

**Arrêté du ministre de l'équipement, du
transport, de la logistique et de l'eau
approuvant le cahier des prescriptions
communes applicables aux marchés des
travaux de ventilation mécanique
contrôlée dans les constructions
publiques**

Arrêté du ministre de l'équipement, du transport, de la logistique et de l'eau n° 1674-18 du 15 ramadan 1439 (31 mai 2018) approuvant le cahier des prescriptions communes applicables aux marchés des travaux de ventilation mécanique contrôlée dans les constructions publiques¹.

LE MINISTRE DE L'EQUIPEMENT, DU TRANSPORT, DE LA LOGISTIQUE ET DE L'EAU,

Vu le décret n° 2-12-349 du 8 jourmada I 1434 (20 mars 2013) relatif aux marchés publics, et notamment son article 13 (2°),

ARRETE

Article premier

Est approuvé, tel qu'il est annexé au présent arrêté, le cahier des prescriptions communes applicables aux marchés des travaux de ventilation mécanique contrôlée, passés pour le compte de l'Etat par le ministère de l'équipement, du transport, de la logistique et de l'eau, annexé au présent arrêté.

Article 2

Les services relevant du ministère de l'équipement, du transport, de la logistique et de l'eau doivent se référer expressément, dans les cahiers des prescriptions spéciales relatifs aux marchés des travaux de ventilation mécanique contrôlée, au cahier des prescriptions communes visé à l'article premier ci-dessus.

¹ Bulletin Officiel n° 6784 du 2 chaoual 1440 (6 -6- 2019), p 1054.

Ils doivent également indiquer, dans les cahiers des prescriptions spéciales relatifs aux marchés précités, les articles du cahier des prescriptions communes auxquelles il est dérogé, le cas échéant.

Article 3

Le cahier des prescriptions communes visé à l'article premier ci-dessus est mis, par les services du ministère de l'équipement, du transport, de la logistique et de l'eau, à la disposition des personnes concernées qui le demandent.

Article 4

Le présent arrêté entrera en vigueur trois (3) mois après sa date de publication au Bulletin officiel.

Rabat, le 15 ramadan 1439 (31 mai 2018).

ABDELKADER AMARA

Cahier des prescriptions communes applicables aux travaux de la ventilation mécanique contrôlée des bâtiments publics

Chapitre 1 : Généralités

1.1 Objet et champ d'application

Le présent Cahier des Prescriptions Communes définit les règles de conception, d'exécution, de réception et de contrôle des travaux de ventilation mécanique contrôlée (VMC) dans les bâtiments à usage d'habitation ou de bureau.

Le présent cahier est applicable aux marchés passés par le Ministère de l'Équipement, du Transport, de la Logistique et de l'Eau.

Les principales fonctions de la VMC sont :

- Garantir un air intérieur de qualité,
- Eviter l'accumulation d'humidité et de mauvaises odeurs,
- Diminuer la concentration des polluants et gaz toxiques,
- Assurer la conservation du bâtiment.

1.2 Références normatifs et réglementaires

Les études ainsi que les travaux ou installations de VMC devront être exécutés conformément aux normes marocaines citées en annexe et à la réglementation en vigueur au Maroc ou, à défaut, aux normes et règlements étrangers agréés par l'administration Marocaine et devront prendre en considération les dispositions prévues par les textes législatifs et réglementaires élaborés par les autorités gouvernementales chargées de l'Eau et de l'Environnement à savoir :

- Dahir n° 1-03-59 du 10 rabii I 1424 (12 mai 2003) portant promulgation de la loi n° 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement (B.O, n° 5118 du 19 juin 2003),

- Dahir n° 1-03-61 du 12 mai 2003 portant promulgation de la loi n° 13-03 relative à la lutte contre la pollution de l'air (B.O. n° 5118 du 19 juin 2003),

- Décret n° 2-09-286 du 20 hijra 1430 (8 décembre 2009) fixant les normes de qualité de l'air et les modalités de surveillance de l'air (B.O. n° 5806 du 21 janvier 2010),

- Décret n° 2-09-631 du 23 rejab 1431 (6 juillet 2010) fixant les valeurs limites de dégagement, d'émission ou de rejet de polluants dans l'air émanant de sources de pollution fixes et les modalités de leur contrôle (B.O. n° 5862 du 5 août 2010).

1.3 Définitions :

On entend par :

1.3.1. Air neuf :

C'est l'air contrôlé entrant dans le système de ventilation ou par des ouvertures depuis l'extérieur avant tout traitement.

1.3.2. Air vicié :

C'est un air déjà utilisé. A l'origine, cet air était un air neuf qui devient plus pollué en transitant par des zones ayant servi à la consommation humaine et par voie de conséquence devient air vicié. Il doit être extrait et évacué via des pièces à pollution plus spécifique comme les toilettes et sanitaires, appelées pièces de service.

1.3.3. Taux de ventilation de base :

On appelle taux de ventilation de base ou le taux de renouvellement d'air ; la quantité horaire d'air neuf à introduire dans un local.

