

# La Ventilation du Tunnel

19443

PAR

G. MEULEMANS

Ingénieur à l'O. N. J.

## I. GENERALITES.

La ventilation convenable d'un tunnel ferroviaire à six voies, d'une longueur de près de 2 km. et comportant deux gares souterraines (l'une à trois quais et l'autre à deux quais, tous de 300 m. de longueur), ne pouvait se comparer valablement aux installations de même nature réalisées aux grands tunnels étrangers.

De ce fait, les services de l'O. N. J. ont reconnu la nécessité d'étudier le problème dans son ensemble et de faire œuvre nouvelle en partant des données du problème résultant du mode d'exploitation du tunnel et des conditions particulières inhérentes au tunnel même.

## II. DONNEES DU PROBLEME.

Le problème consistant à doter le tunnel et les gares souterraines d'une ventilation suffisante pour permettre un séjour prolongé dans l'atmosphère du tunnel, il était indispensable d'étudier de près les causes de la viciation de l'atmosphère du tunnel, ainsi que d'examiner les diverses parties constituant l'ensemble du tunnel, afin de pouvoir imaginer des principes généraux de ventilation, dotant chaque élément constitutif du tunnel d'une ventilation adaptée à sa destination propre.

### A) Exploitation ferroviaire du tunnel.

Les six voies du tunnel sont destinées à être desservies, dans un avenir plus ou moins lointain, par des convois à traction électrique et par des automotrices Diesel; toutefois, comme le tunnel sera mis en exploitation avant l'électrification complète du réseau, il a fallu tenir compte du fait que les voies du pertuis *Central* et du pertuis *Ouest* (donc quatre voies), seront parcourues par des convois à traction vapeur, tandis que les deux voies du pertuis Est seront affectées d'emblée à la ligne électrifiée Anvers-Bruxelles et Charleroi ultérieurement.

On peut estimer raisonnablement que cette situation intermédiaire durera entre douze et quinze années après la mise en exploitation du tunnel. La grande majorité des convois des six voies s'arrêteront à la Halte Centrale et la majorité de ceux parcourant les pertuis *Est* et *Central* s'arrêteront également à l'Arrêt Congrès. En outre, tous les convois pourront être amenés à s'arrêter et à stationner devant un des nombreux signaux implantés sur les six voies en dehors des points d'arrêt obligatoires.

En vue de diminuer les quantités de gaz nocifs émis par les locomotives en pleine action, la S. N. C. B. a décidé de tractionner les convois à vapeur par des tracteurs électriques pour le passage de la Jonction, la locomotive aidant toutefois au démarrage de la rame; il est probable que le tracteur électrique pourra se passer du secours de la locomotive pour le démarrage des trains légers et courts. Grâce à cette conception, les panaches de démarrage (gaz et vapeur), se trouvent localisés en des endroits bien déterminés (gares et signaux) et, dans les intervalles compris entre deux zones de démarrage, l'émission de gaz nocifs et de vapeur par les locomotives se trouve fortement réduite et peut se comparer à l'émission de CO et CO<sub>2</sub> par un foyer couvant.

### B) Conditions particulières inhérentes au tunnel.

Le tunnel peut être divisé *grosso modo* en trois parties distinctes :

- les parties courantes de tunnel,
- la Halte Centrale,
- l'Arrêt Congrès.

On se rend compte, *a priori*, sans approfondir le problème, que ces trois parties, vu leur affectation différente, doivent être traitées différemment au point de vue de leur ventilation. En effet, dans les parties courantes du tunnel, les voyageurs sont censés rester installés dans les voitures fenêtres fermées, même en cas d'arrêt du convoi devant un signal; il suffira donc de prévoir, dans ces parties du tunnel, une ventilation rendant l'atmosphère non toxique, sans exiger une impression de pureté absolue. A la Halte Centrale, au contraire, et dans une mesure moindre à l'Arrêt Congrès (moins important), les portières et fenêtres s'ouvriront et des voyageurs séjourneront sur les quais pendant un temps plus ou moins long. En ces endroits, la ventilation devra donner une impression d'atmosphère pure; à la Halte Centrale, tout courant d'air appréciable devra être évité et la vapeur dégagée, par exemple, par des fuites des canalisations de chauffage pendant le stationnement des trains, devra être évacuée rapidement.

## III. PRINCIPES DE VENTILATION.

Il est évident que le meilleur principe de ventilation serait réalisé par une installation qui, en chaque point du tunnel, capte les gaz nocifs et la vapeur le plus près possible de leur lieu d'émission et remplace, au même endroit, le volume d'air évacué par de l'air frais. Malheureusement, une telle installation amènerait avec elle une puissance de ventilation prohibitive et, de ce fait, un coût démesuré d'installation et d'exploitation.

