

Zeitschrift: Le Tracteur et la machine agricole : revue suisse de technique agricole
Herausgeber: Association suisse pour l'équipement technique de l'agriculture
Band: 31 (1969)
Heft: 5

Rubrik: Le courrier de l'IMA

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.04.2026

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



Supplément du no 5/69 de «LE TRACTEUR et la machine agricole»

Notions fondamentales concernant l'écoulement de l'air et l'emploi de ce fluide pour la ventilation et le transport de certains produits

par F. Zihlmann, ingénieur agronome

(2ème partie et fin)

Dans les rapports d'essais publiés à l'avenir, les paraboles de résistance pour les différentes longueurs de conduite seront aussi portées sur les diagrammes de débit des ventilateurs. De tels diagrammes (avec ces paraboles) permettent de déterminer les points de travail correspondants pour les conduites rectilignes (vitesse de l'air et pression) lorsque le ventilateur fonctionne sans transporter de produit quelconque. Nous savons maintenant que la vitesse du courant d'air doit être de 22 m/s au minimum s'il s'agit de transporter pneumatiquement du foin. Il faut en revanche que l'air ait une vitesse bien supérieure, soit d'environ 30 m/s, avec les fourrages verts. Etant donné, toutefois, que d'autres facteurs entrent en considération lors du transport de ces derniers — notamment la capacité de projection des pales du ventilateur —, la vitesse du flux d'air ne constitue pas la caractéristique déterminante pour la distance de transport possible.

Comme nous l'avons déjà exposé plus haut, les paraboles de résistance ne sont valables que pour les conduites rectilignes. En règle générale, les conduites montées à demeure comportent plusieurs coudes. Les pertes de pression occasionnées par ces coudes sont évidemment plus importantes que celles qui se produisent dans les tronçons rectilignes. Afin de faciliter les calculs, nous avons fait figurer au tableau 2 des tronçons de conduite rectilignes de longueur différente dont les pertes de pression sont l'équivalent de celles de tel ou tel coude. Par ailleurs, on obtient la longueur totale en droite ligne d'une conduite (longueur conventionnelle comparable du point de vue des pertes de pression) en ajoutant la longueur théorique correspondante des différents coudes (consulter le tableau 2) à celle des tronçons rectilignes mesurés.

