

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 81 (1955)
Heft: 21-22: École polytechnique fédérale Zurich: centenaire 1855-1955, fasc. no 2

Artikel: La distribution régulière de l'air sortant latéralement d'un canal de ventilation
Autor: Caille, Charles
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-61387>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Le Dr F. Eiser, dans ses expertises et propositions pour la garde des trésors de banque note à ce sujet :

La possibilité de contrôle est la première et la plus importante exigence pour la sécurité d'un trésor et son dimensionnement.

On n'insistera jamais assez sur le fait que ni l'épaisseur des murs, ni celle des portes protègent contre le vol, mais en première ligne la possibilité de contrôler toutes les façades extérieures de la chambre forte.

Les possibilités de contrôle manquent :

1. Quand le trésor est attenant à un immeuble voisin.
2. Quand le trésor est attenant à un local qui n'est pas accessible aux organes de contrôle.
3. Quand le trésor repose immédiatement sur le sol.

Le Dr Eiser ajoute :

Justement les possibilités de contrôle du plancher manquent à la plupart des trésors, bien que ce soit la partie la plus vulnérable d'un trésor.

Groupant les divers éléments de notre étude, nous arrivons aux conclusions suivantes :

1. Le contrôle de toutes les faces extérieures du trésor est nécessaire. C'est pourquoi, comme l'indique la figure 1 ci-contre, nous avons surélevé le plancher inférieur 80 cm au-dessus du sol et aménagé tout autour un couloir de contrôle qui permet d'un seul coup d'œil de contrôler toute cette surface. L'absence

de goussets ou champignons aux piliers en facilite la chose.

2. Les parois verticales, le plafond et les planchers auront une épaisseur minimale de 50 cm. Le dosage du béton sera de 350 kg/m^3 au minimum. Ces épaisseurs nous amèneront à choisir un type d'armature qui, tout en répondant d'une façon efficace à toutes les exigences posées par le degré de sécurité des points envisagés, nous permettra de faire intervenir celles-ci dans le calcul statique de la façon la plus rationnelle. Ce procédé occasionne une économie substantielle de fers comparativement à certains systèmes d'armature des instituts bancaires.

L'acier des armatures sera un acier dur de qualité. L'armature sera formée par trois nappes successives de barres croisées formant un treillis dont les mailles auront un écartement maximum de 15 cm (fig. 2). Ces nappes seront déplacées les unes par rapport aux autres, de façon à obtenir une surface maximale de $5 \text{ cm}/5$ sans armature, rendant le forage plus difficile (fig. 3).

Les problèmes statiques posés, malgré les grandes portées entre les points d'appui et les charges élevées (2000 kg/m^2) n'ont pas offert de difficultés particulières. Le calcul des planchers-dalles sans champignon a été résolu sur la base des études de Lewe et de P. Sonier.

LA DISTRIBUTION RÉGULIÈRE DE L'AIR SORTANT LATÉRALEMENT D'UN CANAL DE VENTILATION

par CHARLES CAILLE, ingénieur mécanicien E.P.F.

La climatisation des locaux de fabrication, par exemple dans l'industrie textile, est aujourd'hui une nécessité absolue si l'on veut obtenir des produits de qualité uniforme. Ces locaux sont souvent de très grandes dimensions ; les canaux de distribution, nécessaires à une répartition uniforme, sur toute la surface du local, de l'air climatisé dans une centrale, atteignent des longueurs de 100 m et plus. La question est alors de répartir l'air régulièrement sur toute la longueur du canal.

Le procédé habituel comprend des bouches normalisées, munies de becs en saillie à l'intérieur du canal et amenant l'air aux grilles d'émission. Le débit est réglé par des clapets (fig. 1) ; pour éviter des courants désagréables, il faut diminuer la vitesse de l'air sortant de la grille, par rapport à celle du canal ; à cet effet, on donne à la grille une section plusieurs fois supérieure à celle du bec.

On comprend que le réglage des nombreuses bouches soit extrêmement fastidieux, surtout lorsqu'elles sont disposées sur les deux côtés du canal. Ce n'est que par de longs tâtonnements qu'on obtient à chaque grille une émission à peu près uniforme (1) ¹.

Il serait fort avantageux de pouvoir régler les clapets au sol, avant le montage du canal, ce qui n'est toutefois pas possible avec des bouches normales.

