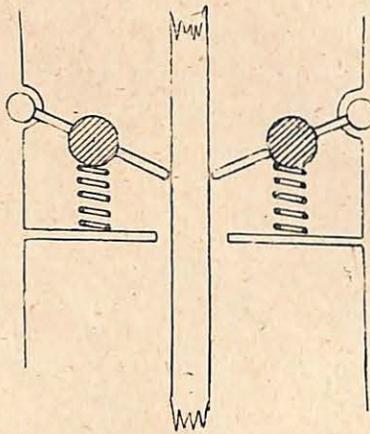


FIG. 11.

Parachute Calow.

Dans l'ancien parachute de CALOW, figuré schématiquement ci-contre, l'inertie agissait directement sur les organes de prise. L'énergie mobilisée lors de la prise était nécessairement réduite, et au surplus des plus variables. Enfin, la course des organes de prise ne pouvant descendre sous une certaine limite, le fonctionnement de ce parachute était essentiellement lent.

La solution rationnelle de la question consiste à utiliser un appareil accélérométrique, et à faire commander, par cet appareil, le déclenchement de l'accumulateur ou du transformateur d'énergie actionnant les organes de prise.

Les efforts que peut mettre en jeu un accéléromètre étant réduits, l'on est conduit à rejeter l'emploi d'un ressort accumulateur, et à préconiser l'usage de gaz comprimés, qui peuvent être mis en jeu par l'action d'une soupape équilibrée. Ces gaz agiront sur les organes de prise par l'intermédiaire de pistons.

Théorie de l'accéléromètre. — Le principe rappelle celui de l'indicateur de UNDEUTSCH. Toutefois, l'appareil doit être disposé pour être sensible aux accélérations vers le bas.

Il comporte un cylindre creux constituant l'équivalent du châssis, et dans lequel peut coulisser une masse de poids Q . Adoptons, pour les éléments du ressort, les notations admises pour le ressort de suspension des parachutes.

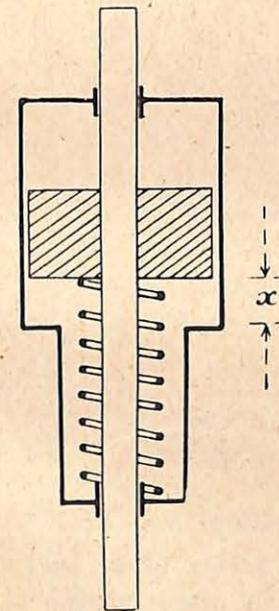


FIG. 12.

Accéléromètre déclancheur.

Prenons comme origine des temps l'époque de la rupture, et admettons les mêmes hypothèses simplificatrices que dans l'étude dynamique du parachute à ressort. Au temps t , nous écrirons, en appelant z et z' les déplacements respectifs de la masse et du châssis vers le bas

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = g - \frac{gf}{Q}$$

$$\frac{d^2 z'}{dt^2} = g$$

$$\frac{d^2 (z - z')}{dt^2} = \frac{gf}{Q}$$

$$f = F_0 \frac{X_0 - x}{X_0}$$

Remarquant que

$$z' - z = x$$

et posant

$$X_0 - x = y$$

$$\frac{gF_0}{QX_0} = a^2$$

l'on trouve

$$y = X_0 \cos at$$

Le temps T nécessaire au ressort pour parcourir sa course X sera

$$T = \frac{1}{a} \arccos \left(1 - \frac{X}{X_0} \right)$$

Posant

$$\frac{F_0}{Q} = k$$

$$\frac{X}{X_0} = k'$$

il vient

$$T = \sqrt{\frac{X}{gkk'}} \arccos (1 - k')$$

Ces formules diffèrent peu de celles établies pour les parachutes à ressort simple.

Mises en prises intempestives. — Supposons que, le câble n'étant pas rompu, la cage subisse une accélération j vers bas. Le châssis la suit dans son mouvement. Supposons que la masse reste au contact de la butée, et soit R l'effort — vers le haut — de la butée sur la masse.

L'équation du mouvement de la masse est

$$\frac{Q}{g} j = Q - R - F_0$$

Pour que le parachute ne fonctionne pas, il faut que

$$R > 0$$

et par conséquent

$$j < g(1 - k)$$

C'est la même condition que celle qui concerne les parachutes à ressort simple. Nous sommes amenés à conclure que, dans tous les cas, si l'on veut éviter le fonctionnement intempestif lors d'accélération accidentelles de l'ordre de 6 m/sec², il faut que k ne dépasse pas notablement 0,4.

Condition de rapidité de prise. — Comme plus haut, nous tablerons sur une durée de 1/30 de sec. pour le déplacement des organes de prise, ce qui correspond à un supplément de vitesse de 0,33 m/sec. Nous avons dit qu'il était désirable de limiter le supplément total à 1,24.

Dans le présent cas, nous n'avons pas à prendre une fraction de ce chiffre. Le retard des organes de prise, 1/30 de seconde, est introduit. Le retard de l'accélérographe va être calculé. Par conséquent, nous pouvons dire que le supplément de vitesse admissible pendant la marche de l'accélérographe est

$$v = 1,24 - 0,33 = 0,91 \text{ m/sec.}$$

La cage n'est plus suspendue à un ressort déformable, mais directement à la patte. En cas de rupture son mouvement est donc, aux frottements près, uniformément accéléré de g . Le supplément de vitesse de 0,91 sera réalisé en un temps

$$T = \frac{0,91}{9,8} = 0,093 \text{ sec.}$$

C'est précisément la valeur à donner à la durée de fonctionnement de l'accélérateur. Nous écrivons donc

$$\sqrt{\frac{X}{gkk'}} \arccos(1 - k') = 0,093$$

Nous allons en déduire X. Nous adopterons k de l'ordre de 0,4. Pour k' , nous prendrons les valeurs 0,4 et 0,6 — nous verrons que k' est sans grande influence sur X. — Nous trouvons, tous calculs faits :

| | |
|-----------------|----------------------|
| pour $k' = 0,4$ | $X = 16$ millimètres |
| $k' = 0,6$ | $X = 15$ » |

Ces valeurs de X sont faibles. Elles sont toutefois suffisantes pour permettre à un appareil de construction précise et ne dépendant pas de l'attelage de la cage, de manœuvrer une soupape d'admission d'air, soupape à laquelle on peut donner une grande section.

Conclusion. — Grâce à la possibilité de réduire à une faible valeur la course de l'appareil, les parachutes accélémétriques paraissent résoudre le problème difficile, consistant à concilier la rapidité de prise et la sécurité vis-à-vis des prises intempestives.

Toutefois ces appareils, de construction complexe, ne sont pas encore répandus dans la pratique. Or, il leur faudrait la sanction d'un large emploi industriel. L'on peut craindre, en effet, leur grande sensibilité vis-à-vis d'accéléérations de peu de durée. Le sujet, comme nous l'avons dit plus haut, devrait faire l'objet d'études nouvelles.

En somme, le moins que l'on puisse dire est que la question des parachutes spéciaux n'est pas encore au point.

Conclusion générale.

1. L'on ne peut compter sur les parachutes pour guides unilatéraux.

2. Il n'est pas prouvé qu'il existe des parachutes progressifs pour guides bilatéraux en fer.

3. Il existe des parachutes progressifs pour guides bilatéraux en bois. Toutefois, leur installation correcte exige, dans les puits profonds notamment, des guidages spécialement résistants — beaucoup plus résistants que l'exige le guidage proprement dit des cages.

