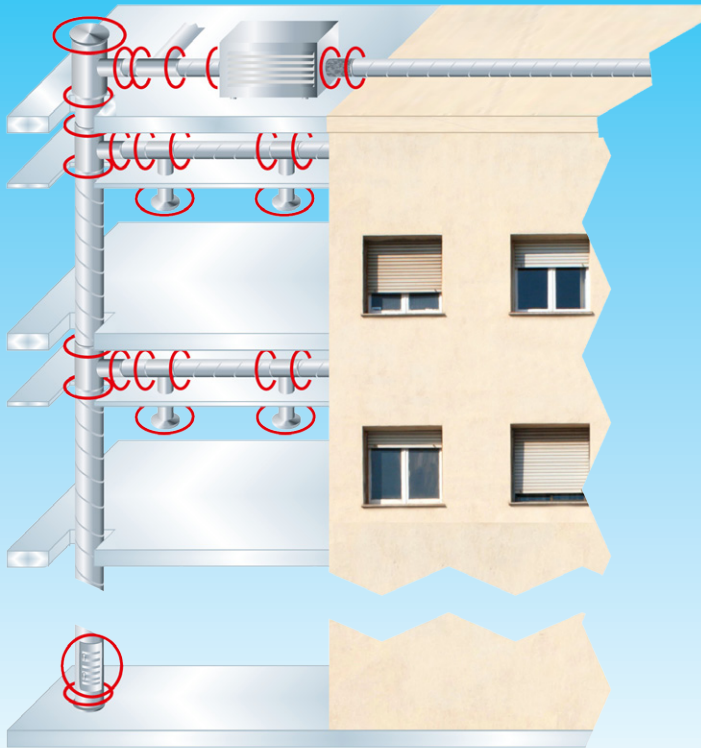


# ÉTANCHÉITÉ DES RÉSEAUX AÉRAULIQUES

## Guide pratique



# SOMMAIRE

Sommaire.....	2
Introduction .....	3
CHAPITRE 1 - Pourquoi et comment réaliser des réseaux étanches ?.....	5
CHAPITRE 2 - Description des principaux types de réseaux.....	8
2.1 Réflexions générales.....	8
2.2 Typologies de conduits.....	8
2.3 Typologie d'accessoires .....	12
2.4 Pressions de fonctionnement.....	14
CHAPITRE 3 - Exemples de réalisations défectueuses et réussies en matière d'étanchéité .....	15
3.1 Principaux points sensibles relevés sur le terrain .....	15
3.2 Exemples de deux réseaux : étanche et peu étanche .....	18
CHAPITRE 4 - Mesures du débit de fuite et classes d'étanchéité.....	25
4.1 Comment mesurer un débit de fuite ?.....	25
4.2 Classes d'étanchéité d'un réseau .....	34
CHAPITRE 5 - Réglementation relative à l'étanchéité des réseaux.....	37
5.1 Prise en compte des fuites de réseau dans la réglementation thermique française.....	37
5.2 Aperçu de la réglementation et des pratiques relatives à l'étanchéité des réseaux à l'étranger.....	41
CHAPITRE 6 - Les différents types d'assemblages en fonction du type de réseau et de l'application .....	43
6.1 Techniques d'assemblage les plus courantes.....	43
6.2 Comparatif des différentes techniques d'assemblage en termes d'étanchéité, de coût global (matériel et main-d'œuvre) et d'impact énergétique et environnemental.....	46
CHAPITRE 7 - Conseils, précautions à prendre et vérifications à faire aux différents stades de la réalisation des réseaux aérauliques .....	53
Annexe : Recommandations pratiques pour les installateurs de systèmes de ventilation .....	57
Références bibliographiques .....	69
Remerciements.....	70

# INTRODUCTION

L'amélioration de l'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques équipant les bâtiments individuels, collectifs et tertiaires est un passage obligé pour réduire la consommation d'énergie tout en préservant l'hygiène et la qualité d'air intérieur des locaux. Pour atteindre un bon résultat en matière d'étanchéité, il convient :

- de disposer de composants de réseaux performants, c'est de la responsabilité des **industriels**,
- de dimensionner les réseaux et définir les composants, c'est le rôle des **concepteurs**,
- d'assembler correctement ces composants pour constituer les réseaux, ce qui est du ressort des **installateurs**,
- de vérifier la qualité de l'installation en mesurant son débit de fuite et en évaluant sa classe d'étanchéité à l'aide de méthodes validées par les **experts techniques des instances de normalisation**,
- de corriger les éventuels défauts d'étanchéité si la performance escomptée n'est pas atteinte.

Ce guide a pour objectif de détailler l'ensemble de cette démarche en cherchant à l'expliquer et l'illustrer le mieux possible par des exemples concrets, des retours d'expériences sur le terrain, des exemples de calculs, des informations tirées des catalogues et sites constructeurs, des résultats d'essais obtenus au cours de campagnes de mesures spécifiques dans des bâtiments en France ou à l'étranger.

Après un premier chapitre qui explique **pourquoi** il est important de **réaliser des réseaux étanches** et qui définit le **rôle des différents acteurs** concernés, le chapitre 2 décrit la **typologie des conduits et accessoires** les plus couramment utilisés dans les réseaux aérauliques, qui font l'objet de ce guide. Les technologies de conduits apparues récemment sur le marché, comme par exemple les gaines en plastique semi-rigides ou les conduits en polystyrène, ne sont pas traitées spécifiquement dans le présent document faute de données disponibles et de recul sur leurs caractéristiques techniques.

Le chapitre 3 montre, photos à l'appui, des **exemples de réalisations** particulièrement **défectueuses** en matière d'étanchéité et **d'erreurs à ne pas commettre**. Il présente également un exemple de réalisation réussie, avec les moyens mis en œuvre pour cela et les bons résultats obtenus en termes de débit de fuite mesuré. Le chapitre 4 décrit comment **mesurer le débit de fuite** d'un réseau aéraulique sur site et comment **déterminer sa classe d'étanchéité**, en vue de vérifier s'il est conforme à un cahier des charges ou à une réglementation existante.

Le chapitre 5 aborde la façon dont est prise en compte la qualité d'étanchéité des réseaux dans la **réglementation thermique française** et décrit succinctement, à titre de comparaison, les pratiques existant dans les **pays scandinaves**, beaucoup plus en avance dans ce domaine que la France et les autres pays européens.

Comme les fuites proviennent pour l'essentiel des raccordements entre conduits droits et composants (coudes, piquages, changements de sections, ...) et des liaisons terminales (piquage-flexible-bouche, manchettes souples, ...), la description des **différents types de raccordements** (ou d'assemblages) et leur impact en termes de coût global et de qualité d'étanchéité sont détaillés au chapitre 6.

Enfin, le chapitre 7 dresse une liste de **conseils pratiques**, **précautions à prendre** et **vérifications à faire** aux différents stades de la réalisation du réseau.

La lecture de ce document peut se faire à plusieurs niveaux, et permet ainsi de répondre aux questions des différents acteurs concernés : poseurs de réseaux, bureaux d'études, fabricants et instances de normalisation et réglementation.

**Note** : Ce guide peut être amené à évoluer en fonction des retours d'expériences accumulés, de l'apport des technologies les plus récentes, de l'évolution des réglementations à l'échelon français ou européen, ...

# CHAPITRE 1 - POURQUOI ET COMMENT RÉALISER DES RÉSEAUX ÉTANCHES ?

*Économie d'énergie, impact sur la qualité de l'air intérieur et le niveau de bruit, incitation réglementaire. Rôle des différents acteurs (maîtres d'ouvrage, concepteurs, installateurs, industriels, centres techniques, organismes de normalisation/réglementation/certification).*

Les réseaux aérauliques sont présents dans la grande majorité des bâtiments résidentiels et tertiaires, leur rôle est de véhiculer une certaine quantité d'air potentiellement traité entre l'intérieur et l'extérieur des bâtiments, dans les deux sens. Ils ne doivent pas fuir, pas plus que ne doivent fuir les réseaux transportant d'autres fluides tels que l'eau ou les gaz. Même si les dégâts occasionnés par les fuites des réseaux d'air sont bien moins spectaculaires que dans le cas des autres fluides, ils n'en impactent pas moins, de façon plus ou moins grave, la santé des occupants, les consommations d'énergie et la conservation du bâti.

Les réseaux aérauliques véhiculent :

- de l'air hygiénique : réseau de "ventilation seule", air aspiré, air insufflé (potentiellement préchauffé ou pré-refroidi) ;
- de l'air vicié : extrait des locaux, chargé en humidité et en polluants ;
- de l'air traité : air chaud, froid, humidifié, déshumidifié, filtré, désinfecté, ... incluant potentiellement le renouvellement d'air.

D'où les fonctions essentielles vis-à-vis de :

- l'hygiène et la qualité de l'air intérieur : mise en œuvre des débits d'air hygiéniques, filtration de l'air, extraction de l'air vicié ;
- la consommation d'énergie des bâtiments pour la ventilation, le chauffage et le refroidissement : déperditions liées au renouvellement d'air, air chaud/froid véhiculé, consommation électrique des ventilateurs, ... ;
- la préservation du bâti : évacuation de l'humidité excessive de l'air intérieur en particulier ;
- et également vis à vis du confort des occupants : confort thermique.

Un **réseau d'air peu étanche** conduira inévitablement à **dégrader les fonctions essentielles** ci-dessus, c'est-à-dire :

- **l'hygiène et la qualité de l'air intérieur** : les débits d'air hygiéniques ne seront plus adaptés (ou il faudra accroître les débits d'air au niveau central pour atteindre les débits nécessaires au niveau terminal, d'où des surconsommations de ventilateurs, du bruit supplémentaire, etc.) ;
- **la consommation d'énergie des bâtiments** : pertes d'air chaud ou froid, surconsommation des ventilateurs, ... ;
- **la préservation du bâti** : dégradations liées à la présence d'humidité en excès (condensation anormale, développement de moisissures ayant ensuite des conséquences sur la santé des occupants) ;
- **le confort des occupants** : outre la dégradation du **confort thermique** dans certaines situations, c'est aussi le **confort acoustique** qui risque d'être dégradé (bruit des réseaux, bruit des ventilateurs).

Il faut bien reconnaître que jusqu'à ces dernières années, l'étanchéité des réseaux aérauliques en France n'était pas une forte préoccupation, même si la mise en œuvre se faisait en suivant des règles de l'art (voir référence [1]) et n'était pas forcément négligée. On s'occupait peu tant des fuites sur les installations neuves que des fuites survenant dans le temps, par exemple par la dégradation de certains composants des réseaux et de leurs assemblages (manchettes de raccordement, mastics et adhésifs, etc.). La preuve en est dans les résultats très médiocres des mesures d'étanchéité effectuées sur de nombreux réseaux à travers le pays, tant en résidentiel qu'en tertiaire. Ce n'est souvent que lorsque les impacts ou les dégâts sur les ambiances intérieures ou sur les structures de bâtiments deviennent "visibles" ou "palpables" que l'on est amené à faire des vérifications et éventuellement des corrections sur l'étanchéité des réseaux aérauliques.

Aujourd'hui, c'est surtout par le biais de la réglementation thermique et de l'exigence de performance des réseaux en tant que partie intégrante d'un système performant (système double flux basse consommation notamment) que l'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques devient une caractéristique à prendre en compte et à optimiser dans la construction des bâtiments. Bien entendu, pour le respect de la réglementation hygiène (débits d'air hygiéniques) la recherche d'une bonne étanchéité des réseaux aérauliques est un enjeu majeur. Des classes d'étanchéité à l'air ont été définies au niveau international, comme on le verra au chapitre 4.

Des moyens de réalisation de réseaux étanches existent et des outils de vérification et de mesure de l'étanchéité des réseaux se développent, de sorte que l'on peut attendre des améliorations sensibles dans ce domaine.

Des solutions techniques existent mais leur mise en application peut être freinée pour différentes raisons, par exemple par un manque de connaissances sur le sujet ou encore par l'idée qu'une solution plus étanche est inévitablement plus coûteuse, ce qui n'est pas forcément la réalité comme on le verra au chapitre 6.

Les principaux enjeux et perspectives étant identifiés, il paraît utile de résumer le rôle des différents acteurs concernés par la réalisation des réseaux aérauliques étanches. On les retrouvera tout au long du guide, chacun jouant un rôle décisif dans cette démarche.

### **Les Maîtres d'ouvrage :**

- font construire les bâtiments et leurs réseaux aérauliques ;
- ont besoin de réseaux étanches pour plusieurs raisons : hygiène des occupants, conservation du bâti, réduction de la facture énergétique, respect de la réglementation, performance du système de ventilation installé.

### **Les Concepteurs (architectes, bureaux d'études) :**

- définissent et dimensionnent les systèmes et les réseaux ;
- prescrivent les composants ;
- adaptent leurs prescriptions / exigences en fonction des objectifs recherchés (débits, taux de fuite maximums, consommation des ventilateurs, etc.).

### **Les Installateurs :**

- mettent en œuvre, réalisent les réseaux ;
- sont directement impliqués dans le résultat final par la qualité de leur travail.

### **Les Industriels :**

- conçoivent, développent et fabriquent les composants de réseaux ;
- testent et font tester leurs matériels ;
- participent à l'élaboration des normes et réglementations.

### **Les Centres Techniques :**

- testent les matériels ;
- participent à l'évolution des matériels, des normes et des réglementations.

### **Les Organismes de normalisation / réglementation / certification :**

- établissent les normes et réglementations, les référentiels ;
- font évoluer les exigences, les performances ;
- doivent rester en phase avec la réalité du terrain et l'évolution des produits (performances des matériels, faisabilité des essais, mise en œuvre sur le terrain, etc.).

# CHAPITRE 2 - DESCRIPTION DES PRINCIPAUX TYPES DE RÉSEAUX

*Habitat individuel, collectif, tertiaire, insufflation/extraction, cylindrique, rectangulaire, oblong, lisse, spiralé, métallique, plastique, flexible, isolé. Exemples de réseaux, de pressions de fonctionnement typiques*

## 2.1 Réflexions générales

Il est important de donner des indications non seulement sur les typologies de **conduits** (cylindriques, rectangulaires, oblongs, lisses, spiralés, métalliques, plastiques, flexibles, isolés), mais aussi et surtout sur les typologies de **raccordements et d'accessoires**, car c'est principalement au niveau des jonctions que se situent les "fuites" (les fuites seront visualisées au Chapitre 3).

En fin de chapitre nous introduisons la notion de **pression de fonctionnement** du réseau, c'est-à-dire la pression typique régnant normalement dans le réseau considéré. On verra au chapitre 4 que le débit de fuite du réseau est mesuré à cette pression de fonctionnement (ou pression d'essai).

## 2.2 Typologies de conduits

La Figure 2-1 rassemble les principaux types de conduits rencontrés en pratique, incluant une centrale de traitement d'air avec terminaux de soufflage, reprise, rejet d'air et prise d'air neuf.



Figure 2-1 : Exemple de réseau aéraulique (source LINDAB)



Les conduits les plus répandus sont les **conduits circulaires métalliques rigides**, notamment en acier galvanisé, peu coûteux et faciles à mettre en œuvre. Pour des usages plus spécifiques, les conduits peuvent aussi être en aluminium ou en acier inoxydable (ex. aluminium dans les installations de VMC-gaz, inox dans les salles propres, dans les parties exposées des cuisines, locaux humides tels que les caves).

Ces conduits peuvent être **isolés** pour les besoins des applications. Dans ce cas, il existe notamment des conduits circulaires "double peau" offrant une bonne résistance (Planche 2-1). L'isolant est parfois rajouté sur le conduit initial lors de la pose, la tenue peut alors être moins bonne, avec des risques d'apparition de ponts thermiques aux jonctions d'isolant, mais aussi une dégradation intrinsèque dans la durée liée aux conditions climatiques et environnementales.



**Planche 2-1 : Exemples de conduits circulaires métalliques rigides**

Les **conduits rectangulaires** sont également présents (Planche 2-2) lorsque notamment des problèmes de place se posent, en particulier dans des bâtiments tertiaires. Ces conduits peuvent ainsi plus facilement s'adapter en jouant sur le rapport hauteur/largeur, mais il faut éviter les cheminements complexes qui peuvent entraîner des pertes de charges exagérées et mal maîtrisées (ex. contournement d'une poutre avec "écrasement" du conduit).



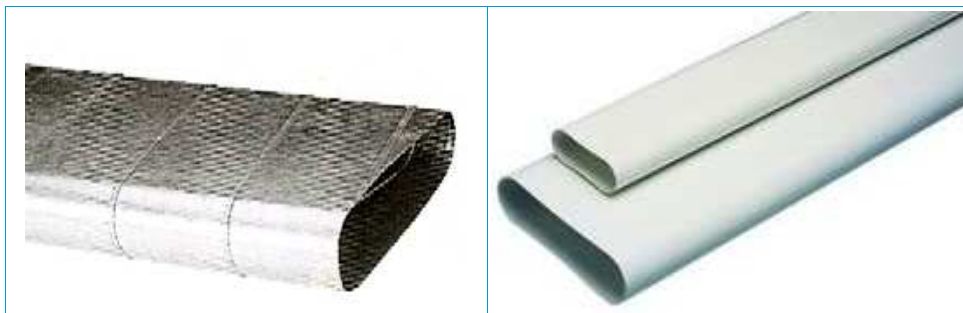
**Planche 2-2 : Exemples de conduits rectangulaires**

Les **conduits autoportants et isolants** (Planche 2-3) se rencontrent surtout dans certaines applications de conditionnement d'air, notamment dans les parties terminales des installations de type ventilo-convecteurs gainables ou unités terminales de climatisation gainables. Ils présentent l'intérêt de pouvoir s'assembler sur le site, de façon modulaire. L'isolation thermique est réalisée à base de fibres de laine minérale. Ces conduits doivent faire l'objet d'une attention toute particulière lors du nettoyage, compte tenu de la fragilité de leurs parois et de la présence de fibres dans ces parois (certains conduits possèdent une feuille d'aluminium sur la paroi intérieure, ce qui peut faciliter le nettoyage – cf. Planche 2-3 b).



