

Note sur les différences de pression entre puits dans les mines aérées par ventilateurs souterrains

par R. LEFEVRE,

Ingénieur principal des mines.

La ventilation souterraine a pris, depuis quelque dix ans, une extension considérable.

Nous nous devons de rappeler que la réalisation pratique de ce mode d'aérage est l'œuvre de M. Canivet, Directeur-Gérant du Charbonnage de Monceau-Fontaine. M. Canivet a été, dans ce domaine, un pionnier infatigable et un véritable bâtisseur. L'industrie des mines lui est redevable du progrès le plus marquant réalisé de nos jours en ventilation. Nous sommes heureux de pouvoir lui rendre ici l'hommage qui lui revient.

Nous ne rappellerons pas ici les multiples avantages de la ventilation souterraine. M. Canivet les a développés en détail dans ses publications du bulletin des ingénieurs de l'Ecole des Mines de Mons et de la revue de l'industrie minière. Nous dirons seulement que les deux principaux de ces avantages sont, sans conteste, la possibilité de réduction au minimum des fuites d'aérage et l'extrême souplesse qu'elle permet dans la répartition adéquate des débits d'air entre les différents chantiers. Cependant, on fait, à la ventilation souterraine, le reproche de provoquer une surpression du puits de retour d'air par rapport au puits d'entrée et de créer ainsi un état de choses susceptible d'être dangereux dans les mines grisouteuses.

Dans la présente note, nous tenterons de dégager les facteurs qui conditionnent le régime des pressions dans les puits et d'étudier leur influence respective et conjuguée. Nous examinerons ensuite jusqu'à quel point et dans quels cas est fondé le reproche que l'on fait à la ventilation souterraine de créer des situations

dangereuses par suite de la surpression du puits d'air. Enfin, nous essayerons de déterminer de quelle façon et à quelles conditions on peut rétablir une surpression permanente du puits d'entrée d'air.

I. — FACTEURS CONDITIONNANT LE REGIME DES PRESSIONS DANS LES PUITS

Lorsque le ventilateur est placé à l'orifice supérieur du puits de retour d'air, l'air est aspiré dans le puits d'entrée, dans les travaux et dans le puits de retour. Si le ventilateur est placé au fond, à l'extrémité du retour d'air des travaux, l'air est aspiré dans le puits d'entrée et dans les chantiers, puis refoulé dans le puits de retour jusqu'à la surface. Ces deux modes de placement des ventilateurs correspondent à deux régimes différents des pressions relatives dans les puits. Ces deux régimes sont de plus affectés différemment par l'aérage naturel, résultant de la différence de densité de l'air dans les deux puits.

1. — Influence des pertes de charges seules.

Si nous faisons momentanément abstraction de la densité de l'air, en supposant par exemple que le circuit complet, puits et travaux, soit développé dans un même plan horizontal, nous pouvons établir facilement le diagramme des pressions dans les puits, en fonction de la profondeur pour les deux modes de placement du ventilateur envisagés ci-dessus, en ne considérant que les pertes de charges dues à la circulation de l'air.

a) *Aérage aspirant sur tout le circuit général (ventilateur superficiel).*

La circulation de l'air dans les puits et les travaux occasionne des pertes de pression ou pertes de charges, qui sont compensées, en fin de circuit, par la force aéromotrice fournie par le ventilateur. Si nous désignons par r_e , r_t , r_r les résistivités respectives du puits d'entrée, des travaux d'exploitation et du puits de retour, c'est-à-dire les résistances opposées par ces puits et travaux au passage de 1 m³/sec. d'air pour 1 m. de longueur, les pertes de charges correspondantes seront, en désignant par Q le débit d'air en m³/sec. et par l_e , l_t et l_r les longueurs correspondantes des circuits :

$$h_e = r_e \times l_e \times Q^2$$

$$h_t = r_t \times l_t \times Q^2$$

$$h_r = r_r \times l_r \times Q^2$$

Nous pouvons dresser à la fig. 1, le diagramme des pressions dans les puits et travaux en fonction des longueurs, en ne tenant compte que des seules pertes de charges.

La chute de pression dans le puits d'entrée de O en A est une fonction linéaire de la profondeur z . Elle est représentée par la droite OB. La pente de cette droite par rapport à l'axe des profondeurs Ox , est égale à $r_e Q^2$. La perte de pression dans les travaux, de A en F est représentée par la droite BD. De même la chute de pression dans le puits de retour, de F à O est figurée

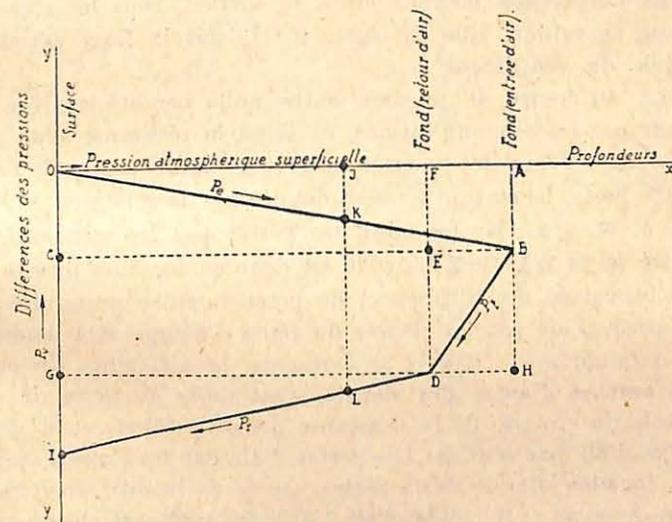


Fig. 1.

par la droite DI, dont la pente, par rapport à l'axe des profondeurs Ox , est conditionnée par $r_r Q^2$.

Les différences de pression du circuit d'air, en partant de la pression atmosphérique superficielle, sont donc représentées par les ordonnées de OBHDIO.

On voit que le puits d'entrée est partout en surpression par rapport au puits de retour. L'importance de cette surpression

est figurée par la différence d'ordonnées entre IDH et OB. Par exemple, à la profondeur OJ, cette surpression est de KL. La surpression minima se trouve au fond du puits d'entrée d'air. En effet, comme il n'y a pratiquement pas de circulation d'air dans le puits de retour (sauf les fuites), sur la hauteur de l'étage inférieur d'extraction, depuis le niveau de retour jusqu'au niveau d'entrée, la pression dans ce puits, au niveau de retour est la même que celle du niveau d'entrée.

La dépression AH à ce dernier niveau, dans le puits de retour est donc égale à FD. Comme d'autre part, la dépression du puits d'entrée, à ce dernier niveau est AB, la surpression du puits d'entrée en cet endroit, par rapport au puits de retour est de BH. Elle est égale à la perte de charges des travaux d'exploitation.

La surpression maxima est à la surface, sous les clapets du puits de retour. Elle est égale à OI, soit la force aéromotrice totale du ventilateur.

La différence de pression entre puits conditionne les fuites d'air par les communications. Si R est la résistance d'un circuit de fuites, V le débit de cette fuite et Δp la différence de pression entre puits, la perte d'air sera donnée par la relation $\Delta p = RV^2$ ou $V = \sqrt{\Delta p/R}$. Le total des pertes par les communications entre puits $\Sigma V = \Sigma \sqrt{\Delta p/R}$ est donc en fonction directe de la racine carrée des différences de pression entre puits. De même la perte d'air par les clapets du puits d'aérage sera donnée par la relation $h = R'V'^2$, si h désigne la différence de pression de part et d'autre des clapets, c'est-à-dire la perte de charge totale du circuit, R' la résistance des dits clapets et V' les rentrées d'air par ceux-ci. Les pertes d'air par les clapets sont donc en fonction directe de la racine carrée de la différence de pression maxima entre puits, c'est-à-dire des pertes de charges totales du circuit d'aérage de la mine.

Dans les puits anciens, à moyenne ou grande profondeur, par lesquels on a déhouillé de nombreux étages superposés, il n'est pas rare de voir les pertes d'air atteindre 50 % du débit global du ventilateur, avec une incidence de 20 % pour les communications entre puits et de 30 % pour le sas.

b) *Aérage aspirant et soufflant (ventilateur au fond).*

Lorsque le ventilateur est placé au fond, à l'extrémité du retour d'air des travaux, il y a chute de pression dans la partie

du circuit située à l'amont du ventilateur, c'est-à-dire dans le puits d'entrée d'air et dans les travaux. La force aéromotrice du ventilateur élève ensuite la pression dans la partie du circuit à l'aval du ventilateur, c'est-à-dire dans le puits de retour. Le diagramme de la fig. 2 indique la variation des pressions dans le circuit en fonction des longueurs, compte tenu uniquement des pertes de charges. La chute de pression dans le puits d'entrée de O en A, est représentée par la droite OB. Dans les travaux, cette chute de pression est figurée par la droite BD. Le ventilateur élève la pression de D en E. Cette surpression décroît de EF à O, suivant EO, du fond à la surface, dans le puits de retour.

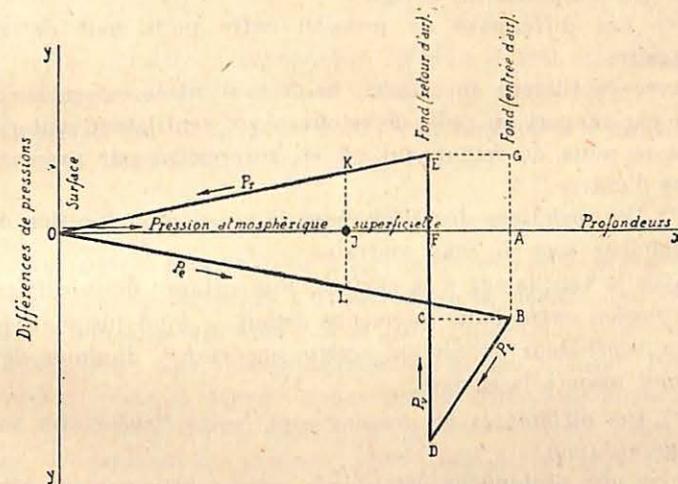


Fig. 2.

Les différences de pression du circuit d'air, en partant de la pression atmosphérique superficielle, sont donc représentées par les ordonnées de OBDEO.

Avec ce mode de placement du ventilateur, le puits de retour est partout en surpression par rapport au puits d'entrée, si l'on ne tient compte que des pertes de charges. L'importance de cette surpression est figurée par la différence d'ordonnées entre OEG et OB. Par exemple à la profondeur OJ, la surpression est de KL. A proximité immédiate de la surface, la pression dans les puits est la même. La différence de pression entre puits

augmente avec la profondeur. Elle est maxima au fond, au niveau d'entrée d'air, et égale à la somme des pertes de charges dans les puits. En effet, par suite de l'absence de courant d'air dans le puits de retour, sur la hauteur de l'étage inférieur d'extraction, du niveau de retour au niveau d'entrée, la pression à ces deux endroits est la même et égale à $+EF$. La pression dans le puits d'entrée, au niveau d'entrée étant $-AB$, la différence de pression entre puits en cet endroit est $EF + AB = GA + AB = GB$.

Si l'on compare à la lumière des fig. 1 et 2 le régime des pressions dans les puits pour les deux modes de placement du ventilateur envisagés, on trouve les différences ci-après, en ne considérant que les pertes de charges :

1°) Les différences de pression entre puits sont de signe contraire.

Avec ventilateur superficiel, le puits d'entrée est en surpression par rapport au puits de retour. Avec ventilateur souterrain, c'est le puits de retour qui est en surpression par rapport au puits d'entrée.

2°) Les variations des différences de pression en fonction de la profondeur sont de sens contraire.

