

Étanchéité et fuites de conduits aéroliques

Table des matières

Introduction	Page 2
Essais / Exécution	Page 2
Exécution de la mesure de fuite d'air	Page 3
Réglementation d'essais	Page 3
Exemple d'une réglementation générale de fuites d'air	Page 3
Table des fuites d'air admissibles selon SN EN 1507:2006	Page 4
Pression d'essai recommandée	Page 4
Facteurs de fuite	Page 4
Pression d'essai recommandée	Page 5
Article "HeizungKlima"	Page 6 - 9

Étanchéité et fuites de conduits aéroliques

Introduction

Diverses normes et directives concernant l'étanchéité et les fuites de conduites d'aération ont été créées par SIA et Suissetec. Les mesures de fuite d'air de la société Schmidlin AG sont effectués et jugés aux directives de SN EN1507:2006. SN EN1507: 2006 a été transféré aux normes suisses sous le nom SIA 382 303. D'autres normes ou directives peuvent être créées ou demandées par l'exploitant de l'installation.

La question du degré de fuite d'air admissible, notamment pour économiser l'énergie mais aussi du point de vue des installations techniques de salles blanches, a pris ces dernières années de plus en plus d'importance et figure aujourd'hui déjà dans les conditions techniques de beaucoup de soumissions.

Une limitation de la quantité de fuite d'air est recommandée ou nécessaire avant tout pour les raisons suivantes:

- Économie d'énergie
- Éviter des travaux de remise en état (étanchement dans le conduit de ventilation finit)
- Éviter des bruits de fuite (sifflement)
- Éviter des salissures sur les fuites
- Dans les installations spéciales (systèmes d'air pur) il faut éviter les odeurs, la poussière ou la transmission des micro-organismes

Le respect d'une qualité prescrite, soit d'un degré max. de fuite, demande une attention toute particulière des points suivants :

- Système de cadres, d'angles, de nervures de rigidités et d'aubes de direction correspondant aux conduits installés
- Contrôle de la fabrication départ usine
- Traitement soigneux du matériau d'installation durant le transport à la destination finale et au montage
- Exécution fiable et minutieuse du montage des assemblages et des suspensions

Ces exigences supposent que la mesure du débit d'air de fuite doit être faite sur la distribution de l'air entièrement installé pour assurer la qualité des matériaux installés.

Essais / Exécution

Le maître d'ouvrage ou le planificateur détermine la façon du contrôle des installations et leurs bases. Selon les exigences il y a les options suivantes:

- Présentation d'un certificat d'essais basé sur les normes d'exécution du fabricant des gaines
- Essai d'un échantillon de gaine d'environ 20 m² chez le fabricant de gaine
- Essai des composants du système par le fabricant de gaine (examen des clapets de réglage, des régulateurs de débit ou des silencieux exigent des conditions de laboratoire)
- Essai d'une partie de gaine installée (surface minimale pour une déclaration valable = 20 m²)
- Essai d'une partie de gaine installée de moins de 20 m² surface (augmentation de l'incertitude de mesure)
- Essai des composants montés tels que silencieux ou clapets de réglage dans le système entièrement installé, dans ce cas il peut être fait seulement une déclaration au sujet de la fuite d'air totale

Étanchéité et fuites de conduits aéroliques

Schmidlin AG effectue des essais des réseaux de distribution d'air installé ou sur des échantillons. D'autres essais ou la création d'un certificat d'essais concernant la fabrication de composants de l'installation doivent être obtenus auprès des fabricants.

Exécution de la mesure de fuite d'air

Pour produire une sur- ou sous-pression toutes les ouvertures dans la section d'essai de la gaine ou de l'échantillon doivent être scellées hermétiquement avec des moyens appropriés. La pression est contrôlée par un indicateur et doit être maintenue constante. Si une pression d'essai puisse être construite et maintenue, la quantité de fuite d'air est lue au moyen d'un débitmètre. Du fait que le silicone ou les joints pourraient céder à la pression, la pression d'essai doit être maintenue un certain temps de telle sorte que des fuites éventuelles puissent être détectées.

La pression est générée par un ventilateur réglable, qui est relié au réseau d'essai par l'intermédiaire d'un tuyau. La pression d'essai est surveillée et contrôlée par un manomètre de pression différentielle (Dwyer). Si les tolérances spécifiées sont dépassées, les points de fuite peuvent être rendus visibles par de la fumée ajoutée au ventilateur. Si les fuites ont été identifiées, une amélioration peut être obtenue par colmatage. Autrement un dé-et remontage de la section est nécessaire.