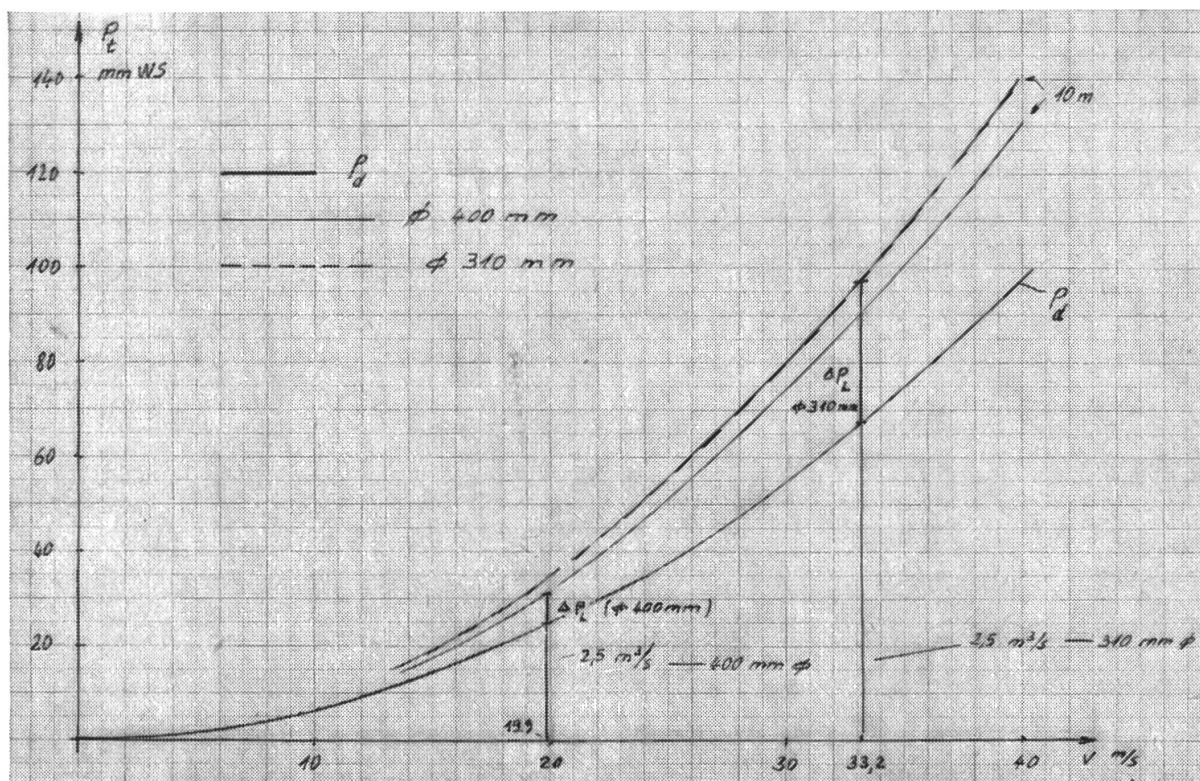


Fig. 6: Parabole de résistance pour des conduites rectilignes de 400 mm et 310 mm de diamètre sur un tronçon de 10 m – Débit d'air admis: 2,5 m³/s. Résultat pour la conduite de 400 mm de diamètre: vitesse du flux d'air = 19,9 m/s, pression de service = 32,7 mm CE. Résultat pour la conduite de 310 mm de diamètre: vitesse du flux d'air = 33,2 m/s, pression de service = 97,6 mm CE. P_d = pression dynamique, ΔP_L = Pertes de pression par frottement dans la conduite.

Tableau 2:

Tronçons de conduite rectilignes de longueur variable (en mètres) dont les pertes de pression correspondent à celles de tel ou tel coude

Diamètre de la conduite	Coudes à 90°	Coudes à 60° ou 45°
500	7 m	4,5 m
400	6 m	4,0 m
310	4,5 m	3,5 m

2.2 Pertes de pression causées par des obstacles se trouvant dans une conduite

Qu'il s'agisse d'un coude, d'une bifurcation, d'un rétrécissement ou d'un élargissement, tout obstacle de ce genre entraîne des pertes de pression supplémentaires dans une conduite. Ces pertes se montrent presque toujours de beaucoup supérieures à celles que l'on constate dans les parties rectilignes de la conduite. Pour le cas particulier des coudes montés sur les conduites d'élevateurs pneumatiques, nous avons montré au tableau 2, par des tronçons de conduite rectilignes de diverses longueurs à pertes de pression équivalentes, quelles sont les pertes de pression se produisant dans ces coudes. Une telle simplification s'avère cependant impossible avec



Fig. 7: Diagramme de puissance d'un ventilateur et paraboles de résistance — La courbe descendante qui commence à approchant 180 mm CE de pression totale (ΔP_t) avec un débit d'air (m^3/s) égal à zéro, pour se terminer à environ 56 mm CE avec un débit d'air de $3,5 m^3/s$, représente la courbe pression-volume d'un ventilateur telle qu'elle a été tracée sur la base de mesurages. Les courbes qui s'élèvent en proportion de l'accroissement du débit sont les paraboles de résistance. Pour un tronçon rectiligne de 10 m, le point de travail d'une conduite de 400 mm de diamètre se trouve à B_1 (avec une pression totale de 60 mm CE), tandis que celui d'une conduite de 310 mm de diamètre se situe à B_2 (avec une pression globale de 95 mm CE en chiffre rond). La vitesse correspondante du courant d'air peut être lue sur les deux échelles inférieures.

