

NOTES DIVERSES

Sur un accident dû au glissement d'un câble d'extraction sur une poulie Koepe

PAR

H. FRÉSON,

Ingénieur au Corps des Mines, à Bruxelles.

Le but de la présente note est d'indiquer dans quelles circonstances une machine d'extraction électrique à poulie Koepe, munie de dispositifs de sécurité nombreux et généralement efficaces, a pu donner lieu à un accident, par suite d'une intervention inopportune du machiniste et d'une disposition assez particulière du puits d'extraction.

Les cages ayant abordé à vitesse excessive les niveaux des recettes extrêmes, la cage montante s'engagea dans les guides évite-molettes, tandis que la cage descendante heurta violemment un plancher de protection établi sous la recette inférieure.

Des 45 ouvriers qui se trouvaient dans la cage descendante, la plupart furent plus ou moins grièvement blessés; trois d'entre eux moururent des suites de leurs blessures.

L'accident s'est produit le 9 mai 1935, vers 22 heures, au siège d'Eysden des Charbonnages Limbourg-Meuse, au cours d'une translation de personnel opérée par l'une des machines Koepe du puits d'entrée d'air.

Machine d'extraction.

La poulie Koepe, de 6 mètres de diamètre, est calée sur l'arbre commun de deux moteurs à courant continu de 1.500 HP. chacun à excitation compound, dont le circuit dérivé est alimenté sous tension constante; le courant leur est fourni par un groupe Léonard-Ilgner, comprenant un moteur asynchrone de 1.950 HP et deux dynamos de 1.015 kw., dont l'excitation indépendante est commandée par la position du levier de marche, actionnant un rhéostat.

Le machiniste dispose en outre d'un second levier commandant l'admission d'air comprimé sous le piston fermant le frein de la machine, pour l'exécution des manœuvres.

Dispositifs de sécurité.

Ce même frein peut agir automatiquement comme frein de sécurité, et se ferme dans ce cas par l'action d'un contrepoids, normalement maintenu relevé par la pression de l'air comprimé admis en permanence sous le piston.

La fermeture automatique du frein s'obtient par la mise à la position d'échappement d'un robinet à voies multiples, qui provoque la descente du contrepoids et qui, dans la même position, supprime l'arrivée d'air comprimé permettant au machiniste d'actionner le frein comme frein de manœuvre.

Il résulte de cette disposition que les deux modes de freinage, manœuvre et sécurité, ne peuvent pas être appliqués simultanément, et qu'en cas de fonctionnement automatique du frein, le couple de freinage mécanique est limité à une valeur déterminée par l'importance du contrepoids et indépendante de l'action du machiniste.

Il existe d'autre part, entre la tige du piston soulevant le contrepoids et le levier de marche, une liaison mécanique telle qu'au cours de la descente du contrepoids, descente qui dure $2 \frac{3}{5}$ secondes, ce levier est ramené à la position de repos. Ce mouvement provoque un freinage électrique, venant s'ajouter au freinage mécanique dont il est question ci-dessus, les moteurs d'extraction fonctionnant à ce moment comme générateurs.

Le couple total de freinage dépend des caractéristiques de l'ensemble, ainsi que de la charge des cages et de la vitesse de celles-ci au moment du déclenchement du frein automatique; ce couple peut être limité à une valeur telle que, dans les conditions normales, il produise un glissement de câble nul, ou en tout cas faible.

Toutefois, comme la liaison qui existe entre la tige du contrepoids et le levier de marche permet à celui-ci de devancer son mouvement de rappel vers la position de repos, il suffit que le machiniste intervienne dans ce sens pour que le couple de freinage électrique se trouve augmenté. Un dash-pot à huile, dont ce levier est solidaire, s'oppose cependant à une manœuvre trop brutale.

Enfin, au moment où le contrepoids arrive à fond de course, il

provoque l'ouverture du disjoncteur inséré dans le circuit des moteurs d'extraction et des dynamos du groupe, de sorte que le circuit principal à courant continu est coupé et que le freinage électrique cesse.

La mise à la position d'échappement du robinet à voies multiples est commandée par la chute de l'armature d'un électro-aimant normalement parcouru par un courant constant. Le circuit de ce courant, dit « circuit de sécurité », comprend divers interrupteurs disposés en série, et peut être rompu notamment par une des cages atteignant les guides rapprochés évite-molettes et par l'action du limiteur de vitesse Noris.

Cet appareil, sorte de régulateur à force centrifuge, reçoit un mouvement de rotation de l'axe de la poulie Koepe, par intermédiaire d'une transmission à la cardan, et peut être réglé pour rompre le circuit de sécurité lorsque deux vitesses sont atteintes, soit 24 m./sec., lors de l'extraction, et 17 m./sec., lors de la translation du personnel. Les vitesses maxima correspondantes, pour lesquelles la machine d'extraction est réglée, sont respectivement 22 et 16 m./sec.