Avec le ventilateur à la surface, l'importance de la différence de pression entre puits augmente depuis le fond jusqu'au jour. Avec ventilateur souterrain, cette importance diminue depuis le fond jusqu'à la surface.

3°) Les différences de pression sont moins élevées avec ventilateur au fond.

Pour une profondeur déterminée, avec ventilateur superficiel, la différence de pression entre puits est égale à la perte de charges des travaux augmentée de la somme des pertes de charges dans les puits, depuis la profondeur considérée jusqu'au fond. Elle n'est jamais inférieure à la perte de charges des travaux, au fond, et elle atteint la perte de charge totale du circuit complet d'aéragé à la surface. Pour une même profondeur déterminée, avec ventilateur au fond, la différence de pression entre puits est égale à la somme des pertes de charges dans les puits, depuis la profondeur considérée jusqu'à la surface. Elle est nulle en ce dernier endroit et atteint son maximum, égal à la perte de charge totale des puits, au fond de ceux-ci. La perte de charges des travaux n'entre jamais en ligne de compte, dans le cas du venti-

lateur souterrain, alors qu'elle intervient toujours avec le ventilateur superficiel.

Nous tirons, de ce qui précède, les conclusions suivantes, en ce qui concerne les pertes d'air.

1°) Les pertes au sas sont nulles avec ventilateur au fond. En effet, sous l'orifice superficiel du puits de retour, la pression est égale à la pression atmosphérique.

2°) Les pertes entre puits, par les communications, sont réduites avec ventilateur au fond. En effet, les différences de pression entre puits étant plus faibles, en moyenne, qu'avec ventilateur superficiel, la somme des débits de fuites sera aussi plus faible puisque ces débits varient comme la racine carrée des différences de pression.

3°) Avec ventilateur superficiel, les fuites sont constituées d'air frais court-circuité avant les travaux.

Avec ventilateur au fond, les fuites sont constituées d'air vicié qui retourne dans les travaux.

2. — Influence de l'aéragé naturel seul.

L'échauffement progressif de l'air dans le circuit provoque, entre les puits, un tirage dû à la différence de densité des deux colonnes d'air. Il serait sans intérêt pour l'objet de la présente note d'établir ici une théorie exacte de l'aéragé naturel. Nous nous contenterons d'estimer approximativement son influence sur les différences de pression entre puits en partant de la formule habituellement utilisée. Nous négligerons également l'influence de l'état hygrométrique de l'air.

Si Δ est la densité de l'air à une profondeur x où la pression est p , l'accroissement de pression dp à une profondeur $x + dx$ est $dp = \Delta dx$. Si T est la température en x , $p/\Delta = RT$, R étant la constante de l'air égale à 29,27. D'où $dp/p = dx/RT$.

A l'occasion d'assez nombreux relevés de température souterraine, j'ai pu constater que par sa circulation dans le puits d'entrée, l'air ne s'échauffait que modérément. Cet échauffement est fonction de la profondeur et de différents facteurs qu'il serait inopportun d'énumérer ici. Il est également fonction de la température superficielle d'entrée, que nous désignerons par T_0 . Lorsqu'aucune cause perturbatrice ne vient troubler le processus

d'échauffement, on peut admettre approximativement que l'élévation de température dans le puits d'entrée est proportionnelle à la profondeur. Si nous appelons n l'élévation de température par mètre de profondeur, n étant fonction de T_0 et des conditions d'exploitations, nous pouvons écrire que, dans le puits d'entrée, $T_e = T_0 + nx$. En introduisant cette valeur pour T dans l'équation différentielle

$$\frac{dp}{p} = \frac{dx}{RT}, \text{ on a : } \frac{dp}{p} = \frac{dx}{R(T_0 + nx)}$$

$$\text{ou } \frac{dp}{p} = \frac{1}{Rn} \times \frac{d(T_0 + nx)}{T_0 + nx}$$

En intégrant entre les limites p_e et p_0 d'une part et x et 0 d'autre part (p_e est la pression à la profondeur x , dans le puits d'entrée, p_0 est la pression barométrique superficielle), il vient :

$$l \frac{p_e}{p_0} = \frac{1}{Rn} \times l \frac{T_0 + nx}{T_0} \text{ ou } p_e = p_0 \left(\frac{T_0 + nx}{T_0} \right)^{1/Rn}$$

Par sa circulation dans les travaux, l'air continue à s'échauffer. C'est dans cette partie du parcours que l'élévation de température est la plus importante. Ce fait s'explique logiquement par le fractionnement, dans les dits travaux du débit total en débits partiels, circulant à plus faibles vitesses que dans les puits et empruntant des circuits de plus grande longueur que dans ceux-ci. Le contact de chaque unité de volume d'air avec les roches encaissantes est ainsi plus intime et plus prolongé. Dans le puits de retour, si aucun facteur de perturbation n'intervient, on peut considérer que les causes antagonistes d'échauffement et de refroidissement s'équilibrent et que la température de l'air y est à peu près constante, donc indépendante de la profondeur. Nous désignerons cette température par T_r . En remplaçant T par T_r dans l'équation $dp/p = dx/RT$ et en intégrant entre les limites p_r et p_0 d'une part et x et 0 d'autre part (p_r étant la pression à la profondeur x dans le puits de retour, p_0 la pression barométrique superficielle), il viendra :

$$l \frac{p_r}{p_0} = \frac{x}{RT_r} \text{ ou } p_r = p_0 e^{x/RT_r}$$

L'équation des différences de pression dans les puits sera donc :

$$p_e - p_r = p_0 \left(\frac{T_0 + nx}{T_0} \right)^{1/Rn} - p_0 e^{x/RT_r}$$

Cette équation peut être simplifiée en adoptant pour T_e une valeur moyenne de la température superficielle T_0 et de la température à la profondeur x : $T_0 + nx$, c'est-à-dire $T_0 + nx/2$, et en considérant cette température comme constante pour le tronçon allant de la surface à la profondeur x . Dans ce cas :

$$p_e = p_0 e^{\frac{x}{R(T_0 + nx/2)}}$$

$$\text{et } p_e - p_r = p_0 (e^{\frac{x}{R(T_0 + nx/2)}} - e^{x/RT_r})$$

On peut encore simplifier d'avantage en développant en série la fonction e^{x/RT_r} .

On sait que :

$$e^{x/RT_r} = 1 + \frac{x}{RT} + \frac{1}{2} \left(\frac{x}{RT} \right)^2 + \frac{1}{2.3} \left(\frac{x}{RT} \right)^3 + \dots$$

On peut ici négliger, sans erreur appréciable, les termes qui suivent le 2^{me}, car seule la différence $p_e - p_r$ nous intéresse.

Nous ne négligerons donc ainsi que la différence entre $\frac{1}{2} \left[\frac{x}{RT_e} \right]^2$

et $\frac{1}{2} \left[\frac{x}{RT_r} \right]^2$ et ainsi de suite, ce qui est insignifiant. On pourra

donc écrire :

$$p_e - p_r = p_0 \left(1 + \frac{x}{R(T_0 + nx/2)} - 1 - \frac{x}{RT_r} \right)$$

$$\text{ou } p_e - p_r = \frac{p_0 x}{R} \left(\frac{1}{T_0 + nx/2} - \frac{1}{T_r} \right)$$

La courbe qui représente cette fonction a l'allure hyperbolique indiquée à la fig. 3. Sa concavité est tournée vers le bas.

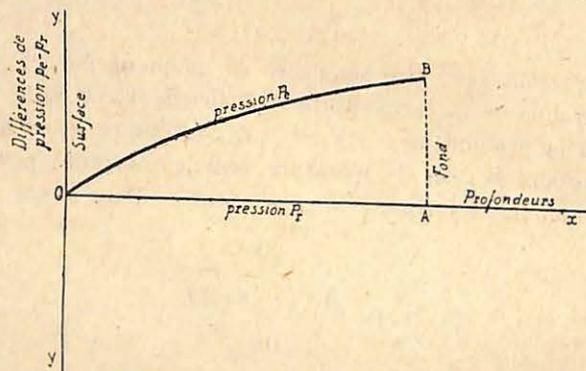


Fig. 3.

Nous avons pris comme axe des profondeurs Ox , l'horizontale passant par le point O de pression atmosphérique superficielle. La droite OA et la courbe OB ne représentent donc pas les pressions absolues dans les puits, celles-ci croissant à mesure que la profondeur augmente, à cause du poids de plus en plus grand de la colonne d'air surincombante.

pour que OA et OB représentent les pressions absolues dans les puits, il faudrait adopter comme axe des x une droite oblique partant de O et descendant fortement vers la droite du croquis. Cette façon de faire compliquerait inutilement les diagrammes. Ce qui nous intéresse c'est la différence de pression entre puits et celle-ci est exactement figurée sur le diagramme fig. 3 en prenant l'horizontale pour Ox .

La pression du puits d'entrée est supérieure à celle du puits de retour du fait de l'aérage naturel envisagé isolément. La diminution de surpression, du fond à la surface est moins que proportionnelle à la profondeur. Cette surpression est fonction de la pression barométrique superficielle, de la profondeur, de la température superficielle, de la variation de température par

unité de longueur dans le puits d'entrée (laquelle est fonction de la température superficielle) et de la température du puits de retour. Elle dépend donc des conditions d'exploitation de la mine, lesquelles sont constantes pour des périodes d'assez longue durée et des conditions atmosphériques extérieures, spécialement de la température.

Les écarts de celle-ci au cours d'une année et même au cours de 24 heures confèrent, dans nos climats, un caractère éminemment instable à l'aérage naturel.

Rappelons que les calculs ci-avant et la courbe que nous en avons tirée sont basés sur les hypothèses de la variation linéaire de température en fonction de la profondeur, dans le puits d'entrée et de la constance de la température dans le puits de retour. Ces hypothèses ne sont approximativement réalisées que pour autant qu'aucune cause de perturbation n'intervienne. En réalité, il existe presque toujours des causes perturbatrices qui viennent modifier la répartition des températures dans le puits. Les principales de ces causes sont:

1°) Les variations de débit dans les puits. S'il y a plusieurs étages d'exploitation, le débit diminuera progressivement en descendant dans le puits d'entrée et augmentera progressivement en remontant dans le puits de retour. Les masses d'air et les vitesses dont elles sont animées étant variables dans les puits, il en résultera une élévation irrégulière de la température de celles-ci au contact des parois du puits, qui transmettent à l'air la chaleur interne des roches.

2°) Les échanges d'air directs entre puits occasionnés par les fuites. S'il y a surpression du puits d'entrée, il y a abaissement de la température du puits de retour par les fuites d'air frais. S'il y a surpression du puits de retour, il y a élévation de la température du puits d'entrée par les fuites d'air vicié chauffé.

3°) La circulation des cages dans les puits. Les remous produits par les déplacements des cages occasionnent des brassages d'air qui apportent des modifications irrégulières de température.

4°) Les chutes d'eau dans les puits. Celles-ci occasionnent des abaissements irréguliers de température des puits. Cette influence est surtout sensible dans le puits de retour.

5°) Les coups de vent à l'orifice des puits non protégés. Ces coups de vent occasionnent des remous d'air dans les tronçons de puits voisins de la surface.