Tenant compte des divers facteurs en cause et en chiffrant approximativement les avantages et les inconvénients des diverses solutions possibles, l'O. N. J. s'est rallié aux principes ci-après :

- Parties courantes du tunnel : ventilation longitudinale.
- Halte Centrale : ventilation transversale.
- Arrêt Congrès : ventilation longitudinale séparée.

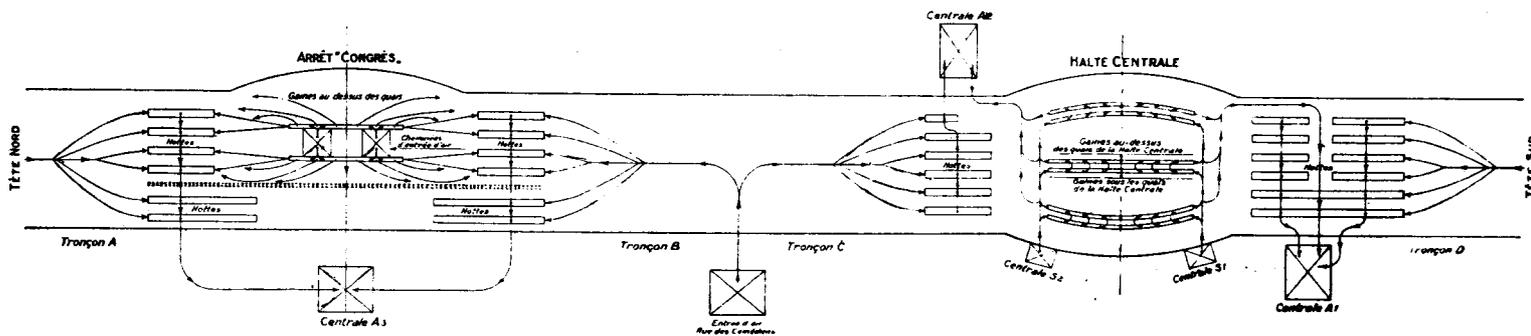


FIG. 1. — Schéma général de ventilation.

(Cliché « Science et Technique ».)

#### IV. MISE EN APPLICATION DES PRINCIPES DE VENTILATION.

La fig. 1 illustre très schématiquement le tunnel ainsi que l'application des principes admis pour la ventilation des diverses parties du tunnel.

##### A) Parties courantes du tunnel.

Le tunnel proprement dit a été divisé en quatre tronçons de ventilation : A, B, C et D.

— Tronçon A : L'air frais entre par la tête Nord du tunnel, chemine longitudinalement dans le tronçon dans le sens Nord-Sud et sort du tronçon en passant dans l'entresol du tunnel à travers des ouvertures longitudinales (hottes) pratiquées dans le plafond du tunnel; l'air est ensuite rejeté dans l'atmosphère par les ventilateurs de la Centrale  $A_3$  qui communique avec l'entresol du tunnel par un conduit judicieusement calibré. Toute cette circulation se fait donc uniquement par la dépression créée par les ventilateurs de la Centrale  $A_3$ .

— Tronçon B : L'air frais entre par une très grande ouverture pratiquée dans la paroi Ouest du tunnel et située aux environs de la rue des Comédiens. L'air chemine longitudinalement dans le tronçon dans le sens Sud-Nord et en sort par des hottes pour arriver dans l'entresol du tunnel d'où il est évacué par les ventilateurs de la Centrale  $A_3$ . Toute cette circulation se fait grâce à la dépression créée par les ventilateurs de la Centrale  $A_3$ .

— Tronçon C : L'air frais entre par l'ouverture d'entrée d'air de la rue des Comédiens, chemine longitudinalement dans le tronçon dans le sens Nord-Sud et en sort par des hottes pour passer dans l'entresol du tunnel d'où il est évacué par les ventilateurs de la Centrale  $A_2$ . Cette circulation se fait sous l'effet de la dépression créée par les ventilateurs de la Centrale  $A_2$ .

— Tronçon D : L'air frais entre par la tête Sud du tunnel, chemine longitudinalement dans le tronçon dans le sens Sud-Nord et en sort par des hottes pour arriver dans l'entresol du tunnel d'où il est évacué par les ventilateurs de la Centrale  $A_1$ . Cette circulation se fait sous l'effet de la dépression créée par les ventilateurs de la Centrale  $A_1$ .

##### B) Halte Centrale (fig. 1 et 2).

— Circuits de soufflage : L'atmosphère de la Halte Centrale est alimentée en air frais sur toute la longueur des quais (environ 300 m.) qui s'étendent entre les hottes terminant le tronçon C et celles terminant le tronçon D. Sous les trois quais sont établies des gaines de soufflage — deux par quai — qui alimentent l'atmosphère de la halte par l'intermédiaire d'ouvertures établies dans les murettes verticales des quais. L'ensemble de toutes les gaines de soufflage est alimenté par deux grandes gaines transversales établies sous le radier du tunnel vers les extrémités des quais; ces gaines transversales reçoivent elles-mêmes l'air frais des Centrales  $S_1$  et  $S_2$ . Toute cette alimentation se fait sous l'effet de la surpression engendrée par les ventilateurs installés dans les Centrales  $S_1$  et  $S_2$ .