La réduction de la vitesse à 16 m./sec. est obtenue par la manœuvre d'un commutateur, placé à la portée du machiniste, et servant à insérer une résistance fixe en série avec le rhéostat commandé par le levier de marche; le courant d'excitation des dynamos du groupe se trouve ainsi réduit et, en même temps, le limiteur de vitesse est réglé pour la vitesse maximum de 17 m./sec.

Appareil indicateur de position des cages.

Cet appareil se compose de deux tiges filetées recevant, par l'intermédiaire d'engrenages coniques, le mouvement de rotation de l'arbre de la machine d'extraction, et opérant le déplacement des index représentatifs des cages.

Lorsque chacune de celles-ci arrive, en montant, à 140 mètres de la recette supérieure, un mécanisme solidaire de l'index correspondant fait retentir un timbre et ramène progressivement le levier de marche à la position de repos, à mesure que la cordée s'achève.

En outre, lorsque ces index s'élèvent légèrement au-dessus de la position correspondant au niveau supérieur que les cages peuvent normalement atteindre, ils provoquent mécaniquement la fermeture du frein de sécurité et l'arrêt de la machine.

La liaison entre l'indicateur de profondeur et la machine peut être supprimée par un volant de débrayage, pour permettre le réglage de la position des index.

Appareils d'enregistrement et de signalisation.

Un appareil Karlik, enregistrant le diagramme vitesse-temps du déplacement des cages, est mû par l'intermédiaire d'une courroie par la partie de l'axe de commande de l'indicateur de profondeur, située en aval du volant de débrayage; grâce à cette disposition, les manœuvres de réglage de la position des index apparaissent au diagramme.

Un appareil de signalisation électrique transmet les signaux donnés par le sonneur de la recette supérieure au machiniste; ces deux agents sont en outre reliés par téléphone.

Equipement d'extraction.

Les cages, à quatre étages, ont une hauteur de 7^m,26 et peuvent contenir 60 personnes chacune; elles sont à guidage frontal par rails de 50 kgs/m.

Le câble porteur est un câble croix, rond, en fils de 2,2 mm. de diamètre; il est antigiratoire et mesure 65 mm. de diamètre; son poids métrique est de 15,2 kgs, celui du câble plat d'équilibre étant de 15,8 kgs. Son arc d'enroulement sur la poulie Koepe est de 178°.

La gorge de cette poulie est garnie d'une fourrure constituée de blocs de chêne posés sur champ, entre lesquels sont intercalées alternativement des lamelles de ferodo et de balata. Le coefficient d'adhérence du câble dans cette gorge est d'environ 0,25.

Le graissage du câble s'effectue à intervalles de quatre semaines, à l'aide d'un mélange contenant 70 litres de cylindrine, 27 litres d'huile de colza et 3 kilogrammes de colophane.

Dans le châssis à molettes, on rencontre successivement, au-dessus de la recette supérieure, à une hauteur de :

9^m,90, les évite-molettes électriques (interrupteurs du circuit de sécurité);

13 mètres, les taquets de sûreté;

16^m,06, la base des guides rapprochés; ceux-ci ont 5^m,20 de longueur.

D'autre part, sous la recette inférieure de 700 mètres, l'écartement normal des rails de guidage est réduit de 37 cm., sur une longueur de 9^m,30. Le serrage des cages commence à un niveau situé 2^m,23 plus bas que celui où s'arrête le palier inférieur des cages descendantes chargées de personnel.

En outre, à ce niveau est établi un plancher de protection destiné à empêcher la chute des personnes dans le bougnou. Le plancher d'arrêt, empêchant les cages d'atteindre le bougnou, se trouve à environ 10 mètres sous le précédent.

Circonstances de l'accident.

Lors de la relève du poste de l'après-midi, trois cordées de personnel avaient été faites; pour la quatrième, 29 ouvriers avaient pris place à la recette de 700 mètres dans la cage montante et 45 dans la cage descendante. La translation commença normalement; le commutateur occupant la position qui correspond à la vitesse maximum de 16 m./sec., le machiniste amena progressivement et maintint le levier de marche à fond de course. Environ à mi-cordée, un déclenchement se produisit.

Le machiniste, entendant au bruit fait par l'échappement de l'air comprimé que le contrepoids du frein de sécurité allait tomber, actionna le levier fermant le frein de manœuvre et ramena rapidement le levier de marche à la position arrêt. La machine s'arrêta, en même temps que se produisit un glissement important du câble, attesté par un dégagement abondant de fumée provenant de la gorge de la poulie Koepe.