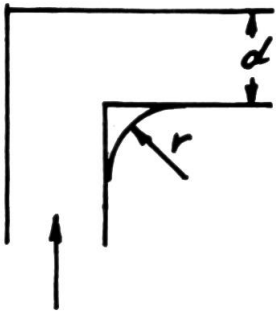
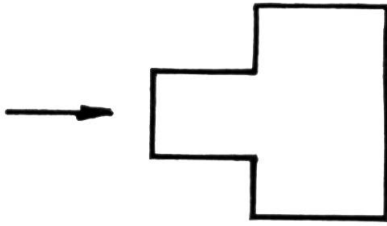
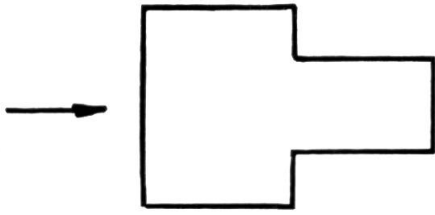
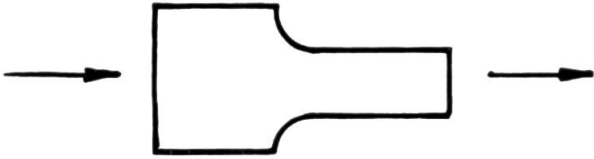
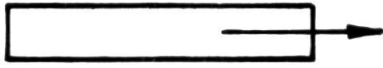
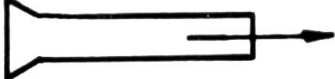
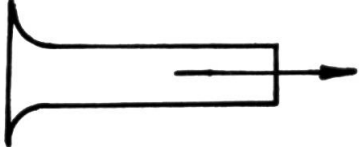
le système de gaines de ventilation d'une installation pour le séchage complémentaire du foin en grange, car ces conduites varient par trop quant à leur diamètre, à leur forme et à leur nature.

De même que la perte de pression λ qui intervient dans la conduite rectiligne, celle que provoque tel ou tel obstacle est directement proportionnelle à la pression dynamique. Elle équivaut donc à:

$$\Delta P_i = \zeta P_d \quad \text{Equation 3}$$

Dans l'équation 3, la lettre grecque ζ (dzéta) représente un coefficient de résistance indiquant la quantité de pression dynamique qui se perd du fait de l'obstacle en cause. Les valeurs exprimées par ζ varient souvent de 0 à environ 1,5, comme on peut le voir sur la table ci-dessous. Le coefficient 1,5 signifie par exemple que la perte de pression concernant tel ou tel obstacle correspond à une fois et demie la pression dynamique qui règne au point d'entrée de l'air. Si nous représentons graphiquement les pertes de pression en fonction de la vitesse du flux d'air, nous obtenons de nouveau les paraboles de résistance dont il a été question plus haut.

Coefficients de résistance ζ concernant divers obstacles susceptibles de se trouver dans une conduite

	Coefficient ζ	Pièce ajoutée (obstacle)
<p>Coude (section circulaire ou quadratique)</p> <p>A arêtes vives</p> <p>A angles arrondis ($r = d$)</p>	<p>1,5</p> <p>0,25</p>	
<p>Brusque élargissement</p> <p>Surface d'entrée : Surface de sortie</p> <p>1 : 2</p> <p>1 : 1,5</p> <p>1 : 1,25</p> <p>1 : 1</p>	<p>0,25</p> <p>0,11</p> <p>0,04</p> <p>0</p>	
<p>Brusque rétrécissement (arêtes vives)</p> <p>Surface d'entrée : Surface de sortie</p> <p>1 : 0,5</p> <p>1 : 0,6</p> <p>1 : 0,7</p> <p>1 : 0,8</p> <p>1 : 0,9</p> <p>1 : 1</p>	<p>1,10</p> <p>0,75</p> <p>0,40</p> <p>0,20</p> <p>0,10</p> <p>0</p>	
<p>Brusque rétrécissement</p> <p>A angles arrondis</p>	<p>0,05</p>	
<p>Embouchure d'entrée</p> <p>A arêtes vives</p>	<p>1,0</p>	
<p>De forme conique</p>	<p>0,07</p>	
<p>De forme évasée</p>	<p>0,02</p>	

