

Le Génie civil. Revue générale des industries françaises et étrangères...

Le Génie civil. Revue générale des industries françaises et étrangères.... 1911/07/08.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter reutilisationcommerciale@bnf.fr.

Quant aux autres aciers au nickel, ils viennent comme traitement s'échelonner entre les règles données pour l'acier à 2 % de nickel et celles ayant trait à l'acier à 6 % de nickel.

En résumé, les aciers au nickel présentent une supériorité incontestable, consistant :

- 1° Dans une résistance de l'âme plus élevée que celle des aciers ordinaires ;
- 2° Dans une résilience très élevée après cémentation ;
- 3° Dans la possibilité d'emploi d'un traitement très simple consistant dans une trempe unique.

Mais ils offrent une dureté plus variable et plus faible que les aciers ordinaires.

Enfin, nous rappellerons que l'acier à 7 % de nickel renfermant 0,120 à 0,150 % de carbone, peut être employé après cémentation sans trempe, alors qu'il n'est pas nécessaire d'avoir une extrême dureté ; car la couche superficielle contient toujours un peu de fer γ qui, d'ailleurs, se polit et ne s'use pas.

L'appareil Shore nous a donné les résultats suivants avec cet acier :

	Pièce cémentée à 10/10 non trempée.	Pièce cémentée à 10/10 non trempée et dont on a enlevé		
		2/10	4/10	6/10
Moyenne	18,5	26,5	24,5	20,2
Résultat minimum	17	26	24	20
Résultat maximum	21	27	25	21

Influence du chrome. — Les aciers chromés sont employés dans la cémentation pour obtenir une surface de grande dureté, plus forte même que les aciers ordinaires.

Le chrome agit un peu comme le manganèse : il active la cémentation ; il augmente la cristallisation par recuit et il rend par conséquent obligatoire la trempe de régénération. Mais par lui-même il n'apporte pas de fragilité dans l'âme de la pièce.

Voici, d'ailleurs, quelques résultats d'essais au choc sur éprouvettes Fremont :

Teneurs pour cent en		Résilience du métal recuit.	Résilience du métal trempé.	Résilience du métal recuit 4 heures à 1000°.	Résilience du métal après double trempe.
C	Cr				
0,05	0,70	32	22	6	26
0,05	1,20	25	15	5	20

On voit que les chiffres obtenus après double trempe sont très élevés ; au point de vue micrographique, les résultats sont entièrement comparables à ceux décrits pour les aciers au manganèse. Mais il est à retenir que le chrome paraît s'opposer au phénomène d'écaillage que favorise le manganèse.

La teneur en chrome est toujours assez faible (1 à 1,2 % au maximum) pour que l'on puisse négliger son influence dans ces températures de trempe.

Influence du tungstène et du molybdène. — Ces éléments agissent dans le même sens que le manganèse et le chrome. Il est rare,

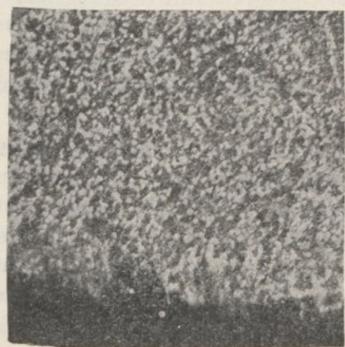


Fig. 10. — Acier extra-doux au tungstène cémenté. Bords de la pièce : carbure double.



Fig. 11. — Acier au vanadium cémenté (bord). C = 0,850. Ni = 7.

d'ailleurs, de les rencontrer dans les aciers de cémentation. Avec une teneur un peu élevée de ces éléments, il se formerait une cémentite difficile à dissoudre par trempe (fig. 10).

Influence du vanadium. — Le vanadium se trouve en proportions très faibles (0,2 à 0,3 %) dans certains aciers de cémentation, encore peu usités en France. Il se trouve généralement avec très

peu de chrome (0,4-0,7 %). Il paraît ne rien changer au traitement et ne fait qu'apporter une résistance plus grande à l'âme de la pièce après trempe. Pour des teneurs élevées de cet élément, il n'y a plus de cémentation (fig. 11).

Influence de plusieurs éléments. — Dans la seconde partie de ce travail, nous indiquerons les aciers spéciaux complexes que l'on utilise pour la cémentation. Les aciers nickel-chrome sont les principaux. Généralement le chrome est en assez faible quantité pour ne pas apporter de changements importants dans le traitement.