— Circuits d'aspiration : Des gaines longitudinales d'aspiration — deux par quai — sont établies au-dessus des quais; elles aspirent l'air vicié de la Halte par l'intermédiaire d'ouvertures latérales pratiquées dans leur paroi verticale. Au droit des extrémités des quais, les six gaines d'aspiration déversent leur débit dans deux gaines collectrices établies dans l'entresol du tunnel et qui mènent l'air vicié vers les Centrales  $A_1$  et  $A_2$  où des ventilateurs spécialement affectés à cet effet le rejettent dans l'atmosphère. Toute cette circulation se fait sous l'effet de la dépression créée par les ventilateurs des Centrales  $A_1$  et  $A_2$ .

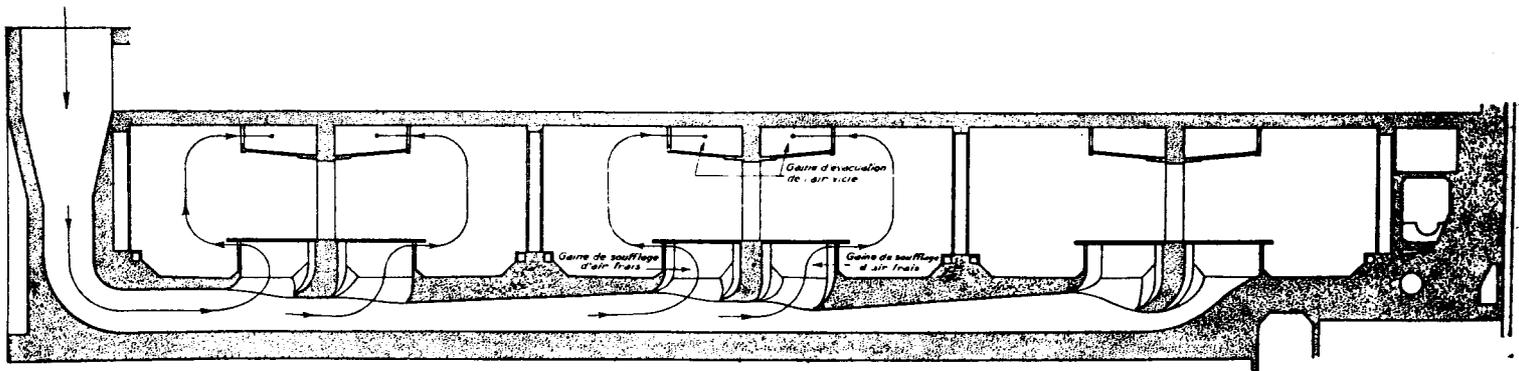


FIG. 2. — Ventilation transversale de la Halte Centrale.

(Cliché « Science et Technique ».)

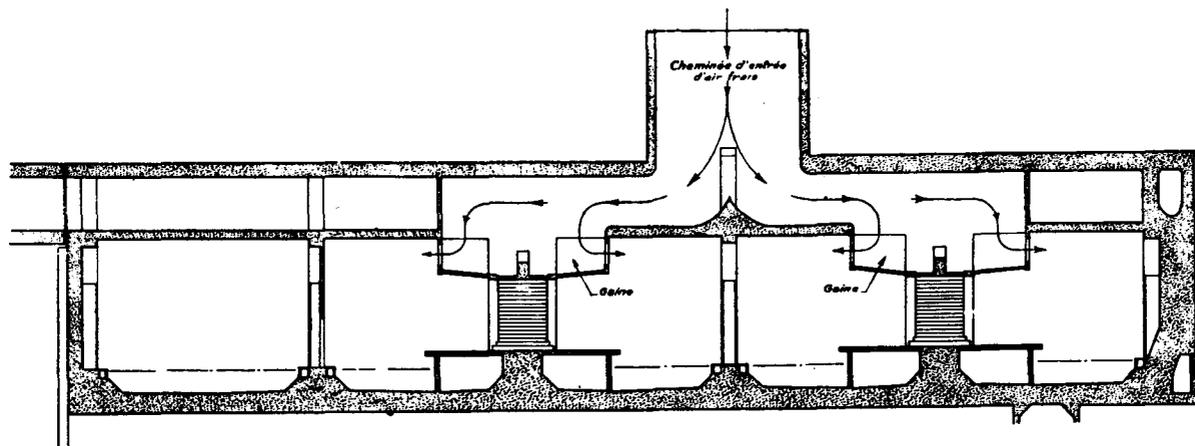


FIG. 3. — Ventilation de l'arrêt « Congrès ».