Les divers coefficients de résistance ξ indiqués sur cette table permettent de tirer les conclusions exposées ci-après. Les coudes qui comportent des arêtes vives se montrent très défavorables. Les pertes de pression y correspondent à une fois et demie la pression dynamique. Il suffit cependant d'arrondir les angles intérieurs pour que la perte de pression se trouve réduite d'environ $\frac{1}{6}$. Dans le cas des rétrécissements, il faut que les points où le diamètre de la conduite diminue fortement et qui constituent des angles soient aussi convenablement arrondis. Par ailleurs, une attention particulière doit être accordée à nouveau à l'embouchure d'entrée de la conduite.

3. Montage de ventilateurs hélicoïdes

Le montage d'un ventilateur hélicoïde (axial) s'avère relativement facile. Cet avantage entraîne malheureusement assez souvent de funestes conséquences du fait qu'on place souvent un tel ventilateur, sans réfléchir suffisamment, juste aux endroits les moins indiqués. Dans les cas où un aérateur de grange équipé d'un ventilateur du type en question n'a pas donné satisfaction — même s'il avait été bien choisi —, l'échec enregistré n'est presque jamais attribuable au ventilateur lui-même mais à certaines fautes qui sont commises. La plupart de ces fautes sont dues à des plans d'installation lacuneux et irrationnels ainsi qu'à un montage incorrect. Il est possible d'affirmer qu'à peu près la moitié des aérateurs de grange présentent des insuffisances plus ou moins graves que l'on constate presque exclusivement du côté aspiration du ventilateur. Un point qui doit être tout

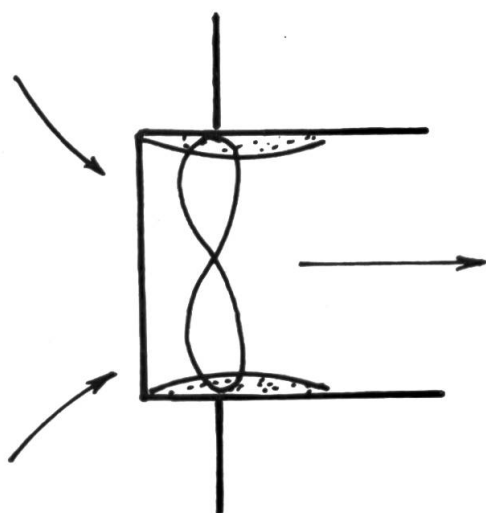
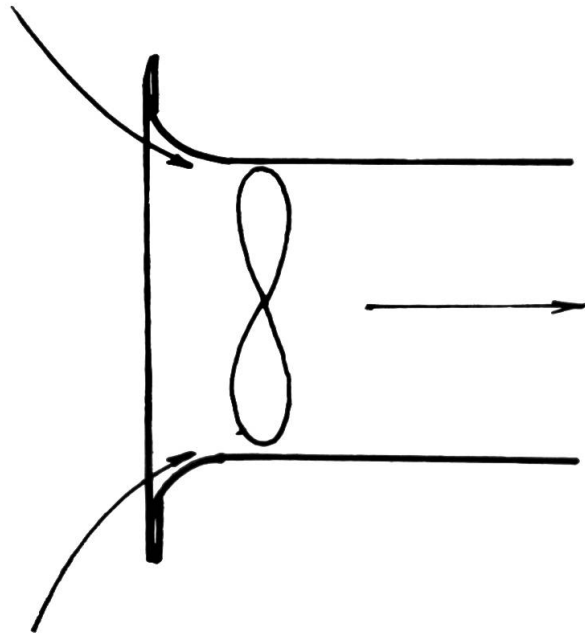