Il ne paraît pas nuire, du moins dans les proportions où il est employé, à la résilience après cémentation et n'entraîne pas par conséquent la trempe de régénération.

Nous devons faire remarquer, de suite, que certains éléments diminuant la fragilité après cémentation ou même après trempe, on peut se permettre de cémenter des aciers spéciaux à teneur en carbone plus élevée que celle des aciers ordinaires de cémentation.

Ceci est une tendance très nette, notamment dans la construction automobile, où l'on utilise, par exemple, des aciers nickel-chrome renfermant jusqu'à 0,30 % de carbone.

REVENU APRÈS CÉMENTATION. — On peut se demander si le revenu à basse température des produits cémentés trempés ne présente pas un grand intérêt pratique.

Il pourrait *a priori* concourir à l'obtention de deux résultats fort intéressants : 1° moins de tension dans la partie dure trempée, donc moins d'égrainement, moins de ruptures superficielles ; 2° moins de fer γ , dans les aciers au nickel, donc plus de dureté.

Voici les résultats obtenus avec l'appareil Shore :

	Acier ordinaire de cémentation.
Cémenté 10/10 non trempé	33,34
— trempé à 1000°	78,8
— double trempe	86,4
— — revenu à 200°	86

La pratique semble confirmer l'intérêt que présente le revenu des pièces cémentées-trempées. Il nous paraît que les produits ayant subi ce traitement, les engrenages notamment, donnent de meilleurs résultats. Toutefois, il faut bien noter que le revenu n'est pas encore utilisé dans les ateliers de cémentation.

(A suivre.)
LÉON GUILLET,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

CHEMINS DE FER

LA RÉPÉTITION DES SIGNAUX SUR LES LOCOMOTIVES

Ses avantages et ses inconvénients.

(Suite et fin 1.)

RÉSULTATS A ATTENDRE DE L'EMPLOI DES APPAREILS RÉPÉTITEURS. — Quoique aucun des appareils répéteurs expérimentés jusqu'ici ne soit exempt de critique, les Compagnies de chemins de fer ont toutefois, d'ores et déjà, à leur disposition des appareils intéressants, ayant fait preuve d'un fonctionnement très satisfaisant. Dans quelle mesure l'emploi de ces appareils augmentera-t-il les garanties de sécurité ?

Nous avons signalé les dangers que peut présenter la répétition des signaux sur les locomotives et indiqué les précautions qu'il est indispensable de prendre dans son mode de réalisation. En raison de ces inconvénients, il est intéressant de rechercher dans quelle mesure l'emploi des signaux de machine est, d'autre part, susceptible d'accroître la sécurité.

Tout d'abord, la non-perception d'un signal par un mécanicien, est-elle fréquente ? En fait, elle est très rare. La conduite des machines n'est, en effet, confiée qu'à un personnel connaissant parfaitement les lignes sur lesquelles il est appelé à circuler, et ayant repéré très exactement, non seulement la position de tous les signaux à observer, mais aussi les points à partir desquels ces signaux commenceront à être nettement visibles, car le mécanicien a tout intérêt à être fixé le plus tôt possible sur la position des signaux. En fait, il attend le signal qu'il sait devoir rencontrer, il y pense

(1) Voir le *Génie Civil*, t. LIX, n° 8, p. 163, et n° 9, p. 187.

d'avance et cherche à l'apercevoir dès l'origine de son champ de visibilité.

Il est vrai que cet agent peut être distrait par un incident, mais en pareil cas, un mécanicien qui cesserait d'observer la voie pour s'occuper d'une réparation urgente, sans avoir au préalable fermé son régulateur et amorti la vitesse de son train, commettrait une faute lourde, aussi grave que celle de ne pas obéir à un signal à distance qu'il aurait aperçu fermé.

Pratiquement, le risque de non-perception d'un signal de la voie, est donc extrêmement faible, si, bien entendu, ce signal se trouve dans des conditions de visibilité convenables, ce qui n'est peut-être pas toujours le cas.

Si, d'autre part, on tient compte des chances de non-fonctionnement ou de mauvais fonctionnement du répéteur de la locomotive, et des inconvénients que, d'un autre côté, peut présenter son emploi, on est conduit à conclure que l'intérêt de ces appareils répéteurs n'est pas extrêmement grand.