(Cliché « Science et Technique ».)

### C) Arrêt Congrès (fig. 3).

Une cloison, érigée entre les colonnes de la file entre le pertuis Central et le pertuis Ouest, isole ce dernier de l'espace de l'arrêt sur tout le développement des quais. L'espace de l'arrêt, comprenant les quatre voies des pertuis Central et Est desservies par deux quais, est ventilé comme suit :

— Au droit du milieu des quais, deux cheminées d'entrée d'air frais surmontent l'emplacement de l'arrêt ; l'air frais descend dans ces cheminées et alimente deux courtes gaines de soufflage établies au-dessus des quais. L'air sort de ces gaines par des ouvertures latérales et pénètre ainsi dans l'atmosphère de l'arrêt.

— Après viciation par son cheminement longitudinal dans l'espace de l'arrêt Congrès, l'air est aspiré, au droit des extrémités des quais, par les hottes se trouvant en amont et en aval de l'arrêt, et rentre ainsi dans les circuits d'évacuation de l'air des tronçons A et B du tunnel. Toute cette circulation se fait donc grâce à la dépression créée aux hottes par les ventilateurs de la Centrale A<sub>3</sub>. Ce système de ventilation longitudinale de l'arrêt est donc indépendant de celle des tronçons adjacents, bien qu'elle se fasse sous l'effet des mêmes ventilateurs. Pour éviter que, par temps très froid, le tirage naturel des cheminées d'entrée d'air frais ne contrecarre la descente de l'air dans les cheminées, celles-ci sont munies d'un petit ventilateur de secours installé de façon qu'il n'oppose pas une résistance appréciable à la circulation de l'air quand il est à l'arrêt.

### D) Centrales de ventilation.

De tout ce qui précède résulte la nécessité de construire cinq centrales de ventilation, outre les deux ventilateurs de secours installés dans les cheminées d'entrée d'air frais à l'arrêt Congrès.

— Centrales A<sub>1</sub> (rue St-Jean) : Cette centrale comporte deux parties :

l'une affectée aux ventilateurs destinés à l'évacuation du débit de la ventilation longitudinale du tronçon D ;

l'autre affectée aux ventilateurs destinés à l'évacuation du débit de la ventilation transversale de la moitié Sud de la Halte Centrale.

— Centrale A<sub>2</sub> (rue Vieille de la Bergère) : Cette centrale comportera également deux parties :

l'une affectée aux ventilateurs destinés à l'évacuation du débit de la ventilation longitudinale du tronçon C ;

l'autre affectée aux ventilateurs destinés à l'évacuation du débit de la ventilation transversale de la moitié Nord de la Halte Centrale.

— Centrale A<sub>3</sub> (rue Pachéco) : Cette centrale comprend les ventilateurs destinés à évacuer le débit de la ventilation longitudinale des tronçons A et B ainsi que celui de la ventilation longitudinale de l'arrêt Congrès.

— Centrale S<sub>1</sub> (rue de l'Impératrice) : Cette centrale comprend les ventilateurs destinés à assurer l'amenée du débit d'air frais destiné à la ventilation transversale de la moitié Sud de la Halte Centrale.

— Centrale S<sub>2</sub> (rue du Cardinal Mercier) : Cette centrale comprend les ventilateurs destinés à assurer l'amenée du débit d'air frais destiné à la ventilation transversale de la moitié Nord de la Halte Centrale.

## V. CALCUL DES DEBITS DE VENTILATION

### A) Ventilation longitudinale des parties courantes.

Les débits de ventilation maxima, étant conditionnés par une dilution suffisante du CO, du CO<sub>2</sub> et, éventuellement, de la vapeur d'eau, il importe avant tout de sélectionner, dans chaque tronçon, le cas le plus défavorable. Au point de vue du nombre de trains, ce n'est pas le nombre total de trains qui entre en ligne de compte, mais bien le nombre maximum de trains par laps de temps correspondant à une pointe de trafic, c'est-à-dire la cadence maximum d'exploitation. D'accord avec la S. N. C. B., cette cadence a été fixée, simultanément sur les six voies, à trois convois se suivant à des intervalles de deux minutes et suivis d'une période creuse de cinq minutes ; cela revient à considérer, sur chacune des six voies, un total de trois convois par période de neuf minutes. Dans ces dix-huit convois, il a été fait une répartition judicieuse entre trains électriques, automotrices Diesel et trains à vapeur tractionnés électriquement. Tenant compte de ce qui précède, ainsi que de l'implantation des signaux, on a calculé, pour chaque voie, les volumes maxima de CO, de CO<sub>2</sub> et de vapeur d'eau pouvant être émises dans chaque tronçon de ventilation dans les diverses hypothèses possibles (passage des convois sans arrêt, arrêt devant un ou deux signaux se trouvant dans le tronçon, périodes de démarrage à l'aide de la locomotive à vapeur, obstruction des voies, etc.). C'est la somme des dégagements de CO, de CO<sub>2</sub> et de vapeur d'eau obtenus dans le cas le plus défavorable pour chacune des six voies d'un même tronçon, qui a été admise comme dégagement maximum de CO, CO<sub>2</sub> et de vapeur d'eau dans le tronçon considéré. Qu'il soit dit ici que les démarrages à l'aide de la locomotive à vapeur à la Halte Centrale et à l'Arrêt