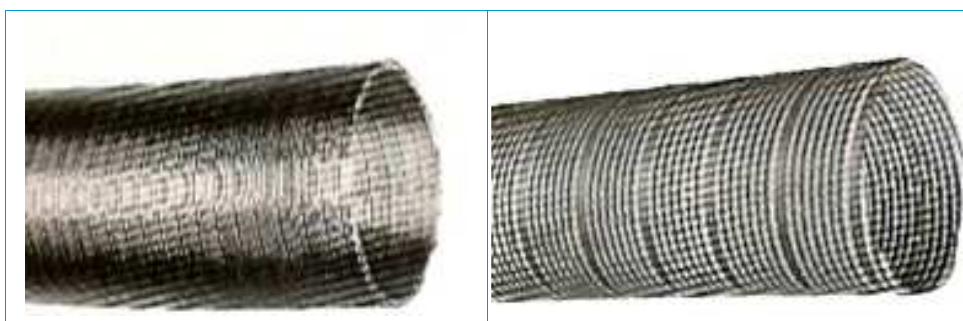
**Planche 2-3 : Conduits de type autoportant**

Entre les conduits circulaires et les conduits rectangulaires, il existe des **conduits oblongs** métalliques ou plastiques (Planche 2-4). Ils permettent, par rapport aux conduits circulaires, des gains de place à l'installation pour un surcoût raisonnable.



**Planche 2-4 : Conduits oblongs**

Les **conduits semi-rigides** sont utilisés sur les **parties terminales** des installations, en amont des bouches et diffuseurs. Ces conduits sont en acier galvanisé ou en aluminium (Planche 2-5).



**Planche 2-5 : Conduits semi-rigides**

On utilise aussi au niveau terminal, des **conduits souples ou flexibles**, en aluminium sur armature métallique spiralée (aspect de "papier chocolat") ou encore en vinyle (PVC) sur armature métallique spiralée (Planche 2-6). L'un ou l'autre peuvent être entourés d'une isolation thermique, suivant les nécessités du système. La perte de charge de ces conduits flexibles est nettement plus importante que celle des autres conduits évoqués ici.



## Planche 2-6 : Conduits flexibles avec ou sans isolant

La Figure 2-2 illustre les principaux types de conduits décrits précédemment.

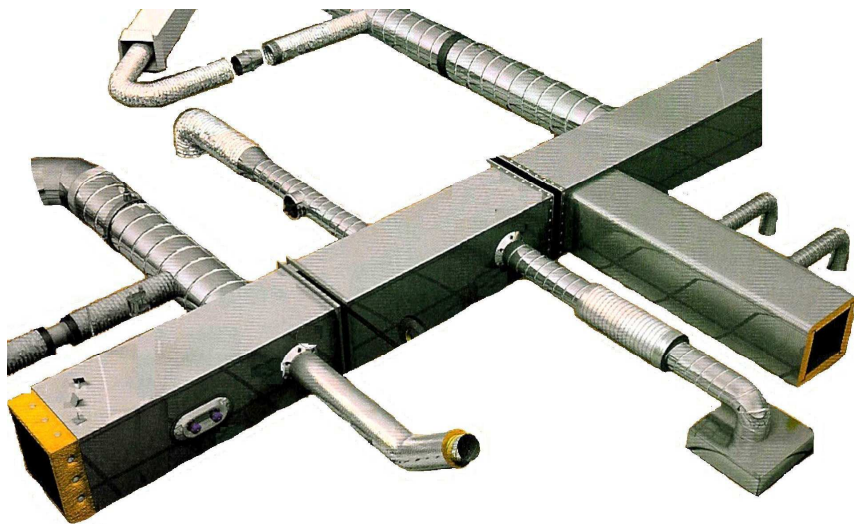


Figure 2-2 : Exemple de différents types de conduits (source FRANCE AIR)

### 2.3 Typologie d'accessoires

Les **fuites d'un réseau** aéraulique proviennent pour l'essentiel des **raccordements entre conduits** droits et composants (coudes, piquages, changements de sections, trappes de visite, bouches et diffuseurs,...) ainsi que des **liaisons terminales** (piquage-flexible-bouche, manchettes souples, ...). Ces pièces de raccordements et autres composants de réseaux sont couramment appelés "accessoires" mais cette dénomination ne doit pas masquer le fait qu'ils sont un des points clés de l'étanchéité du réseau aéraulique. Leur insertion dans le réseau doit être soignée pour un bon résultat final. La Planche 2-7 présente des exemples d'accessoires de réseau utilisés en pratique.

 <p>Bouche d'extraction d'air</p>	 <p>Té de raccordement</p>	 <p>Bouchon mâle (avec joint intégré)</p>
 <p>Coude (avec joint intégré)</p>	 <p>Piquage (avec joint intégré)</p>	 <p>Registre (avec joint intégré)</p>
 <p>Manchette souple (à découper)</p>	 <p>Réduction (avec joint intégré)</p>	 <p>Silencieux cylindrique</p>
 <p>Raccord de visite (avec joint intégré)</p>	 <p>Conduit de raccordement d'étage</p>	 <p>Caisson de piquage (tête de colonne)</p>
 <p>Conduit souple raccordement bouche-colonne</p>	 <p>Manchette souple étanche</p>	 <p>Prise d'air de façade</p>

**Planche 2-7 : Exemples d'accessoires de réseau  
(la plupart existe avec ou sans joint intégré)**

## 2.4 Pressions de fonctionnement

Les pressions de référence de fonctionnement données dans le Tableau 2-1 sont extraites du document FD E 51-767 (référence [2]) et sont reprises dans la réglementation thermique 2012. La catégorie "non résidentiel" comprend principalement : bureaux, enseignement, hôtellerie, hôpitaux, etc.

**Tableau 2-1 : Pressions de référence selon FD E 51-767**

	Maison individuelle ou accolée	Bâtiment résidentiel collectif	Bâtiment tertiaire : bureaux, enseignement, hôtellerie, hôpitaux, etc.
Pression de référence, $P_{ref}$	80 Pa	160 Pa	250 Pa

Les valeurs  $P_{ref}$  proposées dans FD E-767 sont des pressions conventionnelles qui s'appliquent aux types de bâtiments mentionnés. **Il n'est pas obligatoire d'appliquer ces valeurs de pression** pour caractériser l'étanchéité d'un réseau. En effet, si la pression (ou dépression) régnant habituellement dans le réseau est éloignée de ces valeurs, il est nettement préférable de choisir une pression d'essai légèrement supérieure à la pression réelle du réseau. Celle-ci peut être beaucoup plus élevée que les valeurs indiquées au Tableau 2-1. Ainsi, la pression de fonctionnement dans les installations de conditionnement d'air de grands bâtiments tertiaires (centres commerciaux, grands hôtels, hôpitaux, salles de spectacles, locaux sportifs, etc ...) peut atteindre des valeurs comprises entre 1000 et 1700 Pa, voire plus pour des réseaux haute pression.

# CHAPITRE 3 - EXEMPLES DE RÉALISATIONS DÉFECTUEUSES ET RÉUSSIES EN MATIÈRE D'ÉTANCHÉITÉ

*Exemples illustrés avec commentaires, mise en évidence des principaux points sensibles. Dans ce chapitre on "visualise" les fuites, sans les quantifier. On peut voir, le cas échéant, les défauts majeurs qui permettront de dire que la réalisation est a priori défectueuse.*

## 3.1 Principaux points sensibles relevés sur le terrain

Sur un grand nombre de réseaux rencontrés, en résidentiel ou en tertiaire, les points suivants ont été relevés comme sensibles, ou plus précisément, comme étant fréquemment associés à des fuites plus ou moins importantes.

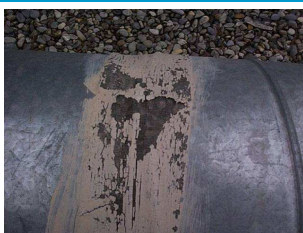
Les Planches ci-dessous présentent des défauts d'étanchéité de différents types de réseaux, depuis le caisson de ventilation jusqu'aux bouches ou diffuseurs situés à l'autre extrémité du réseau. Tous ces défauts (fentes, perforations, déchirures et autres passages d'air) peuvent conduire à des classes d'étanchéité très médiocres, comme souvent rencontré en pratique (voir chapitre 4).

		
Manchette de raccordement perforée entre un caisson et un conduit de rejet en toiture	Fuite entre la pièce de raccordement et le caisson : les traces de poussière sont significatives	Fuite entre la pièce de raccordement et le caisson, visualisation par fumigène
		
Manchette perforée sur un conduit d'aspiration (10 cm <sup>2</sup> )	Manchette non étanche (visualisation au fumigène)	Déchirure très importante au niveau d'une manchette

**Planche 3-1 : Exemples de défauts constatés au niveau des raccords aux caissons ventilateurs (aspiration, rejet)**



Jonction de deux conduits en toiture terrasse. L'adhésif n'a pas résisté aux conditions extérieures



Jonction de conduits avec adhésif fortement détérioré



Fuite légère au niveau du mastic d'étanchéité : fissuration



Jonction conduit-coude, avec adhésif ne résistant pas aux conditions extérieures



Jonction conduit-coude, avec fuite tout autour de la pièce de raccordement



Jonction mal finie avec fuite, mastic non homogène ...



Travail d'étanchéité bâclé au niveau des jonctions avec un coude, fuites notables



Conduit de soufflage autoportant en combles, avec cassure et fuite importante



Isolation sur un conduit de soufflage, perforation pour mesurage de débit, non obturée (trou de 1 cm de diamètre)

**Planche 3-2 : Exemples de défauts constatés au niveau des raccords de conduits et accessoires**





Fuite au niveau du piquage et déchirure (surprenante) à proximité



Piquage avec déchirure sur la circonférence du conduit principal



Piquage sur lequel on a forcé pour décaler le conduit (la fuite est importante)

**Planche 3-3 : Exemples de défauts constatés au niveau des piquages de conduits**



Bouchon non étanche à l'extrémité d'un conduit en toiture terrasse (en outre, l'adhésif est détérioré)



Défaut d'étanchéité au niveau du piquage sur Té-souche



Fuite légère en tête de colonne : bouchon imparfaitement étanche



Défaut fréquent sur les conduits de raccordement situés derrière les bouches d'extraction en résidentiel (fuite très importante cumulée sur de nombreuses bouches)



Conduit flexible détérioré et impossibilité de fixer la manchette



Absence de raccordement entre la colonne et la bouche d'extraction

**Planche 3-4 : Exemples de défauts constatés au niveau de conduits terminaux, bouchons, raccordement des bouches et diffuseurs**

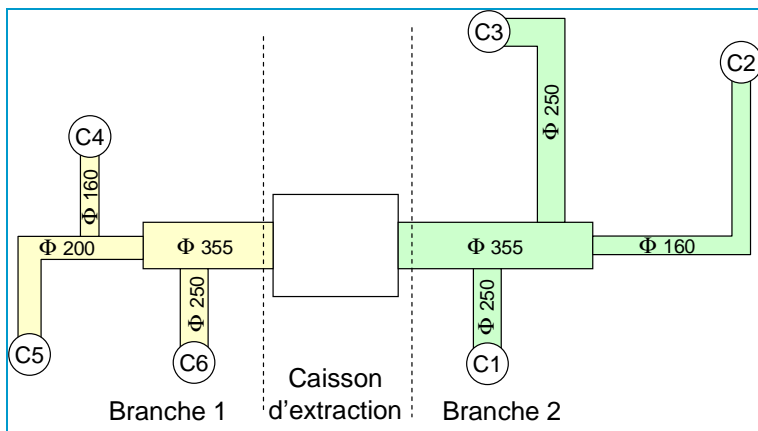
## 3.2 Exemples de deux réseaux : étanche et peu étanche

Les deux exemples ci-après sont issus d'une étude réalisée pour l'ADEME (référence [3]) dans laquelle deux réseaux de ventilation d'immeubles résidentiels collectifs avec conduits circulaires ont été étudiés, **l'un à base d'accessoires "classiques" en majorité, l'autre à base d'accessoires "à joints"**.

Outre les différences de performance atteinte en termes d'étanchéité à l'air (il convient de se reporter au chapitre 4 pour trouver la définition de l'aire de surface de réseau et de la longueur totale de jonction), il est intéressant d'observer la nature des principaux défauts observés, en regard du § 3.1.

### ■ Exemple 1 : réseau "étanche"

La Figure 3-1 représente le réseau de ventilation N° 1 (ventilation simple flux par extraction), avec sa partie horizontale située en combles et les colonnes verticales desservant les appartements.



**Figure 3-1 : schéma du réseau de ventilation N°1 (partie horizontale et colonnes desservies)**

Dans le Tableau 3-1, le détail des superficies de réseau et des longueurs de jonctions est donné (voir définitions au chapitre 4), avec une appréciation (oui / non) relative au respect de deux critères pris en compte dans le cadre de la mesure de l'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques selon la norme d'essais NF EN 12237 (référence [4]).

**Tableau 3-1 : Caractéristiques géométriques des différentes parties du réseau 1**

Partie de réseau	Aire surface de réseau $A_j$ (m <sup>2</sup> )	Longueur de jonction L (m)	$L/A_j$ (m <sup>-1</sup> )	Respect des conditions de NF EN 12237	
				$A_j > 10$ m <sup>2</sup>	$1 < L/A_j < 1,5$
C1	10,2	12,2	1,2	Oui	Oui
C2	7,2	10,4	1,5	Non	Oui
C3	10,3	12,2	1,2	Oui	Oui
C4	6,6	9,9	1,5	Non	Non
C5	9,4	13,0	1,4	Non	Oui
C6	9,8	9,0	0,9	Non	Non
réseau horizontal Branche 1	11,9	23,1	2,0	Oui	Non
réseau horizontal Branche 2	18,3	25,7	1,4	Oui	Oui

Le réseau de ventilation N° 1 est constitué de conduits métalliques rigides et d'accessoires à joints. Par ailleurs, les piquages horizontaux sont réalisés sur des Tés préfabriqués, ce qui évite de découper in situ les colonnes et donc limite les points critiques. Enfin, l'assemblage est parachevé avec un ruban adhésif étanche qui recouvre les points de fixation vissés (cf. Planche 3–5).



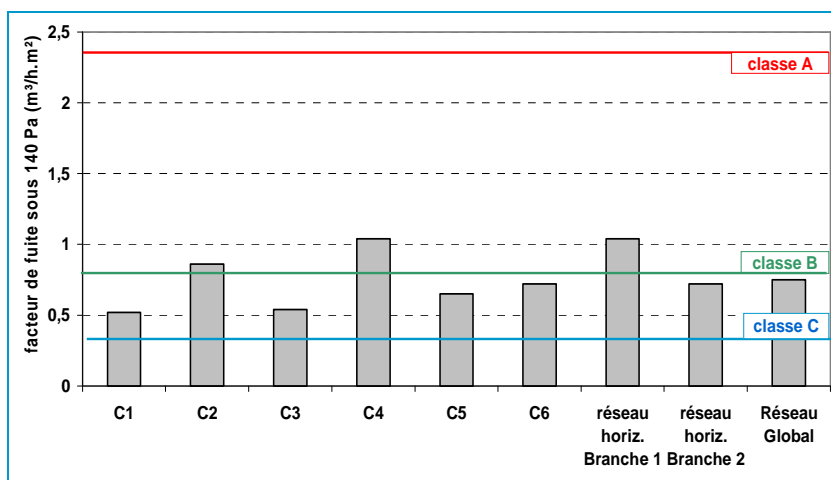
**Planche 3–5 : Composants du réseau N°1 et assemblage**

Le Tableau 3-2 récapitule les résultats des mesures de débit de fuite pour les différentes portions du réseau N° 1 testées et indique la classe d'étanchéité correspondante (pour la définition des classes, se reporter au chapitre 4), ceci pour une pression d'essai de 140 Pa.

**Tableau 3-2 : Résultats des mesures de débit de fuite et classes d'étanchéité correspondantes sur le réseau N°1 (pression d'essai de 140 Pa)**

Partie de réseau	Aire surface de réseau $A_i$ (m <sup>2</sup> )	Débit extraction (m <sup>3</sup> /h)	Débit fuite sous 140 Pa (m <sup>3</sup> /h)	Débit fuite/débit extrait (%)	Facteur de fuite sous 140 Pa (m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> )	Classe d'étanchéité
C1	10,2	473	5,3	1,1	0,52	B
C2	7,2	251	6,2	2,5	0,86	A
C3	10,3	301	5,7	1,9	0,54	B
C4	6,6	298	6,8	2,3	1,04	A
C5	9,4	292	6,2	2,1	0,65	B
C6	9,8	352	7	2,0	0,72	B
réseau horizontal Branche 1	11,9	942	12,4	1,3	1,04	A
réseau horizontal Branche 2	18,3	1025	13,4	1,3	0,72	B
<b>Réseau Global</b>	<b>83,6</b>	<b>1967</b>	<b>62,9</b>	<b>3,2</b>	<b>0,75</b>	<b>B</b>

Sur la Figure 3-2 les résultats sont présentés sous forme d'histogramme. La classe A est la classe d'étanchéité prise comme référence dans les calculs de la réglementation thermique 2005. Comme on le verra au chapitre 4, la définition des classes est telle que la classe A est moins bonne que la classe B, qui elle-même est moins bonne que la classe C.



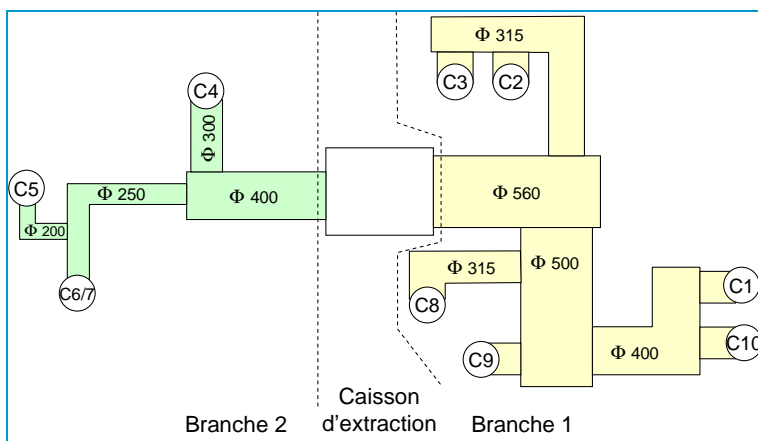
**Figure 3-2 : Histogramme des résultats obtenus**

D'une manière générale, les résultats obtenus sur les colonnes et les réseaux horizontaux sont **bons** puisque les colonnes n° 1, 3, 5, 6 et le réseau horizontal branche 2 se situent en **classe B** et les colonnes 4, 2 et le réseau horizontal branche 1 se situent en bas de la **classe A, très proche de la classe B**. Les débits de fuite représentent de l'ordre de 1,1 % à 2,3 % du débit extrait.