Il en résulte que, dans la pratique, on aura peu souvent l'occasion de se servir de la formule analytique exposée ci-avant pour établir la courbe de l'aérage naturel en fonction de la profondeur. Il faudra établir celle-ci par points. On décomposera les puits en tronçons consécutifs dont on prendra la température moyenne. La pression à la base de chaque tronçon sera calculé de proche en proche, à partir de la surface par la formule :

$$p_n = p_{(n-1)} \cdot e^{\frac{x_n - x_{n-1}}{R \frac{T_n + T_{n-1}}{2}}}$$

dans laquelle p_n et p_{n-1} représentent respectivement les pressions à la base des tronçons n et $n - 1$, x_n et x_{n-1} les profondeurs des bases de ces mêmes tronçons, T_n et T_{n-1} les températures absolues à la base des dits tronçons.

En employant les logarithmes vulgaires, on a :

$$\log p_n = \log p_{n-1} + \frac{x_n - x_{n-1}}{R \frac{T_n + T_{n-1}}{2}} 0,434, \text{ avec } R = 29,27.$$

On peut aussi employer la formule approchée dont nous nous sommes servis antérieurement :

$$p_n = p_{n-1} \left(1 + \frac{x_n - x_{n-1}}{R \frac{T_n + T_{n-1}}{2}} \right)$$

La différence entre les pressions des deux puits à la base d'un tronçon déterminé fournira la valeur de l'aérage naturel en

cet endroit. La formule approchée conduit à des valeurs sensiblement égales (pour les profondeurs et les températures usuelles) à 1 ou 2 mm. d'eau près, de celles tirées de la formule logarithmique.

La courbe réelle de l'aérage naturel, établie par points en tenant compte des facteurs de perturbation de température, conserve généralement une allure analogue à celle de la courbe théorique, tirée de la formule analytique. Sa concavité est, le plus souvent, également tournée vers le bas.

3. — Influences conjuguées des pertes de charges et de l'aérage naturel.

Pour estimer l'influence conjuguée des pertes de charges, résultant de la circulation de l'air, et de l'aérage naturel sur les différences de pression entre puits, il faut combiner les diagrammes des fig. 1 et 2 avec celui de la fig. 3.

a) *Ventilateur superficiel.*

Pour ce mode d'aérage, le puits d'entrée est en surpression par rapport au puits de retour. L'aérage naturel provoque également une surpression du puits d'entrée. Les deux causes agissent dans le même sens, l'aérage naturel accentue la surpression du puits d'entrée. La fig. 4 indique la variation de la différence de pression en fonction de la profondeur.

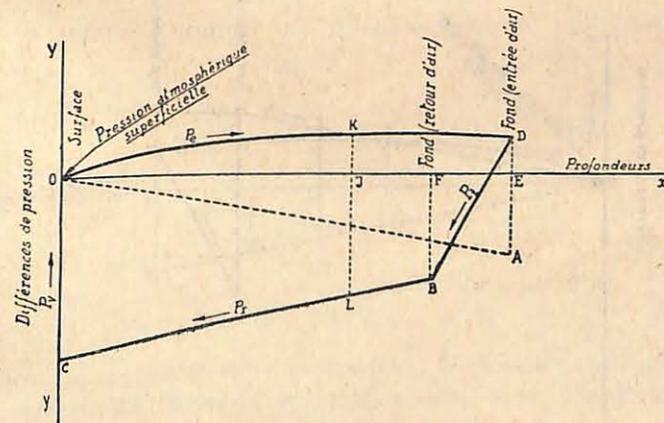


Fig. 4.

A la droite OA, donnant l'indication de la pression dans le puits d'entrée, il faut ajouter la surpression produite par l'aérage naturel. On portera donc le diagramme de la fig. 3 au-dessus de OA, en prenant cette droite comme axe des x , l'axe des y restant la verticale. Le diagramme des pressions dans le circuit deviendra ainsi ODBCO, par suite de l'aérage naturel. La différence des pressions entre puits sera donnée par la différence d'ordonnées entre OD et CBA'. Le point A', non figuré au diagramme, est à la rencontre de la verticale DA prolongée et de l'horizontale passant par B.

A une profondeur quelconque OJ, la surpression du puits d'entrée sera KL. La surpression à la surface reste égale à OC, charge motrice du ventilateur. Au fond, elle est aussi égale à la perte de charge des travaux.

b) Ventilateur souterrain.

Si le ventilateur est placé au fond, c'est le puits de retour qui est en surpression par rapport au puits d'entrée. Comme l'aérage naturel provoque une surpression du puits d'entrée, les deux actions sont antagonistes. Suivant leur importance respective, l'une ou l'autre sera prépondérante. De toute façon l'aérage naturel diminuera la différence de pression entre puits.

La fig. 5 donne l'état des différences de pression entre puits

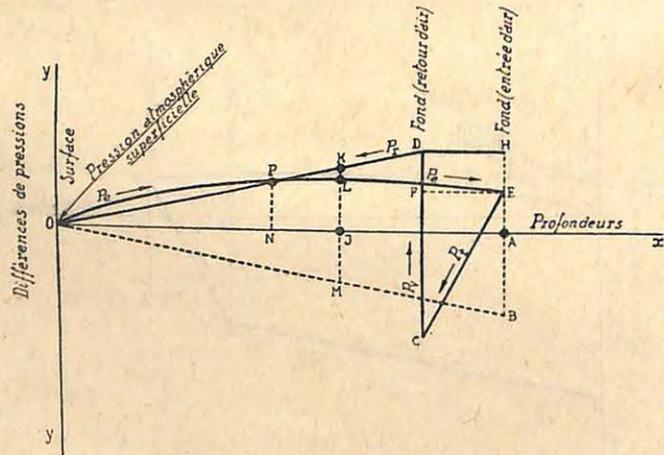


Fig. 5.

en fonction de la profondeur. A la droite OB des pressions dans le puits d'entrée, on ajoutera, comme dit ci-avant, la surpression due à l'aérage naturel. La courbe des pressions dans le puits d'entrée devient ainsi OPLE au lieu de OB. La ligne des pressions dans le puits de retour étant ODH, la différence de pression entre puits est donc donnée par les différences d'ordonnées entre OPLE et ODH. Les deux lignes se coupent en P, correspondant à la profondeur ON. De la surface jusqu'à cette profondeur, le puits d'entrée est en légère surpression. De N jusqu'au fond, c'est le puits de retour qui est en légère surpression. Cette surpression est maximum au fond. Elle est égale à HE; sans l'aérage naturel, elle serait beaucoup plus élevée et égale à HB.

On peut calculer la profondeur ON où la différence de pression entre puits est nulle. Nous avons vu en effet que, pour une profondeur x , la surpression du puits de retour, avec ventilation souterraine, est donnée par la somme des pertes de charges dans les puits, depuis la surface jusqu'à la profondeur x considérée. Si r_e et r_r sont les résistivités respectives des puits d'entrée et de retour et Q le débit d'air circulant dans ces puits, on a $p_r - p_e = (r_e + r_r) Q^2 x$. D'autre part, nous avons admis également que la surpression du puits d'entrée provoquée par l'aérage naturel était :

$$p_e - p_r = \frac{p_0}{R} x \left(\frac{1}{T_0 + nx/2} - \frac{1}{T_r} \right).$$

Nous aurons l'équilibre des pressions entre les puits lorsque :

$$(r_e + r_r) Q^2 x = \frac{p_0}{R} x \left(\frac{1}{T_0 + nx/2} - \frac{1}{T_r} \right),$$

c'est-à-dire pour :

$$x = \frac{2}{n} \left(\frac{\frac{p_0}{R} T_r}{(r_e + r_r) Q^2 T_r + p_0/R} - T_0 \right).$$

Entre la surface et cette profondeur, le puits d'entrée sera en surpression. La zone de surpression sera donc d'autant plus grande que :

1°) n est faible. Si T_1 est la température au fond du puits d'entrée, T_0 la température à la surface et l la profondeur totale

du puits, nous avons défini $n = \frac{T_1 - T_0}{l}$. La valeur de n sera

donc d'autant plus faible que l'écart $T_1 - T_0$ sera petit et la profondeur l grande. La température T_1 étant elle-même fonction de T_0 , on pourra dire que n est d'autant plus faible que T_0 est faible et l élevé.

2°) p_0 est élevé. Les fortes pressions barométriques sont donc favorables à l'accroissement de la zone où le puits d'entrée est en surpression.

3°) T_0 est faible. La température extérieure superficielle joue un rôle important dans la question qui nous occupe.

4°) T_r est grand. La température du puits de retour est fonction de la profondeur d'exploitation. T_r augmente avec cette dernière.

5°) $(r_e + r_r) Q^2$ est faible. Les pertes de charges peu élevées dans les puits sont favorables à l'obtention d'une grande zone de surpression du puits d'entrée. Ces pertes de charges dépendent de la résistivité des puits $(r_e + r_r)$ et du carré du débit d'air, Q^2 , qui y circule. Pour des puits peu résistants, on peut, lorsque l'aéragage naturel est important, obtenir une surpression continue du puits d'entrée depuis la surface jusqu'au fond. Pour qu'il en soit ainsi, il faut faire $x = l$ dans la formule donnant la profondeur où il y a équilibre des pressions dans les puits. Il vient alors :

$$l = \frac{2}{n} \left(\frac{p_0}{R} T_r - T_0 \right) - \frac{p_0}{R} T_r$$

En remplaçant n par $\frac{T_1 - T_0}{l}$, on a finalement :

$$Q^2 (r_e + r_r) = \frac{p_0}{R} \left(\frac{1}{\frac{T_0 + T_1}{2}} - \frac{1}{T_r} \right).$$

On pouvait obtenir directement cette équation en égalant la surpression du puits de retour due aux pertes de charges totales à la surpression du puits d'entrée produite au fond par l'aéragage naturel. Comme Q , r_e , r_r , T_r peuvent être considérés comme des constantes pour des conditions déterminées d'exploitation, on voit que la possibilité d'obtenir une surpression constante du puits d'entrée sur toute la profondeur dépend, pour ces conditions d'exploitation, des seules variables p_0 , T_0 et T_1 . La température T_1 au fond du puits d'entrée dépend de la profondeur du puits et de T_0 . Les variations annuelles relatives de pression barométrique superficielle sont de l'ordre de 4 %. Les écarts annuels relatifs de température extérieure superficielle sont de l'ordre de 12 %. Les variations de pression barométrique sont souvent de peu de durée. La pression moyenne est relativement constante. Au contraire, la température extérieure se tient, pendant des périodes assez longues, à des valeurs assez différentes, suivant les saisons. C'est donc en fin de compte la température extérieure T_0 qui conditionne surtout la possibilité d'avoir, dans le puits d'entrée, une surpression continue, de la surface jusqu'au fond. En général, cette surpression continue ne sera pas permanente. Elle n'existera que pendant certaines périodes froides, dans les puits faiblement résistants, où le débit d'air est relativement peu élevé.

La plupart du temps un tronçon seulement du puits d'entrée, à partir de la surface sera en surpression. Le point d'équilibre des pressions sera à une profondeur conditionnée par les facteurs ci-avant indiqués. Certains de ceux-ci, dépendant des conditions d'exploitation, ne varient qu'à longue échéance et peuvent être considérés comme constants pour une période de plusieurs années. Les autres dépendent des conditions climatiques. Ils sont donc fréquemment variables, spécialement la température extérieure. Les écarts diurnes de celles-ci peuvent atteindre 10°

dans nos régions et les écarts annuels 35°. Du fait de ces facteurs variables, le point d'équilibre des pressions dans les puits se déplacera fréquemment. Il se situera à la surface si l'aérage naturel devient nul, en été et il pourra atteindre le fond des puits pendant la saison froide, dans les puits peu résistants à faible débit d'air.