**La pratique montre toutefois, qu'il est difficile de corriger
valablement après coup, les défauts de fabrication ou de montage.**

Réglementation d'essais

Selon SN EN1507: 2006, la classe d'étanchéité requise est prescrite par le constructeur ou le planificateur. Cette prescription peut être différente selon la qualité du bâtiment ou de l'installation et adaptée aux conditions et à la fonction:

- Pour les conduites des installations exigeantes (refroidissement / humidification, etc.), généralement la classe d'étanchéité C est exigée (fuites tolérées voir ci-dessous)
- Pour les installations spéciales telles que des salles blanches dans l'industrie pharmaceutique et électronique, des laboratoires de sécurité etc. la classe D^a peut être nécessaire
- Différents maîtres d'ouvrage exigent également 10% de la classe C pour les plus hautes exigences
- Pour ce qui concerne des conduits d'air vicié des cuisines, des garages, des piscines etc. des exigences supplémentaires peuvent s'ajouter pour répondre aux hautes sollicitations (p. ex. joints résistants aux graisses, canaux avec plis spéciaux etc.)

Il est recommandé de choisir la pression d'essai uniforme de 400 Pa. En salles blanches avec des filtres terminaux la pression de fonctionnement peut être plus élevée, ce qui explique pourquoi la pression d'essai doit être sélectionnée librement et les conditions de fonctionnement sont à ajuster. La pression d'essais ne doit jamais être si élevée que les fuites peuvent provenir de l'extension de la tôle.

Exemple d'une réglementation générale des fuites d'air

Les gaines et les tuyaux doivent répondre à la classe d'étanchéité C. Pour des applications spéciales classe D^a ou 10% de C peuvent être prescrits également.

À une pression d'essai de 400 Pa (pos. ou nég.) le débit de fuite ne devrait pas excéder les valeurs suivantes:
pour la classe A: 1.326 litre par seconde et m² (surface de canal)

Etanchéité et fuites de conduits aéroliques

pour la classe B:	0.442	litre par seconde et m ² (surface de canal)
pour la classe C:	0.147	litre par seconde et m ² (surface de canal)
pour la classe Da:	0.049	litre par seconde et m ² (surface de canal)
pour la classe 10 % de C:	0.0147	litre par seconde et m ² (surface de canal)

- Il est à présenter un certificat d'essai concernant les normes d'exécution du fabricant.
- Les essais ont lieu chez le fournisseur sur un échantillon de gaine d'environ 20 m² de surface avec au minimum 5 connexions de canal, 1 pièce en T et 2 coudes.
- Les essais ont lieu sur place sur une conduite ou une section montée (qui le planificateur a défini) de min. 20 m² de surface avec au minimum 5 connexions de canal, 1 pièce en T et 2 coudes.
- Plus de dépenses et les frais d'essais sont payés par le client. En cas d'étanchéité insuffisante, le planificateur ou le maître d'œuvre décide des mesures suivantes.

L'on procède alors généralement comme suite: colmatage par le fournisseur de canal ou de l'installateur et essai suivant à la charge du fournisseur ou de l'installateur.

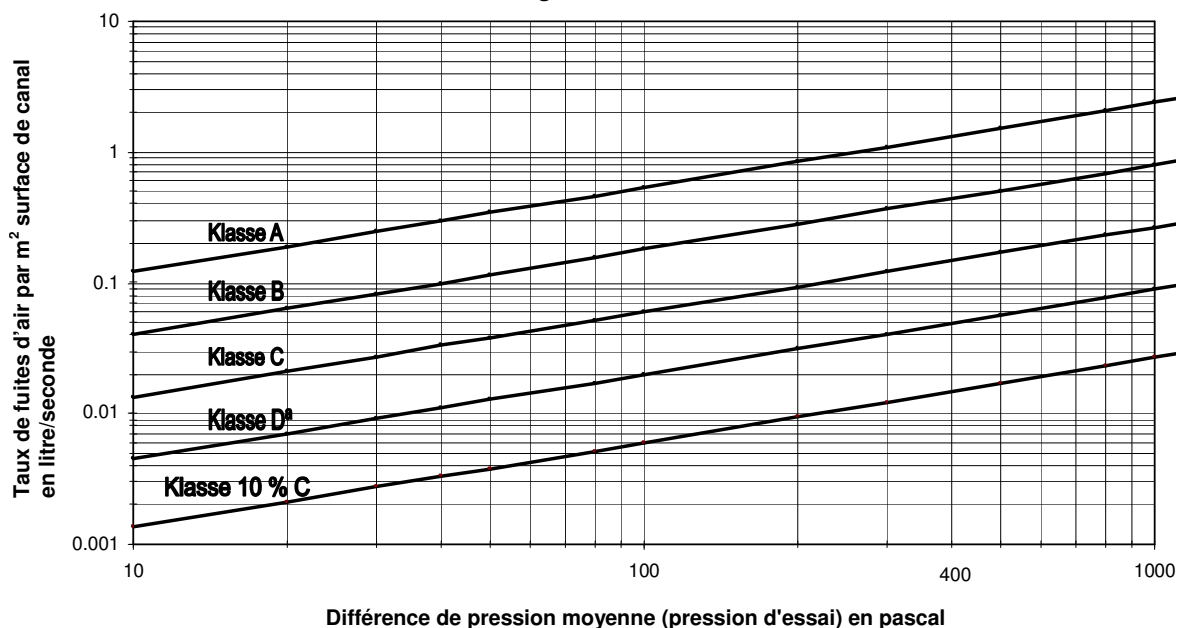
Table des fuites d'air admissibles selon SN EN 1507:2006