Fig. 8:
Aspect d'un aérateur de grange où le ventilateur ne comporte pas d'entonnoir d'aspiration — L'espace délimité par un pointillé représente une zone d'air raréfié, ce qui explique pourquoi la capacité d'aspiration de ce ventilateur est mauvaise.

particulièrement souligné à cet égard est qu'il existe encore aujourd'hui des firmes industrielles ou commerciales qui livrent des aérateurs de grange dont l'entonnoir d'aspiration n'est pas rationnel. Des appareillages de ce genre ne méritent guère qu'on les appelle aérateurs de grange et ne devraient pas être acceptés par la clientèle (voir la figure 8).

Nul n'ignore que c'est par leur extrémité que les pales d'un ventilateur hélicoïde projettent le volume d'air le plus important. Lorsque le flux d'air aspiré doit franchir une arête, la vitesse dont il est animé le fait passer à une certaine distance de la surface qui suit immédiatement cette arête, comme cela se passe pour l'eau quand elle franchit un obstacle analogue (chute d'eau). Il en résulte qu'un vide est créé dans la zone balayée par les extrémités des pales du ventilateur, autrement dit précisément à l'endroit où le débit de ce dernier se montre le plus volumineux. C'est la raison pour laquelle il est possible que comparativement à un aérateur de grange à entonnoir d'aspiration rationnel (voir la figure 9), le débit d'un ventilateur avec entonnoir d'aspiration non rationnel diminue dans une large mesure pour ne plus être que d'environ 70 à 80 %. Il faut ajouter à cela que l'absence d'un bon entonnoir augmente dans une très grande proportion le bruit fait par l'installation puisque le nombre de décibels enregistré représente alors plus du double.

Fig. 9:
Aspect d'un aérateur de grange avec ventilateur muni d'un entonnoir d'aspiration — Grâce à celui-ci, l'air parvient au ventilateur de façon régulière, autrement dit en pénétrant par tous les points de sa surface d'entrée.



Afin que le ventilateur puisse travailler à plein rendement, il est essentiel que l'air lui parvienne régulièrement de tous les côtés. Bien qu'une telle exigence paraisse évidente, il faut malheureusement constater qu'on lui attache paradoxalement le moins d'importance.

En vue de réduire le bruit produit par l'aérateur de grange, le montage d'un canal d'aspiration coudé s'avère nécessaire dans de nombreux cas. Si le diamètre de ce coude est suffisamment grand et que ses angles ont été arrondis, les pertes de pression peuvent être peu élevées. Ce qui est en tout cas indispensable, c'est que l'air parvienne au ventilateur de façon correcte du point de vue technique. Les exemples donnés ci-après montreront ce qu'il faut entendre par là.

Le mode de montage d'un aérateur de grange à ventilateur hélicoïde tel que celui qui est représenté à la figure 10 se rencontre très fréquemment dans la pratique. Avec une disposition si peu rationnelle, il est possible que le débit de ce ventilateur ne corresponde qu'au 60 à 70 %, voire même à moins, de sa capacité de travail normale. La faute majeure que l'on a comise ici est que le ventilateur se trouve juste derrière l'arête du canal d'aspiration coudé. Il en résulte que la plus grande partie du flux d'air n'entre dans le ventilateur que par la moitié de sa section qui est la plus proche de l'arête du coude. Au cas où un entonnoir d'aspiration fait encore défaut vient alors s'ajouter l'effet dit de chute d'eau, de sorte que les extrémités des pales du ventilateur tournent ainsi dans un espace à air raréfié. Enfin la section du canal d'aspiration est également trop faible.