Le point d'équilibre théorique, déterminé par la formule analytique ne coïncidera pas avec le point d'équilibre réel, s'il intervient des causes perturbatrices, dont nous avons parlé, qui modifient les lois de variation linéaire de température dans le puits d'entrée et de constance de cette température dans le puits de retour. Il arrivera même souvent, la courbe réelle de l'aérage naturel étant généralement plus aplatie que la courbe théorique, que cette première courbe ne recoupera pas la droite des pressions du puits de retour sur toute la profondeur. Dans ce cas, la dite droite des pressions du puits de retour sera toute entière au-dessus de la courbe d'aérage naturel (puits de retour en surpression sur toute la profondeur) ou toute entière en dessous de la courbe susdite (puits d'entrée en surpression sur la profondeur). Il n'y aura pas alors de point neutre.

Nous concluons des considérations précédentes que, dans les mines aérées par ventilateurs souterrains, l'influence de l'aérage naturel se traduit par une réduction de l'écart des pressions entre puits. Il faut déduire, des pertes de charges des puits qui provoquent la surpression du puits de retour d'air, la valeur de l'aérage naturel. A un endroit déterminé, le puits de retour d'air sera en surpression ou en dépression par rapport au puits d'entrée selon que les pertes de charges des puits, depuis l'endroit considéré jusqu'à la surface, seront plus grandes ou plus petites que l'aérage naturel en cet endroit. Par suite de la diminution de la différence de pression entre puits, les fuites d'aérage sont réduites à l'extrême. Ces faibles fuites sont constituées d'air frais, court-circuité avant son entrée dans les travaux, là où le puits d'entrée est en surpression. Ces fuites consistent en faibles volumes d'air vicié, refoulés dans les travaux, là où le puits de retour est en surpression.

4. — Exemples d'application.

Nous donnons ci-après comme exemples d'application pratique des considérations générales ci-avant, quelques diagrammes relevés d'après des mesures effectuées dans diverses mines aérées par ventilateurs souterrains. Nous remercions vivement Messieurs les Directeurs et Ingénieurs qui nous ont mis à même d'établir ces diagrammes.

Nous insistons particulièrement sur le fait que ces schémas ne fixent le régime relatif des pressions dans les puits qu'à un instant déterminé, pour une température superficielle extérieure et une pression barométrique données. Ces deux éléments étant essentiellement variables dans le temps, le régime des pressions dans les puits, qui en dépend, change donc aussi très fréquemment. Les diagrammes que nous reproduisons ci-après n'ont donc qu'une valeur purement indicative.

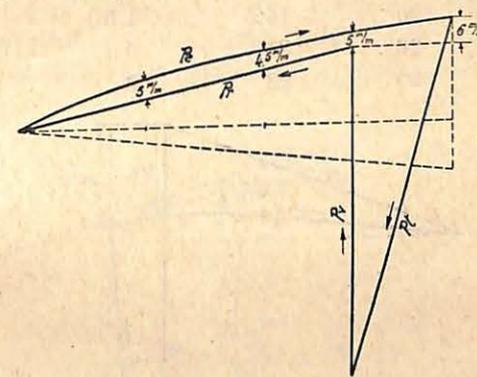


Diagramme A.

A. — Caractéristiques : Exploitation à 840 mètres de profondeur.

Température superficielle extérieure lors des mesures : 5°.

Pression barométrique : 753 mm de mercure.

La courbe d'aérage naturel en fonction de la profondeur a une allure concave vers le bas, analogue à la courbe théorique. La force aéromotrice naturelle est de 29 mm d'eau au fond. Les pertes de charges totales des puits sont faibles; ceux-ci sont peu résistants et le cube moyen qui y passe est peu élevé. Il est de l'ordre de 24 m³/sec. Les pertes de charges des puits s'élè-

vent à 23 mm d'eau. Il y a donc, au fond, une surpression du puits d'entrée de $29 - 23 = 6$ mm d'eau. La mesure de la différence de pression statique au fond a indiqué 4 mm de surpression du puits d'entrée. Etant donné l'approximation des mesures, on peut conclure que le calcul théorique correspond aux constatations pratiques.

Le puits d'entrée est entièrement en surpression. Les mesures des différences de pression aux différentes communications ont confirmé cette déduction tirée du calcul. C'est ainsi que nous avons :

Profondeurs	Valeurs de l'aérage naturel	Pertes de charges des puits	Surpressions du p. d'entrée	
			tirées du calcul	mesurées
	mm	mm	mm	mm
480	20	15,5	4,5	4
650	26	21	5	3
840	29	23	6	4

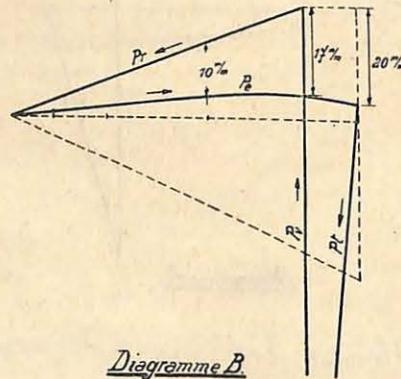


Diagramme B

B. — Caractéristiques : Exploitation à 700 mètres de profondeur.

Température superficielle extérieure lors des mesures : 10°.

Pression barométrique : 754 mm de mercure.

La courbe d'aérage naturel a une allure analogue à la courbe théorique tirée de la formule analytique. La force aéromotrice naturelle est de 33 mm d'eau au fond.

Les puits sont peu résistants mais le cube d'air moyen qui y passe est énorme : il est de l'ordre de 158 m³/seconde. De ce fait les pertes de charges totales des puits sont élevées et dépassent la valeur de l'aérage naturel. Il y a donc surpression du puits de retour. Cette surpression, mesurée au fond, s'est élevée, le jour, des mesures à 20 mm d'eau. Les pertes de charges totales des puits égales à la somme de l'aérage naturel et de la surpression du puits de retour, peuvent donc être estimées à : $33 + 20 = 53$ mm d'eau. Des mesures des pertes de charges des puits faites antérieurement pour d'autres débits, on déduit que, pour un volume de 153 m³/seconde, l'ordre de grandeur de ces pertes de charges est voisine de 60 mm, ce qui correspond avec la valeur de 53 mm tirée du calcul, compte tenu de l'approximation forcée due à l'interpolation.

Le puits de retour est en surpression sur toute la profondeur pour la température extérieure de 10°. L'équilibre des pressions entre puits au fond doit vraisemblablement être obtenu pour des températures extérieures superficielles voisines de 0°.

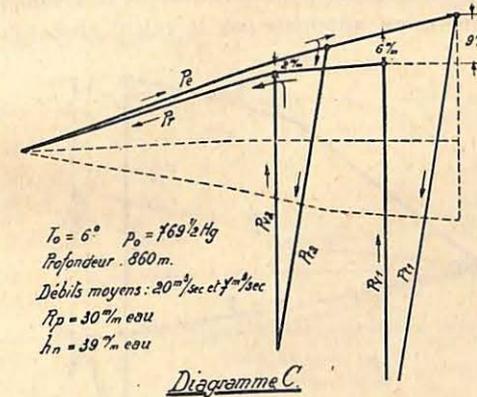
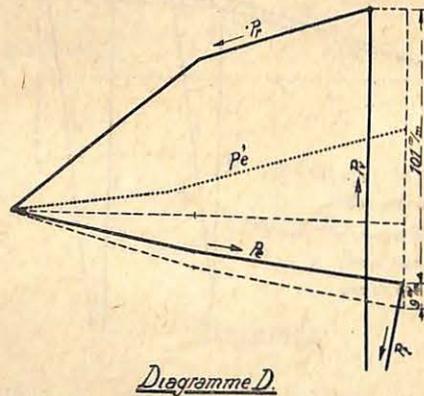


Diagramme C

C. — Les caractéristiques de l'exploitation sont indiquées sur le diagramme. Il y a ici deux étages superposés aérés chacun par un ventilateur souterrain. Les droites des pertes de charges dans les puits, considérées seules, sont des lignes brisées; en effet, au dessus de l'étage supérieur les puits collectent tout le débit d'air. Sous cet étage, le débit circulant dans les puits est réduit au débit de l'étage inférieur. La droite des pertes de charges

du tronçon supérieur sera donc plus inclinée sur l'axe horizontal des profondeurs que celle du tronçon inférieur. La courbe de l'aérage naturel doit être reportée, pour donner la ligne des pressions dans le puits d'entrée, à partir d'un axe en ligne brisée, formée par la droite des pertes de charges dans le puits d'entrée. C'est la raison pour laquelle cette courbe d'aérage naturel, qui est aussi la courbe P_e des pressions dans le puits d'entrée apparaît sensiblement comme une droite sur le diagramme. En réalité, si on la reportait à partir d'un axe rectiligne continu et non en ligne brisée, elle aurait l'allure théorique avec sa concavité tournée vers le bas.

Dans cette exploitation, les débits circulant dans les puits sont faibles. Les pertes de charges totales dans ceux-ci sont peu élevées. D'autre part, la température superficielle étant assez basse lors des mesures, l'aérage naturel est relativement important. Ces deux causes conjuguées : faibles pertes de charges des puits et fort aérage naturel font que le puits d'entrée est en surpression sur toute la profondeur. Les mesures des différences de pressions aux différentes communications ont confirmé entièrement cette conclusion apportée par le calcul théorique.



D. — Caractéristiques : Exploitation à environ 1.100 mètres de profondeur.

Température superficielle lors des mesures : $18^{\circ} 1/2$.

Pression barométrique : 750 mm de mercure.

L'aérage naturel est très faible. Il n'atteint que 9 mm au

fond des puits. Les dits puits par contre sont très résistants surtout le puits de retour d'air. Par suite de sections différentes, la résistivité des puits n'est pas uniforme sur toute la profondeur ainsi que le montre le diagramme des pertes de charges. Le débit moyen est de $37 \text{ m}^3/\text{seconde}$ ce qui occasionne dans le puits de très fortes pertes de charges, vu leur résistivité élevée et la grande profondeur. Il y a par suite des deux causes conjuguées : fortes pertes de charges et faible aérage naturel, une surpression importante du puits de retour.

Nous avons eu l'occasion de recueillir, grâce à l'obligeance de MM. les Directeur et Ingénieurs de la mine, des mesures de températures dans les puits alors que la température extérieure superficielle était de 5° . En partant de cette température, l'aérage naturel devient important; il est de 63 mm au fond. Il peut être intéressant de donner la répartition des températures dans les puits pour les deux températures extérieures respectives de $18^{\circ} 1/2$ et 5° . Cette répartition figure aux tableaux ci-dessous :

Numéros	Profondeurs	Températures du puits d'entrée pour	
		$18^{\circ} 1/2$	5°
0	0	$18 \frac{1}{2}$	5
1	423	21	$8 \frac{3}{4}$
2	920	22	$12 \frac{3}{4}$
3	1008	$22 \frac{1}{2}$	$14 \frac{1}{4}$
4	1078	23	$15 \frac{1}{4}$

Numéros	profondeurs	Températures du puits de retour pour		Aérage naturel pour	
		$18^{\circ} \frac{1}{2}$	5°	$18^{\circ} \frac{1}{2}$	5°
0	0	20	18	—	0 mm.
1	423	22	20	—	22 mm.
2	920	$27 \frac{1}{2}$	$27 \frac{3}{4}$	—	52 mm.
3	1008	29	29	—	—
4	1078	29	29	9	63 mm.