Lors de l'inspection du réseau, aucun défaut significatif n'a été observé, excepté un défaut relevé sur la branche n° 1 au niveau du piquage sur Té-souche. Aucun complément d'étanchéité (mastic, bande adhésive, bande mastic) ne vient en sus du piquage réalisé en usine, or il s'avère que dans certains cas celui-ci peut être fuyard.

### ■ Exemple 2 : réseau "peu étanche"

La Figure 3-3 représente le réseau de ventilation N° 2 (ventilation simple flux par extraction), avec sa partie horizontale, située en toiture terrasse, et les colonnes verticales desservant les appartements.



**Figure 3-3 : Schéma du réseau de ventilation N° 2 (partie horizontale et colonnes desservies)**

Dans le Tableau 3-3, le détail des superficies de réseau et des longueurs de jonctions est donné, avec une appréciation (oui / non) relative au respect de deux critères pris en compte dans le cadre de la norme NF EN 12237 (référence [4]).

**Tableau 3-3 : Caractéristiques géométriques des différentes parties du réseau N°2**

Partie de réseau	Aire surface de réseau $A_j$ (m <sup>2</sup> )	Longueur de jonction L (m)	$L/A_j$ (m <sup>-1</sup> )	Respect des conditions de NF EN 12237	
				$A_j > 10$ m <sup>2</sup>	$1 < L/A_j < 1,5$
C1	13	18,3	1,41	Oui	Oui
C2	13,5	19,5	1,44	Oui	Oui
C3	10,9	16,9	1,56	Oui	Non
C4	19,8	24,4	1,23	Oui	Oui
C5	11,2	15,0	1,35	Oui	Oui
C6, C7	20,2	23,6	1,17	Oui	Oui
C8	17,6	18,5	1,05	Oui	Oui
C9	15	17,9	1,19	Oui	Oui
C10	14,2	15,3	1,08	Oui	Oui
réseau horizontal Branche 1	34	36,1	1,06	Oui	Oui
réseau horizontal Branche 2	16,1	14,37	0,89	Oui	Non

Le réseau de ventilation N° 2 est constitué de deux types d'assemblages de conduits métalliques rigides :

- les colonnes 9 et 10 comportent **des accessoires à joints** ;
- les autres colonnes sont **assemblées avec du mastic, sans accessoires à joints**.

Dans les deux cas l'étanchéité des assemblages est complétée par du **ruban adhésif**. Le raccordement aux bouches d'extraction est réalisé à l'aide d'une **manchette**, dont le but est d'améliorer l'étanchéité à la liaison conduit flexible spiralé / bouche d'extraction. Cette manchette permet également de faciliter la mise en œuvre de la bouche d'extraction (cf Planche 3–6).

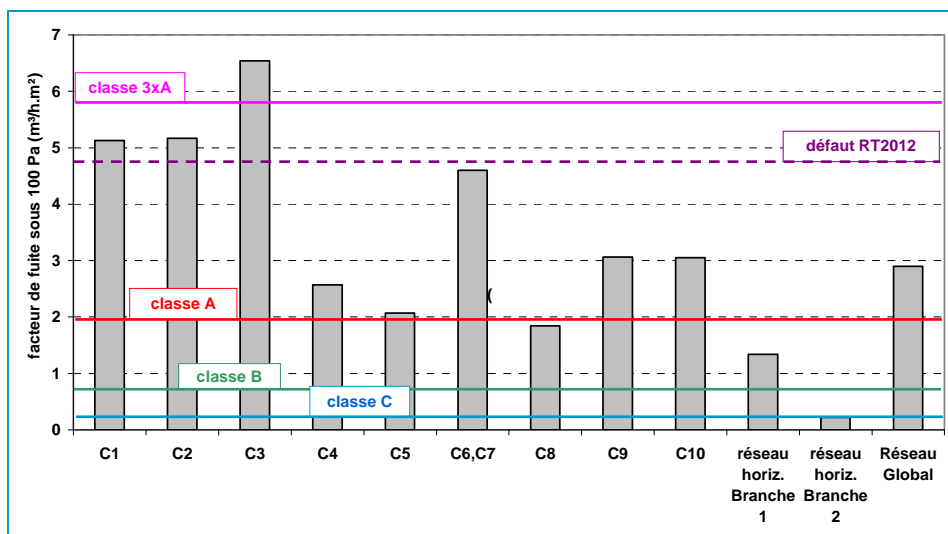


**Planche 3–6 : Composants du réseau N°2 et assemblage**

Le Tableau 3-4 récapitule les résultats des mesures de débit de fuite pour les différentes portions de réseau testées et indique la classe d'étanchéité correspondante, ceci pour une pression d'essai de 100 Pa. Les réseaux de classe 3xA présentent une étanchéité moins bonne que ceux de classe A. Sur la Figure 3-4 les résultats sont présentés sous forme d'histogramme.

**Tableau 3-4 : Résultats des mesures des débits de fuites et classes d'étanchéité correspondantes (pression d'essai de 100 Pa)**

Partie de réseau	Aire surface de réseau $A_i$ (m <sup>2</sup> )	Débit extraction (m <sup>3</sup> /h)	Débit fuite sous 100 Pa (m <sup>3</sup> /h)	Débit fuite/débit extrait (%)	Facteur de fuite sous 100 Pa (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )	Classe d'étanchéité
C1	13	585	66,7	11,4	5,13	3xA
C2	13,5	455	69,7	15,3	5,17	3xA
C3	10,9	365	71	19,5	6,54	9xA
C4	19,8	660	51	7,7	2,57	3xA
C5	11,2	280	23,1	8,3	2,07	3xA
C6, C7	20,2	405	93,2	23,0	4,6	3xA
C8	17,6	560	32,5	5,8	1,84	A
C9	15	520	45,8	8,8	3,06	3xA
C10	14,2	600	43,3	7,2	3,05	3xA
réseau horizontal Branche 1	34,0	3085	45,7	1,5	1,34	A
réseau horizontal Branche 2	16,1	1345	3,5	0,3	0,22	B
<b>Réseau Global</b>	<b>185,4</b>	<b>4430</b>	<b>545,5</b>	<b>12,3</b>	<b>2,9</b>	<b>3xA</b>



**Figure 3-4 : Histogramme des résultats obtenus**

D'une manière générale, les résultats obtenus sur les colonnes sont **moins bons que la classe A**. Seule la colonne 8 se situe en classe A. Les colonnes n° 1, 2, 3, 6 et 7 sont particulièrement fuyardes, avec une perméabilité à l'air environ trois fois supérieure à la limite de la classe A, et des débits de fuite compris entre 10 % et 20 % du débit extrait. Les colonnes 4, 5, 9 et 10 se rapprochent – sans l'atteindre – de la limite de la classe A, avec un débit de fuite de l'ordre de 8 % du débit extrait.

Les réseaux horizontaux situés sur la toiture terrasse sont meilleurs, notamment la branche 2 qui se situe **en classe B et très proche de la classe C**. Contrairement aux colonnes, les parties horizontales de réseaux ne sont pas pénalisées par les jonctions aux bouches d'extraction qui constituent des points faibles.

Des exemples de défauts d'installation sur le réseau N°2 ont déjà été présentés, notamment sur la Planche 3-4. Les principaux **défauts des colonnes** sont effectivement localisés au niveau du **raccordement des bouches d'extraction**, où des situations extrêmes et graves ont été rencontrées, comme l'impossibilité de fixer correctement la manchette à cause de la détérioration du conduit flexible, voire l'absence totale de raccordement ou de bouchon en pied de colonne.

Par ailleurs, lorsque les **manchettes** sont installées, une grande partie d'entre elles présente des **défauts d'étanchéité**, en raison d'un mauvais raccordement (**absence de mastic d'étanchéité, joint important entre la manchette et le conduit flexible** par exemple).

Ces défauts sont d'autant plus importants qu'ils se retrouvent sur la quasi-totalité des bouches d'extraction. Lorsque cela a été possible, un diagnostic à l'intérieur des gaines techniques a révélé des **fuites légères** sur les **bouchons en pied de colonne**, mais surtout des **défauts importants de raccordements entre la colonne et les conduits flexibles**, avec par exemple **l'absence de ruban d'étanchéité**, voire même une **absence de raccordement**.

Enfin, pour la partie de réseau située en toiture terrasse, des **défauts** légers sont relevés au niveau des **bouchons de tête de colonne** (non équipés de joint d'étanchéité) ainsi qu'au niveau des **colmatages** effectués à l'aide de mastic (d'ores et déjà dégradé par les conditions extérieures, température, U.V). Ce dernier point pourrait s'aggraver avec le vieillissement.



# CHAPITRE 4 - MESURES DU DÉBIT DE FUITE ET CLASSES D'ÉTANCHÉITÉ

*Mesure du débit de fuite sur une portion de réseau représentative du circuit complet, détermination de la classe d'étanchéité d'un réseau, débit de fuite ramené à l'aire d'un "trou équivalent"*

## 4.1 Comment mesurer un débit de fuite ?

### ■ Définition de la représentativité du réseau à tester

Conformément à la norme NF EN 12237 (référence [4]), le **facteur d'étanchéité à l'air** d'un réseau aéraulique, noté  $f$ , s'exprime comme le rapport entre le **débit de fuite  $q_v$**  ( $m^3/s$ ) et **l'aire de la surface de réseau  $A_j$**  ( $m^2$ ), pour une différence de pression donnée entre l'ambiance et l'intérieur du conduit. Cette étanchéité à l'air est déterminée sur une **portion représentative** du réseau pour une pression correspondant à la pression normale de fonctionnement du réseau, comme cela est explicité plus loin.

La portion représentative du réseau dont on détermine l'étanchéité doit contenir, selon NF EN 12237, une variété représentative de dimensions de conduits et d'accessoires entre le ventilateur et un terminal de diffusion par exemple. De plus, cette portion doit satisfaire aux conditions suivantes :

- l'aire de la surface de réseau testé  $A_j$  doit représenter au moins 10 % de l'aire de la surface du réseau global et avoir une valeur minimale de  $10 m^2$
- le rapport entre la longueur totale de jonction  $L$  et la surface du réseau de conduit  $A_j$  doit être tel que :

$$1 \leq L/A_j \leq 1,5 \text{ (en } m^{-1}\text{)}$$

Le document FD E-51-767 (référence [2]) impose en outre que dans le cas où le réseau de rejet ou d'aspiration compris entre le ventilateur et l'extérieur nécessite d'être étanche à l'air pour éviter d'éventuelles recirculations vers les zones d'occupation, l'aire de la surface du réseau testé devra aussi intégrer cette branche de réseau.

La détermination de l'aire de la surface du réseau  $A_j$  doit se faire suivant les spécifications de la norme EN 14239 (référence [5]) qui explique comment comptabiliser les longueurs droites de conduits de différents diamètres ainsi que les accessoires présents sur le réseau, d'une part, pour les réseaux de conduits circulaires et, d'autre part, pour les réseaux de conduits rectangulaires.

**Note :** Si le réseau comprend des composants tels que, par exemple, des caissons de filtres ou des silencieux, la détermination de l'aire de la surface du composant et de la longueur des joints de connexion du composant au réseau s'effectue selon NF EN 15727 (référence [6]).

- **Détermination de l'aire de la surface de réseau, pour des conduits circulaires (extrait de la référence [5]) :**

L'aire de la surface d'un conduit (dénommée "aire latérale du conduit" dans la norme) est égale au **produit du périmètre intérieur du conduit par sa longueur**. Dans le cas d'un réseau comprenant des conduits de diamètres différents, coudes, changements de sections et accessoires, tel que celui schématisé Figure 4-1, il s'agit de mesurer des longueurs de conduits conformément à l'exemple présenté sur la figure. Ainsi, la longueur de chaque conduit droit de même diamètre doit être mesurée entre deux points situés sur des perpendiculaires à l'axe du conduit. En présence d'une pièce de transformation (cône  $\varnothing 800 / \varnothing 630$  sur la Figure 4-1), la longueur doit être comptée sur le conduit de plus grand diamètre ( $\varnothing 800$ ).

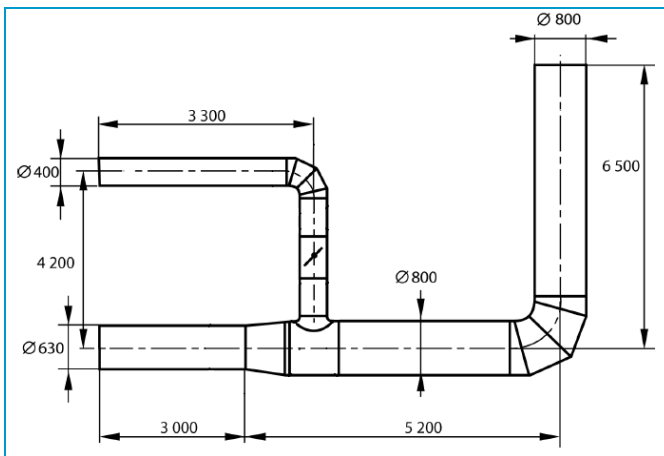


Figure 4-1 : Exemple d'une installation type de réseau de conduits circulaires

Le calcul de l'aire de la surface de ce réseau est présenté sur le Tableau 4-1. Dans le cas de conduits circulaires, **l'aire latérale du conduit par unité de longueur** (deuxième colonne du Tableau 4-1) est égale au **périmètre  $\pi D$**  (où  $D$  est le diamètre du conduit en m). L'aire de la surface totale du réseau,  $A_j$ , est dans ce cas de  $44,8 \text{ m}^2$ .

Tableau 4-1 : Calcul de l'aire de la surface du réseau représenté Figure 4-1

Diamètre mm	Longueur m	Aire latérale du conduit par unité de longueur $\text{m}^2/\text{m}$	Aire latérale totale du conduit $\text{m}^2$
800	$6,5 + 5,2$	2,51	$2,51 \times 11,7 = 29,4$
630	3	1,98	$1,98 \times 3 = 5,9$
400	$4,2 + 3,3$	1,26	$1,26 \times 7,5 = 9,5$
<b>Total installation</b>			<b>44,8</b>

- **Détermination de l'aire de la surface de réseau, pour des conduits rectangulaires (extrait de la référence [5]) :**

Le principe de la mesure de l'aire de la surface d'un réseau de conduits rectangulaires est similaire à celui d'un réseau de conduits circulaires. La Figure 4-2 montre un réseau type de conduits de section rectangulaire avec la façon de prendre en compte les longueurs de conduits de mêmes sections.

Le calcul de l'aire de la surface de ce réseau est présenté sur le Tableau 4-2. Pour les conduits rectangulaires, **l'aire latérale du conduit par unité de longueur** est égale au **périmètre de la section de conduit 2 (L + l)**, où L et l sont respectivement la longueur et la largeur du rectangle en m.

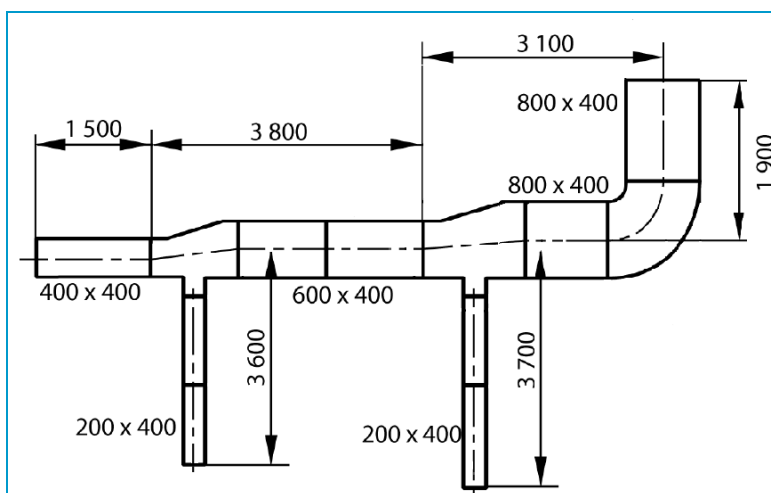


Figure 4-2 : Exemple d'une installation type de réseau de conduits rectangulaires

Tableau 4-2 : Calcul de l'aire de la surface du réseau représenté Figure 4-2

Diamètre mm	Longueur m	Aire latérale du conduit par unité de longueur m <sup>2</sup> /m	Aire latérale totale du conduit m <sup>2</sup>
800 x 400	1,9 + 3,1	2,4	2,4 x 5 = 12
600 x 400	3,8	2	2 x 3,8 = 7.6
400 x 400	1,5	1,6	1,6 x 1,5 = 2.4
200 x 400	3,6 + 3,7	1,2	1,2 x 7,3 = 8.8
<b>Total installation</b>			<b>30,8</b>

●

- **Détermination de la longueur totale de jonction :**

Il s'agit de la longueur totale des périmètres de jonction incluse dans la partie de réseau testée.

Pour déterminer L il faut donc comptabiliser tous les accessoires ou composants et leurs jonctions associées, ainsi que les jonctions des longueurs droites de conduits (les conduits droits sont assemblés à partir de longueurs standard, par exemple 3 m ou 5 m pour les conduits circulaires, 1,5 m ou 3 m pour les conduits rectangulaires).

- **Exemple d'un réseau SF de ventilation de logements collectifs :**

Ventilation simple flux par extraction. Bâtiment R+1. Caisson en combles perdus. Réseau de conduits circulaires.

Partie de réseau étudiée : 1/2 réseau (partie raccordée sur l'une des deux ouïes d'entrée du caisson), 8 colonnes, 23 bouches, cf. Tableau 4-3 et Tableau 4-4.

**Récapitulatif :**

- Aire de surface de réseau :  $A_j = 49,6 \text{ m}^2$
  - Longueur totale de jonction :  $L = 70,9 \text{ m}$
- }  $L/A_j \approx 1,4 \text{ m}^{-1}$

Cette partie de réseau étudiée est bien "représentative" du réseau global, au sens de FD E51-767 et NF EN 12237 (références [2] et [4]) puisque :

- l'aire de la surface de réseau de conduit testé représente au moins 10 % de l'aire de la surface du réseau global (ici, c'est environ 50 %) et elle est supérieure à  $10 \text{ m}^2$ ,
- le rapport entre la longueur totale de jonction L et la surface du réseau de conduit  $A_j$  est tel que :  $1 \leq L/A_j \leq 1,5$  (en  $\text{m}^{-1}$ ).