Facteurs de fuites f

Le calcul s'effectue selon SN EN 1507:2006 et les formules:

Classe A	f _A	=	0,027 x Pa ^{0,65} in l/s/m ²	(x 10 ³ x 3600 = m ³ /h/m ²)
Classe B	f _B	=	0,009 x Pa ^{0,65} in l/s/m ²	(x 3600 = m ³ /h/m ²)
Classe C	f _C	=	0,003 x Pa ^{0,65} in l/s/m ²	
Classe D ^a	f _{D^a}	=	0,001 x Pa ^{0,65} in l/s/m ²	
Classe 10 % de C	f _{10% v. C.}	=	0.0003 x Pa ^{0,65} in l/s/m ²	

Diagramme des fuites



Etanchéité et fuites de conduits aéroliques

Pression d'essai recommandée

Il est recommandé de choisir la pression d'essai uniforme avec 400 Pa, à moins que la pression de service dépasse cette valeur. À 400 Pa, les fuites d'air par m² surface de conduit peut atteindre au maximum les valeurs ci-dessous:

Classe A	1,326 l/s/m ² ou 4,775 m ³ /h/m ²
Classe B	0,442 l/s/m ² ou 1,592 m ³ /h/m ²
Classe C	0,147 l/s/m ² ou 0,531 m ³ /h/m ²
Classe Da	0,049 l/s/m ² ou 0,177 m ³ /h/m ²
Classe 10 % de C	0,0147 l/s/m ² ou 0,0531 m ³ /h/m ²

Facteurs de fuites

Pression en Pa	Facteurs de fuites en litre par seconde et m ²				
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D ^a	Classe 10 % de C
10	0.121	0.040	0.013	0.004	0.0013
20	0.189	0.063	0.021	0.007	0.0021
30	0.246	0.082	0.027	0.009	0.0027
40	0.297	0.099	0.033	0.011	0.0033
50	0.343	0.114	0.038	0.013	0.0038
80	0.466	0.155	0.052	0.017	0.0052
100	0.539	0.180	0.060	0.020	0.0060
200	0.845	0.282	0.094	0.031	0.0094
300	1.100	0.367	0.122	0.041	0.0122
500	1.534	0.511	0.170	0.057	0.0170
800	2.081	0.694	0.231	0.077	0.0231
1000	2.406	0.802	0.267	0.089	0.0267
1500	3.132	1.044	0.348	0.116	0.0348
3000	4.915	1.638	0.546	0.182	0.0546

Les valeurs en m³/h et m² sont un facteur de 3,6 supérieure à la valeur en litre et m².

Les fuites d'air dans les divers systèmes de canaux

(Extrait d'un intéressant travail de diplôme à l'Ecole Technique de Zurich.)

Diplomant: Max Meier; Enseignant: Jakob Steinmann

Bien qu'Eurovent et DIN aient élaboré depuis quelques décennies des directives et recommandations concernant l'étanchéité et les pertes d'air admissibles, ce domaine a été pendant longtemps négligé dans la branche de la ventilation. Comme enseignant, dans les années septante, on ne récoltait que des réactions condescendantes de la part des praticiens lorsque ce problème était abordé. La chose est devenue plus intéressante vers la fin des années huitante, lorsque des mesures et des contrôles fiables ont permis de contrôler la mise en pratique de ces prescriptions. Et voilà que d'un coup le sujet sort des

tiroirs où il dormait! Il devint vite évident que ce sujet, dès le début, devait être étudié en relation directe avec les entreprises de ventilation intéressées.

Mais un tel projet exigeait un long travail de planification; il était difficile, voire impossible, de trouver des objets pouvant être testés avec sûreté et précision dans le temps à disposition de l'école.