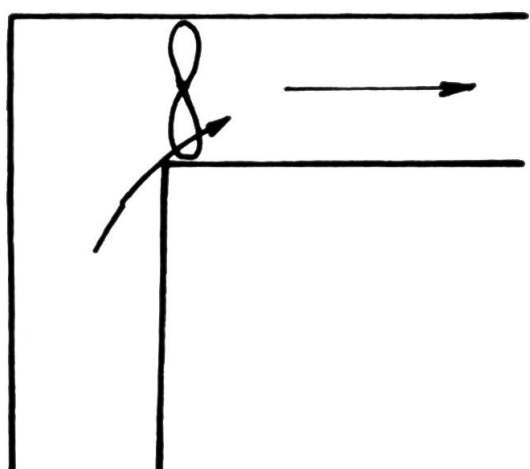


Fig. 10:
Aspect d'un ventilateur monté de manière incorrecte.

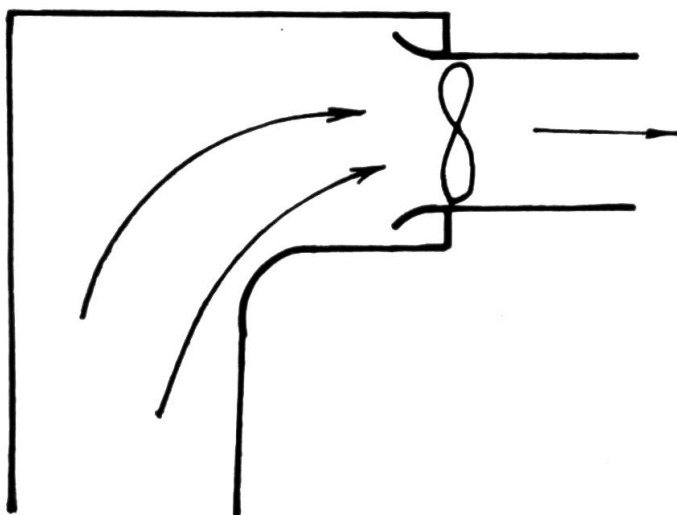


Fig. 11:
Aspect d'un aérateur de grange équipé d'un canal d'aspiration coudé et d'un ventilateur monté de façon rationnelle.

Dans de telles conditions, même le meilleur des ventilateurs refuse ses services. Il suffit cependant de prendre quelques mesures adéquates, relativement insignifiantes, pour remédier à toutes les insuffisances précitées.

On procédera de la manière indiquée ci-après. Le ventilateur sera déplacé d'à peu près un mètre en direction du canal de ventilation (canal de refoulement). Si l'aérateur de grange en question ne comporte pas d'entonnoir d'aspiration, on doit en monter un devant le ventilateur. Par ailleurs, il faut augmenter la section du canal d'aspiration et arrondir son arête qui se trouve à proximité immédiate du ventilateur.

Au cas où il apparaît impossible de déplacer le ventilateur du côté du canal de refoulement, on peut recourir à certains dispositifs auxiliaires. Ces dispositifs consistent en une cloison verticale extérieure à deux entrées pour l'air ou bien à une tôle intérieure séparatrice et défléctrice (voir les figures 12 et 13).

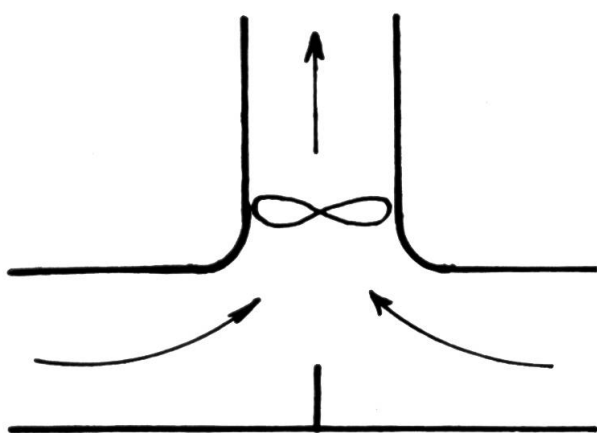


Fig. 12:

Lorsque l'arrivée de l'air au ventilateur a lieu de deux côtés grâce à un dispositif approprié (cloison verticale avec déflécteur central fixée à une certaine distance du mur extérieur devant l'aérateur), le ventilateur fonctionne normalement même si on ne l'a pas déplacé en direction du canal de refoulement.