**Tableau 4-3 : Exemple de calcul de l'aire de surface de conduit - Immeuble collectif**

SURFACE DU RESEAU ( $A_j$ )		
Diamètre (mm)	Longueur (m)	Surface ( $\text{m}^2$ )
125	60,1	23,60
160	28,7	14,43
200	5,0	3,14
250	4,9	3,85
355	4,1	4,57
<b>Total</b>		<b>49,6 <math>\text{m}^2</math></b>

**Tableau 4-4 : Exemple de calcul de la longueur de jonction - Immeuble collectif**

ACCESSOIRES IDENTIFIES – longueur de jonction					
Nature	nb	Diamètre (mm)	nb racc. élémentaires	nb racc total	l (mm)
Bouche	23	125	1	23	9 032
Raccord 125	23	125	1	23	9 032
Conduit raccordement étage 125	12	125	3	36	14 137
Conduit raccordement étage 160	4	160	3	12	6 032
Bouchon 125	6	125	1	6	2 356
Bouchon 160	2	160	1	2	1 005
Bouchon 200	1	200	1	1	6 28
Piquage 125	4	125	1	4	1 571
Piquage 160	4	160	1	4	2 011
Caisson piquage combles 125	6	125	3	18	7 069
Caisson piquage combles 160	2	160	3	6	3 016
Coude 90/125	1	125	2	2	785
Réduction Concentrique 250/200	1	225	2	2	1 414
Réduction Concentrique 315/250	1	280	2	2	1 759
Manchette 400	1	400	2	2	2 513
Raccords conduits droits	(un raccord tous les 5 m en diamètre 125 et 160 → ensemble)			1	8 501
<b>Longueur totale de jonction L</b>					<b>70,9 m</b>

● **Exemple d'un réseau SF de ventilation des salles de classes d'un collège :**

Ventilation simple flux par extraction d'air. Caisson en toiture terrasse. Réseau de conduits circulaires, cf. Tableau 4-5 et Tableau 4-6.

Locaux desservis (sur un niveau) : 7 salles de classes, 2 locaux de rangement.

**Récapitulatif :**

- Aire de surface de réseau :  $A_j = 80,4 \text{ m}^2$
  - Longueur totale de jonction :  $L = 87,9 \text{ m}$
- }  $L/A_j \approx 1,1 \text{ m}^{-1}$

Comme précédemment, cette partie de réseau étudiée est bien "représentative" du réseau global au sens de la norme.

**Tableau 4-5 : Exemple de calcul de l'aire de surface de conduit - Collège**

SURFACE DU RESEAU (A <sub>i</sub> )		
Diamètre (mm)	Longueur (m)	Surface (m <sup>2</sup> )
125	34,5	13,55
200	14,5	9,11
250	15,5	12,17
315	18	17,81
355	23	25,65
450	1,5	2,12
<b>Total</b>		<b>80,4 m<sup>2</sup></b>

**Tableau 4-6 : Exemple de calcul de la longueur de jonction - Collège**

ACCESSOIRES IDENTIFIES – longueur de jonction					
Nature	nb	Diamètre (mm)	nb racc. élémentaires	nb racc. total	l (mm)
Bouche	20	125	1	20	7 854
Té 315	2	315	2	4	3 958
Té 355	2	355	2	4	4 461
Bouchon 315	1	315	1	1	990
Bouchon 355	1	355	1	1	1 115
Piquage 125	20	125	1	20	7 854
Piquage 315	2	315	1	2	1 979
Coude 90/125	3	125	2	6	2 356
Coude 90/315	3	315	2	6	5 938
Coude 90/355	3	355	2	6	6 692
Registre 315	1	315	2	2	1 979
Registre 355	2	355	2	4	4 461
Réduction concentrique 200/125	2	163	2	4	2 048
Réduction concentrique 250/200	2	225	2	4	2 827
Réduction concentrique 315/250	2	280	2	4	3 519
Réduction concentrique 355/315	1	335	2	2	2 105
Réduction concentrique 450/355	1	403	2	2	2 532
Manchette 450	1	450	2	2	2 827
Silencieux	1	450	2	2	2 827
Raccords conduits droits	(un raccord tous les 5 m en diamètre 125 à 355 → ensemble)			1	19 571
<b>Longueur totale de jonction L</b>					<b>87,9 m</b>

## ■ Méthode de mesure du débit de fuite

La Figure 4-3 montre un schéma de principe de la mesure du débit de fuite d'un réseau de conduits. Le conduit (ou réseau de conduits) est **obturé** par des bouchons à ses deux extrémités. A l'une de ses extrémités, conformément au schéma de la Figure 4-3 on raccorde un conduit équipé successivement d'un **ventilateur à vitesse variable**, un **débitmètre** et un **manomètre**. Le ventilateur (ou turbopompe) doit pouvoir souffler ou aspirer de l'air dans le réseau étudié, comme le montrent les flèches indiquant le sens du flux d'air sur le schéma, ce qui a pour effet de mettre le réseau en pression ou en dépression.

La pression (positive ou négative) imposée par ce dispositif doit être au moins égale à la **pression de fonctionnement**, c'est-à-dire la pression statique maximum pour laquelle le réseau de conduits est conçu en conditions normales de fonctionnement.

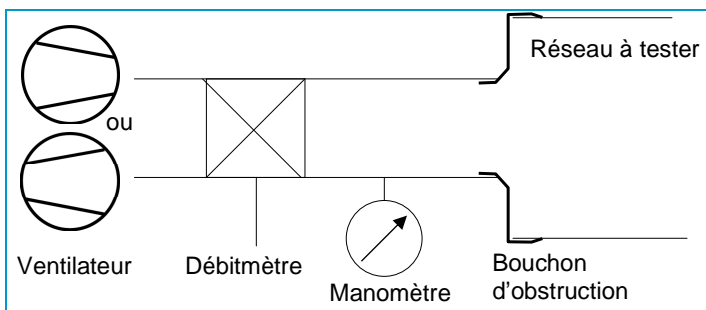
**Note :** On a présenté au § 2.4 les valeurs de pression de référence proposées dans la norme FD E 54-767. Une autre valeur de pression peut être choisie pour l'essai, si possible un peu supérieure à la pression régnant habituellement dans le réseau considéré.

A cette pression de fonctionnement (ou pression d'essai) on mesure la valeur du débit, qui correspond au débit de fuite du réseau si les bouchons d'obstruction sont suffisamment étanches.

**Note :** Un moyen simple et bon marché de contrôler l'étanchéité des bouchons est de mettre le conduit en pression et de mettre en évidence des éventuelles fuites à l'aide d'eau savonneuse, les fuites provoquant des bulles bien visibles.

Les relevés du débit de fuite doivent être enregistrés dans des **conditions stables**, c'est-à-dire lorsque la pression d'essai a été maintenue à  $\pm 5\%$  de la pression spécifiée pendant 5 min. Le débit de fuite est la valeur du débit relevée au bout de cette période de 5 min.

Il convient de souligner que cette méthode de mesure du débit de fuite est **conventionnelle**, elle donne le **même poids à toutes les fuites** quelle que soit leur position dans le réseau, sans tenir compte des différences de pression relative dans celui-ci. Si les fuites sont localisées à proximité du ventilateur, que ce soit à l'aspiration ou au soufflage, à surface égale elles généreront un débit de fuite plus important que si elles sont situées ailleurs dans le circuit car la pression (ou dépression) est plus importante près du ventilateur.





**Figure 4-3 : Schéma de principe de la mesure du débit de fuite**

### ■ Appareils de mesure du débit de fuite

Il existe plusieurs appareils de mesure du débit de fuite des réseaux aérauliques disponibles sur le marché. Six d'entre eux sont répertoriés ici afin de donner un aperçu de ce qui est proposé, sans que cela ne constitue une liste exhaustive (Tableau 4-7). Les caractéristiques indiquées sont celles qui sont données par le fabricant ou le revendeur, elles sont présentées de façon aussi homogène que possible. Pour plus de détail, les fiches techniques sont généralement disponibles sur les sites internet des fabricants.



**Tableau 4-7 : Quelques appareils du marché pour la mesure du débit de fuite des réseaux aérauliques**

Appareil	Fabricant/revendeur	Plages de débits et de pressions
 <p>Perméascope</p>	<p>ALDES www.aldes.fr</p>	<p><b>Résidentiel et petit tertiaire</b></p> <p>Plage de débits : <b>0 m<sup>3</sup>/h → 300 m<sup>3</sup>/h</b></p> <p>Plage de pressions : <b>-300 Pa → 0 Pa</b></p>
 <p>Modèle DL1</p>	<p>INFILTEC www.infiltec.com</p>	<p><b>Résidentiel et petit tertiaire</b></p> <p>Plage de débits : <b>0,57 m<sup>3</sup>/h → 527 m<sup>3</sup>/h</b></p> <p>Plage de pressions : <b>0 Pa → 750 Pa</b></p>
 <p>Pack LEAKAGE TESTER</p>	<p>LINDAB www.lindab.fr</p>	<p><b>Résidentiel et tertiaire</b></p> <p>Plage de débits : <b>0 m<sup>3</sup>/h → 198 m<sup>3</sup>/h</b></p> <p>Plage de pressions : <b>-750 Pa → 2000 Pa</b></p>
 <p>Modèle DU220</p>	<p>RETROTEC www.retrotec.com</p>	<p><b>Résidentiel</b></p> <p>Plage de débits : <b>8 m<sup>3</sup>/h → 1020 m<sup>3</sup>/h</b></p> <p>Plage de pressions : (non communiquée)</p>
 <p>Duct Leakage Tester</p>	<p>SWEMA www.swema.com</p>	<p><b>Résidentiel et tertiaire</b></p> <p>Plage de débits : <b>0 m<sup>3</sup>/h → 460 m<sup>3</sup>/h</b></p> <p>Plage de pressions : <b>-750 Pa → 1900 Pa</b></p>
 <p>Série PAN300</p>	<p>TSI Instruments www.tsiinc.fr</p>	<p><b>Résidentiel et tertiaire</b></p> <p>Plage de débits : <b>3,6 m<sup>3</sup>/h → 720 m<sup>3</sup>/h</b></p> <p>Plage de pressions : <b>-3735 Pa → 3735 Pa</b></p>

## 4.2 Classes d'étanchéité d'un réseau

### ■ Détermination de la classe d'étanchéité

Le **facteur d'étanchéité à l'air** d'un réseau aéraulique, noté **f** dans les documents normatifs, est le rapport du débit de fuite  $q_v$  sur l'aire de la surface du réseau  $A_j$  telle que définie au § 4.1.1 :

$$f = \frac{q_v}{A_j}$$

où  $q_v$  est exprimé en  $m^3/s$  et  $A_j$  en  $m^2$ .

La **limite d'étanchéité à l'air**  $f_{\max}$  est définie par :

$$f_{\max} = K \cdot p_{\text{essai}}^{0.65}$$

où : ■  $p_{\text{essai}}$  est la pression relative en Pa appliquée dans le circuit lors du test d'étanchéité.

■ K est un coefficient dépendant de la classe d'étanchéité du réseau, dont la valeur est donnée dans le Tableau 4-8 en fonction de la classe d'étanchéité.

**Tableau 4-8 : Classes d'étanchéité, Valeurs du coefficient K**

Classe d'étanchéité	Valeur du coefficient K
A	$27 \cdot 10^{-6}$
B	$9 \cdot 10^{-6}$
C	$3 \cdot 10^{-6}$
D	$1 \cdot 10^{-6}$

Un réseau de conduits sera dans une certaine classe d'étanchéité si son facteur d'étanchéité  $f$  est inférieur à la limite d'étanchéité  $f_{\max}$  correspondant à la classe considérée, ceci pour la pression d'essai appliquée lors de la détermination du débit de fuite.

#### ● **Exemple :**

Considérons un réseau de conduits dont l'aire de la surface  $A_j$  est de  $10 \text{ m}^2$ . L'essai d'étanchéité effectué à une pression d'essai  $p_{\text{essai}} = 100 \text{ Pa}$  a mis en évidence un débit de fuite de  $10 \text{ m}^3/h$ . Dans quelle classe d'étanchéité le réseau testé se situe-t-il ?

Le facteur d'étanchéité  $f$  de ce réseau est égal à :

$$f = \frac{10/3600}{10} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$$

La limite d'étanchéité  $f_{\max}$  pour une pression d'essai de 100 Pa est égale respectivement à :

$$f_{\max} = 27.10^{-6} \times 100^{0,65} = 5,39.10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \text{ pour la classe A}$$

$$f_{\max} = 9.10^{-6} \times 100^{0,65} = 1,8.10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \text{ pour la classe B}$$

Le facteur d'étanchéité  $f$  du réseau considéré étant compris entre ces deux valeurs de  $f_{\max}$ , le réseau est donc de classe A.

**Note :** Une feuille de calcul Excel, fournie en complément de ce guide, utilise les formules ci-dessus pour déterminer la classe d'étanchéité d'un réseau à partir des trois éléments suivants à renseigner :

- aire de la surface du réseau testé ( $\text{m}^2$ )
- pression d'essai (Pa)
- débit de fuite mesuré ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

On doit également rentrer dans cette feuille de calcul la température ambiante et la pression atmosphérique relevées lors de l'essai pour calculer le débit de fuite à la masse volumique de référence  $\rho = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

## ■ Débit de fuite ramené à l'aire d'un "trou équivalent"

La fuite d'un réseau aéraulique étant due à des défauts d'étanchéité plus ou moins grossiers, il est intéressant de donner une représentation de cette fuite en termes de « **trou équivalent** ». Cela permet de comparer l'aire du « trou équivalent », que l'on pourrait appeler  $A_{\text{te}}$ , avec l'aire de la surface de réseau, de façon à avoir une image de la fuite et mieux se rendre compte de l'impact de tel ou tel défaut « visible » (ex. perforation d'une manchette, jonction déchirée, ...). Cela permet de se rendre compte qu'au final **l'addition de quelques défauts** apparemment mineurs peut conduire à une **fuite relativement importante**, se traduisant par une classe médiocre d'étanchéité du réseau en question.

Ainsi, en assimilant la fuite à un petit orifice ou « trou équivalent », on peut déterminer l'aire de ce petit orifice,  $A_{\text{te}}$ , par la formule :

$$q_v = \zeta \times A_{\text{te}} \times (2 p_{\text{essai}} / \rho)^{0,5} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

soit :

$$A_{\text{te}} = (q_v / \zeta) \times (2 p_{\text{essai}} / \rho)^{-0,5} \quad (\text{m}^2)$$

avec : ■  $q_v$  : débit de fuite ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

- $\zeta$  : coefficient de perte de charge de l'orifice (estimé à 0,61)
- $A_{\text{te}}$  : aire de l'orifice équivalent ( $\text{m}^2$ )
- $p_{\text{essai}}$  : pression d'essai (Pa)
- $\rho$  : masse volumique de l'air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Si le débit de fuite  $q_v$  est exprimé en  $\text{m}^3/\text{h}$  et que l'on veut obtenir l'aire du trou équivalent en  $\text{cm}^2$ , la formule à utiliser est la suivante :

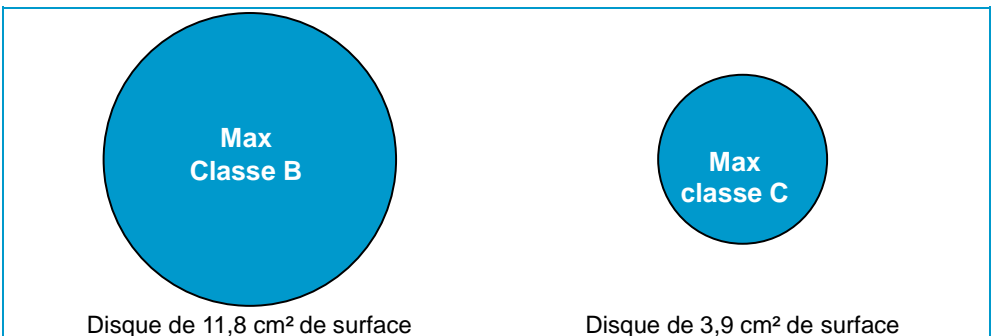
$$A_{\text{te}} = 2,78 (q_v / \zeta) \times (2 p_{\text{essai}} / \rho)^{-0,5} \quad (\text{cm}^2)$$

**Note :** Dans la feuille de calcul Excel, fournie en complément de ce guide, l'aire du trou équivalent à la fuite est calculée automatiquement en fonction des paramètres ci-dessus.

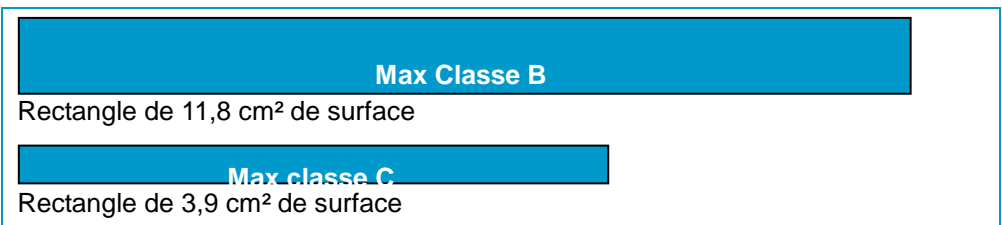
Ainsi, dans l'exemple présenté au § 4.2.1 avec une aire de surface de réseau  $A_j$  de  $10 \text{ m}^2$ , une pression d'essai de  $100 \text{ Pa}$ , le débit de fuite de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  correspond à un « trou équivalent » de  $3,5 \text{ cm}^2$ , ce qui correspond à un disque de  $2,1 \text{ cm}$  de diamètre. Dans l'exemple du réseau collectif SF au § 4.1.1.4, l'aire de la surface du réseau est  $A_j = 49,6 \text{ m}^2$  et la pression d'essai est de  $110 \text{ Pa}$ .