Il semble qu'aujourd'hui encore il soit difficile de prévoir le déroulement d'un chantier et de calculer sa mise en service à la demi-année près... Par conséquent, école et praticiens ont choisi de connivence une autre méthode de mesure.

Auteur



Nom et prénom: Meier Max

Date de naissance: 14. 4. 54

Lieu de domicile: Geroldswil

Ecoles: 6 ans école primaire ZH
3 ans école secondaire ZH

Apprentissage comme dessinateur de ventilation chez Luwa SA de 1970 à 1974

Ecole technique supérieure de 1987 à 1990

Le réseau de canaux testés

- Les entreprises ont toutes reçu le plan d'un petit réseau de canaux, selon figure 1. Le dimensionnement de ce réseau est conforme aux mesures minimales invoquées dans la recommandation et comprend une sé-

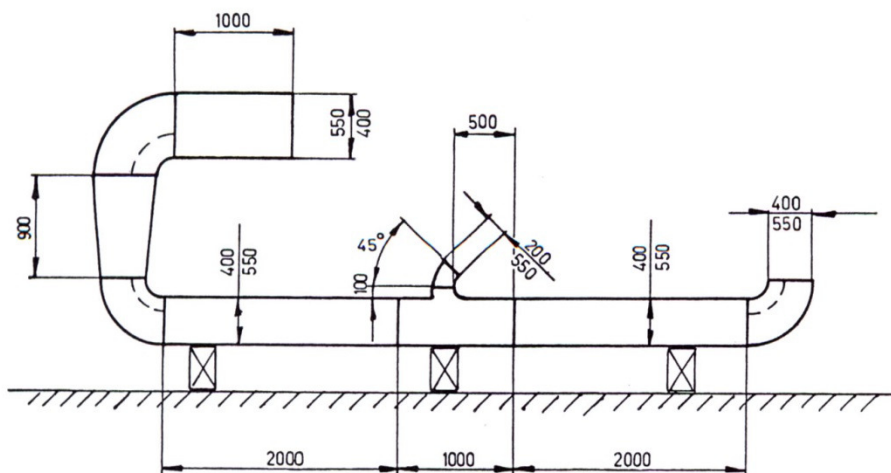
rie de pièces de forme usuelles. Leur nombre se situe dans la bonne moyenne comparative à une petite installation.

- Les entreprises ont été invitées, dans leur propre intérêt, de ne pas prendre de précautions particulières concernant l'étanchéité mais de livrer une fabrication normale. Afin que les résultats obtenus soient aussi réalistes que possible, le montage du réseau a été effectué par le personnel de chaque entreprise.

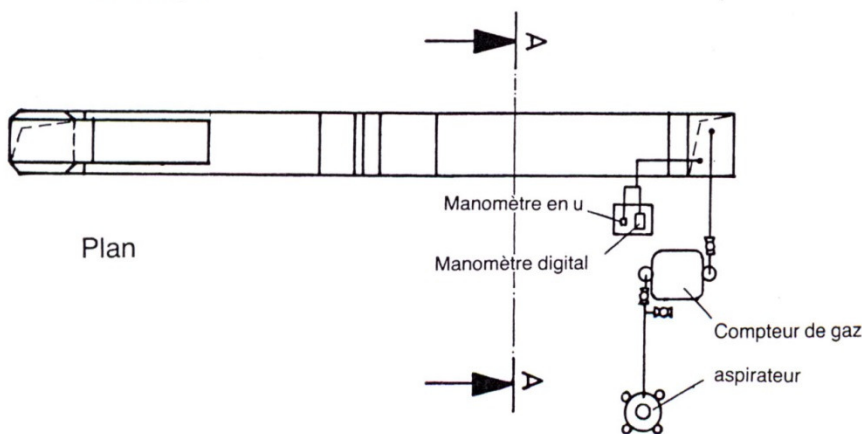
Comme l'école ne disposait pas d'un budget pour ce genre de travail, l'enseignant passa le Gentleman's Agreement suivant:

- Les entreprises de ventilation livrent leur réseau «franco chantier» à leurs frais.
- Chaque entreprise recevra un extrait du travail de diplôme avec un protocole des résultats la concernant.

Afin, dès le début, d'éviter les contestations, une attention spéciale a été prêtée pour que les livraisons soient absolument neutres, sans marque d'entreprise; le candidat a ensuite choisi un code pour chaque installation, connu de lui seul et de son enseignant.