M. A. Blum, Inspecteur des Constructions des chemins de fer allemands, a cherché, dans une étude récente (1), à faire ressortir par des chiffres ce faible intérêt des signaux de machine. Se basant sur les statistiques des chemins de fer allemands, sur lesquels il existe plus de 54 000 signaux, il établit d'abord que, pendant une année, les mécaniciens ont, sur ces chemins de fer, à observer un nombre de signaux qui n'est pas inférieur à 200 millions. Les mêmes statistiques font ressortir, pour les années comprises entre 1903 et 1909, un nombre moyen de 51 accidents par an, dus à l'observation de signaux ou à l'insuffisance de la signalisation.

M. Blum admet que la totalité de ces accidents ait eu pour cause l'observation de signaux, ce qui est certainement au-dessus de la vérité; dans cette hypothèse le risque d'observation d'un signal

serait donc égal à $\frac{51}{200\ 000\ 000}$ soit, en nombre rond, un signal inobservé sur 4 millions de signaux rencontrés, et cela dans les circonstances les plus défavorables que l'on puisse imaginer.

Il faut d'ailleurs noter que, dans les accidents classés comme dus à l'observation de signaux, se trouvent très probablement des accidents occasionnés par des avaries de freins, ayant entraîné le franchissement de signaux d'arrêt, qui avaient été perçus par le mécanicien. D'autre part, pour réaliser sur les chemins de fer allemands la répétition des signaux, il faudrait équiper à cet effet au moins 20 000 locomotives et 50 000 signaux, soit, au total, 70 000 appareils.

En supposant qu'il passe en moyenne dix trains par jour devant chaque signal, chiffre plutôt trop faible, il faudrait que les organes des appareils d'alarme commandés par les signaux fussent actionnés, en une année, un nombre de fois égal à : $50\ 000 \times 10 \times 365$, soit en chiffres ronds : 182 millions de fois; il en serait de même pour les appareils de commande du sifflet d'alarme placés sur la locomotive, ce qui donnerait au total, en une année, plus de 360 millions de manœuvres d'appareils.

Or, en admettant que l'un ou l'autre de ces appareils refuse une fois seulement par an de fonctionner, ce qui, sans aucun doute, est très au-dessous de la réalité, il y aurait un nombre de ratés égal à $\frac{70\ 000}{2} = 35\ 000$.

Le risque de non-fonctionnement du signal répéteur serait donc de :

$$\frac{35\ 000}{360\ 000\ 000} \text{ soit, en nombre rond : } \frac{1}{10\ 000}$$

alors que le risque de non-perception du signal de la voie n'est que de $\frac{1}{4\ 000\ 000}$.

Ces chiffres montrent bien que, à aucun prix, le mécanicien ne doit remplacer la stricte observation des signaux de la voie par celle d'un signal répéteur de machine, car les risques d'accident augmenteraient dans des proportions considérables.

Les chiffres de M. A. Blum permettent en même temps d'apprécier dans quelle mesure ces signaux de machines peuvent augmenter les garanties de sécurité.

Quoique l'utilité de ces appareils soit, en fait, assez faible, il nous semble qu'elle n'est pas négligeable, et que, judicieusement employés, ils puissent rendre des services, notamment en cas de brouillard intense ou d'extinction accidentelle du feu du signal.

Mais il n'est pas douteux qu'il ne faut pas attacher à l'emploi de ces appareils l'importance énorme que l'on a paru vouloir lui donner à la suite d'accidents retentissants, dans lesquels sont intervenues beaucoup de causes autres que la simple inobservation d'un signal fermé.

Quelques ingénieurs ont proposé, au lieu et place de la répétition des signaux, un avertisseur acoustique rappelant au mécanicien qu'il va rencontrer un signal, et qui serait mis en action quelle que soit la position du signal : à voie libre ou à l'arrêt. Un tel dispositif serait plus simple, mais il aurait tous les graves inconvénients que présente la répétition des signaux à voie libre, et sur lesquels il n'y a pas lieu de revenir.

Aux États-Unis, l'opinion publique, émue du grand nombre d'accidents qui se produisent sur les voies ferrées, réclame actuellement une solution plus radicale que la répétition des signaux : c'est le freinage automatique des trains franchissant un signal à l'arrêt.

Le freinage automatique des trains, très séduisant à première vue, a été envisagé également en France, il y a quelques années, mais les essais qui ont été faits ont montré rapidement qu'avec les systèmes de freins et d'attelages en service, ce freinage brutal, en pleine marche, serait fort dangereux, et que, si on l'adoptait, on organiserait des accidents certains, pour éviter des dangers incertains.