- **Quelle est la fuite maximale admissible pour être en Classe B et quel est le diamètre du trou équivalent ?**

Le calcul nous donne un débit de fuite maximum de  $34,1 \text{ m}^3/\text{h}$ . Ceci correspond à un trou équivalent de surface  $11,8 \text{ cm}^2$ , soit  $3,88 \text{ cm}$  de diamètre (cf. figure 4-4). C'est relativement peu lorsqu'on considère l'ensemble des petits défauts que l'on peut trouver sur un réseau et l'addition de tous ces petits défauts. Il faut donc être particulièrement vigilant lors de la mise en œuvre des réseaux aérauliques. Dans ce dernier exemple, la limite de la Classe C serait atteinte avec une fuite de  $11,4 \text{ m}^3/\text{h}$ , soit un "trou équivalent" de superficie  $3,9 \text{ cm}^2$  (équivalent d'un petit disque de  $2,24 \text{ cm}$  de diamètre). Les surfaces des "trous équivalents" sont représentées sous forme de cercles ou de rectangles dans les figures 4-4 et 4-5 afin de mieux visualiser l'impact de ces fuites.



**Figure 4-4 : Représentation de la fuite par un trou équivalent en forme de disque**



**Figure 4-5 : Représentation de la fuite par un trou équivalent en forme de fente rectangulaire**

# CHAPITRE 5 - RÉGLEMENTATION RELATIVE À L'ÉTANCHÉITÉ DES RÉSEAUX

*Prise en compte des fuites des réseaux dans la réglementation thermique française, aperçu de la réglementation et des pratiques à l'étranger, notamment en Scandinavie*

## 5.1 Prise en compte des fuites de réseau dans la réglementation thermique française

### ■ RT 2005

La prise en compte des fuites du réseau aéraulique est faite dans la RT 2005 (méthode de calcul Th-CE 2005) par la **majoration du débit d'air**, par un coefficient Cfres. Le débit d'air extrait par l'ensemble des bouches est égal au débit minimal résultant des réglementations d'hygiène, **majoré du coefficient Cfres**, dont la valeur dépend de la classe d'étanchéité du réseau considéré.

Le coefficient de fuite du réseau Cfres a une valeur comprise entre 1 et 1,1 suivant la classe de fuite du réseau Clfres (voir Tableau 5-1).

**Tableau 5-1 : Définition des classes Clfres (Règles Th-CE 2005)**

Classe de Clfres	Clfres1	Clfres2	Clfres3
Valeur de Clfres	1	1,05	1,10

Connaissant le type de réseau et sa classe d'étanchéité telle que définie au chapitre 4, on peut en déduire la classe de fuite du réseau Clfres conformément au Tableau 5-2.

**Tableau 5-2 : Classe Clfres en fonction de la classe d'étanchéité du réseau (Règles Th-CE 2005)**

Type de réseau	Classe d'étanchéité	K ( $m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ )	Classe Clfres
Basse pression	Hors classe	$67,5 \cdot 10^{-6}$	Clfres2
	A	$27 \cdot 10^{-6}$	Clfres1
	B	$9 \cdot 10^{-6}$	Clfres1
	C	$3 \cdot 10^{-6}$	Clfres1
Autres cas	Hors classe	$67,5 \cdot 10^{-6}$	Clfres3
	A	$27 \cdot 10^{-6}$	Clfres2
	B	$9 \cdot 10^{-6}$	Clfres1
	C	$3 \cdot 10^{-6}$	Clfres1

Ainsi, un réseau présentant **une bonne ou très bonne étanchéité** (classe B ou C) est de classe **Clfres1** quel que soit le type de réseau, donc  $C_{fres} = 1$ , il n'y a aucune pénalité appliquée sur le débit hygiénique. Inversement, un **réseau hors classe**, de pression de fonctionnement supérieure à 20 Pa, est de classe **Clfres3**, soit  $C_{fres} = 1,1$ . Le débit à prendre en compte dans le calcul de consommation électrique du ventilateur et de consommation de chauffage est dans ce cas supérieur de 10 % au débit hygiénique minimal pour tenir compte des fuites.

Par convention, si les conduits sont rigides et tous équipés d'accessoires à joints le réseau peut-être considéré comme étant de classe A.

## ■ RT 2012

La qualité d'étanchéité du réseau est prise en compte dans les calculs réglementaires à la fois au niveau de la **consommation de chauffage ou de refroidissement** et au niveau de la **consommation des auxiliaires** (ventilateurs). Pour le calcul de la consommation de chauffage (ou de refroidissement), le débit d'air soufflé ou d'air repris par le ventilateur est égal au débit d'air hygiénique réglementaire augmenté du débit de fuite du réseau estimé.

Selon cette réglementation, le débit de fuite s'écrit :

$$q_v = 3600 \text{ Kres} \cdot A \cdot dP^{0.667}$$

où : ■  $q_v$  : débit de fuite ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

- Kres : coefficient fonction de la classe d'étanchéité du réseau (Tableau 5-3)
- A : aire de la surface du réseau, calculée de façon conventionnelle en fonction du type de bâtiment (maison individuelle, bâtiment collectif, autre) ( $\text{m}^2$ ). Cette valeur est définie de façon conventionnelle dans la méthode de calcul Th-BCE 2012 (Tableau 5-4)
- $dP$  : pression dans le réseau, dont la valeur est fixée de façon conventionnelle en fonction du type de bâtiment (Pa) (Tableau 5-4)

**Tableau 5-3 : Classes d'étanchéité et valeur conventionnelle du Kres (Méthode Th-BCE 2012, référence [7])**

Classe d'étanchéité du réseau Cletres	Kres ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )
Valeur par défaut	$0,0675 \cdot 10^{-3}$
A	$0,027 \cdot 10^{-3}$
B	$0,009 \cdot 10^{-3}$
C	$0,003 \cdot 10^{-3}$

**Note** : Le respect de la réglementation nécessite donc de connaître la classe d'étanchéité du réseau par des mesures ou dans le cadre d'une démarche qualité agréée.

Les valeurs de Kres du Tableau 5-3 sont les mêmes que celles qui définissent les classes d'étanchéité au § 4.2.1 ou encore celles qui sont données dans le Tableau 5-2. Seul diffère l'exposant de la pression du réseau dans le calcul du débit de fuite, égal ici à 0.667 au lieu de 0.65 au § 4.2.1.

Si la classe du réseau est rentrée par défaut (plus médiocre que la classe A ou de classe inconnue), on prend  $K_{res} = 0,0675 \times 10^{-3}$  pour l'évaluation du débit de fuite, ce qui correspond à la classe 2,5 x A et entraîne des débits globaux plus grands.

L'amélioration de l'étanchéité des réseaux aura des effets sur les consommations de chauffage ou de refroidissement très différents **selon la part du réseau située en volume chauffé ou non chauffé**. Des valeurs par défaut des parties de réseau situées en volume chauffé ou non chauffé (convention hivernale) sont proposées dans les règles Th-BCE 2012 (référence [7]) (Tableau 5-4). Ces valeurs peuvent être modifiées pour chaque projet par le bureau d'étude (par exemple une maison individuelle peut avoir 100 % de son réseau de soufflage et d'extraction en volume chauffé).

**Tableau 5-4 : Valeurs par défaut des parties de réseau en volume chauffé, et valeurs conventionnelles des surfaces de réseau et des pressions dans les réseaux pour le calcul des fuites selon les types des bâtiments (Méthode Th-BCE 2012, référence [7])**

	Part de conduits en volume chauffé - par défaut	Surface conventionnelle de réseau	Pression conventionnelles des réseaux		
Maison individuelle ou accolée	Ratfuitvc <b>0,25</b>	Ratsurfcond <b>0,1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> de SHAB</b>	Haute pression <b>80 Pa</b>	Moyenne pression <b>40 Pa</b>	Basse pression <b>20 Pa</b>
Bâtiment résidentiel collectif	Ratfuitvc <b>0,5</b>	Ratdebcond <b>0,05 m<sup>2</sup> / (m<sup>3</sup>/h)</b>	Haute pression <b>160 Pa</b>	Moyenne pression <b>40 Pa</b>	Basse pression <b>20 Pa</b>
Bâtiments tertiaires	Ratfuitvc <b>0,75</b>	Ratdebcond <b>0,05 m<sup>2</sup> / (m<sup>3</sup>/h)</b>	Haute pression <b>250 Pa</b>		

Pour un système de **ventilation simple flux** par extraction, les **fuites situées en volume chauffé** auront pour effet **d'augmenter les besoins de chauffage l'hiver** (ou de refroidissement l'été). Une bonne étanchéité du réseau permettra donc de limiter les consommations de chauffage et de refroidissement.

Pour un système de **ventilation double flux**, la référence [8] montre l'influence quantitative des fuites et de l'isolation thermique du réseau sur l'efficacité du système double flux. Cette étude montre que si le réseau est situé dans le **volume non chauffé**, **l'efficacité de l'appareil** peut pratiquement **diminuer d'un facteur 2** si le réseau est à la fois fuyard (classe d'étanchéité 3 x A) et mal isolé (résistance thermique de 1,2 m<sup>2</sup>.K/W).

Inversement, lorsque le réseau est en **volume chauffé l'impact des fuites** et de l'isolation du réseau sur l'efficacité du caisson double flux **est pratiquement négligeable**.

Cependant la classe d'étanchéité des réseaux doit être également être prise en compte pour la détermination des **puissances des ventilateurs** lors de la **phase de dimensionnement**. Cette phase est laissée à la charge des bureaux d'études et reste très peu décrite dans la méthode Th-BCE 2012 (référence [7]). La puissance électrique du ventilateur au point de fonctionnement correspondant au débit d'air hygiénique augmenté des fuites et à la pression estimée du réseau, est de fait plus élevée lorsque le débit de fuite augmente, ceci quel que soit l'emplacement du caisson dans le bâtiment. Ainsi la consommation des auxiliaires de ventilation doit être augmentée si le réseau aéraulique est peu étanche.

En conclusion, la qualité d'étanchéité des réseaux aérauliques est prise en compte dans la réglementation thermique française, au même titre qu'un grand nombre d'autres paramètres. Le maître d'ouvrage a donc intérêt à s'engager sur un résultat performant en matière d'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques, il y gagnera en **consommation conventionnelle** (calcul règlementaire) mais aussi en **consommation réelle** (résultat final). Il devra cependant prouver qu'il atteint la performance annoncée par une mesure d'étanchéité, sinon il devra prendre une **valeur par défaut qui pénalise le calcul**.

Dans un premier temps, ce sont surtout les **labels de performance énergétique des bâtiments** qui vont inciter à une mise en œuvre des réseaux étanches, comme ils incitent depuis quelques années déjà à réaliser des enveloppes de bâtiments étanches à l'air. Ainsi, après avoir imposé la mesure de l'étanchéité à l'air des bâtiments, le **label effinergie<sup>+</sup>** rend obligatoire depuis janvier 2012 la mesure des débits de ventilation et de l'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques. De plus, l'étanchéité des réseaux doit être au minimum de **classe B**.



## 5.2 Aperçu de la réglementation et des pratiques relatives à l'étanchéité des réseaux à l'étranger

Les pays scandinaves sont beaucoup plus en avance que la France et que la plupart des pays européens en matière d'étanchéité des réseaux aérauliques. Un document élaboré dans le cadre du projet européen ASIEPI fait le point sur les pratiques et réglementations existant dans ce domaine en Europe du nord (référence [9]).

En Scandinavie, **les réseaux étanches constituent la norme** : 90 à 95 % des réseaux installés sont constitués de conduits métalliques circulaires avec joints. Ces réseaux sont de classe C au minimum.

**En Suède**, la plupart des bâtiments et de leurs servitudes satisfont aux préconisations du guide de bonnes pratiques AMA. Concernant les systèmes de ventilation/climatisation, l'AMA définit des classes minimales d'étanchéité des réseaux aérauliques à atteindre en fonction de la situation et les règles de mise en service correspondantes.

Ainsi, les classes d'étanchéité à respecter sont les suivantes (voir la définition des classes d'étanchéité au chapitre 4) :

- **classe A** : (le niveau le plus bas autorisé) pour les réseaux visibles dans lesquels les fuites n'ont pas vraiment de signification car elles profitent à l'espace entourant le réseau.
- **classe B** : s'applique à tout réseau de conduits rectangulaires ou à tout réseau dont la surface totale est inférieure à 20 m<sup>2</sup>.
- **classe C** : s'applique à tout réseau de conduits circulaires de surface supérieure à 20 m<sup>2</sup>, soit la grande majorité des bâtiments. Les accessoires à joint peuvent faire l'objet d'une certification du SITAC (équivalent suédois du CSTB). L'utilisation sur l'intégralité d'un réseau d'accessoires certifiés garantit l'obtention d'une classe C et dispense d'un test d'étanchéité lors de la réception de l'installation.
- **classe D** : peut être exigée dans le cas où l'étanchéité est un paramètre essentiel. Ceci nécessite généralement d'utiliser des conduits circulaires avec des accessoires à joints doubles.

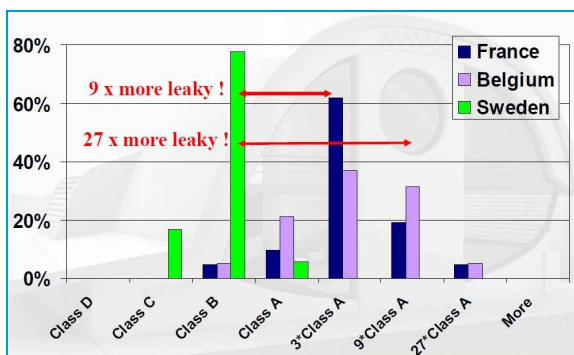
En cas d'utilisation d'accessoires non certifiés, des mesures du débit de fuite du réseau doivent être obligatoirement réalisées lors de la réception de l'installation sur une surface représentant au moins 10 % de la surface totale du réseau si les conduits sont circulaires et 20 % du réseau si les conduits sont rectangulaires, ceci afin de vérifier si les exigences d'étanchéité prévues dans le contrat sont respectées. Les essais doivent être effectués par le contractant (ou par un de ses sous-traitants), qui doit inclure le prix des tests dans son devis.

Si les mesures à la réception montrent que la classe d'étanchéité prévue dans le contrat n'est pas atteinte, des travaux de mise en conformité avec vérification par des essais complémentaires sont exigés.

**En Norvège**, il n'y a pas de classe minimum d'étanchéité requise pour les réseaux aérauliques, c'est le maître d'ouvrage qui définit ses exigences au cas par cas. En pratique, le minimum imposé est la classe B et **90 % des réseaux installés sont de classe C**.

**En Finlande**, la situation est similaire à celle de la Suède. La réglementation bâtiment impose la classe B comme seuil minimum d'étanchéité pour l'ensemble du réseau considéré et **recommande** que les conduits et accessoires constituant le réseau soient **au moins de classe C**.

Dans les **autres pays européens**, les conduits rectangulaires sont beaucoup plus utilisés qu'en Scandinavie, au détriment de l'étanchéité. La vérification de l'étanchéité par des mesures de débit de fuite sur site est peu répandue faute d'incitations par les pouvoirs publics. Le projet européen SAVE-DUCT (référence [10]), qui s'est terminé à la fin des années 1990 et qui consistait à réaliser des mesures de débit de fuite sur plus d'une centaine de systèmes de ventilation installés en **France, Belgique et Suède**, a mis en évidence que la plupart des réseaux testés en France et en Belgique étaient beaucoup **plus fuyards que la classe A**, alors qu'en Suède aucun des circuits ne descendaient en dessous de la classe A, la très grande majorité étant de classe B ou C (Figure 5-1). A noter que la Régie des Bâtiments Belges souhaiterait imposer à terme la classe d'étanchéité C dans les spécifications techniques des réseaux (référence [11]), ce qui devrait demander un effort très important par rapport aux pratiques adoptées jusque là par les fabricants et installateurs.



**Figure 5-1 : Comparaison des classes d'étanchéité relevées sur des réseaux dans trois pays européens (source : projet SAVE-DUCT, référence [10])**

# CHAPITRE 6 - LES DIFFÉRENTS TYPES D'ASSEMBLAGES EN FONCTION DU TYPE DE RÉSEAU ET DE L'APPLICATION

*Balayage des techniques les plus courantes d'assemblage des réseaux aérauliques et impact sur l'étanchéité à l'air, les coûts d'installation (matériel et main-d'œuvre), les consommations d'énergie, l'environnement.*

## 6.1 Techniques d'assemblage les plus courantes

L'objectif est de balayer l'ensemble des techniques d'assemblage des réseaux aérauliques : techniques dites "classiques" (**sans accessoires à joints**), techniques plus "récentes" (**avec accessoires à joints**), en tenant compte des principales contraintes (encombrement, isolation, pression de fonctionnement, ...) et en considérant que l'étanchéité à l'air doit être la meilleure possible mais sans imposer un objectif de classe d'étanchéité, ce dernier étant analysé dans un deuxième temps (cf. § 6.2). Il pourra ressortir au final, suivant l'objectif d'étanchéité recherché, l'impossibilité d'utiliser telle ou telle technique.

Le choix d'une géométrie entre un réseau circulaire ou un réseau rectangulaire est essentiellement guidé par une question d'**encombrement**. Une contrainte d'encombrement peut rendre "nécessaire" le recours aux conduits rectangulaires : ex. passage de conduits en plafond d'un local technique, passage de conduits dans un faux-plafond, ...

*Par exemple, en première approche, l'équivalent d'un diamètre 800 mm circulaire serait un conduit rectangulaire de dimensions approximatives : Hauteur = 500 mm, Largeur = 1000 mm.*





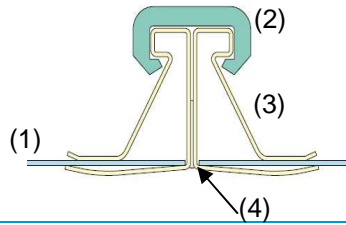
			
Conduits circulaires spiralés et accessoires standards. L'assemblage est assuré par des vis et l'étanchéité par du mastic	Conduits circulaires spiralés et accessoires standards. L'assemblage est assuré par des vis et l'étanchéité par de la bande adhésive	Conduits circulaires spiralés et accessoires à joints. L'assemblage est assuré par des vis	Conduits circulaires spiralés et accessoires à joints avec système d'assemblage par "click" (brevet Lindab "Safe Click")

Planche 6-1 : Réseaux circulaires rigides



Conduits rectangulaires (1) et accessoires avec cadre de montage (2,3). L'étanchéité est assurée par des joints en mousse (4)

### Planche 6-2 : Réseaux rectangulaires

L'isolation peut être rapportée sur un **réseau "standard"** tel que montré précédemment (conduits de base non isolés). Cela ne change rien, a priori, sur la caractéristique d'étanchéité du réseau sur lequel est rapportée l'isolation.