4. Les parachutes industriellement répandus, même les plus perfectionnés, présentent le risque grave du fonctionnement intempestif. Ils le présentent d'autant plus qu'ils sont à action plus rapide.

5. Une voie de recherche est ouverte dans le domaine des parachutes à ressort déclancheur et des parachutes accélémétriques. La question n'est toutefois pas encore au point.

D. — Inconvénients particuliers des parachutes.

Outre l'inconvénient fondamental du risque de fonctionnement intempestif, les parachutes présentent les inconvénients suivants :

Dépendance stricte du guidage. — En cas de déraillement de cage, le parachute devient toujours inefficace, puisqu'il perd son point d'appui.

L'étude des accidents survenus en Belgique de 1900 à 1921 montre toutefois que, sur 12 accidents — 30 morts — où l'emploi des parachutes eût pu jouer un rôle, *un seul* — Sacré-Madame, 1911, 3 tués — présente le cas d'une cage déraillant avant la rupture du câble.

Le parachute engendre une fausse impression de sécurité, ce qui tend à faire employer des matériaux de second

ordre et à faire relâcher la surveillance. — Cette question a été beaucoup discutée. Les partisans des parachutes objectent que, le parachute constituant un dispositif supplémentaire de sécurité, il doit être veillé à l'observance stricte des autres mesures de précaution.

Les adversaires de ces appareils font remarquer qu'en fait, il n'en est pas toujours ainsi. Ils invoquent à l'appui de cette remarque le fait qu'en Angleterre, où l'on a acquis, notamment au point de vue du choix des aciers pour câbles, une expérience de premier ordre, la question du parachute se pose d'une façon moins irritante qu'en Allemagne, où les câbles métalliques ont donné des mécomptes pendant une longue période.

L'emploi rationnel des parachutes exige l'emploi de tiges d'attelage. — Cette disposition, qui implique les manœuvres à cordes tendues, est nécessitée par l'emploi de courses de ressort très réduites, ce qui exige une construction ajustée incompatible avec l'emploi de chaînettes d'attelage.

La suppression des chaînettes exige, en fait, la suppression des taquets, afin d'éviter la fatigue de la patte. Cette dernière disposition n'est guère compatible avec les appareils d'enroulement à rayon variable — bobines, tambours non cylindriques — qui s'opposent à l'exécution, sans taquets, des manœuvres simultanées au fond et au jour.

En somme, le parachute convient bien aux installations à tambours cylindriques, à attelages par tiges, et manœuvres sans taquets. Cette disposition évite aussi l'inconvénient de l'appui des organes de prise sur les guides, à chaque mise sur taquets.

E. — Données statistiques sur l'efficacité des parachutes.

Nous extrayons des statistiques allemandes les données suivantes :

Période 1900-1919.

| SYSTÈME | Nombre de cas de fonctionnement | | % de cas de fonctionnement correct |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------|------------------------------------|
| | correct | incorrect | |
| Hoppe | 7 | 1 | 87 |
| Kania et Kuntze | 14 | 3 | 82 |
| Munzner-Undeutsch | 36 | 9 | 80 |
| White-Grant-Fontaine. | 7 | 2 | 77 |
| Fontaine. | 9 | 6 | 60 |
| A griffes | 13 | 8 | 62 |
| Braun | 8 | 6 | 57 |
| White-Grant | 68 | 57 | 54 |
| A coins | 6 | 6 | 50 |
| A excentriques | 27 | 46 | 37 |
| Libotte | 4 | 7 | 36 |
| Eigemann | 6 | 11 | 35 |
| Hypersiel | 1 | 7 | 12 |
| « Divers » | 20 | 20 | 50 |
| Totaux et moyennes. | 226 | 189 | 54 |

Les parachutes de HOPPE, MUNZNER-UNDEUTSCH, KANIA et KUNTZE, qui se classent en tête, ont comme caractéristique commune le haut degré de perfection de leurs organes de prise.

DEUXIÈME PARTIE.

Aspect de la question à l'étranger.

FRANCE.

Les parachutes y sont obligatoires. Dans certaines régions cependant, des dérogations dispensent de leur emploi, pour les installations BRIART, et dans les puits déviés.

Nous ferons remarquer qu'en France, beaucoup de puits d'extraction récemment établis, puissamment équipés, peu profonds, non déviés, se prêtent fort bien à l'emploi des parachutes.

PRUSSE.

Les parachutes y sont obligatoires.

L'on y a récemment remis la question en discussion. La conclusion *littérale* de cette discussion a été la suivante : Il y a lieu de maintenir l'obligation. L'on reconnaît les inconvénients et les dangers présentés par ces appareils, mais l'on est d'accord pour admettre que, les parachutes étant obligatoires, ce serait prendre une trop grave responsabilité que de rapporter cette obligation.

En Prusse également, les conditions de l'ensemble des installations sont nettement favorables à l'installation des parachutes. Les installations avec tiges d'attelage et suppression des taquets sont nombreuses.

Statistiques. — De 1890 à 1902, dans le seul district de Dortmund, il est survenu 10 cas où les parachutes sont entrés en action lors de la translation du personnel. Ils ont fonctionné correctement dans 6 cas, sauvant la vie à 38 à 40 ouvriers. Dans 1 cas, ils ont fonctionné incorrectement. Dans 3 cas, ils ont fonctionné intempestivement, sans causer d'accident de personnes.

Ces chiffres sont nettement en faveur des parachutes, mais ils ne prouvent pas en faveur des câbles.

De 1910 à 1913, il est survenu, en Prusse, 69 accidents (accidents de personnes et accidents matériels) — dont 6 pendant la translation du personnel, — ayant nécessité l'entrée en action des parachutes. Dans 3 cas, les parachutes ont correctement fonctionné, sauvant la vie à 4 ouvriers. Par contre, les parachutes ont fonctionné intempestivement 74 fois, dont 18 pendant la translation du personnel. *L'un de ces accidents a causé la mort de 4 personnes, en a blessé grièvement 4 et légèrement 4.*

Il résulte des statistiques d'ensemble que les parachutes fonctionnent une cinquantaine de fois sur 100 cas où leur fonctionnement eût été requis. En plus, pour ces 100 cas, il y en a 70 environ où les parachutes fonctionnent intempestivement.

PAYS BAS.

La réglementation s'y inspire de la réglementation prussienne. Les parachutes y sont obligatoires en fait.

ANGLETERRE.

L'on y est foncièrement hostile au principe même du parachute. L'on considère que la base de la sécurité de la translation est la bonne qualité et la bonne mise en œuvre des matériaux des câbles et attaches, ainsi que leur surveillance attentive. L'on estime que cette base étant assurée, les accidents seront rares, et tellement rares que les conséquences des accidents par fonctionnement intempestif suffiraient, et au delà, à neutraliser l'effet des parachutes en cas de rupture de câble.

L'on objecte d'ailleurs que l'attelage rigide fatigue beaucoup les cordes, les cages et même les guides en cas de charge dissymétrique des cages. L'on fait enfin valoir le haut degré de sécurité effectivement réalisé dans la translation par câbles.

Il faut remarquer que les guides cordes, très répandus en Angleterre, ne se prêtent pas à l'emploi des parachutes. L'on considère que la solution consistant à remplacer les guides cordes par des guides en bois pour permettre l'application des parachutes, solution préconisée en Allemagne, constitue une erreur complète.