Le problème consiste donc à créer, pour insuffler l'air régulièrement tout le long du canal, des organes appropriés, dont la section puisse être calculée à l'avance. D'autre part, il serait avantageux de pouvoir supprimer les becs saillant à l'intérieur du canal, car ils opposent au flux d'air une résistance supplémentaire considérable et créent une turbulence pouvant faire vibrer les grandes surfaces de la conduite, construite généralement en tôle mince. De plus, vu le grand nombre des bouches d'air, leur prix n'est de loin pas négligeable dans le coût total de l'installation ; il faut donc tendre à réduire la quantité de tôle et la main-d'œuvre nécessaires à leur fabrication.

La solution applique un phénomène aérodynamique connu sous le nom d'effet Coanda (2). Une nappe d'air longeant une paroi lui reste appliquée avec une force assez considérable, suffisant par exemple à l'y maintenir, même si, par une courbure convexe, on crée une

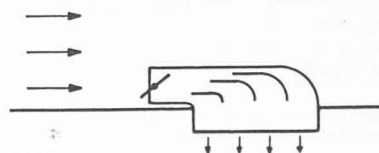


Fig. 1. — Bouche de ventilation usuelle.

¹ Voir bibliographie.

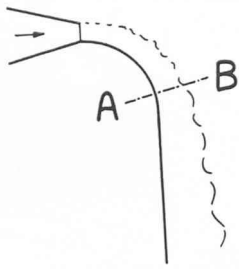


Fig. 2. — Effet Coanda.

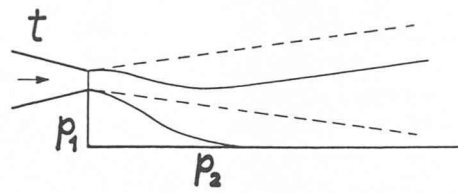


Fig. 3. — Nappe d'air collant contre une paroi.

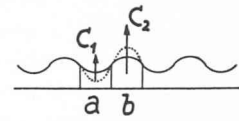


Fig. 4. — Instabilité centrifuge.

force centrifuge tendant à la décoller (fig. 2). Cet effet est lié à certaines proportions à observer entre la largeur et l'épaisseur de la nappe et la courbure de la paroi ; par exemple, une nappe épaisse ne suivra plus une paroi à petit rayon de courbure.

La figure 3 illustre ce phénomène. En l'absence des parois p_1 et p_2 , le jet sortant de la tuyère t prend la forme pointillée et aspire des deux côtés une quantité égale d'air ambiant. En présence des parois, l'aspiration d'air est gênée d'un côté, et la dépression qui en résulte applique le jet contre la paroi.

Un jet ou une nappe d'air, soufflés dans l'air ambiant immobile, se mélangeant par turbulence à celui-ci selon des lois connues et traitées par plusieurs auteurs (3). Dans le cas de la nappe longeant une paroi convexe, ce mélange turbulent est doublé d'un effet supplémentaire qu'on peut appeler, faute de mieux, superturbulence par instabilité centrifuge. La figure 4, qui représente la coupe A-B de la nappe d'air de la figure 2, explique de quoi il s'agit : au sortir de la tuyère, la surface de la nappe en contact avec l'air est lisse, et son épaisseur est constante. Le frottement turbulent avec l'air crée des irrégularités augmentant avec la distance de la tuyère ; sur la figure 4, ces irrégularités sont représentées par une ligne ondulée. Considérons les sections a et b , et les forces centrifuges C_1 et C_2 qui agissent sur le fluide traversant ces sections. On conçoit que, C_1 étant plus grand que C_2 , la limite des deux sections aura tendance à se déplacer et à prendre la position pointillée ;

l'équilibre étant instable, la section la plus forte soutire du fluide à la plus faible. Ceci a pour effet d'augmenter la surface de contact entre la nappe et l'air ambiant et de créer des gradients de vitesse élevés et des tourbillons longitudinaux qui activent le mélange des deux fluides par la violente turbulence qui s'ensuit.

Il y a ici une analogie avec l'effet traité par Görtler sur l'instabilité de la couche limite laminaire longeant une paroi concave (4).

Les résultats de mesures, faites au laboratoire de la Maison Sulzer Frères, sur le mélange d'une nappe avec l'air ambiant sont expliqués aux figures 5, 6 et 7.

La figure 5a) montre la nappe complètement libre, se mélangeant des deux côtés.

La figure 5b) montre la nappe limitée d'un côté par une paroi ; elle ne se mélange donc que d'un côté avec l'air ambiant.

La figure 5c) montre une nappe limitée d'un côté, la paroi faisant un coude de 90° immédiatement après la tuyère.

La figure 6 illustre, à titre d'exemple, la répartition de pression totale dans la nappe, mesurée par un tube de Pitot.

Dans le cas a) du jet libre, la répartition des vitesses, et partant de la pression dynamique, est symétrique.