Elévation



Plan

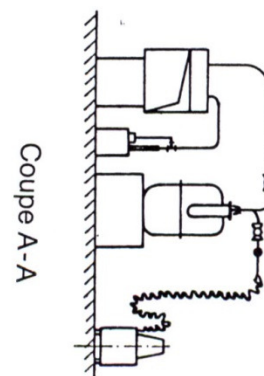


Figure 1 Plan du réseau testé

La mission

Sur les installations de test livrées par les diverses entreprises et avec l'appareillage à disposition:

- mesurer les fuites d'air à des pressions différentes. Les réseaux de canaux ont été livrés franco «banc d'essai». Le candidat doit participer activement au montage et démontage de l'installation; il doit effectuer lui-même les mesures.
- *Interpréter* comme suit les résultats:
 - a) Déterminer la concordance à une règle physique pour chaque série de mesures.
 - b) Appréciation de l'application des diverses formes de raccordement par rapport à l'installation. Classification des résultats selon Eurovent et DIN.

Les différents réseaux doivent être marqués par des codes neutres. Les résultats des mesures et leur interprétation doivent être traités de manière confidentielle.

Les diverses méthodes de fabrication, d'assemblage et de montage

Une première surprise pour le candidat a été de constater les différences importantes entre les données du dessin et les *mesures effectives* du réseau. Alors que les mesures des sections étaient assez précises, les longueurs montraient des différences perceptibles selon le genre de raccordement utilisé. Cela s'explique par le fait que la cotation des plans ne peut pas tenir compte du mode de raccordement, comme «la pratique» l'applique d'ailleurs aujourd'hui encore... C'est ainsi que l'évaluation des mesures effectuées a tenu compte des surfaces effectives des réseaux livrés afin d'obtenir des résultats comparables et aussi exacts que possible.

La *figure 2* présente un tableau d'ensemble des principales caractéristiques des réseaux soumis aux essais.

L'exécution des mesures

Le programme complet de mesures a été effectué en une semaine, malgré les hésitations du début. Chaque jour une des entreprises devait livrer, monter son réseau et participer aux prises de mesure. Des délais de livraison précis témoignent d'une excellente collaboration des entreprises. Bien qu'aujourd'hui l'on puisse disposer de calculatrices et d'ordinateurs, la procédure choisie se devait de respecter au mieux les conditions du chantier.

La *figure 3* montre l'installation de mesure conçue par le candidat dont les éléments principaux sont:

- un aspirateur industriel de marque Black & Decker comme source de pression et de déplacement de l'air.
- un compteur de gaz (débitmètre) de marque Wohlgroth avec une capacité de mesure de minimum 0,4 et maximum 65 m³/h d'air à une pression de service de 0,5 bar.
- deux manomètres: un tube en U avec de l'eau et un manomètre digital, marque Fluid-Team, Kreuzlingen.

En parallèle, de sa propre initiative, le candidat a tourné un film vidéo dans lequel on peut voir l'endroit et l'ampleur de certaines fuites d'air, visualisés grâce à la fumée. Ce film d'une durée de 30 minutes est très instructif en relation avec le schéma de la *figure 2* et les caractéristiques de construction de chaque entreprise.

Les résultats

Partout où c'était possible, les mesures ont été effectuées dans une plage de pression de 100 à 2000 Pa. Les résultats sont représentés dans les graphiques de la *figure 4* et sont comparés aux 3 classes de la norme Eurovent. Afin de clarifier les schémas, les nombreuses courbes sont réparties sur deux graphiques; des raisons purement optiques ont conduit à cette solution. Les très grandes différences constatées entre les divers réseaux de «qualité normale» commandés n'ont certainement pas seulement étonné le technicien profane: ils devaient inciter à l'avenir les maîtres d'œuvre et les entrepreneurs à

Réflexions personnelles sur le travail de diplôme

Tous les systèmes de canaux atteignent la classe «A» Eurovent sans masticage ou en tout cas en masticant les angles des cadres. C'est à dire qu'aucun système de canal, dans sa présentation originale du premier test, n'est classé au-dessous de la classe «A» Eurovent. Cette constatation est basée sur le fait que tous les systèmes de cadres sont bien conçus.

En général, on peut atteindre les classes Eurovent suivantes avec un profil usuel de cadre (sans tenir compte du profil d'isolation) et un masticage minutieux des:

- Angles Classe «A» Eurovent
- Angles et cadres Classe «B» Eurovent
- Angles, cadres et agrafes longitudinales Classe «C» Eurovent

Les fuites apparaissent principalement aux endroits suivants:

- Cadre raccordement transversal
- Agrafes longitudinales
- Angles des cadres
- Découpe pour cadres et agrafes
- Rivets POP
- Fixations des aubes
- Points de soudure électrique

La possibilité de faire tester l'étanchéité de leur production par un laboratoire neutre fut pour chaque fabricant du plus haut intérêt. Certains d'entre eux, à la suite de ces tests, ont entrepris de modifier leurs méthodes de production. Il est à remarquer que se sont principalement des entreprises qui n'ont jusqu'alors pas pu tester l'étanchéité de leur canaux.