L'isolation peut aussi être obtenue en utilisant des **conduits isolés** types "double peau" ou autoportants. Sur les conduits "double peau" l'étanchéité est normalement très bonne car les vis d'assemblage ne traversent que la peau extérieure, qui n'est pas en contact avec le flux d'air, et la connexion intérieure est assurée par des accessoires à joints. Sur les conduits autoportants l'étanchéité est assurée par des bandes adhésives.



Isolation rapportée sur un réseau circulaire



Isolation rapportée sur un réseau rectangulaire



Conduit type double-peau (les accessoires de raccordement types coudes et réductions sont également du même type)

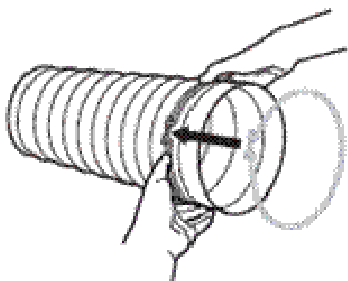


Conduit type "autoportant" (les pièces de raccordement sont réalisées à partir des mêmes composants de base)

### Planche 6-3 : Conduits isolés

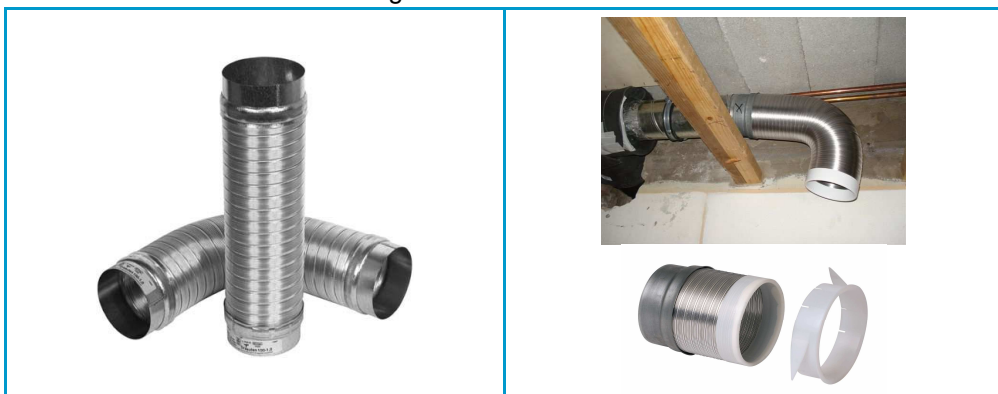
L'utilisation de **vis d'assemblage**, nécessaires pour la tenue des réseaux circulaires et présentes en plus ou moins grand nombre en fonction des techniques utilisées (cf. Planche 6-1), est une source potentielle de fuite supplémentaire. Il est à noter également que, lors de la réalisation sur le chantier, des modifications peuvent être nécessaires (ex. déplacement d'un té, remplacement d'un accessoire, etc ...) et entraîner la suppression de certaines vis de montage, dont il faudra prendre bien soin de **reboucher les trous** après modifications (cf. Chapitre 7).

Concernant les conduits souples ou semi-rigides, utilisés principalement dans les parties terminales des réseaux, l'assemblage se fait essentiellement par connexion avec d'un côté des conduits rigides ou des unités terminales de traitement d'air (par exemple) et de l'autre côté des bouches de diffusion ou de reprise d'air. Ce sont des pièces de raccords et/ou des colliers de serrage qui assurent la liaison et l'étanchéité à l'air (Figure 6-1). Leur mise en œuvre doit être **solide**.



**Figure 6-1 : Mise en place d'un collier sur un conduit souple autour d'une pièce de raccordement (qui viendra ensuite se brancher sur un raccord mâle rigide)**

En outre, pour éviter les déformations et déchirements souvent rencontrés en pratique sur des conduits semi-rigides terminaux, les fabricants mettent au point des **accessoires de raccordement spécialement adaptés** et très efficaces tels que ceux représentés sur la Planche 6-4. Ils permettent notamment de réaliser des **liaisons fiables et étanches**, en collectif, entre les colonnes verticales et les bouches d'extraction d'air des logements.



**Planche 6-4 : Accessoires de raccordement spécifiques pour les terminaux (diffuseurs, bouches, ...)**

## 6.2 Comparatif des différentes techniques d'assemblage en termes d'étanchéité, de coût global (matériel et main-d'œuvre) et d'impact énergétique et environnemental

On s'intéresse ici aux conduits les plus répandus, circulaires ou rectangulaires, pour examiner leurs principales caractéristiques en termes **d'étanchéité à l'air**, de **coût d'installation** (matériel et main-d'œuvre), **d'impact sur les consommations** associées aux systèmes de ventilation et éventuellement **d'impact environnemental**.

### ■ Comparaison des techniques en termes d'étanchéité et de coût d'installation

#### ● Comparaison "préalable" entre conduits rigides circulaires et rectangulaires :

Toutes les études montrent une différence très nette d'étanchéité à l'air entre les réseaux de conduits **circulaires** et les réseaux de conduits **rectangulaires**, à l'avantage des premiers.

C'est ce que montrent par exemple les études réalisées dans le cadre du projet ASIEPI (référence [12]), dont deux graphiques sont reproduits Figure 6-2.

On parvient **au mieux à la classe A avec les réseaux rectangulaires**. Parmi les causes de fuites principales des réseaux rectangulaires, il faut citer celles qui sont liées aux **déformations des conduits** (gonflements ou écrasements suivant que l'on se trouve en surpression ou en dépression), qui entraînent des fuites aux jonctions. Bien entendu, les fabricants de conduits rectangulaires et d'accessoires associés développent des solutions pour lutter contre ces points faibles (voir Note au bas de la page 49).

Globalement, **on préférera passer en conduits circulaires** partout où cela est possible. Ce n'est pas toujours possible, en particulier pour des raisons d'encombrement (cf. Chapitre 7).

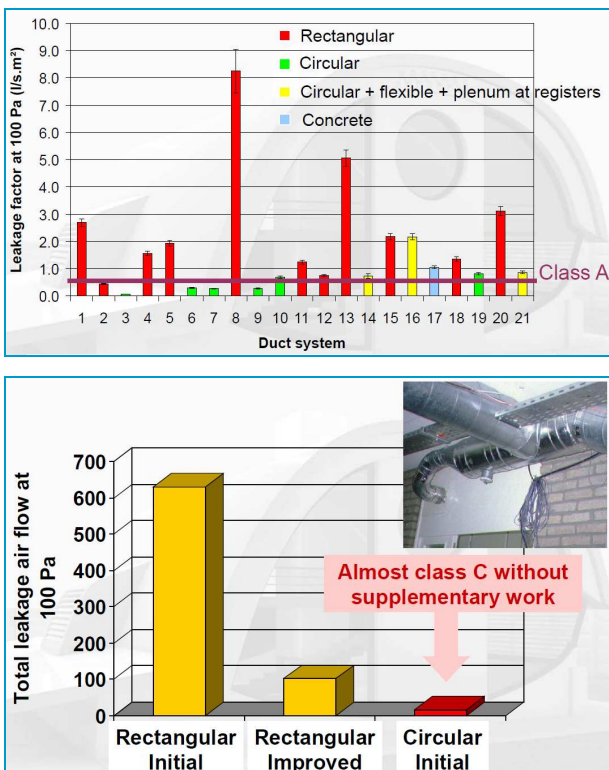
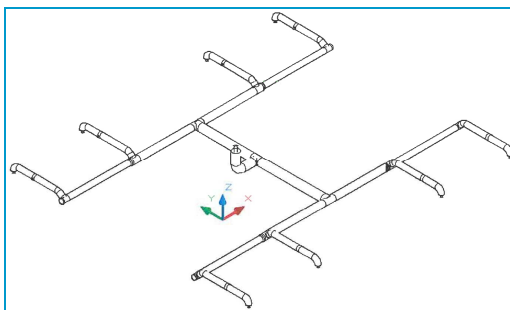


Figure 6-2 : Comparaison entre réseaux de conduits circulaires et rectangulaires (extrait de référence [12])

- **Étude comparative des différentes techniques d'assemblage des réseaux circulaires et rectangulaires :**

La société LINDAB a fait réaliser par un laboratoire indépendant, le TÜV Rheinland, une étude comparative des cinq techniques d'assemblages décrites au § 6.1 sur deux réseaux types (un réseau circulaire et un réseau rectangulaire), en examinant les aspects étanchéité et coût de revient global matériel plus main-d'œuvre.

Le réseau **circulaire** est schématisé Figure 6-3. Il comporte des conduits de différents diamètres compris entre 160 et 315 mm. L'aire de la surface totale du réseau  $A_j$  est de 34,9 m<sup>2</sup> et la longueur totale des joints  $L$  est de 57 m, ce qui conduit à un rapport  $L/A_j = 1,63 \text{ m}^{-1}$ . Selon la norme NF EN 12237 (référence [4]), ce rapport doit normalement être compris entre 1 et 1,5 m<sup>-1</sup>. Ce léger dépassement devrait se traduire par un débit de fuite potentiellement un peu supérieur à celui qui serait mesuré sur un réseau dont le rapport  $L/A_j$  respecterait les préconisations de la norme.



**Figure 6-3 : Réseau circulaire testé**

Le réseau **rectangulaire** est de forme très similaire à celle du réseau circulaire testé. Les sections de conduits varient de 150 x 150 mm<sup>2</sup>, pour la plus petite, à 200 x 400 mm<sup>2</sup> pour la plus grande. L'aire  $A_j$  de l'ensemble du réseau est dans ce cas de 42,3 m<sup>2</sup> et la longueur totale des joints  $L$  est de 71,2 m. Le rapport  $L/A_j$  est donc égal à 1,68, ce qui est une valeur proche de celle du réseau circulaire.

Pour le réseau circulaire, les quatre techniques d'assemblage décrites sur la Planche 6-1 ont été testées alors que pour le réseau rectangulaire, seule la technique d'assemblage présentée Planche 6-2 a été testée.

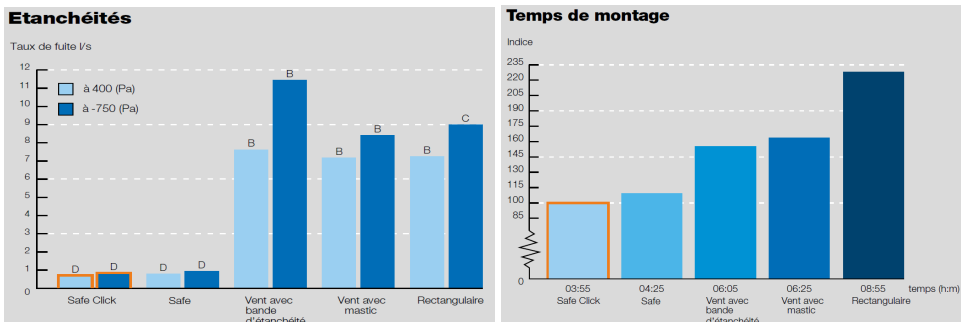
Les résultats sont donnés sous forme d'histogrammes :

- **étanchéité à l'air** : avec indication de la Classe B, C ou D (Figure 6-4),
- **temps de montage** : temps en heure, minute et représentation sur la base 100 du système le plus rapide à assembler (Figure 6-4),
- **coût total** : matériel et main d'œuvre, sur une base 100 correspondant au coût total du réseau le plus "économique" (Figure 6-5).

On observe sur les conduits circulaires un **écart très important entre les systèmes à joints** (Safe ou Safe Click - classe D) **et les systèmes "classiques"** (bande d'étanchéité ou mastic - classe B). Le réseau rectangulaire testé est relativement performant puisqu'il atteint la classe B, voire la classe C, suivant la pression d'essai, et se situe au niveau des réseaux circulaires avec assemblage "classique".

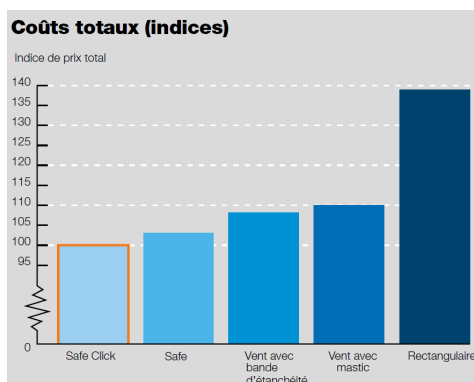
On observe un **écart très sensible** entre les **temps de montage** du **réseau circulaire** avec assemblages **à joints** et celui avec assemblages **classiques**. Le temps de montage du **réseau rectangulaire** est de loin **le plus élevé**, avec une augmentation du temps d'un facteur 2 lorsqu'on passe du réseau circulaire avec accessoires à joints au réseau rectangulaire.





**Figure 6-4 : Classe d'étanchéité et temps de montage en fonction de la technique d'assemblage (source LINDAB)**

**Note :** Les réseaux testés dans cette étude ont fait l'objet d'une mise en œuvre optimale, ce qui peut expliquer pourquoi le réseau rectangulaire en particulier est nettement plus performant que ce qui est observé en pratique avec cette technique.



**Figure 6-5 : Coût total (main d'œuvre + achat) en fonction de la technique d'assemblage (source LINDAB)**

Au final un réseau circulaire avec accessoires à joints, le plus performant en matière d'étanchéité à l'air, présente un coût global (matériel + main-d'œuvre) inférieur d'environ 10 % au coût d'un réseau circulaire classique, nettement moins performant en termes d'étanchéité. Quant au réseau rectangulaire, il coûte au final 1,5 fois le coût du réseau circulaire avec accessoires à joints, pour un résultat généralement nettement moins performant en matière d'étanchéité.

**Note :** Cette suprématie des conduits circulaires par rapport aux conduits rectangulaires tend à s'estomper lorsque la taille augmente, typiquement au-delà de 630 mm. Dans ce cas, le temps de montage et les performances d'étanchéité des conduits rectangulaires peuvent devenir comparables à ceux des conduits circulaires.

## ■ Comparaison des techniques en terme d'économies d'énergie et d'impact environnemental

Nous allons illustrer par un exemple l'impact d'une amélioration de l'étanchéité des réseaux sur la baisse de la consommation d'énergie et sur les économies annuelles réalisées.

L'exemple concerne l'immeuble résidentiel collectif dont le réseau de ventilation est décrit au § 3.2.1. Il s'agit d'un immeuble résidentiel collectif de 5 étages, situé à Villeurbanne (Rhône), comprenant 13 logements de surface totale au sol 950 m<sup>2</sup>. La surface du réseau de conduits est de 84 m<sup>2</sup>, la ventilation est effectuée par un caisson d'extraction simple flux placé dans les combles sous toiture. Comme l'indique la Figure 6-6, on considère que 2/3 de la surface du réseau, et donc des fuites associées, se situent en volume chauffé et que le tiers restant est en volume non chauffé.

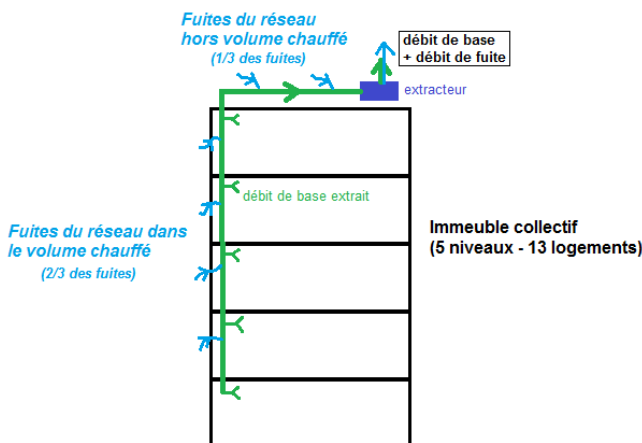


Figure 6-6 : Schéma de l'immeuble considéré

Les **fuites du réseau** ont un impact, d'une part, sur le **débit du ventilateur** qui doit être majoré du débit de fuites total (en volume chauffé et non chauffé) pour assurer le débit d'air hygiénique aux bouches. Il en résulte un accroissement de la puissance électrique du ventilateur.

Les fuites ont également un impact sur la **consommation de chauffage** car le débit de fuites du réseau situé dans le volume chauffé doit être chauffé en plus du débit provenant des bouches d'extraction des logements.

L'objectif de l'exemple présenté est de calculer, d'une part, la consommation électrique du ventilateur et, d'autre part, la consommation de chauffage liée uniquement au renouvellement d'air dans l'immeuble. Le gain d'énergie et les économies réalisées lorsqu'on améliore l'étanchéité du réseau dépendent donc de la réduction de la consommation électrique du ventilateur et de la réduction du chauffage lié au renouvellement d'air.

Deux modes de chauffage sont examinés dans le calcul :

- chauffage électrique avec un rendement de 100 %
- chauffage gaz avec un rendement global de l'ordre de 80 %.

Le ventilateur, dont on connaît la puissance électrique consommée en fonction du débit pour la pression de fonctionnement du réseau considérée, soit 140 Pa, est supposé fonctionner à un débit constant égal à 60 % de son débit maximum, ceci 24h/24, 365 jours/an.

Pour l'évaluation des pertes énergétiques liées au renouvellement d'air (réchauffage de l'air extérieur) on se base sur les **degrés.heures de chauffage** (°C x heures ou °C.h) par an, ce paramètre prenant en compte l'écart entre la température moyenne extérieure et la température de chauffage de base dans le logement (18 °C), ainsi que le nombre d'heures pendant lesquelles la température extérieure se situe en dessous de la température de consigne intérieure.

Les besoins en °C.h de chauffage en fonction de la localité en France sont consultables sur internet à l'adresse suivante :

<http://climatheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebClim/index.jsp>

Ainsi, dans le département du Rhône, où se situe l'immeuble concerné, le nombre de degrés.heures de chauffage est de 54 000 °C.h.

Dans l'exemple ci-dessous nous calculons la réduction de la puissance électrique du ventilateur et de la puissance de chauffage consommée lorsqu'on passe de la classe d'étanchéité 2,5 x A (classe par défaut de la RT 2012, voir Tableau 5-3) à la classe C. On exprime ensuite cette réduction de consommation en économie annuelle, en considérant les coûts suivants pour l'électricité et le gaz :

- électricité : 0,12€ TTC/kWh
- gaz : 0,055€ TTC/kWh.