Statistiques. — L'on signale, de 1898 à 1908, 13 accidents (32 tués), dont 5 (8 tués) n'eussent pu être évités par l'emploi éventuel de parachutes. Les parachutes fonctionnant, en moyenne, dans la moitié des cas, leur emploi généralisé eût sauvé une douzaine de personnes en 10 ans.

L'on estime toutefois que l'emploi généralisé de ces appareils eût provoqué de nombreux accidents inhérents à cet emploi. L'on signale 1 accident (2 tués) dû à l'emploi des parachutes. Si l'on considère que cet emploi est actuellement exceptionnel, l'on doit admettre que cet emploi, supposé généralisé, provoquerait de nombreux accidents par lui-même.

Remarque. — L'on rapprochera utilement les deux données suivantes :

1° En 12 ans, dans le seul district de Dortmund, les parachutes ont pu sauver une quarantaine d'ouvriers ;

2° En 10 ans, dans la totalité des houillères anglaises, les parachutes, supposés appliqués, n'eussent eu à sauver qu'une douzaine d'ouvriers.

L'on doit logiquement en conclure à la supériorité marquée des installations anglaises, au point de vue de la sécurité.

L'on peut, non moins logiquement, en conclure que c'est en Allemagne, et non en Angleterre, que l'on doit s'attendre à voir défendre le principe de l'obligation des parachutes. Il convient de remarquer aussi que la sécurité de la translation dans les mines allemandes s'est notablement relevée dans les dernières années. De 1901 à 1909, il

est survenu, en moyenne et par an, 19 accidents dus aux ruptures de câbles ou d'attaches.

Cette moyenne de 19 est tombée à 10 pour la période 1910-1919.

Dans ces conditions, l'on conçoit que la question de l'obligation des parachutes en Allemagne soit sérieusement remise en discussion.

TROISIÈME PARTIE.

Aspect de la question en Belgique.

CHAPITRE PREMIER.

Conditions locales au point de vue de l'emploi des parachutes.

Nous rappellerons sommairement ici quelques caractéristiques des installations belges considérées en général, et leurs relations avec les possibilités d'emploi des parachutes dans de bonnes conditions :

a) *Puits anciens.* — Beaucoup de puits belges sont anciens, et par conséquent relativement étroits. Les guidages et traverses sont souvent en rapport avec les dimensions du puits. Si cet équipement peut suffire à assurer la sécurité de l'extraction et de la translation du personnel, il arrivera fréquemment — nous parlons ici d'expérience personnelle — qu'il ne puisse suffire de support éventuel aux puissants parachutes nécessaires aux grandes profondeurs ;

b) *Puits profonds.* — De tels puits nécessitent des appareils d'extraction rapides et des câbles lourds. Ces deux circonstances exigent l'emploi de parachutes puissants et perfectionnés, et de guidages résistants ;

c) *Puits déviés.* — Les puits anciens et profonds présentent souvent d'appréciables déviations. Il en résulte, en marche, des effets d'inertie pouvant provoquer le fonctionnement des parachutes. D'autre part, le risque de déraillement, rendant illusoire l'efficacité des parachutes, est augmenté.

L'état général de certains puits justifie fréquemment l'emploi de cages très souples. L'on y conçoit difficilement l'installation de parachutes de précision.

d) *Emploi fréquent des bobines d'extraction, des taquets et des chainettes d'attelage.* — Nous avons vu que ces con-

ditions étaient défavorables à l'emploi de parachutes. Or, elles se rencontrent fréquemment en Belgique, où la profondeur justifie la vogue de la bobine, et, partant, des taquets et chainettes.

e) *Type des guidages.* — Un récent relevé a montré que les 405 installations de translation de personnel existant en Belgique pouvaient, au point de vue des guidages, se répartir comme suit :

| | | | | |
|-------------------------------------|-----|------|-----|---------------|
| Guides cordes | 5 | soit | 1 % | de l'ensemble |
| Guides BRIART | 193 | » | 48 | » |
| Guides bilatéraux en fer | 21 | » | 5 | » |
| Guides bilatéraux en bois | 186 | » | 46 | » |

Voici le nombre de ces installations comportant l'emploi de parachutes :

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| Guides cordes | 0 |
| Guides BRIART | 63 soit 33 %. |
| Guides bilatéraux en fer | 2 » 10 » |
| Guides bilatéraux en bois | 67 » 36 » |

Nous avons vu plus haut que les guides cordes n'admettaient pas l'emploi de parachutes, que les guides BRIART ne s'y prêtaient guère, et que la question restait en suspens pour les guides bilatéraux en fer. L'emploi des parachutes n'est donc à envisager que dans 46 % de nos installations. Encore faut-il noter que, dans la plupart des cas, les guides et traverses seront à remplacer, surtout dans les puits profonds. En somme, une minime fraction de nos installations pourrait se prêter à l'introduction des parachutes, sans modifications importantes.

f) *Considération de la charge d'extraction.* — Aux grandes profondeurs, il est essentiel d'alléger autant que possible la cage et ses attirails.

Les parachutes puissants nécessaires aux grandes profondeurs sont lourds. D'autre part, la cage doit être construite de manière à résister à la charge éventuelle du poids du câble amassé sur son toit. Ceci correspond aussi à une augmentation de poids.

Parachutes et cages seront donc d'autant plus lourds que le puits sera profond.

Il en résultera un notable surcroît de poids pour les câbles.

Conclusion. — La généralité des installations belges réunit de nombreuses conditions rendant difficile, sinon impossible, l'emploi des parachutes.

CHAPITRE II.

Étude des accidents. — Période 1900-1921.

Considérations générales.

Les conditions de l'extraction et de la translation du personnel ayant considérablement varié; il convient de ne pas faire porter l'étude sur un laps de temps trop long. D'autre part, ce laps de temps ne peut être réduit à l'excès, sans exagérer l'importance individuelle des accidents.

Nous nous sommes fixé à la période 1900-1924.

Notre recherche a porté, à titre principal, *sur l'effet qu'eût réalisé, pendant cette période, l'obligation de l'emploi des parachutes dans les limites où elle eût été possible.* Nous avons évalué cet effet en vies humaines sauvées.

Il importait de fixer soigneusement les hypothèses faites. Ces hypothèses sont les suivantes :

1° Les parachutes supposés installés sont censés être de bonne construction. L'on ne peut, toutefois, admettre que, en fait, leur fonctionnement eût été irréprochable dans tous les cas ;

2° La presque unanimité des ingénieurs ayant étudié la question admet que l'emploi de guides BRIART exclut pratiquement l'emploi de parachutes réellement efficaces.

Lors des discussions de la Commission prussienne, ce point semble avoir été généralement admis. L'on n'a pas insisté sur la question, en raison du peu d'importance, en Allemagne, du nombre de ces installations.

CRUSSARD est nettement d'avis d'*interdire* les parachutes pour guides BRIART, tant il estime dangereux le fonctionnement de ces appareils en pareil cas.

Sans aller jusque là, nous admettrons que les parachutes n'ont pas été imposés dans les installations BRIART, et que celles d'entre elles qui en étaient dépourvues le sont restées.

3° Dans le même ordre d'idées, les parachutes ne sont pas imposés — et, par conséquent, ne sont pas supposés introduits — dans les installations desservant des fonçages, et, plus généralement, dans toutes les installations ne servant pas à la translation *normale* du personnel.