Grâce à la valeur élevée de l'aérage naturel, la surpression du puits de retour est fortement diminuée par rapport à la situation d'été. La courbe des pressions dans le puits d'entrée serait figurée P'_e (au lieu de P_e en été) si on la ramenait aux conditions d'été. En réalité, les conditions d'hiver et d'été varient en ce qui concerne les pertes de charges des puits car sous l'action de la force aéromotrice complémentaire constituée par l'aérage naturel, le débit augmente en hiver, de même que les pertes de charges. De plus, l'élévation du débit provoque un abaissement de la force aéromotrice du ventilateur étant donné l'allure de la caractéristique débit pression de ces engins. Ce n'est donc qu'à titre indicatif que figure sur le diagramme d'été, la ligne des pressions P'_e du puits d'entrée en hiver.

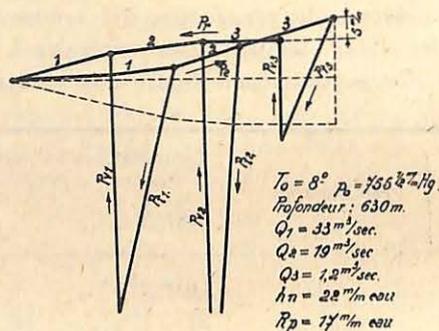


Diagramme E.

E. — Les caractéristiques d'exploitation sont indiquées sur le diagramme.

Il y a 3 étages d'exploitation en parallèle. Chacun d'eux possède son ventilateur propre. L'étage inférieur étant momentanément inactif, son débit est très faible et de l'ordre de $1,2 \text{ m}^3$ par seconde. Par suite de la diminution progressive du débit descendant dans le puits d'entrée et de son renforcement en remontant dans le puits d'air, les courbes des pertes de charges des puits sont des lignes brisées formées de 3 tronçons et de moins en moins inclinées sur l'axe des profondeurs. La courbe de l'aérage naturel apparaît anormale sur le diagramme parce qu'elle est rap-

portée à l'axe brisé des pertes de charges du puits d'entrée. En fait, cette courbe présente une irrégularité vers son milieu. Cela provient de ce que le puits de retour en cet endroit est en communication avec un autre puits ancien, actuellement inactif qui influence localement sa température.

Comme on le voit sur le diagramme, le puits d'entrée est en surpression sur une partie du tronçon inférieur (faibles pertes de charges de ce tronçon et aérage naturel relativement fort). Sur le reste de la profondeur jusqu'à la surface, c'est le puits de retour qui est en surpression, à cause de l'importance relative plus considérable des pertes de charges par rapport à l'aérage naturel. Cette surpression est faible et de l'ordre de quelques mm d'eau.

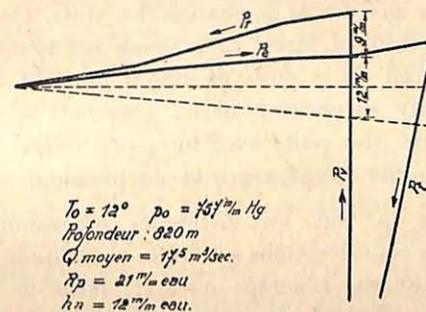


Diagramme F.

F. — Les caractéristiques d'exploitation sont indiquées sur le diagramme ainsi que les conditions climatiques lors des mesures. L'aérage naturel est faible à cause de la température superficielle qui était de 12° et aussi à cause de l'humidité considérable des puits. Les pertes de charges dans les puits ne sont pas élevées. Néanmoins elles sont supérieures en tout point à l'aérage naturel, ce qui fait que le puits de retour d'air est en surpression. Cette surpression est relativement faible.

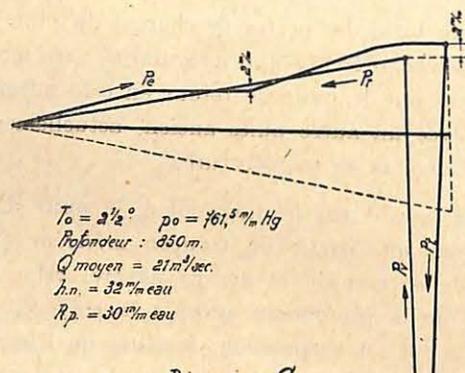


Diagramme G.

G. — Dans cette exploitation la température extérieure superficielle lors des mesures occasionnait un aérage naturel très légèrement supérieur aux pertes de charges des puits. De ce fait le puits d'entrée d'air était en légère surpression sur toute la profondeur sauf à un endroit où le puits de retour accusait une surpression de 2 mm. Cette surpression locale provenait d'une liaison, au niveau considéré, des puits avec un puits voisin, qui influençait leurs conditions de température et de pression.

Ainsi qu'on le voit les différents diagrammes confirment entièrement les considérations générales théoriques que nous avons développées ci-avant. L'aérage naturel, cause de surpression du puits d'entrée, s'oppose aux pertes de charges des puits, cause de surpression du puits de retour dans le cas de la ventilation souterraine. Selon que l'une ou l'autre de ces causes sera prépondérante, on aura surpression résultante de l'un ou l'autre puits. De toute façon, l'aérage naturel réduit, lorsqu'il ne la supprime pas entièrement, la surpression du puits de retour. La situation est la plus favorable lorsque l'aérage naturel est maximum et les pertes de charges minima. Cette situation se présente en hiver dans les puits peu résistants où circule un débit d'air relativement peu élevé.

II. — INFLUENCE DE LA SURPRESSION DU PUIT DE RETOUR SUR LA SECURITE

Dans la plupart des mines à dégagement normal de grisou, aérées par ventilateurs souterrains, les faibles fuites d'air vicié provenant du puits de retour et s'intégrant dans le courant d'air frais d'entrée n'ont aucune influence nuisible sur la sécurité et la salubrité des ateliers de travail. En effet, grâce au renforcement des débits d'air utiles, rendu possible par l'emploi de la ventilation souterraine, il est extrêmement rare que l'on trouve, dans le retour général, des traces perceptibles de grisou. L'air n'y est pas vicié, au sens propre du mot, par les émanations naturelles de la mine. De plus, en raison de la faible surpression du puits de retour, les fuites vers le puits d'entrée sont peu importantes et leur pourcentage par rapport au débit total d'air frais dans lequel elles sont noyées est insignifiant.

Il n'en est pas de même des mines à fort dégagement gazeux ou des mines à dégagement instantané. Une forte teneur en grisou de l'air des fuites réintégrées dans le circuit d'entrée pourrait présenter quelque danger.

La surpression du puits de retour provoque aussi des difficultés pour l'assainissement, par air frais, des salles de pompe, salles de locomotives, sous stations, etc., qui sont ventilées par un court-circuit direct entre les puits. En effet, c'est, dans ce cas, de l'air vicié qui passe normalement dans le court-circuit du puits de retour vers le puits d'entrée. Il faut, pour rétablir un courant d'air frais, avoir recours à des ventilateurs auxiliaires, dont la charge aéromotrice doit vaincre la surpression du puits de retour et en même temps compenser les pertes de charges créées par le passage du courant d'air frais dans le circuit. Ces ventilateurs auxiliaires doivent être couplés en parallèle avec les ventilateurs primaires. M. Laurent, Ingénieur au Corps des Mines a décrit, dans les *Annales des Mines* (2^e livraison - année 1935), une méthode de calcul graphique à appliquer pour obtenir un couplage correct de plusieurs ventilateurs souterrains travaillant en parallèle. Nous ne nous étendons donc pas sur ce sujet. Nous dirons simplement que, dans les mines à dégagement normal de grisou, largement ventilées, la nécessité d'assainir artificiellement

par air frais les salles de machines en court-circuit entre les puits n'est pas une source de préoccupations bien graves. Au contraire, dans les mines où le courant de retour peut être fortement chargé de grisou, cette nécessité constitue une sujétion permanente qui doit retenir constamment l'attention de la surveillance.

Enfin la surpression du puits de retour créera des difficultés pour l'aérage des travaux préparatoires dont le circuit de retour doit être branché sur le circuit collecteur de retour général en aval du refoulement du ventilateur souterrain. La borne de retour du travail préparatoire est alors, en effet, à pression plus élevée que la borne d'entrée et l'air vicié tendra, naturellement, à parcourir le circuit du travail préparatoire, qui ne sera pas assaini par air frais. Pour établir un courant d'air frais dans ce circuit, trois solutions peuvent être employées suivant les circonstances. On peut élever la pression de la borne d'entrée du circuit préparatoire au-dessus de la pression de sa borne de retour en plaçant dans le dit circuit un ventilateur auxiliaire dont la force aéromotrice vaincra la surpression du puits de retour. On peut aussi mettre le circuit du travail préparatoire en série avec des chantiers d'exploitation, en faisant repasser son courant d'air sur ces chantiers ou inversement, en faisant repasser l'air des chantiers sur le travail préparatoire. On peut enfin modifier le circuit de retour du travail préparatoire de façon à placer sa borne de retour dans le circuit général à l'amont et non plus à l'aval du ventilateur principal. Aucune de ces trois solutions n'est pleinement satisfaisante. Le recours à un ventilateur auxiliaire, annihilant la surpression du puits de retour est séduisante en théorie. Dans la pratique, elle peut s'avérer aléatoire, par suite de l'impossibilité de réaliser une étanchéité parfaite des buses d'aérage, et surtout si le train de buses est long, donc très résistant. La mise en série du circuit de préparatoire avec les circuits de chantiers d'exploitation ne peut être autorisée que si la teneur en grisou des courants d'air est inappréciable. Il faut de plus que la situation des exploitations se prête à cette mise en série. Lorsque tel est le cas, c'est la solution à conseiller, parce que la plus simple et la plus stable, dans les mines à dégagement normal de grisou, largement ventilées. Quant au déplacement de la borne de retour du circuit préparatoire, à l'amont du ventilateur, il donne lieu à l'exécution de

travaux complémentaires, tels des percements ou des montages de train de buses, qui peuvent être difficiles et coûteux. En bref, la surpression du puits de retour occasionne des difficultés pour la ventilation correcte de certains travaux préparatoires. Ces difficultés seront plus ou moins grandes, selon la nature grisouteuse et la situation des exploitations. Il y a lieu de remarquer toutefois que le creusement des travaux préparatoires susceptibles de créer des difficultés est peu fréquent, alors que les avantages apportés par la ventilation souterraine, causés de la surpression du puits de retour, sont continus et permanents, à raison de 24 heures par jour.

En résumé, on peut dire que, dans les mines à dégagement normal de grisou, largement ventilées, la surpression du puits de retour n'a aucune influence nuisible sur la sécurité. Tout au plus occasionne-t-elle quelques difficultés pour la ventilation de certains préparatoires. Par contre, dans les mines où les courants d'air sont susceptibles d'être fortement chargés en grisou, et notamment dans les mines à dégagement instantané, cette surpression du puits de retour peut être une cause de danger.

III. — RETABLISSEMENT D'UNE SURPRESSION PERMANENTE DU PUIITS D'ENTREE.

Pour pallier les inconvénients qui résultent, pour certaines mines, de l'éventualité d'une surpression du puits de retour, on peut se demander s'il n'est pas possible d'annihiler celle-ci et de rétablir, d'une façon permanente, la surpression continue du puits d'entrée, tout en maintenant l'aération par ventilateurs souterrains.

La première solution qui vient à l'esprit, si l'on se rappelle que l'aérage naturel s'oppose à la mise en surpression du puits de retour, c'est de refroidir artificiellement l'air du puits d'entrée, de façon à créer un aérage naturel stable, d'une importance supérieure à la perte de charge totale des puits. On y gagnerait, de surcroît, un allègement des conditions physiques du travail, dans les mines chaudes à grande profondeur.

Malheureusement cette solution ne peut encore être retenue actuellement.

Une autre solution qui vient également à l'esprit, c'est d'adjoindre, à l'aérage naturel, qui compense partiellement les pertes de charges des puits, une force aéromotrice complémentaire aspirante qui renforce l'opposition à la mise en surpression du puits de retour d'air.