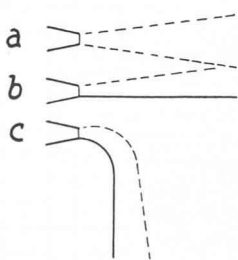


Fig. 5. — Variantes essayées.

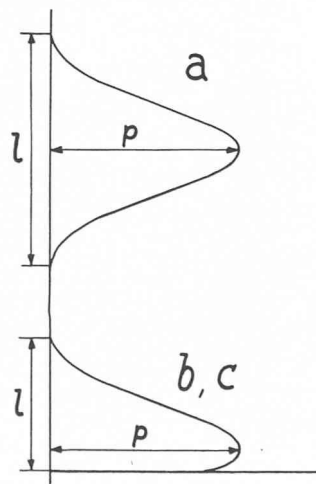


Fig. 6. — Répartition de l'énergie.

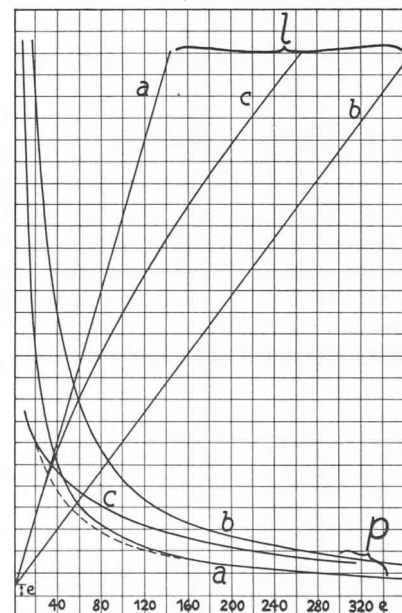


Fig. 7. — Résultats de l'essai.

La pression statique est approximativement égale à la pression barométrique, de sorte que la pression dynamique peut être admise égale à la pression totale.

Pour le jet *b*) et *c*) longeant la paroi, le frottement contre cette dernière a moins d'effet que le frottement turbulent avec l'air ambiant, de sorte que la zone de vitesse maximum se trouve à proximité de la paroi.

Ces répartitions ont été mesurées pour un grand nombre de sections différentes de la nappe. Pour chaque section, on a noté la pression maximum *p* et la largeur *l* de la zone de mélange. Ces valeurs ont été portées sur le diagramme figure 7. L'abscisse donne la distance de la tuyère en multiples de la largeur *e* de cette dernière.

Les courbes *l* montrent que la largeur de la zone de mélange est la plus grande pour le jet libre et la plus petite pour le jet appliqué à une paroi et ne se mélangeant que d'un côté; la courbe *c* montre d'une façon saisissante l'effet de la superturbulence provoquée par la courbure de la paroi; la largeur de la zone de mélange est, jusqu'à une distance de 40 fois la largeur de la tuyère (c'est-à-dire l'épaisseur de la nappe au départ), presque aussi grande que celle de la nappe libre. Il faut remarquer que la longueur développée de la courbure de la paroi n'est que de 14 fois la largeur de la tuyère. Petit à petit, la courbe *c* s'éloigne de la courbe *a*, et, vers 220 fois la largeur de la tuyère, elle devient parallèle à la courbe *b*, ce qui indique que la superturbulence a disparu pour ne laisser que la turbulence normale.

Considérons maintenant les courbes *p* de la pression totale. La courbe *b* est la plus haute, c'est-à-dire que c'est le long de la paroi droite que le mélange est le plus lent; plus il est rapide, plus la largeur *l* de la zone de mélange augmente et plus la pression *p* diminue.

Sur la plus grande partie de l'abscisse, la courbe *a* est la plus basse et la courbe *c* se trouve, comme avant, entre les deux autres. Mais, jusqu'à une distance de 46 fois la largeur de la tuyère, *c* est en dessous de *a*, ce qui signifie que le mélange est plus intense par la superturbulence ne mélangeant que d'un côté, que par la turbulence normale des deux côtés.

Dans le cas d'un canal de ventilation, il y a intérêt à obtenir un mélange aussi rapide que possible, pour éviter des jets de longue portée, créant des courants d'air. On voit qu'à cet effet il faut mettre à profit les effets de la superturbulence aussi bien que de la nappe libre, ce que l'on obtient en coupant la paroi (cas *c*) peu après la courbure. La nappe superturbulente s'échappe alors à l'air libre, se mélangeant des deux côtés. On obtiendra approximativement la courbe pointillée, donc une rapidité de mélange maximum.