Le Tableau 6-1 résume les caractéristiques principales de l'immeuble et du réseau de ventilation, le Tableau 6-2 montre les réductions obtenues quand on passe de la classe d'étanchéité 2,5 x A à la classe C. Les économies annuelles en € TTC concernent tout l'immeuble et non chaque logement.

**Tableau 6-1 : Principales caractéristiques de l'immeuble et du réseau de ventilation**

Situation géographique :	Villeurbanne (69)
Nombre de degrés.heures de chauffage (°C x h)	54000
Nombre de logements	13
Superficie du réseau VMC (m <sup>2</sup> )	84
<i>dont partie en volume chauffé</i>	2/3
Débit de base ventilation (sans les fuites) (m <sup>3</sup> /h)	1180
Pression dans le réseau (Pa)	100
Coût du kWh électrique (€ TTC/kWh)	0,120
Coût du kWh gaz (€ TTC/kWh)	0,055
Rendement chauffage électrique	100%
Rendement chauffage gaz	81%

**Tableau 6-2 : Réduction de la consommation d'énergie et des coûts lorsqu'on passe de la classe 2,5 x A à la classe C**

Etanchéité du réseau de ventilation	Débit de fuites (m <sup>3</sup> /h)	Débit total (m <sup>3</sup> /h)	Puissance ventilateur (W)	Conso élec Auxiliaire kWh élec/an	Conso Chauff. air ventilation kWh gaz/an	Conso Chauff. air ventilation kWh élec/an
Réseau peu étanche : classe 2,5 x A	407	1587	240	2102	33007	26653
Réseau étanche : classe C	18	1198	210	1840	27108	21890
<b>Gain énergétique Classe 2,5 A → Classe C</b>				<b>13%</b>	<b>18%</b>	<b>18%</b>

	Économie kWh élec/an	Économie kWh gaz/an	Économie € TTC/an
chauffage tout électrique	5026	-	603
chauffage au gaz	263	5899	356

Un calcul similaire en changeant simplement la situation géographique de l'immeuble, c'est-à-dire en passant de Villeurbanne (54 000 °C.h) à Nancy (71 000 °C.h), conduit à une augmentation de la consommation de chauffage, l'écart relatif de 18 % entre les deux classes restant inchangé. L'économie annuelle réalisée sur l'immeuble s'élève alors à 783 € TTC pour un chauffage électrique et 458 € TTC pour un chauffage gaz.

**Note :** Une feuille Excel avec ces calculs est disponible avec le guide.

Concernant l'**impact environnemental**, la question concerne essentiellement le mastic utilisé pour assurer l'étanchéité des assemblages standard (Planche 6-1). Le problème se pose pour les poseurs de conduits travaillant en espace confiné. Ils respirent des solvants inclus dans ces mastics qui peuvent provoquer des irritations des yeux, du nez et de la gorge. De plus, il peut leur arriver de lisser le mastic à main nue pour éviter que leurs gants ne soient souillés, ce qui peut à aussi conduire à des irritations de la peau dues au contact des solvants avec celle-ci.

# CHAPITRE 7 - CONSEILS, PRÉCAUTIONS À PRENDRE ET VÉRIFICATIONS À FAIRE AUX DIFFÉRENTS STADES DE LA RÉALISATION DES RÉSEAUX AÉRAULIQUES

*Check-list des points importants à prendre en compte et à contrôler lors de la réalisation des réseaux aérauliques afin de permettre d'atteindre, au final, une bonne étanchéité.*

On présente cette check-list dans le Tableau 7-1, qui montre les **différentes étapes**, les **actions importantes** et les **acteurs concernés**, avec mise en évidence de **points particulièrement sensibles**, parfois difficiles à traiter mais parfois aussi malheureusement négligés en pratique.

Un zoom sur les points sur lesquels il convient d'être particulièrement **vigilant** est présenté au Tableau 7-2. Les précautions et recommandations du Tableau 7-2 sont tirées pour l'essentiel d'un guide rédigé par le CETE de Lyon (référence [13]), avec quelques compléments provenant du DTU 68.3 (référence [1]) et de l'expérience des auteurs. On a reporté sur ce tableau une indication qualitative de la fréquence d'apparition des problèmes rencontrés sur le terrain.

En Annexe, tous ces points sont détaillés dans un paragraphe reproduit in extenso de la référence [13].

**Tableau 7-1 : Étapes de conception/réalisation/réception des réseaux aérauliques –  
Conseils pour obtenir une bonne étanchéité à l'air**

ETAPE (acteur)	Détail des tâches	Conseils pour obtenir une bonne étanchéité à l'air
<b>CONCEPTION</b> (bureau d'études)	Choix du type de réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– réseau circulaire préféré au réseau rectangulaire, autant que possible</li> <li>– accessoires à joints pour les réseaux circulaires : cela devrait devenir la règle partout où c'est possible</li> <li>– il restera certaines parties potentiellement en assemblage "classique "</li> <li>– liaisons terminales flexibles et manchettes souples étanches</li> </ul>
	Conception du réseau : <ul style="list-style-type: none"> <li>– dimensionnement : définition des diamètres, des branches, des bouches, des organes de réglages, etc.</li> <li>– définition des principaux composants : ventilateurs, bouches, té-souches, rejets, etc.</li> <li>– plan (ou schéma) du réseau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– limiter le nombre d'accessoires (coudes, tés, etc.)</li> <li>– prévoir des trappes de visites étanches pour accéder au contrôle et nettoyage du réseau</li> </ul>
<b>REALISATION</b> (installateur)	Réalisation des plans d'exécution : <ul style="list-style-type: none"> <li>– reprise des plans en fonction de la réalité du chantier : le bureau d'étude fournit parfois des schémas simplifiés, des adaptations sont envisageables en fonction des possibilités de passage des conduits, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– limiter le nombre d'accessoires (coudes, tés, etc.)</li> <li>– éventuellement proposer de passer en réseau circulaire si c'est finalement possible (contraintes d'encombrement)</li> <li>– installer correctement les trappes de visite aux endroits non accessibles par un bouchon ou Té-souche amont</li> </ul>
	Commande des matériels : <ul style="list-style-type: none"> <li>– en fonction du cahier des charges, des modifications ou adaptations éventuelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– proposer les accessoires à joints s'ils ne sont pas explicitement décrits dans le cahier des charges</li> </ul>
	Assemblage du réseau : <ul style="list-style-type: none"> <li>– assemblage des composants</li> <li>– fixation du réseau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– voir ZOOM (Tableau 7-2)</li> </ul>
<b>RECEPTION</b> (installateur)	Mise en route	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inspecter l'ensemble du réseau préalablement à la mise en route et après la mise en route (visualisations, écoute, etc.)</li> </ul>
	Test de débits et de pressions	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Adapter à la configuration (échantillonnage)</li> </ul>
	Tests d'étanchéité	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Faire appel à une entreprise spécialisée équipée de matériel reconnu ou certifié si possible</li> </ul>
	Corrections éventuelles	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Réaliser des corrections sûres et durables</li> </ul>

**Tableau 7-2 : Points de vigilance lors de la réalisation des réseaux aérauliques**

Points de vigilance	Précautions, recommandations	Fréquence d'apparition sur le terrain
<b>Raccordement entres conduits et accessoires et raccordement des bouches</b>	Soigner particulièrement l'étanchéité au niveau du raccordement des bouches. Cette liaison est une source récurrente de fuite tant au niveau du conduit que du bâti.	!!!
	Préférer des jonctions (tés, collecteurs, etc.) étanches préfabriquées en usine. L'utilisation de "piquages express " est déconseillée.	!
	L'installation d'accessoires à joints est recommandée. Ces produits avec joints intégrés permettent d'obtenir une excellente étanchéité des conduits entre eux, et de diminuer le temps d'installation et les risques de coupures.	
	A défaut, l'étanchéité entre conduits sera assurée par une pose soignée de mastic et/ou de bandes adhésives appropriées qui devront avoir une bonne tenue aux agents atmosphériques (pour les matériaux qui y sont exposés) et une bonne tenue au vieillissement. Un masticage des têtes de vis est nécessaire pour assurer une parfaite étanchéité de l'ensemble.	!!
	Soigner les liaisons entre conduits verticaux et horizontaux. Préférer des conduits de liaison rigides ou à défaut semi-rigides entre les colonnes verticales et les bouches.	!
	En cas de modifications en cours de chantier sur des raccordements de conduits ou d'accessoires, penser à bien reboucher les perforations des vis supprimées	!
	Surveiller l'alignement conduit-manchette-ventilateur. Le ventilateur doit être fixé sur un socle anti-vibratile.	!!
<b>Extrémité des conduits</b>	Surveiller l'étanchéité en tête de colonne. Prévoir un dispositif assurant à la fois la visite du réseau et son insonorisation.	
	Surveiller l'étanchéité en pied de colonne. Prévoir un bouchon de ramonage amovible et accessible par une trappe de visite (500x500 mm au minimum)	!

Points de vigilance	Précautions, recommandations	Fréquence d'apparition sur le terrain
<b>Raccordement du ventilateur</b>	Surveiller l'étanchéité des manchettes souples de raccordement entre le caisson de ventilation et le réseau horizontal.	!!!
<b>Trappes de visite</b>	Utiliser une trappe de visite adaptée au diamètre du conduit.	!
	Réaliser un trou conforme au masque de la trappe.	
	Certains fabricants proposent des manchons avec trappe de visite intégrée. Leur utilisation est recommandée, la trappe est ainsi parfaitement adaptée au diamètre du conduit.	
<b>Traversée de plancher</b>	Surveiller les traversées de plancher. Le joint de traversée de dalle permet à la fois de réaliser l'étanchéité à l'air entre étage (et à l'eau en terrasse) et de limiter le bruit généré et transmis. Il permet d'éviter les déformations des conduits (fuites potentielles) lors des phases de dilatation du béton.	!
<b>Stabilité du réseau</b>	Assurer la tenue mécanique du réseau. Les conduits sont assemblés entre eux de préférence avec rivets et à défaut par vis auto foreuses. En tout cas, les vis autoforeuses ne devront pas être placées à moins de 1 m des bouches et trappes de visite afin de limiter les risques de blessures lors des opérations de maintenance. Les conduits sont fixés à la structure en respectant les règles suivantes : - Des supports insonorisés seront placés tous les 2 mètres environ en terrasse ; - En comble, il sera utilisé du feuillard (tôle de métal en acier en bandes minces et étroites utilisée pour des fixations par cerclage) fixé au bois de charpente. La distance de garde au feu de 7 cm au minimum sera maintenue.	!!
<b>Transport et stockage des conduits</b>	Éviter les déformations des conduits qui aggravent les risques de fuite.	!
	Protéger les conduits des déformations et des salissures sur le chantier (l'utilisation de conduits bouchonnés est conseillée).	



# **ANNEXE : RECOMMANDATIONS PRATIQUES POUR LES INSTALLATEURS DE SYSTÈMES DE VENTILATION**

(extrait intégralement d'un guide du CETE de Lyon [13])

## 6. RECOMMANDATIONS PRATIQUES POUR LES INSTALLATEURS DE SYSTEMES DE VENTILATION

Les paragraphes suivants relatifs à l'analyse des fuites aérauliques ainsi qu'aux procédures à adopter pour améliorer la mise en œuvre des réseaux aérauliques ont été rédigés à partir d'analyses bibliographiques et d'enquêtes menées auprès d'une dizaine de professionnels tels que des installateurs et des bureaux d'études. Ces entretiens ont été menés par le COSTIC notamment auprès d'entreprises de l'Union Climatique de France.

Rappelons en préalable que la ventilation est essentielle tant pour l'occupant que pour le bâtiment car elle permet :

- D'assurer le confort et l'hygiène des occupants en introduisant de l'air neuf et en évacuant l'air intérieur vicié ;
- D'assurer l'alimentation en air neuf des appareils à combustion et ainsi éviter les risques d'intoxication par le monoxyde de carbone ;
- De limiter les condensations et moisissures qui dégradent le bâtiment et la qualité de l'air intérieur.

Un système de ventilation mécanique est constitué d'une multitude de composants récapitulés en Figure 35. Nous récapitulons et illustrons ci-après les principaux points où une vigilance accrue est nécessaire en vue d'améliorer l'étanchéité du réseau.

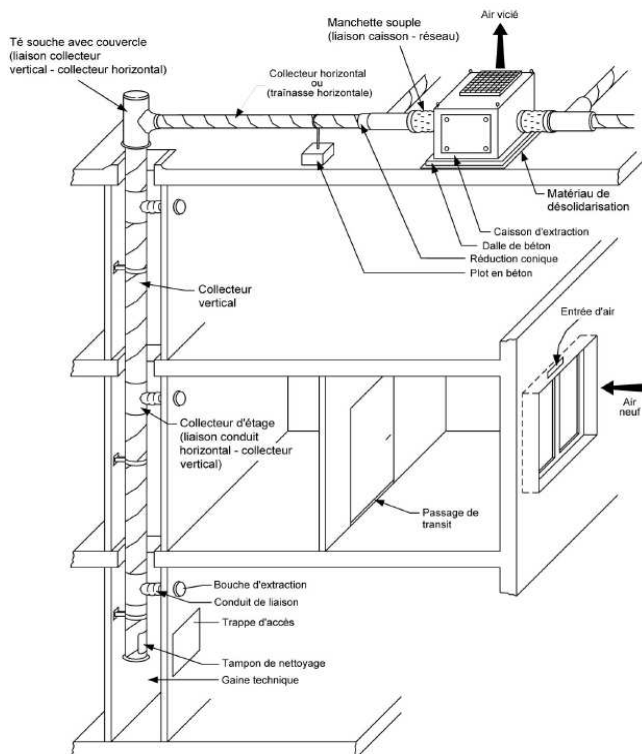
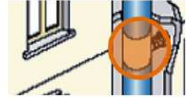


Figure 35 : Composants d'un système de ventilation

## 6.1. Raccordement entre conduits et au niveau des bouches



### Raccordement bouches de ventilation / conduit liaison

Le raccordement bouches de ventilation / conduit de liaison est un des points les plus sensibles vis-à-vis d'une bonne étanchéité à l'air. Le conduit de liaison permet d'assurer le lien entre la bouche d'extraction et le collecteur vertical. Selon sa longueur, le conduit de liaison sera flexible ou rigide. Il peut être flexible si sa longueur n'excède pas 1,5 m. Dans tous les cas, il faut minimiser au maximum la longueur du conduit semi-flexible. La mise en œuvre de la bouche d'extraction au niveau du conduit de liaison doit se faire de préférence par l'intermédiaire d'une manchette rigide comme indiqué en Figure 36.

La bouche est fixée sur le conduit de liaison à l'aide d'une manchette :

- de type classique. Dans ce cas, le conduit flexible est fixé sur la manchette avec une colle spécifique pour assurer l'étanchéité et la tenue de l'ensemble.
- de type à joint. Celui-ci permet d'assurer la tenue et l'étanchéité entre la manchette de raccord de la bouche et le conduit de liaison, sans action spécifique (ex. colle)

Il est nécessaire d'avoir la **manchette rigide adaptée à la bouche d'extraction considérée**. Cette information (livraison bouches d'extraction et manchettes associées) doit être précisée au niveau du CCTP et être un point de vigilance de la part de la maîtrise d'œuvre. Une mauvaise livraison de la manchette ou encore une manchette non adaptée obligent à une solution d'improvisation sur le chantier. Des manchettes « standards » adaptables à une multitude de composants pourraient être une solution pour remédier en partie au problème. **En tout cas, il est nécessaire d'avoir un conduit de liaison en parfait état et d'une longueur suffisante.**

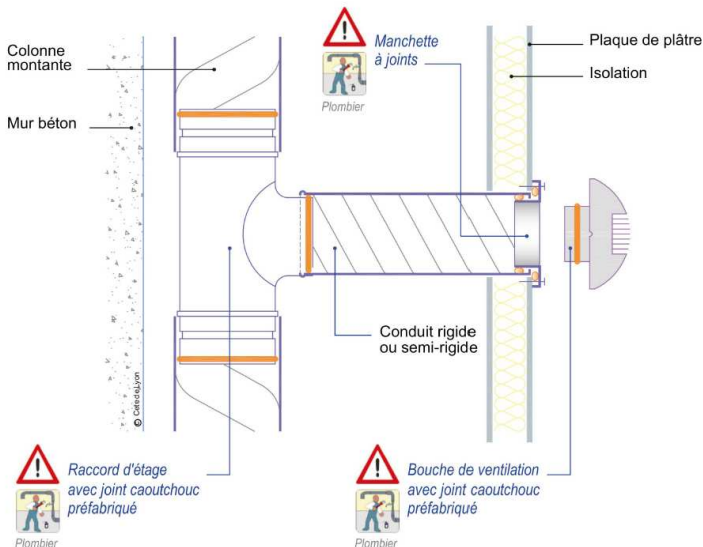
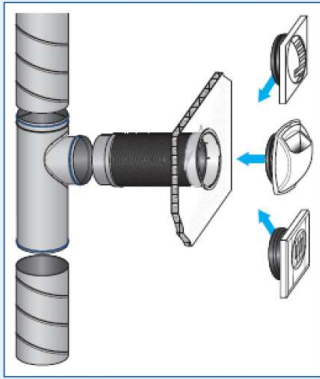


Figure 36 : Schéma de principe de la liaison conduit-bouche



Liaison flexible « tout-en-un » (schéma ALDES)



Représentation de l'ensemble bouche-manchette-conduit (schéma ANJOS)

**Figure 37 : Exemples de produits de raccordement bouches de ventilation / conduit liaison**



**Figure 38 : Exemples de manchettes rigides avec joint. Photo ALDES (à gauche) et schéma ANJOS (à droite).**

### **Raccordement conduit liaison / collecteur vertical (raccord d'étage)**

Le raccord d'étage permet d'assurer la liaison entre le collecteur vertical et les conduits horizontaux de liaison avec les bouches d'extraction. Trois cas sont possibles :

Cas n° 1 : Utilisation de pièces préfabriquées en usine avec joint préfabriqué (un collecteur d'étage, cf. Figure 39).