Dans une note publiée dans la revue universelle des mines (Nos 5, 6 de 1941), sur la marche en parallèle des ventilateurs souterrains et sur leur fonctionnement en série avec le ventilateur de surface, M. Dessalles, Directeur-Gérant du Charbonnage du Bois d'Avroy a suggéré de tenir le puits d'entrée en légère surpression par l'adjonction, aux ventilateurs souterrains, d'un ventilateur superficiel, travaillant en série avec ceux-ci. Nous allons tenter d'examiner, par le détail, jusqu'à quel point et sous quelles conditions cette façon de faire apporterait au problème une solution irréprochable, eu égard aux perturbations qu'occasionnent dans l'aérage les variations fréquentes de l'aérage naturel.

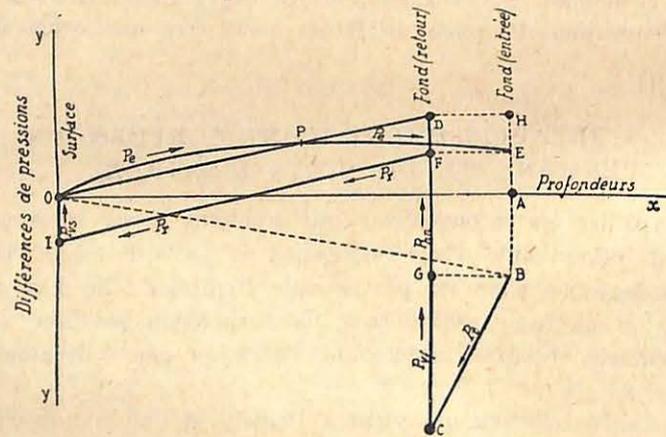


Fig. 6.

Reprenons, à la fig. 6, le diagramme de la fig. 5 des différences de pressions dans les puits aérés par ventilateur souterrain.

Un débit Q circulera dans les puits et travaux, sous l'action des charges motrices conjuguées en série FG et $DF + GC$. La charge FG égale à EB est due à l'aérage naturel. Nous la désignons par P_{hd} . Sa valeur est fonction des conditions de pression

et de température superficielles, pour des circonstances d'exploitation déterminées. A un moment donné, elle est égale à FG . La charge $GC + FD$ est due au ventilateur souterrain. Elle compense la perte de charges GC absorbée dans les travaux et complète, par DF l'aérage naturel FG , de telle façon que $DF + FG$ équilibrent les pertes de charges DG absorbées par les puits. De E à P , le puits de retour est en surpression. Si nous limitons à GC la charge motrice P_{vt} du ventilateur souterrain et si nous fournissons le complément de charge motrice DF ou $OI = P_{vs}$ par un ventilateur superficiel, le diagramme général des pressions deviendra $OPEBCFIO$ au lieu de $OPEBCDO$. La ligne des pressions dans le puits d'entrée, sera OPE dans les deux cas mais la ligne des pressions dans le puits de retour deviendra, avec adjonction d'un ventilateur superficiel, EFI au lieu de HDO avec ventilateur souterrain seul. La ligne EFI des pressions dans le puits de retour est ainsi entièrement en dessous de la ligne EPO des pressions dans le puits d'entrée. Il y a donc surpression du puits d'entrée sur toute la profondeur.

Les conditions de fonctionnement des ventilateurs sont indiquées à la fig. 7. Soit V_s la caractéristique débit-pression du ventilateur superficiel, V_t la caractéristique analogue du ventilateur du fond et h_n la caractéristique de l'aérage naturel à un moment donné. Cette dernière pour les grandeurs de débits qui

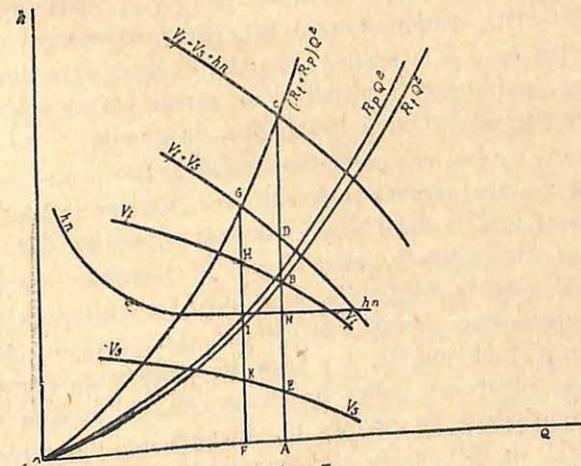


Fig. 7.

nous occupent, peut être considérée comme une parallèle à l'axe des Q . La courbe des pertes de charges dans les travaux, en fonction de Q est $R_t Q^2$. La courbe des pertes de charges dans les puits est $R_p Q^2$. Les puits étant en série avec les travaux, la courbe des pertes de charges totales du circuit, $(R_t + R_p)Q^2$ sera obtenue en ajoutant les ordonnées des deux courbes correspondantes. De même, les charges motrices dues à l'aérage naturel et aux ventilateurs étant en série, on ajoutera les ordonnées de V_s et de V_f pour avoir la courbe de la charge motrice totale des ventilateurs ($V_f + V_s$) et à cette courbe, on ajoutera h_n pour avoir la charge motrice totale ($V_f + V_s + h_n$) aérage naturel compris. Pour une certaine valeur de h_n , dépendant des conditions climatiques, le débit Q sera égal à OA .

Pour ce débit, les pertes de charges des travaux seront AB et celles des puits BC . Le ventilateur du fond devra avoir une caractéristique telle qu'elle coupe $R_t Q^2$ en B . De cette façon, la charge motrice de V_f compensera exactement la perte de charges dans les travaux. La pression immédiatement à l'aval du ventilateur souterrain dans le puits de retour jusqu'au niveau d'entrée d'air, sera ramenée à la valeur de celle du puits d'entrée au même niveau. Il y aura donc équilibre des pressions entre les deux puits en cet endroit. Les pertes de charges dans les puits, BC , seront compensées par les charges motrices conjuguées de V_s et de h_n . La caractéristique de V_s devra recouper la verticale AC en un point E tel que $AE = BD$, ajouté à $h_n = AN = DC$, donne au total BC , pertes de charges totales des puits. Du fond à la surface, le puits d'entrée sera donc en surpression, puisque le ventilateur de surface développe sa charge motrice par aspiration à l'extrémité du circuit.

Cette situation sera cependant instable. Les points de fonctionnement des ventilateurs varieront avec l'aérage naturel. Si celui-ci devient nul, le débit d'air diminuera jusqu'en OF , OF étant l'abscisse du point G , obtenu par la rencontre de la courbe $V_f + V_s$ avec la courbe $(R_t + R_p)Q^2$. Le ventilateur souterrain V_f donnera une charge motrice FH . La perte de charges des travaux n'étant que FI , il y aura un excédent de charge motrice HI . La valeur des pertes de charges dans les puits étant GI , et le ventilateur de surface ne donnant qu'une force aéromotrice GH , le déficit de charge motrice III du ventilateur de

surface est comblé par l'excédent HI fourni par le ventilateur du fond. Cet excédent crée, immédiatement à l'aval du ventilateur du fond, dans le puits de retour, jusqu'au niveau d'entrée d'air, une surpression par rapport au puits d'entrée, puisque ce ventilateur souffle dans le circuit, au bas du puits de retour.

On voit que, pour toute valeur de l'aérage naturel inférieure à CD , qui est la valeur pour laquelle on obtient l'équilibre des pressions entre puits au fond, il y a surpression du puits de retour en ce dernier endroit. Cette surpression est égale à la différence d'ordonnées entre $R_t Q^2$ et V_f ou, pour h_n variant de O à CD , entre HB et IB . Pour des valeurs de h_n supérieures à CD , les ordonnées de $R_t Q^2$ sont plus grandes que celles de V_f . La charge motrice V_f est donc plus petite que la perte de charges des travaux. Il en résulte que la pression, immédiatement à l'aval du ventilateur souterrain dans le puits de retour, jusqu'au niveau d'entrée d'air, est moins élevée que la pression du puits d'entrée au même niveau. Le puits d'entrée est donc en surpression au fond. Le déficit de force aéromotrice de V_f pour compenser la perte de charges de $R_t Q^2$ est fournie par V_s et h_n , en plus de la compensation des pertes de charges dans les puits, due également à V_s et h_n .

Pour que le puits d'entrée soit toujours en surpression, jusqu'au niveau inférieur d'exploitation, il faut :

1°) Faire correspondre le point d'équilibre des pressions au fond au moment où l'aérage naturel est nul;

2°) Adopter des ventilateurs dont les caractéristiques sont telles que, pour l'aérage naturel nul, la charge motrice du ventilateur du fond compense exactement les pertes de charges aux travaux et la charge motrice du ventilateur superficiel soit égale aux pertes de charges totales dans les puits, avec un débit déterminé par les conditions d'exploitation. Les points de fonctionnement des ventilateurs sont ainsi donnés par la fig. 8.

V_f est la caractéristique du ventilateur du fond. $V_f + V_s$ est la caractéristique totale des ventilateurs souterrains et superficiels travaillant en série. $R_t Q^2$ est la courbe des pertes de charges des travaux en fonction de Q . $(R_t + R_p)Q^2$ est la courbe des pertes de charges des travaux et des puits en série avec ceux-ci. L'aérage naturel étant nul, V_f et V_s doivent être telles que pour le débit

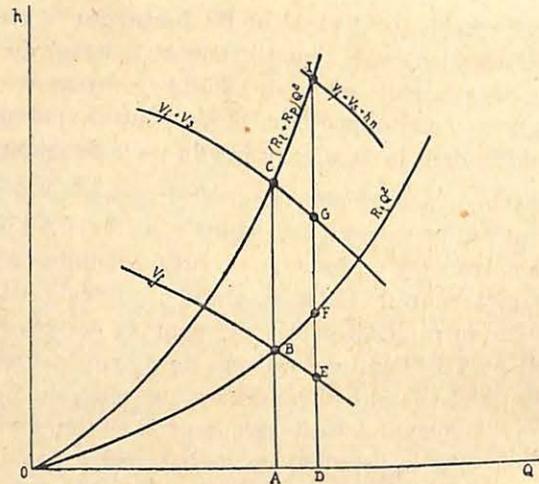


Fig. 8.

OA exigé, AB = force aéromotrice de V_r = pertes de charges $R_t Q^2$, et BC = force aéromotrice de V_s = pertes de charges des puits.

Pour une valeur quelconque $h_n = IG$ de l'aérage naturel, on ajoutera h_n à $V_r + V_s$ pour former la caractéristique totale ($V_r + V_s + h_n$) des forces aéromotrices. Le point de rencontre de cette courbe avec la courbe $(R_t + R_p)Q^2$ donnera le nouveau point de fonctionnement I du régime de ventilation. Le volume débité sera OD. La charge motrice de V_r sera DE. La perte de charge aux travaux sera DF, supérieure à DE. La pression au fond du puits de retour sera donc inférieure à la pression au même niveau du puits d'entrée. La différence sera FE. La charge motrice de $V_s + h_n = EG + GI = EI$. La perte de charges dans les puits est égale à FI, inférieure à EI de EF. L'excès de charge motrice EF, de $V_s + h_n$ suppléera au déficit de charge motrice EF de V_r .

On est ainsi assuré d'avoir le puits d'entrée en surpression permanente, quel que soit l'aérage naturel.