L'idée a donc été complètement abandonnée et le freinage automatique a été rejeté par le Comité de l'Exploitation technique des Chemins de fer.

Il ne répondrait d'ailleurs, en France, à aucun besoin réel, en raison de l'excellente discipline du personnel des machines et des signaux.

Si, aux États-Unis, les Compagnies de chemins de fer sont actuel-

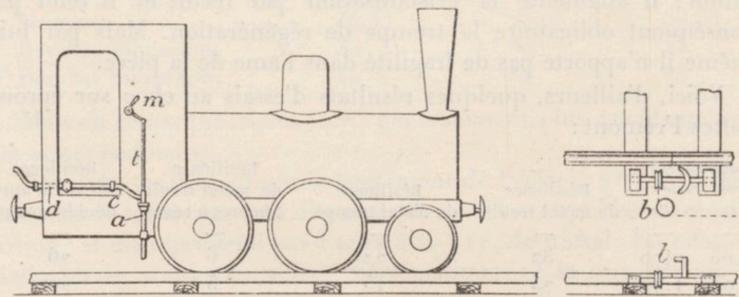


Fig. 13. — Schéma du dispositif Petersen pour le freinage automatique des trains.

lement conduites à rechercher un système de freinage pouvant produire un arrêt d'urgence sans causer de ruptures d'attelages ni de chocs dangereux pour les voyageurs, c'est précisément parce que le personnel y manque de discipline et montre une mentalité rendant son éducation difficile, ce qui est la cause de bien des accidents.

Les Compagnies américaines pensent d'ailleurs que les appareils de freinage automatique auront un heureux effet moral et inciteront les mécaniciens à mieux observer les signaux d'arrêt, car ils sauront que toute désobéissance à ces signaux serait découverte.

C'est évidemment une triste nécessité que d'être conduit à envisager l'emploi de moyens aussi héroïques, et qui, malgré tout, ne sauraient suffire à assurer la sécurité, un raté de l'appareil pouvant toujours se produire.

La réalisation pratique du freinage automatique est, du reste, plus délicate encore que la répétition des signaux, car, même en admettant que l'on ait trouvé un système d'attelages et de freins évitant les dangers d'un freinage brutal en pleine marche, il sera indispensable, pour éviter tout au moins une fatigue excessive au matériel, que ce freinage automatique ne soit mis en action que dans des cas tout à fait exceptionnels, c'est-à-dire seulement lorsque le mécanicien n'aura pas actionné, lui-même, ses freins en temps utile.

En conséquence, l'appareil de freinage automatique devra être annulé par le fait de la mise en action du frein par le mécanicien.

C'est ce qui est réalisé, par exemple, avec l'appareil proposé par M. Ph. Petersen, de Copenhague (fig. 13). Cet appareil fort simple, à commande purement mécanique, comprend : dans la voie, le long d'un des rails, un butoir *b*, solidaire de la manœuvre du signal, et qui est relevé lorsque ce dernier est à l'arrêt.

Sur la locomotive, à l'extrémité de la tige *t*, solidaire de la manette *m* du frein, se trouve un tronçon de tube, en matière fragile,

(1) A. BLUM. Note sur les moyens d'empêcher le dépassement des signaux à l'arrêt. Bulletin du Congrès des Chemins de fer, janvier 1911.

fermé à la partie inférieure, et qui communique avec la conduite générale du frein, à air comprimé ou à vide.

Si le signal est à l'arrêt, le butoir *b* est relevé et deux cas peuvent se produire :

1° Le mécanicien attentif freine de lui-même, et, en manœuvrant la manette *m*, il relève la tige *t* et le tube *a* qui évite alors le butoir au passage ;

2° Le mécanicien n'a pas freiné, et alors le tube *a* non relevé vient se briser sur le butoir ; la conduite *c* est alors mise en communication avec l'atmosphère et le freinage a lieu automatiquement.

Pour permettre au train de repartir sans perdre le temps nécessaire à rajuster un autre tube, une valve intercalée sur la conduite permet de fermer provisoirement la communication avec l'atmosphère.

Il sera bon, toutefois, que cette valve ne puisse être fermée qu'après rupture d'un plomb de garantie, afin que le mécanicien ne soit pas tenté d'annuler l'appareil.