Congrès n'interviennent pas dans le calcul des dégagements de gaz nocifs puisque ces démarrages se font sous les hottes établies aux extrémités des quais et que le panache de démarrage est instantanément absorbé sans vicier l'atmosphère du tunnel.

Etant en possession des dégagements maxima dans chaque tronçon on pourra aisément calculer les débits en se fixant un coefficient de dilution pour le CO<sub>2</sub> et le CO. En ce qui concerne le CO<sub>2</sub>, l'O. N. J. a admis une

teneur permise de  $\frac{15}{10.000}$  ; comme l'air atmosphérique normal contient  $\frac{5}{10.000}$  de CO<sub>2</sub>, on pourra tolérer une

teneur supplémentaire de  $\frac{10}{10.000}$  ou  $\frac{1}{1.000}$ . Pour chaque m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> dégagé, il faudra donc assurer un volume

d'air frais de 1000 m<sup>3</sup>. En ce qui concerne le CO, il a été admis une teneur permise de  $\frac{4}{10.000}$  ou  $\frac{1}{2.500}$  ; pour

chaque m<sup>3</sup> de CO dégagé, il faudra assurer une amenée d'air frais de 2.500 m<sup>3</sup>. Cette dilution représente environ une sécurité de 7,5 vis-à-vis du danger de mort par inhalation, pendant une heure, d'une atmosphère chargée de CO.

Les débits obtenus de cette façon sont de :

290 m <sup>3</sup> /sec.	dans le Tronçon A
160 —	id. B
220 —	id. C
300 —	id. D

Il restait encore à contrôler, pour ces débits, si la quantité de vapeur d'eau émise par les convois dans chaque tronçon n'entraînait pas une trop grande opacité de l'atmosphère. Le diagramme psychométrique (fig. 4) donne les poids de vapeur que peut contenir un kilogramme d'air sec, aux diverses températures. La

vérification a été faite uniquement pour le tronçon le plus défavorisé, notamment le tronçon A où il est dégagé en 9 minutes 716,60 kg de vapeur pour un cube d'air de 156.500 m<sup>3</sup>. Prenons l'air à -5°, alors 156.500 m<sup>3</sup> pèsent environ 205.000 kg donc

$\frac{716,60}{205.000} \times 1000 = 3,5$  gr d'eau par kg d'air ;

or, à -5°, la saturation est atteinte pour 2,6 gr, il y aura donc formation d'un brouillard.

Si on prend l'air à +15°, les 156.500 m<sup>3</sup> pèsent environ 186.000 kg, la teneur en eau devient

$\frac{716,60}{186.000} \times 1000 = 3,85$  gr par kg d'air ; comme la

saturation n'est atteinte que pour 10,5 gr, l'air de ventilation pourra posséder lui-même un degré hygrométrique

de  $\frac{10,5-3,85}{10,5} \times 100 = 63,5$  % avant de donner lieu à

un brouillard dans le tunnel. Ce contrôle montre que, la formation de brouillard étant possible, il est nécessaire d'adopter dans le tunnel une signalisation lumineuse visible dans le brouillard.

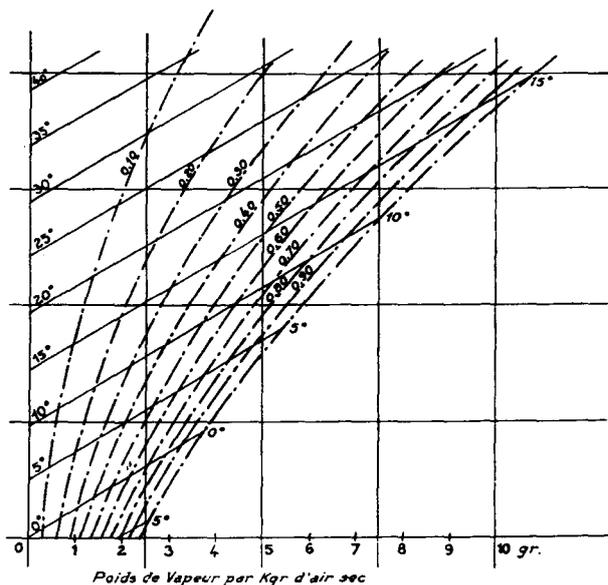


FIG. 4. — Diagramme psychométrique.  
(Cliché « Science et Technique ».)