Les autres, qui avaient déjà procédé à des mesures n'ont pas été surpris par les résultats des mesures; au contraire, ils ont pu confirmer leurs propres mesures et ont ainsi pleinement profité de nouvelles connaissances. Un fabricant a obtenu de meilleurs résultats que sur sa propre installation de test, ce qui l'a déterminé à réétalonner ses instruments de mesure.

Les buts et attentes des fabricants de canaux étaient très divers:

- Un fabricant voulait tester diverses méthodes d'étanchéité sur son système standard de canal.
- Deux fabricants voulaient tester les limites d'un système ingénieux de raccordement transversal d'isolation.
- Un fabricant voulait comparer les résultats de son meilleur système de canaux avec les résultats de ses propres essais.
- Un fabricant voulait tester l'efficacité de l'étanchéité des angles, respectivement la remettre en question.

Les méthodes d'étanchéité des différents fabricants dans les diverses variantes d'exécution furent très variées.

Une comparaison directe des résultats des divers fabricants n'a pas de sens car, comme évoqué plus haut, les méthodes étaient trop différentes et les écarts de mesure trop importants.

Il a été établi que divers mastics utilisés deviennent trop dur en séchant. Ils perdent ainsi leur élasticité et se fissurent sous l'effet des charges mécaniques (manutention des canaux, vibrations, etc...), provoquant des sources de fuite d'air.

La durée limitée à une demi-journée, voire une journée, de test en laboratoire par système de canal n'a pas permis de rechercher et de tester toutes les sources et causes de fuites d'air.

Afin de pouvoir déterminer les causes exactes des pertes et fuites d'air, il faudrait d'autres séries d'essais qui demanderaient également un plus grand laps de temps à y consacrer.

prendre conscience de l'importance de ce problème d'étanchéité des réseaux de gaines.

Une tâche accessoire de la mission fut d'estimer en détail la somme de toutes les erreurs de mesure. Ceci

apparut d'autant plus important qu'il s'agissait de mesures en «condition de chantier». Après une estimation minutieuse de toutes les incidences d'erreurs, on obtint une tolérance générale des résultats de

Fabricant	Cadre	Agrafe longitudinale	Etanchéité entre les cadres	Angle du cadre mastiqué	Cadre mastiqué à l'intérieur	Agrafe longitudinale mastiquée	Fixation des aubes mastiquées
1	Metu M 2	Snapfalz et agrafe debout intérieure	Oui	Oui	Non	Non	Oui
2	Metu M 2	Snapfalz et agrafe debout intérieure	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
3	Metu M 2	Snapfalz et agrafe debout intérieure	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
4*	Smitka isol EP 25	Snapfalz	Non	Oui	Oui	Non	Non
5*	Smitka isol EP 25	Snapfalz	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
6	Metu M 2	Snapfalz	Oui	Oui	Non	Non	Oui
7	Metu MM	Snapfalz	Oui	Non	Non	Non	Oui
8	Metu MM	Snapfalz	Oui	Oui	Non	Non	Oui
9	SBM MEZFLANGE	Snapfalz	Oui	Oui	Non	Non	Oui
10	SBM MEZFLANGE	Snapfalz	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
11	Mabag Kombi 22	Snapfalz et Pittsburg	Oui	Oui	Non	Oui	Oui

* Les variantes 3 et 4 sont caractérisées par un mastiquage supplémentaire.

Figure 2 Représentation des différents types de construction.