Après vérification du circuit de sécurité, il fut constaté que l'interrupteur commandé par le limiteur de vitesse Noris était ouvert; le déclenchement avait été provoqué par un excès de vitesse.

Cet interrupteur ayant été refermé, le machiniste put remettre la machine en marche; comme il supposait qu'un glissement anormal s'était produit, et que l'indicateur de profondeur était par conséquent dérégulé, il reprit la translation à vitesse réduite, de manière à pouvoir arrêter la machine dès que le sonneur lui signalerait l'arrivée de la cage à la surface. Ce signal lui fut en effet transmis, mais avant qu'il ait eu le temps d'opérer une manœuvre quelconque, un nouveau déclenchement se produisit et la machine s'arrêta.

La cage montante s'était immobilisée dans les guides rapprochés, les taquets de sûreté étant retombés sous le palier du deuxième

étage. Des 29 ouvriers que contenait cette cage, un seul fut légèrement blessé.

Quant à la cage descendante, elle avait heurté le plancher de protection du bougnou; ce plancher est resté intact, tandis que le cadre inférieur de la cage fut brisé. Sur le toit de la cage reposaient les attaches et une longueur de plusieurs mètres de câble, qui était détendu.

C'est dans cette cage que plusieurs ouvriers furent grièvement blessés par la violence du choc.

Le câble porteur, graissé en dernier lieu 24 jours avant l'accident, et le câble d'équilibre ne furent pas endommagés.

Après l'accident, on constata que le déclenchement du frein de sécurité de la machine d'extraction avait été provoqué par l'ouverture de l'interrupteur commandé par l'évite-molettes électrique.

D'autre part, en considérant la position occupée par les index de l'appareil indicateur de profondeur, après l'arrêt des cages et en tenant compte du glissement qui a dû se produire à ce moment, on peut estimer à environ 50 mètres l'importance du glissement résultant de l'arrêt brusque des cages à mi-cordée.

L'examen du diagramme de cette cordée, enregistré par l'appareil Karlik, montre que la vitesse des cages était de 17 m./sec., lors du premier déclenchement, et que la machine s'est arrêtée au bout de 4 secondes. Pendant la seconde partie de la translation, la vitesse a été de 12 m./sec. au maximum, et elle était réduite à 5^m.50 quand se produisit l'arrêt brusque des cages.

Cause du glissement du câble.

Les cages ayant reçu des charges équivalentes à celles qu'elles portaient au moment de l'accident, divers essais effectués sur la machine d'extraction ont établi que :

1°) La machine étant réglée pour une vitesse maximum de 16 m./sec., le limiteur de vitesse Noris entre en action lorsque la vitesse atteint 17 m./sec.;

2°) un déclenchement étant provoqué, à la vitesse de 17 m./sec., aucun glissement de câble ne se produit, même lorsque la surcharge de la cage descendante est de 2.850 kilogrammes;

3°) la surcharge de la cage descendante étant de 950 kilogrammes, si l'on provoque la fermeture du frein de sécurité, à la vitesse de

14^m.50 par seconde, et qu'on agisse, dès la rupture du circuit de sécurité, sur le levier de marche pour le ramener rapidement à la position de repos, l'arrêt de la machine est obtenu en 3 secondes; il se produit dans ces conditions un glissement du câble sur la poulie Koepe, avec dégagement abondant de fumées; l'importance du glissement constaté est de 45 mètres.

D'autre part, lors des rares déclenchements qui se sont produits précédemment, au cours de l'extraction, soit que la vitesse des cages ait atteint 24 m./sec., soit que le courant alimentant le groupe convertisseur ait été incidemment coupé, il n'a pas été constaté de glissement supérieur à 1^m.50.

Le glissement qui s'est produit, dans le cas présent, lors de l'arrêt des cages à mi-cordée, est donc attribuable au freinage électrique intense, provoqué par l'intervention inopportune du machiniste qui a ramené le levier de marche à la position d'arrêt.

Le machiniste a simultanément voulu fermer le frein de manœuvre, mais cette action était inopérante, car, comme nous l'avons vu tout à l'heure, la disposition des circuits d'air comprimé rend impossible l'application simultanée des deux modes de freinage mécanique.

Conclusions.

Il résulte de cet exposé que la vitesse excessive imprimée aux cages, lors de leur passage aux recettes extrêmes, doit être imputée à une manœuvre imprudente et irréfléchie du machiniste; celui-ci a, en effet, repris la translation après le déclenchement survenu à mi-cordée, alors que, manifestement, il ne pouvait plus se fier, même de façon approximative, aux indications fournies par l'appareil représentant la marche des cages.