La difficulté réside précisément dans la fixation du point auquel le mécanicien devra avoir actionné son frein, et annulé par suite l'appareil de freinage automatique.

S'il s'agit d'un signal commandant l'arrêt absolu, il sera possible de fixer ce point, mais pour un signal à distance, ne commandant pas l'arrêt immédiat, et donnant en réalité l'indication de « marche à vue » lorsqu'il est fermé, il est tout à fait impossible de fixer le point où il faudrait placer la commande du freinage automatique, car, non seulement le mécanicien peut ne pas avoir à freiner ni à s'arrêter, mais aussi la position de l'obstacle l'obligeant à l'arrêt pourra être variable.

D'autre part, le London and South Western Railway met à l'essai, sur une section de son réseau, un appareil électrique imaginé par M. Dugal Drummond, qui fait agir un signal acoustique sur la locomotive, bloque les freins et produit, dans la cabine des signaux, l'indication qu'un véhicule se trouve dans la section protégée par le signal qui vient d'être dépassée. Ce dispositif comporte un crocodile métallique, qui ferme un circuit électrique placé sur la locomotive ; dans ce circuit se trouvent deux électro-aimants qui actionnent un sifflet avertisseur et une soupape placée sur la conduite de vide ou de vapeur du frein ; enfin, la signalisation à la cabine des signaux se fait grâce à une section isolée de la voie, sur laquelle la masse de la locomotive ferme un circuit passant par la cabine des signaux, et dans lequel est intercalée une sonnerie.

Pratiquement, le freinage automatique ne peut donc être envisagé que pour les signaux commandant l'arrêt immédiat : il ne saurait suffire pour éviter les accidents.

* *

La sécurité de l'exploitation des chemins de fer dépend, en réalité, d'un grand nombre de facteurs dont nous ne pouvons rappeler ici que les principaux :

Tout d'abord, une signalisation logique, claire et simple ; des signaux parfaitement visibles, d'un fonctionnement très sûr et contrôlé, sont de première nécessité. L'utilisation du block-system jouera un rôle capital à cet égard.

En même temps il sera fort utile, dans certains cas, d'assurer automatiquement la protection immédiate des trains venant de franchir un signal de couverture, par l'emploi des pédales permettant à la locomotive de fermer elle-même le signal.

D'un autre côté, dans les gares, là où les collisions sont le plus à craindre, d'importantes précautions doivent être prises. Les manœuvres intéressant les voies principales devront être terminées ou interrompues quelques minutes avant l'heure de passage ou d'arrivée d'un train, dans le double but d'éviter tout risque d'accident, en faisant disparaître les obstacles et de supprimer les causes de retard, résultant de la rencontre, à l'arrêt des signaux de protection.

Le travail des gares sera d'ailleurs considérablement facilité par la stricte observation des horaires, et, en même temps, toutes les mesures de sécurité seront plus facilement prises.

A cet égard, un bon système d'annonce de l'arrivée des trains est de toute nécessité, ainsi que des relations télégraphiques ou téléphoniques, permettant aux gares de se renseigner entre elles sur la position d'un train en retard, et de déterminer son heure d'arrivée probable.

Enfin, il importe que le personnel, et notamment celui des locomotives, ait reçu une instruction professionnelle aussi complète que possible.

C'est par l'ensemble de toutes ces dispositions, complétées par une bonne organisation du service et une sévère discipline du personnel de tous grades, que l'on peut seulement espérer obtenir la sécurité de l'exploitation des chemins de fer. La répétition des signaux sur les locomotives est évidemment un facteur intéressant dans l'ensemble de ces mesures, mais ce n'est certes pas un des plus importants, et il serait tout à fait regrettable d'y attacher trop d'importance, si cela devait faire perdre de vue quelque autre disposition beaucoup plus essentielle.

P. D.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

LA DESSICCATION DU VENT DES HAUTS FOURNEAUX

à Differdange (Luxembourg)

par le chlorure de calcium, procédé Daubiné et Roy.

THÉORIE DU PROCÉDÉ. — Le *Génie Civil* a exposé en détail le principe du procédé imaginé par MM. A. Daubiné et V. Roy, d'Auboué (Meurthe-et-Moselle) en vue de dessécher le vent destiné au soufflage des hauts fourneaux (1) ; il a fait ressortir en donnant cet exposé, les raisons pour lesquelles, ce procédé paraît devoir remplacer le procédé de l'Américain Gayley.