Il nous reste maintenant à appliquer, à la solution du problème posé, les constatations faites jusqu'ici.

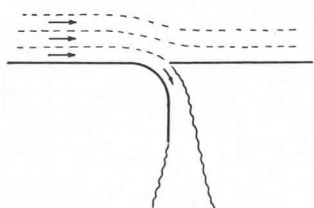


Fig. 8. — Fente dans la paroi d'un canal, avec langue courbée.

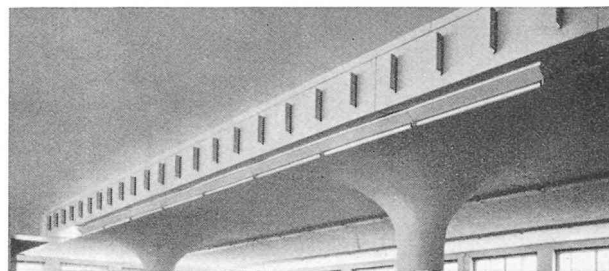


Fig. 9. — Canal à fentes installé dans une usine textile.

La figure 8 montre la forme à donner à une tuyère montée dans la paroi d'un canal. L'expérience montre que, malgré la forme nettement différente de la figure 2, l'effet cherché est obtenu sans diminution sensible. En pratique, ces orifices se présentent sous forme de fentes verticales dans les parois latérales du canal, avec une hauteur de 0,5 à 0,9 fois la hauteur du canal et un écartement égal à une ou deux longueurs de fente. La largeur de la fente varie entre 1 et 3 cm. La figure 9 montre un canal à fentes installé dans une usine textile.

L'air sort des fentes à la vitesse relativement grande de 10 à 12 m/sec, vitesse bien supérieure à la valeur ordinairement admise à la sortie des grilles. On peut se le permettre pour l'insufflation d'air dans un grand loal, grâce au mélange rapide obtenu, d'une part, à cause de la superturbulence et, d'autre part, à cause de la section de la nappe d'air qui, formant un rectangle long et mince, a ainsi une grande surface de frottement entre le courant et l'air ambiant.

Il reste encore à montrer pourquoi, dans le cas des fentes et à l'encontre des bouches ordinaires, il est possible de calculer à l'avance les sections des orifices, c'est-à-dire les largeurs des fentes. La difficulté de la répartition égale sur toute la longueur du canal provient de la perte de charge dans la conduite. Malgré leur longueur, les pertes de charge dans les canaux de ventilation avec bouches usuelles sont à l'ordinaire relativement faibles, les vitesses diminuant le long de la conduite, à laquelle on donne, pour simplifier la fabrication, une section constante sur de longs tronçons. Avec des fentes, aucune protubérance ne vient freiner le courant à l'intérieur du canal, ce qui diminue encore la perte de charge. Ceci ne permettrait pas encore, comme on peut le faire en pratique avec des résultats satisfaisants, de

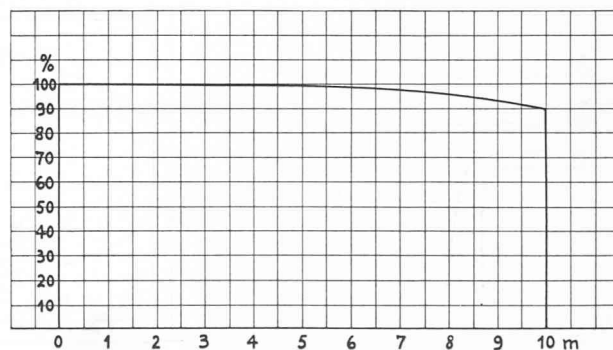


Fig. 10. — Répartition de la pression totale dans un canal.

donner aux fentes une largeur constante d'un bout à l'autre du canal. En considérant de l'intérieur une paroi de ce dernier avec ses fentes, on constate une analogie avec une aile d'avion pourvue d'une aspiration continue de la couche limite. Sur les parois à fentes comme sur cette aile, il n'y a pas de décollement du courant. Dans le canal, le décollement se limite aux parois horizontales, dépourvues de fentes. L'énergie du courant suivant les parois à fentes ne diminue presque pas le long du canal, ce qui explique pourquoi l'air se répartit régulièrement avec des ouvertures de largeur constante.

Pour illustrer ce fait, la figure 10 montre la répartition de la pression totale dans un modèle de canal à section constante et de 10 m de longueur, pourvu de 49 fentes de 7 mm de largeur. La pression totale, de 100 % au début, diminue à 90 % à l'autre extrémité, ce qui correspond à 94,8 % pour les vitesses et par conséquent aussi pour les débits, si les fentes sont uniformes. Pour obtenir une répartition très régulière, il suffit d'augmenter légèrement la largeur des dernières fentes.