4° Pendant l'extraction, les parachutes sont verrouillés, afin de limiter le risque de fonctionnement intempestif.

5° Dans le cas de translations isolées, le parachute de la cage contenant des personnes est déverrouillé, mais celui de l'autre cage ne l'est pas.

Nous avons formulé cette hypothèse par analogie avec l'art. 26 de l'arrêté royal du 10 décembre 1910 sur la translation par les puits.

Nous avons examiné :

1° Le résultat des enquêtes administratives faites au sujet des accidents survenus aux personnes par suite de rupture de câbles ou d'attelages,

2° Les dossiers constitués au cours d'une enquête spéciale, faite en 1920 dans les mines belges au sujet de la question des parachutes.

Nous avons classé les accidents en 5 catégories, suivant leurs rapports avec la question des parachutes. Une sixième catégorie comporte les accidents atténués ou évités par l'emploi des parachutes.

PREMIERE CATÉGORIE.

Accidents sans rapport direct avec la question de l'obligation d'emploi des parachutes.

Ce sont les accidents survenus :

a) dans les fonçages et avaleresses.

b) dans les puits ne servant pas à la translation normale du personnel ;

c) dans les puits où l'emploi des parachutes n'eût pas été imposé — installations avec guides cordes ou guides BRIART.

Ces accidents ne devant pas être discutés, seront très sommairement résumés.

N° 1. — *Charbonnage de la Vallée du Piéton.* — *Siège Saint-Louis, touret sous 210.* — 17 avril 1900, à 12 heures. — Un blessé. — P.-V. Ingénieur KAESMACKER.

Rupture du câble d'acier desservant le touret.

N° 2. — *Charbonnage de Belle-Vue et Bien-Venue.* — *Siège Belle-Vue.* — *Avaleresse du puits d'extraction.* — 5 juillet 1902, à 11 heures. — Un tué. — P.-V. Ingénieur VRANCKEN.

Rupture du câble d'acier desservant l'avaleresse.

N° 3. — *Charbonnage de Kessales.* — *Siège Xhorré.* — *Puits d'exhaure.* — 5 janvier 1904, à 13 heures. — Un tué, un blessé. — P.-V. Ingénieur LEBACQZ.

Deux ouvriers de puits plaçaient des guides dans le puits d'exhaure et se trouvaient dans la cage porte-bac. Deux guides ayant été placés, ces ouvriers donnèrent le signal de remonte. La cage se serra entre les guides, ce qui provoqua la rupture du câble et la chute de la cage.

N° 4. — *Charbonnage de l'Agrappe.* — *Siège Sainte-Caroline.* — *Puits de retour d'air.* — 15 septembre 1904, à 10 heures. — Deux tués. — P.-V. Ingénieur NIBELLE.

Deux ouvriers procédaient au curage de la potelle. Ils avaient pris place dans un wagonnet suspendu par des chaînes au câble du

cabestan de la surface. Au cours de leur descente, ils furent précipités dans la potelle par suite de la rupture, pour une cause inconnue, des chaînettes de suspension.

N° 5. — *Charbonnages de Saint-Denis, Obourg, Havré.* — *Siège n° 1.* — *Avaleresse du puits n° 1.* — *4 mai 1905, à 18 heures.* — *Un blessé.* — *P.-V. Ingénieur G. LEMAIRE.*

Rupture du câble d'acier desservant l'avaleresse.

N° 6. — *Charbonnage du Trieu-Kaisin.* — *Siège n° 6.* — *Avaleresse du puits d'extraction.* — *11 octobre 1907, à 11 heures.* — *Un tué.* — *P.-V. Ingénieur MOLINGHEN.*

Rupture du câble d'acier desservant l'avaleresse.

N° 7. — *Charbonnage de Cockerill.* — *Siège Collard.* — *Puits Cécile.* — *4 novembre 1907, à 4 h. 45.* — *Quatre tués, dix blessés.* — *P.-V. Ingénieur principal DAUBRESSE et Ingénieur A. HALLET.*

Au cours de l'ascension d'une cage de personnel, et alors que cette cage se trouvait à 520 mètres environ de profondeur, les cales de fixation sur l'arbre de la bobine correspondante cédèrent. La cage redescendit, à une vitesse considérable, jusqu'au niveau de 635 m.

Le puits était muni de guides BRIART. Nous admettons, en conséquence, que l'obligation des parachutes ne se serait pas étendue à ce puits.

Si même le guidage en avait permis l'emploi, cet appareil eût été à peu près certainement inefficace. Il n'y a pas eu de rupture de corde, mais bien décalage de bobine. La cage, tombant de 135 mètres, a acquis une vitesse dangereuse. Mais elle n'est pas tombée en chute libre, et l'accélération qu'elle a subie, a dû rester notablement en dessous de celle de la pesanteur. Ce fait est attesté par les lésions des victimes. Sur 14 ouvriers, 10 ont été blessés, dont 2 légèrement. L'on doit bien admettre, dans ces conditions, que le câble n'a pas cessé d'exercer sur la cage un effort appréciable. Un parachute n'eût donc pas fonctionné.

N° 8. — *Charbonnage du Grand Conty.* — *Siège Saint-Henri.* — *Puits d'extraction en creusement.* — *24 avril 1908, à 17 heures.* — *Un tué.* — *P.-V. Ingénieur HARDY.*

Rupture du câble d'acier desservant le fonçage.

N° 9. — *Charbonnage du Centre de Gilly.* — *Siège Saint-Bernard.* — *Puits d'extraction.* — *26 juillet 1908, à 23 heures.* — *Deux tués.* — *P.-V. Ingénieur BERTIAUX et Ingénieur GILLET.*

Les victimes se trouvaient sur le toit d'une cage reposant à la surface sur des madriers placés en travers du puits. Elles venaient de rattacher le câble, qu'elles avaient fait passer sur la molette, aux chaînettes de la cage. Elles firent remonter un peu la cage pour dégager les madriers, qu'elles retirèrent, puis la firent redescendre, afin de regagner le niveau de la recette. C'est pendant ce mouvement que le câble tomba de la molette et fut cisailé entre l'un des bras de celle-ci et le montant du palier qui en supporte l'axe. Cette rupture entraîna la chute, dans le puits, de la cage contenant les ouvriers.

Le puits est muni de guidages BRIART. C'est pourquoi nous avons classé l'accident dans la première catégorie.

N° 10. — *Charbonnages d'Hornu et Wasmes.* — *Siège n° 4.* — *Touret en enfoncement.* — *20 mars 1909, vers 24 heures.* — *Trois tués, un blessé.* — *P.-V. Ingénieur DEVILLEZ.*

Rupture de l'attelage du câble d'acier desservant le fonçage.

N° 11. — *Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes et Sainte-Aldegonde.* — *Siège Saint-Albert.* — *Avaleresse du puits de retour d'air.* — *28 juin 1909, à 8 1/2 heures.* — *Un tué.* — *P.-V. Ingénieur DEFALQUE.*

Ouvrier tué par la chute du contrepoids du treuil desservant l'avaleresse, chuté due elle-même à la rupture du câble portant ce contrepoids.

N° 12. — *Charbonnage d'Appaumée-Ransart.* — *Siège du Marquis.* — *Avaleresse du puits de retour d'air.* — *16 mars 1910, à 9 heures.* — *Deux tués.* — *P.-V. Ingénieur HARDY.*

Décrochement d'un cuffat d'avaleresse.