Ce procédé vient d'être appliqué avec succès par les Acieries de Differdange (Luxembourg), et ses inventeurs en ont fait, ainsi que de cette installation, l'objet d'un mémoire présenté à la dernière réunion de l'Iron and Steel Institute qui a eu lieu récemment à Londres. C'est à la reproduction qui en a été faite dans l'*Engineering*, du 12 mai, et dans le *Stahl und Eisen*, du 18 mai, que nous empruntons une partie des renseignements qui suivent.

Dans le procédé Gayley, qui a été décrit aussi dans le *Génie Civil* (2) la dessiccation est obtenue par réfrigération de l'air jusqu'à congélation de sa vapeur d'eau. Le coût de l'installation et les frais d'exploitation sont si élevés qu'ils font perdre presque tout le bénéfice procuré par la dessiccation, savoir : 1° l'augmentation de production du haut fourneau en fonte (447 tonnes au lieu de 358 tonnes par jour aux hauts fourneaux de M. Gayley) ; 2° l'économie sur le combustible consommé pour produire une tonne de fonte (20 % environ). Comme l'ont fait remarquer les métallurgistes d'Europe, les avantages ne seraient pas aussi grands pour les hauts fourneaux européens parce que le vent y est beaucoup plus chaud qu'aux États-Unis ; néanmoins, les avantages sont encore suffisants pour justifier la dessiccation du vent si elle est réalisée plus économiquement que par réfrigération.

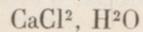
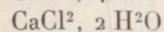
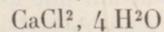
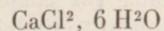
Dans le procédé Daubiné et Roy, pour dessécher l'air, on met à profit la grande hygroscopicité du chlorure de calcium ou, plutôt, de quelques-uns de ses hydrates. L'air à dessécher traverse une couche de ces corps et leur abandonne son humidité.

Les inventeurs, à la suite d'une étude physico-chimique de ces hydrates, étude qu'on trouvera exposée en détail dans l'article précité, ont montré par quels moyens la dessiccation par le chlorure de calcium peut être rendue industrielle et économique. On recourt à la régénération des hydrates de chlorure de calcium pauvres en eau en utilisant les chaleurs perdues des gaz chauds résiduels qui sont toujours surabondants dans une usine métallurgique. On fait passer ces gaz, ou de l'air qu'ils ont chauffé, sur les hydrates riches en eau et, en observant quelques précautions, on régénère des hydrates pauvres en eau, capables d'absorber à nouveau l'humidité de l'air.

Nous renvoyons le lecteur à l'étude précitée pour l'exposé détaillé de ces considérations ainsi que pour la description d'un appareil, en quelque sorte théorique, conçu en vue de l'application du procédé ; pour l'intelligence de la description et du fonctionnement des appareils installés à Differdange, nous n'en rappellerons que quelques points et nous donnerons les conditions à réaliser pour assurer un bon fonctionnement du procédé.

* *

Le chlorure de calcium forme avec l'eau quatre hydrates définis :



(1) Voir le *Génie Civil*, t. LVI, n° 41, p. 244, et n° 42, p. 225.

(2) Voir le *Génie Civil*, t. XLVI, n° 3, p. 71.

On ne doit pas pousser la régénération des hydrates plus loin que $\text{CaCl}_2, \text{H}_2\text{O}$:

1° Parce que la régénération jusqu'à des hydrates répondant à la formule brute $\text{CaCl}_2, 0 \text{ à } 1 \text{ H}_2\text{O}$ exige un grand nombre de calories.

2° Parce que, malgré leur très basse tension de vapeur, ces hydrates se mettent très lentement en équilibre avec l'atmosphère ambiante. Pour cette raison, lors de la régénération, on ne doit pas dépasser 235° , température au delà de laquelle il se forme l'hydrate $\text{CaCl}_2, \text{H}_2\text{O}$ et des hydrates moins riches en eau.