En procédant ainsi, on augmente cependant les différences de pression entre puits, d'où élévation des fuites et on rétablit dans une certaine mesure les pertes par le sas. On se prive ainsi d'une partie des avantages apportés par la ventilation souterraine.

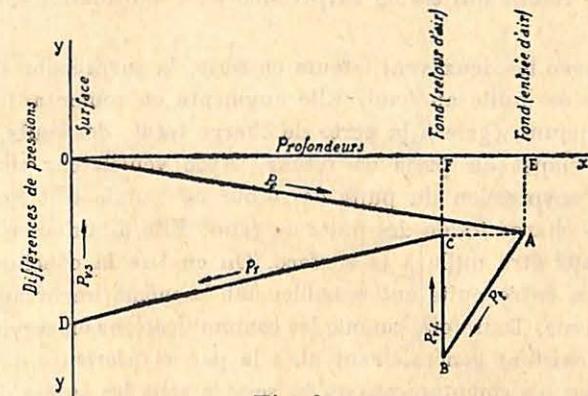


Fig. 9.

Les fig. 9 et 10 donnent les diagrammes des différences de pression entre puits respectivement dans les cas où l'aérage naturel étant nul, le débit est égal à OA et où l'aérage naturel étant égal à IG, le débit s'élève à OD.

Dans le cas de la fig. 9 (aérage naturel nul) le diagramme des pressions relatives dans les puits et travaux est donné par OABCDO. Les différences de pressions dans les puits se mesurent par les différences d'ordonnées entre OA (ligne des pressions dans le puits d'entrée) et ACD (ligne des pressions dans le puits de retour). On voit que le puits d'entrée est en surpression sur toute la profondeur. Au fond, les puits sont à même pression. La différence de pression augmente en remontant jusqu'à atteindre le total des pertes de charges des puits à la surface. La perte de charges aux travaux, CB est compensée par la force aéromotrice CB du ventilateur souterrain. Les pertes de charges des puits OD, sont compensées par la force aéromotrice OD du ventilateur de surface.

Si l'on compare ce diagramme avec celui de la fig. 2, correspondant à un ventilateur souterrain seul, avec aérage naturel nul, on voit que les différences de pressions entre puits ont mêmes valeurs absolues dans les deux cas. Le maximum est égal à la perte de charges totale des puits.

Cependant, il existe deux différences sensibles entre ces cas :

1°) Avec ventilateur superficiel et ventilateur souterrain le puits d'entrée est en surpression continue. C'est au contraire le

puits de retour qui est en surpression avec ventilateur souterrain seul.

2°) Avec les deux ventilateurs en série, la surpression du puits d'entrée est nulle au fond. Elle augmente en remontant jusqu'à un maximum, égale à la perte de charge totale des puits, atteint sous le clapet du puits de retour. Avec ventilateur souterrain seul, la surpression du puits de retour est maxima et égale à la perte de charge totale des puits au fond. Elle diminue en remontant, pour être nulle à la surface. On en tire la conclusion que les pertes entre puits ont sensiblement la même importance dans les deux cas. Toutefois, comme les communications en service entre puits n'existent généralement qu'à la partie inférieure de ceux-ci et comme ces communications en service sont les sujets de fuites les plus importants, les pertes seront souvent moins élevées avec deux ventilateurs en série, puisque, avec cet agencement, la différence de pression entre puits est faible ou nulle au voisinage des niveaux d'exploitation du fond. Tel ne sera pas le cas s'il existe des étages en l'air en exploitation, à profondeur faible ou moyenne. Les pertes seront alors sensiblement les mêmes pour les deux modes de ventilation envisagés. Quant aux pertes par le sas du puits de retour, elles apparaissent de nouveau avec deux ventilateurs en série. Leur importance est proportionnelle à la racine carrée de la perte de charge totale entre puits. Avec ventilateur souterrain seul, ces pertes sont nulles.

Si l'aéragé naturel a une valeur AG déterminée (cas de la fig. 10) le diagramme des pressions relatives s'établira suivant $OABCD$. La ligne des pressions dans le puits d'entrée est la courbe OA , déterminée comme il est dit ci-avant en portant, à partir de la droite OG comme abscisse les valeurs de l'aéragé naturel aux différents niveaux. La ligne des pressions dans le puits de retour est ICD . Le puits d'entrée est en surpression continue. Cette surpression est minima et égale à AI ou FC au fond. Elle est maxima et égale à OD à la surface. La perte de charges aux travaux est FB . Elle est supérieure à la perte de charges CB correspondante de la fig. 9, car le volume Q circulant est augmenté (OD au lieu de OA : fig. 8). La force aéromotrice de V_1 est BC (DE de la fig. 8). Elle est inférieure à FB de la valeur FC , qui donne l'importance de la surpression du puits d'entrée au fond. Le total des pertes de charges aux puits est

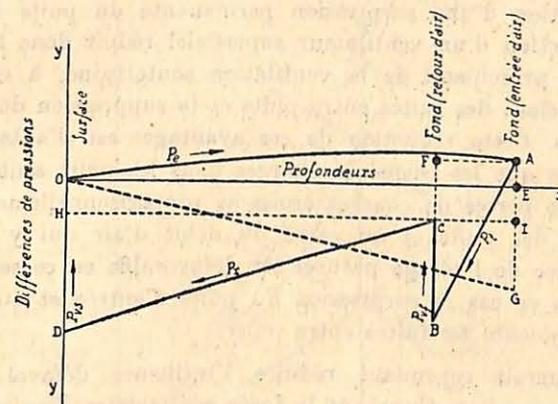


Fig. 10.

$EG + DH$ (FI de la fig. 8). Cette perte de charge est compensée par les forces aéromotrices conjuguées du ventilateur superficiel OD et de l'aéragé naturel AG ($EG + GI$ de la fig. 8). Il reste un excédent de charge motrice (EF de la fig. 8) qui supplée à l'insuffisance FC de charge motrice du ventilateur souterrain pour vaincre la perte de charge complète aux travaux. On voit que les différences de pression entre puits sont, en moyenne, un peu supérieures à celles du premier cas. Au fond, notamment, la surpression du puits d'entrée est FC dans le deuxième cas, alors qu'elle est nulle en l'absence d'aéragé naturel. Les fuites seront donc plus grandes que dans le premier cas, surtout si l'exploitation est localisée aux niveaux inférieurs. Les pertes au sas sont très légèrement inférieures à celles du premier cas, avec aéragé naturel nul. Cela résulte du léger abaissement de force aéromotrice du ventilateur superficiel, par suite de l'élévation du débit d'air.

Si l'on compare le diagramme des différences de pression entre puits dans le cas de deux ventilateurs en série (fig. 10) et dans le cas d'un ventilateur souterrain unique (fig. 5) compte tenu de l'aéragé naturel, on constate que les différences de pressions sont plus élevées avec deux ventilateurs. Les pertes par les puits sont donc plus importantes. De plus il faut compter de nouveau avec des pertes au sas du puits de retour. Avec ventilation exclusivement souterraine, ces pertes sont nulles.

La perte de charge dans le puits de retour fait tomber la pression de C au fond à D dans la galerie du ventilateur de surface. L'orifice réduit créé par le registre partiellement fermé fait tomber la pression de D à E à l'aval du dit registre. Le ventilateur superficiel élève la pression de E en O. Les différences de pression entre puits sont données par les différences d'ordonnées entre la courbe OA des pressions dans le puits d'entrée et la ligne ACD des pressions dans le puits de retour. On voit que la surpression du puits d'entrée est très réduite par rapport à celle de la fig. 10 où les ventilateurs travaillent librement, sans registre régulateur. Les pertes entre puits sont donc conséquemment réduites. Quant aux pertes du sas, elles sont également diminuées dans des proportions importantes, puisque la différence des pressions de part et d'autre des clapets n'est plus que de OF, soit la différence entre la force aéromotrice du ventilateur superficiel OE et l'aéragé naturel au fond FE = AH. Sans registre, dans le cas de la fig. 10, la différence de pression de part et d'autre des clapets était OD, c'est-à-dire la force aéromotrice complète du ventilateur superficiel. Les différences de pression entre puits et de part et d'autre du sas augmenteront à mesure que l'aéragé naturel diminuera. Par exemple, pour une valeur GH de l'aéragé naturel (fig. 12) le registre sera relevé de façon à créer une résistance supplémentaire CE (fig. 11) égale à GH.

Le débit d'air circulant dans les puits et travaux sera ainsi maintenu à OA (fig. 11), la courbe des pertes de charges totales en fonction de Q sera $(R_t + R_p + R'_g)Q^2$. Le diagramme des pressions relatives est indiqué en ponctués sur la fig. 12. Les pressions dans les puits d'entrée et de retour sont respectivement données par OG et GC'D'. On voit que les différences de pression entre puits sont plus grandes que lorsque l'aéragé naturel au fond est égal à AH. De part et d'autre des clapets du puits d'air, notamment, la différence des pressions est de OF', au lieu de OF dans le cas précédent. Les différences de pression entre puits et de part et d'autre du sas seront maxima pour l'aéragé naturel nul (cas de la fig. 9). Les pressions seront égales de part et d'autre du sas lorsque l'aéragé naturel atteindra au fond, une valeur égale à la perte de charges totale des puits. Le registre sera alors fermé au maximum. La perte de charges supplémentaire $R_g Q^2$ qu'il créera compensera la pression motrice

naturelle égale à la perte de charges totale des puits. Elle sera donc égale aussi à la force aéromotrice du ventilateur de surface.

L'introduction dans le circuit d'un registre compensateur de l'aéragé naturel permet donc d'obtenir dans le puits d'entrée une surpression permanente normalement peu élevée, qui ne donne lieu qu'à des fuites d'air peu importantes.

Cette solution présente toutefois un inconvénient : il faut modifier la position du registre à chaque variation de l'aéragé naturel, de façon à conserver toujours constant le débit d'air circulant dans le circuit. Ces variations étant fréquentes, il faut exercer une surveillance constante du débit au ventilateur de surface et opérer fréquemment la manœuvre du registre. On dépend donc de la surveillance. On pourrait pallier dans une certaine mesure cet inconvénient en rendant automatique la manœuvre du registre. Les déplacements du dit registre seraient commandés mécaniquement sous l'action d'une variation de débit ou d'une variation de température extérieure. Le problème pourrait sans doute être résolu assez aisément par les électromécaniciens.

Un autre inconvénient de l'emploi du registre réside dans le fait qu'on n'emploie pas la pression motrice due à l'aéragé naturel à des fins utiles. Sans le recours au registre cette pression motrice travaille en série avec les ventilateurs et améliore le débit d'air. Cet inconvénient est cependant peu important car, normalement, on ne tient pas compte de l'appoint apporté par l'aéragé naturel pour obtenir le cube d'air minimum nécessaire à l'assainissement des travaux. Cet appoint est en effet trop variable et à certains moments, il peut être nul. Il contribue simplement à améliorer le débit minimum, mais il n'apporte aucun soulagement aux dépenses effectives engagées pour la ventilation. Il n'en résulte donc aucun inconvénient pécuniaire si on annihile son action par une résistance supplémentaire. D'autre part, le débit nécessaire étant obtenu sans son intervention, il n'est pas dommageable pour la sécurité de se priver de l'amélioration de ventilation qu'il pourrait apporter.

Une solution plus rationnelle pourrait être envisagée en rendant réglable la vitesse du ventilateur superficiel, d'après l'importance de l'aéragé naturel. On pourrait ainsi n'apporter à ce dernier que le complément de force aéromotrice strictement

nécessaire, à tout moment, pour vaincre les pertes de charges du circuit collecteur des puits. De cette façon, la différence de pression entre puits pourrait rester très faible, de même que la dépression aux clapets du puits de retour, quelle que soit la valeur de l'aérage naturel.