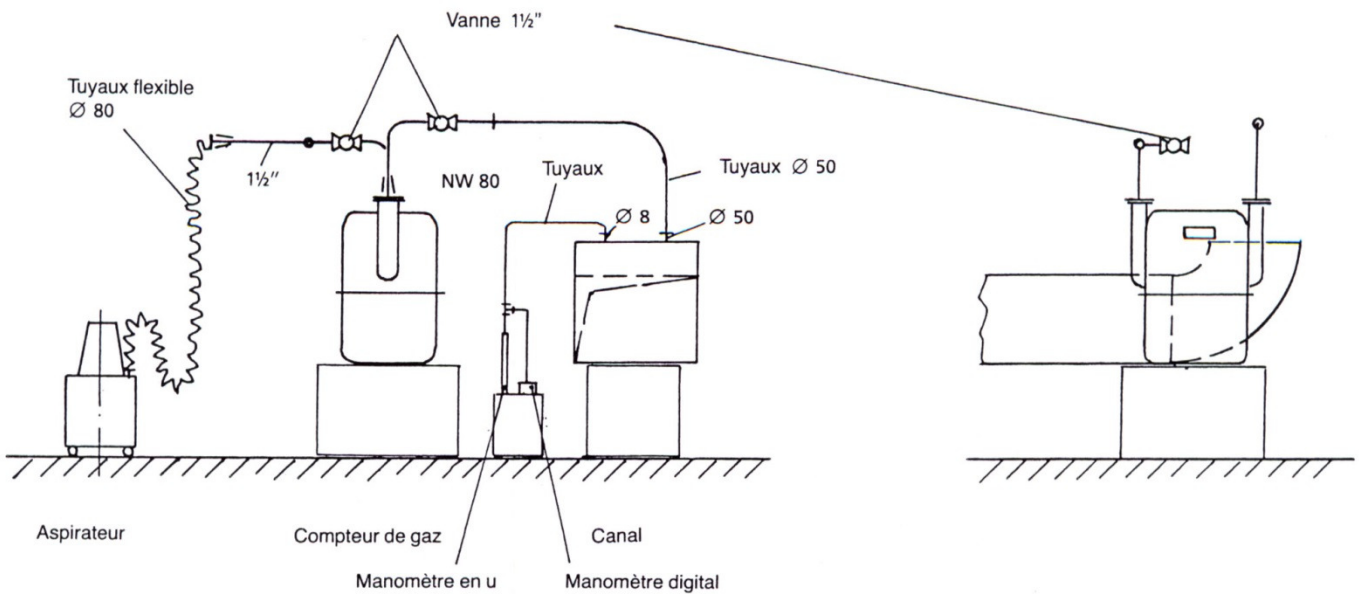


Figure 3 Schéma des instruments de mesure.

mesure de + ou - 5,5% au bas et de + ou - 3,5% au haut des zones de pression.

Ces bons résultats n'ont pu être obtenus que grâce à une minutieuse prise en considération de toutes les influences dimensionnelles pendant l'exécution des mesures.

Commentaire

Selon le Gentleman's Agreement, après la première série de mesures, chaque entreprise avait la possibilité d'améliorer son réseau selon sa propre recette. Cette pratique permit de constater le plus ou le moins d'effet apporté par un ma-

stiquage effectué après coup. Les observations minutieuses de travail pour l'amélioration des réseaux permit d'établir des valeurs indicatives de plus-value. Comme le montre la figure 4, les travaux «d'amélioration» eurent des incidences diverses, par exemple:

- Les réseaux 7 et 8, malgré une utilisation abondante de mastic n'ont pas pu obtenir de meilleurs résultats.
- Les réseaux 1 à 3 au contraire, à chaque amélioration ont réalisé une classe Eurovent supérieure; le réseau 3 a dépassé de si loin le niveau Eurovent C qu'il