#### B) Ventilation transversale de la Halte Centrale et Ventilation longitudinale de l'Arrêt Congrès.

Les dégagements en CO, CO<sub>2</sub> et vapeur d'eau étant très réduits en ces endroits, les débits de ventilation admis ont été établis en imposant un renouvellement complet de l'atmosphère huit fois par heure, donc environ toutes les 445 secondes. Les débits obtenus sont ainsi de

150 m <sup>3</sup> par seconde	à la Halte Centrale
60 id.	l'Arrêt Congrès.

#### VI. CALCUL DES DIFFERENCES DE PRESSION MOTRICES.

Les différences de pression motrices ont été calculées à l'aide de la formule traditionnelle de Bernoulli :

$$p_A - p_B = \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} + \sum \frac{R}{A}$$

L'évaluation des résistances (dernier terme) fait malheureusement appel à des coefficients qui ne sont pas applicables à un conduit tel le tunnel. L'O. N. J. a adopté une formule où il est tenu compte, outre du frottement et des variations de section et de direction, de l'incidence résistante des files de colonnes séparées par des niches, tel que le cas se présente pratiquement pour le tunnel. Un pertuis du tunnel

présente ainsi une résistance  $\frac{R}{1} = 0,000184 V^2$  par mètre courant. Si le pertuis est garni d'un train, cette résis-

R

tance devient  $\frac{R}{1} = 0,000280 \text{ V}^2$  par mètre courant. A l'aide de ces coefficients, dont on s'efforcera de contrôler

l'exactitude lors de la mise en marche et du réglage des installations de ventilation, on a calculé les différences de pression qui doivent exister aux extrémités des divers tronçons pour y assurer le débit désiré, et cela, dans l'hypothèse raisonnable où trois trains séjournent simultanément dans le tronçon considéré. Une fois en possession du diagramme des dépressions dans le tunnel, il a été procédé à l'équilibrage de celles-ci de part et d'autre de la Halte Centrale, pour éviter que l'atmosphère de celle-ci ne soit traversée par des courants d'air longitudinaux dus à une différence de pression en amont et en aval de la Halte. L'équilibrage a été obtenu en admettant un débit majoré dans le tronçon C, nouveau débit se montant à  $285 \text{ m}^3/\text{sec}$ . L'équilibrage des dépressions en amont et en aval de l'Arrêt Congrès était suffisant et n'a pas nécessité une modification des débits. Le diagramme des dépressions obtenues dans le tunnel est illustré par la fig. 5.

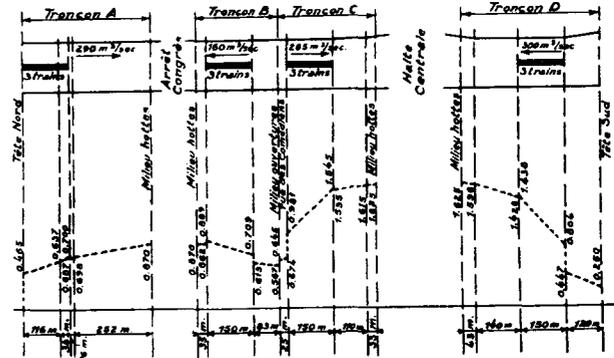


FIG. 5. — Diagramme des dépressions en mm d'eau. (Cliché « Science et Technique ».)

Le calcul des différences de pression motrices entre le tunnel et les ventilateurs, dans les cheminées surmontant les centrales et dans les gaines tant aspirantes que refoulantes de la ventilation transversale de la Halte Centrale, a été fait à l'aide des coefficients classiques et ne présente qu'un intérêt secondaire.

### VII. VENTILATEURS.

Les divers circuits d'air étant caractérisés par un grand débit et de petites différences de pression, seuls les ventilateurs du type hélicoïdal furent pris en considération pour équiper les diverses centrales. En vue de diminuer les risques de bruit il importait de choisir un grand diamètre pour l'hélice ainsi qu'une vitesse réduite. Ces conditions ont été réalisées en adoptant des emplacements de centrale permettant l'installation de ventilateurs d'un diamètre allant jusqu'à 4 m 50 pour les plus grands. Les ventilateurs seront mus par des moteurs électriques de construction tout à fait courante à axe vertical ou horizontal. La démultiplication de vitesse entre les moteurs et les hélices s'obtiendra par boîte d'engrenages ou par courroies trapézoïdales, le choix des réducteurs de vitesse sera fixé d'après les offres et références présentées par les divers constructeurs qui répondront à l'adjudication publique des installations.