Des variations de vitesse fréquentes et dans d'assez larges limites sont difficilement réalisables sans frais excessifs avec les moteurs triphasés généralement employés pour actionner les ventilateurs. De plus, le réglage de la vitesse d'après l'aérage naturel paraît poser un problème assez délicat. Nous n'évoquons cette solution que pour mémoire, avec l'espoir toutefois que des spécialistes électromécaniciens pourraient s'y intéresser.

Si plusieurs ventilateurs souterrains travaillent en parallèle sur divers circuits du fond, on pourra, d'une façon analogue à celle exposée précédemment, obtenir une surpression permanente du puits d'entrée en conjugant l'action d'un ventilateur superficiel à celles des ventilateurs souterrains. La caractéristique du ventilateur superficiel devra être telle que, pour un aérage naturel nul, la force aéromotrice qu'il développe compense exactement les pertes de charges provoquées dans les tronçons collecteurs des puits par le passage du volume d'air total nécessaire à l'assainissement de la mine. Quant aux forces aéromotrices des ventilateurs souterrains, elles devront compenser exactement les pertes de charges provoquées dans leurs circuits respectifs, par le passage des volumes d'air déterminés par les conditions d'exploitation, et ce, lorsque l'aérage naturel est nul.

La fig. 13 concrétise la réalisation de ces conditions pour le cas de deux ventilateurs souterrains et un ventilateur superficiel. Les courbes 1, 2, 3 sont les courbes des pertes de charges des circuits du fond 1 et 2 et du circuit collecteur des puits 3, en fonction du débit Q . Les courbes V_1 et V_2 sont les caractéristiques des ventilateurs souterrains travaillant respectivement sur les circuits 1 et 2. Les points de fonctionnement de ces ventilateurs seront donc A et B. Ils débiteront des volumes OC et OD, avec aux bornes de leurs circuits respectifs des différences de pression AC et BD. Pour des volumes plus faibles, les forces aéromotrices V_1 et V_2 sont plus grandes que les pertes de charges correspondantes. Pour des volumes plus grands, c'est le contraire qui se produit. Il y aura ainsi un excédent ou un

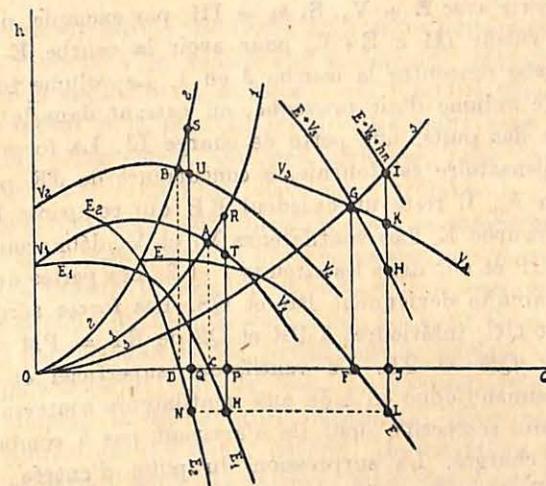


Fig. 13.

déficit de force aéromotrice pour les chantiers selon que les volumes débités sont plus petits ou plus grands que OC et OD.

Les courbes E_1 et E_2 représentent ces excédents ou ces déficits, $E_1 = V_1 - 1$ et $E_2 = V_2 - 2$. La conjugaison en parallèle de E_1 et E_2 donne la courbe totale E d'excédent ou de déficit des forces aéromotrices V_1 et V_2 par rapport aux pertes de charges de leurs chantiers respectifs. V_3 est la caractéristique du ventilateur de surface. V_3 doit couper la courbe des pertes de charges 3 en un point G tel que la verticale GF rencontre la courbe E en son point d'ordonnée nulle. Ainsi, le ventilateur superficiel compense exactement les pertes de charges provoquées dans le circuit 3, collecteur des puits, par le passage d'un volume d'air $OF = OC + OD$. Comme V_3 et E sont en série, nous tracerons la courbe $V_3 + E$. Lorsque l'aérage naturel est nul, le puits d'entrée sera donc en surpression, sauf entre les niveaux des orifices de refoulement des deux ventilateurs. Dans ce tronçon, en effet, il est impossible d'avoir le puits d'entrée en surpression, puisque les puits font partie du circuit du ventilateur souterrain placé au niveau le plus bas et que la force aéromotrice de ce dernier compense exactement la perte de charge de son circuit. Toute valeur positive de l'aérage naturel h_n accentuera la surpression du puits d'entrée. En effet, h_n tra-

vaille en série avec $E + V_s$. Si $h_n = IH$, par exemple, nous ajouterons la valeur IH à $E + V_s$ pour avoir la courbe $E + V_s + h_n$. Cette courbe rencontre la courbe 3 en I. Le volume total d'air est OJ. Ce volume d'air provoque, en passant dans le circuit 3 collecteurs des puits, une perte de charge IJ. La force aéromotrice compensatoire est fournie, à concurrence de JK par V_s et de IH par h_n . Il reste un excédent KH qui compense le déficit JL de la courbe E. Les ventilateurs V_1 et V_2 débiteront respectivement OP et OQ dans les circuits 1 et 2. Les pertes de charges dans ces circuits deviennent PR et QS. Les forces aéromotrices sont PT et QU, inférieures à PR et QS de $RT = PM = JL$ et de $US = QN = JL$. Le ventilateur superficiel et l'aéragé naturel viennent donc en aide aux ventilateurs souterrains dans leurs circuits respectifs, dont ils n'arrivent pas à compenser les pertes de charges. La surpression du puits d'entrée, dans le tronçon collecteur des puits en est augmentée. Si l'aéragé naturel est suffisamment fort, il y aura même surpression du puits d'entrée dans le tronçon des puits faisant partie du circuit du ventilateur souterrain placé au niveau le plus bas. En tout cas, il y aura, grâce à l'aéragé naturel diminution de la surpression du puits de retour, déjà faible par elle-même, dans ce tronçon.

Le cas des ventilateurs souterrains multiples se ramène donc à celui du ventilateur souterrain unique. Il suffit de substituer, à la caractéristique de ce dernier, la courbe composée des forces aéromotrices disponibles pour le circuit collecteur.

En conclusion des considérations développées dans ce chapitre, on peut dire que le rétablissement d'une surpression stable du puits d'entrée est possible, grâce au recours à un ventilateur superficiel, travaillant en série avec le ou les ventilateurs souterrains. Pour obtenir la permanence de la surpression continue du puits d'entrée pour toute valeur quelconque de l'aéragé naturel, les caractéristiques des ventilateurs doivent, pour un aéragé naturel nul, et un débit déterminé par les conditions d'exploitation, réaliser les conditions ci-après : les forces aéromotrices des ventilateurs souterrains seront égales à la perte de charge de leurs circuits individuels respectifs. La force aéromotrice du ventilateur de surface sera égale à la perte de charge du tronçon collecteur des puits.

Avec cette disposition, les fuites d'air entre puits sont augmentées par rapport à la ventilation souterraine exclusive et les pertes par le sas du puits de retour sont rétablies. Ces dernières seront d'autant plus importantes que les puits sont résistants et les débits d'air élevés. On peut envisager, pour diminuer les fuites aux puits et au sas, de rendre réglable la vitesse de rotation du ventilateur superficiel, d'après la température extérieure, de façon à ne fournir à l'aéragé naturel que le complément de force aéromotrice strictement nécessaire pour vaincre les pertes de charges du tronçon collecteur. On peut aussi envisager d'insérer, dans la galerie du ventilateur de surface, une résistance supplémentaire variable, sous les espèces d'un registre, réglable d'après la température extérieure, pour absorber la pression motrice due à l'aéragé naturel. Les variations fréquentes de l'aéragé naturel sont des entraves au fonctionnement impeccable des correctifs envisagés.

Comme on le voit, le fonctionnement en série d'un ventilateur superficiel avec les ventilateurs souterrains, s'il permet de supprimer les inconvénients possibles d'une surpression du puits de retour, entraîne en même temps la diminution de l'un des avantages importants de la ventilation souterraine : à savoir la réduction des fuites entre puits et la suppression des pertes par les clapets du puits de retour d'air.

Dans les mines à dégagement normal de grisou, largement ventilées, nous avons vu que la surpression du puits de retour n'énerve pas la sécurité. La suppression de quelques difficultés éventuelles temporaires, pour la prise d'aéragé de certains travaux préparatoires, ne justifie pas que l'on se prive d'une partie des avantages apportés par la ventilation souterraine en ce qui concerne la réduction des fuites d'air, en ayant recours à la ventilation mixte, souterraine et superficielle. On ne procédera de la sorte que dans les puits très peu résistants où les débits d'air nécessaires sont peu importants. Dans ce cas, en effet, la force aéromotrice superficielle d'appoint sera faible et l'on pourra conserver presque intact l'avantage de la réduction des fuites d'air. Encore, dans ce même cas, l'aéragé naturel sera la plupart du temps, assez intense pour vaincre les faibles pertes de charges des puits et la ventilation superficielle complé-

mentaire ne devra être mise en service que pendant la saison chaude, où l'aérage naturel est nul ou insignifiant.

Par contre, dans les mines où les courants d'air sont susceptibles d'être fortement chargés en grisou et notamment dans les mines à dégagement instantané, il nous paraît s'imposer de rétablir une surpression permanente du puits d'entrée en conjugant la ventilation superficielle et souterraine. On y perdra une partie des avantages apportés par cette dernière dans la réduction des fuites au minimum mais on conservera néanmoins intact l'autre avantage principal de la ventilation souterraine, à savoir : la souplesse de répartition des débits d'air entre les différents chantiers ou quartiers.

D'ailleurs, nous ne prétendons pas trancher ici *ex cathedra*.

Comme dans tous les problèmes d'exploitation, chaque cas est un cas d'espèce, qui doit être traité séparément, d'après les contingences et les circonstances locales, en s'appuyant sur des principes généraux. Ce sont ces principes généraux que nous avons simplement voulu dégager dans la présente note, espérant apporter ainsi une modeste contribution à la construction de l'édifice commun de nos connaissances minières.

R. LEFEVRE.

Sélection professionnelle. - Examen psychotechnique

PAR

M. Fernand MERCX,

Ingénieur des Constructions Civiles, A.I.Br.,
Directeur Technique de l'Association des Industriels de Belgique,
à Bruxelles.

I. — *Avant-propos*

L'Arrêté du 30 décembre 1940, réglementant les salaires salaires et autres conditions de travail dans l'industrie de la construction et les industries diverses, vient mettre une fois de plus en lumière l'importance de la sélection professionnelle.

Il établit trois catégories d'ouvriers :

- 1° les ouvriers qualifiés,
- 2° les ouvriers spécialisés,
- 3° les ouvriers non qualifiés,

et prévoit, pour chaque classe, un barème minimum de salaires.

D'autre part, le même document fixe les rémunérations, — supérieures aux précédentes, — des contremaîtres, des chefs d'équipe, des ouvriers surqualifiés.

Comme dit ci-dessus, l'arrêté souligne l'intérêt de la sélection professionnelle du fait que celle-ci peut révéler à chaque individu les aptitudes qui le caractérisent, la spécialisation qui lui convient et les correctifs qu'il faut apporter pour prétendre au grade supérieur. Dès lors, l'amélioration du salaire peut être obtenue dans un délai beaucoup plus court que si l'intéressé s'était borné à suivre les voies de la routine.

Indirectement, il en résulte une satisfaction due à la récompense de l'effort accompli, ce qui, au point de vue social,