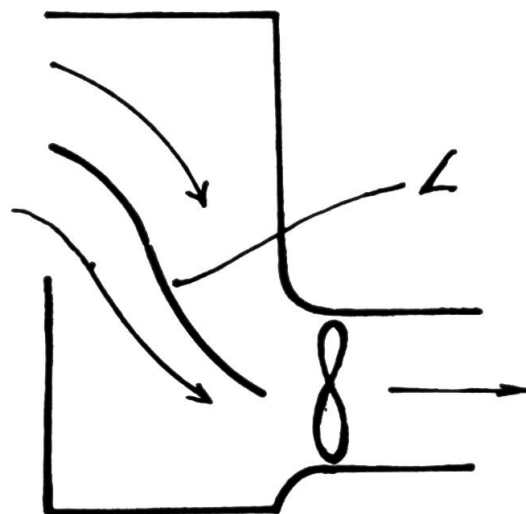


Fig. 13:

Au cas où le ventilateur ne peut être déplacé du côté du canal de refoulement, on peut arriver à ce que l'air entre dans le ventilateur de manière plus rationnelle en montant une tôle séparatrice et défléctrice L (pour régulariser le flux d'air) à l'intérieur du canal d'aspiration.

La question majeure est que l'air doit être conduit dans le canal d'aspiration de telle façon qu'il pénètre aussi régulièrement que possible dans le ventilateur, c'est-à-dire par la totalité de la surface d'entrée de ce dernier.

4. Considérations finales

Les installations où des courants d'air forcé servent à assurer le séchage ou la ventilation de certains produits ou bien le transport d'autres produits à l'horizontale et à la verticale sont de plus en plus employées dans l'agriculture. C'est la raison pour laquelle il nous a semblé utile

d'aborder ici divers problèmes qui se posent en corrélation avec de telles installations. Dans le cadre du présent article, nous avons toutefois tenu à nous limiter strictement aux questions qui présentent plus particulièrement de l'importance lorsqu'il s'agit de déterminer la valeur pratique de ces installations. Aussi n'avons-nous pas la prétention d'avoir épuisé le sujet puisqu'il n'a été que partiellement traité. Ceux qui voudraient l'approfondir se rendraient d'ailleurs immédiatement compte que l'ensemble des problèmes soulevés est bien plus complexe qu'on pourrait le croire au premier abord. L'air suit constamment la voie de la moindre résistance. Il arrive toujours à passer dans des endroits où cela nous paraît quasi impossible. Les explications données au cours de notre article n'ont donc pas pour but d'exposer dans son entier la théorie de l'écoulement des fluides. Nous estimerons avoir atteint l'objectif visé si nous sommes parvenus, premièrement à éveiller l'intérêt du lecteur pour certains problèmes relatifs aux courants d'air forcé, deuxièmement à montrer aux possesseurs d'installations avec ventilateur la façon de les utiliser correctement, troisièmement à fournir à d'autres intéressés des indications propres à leur permettre de juger de la valeur pratique des installations en cause.

Ouvrages consultés

- Eck Les ventilateurs, éditions Springer, Berlin 1962
Dubbels Manuel pour le constructeur de machines, éditions Springer, Berlin 1966
Sulzer Notions fondamentales sur les ventilateurs, Sulzer, Winterthour
NB – Ces trois ouvrages n'existent qu'en langue allemande

**Les agriculteurs progressistes deviennent membres collaborateurs de l'IMA.
Grâce à l'envoi (gratuit) de tous les rapports d'essais et d'études pratiques,
ils sont assurés d'être constamment bien informés.**

Cotisation annuelle Fr. 15.—.