Toutes les parties mécaniques qui viendront en contact avec les fumées provenant du tunnel résisteront, de par leur matière même ou par un enduit protecteur, à l'action corrosive et abrasive de celles-ci.

En vue de pouvoir adapter au mieux chaque ventilateur à son circuit d'utilisation, deux dispositifs de réglage sont prévus :

- l'orientabilité des pales à la main à l'arrêt,
- le changement d'un train d'engrenages ou de poulies dans les réducteurs de vitesse.

Ces possibilités de réglage permettront de couvrir une zone d'utilisation suffisamment large pour tenir compte des erreurs de calcul provenant de l'incertitude des coefficients de frottement adoptés.

Les ventilateurs sont évidemment munis d'un registre permettant d'isoler le ventilateur si celui-ci est à l'arrêt.

### VIII. PUISSANCE DES GROUPES MOTEURS-VENTILATEURS.

Les débits et pressions motrices calculés comme exposé plus haut, correspondent à une intensité de ventilation maximum qui ne devra être mise en œuvre que pendant certaines parties de la journée où le trafic est maximum. Ceci vaut surtout pour la ventilation longitudinale dont les débits sont précisément conditionnés par l'importance du trafic. Il faut donc fractionner la puissance totale à installer dans chaque centrale de façon à pouvoir suivre d'assez près les fluctuations de la courbe de trafic sans toutefois trop multiplier le nombre de

types de groupes moteurs-ventilateurs et en prévoyant une réserve suffisante. La fig. 6 illustre la courbe du trafic dans le tunnel. Comme la puissance de ventilation est pratiquement proportionnelle au cube des débits et comme le point maximum de la courbe de trafic correspond à 100 % de la puissance à installer, il était facile de tracer sur la droite de la fig. 6 une échelle proportionnelle à la racine cubique des débits (ou du nombre de trains) et de la graduer en % de puissance à installer.

Une étude minutieuse de tous les facteurs a montré que la division de la puissance en deux fois 50 % paraissait la plus judicieuse. La réserve comportera également 50 % de la puissance maximum. Chaque centrale, ou partie de centrale, destinée à la ventilation longitudinale comprendra donc trois groupes moteurs-ventilateurs dont chacun aura comme puissance la moitié de la puissance maximum et dont un servira de réserve.

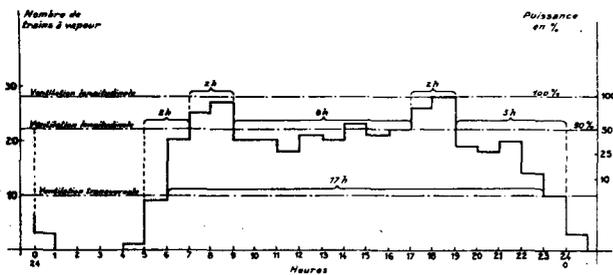


FIG. 6. — Diagramme d'exploitation du Tunnel. (Cliché « Science et Technique ».)

50 % de la puissance maximum. Chaque centrale, ou partie de centrale, destinée à la ventilation longitudinale comprendra donc trois groupes moteurs-ventilateurs dont chacun aura comme puissance la moitié de la puissance maximum et dont un servira de réserve.

En ce qui concerne la ventilation transversale de la Halte Centrale, comme elle n'est pas conditionnée par le nombre de trains mais par un nombre de renouvellements de l'atmosphère, il a paru logique de ne pas fractionner la puissance de ventilation qui y est affectée. Chaque centrale, ou partie de centrale, destinée à la ventilation transversale de la Halte Centrale, comprendra donc deux ventilateurs de même puissance, dont un servira de réserve.

Le fractionnement de puissance adopté permet donc deux régimes pour la ventilation longitudinale et un seul régime pour la ventilation transversale. Leur durée de fonctionnement résulte du diagramme de la fig. 6 ; la ventilation longitudinale sera à l'arrêt de 0 h. à 5 h. ; le régime normal réduit (50 % de la puissance maximum) fonctionnera de 5 h. à 7 h., de 9 h. à 17 h. et de 19 h. à 24 h. ; le régime normal maximum fonctionnera de 7 h. à 9 h. et de 17 h. à 19 h. Un régime exceptionnel pourrait même être envisagé en cas de circonstances spéciales en mettant en service tous les ventilateurs, y compris ceux de réserve. Pour la ventilation transversale de la Halte Centrale, il n'y aura qu'un régime normal et un régime exceptionnel. Le régime normal pourrait être appliqué, par exemple, de 6 h. à 23 h. dès que le nombre de trains est supérieur à 10 par heure.