Cette solution est recommandée car elle permet, en théorie, d'atteindre à la fois d'excellents niveaux d'étanchéité et un gain de temps. L'utilisation d'accessoires à joints dispense d'utiliser du mastic et du ruban adhésif pourvu que les conduits soient en bon état. En revanche, pour assurer une bonne résistance mécanique, il est nécessaire de parfaire la fixation avec des rivets et ce, notamment dans le cas des conduits de diamètres supérieurs à 250 mm – 315 mm (conduits plus facilement abîmés lors du transport et du stockage). Les rivets ne doivent pas percer les joints.

Cas n° 2 : Utilisation de pièces préfabriquées en usine sans joint préfabriqué (Figure 40).

Le mastic doit être placé sur tout le pourtour de la pièce mâle. L'utilisation conjointe de mastic, vis autoperforantes et bande adhésive permet d'assurer un bon niveau d'étanchéité de ce raccord.



Figure 39 : Exemples de raccords d'étage avec joints préfabriqués

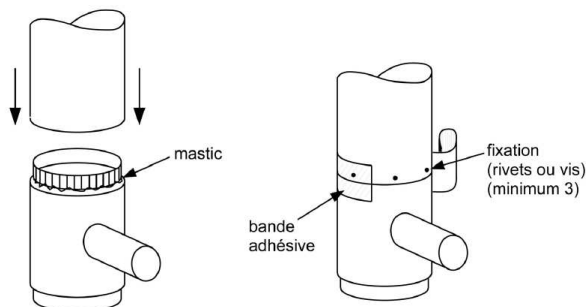


Figure 40 : Réalisation d'un raccord d'étage avec une pièce préfabriquée sans accessoire à joints

Cas n° 3 : Utilisation du conduit vertical dans lequel est réalisé un piquage (pas d'utilisation de pièces préfabriquées en usine, cf. Figure 41).

A défaut, la réalisation d'un piquage express, à la place du collecteur d'étages, nécessite une mise en œuvre soignée pour éviter tout problème de fuites. Ainsi, il est nécessaire de procéder comme suit :

- découper proprement la colonne **au même diamètre** que le piquage avec une grignoteuse (1) ;
- fixer le piquage sur la colonne avec des vis auto-perforeuses ou des rivets (2) ;
- étanchéifier le raccord en appliquant du mastic sur tout le pourtour du raccord (2).

**Il est primordial que le piquage soit d'un diamètre identique au diamètre de la pièce mise en place sur ce piquage :** un diamètre inadapté provoquera des fuites ou/et des pertes de charge supplémentaires.

La réalisation d'un piquage peu soigné entraîne :

- une augmentation des pertes de charge ;
- une augmentation des fuites au niveau du réseau aéraulique ;
- une accumulation de la poussière à cet endroit.

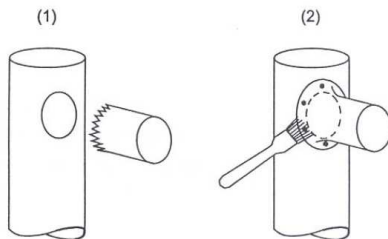


Figure 41 : Procédure de réalisation d'un piquage express



Figure 42 : Exemple de raccord par piquage d'apparence correcte (à gauche), peu soigné (à droite)

### Raccordements entre conduits aérauliques

Pour raccorder entre eux les conduits aérauliques, il faut privilégier l'utilisation de pièces préfabriquées avec accessoires à joints : raccord mâle-mâle, coude, etc. Ils permettent d'atteindre d'excellents niveaux d'étanchéité (classe B voire C) et sont faciles à poser. Une légère rotation de l'accessoire dans le conduit permet de l'introduire sans effort. L'utilisation de mastic et de bandes adhésives n'est pas nécessaire. Les raccords utilisant des accessoires à joints permettent de réduire le temps de réalisation du réseau aéraulique.

A défaut, ce raccordement peut se faire avec du mastic, vis autoperforantes et bande adhésive. Moyennant une mise en œuvre soignée et un bon conditionnement des conduits, ces deux techniques permettent d'assurer une bonne étanchéité des raccords.

Enfin, l'étanchéité des raccordements peut aussi être obtenue via l'utilisation de bandes thermo-rétractables. Cette technique nécessite d'utiliser un chalumeau afin de chauffer toute la périphérie du conduit pour faire adhérer la bande. En raison de problèmes d'accessibilité dans les gaines techniques, cette solution s'applique plus pour la réalisation des conduits horizontaux (conduits de petits diamètres).



Figure 43 : Utilisation d'un raccord mâle à joints pour le raccordement entre deux conduits



Figure 44 : Utilisation d'une pièce préfabriquée pour le raccord entre deux conduits (mise en place de mastic, rivets et bande adhésive)

## 6.2. Traversée de plancher

La traversée de plancher d'un réseau aéraulique nécessite la mise en place sur **la totalité du conduit circulaire** d'un joint de traversée de dalle (résiliant) dépassant légèrement de part et d'autre de la dalle ou du mur traversé. Ce résilient a une épaisseur comprise entre 2 mm et 3 mm au minimum. Ce joint à base de caoutchouc naturel, de classe M0, permet de désolidariser la dalle du conduit et ainsi éviter tout problème sur le réseau lors des phases de dilatation du béton. Après mise en place d'un coffrage de rebouchage, la réservation est ensuite rebouchée sur toute l'épaisseur.

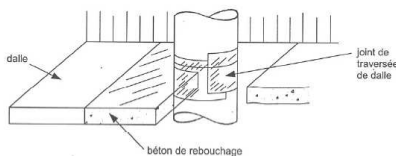


Figure 45 : Traversée de dalle

## 6.3. Stabilité du réseau

Une mauvaise réalisation du support du collecteur vertical peut entraîner, à plus ou moins long terme, des mouvements de conduits avec craquelure du mastic, déboîtement des conduits, etc. Ainsi, le supportage avec des **feuillards perforés est à éviter pour la fixation des réseaux verticaux**. Cette fixation manque de rigidité et de stabilité pour ces réseaux. La solution à préconiser pour la fixation de réseaux verticaux repose sur l'utilisation de tige filetée rigide avec mise en place d'un collier. Ce collier peut être associé à un isolant anti-vibratile. En plus de maintenir le réseau aéraulique, cette préconisation évite de transmettre les vibrations aux cloisons voisines. Egalement, une autre solution pour minimiser la propagation de bruit est de mettre une patte de suspension anti-vibratile entre le collier et la tige filetée rigide.

La fixation de réseaux horizontaux peut être réalisée via l'utilisation de feuillard.

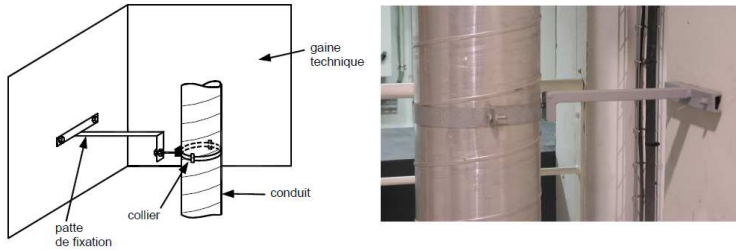


Figure 46 : Illustration du supportage d'un réseau collecteur vertical

## 6.4. Raccordement au ventilateur

Le raccordement entre caisson d'extraction et collecteur horizontal doit être réalisé par l'intermédiaire d'une manchette souple afin d'éviter la transmission des vibrations du ventilateur au conduit. Pour assurer son rôle de désolidarisation entre les composants, **la manchette peut être fixée par l'intermédiaire de colliers plats métalliques de serrage**. Ces colliers doivent être de diamètre et de largeur suffisants adaptés au diamètre à assembler. Une bande adhésive (de type alu si réseau extérieur) peut être posée au niveau des liaisons pour parfaire l'étanchéité de l'ensemble (Figure 47). S'agissant d'une liaison mécanique, la manchette souple va amortir les vibrations du caisson. Ainsi, le mastic n'est pas préconisé pour assurer cette liaison.

Il faut également veiller à ce que la manchette souple ne soit pas vrillée, froissée et qu'elle soit bien alignée entre le caisson et le réseau aéraulique. Pour cela, **il est impératif d'avoir une section constante de part et d'autre de la manchette**. Une pièce d'adaptation doit être utilisée si nécessaire.

Une autre solution consiste à utiliser des éléments préfabriqués. Ces produits remplissent les mêmes fonctions tout en garantissant une bonne étanchéité des liaisons.

Placée à l'extérieur, la manchette souple se détériore en raison du soleil (UV) et des variations de température extérieure. Dans ces conditions, sa durée de vie est estimée à 1,5-2 ans maximum. En conséquence, ce composant devrait être remplacé (ou a minima vérifié) lors des visites périodiques d'entretien du ventilateur. Le remplacement de la manchette souple pourrait également s'accompagner d'un remplacement (vérification) des colliers qui eux aussi, vont perdre de leur efficacité dans le temps.



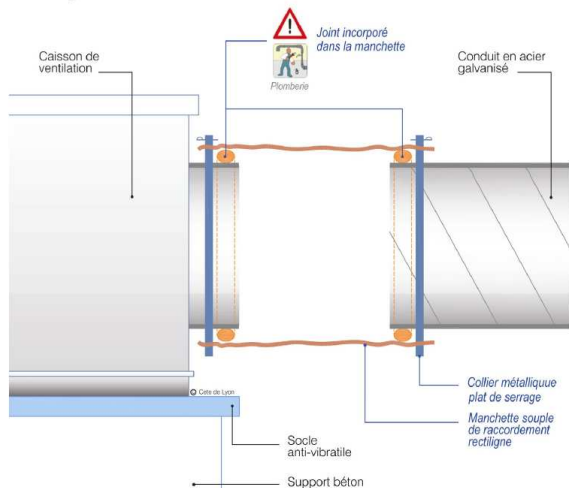


Figure 47 : Schéma de principe du raccordement au niveau du ventilateur



Figure 48 : Exemples de raccordements entre le caisson d'extraction et le conduit aérial. Apparence correcte à gauche ; manchette fissurée raccordant deux sections différentes à droite (solution à proscrire)

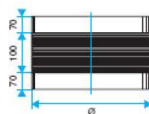


Figure 49 : Exemple de pièce de raccordement préfabriquée entre caisson et conduit (document ALDES)

## 6.5. Extrémité des conduits

Le té-souche est un composant du réseau collecteur horizontal permettant de relier celui-ci à un conduit collecteur vertical (Figure 50). Etant donné la faible épaisseur de tôle à la base du té-souche, la possible remontée d'étanchéité autour du té-souche doit être réalisée avec précaution afin d'éviter tout déboîtement du té-souche. Le té-souche doit disposer d'un couvercle en vue d'assurer les opérations ultérieures de nettoyage. Egalement, en pied de colonne, un tampon ou bouchon doit être placé pour permettre son obturation. Pour assurer une bonne étanchéité du conduit vertical, il est essentiel de bien vérifier la présence et la bonne fixation de ces deux éléments. A minima, l'étanchéité sera assurée par la mise en place de bande adhésive et de vis, composants faciles à enlever et à ajouter à l'issue d'une opération de maintenance. **L'utilisation seule de vis autoperforeuses n'est pas suffisante pour une bonne étanchéité. L'utilisation de mastic est à proscrire car elle rend difficile l'ouverture et la fermeture du té-souche lors des opérations de nettoyage.**

En cas de contrainte acoustique, de la laine minérale est disposée au niveau des tés-souches.

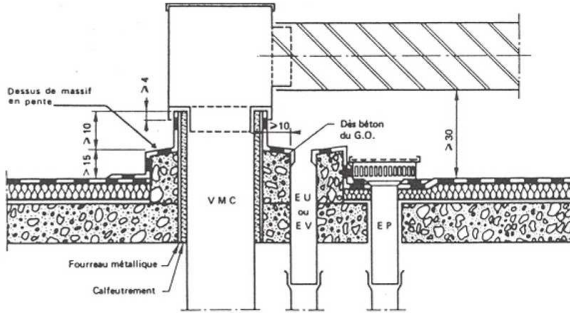


Figure 50 : Mise en œuvre d'un té-souche (conformément au DTU 68.2)



Figure 51 : Fermeture du té-souche avec des vis uniquement (étanchéité insuffisante)



Figure 52 : Fermeture d'un té-souche avec rivets et ruban adhésif



Figure 53 : Pose d'une bande adhésive au niveau du té-souche suite à opération de nettoyage



Figure 54 : Intérieur d'un té-souche avec présence de laine minérale

## 6.6. Trappes de visite

La trappe de visite permet d'accéder au réseau aéraulique pour assurer notamment l'entretien de ce dernier. Les étapes de la réalisation d'une trappe sont définies et illustrées ci-après :

- poser le masque de la trappe ;
- percer un trou avec une perceuse pour démarrer le découpage de la tôle ;
- découper aux limites du masque ;
- poser la trappe et serrer les deux vis pour assurer l'étanchéité.

Il est primordial que le modèle de la trappe soit adapté au diamètre du conduit. Une trappe mal dimensionnée sera à l'origine de problème d'étanchéité (Figure 56).

La trappe de visite doit être réalisée avec une grignoteuse, une meuleuse. L'utilisation de la scie sauteuse est à proscrire car elle ne permet pas d'effectuer une bonne coupe du conduit. Une découpe sur un conduit spiralé pourra être moins nette (en fonction de l'outil utilisé et de la précision de l'opérateur) que sur un conduit non spiralé (Figure 57). La découpe moins nette nécessite une précaution supplémentaire pour une bonne étanchéité.

D'autres orifices peuvent être créés lors des opérations de maintenance. Dans tous les cas, il est impératif, avant la remise en route de l'installation, d'obturer ces orifices avec du matériel durable tel que plaque métallique ou bouchon obturateur.



Figure 55 : Pose d'une trappe de visite



Figure 56 : Exemple d'une trappe de visite non adaptée à la dimension du conduit



Figure 57 : Découpe de la trappe de visite sur un conduit spiralé (à gauche) et non spiralé (à droite).

## 6.7. Transport et stockage des conduits

Le transport et le stockage des conduits peuvent, en l'absence de précaution, être à l'origine de déformations des conduits circulaires. De fait, une attention particulière devra être portée sur l'étanchéité conduit/conduit ou conduit/accessoire afin de garantir une bonne étanchéité de l'ensemble du réseau. Cela peut nécessiter dans ce cas de grosses déformations du conduit et ce, quelle que soit la technologie de l'accessoire (avec ou sans joint), d'avoir recours à un ajout de mastic et d'adhésif entre conduit/conduit ou conduit/accessoire.

Dans les pays d'Europe du Nord, le recours à un « bouchonnage rigide » des conduits limite les risques de déformation. Cette technique existe en France mais est surtout utilisée pour des aspects hygiéniques (les bouchons obturent l'intérieur du conduit qui a été préalablement dégraissé). Cette disposition mériterait, afin de garantir un assemblage aisé sur chantier des composants du réseau, d'être considérée et ce, particulièrement pour les réseaux utilisant des accessoires à joint ou l'utilisation de mastic et de bande adhésive n'est pas nécessaire.



Figure 58 : Illustration du stockage de conduits en France (à gauche) et en Finlande (à droite)

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Norme PR NF DTU 68.3 : Travaux de bâtiment – Installations de ventilation mécanique- Partie 1-1-2 : Ventilation mécanique contrôlée autoréglable – Règles de calcul, dimensionnement et mise en œuvre – Cahier des clauses techniques types (à paraître)
- [2] Norme FD E 51-767 : Ventilation des bâtiments – Mesure d'étanchéité à l'air des réseaux (décembre 2010)
- [3] Performance de la ventilation et du bâti – Convention ADEME n°0504C0114 – Rapport final (juin 2009)
- [4] Norme NF EN 12237 : Ventilation des bâtiments - Réseau de conduits – Résistance et étanchéité des conduits circulaires en tôle (juin 2003)
- [5] Norme NF EN 14239 : Ventilation des bâtiments - Réseau de conduits – Mesurage de l'aire superficielle des conduits (août 2004)
- [6] Norme NF EN 15727 : Ventilation des bâtiments – Composants de réseaux, classification de l'étanchéité et essais (août 2010)
- [7] Arrêté du 20 juillet 2011 portant approbation de la méthode de calcul Th-B-C-E prévue aux articles 4, 5 et 6 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (MEDDTL no 2011/14)
- [8] F.R. Carrié, V. Leprince : Impact of ductwork airtightness and conduction losses on heat recovery efficiency. Proceedings of the 2011 BUILDAIR symposium, Berlin, Germany (6 May 2011)
- [9] P.G. Schild, J. Railio : Duct System Air Leakage – How Scandinavia tackled the problem. ASIEPI Project, paper P187 (March 2010)
- [10] Improving ductwork – A time for tighter air distribution systems – A status report on ductwork airtightness in various countries with recommendations for future designs and regulations – AIVC and SAVE-DUCT project partners (1999)
- [11] J. Soenens, P. Pattijn : Feasability study of ventilation system air-tightness. Conference AIVC /Tight Vent (12-13 October 2011)
- [12] S. Caillou : Duct leakage problems and consequences in EU. International Webevent ASIEPI (16 December 2009)
- [13] CETE de Lyon : Réussir l'étanchéité à l'air de l'enveloppe et des réseaux – Elaboration et application d'une démarche qualité (avril 2009)

*L'acquisition des textes intégraux des normes citées dans ce guide peut se faire en ligne auprès de l'AFNOR, à l'adresse suivante: <http://www.boutique.afnor.org>*

# REMERCIEMENTS

Ce guide a été rédigé à la demande des ressortissants du CETIAT, membres de la Commission Technique Ventilation.

Il a été rédigé par :

Alain GUEDEL (CETIAT) et Pierre BARLES (PBC)

Avec la collaboration de :

Michaël BLAZY (LINDAB)

Benoit GOLAZ (LINDAB)

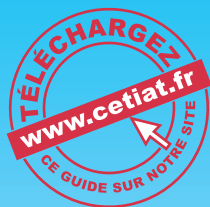
Marc Robert JEAN (ALDES)

Laure MOURADIAN (CETIAT)

Alexandre SONET (FRANCE AIR)

Anne TISSOT (CETIAT)

Publication CETIAT – Juin 2012



CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES AÉRAULIQUES ET THERMIQUES

25, avenue des Arts - BP 52042 - 69603 Villeurbanne Cedex - France  
Tél. +33 (0)4 72 44 49 00 - Fax +33 (0)4 72 44 49 49 - [www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr) - [information@cetiat.fr](mailto:information@cetiat.fr)