N° 13. — *Charbonnage de Jemeppe-sur-Sambre. — Siège n° 1. — Fonçage du puits d'extraction. — 9 juin 1911, à 3 heures. — Un tué. — P.-V. Ingénieur HARDY.*

Rupture de l'attelage d'un cuffat desservant le fonçage.

N° 14. — *Charbonnages de Grande Chevalière et Midi de Dour. — Siège Sainte-Catherine. — Puits d'extraction. — 24 septembre 1917, à 18 heures. — Un tué. — P.-V. Ingénieur DESENFANS.*

Rupture du câble desservant le transport d'un étage en préparation. La victime avait indûment pris place dans le cuffat, dans lequel la translation des personnes était interdite.

N° 15. — *Charbonnage du Grand Bouillon. — Siège n° 1. — Puits de retour d'air. — 13 septembre 1917, à 9 heures. — Un tué. — P.-V. Ingénieur DESENFANS.*

Deux ouvriers visitaient le puits, et avaient pris place dans un cuffat. La cage du puits de retour d'air, non affectée à la translation normale du personnel, circulait au-dessus du cuffat. A la suite d'un serrage de guides, la cage s'arrêta, puis, sous le poids du câble amassé sur son toit, retomba, rompit ses chaînettes et vint atteindre le cuffat.

N° 16. — *Charbonnage de l'Agrappe. — Siège n° 3. — Puits intérieur à l'étage de 930 mètres. — 15 avril 1918, à 19 heures. — Un blessé. — P.-V. Ingénieur SOTTIAUX.*

Par suite de la rupture du câble d'acier desservant le touret, câble non affecté à la translation du personnel, le cuffat défonça, dans sa chute, le hourd obstruant la potelle du touret. Un bouveleur, qui se trouvait sur ce hourd, tomba dans la potelle.

N° 17. — *Charbonnage du Centre de Gilly. — Siège des Vallées. — Puits de retour d'air. — 9 avril 1919, à 22 heures. — Un tué. — P.-V. Ingénieur PIETERS.*

Rupture d'attelage consécutive de l'ancrage d'une cage descendante, sous l'effet d'une cause inconnue, et de son désancrage par le poids de la corde.

Le puits est muni de guides BRIART. C'est pourquoi nous avons classé l'accident dans la 1^{re} catégorie.

N° 18. — *Charbonnage de Herve-Wergifosse. — Siège des Halles. — Puits d'extraction. — 9 octobre 1920, à 6 heures. — Huit tués, deux blessés. — P.-V. Ingénieur principal ORBAN et Ingénieur THONNART.*

L'installation est du type KOEPE. Une cage descendante, chargée de personnel, heurta, sans toutefois être arrêtée dans sa marche, l'un des rails d'un plafond d'accrochage, rail qui faisait saillie dans le puits. Les ouvriers signalèrent le fait et la cage remonta à vide. Dans sa remonte, elle heurta le même rail avec une violence telle qu'elle rompit ses chaînettes et tomba dans le puits. La cage descendante, qui était chargée de personnel, redescendit rapidement, le câble glissant sur la poulie d'entraînement, mais le brin montant du câble s'étant accroché à une traverse, la cage descendante, par suite du choc, rompit également son attelage et poursuivit sa chute.

La profondeur du puits est de 177 mètres. Le rail se trouvait à la profondeur de 137 mètres.

Le puits est muni de guides BRIART. C'est pourquoi nous classons l'accident dans la 1^{re} catégorie.

DEUXIÈME CATÉGORIE.

Accidents où les parachutes, installés, ont été mis en défaut

N° 1. — *Charbonnage du Bois du Cazier. — Siège Saint-Charles. Puits d'extraction. — 7 août 1906, à 6 heures. — Neuf tués. — P.-V. Ingénieur principal VRANCREN et Ingénieur DANDOIS.*

L'accident est dû à une mise à molettes, suivie de la chute de la cage dans le puits. La cage était munie de guides en bois, sur les longs côtés, et d'un parachute à pénétration. Des contre-guides rapprochés étaient disposés sur les côtés. A leur base étaient installés des taquets de sûreté à ressorts.

La relève des machinistes s'était faite pendant la marche des cages; la cage montante contenait du personnel; un ouvrier se trouvait dans la cage descendante. Le nouveau machiniste ne se rendit pas

compte, avant de prendre les fers, de l'exacte position des cages, et laissa la cage montante aller dans le châssis.

Les guides rapprochés furent violemment écartés, et le câble se rompit lorsque la tête de la cage arriva aux molettes. Celle-ci tomba dans le puits, sans que les taquets de sûreté, en mauvais état d'entretien, pussent la retenir.

Le parachute de la cage montante a été trouvé brisé. Il est probable que le choc de la tête de la cage contre les éléments du châssis l'aura détruit. Au surplus, il n'aurait pu agir sur le guidage au moment de la rupture de la corde, le guidage n'étant pas prolongé suffisamment haut.

D'après l'ouvrier qui se trouvait dans la cage descendante, le parachute de cette cage a joué par le choc de la cage sur l'eau; ce fait a été évité à l'ouvrier en question d'être noyé dans la potelle.

Il y a lieu de remarquer que ce fait est une conséquence *absolument indirecte* de l'emploi du parachute. Le parachute de la cage descendante n'a pas fonctionné en tant que parachute, puisqu'il n'y a pas eu de chute de cage.

N° 2. — *Charbonnage de Trieu-Kaisin.* — *Siège des Viviers.* — *Puits d'extraction.* — 16 avril 1914, à 7 heures. — Deux tués. — P.-V. Ingénieur BERTIAUX.

L'accident résulte d'une rupture de câbles due à l'incendie des installations superficielles du puits. Du personnel s'était introduit, au fond, dans la cage, sans signaler sa présence au machiniste, afin de gagner du temps. D'après l'enquête, il semble que, si le machiniste avait connu leur présence dans la cage, il aurait pu leur permettre de se sauver.

Les guides étaient du système BRIART, les cages étaient munies de parachutes à griffes. L'enquête n'a pas porté sur le rôle joué par ces appareils. D'après les circonstances de l'accident, l'on doit supposer que ces appareils étaient calés.

TROISIÈME CATÉGORIE.

Accidents où un parachute éventuel n'eût certainement pas fonctionné.

N° 1. — *Charbonnage de Sacré-Madame.* — *Siège Mécanique.* — *Puits d'extraction.* — 21 juin 1902, à 15 heures. — Un tué. — P.-V. Ingénieur BAILLY.

En vue de l'approfondissement du puits, l'on commençait à retirer les eaux de la potelle. Le compartiment nord était fermé immédiatement au-dessus de l'envoyage de 903 mètres par huit planchers et, sous ceux-ci, on avait installé une poulie pour la manœuvre d'une petite cage qui assurait le service du bournou. L'extraction des produits du niveau de 903 mètres se faisait par la cage du compartiment sud, celle des autres envoyages, indistinctement par les deux cages.

Lors d'une ascension de la cage nord qui était chargée, l'autre cage dérailla et, lorsque la rencontre se produisit, les chaînettes d'attelage de la première cage se rompirent. Celle-ci passa au travers des huit paliers, puis, glissant dans le compartiment sud, alla s'abîmer au fond du puits. Un ouvrier, qui se trouvait sur un plancher établi au-dessus de la potelle, fut précipité au fond de celle-ci.