Ce travail montre qu'il a été possible, par l'application d'un effet aérodynamique encore peu connu et dont la théorie n'a pas encore été étudiée en détail, de trouver une solution avantageuse à un problème de ventilation pratique. Il est sans doute assez rare que plusieurs coïncidences heureuses agissent dans le même sens ; dans notre cas il s'agit des suivantes : pour dévier de 90° une nappe d'air par l'effet Coanda, il faut qu'elle soit mince. Pour éviter des courants d'air, il faut que l'air sortant du canal se mélange rapidement avec

l'ambiance ; or, c'est le cas d'une nappe mince ; de plus, la superturbulence, liée à l'effet Coanda, active encore ce résultat. L'émission de l'air par les fentes équivaut à une aspiration de la couche limite sur la paroi du canal, maintenant pratiquement constante l'énergie du courant à proximité de la paroi et assurant une répartition égale de l'air sur toute la longueur du canal. Finalement, le mélange intense permet une grande vitesse de sortie d'air, ce qui diminue les dimensions et le prix des organes d'émission, déjà très peu coûteux, puisqu'ils consistent en de simples langues de tôle courbées.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) *Balancing air delivery of a system of manifold air diffusers*. Heating, Piping and Air Conditioning, avril 1949, p. 105-111.
J.-D. KELLER : *The Manifold Problem*. Trans. A.S.M.E., 1949, p. 77-85.
REICHARDT-TOLLMIEH : *Die Verteilung der Durchflussmenge in einem ebenen Verzweigungssystem*. Mitteilungen aus dem Max-Planck-Institut für Strömungsforschung, Nr. 7, 1952.
- 2) MÉTRAL : *Proceedings of the Fifth International Congress for Applied Mechanics*. 1938, p. 456-465.
POISSON-QUINTON : *Proceedings of the Seventh International Congress for Applied Mechanics*. 1948, Vol. 2, Part II, p. 365-381.
MÉTRAL-ZERNER : *L'Effet Coanda*. Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'air, Paris, 1949.
SPOULE-ROBINSON : *C.I.O.S. Report No. 327*. Dept. of Commerce, Washington.
- 3) Par exemple : REICHARDT : *Gesetzmässigkeiten der freien Turbulenz*. V.D.I.-Forschungsheft 414, 1942.
- 4) GÖRTLER : *Über eine dreidimensionale Instabilität laminarer Grenzschichten an konkaven Wänden*. Z.A.M.M., 1941, p. 250.

LE CONDITIONNEMENT D'AIR DANS LES GRANDS BATIMENTS COMMERCIAUX ET ADMINISTRATIFS

par Herbert VOEGELI, ing. mec. E.P.F. Genève, à la LUWA S.A. Zurich

But du conditionnement d'air

Par opposition aux installations de conditionnement d'air qui traitent des locaux industriels dans le but d'améliorer ou de compléter un procédé de fabrication, la climatisation dite « de confort » a pour mission de créer pendant toute l'année dans des locaux fréquentés par du personnel ou de la clientèle, une atmosphère ambiante confortable et hygiénique. Elle contribue à l'amélioration du bien-être humain et du facteur travail qui lui est lié. Telle est la raison de la croissance des demandes en installations de climatisation de confort qui apparaît en Europe, non seulement pour les locaux commerciaux et administratifs (grands magasins et bureaux) mais aussi pour les salles de spectacle, les hôtels et hôpitaux, etc.

Les propriétaires de grands magasins, hôtels et salles doivent faire face aux exigences toujours plus pressantes de la clientèle et du personnel s'ils veulent tenir

ou augmenter rapidement leur chiffre d'affaire et résister à une concurrence très active. Le conditionnement d'air est une de ces exigences. Sa réalisation augmente le confort général qui attire les clients, prolonge leurs visites en accentuant la fréquence.

Les chefs d'entreprise doivent s'adapter dans les bureaux (industries, banques, assurances, etc.) aux progrès des nouvelles méthodes de travail. La lumière du jour pénètre dans les bureaux par de larges et nombreuses baies vitrées. La construction des bâtiments est légère et accumule peu de chaleur en un temps très limité. La densité d'occupation en personnel est élevée et le travail s'effectue souvent avec des machines dégageant de la chaleur. Les centres d'affaires sont réunis dans les villes où l'ouverture des fenêtres est une source de bruits et de poussières.

Les résultats des évaluations et calculs déterminant la rentabilité d'une bonne installation de conditionne-