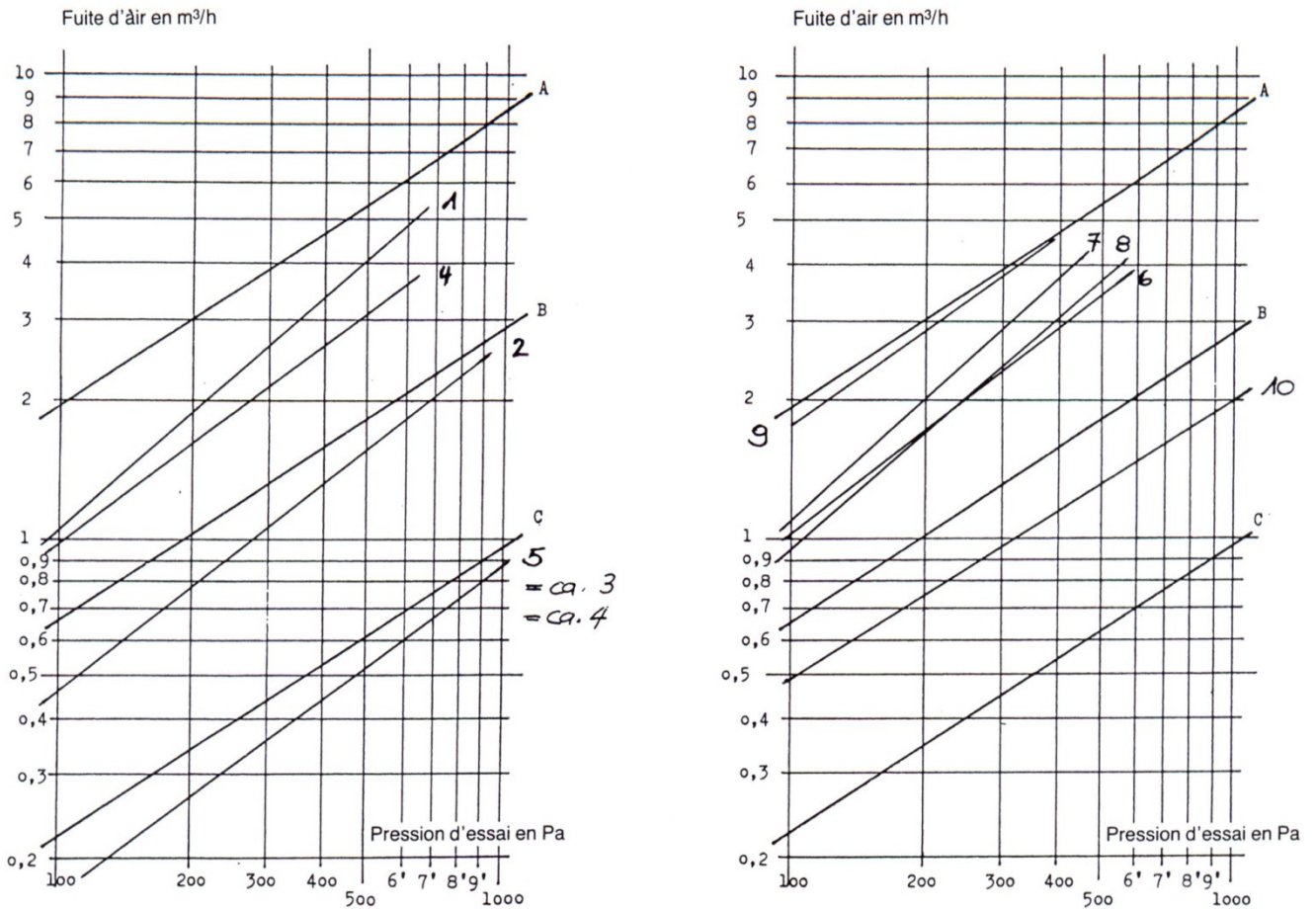


Figure 4 Représentation graphique des résultats en relation avec la norme Eurovent.

n'a pas été possible de le représenter sur le graphique.

- Les réseaux 4/5 et 9/10 ont une classe Eurovent de différence. Pour les réseaux 4/5, les améliorations ultérieures n'ont pas amélioré le classement.
- Le réseau 11 donna des résultats si bon qu'ils se situent largement en-dessous de la classe C et ne peuvent pas figurer sur le schéma de la figure 4.

En résumé, on peut affirmer que l'étanchéité d'un système de canal est dépendante de beaucoup de petits détails. Entre autre, le choix du raccordement transversal est un point important bien qu'il faille met-

tre en évidence qu'une seule vis mal serrée puisse détériorer les résultats d'une manière considérable, comme l'ont démontré les tests et essais. Un point extraordinaire-ment délicat est l'angle du raccordement, plus précisément son étanchéité. Alors que les agrafes longitudinales des canaux droits peuvent, par un travail soigné, être réalisées de manière pratiquement étanche, les coudes, pièces en «T» et surtout la fixation des aubes provoquent des problèmes d'étanchéité.

Bien que tous les détails des réseaux testés n'aient pas été observés, on peut d'ores et déjà affir-

mer que la qualité et l'étanchéité du produit sont dépendants des mesures prises en atelier lors du débitage et de l'assemblage des pièces.

Une construction de gaines non adaptée, voire un montage exécuté par une équipe non-qualifiée, peuvent entraîner d'importants travaux d'amélioration qui, même après de gros efforts, ne pourront plus apporter d'amélioration sensible à l'étanchéité du réseau.

La réalité est telle que:

- La classe Eurovent «A» a été obtenue sans problèmes par toutes les entreprises et laisse conclure qu'elle peut être con-

sidérée comme «norme standard».

- La classe Eurovent «B» pourrait être obtenue par toutes les entreprises moyennant des mesures complémentaires, à l'exception de 7/8.
- La classe Eurovent «C» représente déjà une qualité difficilement obtenable. Dans notre cas, elle n'a été obtenue que par les réseaux 4/5 dans les phases deux à quatre; par les réseaux 1-3 dans les dernières phases et par le réseau 11 dans toutes les phases, respectivement partiellement massivement en-dessous.