Le guidage était en bois, par les longs côtés des cages. Un parachute eût été applicable, mais n'eût pas prévenu l'accident. En effet, cet accident s'est produit pendant l'extraction des produits, et les parachutes eussent été calés.

N° 2. — *Charbonnage de Sacré-Madame.* — *Siège Saint-Théodore.* — *Avaleresse du puits de retour d'air.* — 29 avril 1911, à 6 heures. — Trois tués. — P.-V. Ingénieur DESSALLE.

Pour desservir l'avaleresse du puits de retour d'air sous le niveau de 841 mètres, l'on se servait d'une petite cage guidée suspendue, par un câble d'allonge, de 336 mètres de long, à l'unique cage d'extraction circulant dans le puits. Un stot artificiel, à travers lequel passait le câble d'allonge, était établi au-dessus du niveau de 811 mètres. La cage d'extraction se trouvait à une profondeur de 703 mètres lorsque la petite cage se trouvait au niveau du fond de l'avaleresse, soit 1044 mètres.

Lors de l'accident, la cage montante heurta, par suite de la disparition d'une recharge à 560 mètres, un boulon du guidage et déchira profondément le guide. En redescendant, elle dérailla à cet endroit, et poursuivit sa descente jusqu'à 638 mètres, niveau auquel la main courante déraillée fendit un guide et se reposa sur la tête du guide inférieur, arrêtant ainsi la petite cage dans laquelle un ouvrier avait pris place. Ce dernier appela les deux ouvriers qui se trouvaient au fond du puits, fit sonner « arrêt » puis « plus haut », puis « arrêt » et enfin « plus bas ». La cage s'arrêta au même point que précédemment. Les avaleurs gagnèrent la petite cage par les échelles, y prirent place et sonnèrent coup sur coup la descente.

L'arrêt réitéré de la cage était dû au fait que la main courante s'était à nouveau engagée dans le guide, et reposait encore sur la tête du guide intérieur.

Le machiniste, obéissant aux signaux du fond, laissa le câble s'amasser sur le toit de la grande cage. A un certain moment, la tête de guide supportant cette cage fut cisailée et la grande cage tombant dans le puits, cassa son étrier d'attelage et vint s'écrasser sur le stot. La petite cage vint, en même temps, s'écrasser au fond de l'avaleresse.

La grande cage était munie de guides en bois, sur les longs côtés. Un parachute eût donc été applicable. Toutefois, il eût été inefficace lors de l'accident, la cage ayant déraillé avant la rupture de l'étrier d'attelage.

La petite cage était guidée. Toutefois, comme il s'agit d'une cage d'avaleresse, et non d'une cage affectée à la circulation normale du personnel, un parachute n'eût pas été imposé.

N° 3. — *Charbonnage du Grand-Hornu.* — *Siège n° 7.* — *Puits d'extraction.* — 23 décembre 1917, à 18 heures. — *Un tué.* — *P.-V. Ingénieur NIEDERAU.*

La cage descendante se trouvant arrêtée par les taquets de la surface, à l'insu du machiniste, son câble se déroula en partie dans la fosse des bobines.

Le machiniste, s'en apercevant finalement, fit marche arrière, rebobina le câble tant bien que mal, et renvoya la cage dans le puits après effacement des taquets.

Elle avait parcouru une centaine de mètres lorsque des spires, mal serrées, se mirent soudain en tension. La cage plongea brusquement, et la secousse cassa l'étrier d'attelage.

La cage, dévalant dans le puits, dérailla, et alla heurter l'autre cage, où se trouvait un ouvrier, qui fut tué par le choc.

Le puits est muni de guides en bois, par les petits côtés des cages. L'emploi de parachutes eût été possible. Un tel appareil eût néanmoins été inefficace. L'accident est, en effet, survenu au cours d'une translation isolée, et par la chute de la cage ne contenant personne. Le parachute de cette cage eût été calé.

N° 4. — *Charbonnage du Grand-Mambourg.* — *Siège Résolu.* — *Puits d'extraction.* — 8 mars 1919, à 23 heures — *Un tué.* — *P.-V. Ingénieur principal GILLET.*

Une cage s'était ancrée dans le puits à quelques mètres de l'accrochage du fond. Afin de voir ce qui se passait, les repasseurs de fosse installèrent un plancher au niveau de l'envoyage, puis gagnèrent la cage ancrée. Celle-ci se désantra et tomba au moment où l'un des ouvriers y pénétrait. L'ouvrier fut tué.

La cage est guidée par les petits côtés ; les guides sont en bois.

Un parachute eût pu être installé. Toutefois, l'accident étant survenu en dehors de la translation du personnel, cet appareil eût été calé. Le câble n'étant pas sous tension lors de l'arrivée de l'ouvrier, celui-ci n'eût pu songer à décaler préalablement l'appareil.

QUATRIÈME CATÉGORIE.

Accidents au cours desquels un parachute éventuel eût peut-être pu fonctionner

N° 1. — *Charbonnage du Grand-Hornu.* — *Siège n° 7.* — *Puits d'extraction.* — 14 juillet 1900, à 20 heures. — *Un tué.* — *P.-V. Ingénieur A. HALLET.*

Pendant que l'on préparait, sous le niveau de l'accrochage inférieur, le passage des cages en vue d'épuiser la potelle, au moyen de bacs installés dans les cages, la corde d'allonge utilisée en vue de cette opération s'est brisée. La cage qu'elle supportait, et dans laquelle se trouvait un ouvrier, tomba dans la potelle, où la victime se noya.

Les cages sont guidées, par leurs petits côtés ; les guides sont en bois. L'installation d'un parachute eût été possible. La rupture s'est

faite près de la cage, la machine étant à l'arrêt, la charge de la cage étant faible. Le parachute, décalé du fait d'une translation isolée, eût probablement fonctionné.

N° 2. — *Charbonnage d'Hornu et Wasmes. — Siège n° 4. — Puits d'extraction. — 5 février 1905, à 18 heures. — Un tué. — P.-V. Ingénieur LIAGRE.*

Un soigneur de chevaux descendant dans les travaux a péri par suite de la rupture du câble. L'accident s'est produit au moment où la cage s'approchait de l'accrochage. Le câble s'est rompu à proximité de la patte.

Les cages sont guidées, par les petits côtés, par des guides en bois. Un parachute, dont l'installation était possible, eût peut-être fonctionné, bien qu'il se fût agi d'une cage descendante. La cage était, en effet, faiblement chargée, sa vitesse était probablement réduite, et la rupture s'est faite près de la patte.

N° 3. — *Charbonnage de Crahay. — Siège Bas-Bois. — Puits d'extraction. — 22 janvier 1914, à 4 heures. — Un tué. — P.-V. Ingénieur BURGEON.*

Pendant la translation du personnel, la cage descendante, vide, se coinça dans les guides chargés de glaçons vers la profondeur de 175 mètres. Le câble s'amassa sur le toit, jusqu'au moment où la cage se décoïna sous le poids de la corde et tomba dans le puits, en brisant à la fois la patte du câble et l'étrier de suspension. Cette cage ne dérailla que sous 315 mètres. La crosse du câble alla tuer un ouvrier qui avait pris place, à 275 mètres dans la cage montante.

Les cages sont guidées par leurs petits côtés; les guides sont en bois. L'installation de parachutes eût été possible. Un appareil de l'espèce eût peut-être fonctionné, à condition d'être capable de supporter la surcharge de 150 mètres environ de câble sur le toit de la cage.