Le glissement de câble, cause du dérèglement de cet appareil, résulte d'autre part du freinage électrique excessif que le machiniste a provoqué en ramenant rapidement le levier de marche à la position d'arrêt.

Lorsqu'une machine d'extraction électrique est munie d'un dispositif de freinage automatique, celui-ci est en général conçu de manière à réaliser l'arrêt en un temps minimum compatible avec les conditions nécessaires de sécurité; le couple de freinage sera tel que, pour une poulie Koepe, il ne produise par un glissement exagéré du câble; dans le cas d'une machine à bobines ou à tambour, pour laquelle cette éventualité n'est pas à craindre, ce couple sera limité

à une valeur telle que les cages et les personnes qui y ont pris place ne subissent pas de choc dangereux, et que les câbles et les divers éléments de la machine ne soient pas soumis à des efforts qui puissent compromettre leur solidité.

Il conviendrait, dès lors, que le machiniste s'abstienne de toute manœuvre ayant pour effet de renforcer le couple de freinage ainsi déterminé. Dans le cas présent, l'intensité du freinage mécanique était rendue indépendante de l'action du machiniste; il ne semble pas, à première vue tout au moins, qu'il y ait une impossibilité ou un inconvénient à réaliser une semblable indépendance en ce qui concerne le freinage électrique.

Si, d'autre part, les divers incidents relatés ci-dessus ont donné lieu à un accident grave, c'est parce que la cage descendante a heurté un plancher de protection se trouvant à faible distance de la recette inférieure. Etabli à cet endroit dans le but d'éviter toute chute dans le bougnou, ce plancher sauva effectivement la vie d'une personne qui, précédemment, était tombée dans le puits de la recette de 700 mètres; il a encore présenté l'avantage, dans le cas présent, de favoriser l'arrêt de la cage ascendante, qui s'engagea dans les guides évite-molettes. Mais le choc subi par les occupants de la cage descendante n'en fut que plus brutal, car ce plancher a empêché la cage d'atteindre la partie rétrécie du guidage où elle se fût arrêtée progressivement.

L'existence d'un plancher à cet endroit ne se concilie pas, logiquement, avec celle d'un guidage rapproché; aussi, le Comité d'Arrondissement a-t-il préconisé, entre autres mesures, d'adopter pour ce plancher un mode de suspension approprié qui lui permette de descendre sous l'effet du poids d'une cage.

Enfin, le déclenchement qui s'est produit à mi-cordée, et qui fut la cause indirecte de l'accident, est dû au fait que la vitesse maximum de translation, que les caractéristiques électriques de l'installation fixent à 16 m./sec., a atteint 17 m./sec., dépassant de 6,25 % le limite normale. On doit conclure de là que la vitesse des moteurs d'extraction, réglée uniquement par la valeur de la résistance insérée dans le circuit d'excitation des dynamos du groupe convertisseur, peut présenter des écarts de cet ordre de grandeur.

Comme un tel écart n'est pas, par lui-même, de nature à compromettre la sécurité du personnel, une marge plus grande, que le Comité d'Arrondissement estime devoir être de 10 %, pourrait être laissée pour l'entrée en action du limiteur automatique de vitesse.

Bassin houiller du Nord de la Belgique

Charbonnage Limbourg-Meuse

Sondage n° 76 d'Eysden (II).

PAR

M. X. STAINIER,

Professeur de Géologie à l'Université de Gand.

Ce sondage a été pratiqué, en 1908-1909, par la firme Tréfor.

Déterminations des morts-terrains par X. Stainier, du Houiller par R. P. G. Schmitz et X. Stainier.

Orifice à 50 m. environ.

Dans le Houiller, le sondage a été pratiqué entièrement à la couronne diamantée. Dans les morts-terrains, on a utilisé divers procédés donnant des indications d'une valeur très inégale. Dans la description, ces procédés seront indiqués par les signes suivants :

I. Trépan avec injection d'eau boueuse. Ces échantillons n'ayant aucune valeur, il n'en est pas tenu compte et les limites des divisions géologiques ne sont pas données.

T. Echantillons recueillis sur les joues du trépan. Valeur très faible.

C. Echantillons prélevés à la cuiller à sec. Ce procédé donne des indications auxquelles on peut attacher de la valeur.

Les échantillons ne portant aucune indication ont été recueillis à la couronne diamantée.

Diamètre du sondage : 0 m.—44 m.=0^m.425. 44 m.—92 m.=15". 92 m.—145 m.=13.5". 145 m.—189 m.=12". 189 m.—204 m.=10,5". 204 m.—439 m.=6". 439 m.—456 m.=8". 456 m.—682 m.=6". 682 m.—832 m.=5". 832 m.—1.402 m.=3,5".