Lors du passage de l'air à dessécher, on ne doit pas pousser la dilution des hydrates jusqu'à la formule $\text{CaCl}_2, 8 \text{ H}_2\text{O}$, car, à la température ambiante moyenne de 15° , ce corps est liquide. Tous les hydrates moins riches en eau sont au contraire solides à cette température. On peut donc disposer le chlorure de calcium en morceaux formant couche sur des plateaux perforés et la faire traverser par l'air à dessécher, à cette température de 15° , sans crainte de voir le chlorure devenir déliquescant et couler; toutefois, comme

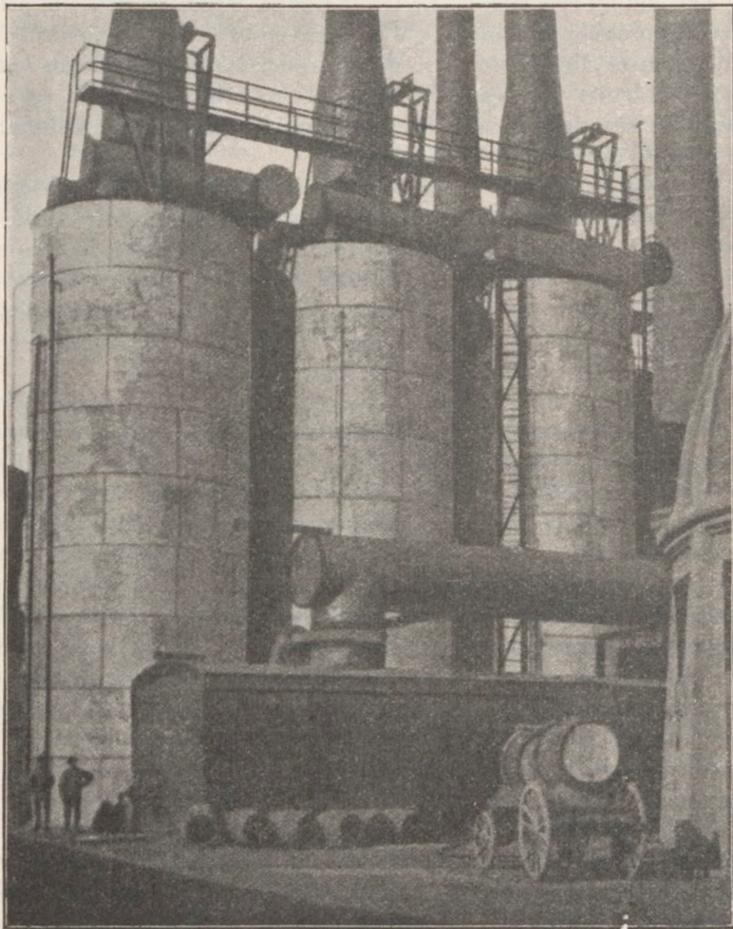


FIG. 1. — Vue de l'installation de Differdange pour la dessiccation du vent par le chlorure de calcium.

l'absorption de l'eau dégage de la chaleur et que ces hydrates fondent à une température un peu supérieure à 15° , on doit refroidir le chlorure par une circulation d'eau pendant la dessiccation.

Il y a d'ailleurs avantage à pousser ce refroidissement aussi bas que possible, parce que la tension de vapeur des hydrates décroît rapidement quand la température s'abaisse : la vitesse d'absorption de l'eau est en effet proportionnelle à la différence entre cette tension et celle de la vapeur d'eau dans l'air à dessécher.

Pendant la régénération, des précautions doivent aussi être prises pour éviter la fusion.

Supposons par exemple qu'après le passage de l'air à dessécher, on soit arrivé à l'hydrate $\text{CaCl}_2, 4 \text{ H}_2\text{O}$, qui fond à 40° ; si l'on fait passer des gaz trop chauds pour régénérer, on dessèche bien mais on élève aussi la température au delà de 40° et cet hydrate fond.

On doit donc procéder à la régénération progressivement et en mélangeant de l'air frais aux gaz chauds, la proportion des gaz chauds allant en croissant suivant une loi qui a été déterminée.

Il est facile de suivre les effets de la dessiccation et de la régénération et, par l'observation directe, d'éviter qu'il y ait fusion à un moment quelconque.

Des calculs et observations faits par les inventeurs, il résulte que, dans les conditions qui viennent d'être exposées, 240 kilogr. de

chlorure de calcium (simplement desséché à 105°) formant une couche de 24 centimètres d'épaisseur et de 1 mètre carré de surface, peuvent dessécher, en moyenne, 300 mètres cubes d'air (de 15 grammes à $1^{\text{er}} 2/1^{\text{er}} 9$ d'eau par mètre cube) par heure, pendant quatre heures.

La régénération consomme 7 500 calories par kilogr. d'eau déposée et il suffit que les gaz chauds servant à cette régénération soient à 30° au commencement et à 200° à la fin.