N° 4. — *Charbonnage de La Haye. — Siège St-Gilles. — Puits d'extraction. — 8 janvier 1917, à 1 heure. — Deux tués. — P.-V. Ingénieur principal A. HALLET.*

L'accident est le résultat de la rupture du câble, près de la molette, la cage se trouvant à une profondeur voisine de 400 mètres.

Deux ouvriers, escortant une berline qu'ils remontaient à un étage intermédiaire, se trouvaient dans la cage.

Les cages sont guidées sur leurs longs côtés par des guides en bois. L'installation d'un parachute eût été possible. Un tel appareil eût probablement fonctionné, la rupture s'étant produite à l'ascension de la cage, à faible vitesse, et la cage étant peu chargée. Ce fonctionnement n'eût toutefois été efficace que dans le cas d'un parachute énergique, capable d'agir malgré la présence du bout de 400 mètres de câble entraîné par la cage.

N° 5. — *Charbonnage du Nord du Rieu-du-Cœur. — Siège du Nord. — Puits d'air. — 9 février 1919, à 8 heures. — Deux tués. — P.-V. Ingénieur principal NIEDERAU.*

Pendant que la cage Levant, chargée de deux visiteurs de puits, descendait et atteignait la profondeur de 663 mètres, le câble se rompit à 135 mètres de la patte. Les ouvriers furent précipités au fond du puits.

Les cages sont guidées par leurs petits côtés; les guides sont en bois. L'installation de parachutes eût été possible. Un tel appareil eût peut-être fonctionné; il s'agit, il est vrai, d'une cage descendante, mais sa vitesse et sa charge étaient réduites. Le parachute eût dû toutefois être énergique, afin d'agir malgré le bout de 135 mètres de câble entraîné par la cage.

La rupture de la corde a été attribuée à l'arrêt — suivi de chute — de la cage sous l'effet d'un corbeau installé à 663 mètres. Si cette version est exacte, un parachute eût probablement fonctionné.

N° 6. — *Charbonnage du Gouffre. — Siège n° 7. — Puits d'extraction. — 9 juin 1920, à 20 heures. — Six tués. — P.-V. Ingénieur LOWETTE.*

Le câble s'étant amassé sur la tête de la cage à la suite d'un serrage, le poids croissant de câble a décoïné la cage, qui, en tombant, a brisé ses chaînettes et s'est abîmée dans le puits.

Le puits est pourvu de guidages BRIART.

Le serrage a été attribué au choc d'une main courante contre la saillie d'un joint de rails guides. Ce choc aurait détaché un éclat de la main courante. Cet éclat, s'insérant entre la main courante et le guide, aurait provoqué le serrage.

La cage possédait un parachute à griffe. Toutefois, le ressort de cet appareil, rompu quelques jours auparavant, était hors service et devait être remplacé le dimanche suivant.

CINQUIÈME CATÉGORIE.

Accidents causés par l'emploi des parachutes.

N° 1. — *Charbonnage de Blaton. — Siège d'Harchies. — Puits d'extraction. — 9 octobre 1916, à 15 heures. — Un blessé. — P.-V. Ingénieur DESENFANS.*

Un ouvrier, qui se tenait debout sur le palier supérieur de la cage, posa distrairement la main sur une pièce mobile du parachute. Lors de la mise sous tension de la corde, l'ouvrier eut la main écrasée.

SIXIÈME CATÉGORIE.

Accidents évités par l'emploi des parachutes.

Rappelons le 1^{er} accident de la 2^e catégorie — catastrophe du Bois du Casier — où, *indirectement*, un parachute a sauvé une vie humaine. L'appareil a préservé, de la noyade dans la potelle, par son fonctionnement au contact de l'eau, un ouvrier qui se trouvait dans la cage descendante, lors de la mise à molettes de la cage montante.

C'est le seul élément positif fourni par les documents administratifs, au sujet de cette catégorie d'accidents. Ce fait provient de ce que les accidents qu'un parachute a évités — et notamment les ruptures de câbles et d'attelages n'ont pas, toujours et partout, fait l'objet d'enquêtes systématiques.

Lors de l'enquête spéciale de 1920, les cas suivants ont été signalés :

N° 1. — *Charbonnage d'Amercœur. — Siège Belle-Vue. —* Date non précisée. Lors d'un arrêt de la cage, à la suite d'une cause inconnue, un ouvrier a pu, grâce aux parachutes, sonner et éviter un accident.

Il n'est pas prouvé que l'arrêt de la cage n'est pas dû au fonctionnement intempestif du parachute.

N° 2. — *Charbonnage du Poirier. — Siège Saint-André. —* Date non précisée. A la descente du personnel, il y eut un serrage du guidage, la bande des ressorts devint insuffisante et le parachute fonctionna. La cage resta suspendue ; ses occupants sonnèrent, et la cage fut remise en suspension.

Il n'est pas davantage prouvé que cet accident ne soit pas dû à un fonctionnement intempestif du parachute, provoqué par un serrage qui eût été insuffisamment énergique pour arrêter à lui seul la descente de la cage.

La date de ces accidents n'est pas précisée, mais ils sont *fort anciens*. Rien ne permet de les situer avec quelques chances de certitude dans la période 1900-1921 que nous étudions.

En somme, la 6^e catégorie comprend exclusivement le cas, très discutable au point de vue du rôle joué par le parachute, de l'ouvrier sauvé lors de la catastrophe du Bois du Cazier.

RÉCAPITULATION

Durant la période 1900-1921, il est survenu, à la suite de rupture de câbles ou d'attelages, ou d'organes essentiels de l'extraction, ou à la suite de la chute de la cage sans rupture d'un organe essentiel, 30 accidents ayant provoqué la mort de 60 ouvriers et des blessures graves à 17 ouvriers.

Ces accidents se classent comme suit :

1^o Accidents sans rapport direct avec la question de l'obligation de l'emploi des parachutes :

18 accidents, 30 tués, 17 blessés.

2^o Accidents où les parachutes, installés, ont été mis en défaut :

2 accidents, 11 tués.

3^o Accidents où un parachute, supposé placé, n'eût *certainement* pas fonctionné :

4 accidents, 6 tués.

4^o Accidents où un parachute, supposé placé, eût *peut-être* fonctionné :

6 accidents, 13 tués.

5^o Accidents causés par l'emploi des parachutes :

1 accident, 1 blessé.

Il y a lieu de rappeler ici que les parachutes sont installés dans le tiers environ du puits.

Conclusion de l'étude des accidents.

1. Durant la période 1920-1921, il y a à considérer, au point de vue de la question des parachutes, 30 accidents, ayant eu pour conséquence 60 tués et 17 blessés.

2. Les parachutes, bien qu'employés dans le tiers des installations, n'ont directement évité aucun accident. Ils peuvent, à la rigueur, être considérés comme ayant sauvé une vie humaine par un processus indirect, en préservant un ouvrier de la noyade dans la potelle. De telles circonstances ne se présenteront plus, les dispositifs de protection des potelles étant devenus obligatoires depuis.

3. En admettant que l'emploi général des parachutes eût été imposé dans les installations servant à la circulation normale du personnel, exception faite pour celles munies de l'équipement BRIART, pour lequel l'on ne connaît pas de parachute recommandable, ces appareils eussent *peut-être* joué un rôle dans 5 accidents, et *pu* sauver la vie à 7 ouvriers.