### IX. POSTE CENTRAL DE COMMANDE.

Tous les organes de l'appareillage de ventilation sont commandés à partir d'un poste central de commande (P. C.) installé dans la centrale de ventilation de la rue Vieille de la Bergère. Ce P. C. comprend essentiellement un tableau indicateur lumineux et un pupitre de commande.

Le tableau indicateur comprendra tout l'appareillage, lumineux ou non, intéressant la conduite des installations, notamment : un schéma lumineux des groupes de ventilateurs installés dans les diverses centrales, les ventilateurs en marche étant seuls éclairés ; des voyants lumineux indiquant la position des registres ; les appareils indicateurs des teneurs en CO et en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère du tunnel aux endroits les plus critiques ; les appareils indicateurs de la bonne marche des ventilateurs, etc...

Le pupitre de commande comprendra les sélecteurs de régime et les boutons-poussoirs de mise en marche et d'arrêt de l'installation. Un verrouillage électrique empêchera toute fausse manœuvre.

### X. RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES.

Le texte de cet article a été rédigé en grande partie avant que l'O. N. J. ne désigne un adjudicataire parmi les soumissionnaires de l'adjudication publique relative aux installations de ventilation. Il nous paraît utile de le compléter par quelques indications puisées dans la soumission qui a été approuvée entretemps.

Les ventilateurs seront tous à axe vertical et logés dans des cheminées dont l'ensemble forme le bâtiment de la centrale de ventilation. Les pales sont en Silumin (alliage Silicium-aluminium) ; leur encastrement sur la roue formant moyeu permet l'orientabilité désirée et le calage dans l'orientation optimale se fait par un boulon à bout conique. La boîte de vitesse est logée dans le carénage du moyeu ; le renvoi vers le moteur se fait par engrenages coniques et un arbre horizontal traversant l'espace annulaire entre le carénage du moyeu et le carénage extérieur ; le moteur à axe horizontal se trouve donc à l'extérieur et est parfaitement accessible. L'ensemble moteur-boîte de vitesse-ventilateur est convenablement isolé de ses supports par des dispositifs étouffant le bruit et empêchant la transmission des vibrations. Les moteurs électriques sont des moteurs de construction tout à fait courante avec rotor en court-circuit ; le démarrage est direct pour les puissances inférieures à 40 CV et en étoile triangle pour les puissances supérieures. Toutefois, pour éviter un à-coup de courant trop prononcé au démarrage, tous les moteurs devant être mis en service simultanément auront leur démarrage légèrement décalé dans le temps.

Les registres, formés par un disque en tôle, sont conçus de façon à former plancher de travail dans leur position de fermeture, ce qui permet une révision aisée de l'hélice du ventilateur. Les registres portent, en outre, le nez du carénage du moyeu du ventilateur. Ce nez vient se mettre dans l'axe du ventilateur dès que le registre se met en position d'ouverture. Les registres sont commandés par un petit moteur qui attaque l'axe du registre par vis sans fin et double train d'engrenages ; un contact de fin de course installé sur le registre enclenche ou déclenche le moteur du ventilateur correspondant.

D'après le type du ventilateur envisagé, le diamètre des hélices varie entre 2 m 70 et 4 m 50, le rendement des ventilateurs entre 88 % et 90 %, la vitesse entre 150 t/min et 400 t/min. Le rendement des réducteurs de vitesse s'établit à 98 %, tandis que la vitesse des moteurs varie de 720 t/min à 725 t/min.

Avant d'entamer la construction des ventilateurs, un essai sur modèle réduit sera effectué pour chaque type ; lors de cet essai, l'O. N. J. contrôlera sévèrement les performances techniques de chacun de ces ventilateurs.

### XI. CONCLUSIONS.

L'installation envisagée paraît devoir donner complète satisfaction à plusieurs points de vue. Le coût total en est modéré grâce à la conception simple des installations, à la réduction du nombre de types des diverses machines et au fait que celles-ci ne sortent pas du cadre d'une construction tout à fait courante, tant en ce qui concerne l'appareillage mécanique que l'appareillage électrique.

Les frais d'exploitation pourront être réduits au strict nécessaire, puisque la mise en marche des divers régimes de ventilation se fera en parfaite connaissance des nécessités réelles, celles-ci étant indiquées par l'appareillage de contrôle des teneurs en CO et en CO<sub>2</sub>.

La conduite et l'entretien des installations ne dépassent pas la compétence du personnel technique ordinaire de la Société Nationale des Chemins de fer belges. Ce personnel sera d'ailleurs mis complètement au courant par l'entrepreneur à qui ont été confiées la fourniture et la mise en service régulier des installations. Tout porte à croire que, malgré l'inexistence d'installations similaires pour un tunnel ferroviaire à exploitation intensive, le tunnel de la Jonction Nord-Midi sera doté d'une installation de ventilation donnant satisfaction à la fois aux exploitants et aux usagers du tunnel.