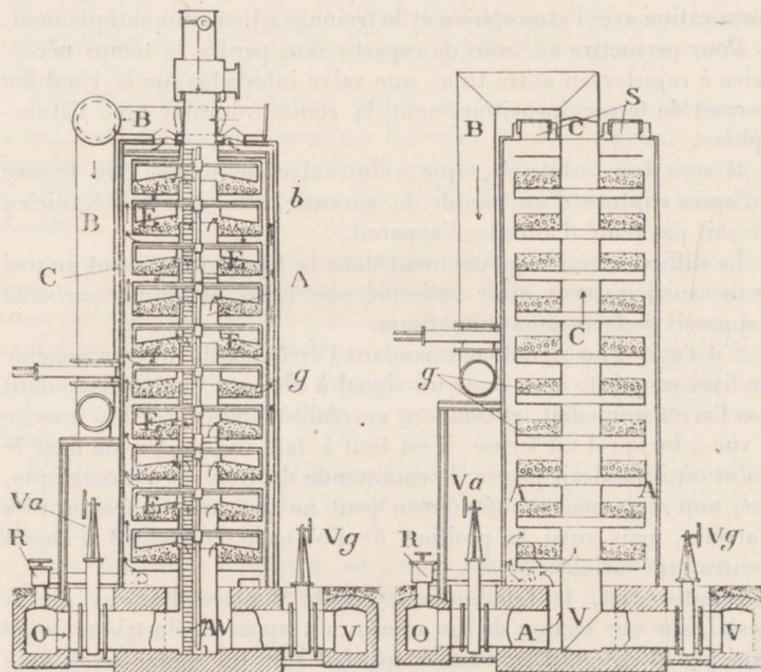


FIG. 2 et 3. — Coupes verticales des dessiccateurs-régénérateurs à chlorure de calcium, de Differdange.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL DESSICCATEUR DE DIFFERDANGE. — A Differdange, le problème à résoudre était le suivant : le haut fourneau produit 150 tonnes de fonte par vingt-quatre heures, ce qui correspond à 500 mètres cubes d'air sec à souffler par minute.

On a utilisé, pour la régénération, des chaleurs perdues provenant de chaudières à vapeur et de récupérateurs Cowper après une épuration qui ne laisse que 4 décigrammes de poussières par mètre cube de gaz.

Deux types de dessiccateur-régénérateur ont été adoptés. Dans le premier (fig. 2) l'air à refroidir, arrivant par O, est amené par un conduit central A qui le distribue par des ouvertures latérales à chacun des dix éléments E; après qu'il les a traversés en se desséchant, il se rassemble dans le collecteur annulaire C d'où il est envoyé aux soufflantes par le conduit B.

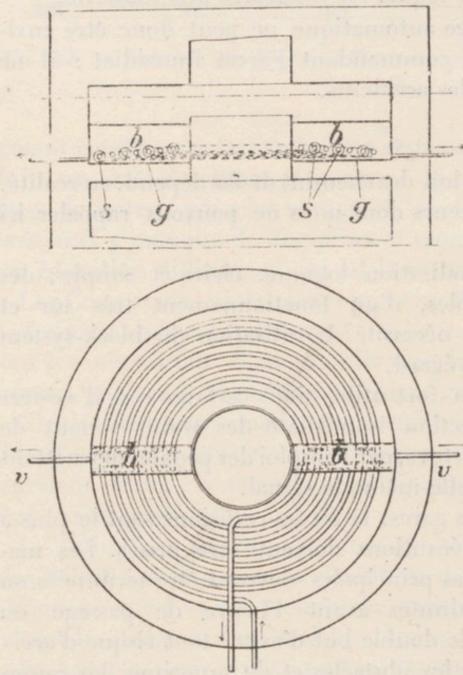


FIG. 4 et 5. — Coupe verticale et plan d'un plateau à chlorure de calcium.

Dans le deuxième type (fig. 3) l'air, venant de O arrive au contraire par la partie annulaire A et est colligé dans le conduit central C.

Dans les deux types, chaque élément est composé (fig. 4 et 5) d'une grille g sur laquelle repose le chlorure de calcium. Chaque compartiment est refroidi pendant la dessiccation par l'eau froide circulant dans un serpentin de forme conique, ce qui assure sa vidange complète. Les joints du serpentin sont tous disposés dans une boîte étanche b, et ne sont pas en contact avec le chlorure de calcium, de façon à éviter l'action-corrosive au cas où un de ces