En fait, il faut considérer que le fonctionnement du meilleur parachute n'est pas infaillible. En admettant qu'ils aient fonctionné dans 60 % des cas où ce fonctionnement était requis, ils eussent, en fin de compte, *sauvé la vie de 4 ouvriers en 21 ans.*

4. Les parachutes ont causé des blessures graves à un ouvrier pendant la période étudiée.

5. *Fonctionnements intempestifs.* — Dans la partie théorique de la présente étude, nous avons attaché une importance essentielle à la prévention de ce risque.

L'on pourrait nous reprocher d'avoir exagéré cette importance, en faisant remarquer que, de 1900 à 1921, les nombreux cas de fonctionnement intempestif qui n'ont pas manqué de se produire n'ont causé aucune victime.

Le fonctionnement intempestif serait, en somme, un inconvénient — très grave d'ailleurs au point de vue de l'exploitation — plutôt qu'un danger proprement dit.

A cette objection, nous répondrions ce qui suit :

a) En admettant que l'emploi général de parachutes énergiques, et par conséquent exposés au risque de fonctionnement intempestif, fût imposé en Belgique, les cas de fonctionnement intempestif se multiplieraient. Un seul accident un peu sérieux suffirait à annihiler le bénéfice — 4 vies humaines — réalisé par l'emploi général des parachutes.

b) Nous inclinons à croire que, dans un grand nombre d'installations de parachutes, il est fait usage de ressorts faibles, qui évitent le risque de fonctionnement intempestif. Nous connaissons les inconvénients résultant de l'emploi de faibles ressorts.

c) Les conséquences d'un fonctionnement intempestif sont à craindre, non seulement pour le personnel de la cage, mais aussi pour celui qui serait chargé des travaux dans le puits, notamment aux guides et traverses, entraînés par le fonctionnement intempestif.

Conclusions générales

La question de l'obligation de l'emploi des parachutes en Belgique étant mise en discussion, il faut remarquer, tout d'abord, que cette obligation, si elle est admise, doit être générale.

Les seules dérogations admises devront, elles aussi, être d'ordre général, telles celles dont bénéficieraient les installations BRIART. Des dérogations basées sur l'étude individuelle de cas particuliers doivent être *absolument* exclues.

Ceci posé, nous pouvons terminer la présente étude en concluant comme suit :

1. Il n'existe pas, actuellement, de parachute compatible avec l'emploi de guides BRIART.
2. Les parachutes pour guidages bilatéraux en fer n'ont pu, jusqu'ici, justifier d'une progressivité assurée.
3. Il existe actuellement des parachutes relativement progressifs, pour les guidages bilatéraux en bois. Toutefois, les meilleurs parachutes dont l'emploi se soit répandu présentent le risque grave du fonctionnement intempestif. Ils présentent ce risque de manière d'autant plus marquée qu'ils sont plus énergiques, c'est-à-dire capables d'arrêter une cage dans des conditions sévères.
4. Les installations à grande profondeur exigent des parachutes énergiques, d'une grande robustesse, ainsi que des guidages particulièrement résistants.
5. En Belgique, les guidages sont, en général, peu appropriés au placement de bons parachutes. 54 % des installations existantes paraissent devoir subir une transformation radicale pour permettre l'emploi de parachutes. Une notable fraction des 46 % restants devrait probablement subir aussi de profondes modifications.
6. Considérées en général, les installations belges, avec leurs puits profonds, anciens et déviés, leurs machines d'extraction à bobines, avec l'emploi de taquets hydrauliques et de chaînettes d'attelage, sont particulièrement peu qualifiées pour être pourvues de parachutes.
7. Bien que les parachutes soient installés dans le tiers envion des mines belges, il n'a pas été possible de citer, à leur actif, un seul sauvetage résultant directement de leur emploi, pour toute la période 1900-1921. Une vie humaine a été sauvée, par un processus indirect et tout à fait exceptionnel.

8. Pendant cette période, sur 30 accidents, ayant eu comme conséquence 60 tués et 17 blessés, à prendre en considération, 5 seulement, comportant 7 tués, eussent *peut-être* été évités par l'emploi d'un parachute éventuel, suffisamment énergique.

Pendant ladite période, il semble *probable* que les parachutes supposés généralisés, eussent sauvé 3 ou 4 personnes.

9. Nous estimons que l'emploi généralisé de parachutes énergiques multipliera beaucoup le nombre de cas de fonctionnement intempestif. Nous pensons que ces cas seraient de nature à entraîner des accidents graves. Ces accidents seraient parfaitement capables de provoquer, en 21 ans, la mort de 3 ou 4 personnes, et de neutraliser ainsi complètement le bénéfice résultant de l'introduction généralisée des parachutes.

10. En somme, le bénéfice de cette introduction paraît du même ordre que les accidents que cette introduction entraînerait. Dans ces conditions, la question reste ouverte.

Si le bénéfice avait été reconnu prépondérant, l'obligation des parachutes s'imposait sans conteste.

Si l'on avait pu prouver positivement la prépondérance relative des accidents dus à l'emploi des parachutes, par rapport aux accidents évités, la suppression des parachutes existants ne se serait pas moins imposée.

11. La question sera résolue, dès le jour où l'industrie sera dotée d'un parachute simple, robuste, énergique, et non exposé au risque de fonctionnement intempestif.

La solution de ce problème semble devoir être recherchée dans le perfectionnement des appareils à ressort déclencheur et des appareils accélérométriques.

12. Il ne faut pas perdre de vue que, dans tous les cas, le problème essentiel est le relèvement de la sécurité propre des appareils de translation. Dans cet ordre d'idées,

l'emploi exclusif de matériaux de tout premier choix, une surveillance et un entretien attentifs et systématiques, l'emploi des appareils de sécurité spéciaux, tels que les appareils évite — molettes, fixent nettement la voie à suivre.

NOTES DIVERSES

Le trainage électrique par câbles sans fin

AUX

Charbonnages de Winterslag, à Genck

PAR

ANDRÉ MEYERS

Ingénieur au Corps des Mines, à Hasselt.

Ayant été amené à examiner si les conditions spéciales d'exploitation du siège de Winterslag, à Genck n'avaient pas été la cause déterminante de l'adoption du mode de transport par câble sans fin, qui a été définitivement appliqué à ce siège, j'ai reçu du directeur des travaux, M. O. Seutin une documentation importante qui m'a permis de décrire ce mode de trainage et d'en donner un aperçu du prix de revient à la tonne kilométrique.

Le choix du système de transport par câble est la résultante d'une part, de l'allure et de la nature du gisement et, d'autre part, des méthodes d'exploitation qui ont dû être adoptées pour déhouiller ce gisement.

Les couches sont très faiblement inclinées, la pente générale moyenne vers le Nord n'atteignant que deux degrés environ. Ces couches sont, de plus, ondulées en tous sens, tant dans le sens Nord-Sud que dans le sens Est-Ouest; ces ondulations secondaires et variables atteignent jusque 8 degrés. Cette allure tout à fait spéciale, a évidemment pour conséquence de donner aux courbes de niveau, une allure extrêmement sinueuse. Après s'être appliqué, pour avoir des voies sensiblement horizontales, à orienter ces dernières suivant les courbes de niveau, on abandonna ce système d'exploitation. En effet, en observant ce principe à la lettre, on établissait des voies présentant des changements d'orientation nombreux, souvent brusques, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, qui, en définitive, les allongeaient, les rendaient tortueuses et difficilement propres à