Il est rapporté généralement soit :

- au nombre d'occupant,
- au volume du local.

Dans le premier cas, le taux de ventilation s'exprime en mètres cubes d'air neuf par heure et par personnes,

Dans le second cas, il s'agit du taux de renouvellement d'air N qui est défini par le rapport ;

$$N = \frac{q_v}{V} \text{ (par h)}$$

q_v : débit de ventilation nécessaire [m^3/h]

V : volume du local [m^3]

1.3.4. Qualité de l'air

Les normes de la qualité de l'air sont fixées par Décret n° 2-09-286 du 20 hja 1430 (8 décembre 2009) fixant les normes de qualité de l'air et les modalités de surveillance de l'air (B.O. n° 5806 du 21 janvier 2010).

1.3.5. Etanchéité à l'air du bâtiment

C'est la résistance du bâtiment à l'infiltration de l'air.

Le calcul des pertes par infiltration est régi par les dispositions de la norme NM EN 15241,

Une mauvaise étanchéité à l'air des bâtiments engendre des courants d'air et provoque une sensation d'inconfort plus une perte d'énergie.

L'inétanchéité à l'air du bâtiment influence les performances énergétiques du système de ventilation, mais peut également perturber son bon fonctionnement.

1.4 Les Différents systèmes de ventilation

1.4.1 Ventilation naturelle

La ventilation naturelle repose sur la circulation de l'air dans le bâtiment sans le recours à des ventilateurs. L'air se déplace grâce aux différences de pression qui existent entre les façades et grâce à la différence de masse volumique en fonction de sa température (sous l'effet du vent et du tirage thermique).

La pression motrice P_m due au tirage thermique est proportionnelles à la hauteur du conduit de ventilation et à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.

$$P_m = 0.044 \times H \times (T_i - T_e)$$

Avec :

- H la hauteur en mètres (m) (différence de hauteur entre entrée et sortie d'air)
- T_i la température intérieure en °C
- T_e la température extérieure en °C,

Les amenées d'air (grilles réglables) doivent être disposées en façade pour les locaux dits "propres" (bureaux, séjours, ...).

Les ouvertures de transfert (détalonnage des portes ou grilles) permettent le passage de l'air vers les locaux dits "humides" ou "viciés" (sanitaires, cuisine,...). Dans ces derniers, l'air est évacué grâce à des grilles en façades ou à des conduits verticaux débouchant en toiture.

Régulation :

Il est intéressant d'adapter le fonctionnement de la ventilation en fonction des besoins (en période d'occupation, la nuit, week-end). Il existe plusieurs possibilités de réguler la ventilation naturelle : bouches réglables, grilles hygro-réglables, grilles commandées électriquement en fonction d'un programme horaire, etc.

Limite de recours à la ventilation naturelle

Quoique la ventilation naturelle ne demande aucune consommation électrique et nécessite peu d'entretien, elle présente les insuffisances suivantes :

- ventilation dépend des phénomènes naturels de mouvement de l'air,
- qualité de l'air ne peut être garantie dans tous les locaux,
- renouvellement d'air peut être fortement perturbé par le vent, par l'ouverture de fenêtres,
- non prise en compte de l'occupation des lieux,

- non maîtrise des débits d'air,

1.4.2 Ventilation mécanique

La ventilation mécanique permet d'assurer en permanence des débits de ventilation constants dans le bâtiment indépendamment des conditions climatiques.

On distingue :

- la ventilation mécanique simple flux : l'amenée d'air est naturelle et l'extraction est mécanique.

- la ventilation mécanique par insufflation : l'amenée d'air est mécanique et l'extraction est naturelle.

- la ventilation mécanique double flux : l'amenée d'air et l'extraction sont mécaniques,

- la ventilation mécanique répartie : l'amenée et l'extraction d'air sont décentralisées par local.

1.4.2.1. Ventilation mécanique contrôlée simple flux

Son principe de fonctionnement est le suivant :

- des entrées d'air sont placées dans les pièces principales,
- l'air transite des pièces principales vers les pièces de service,
- les bouches d'extraction sont installées dans les pièces de service,
- un extracteur mécanique souvent situé en faux plafond ou en terrasse est raccordé aux bouches d'extraction par le biais d'un réseau de conduits.

Ainsi, l'extraction mécanique de l'air dans les pièces de service entraîne une introduction d'air neuf dans les pièces principales.

1.4.2.2. Ventilation mécanique par insufflation

L'air n'est pas mécaniquement extrait mais mécaniquement insufflé (principe de simple flux inversé). Des bouches d'extraction sont présentes dans les pièces humides mais le débit d'extraction n'est pas contrôlé. Cette

technique peut être intéressante dans le cas de la présence d'un foyer ouvert.

Le local n'est pas mis en dépression mais en surpression, ce qui évite le phénomène d'infiltration de la poussière et les risques de contamination. Mais les pertes en énergie sont plus importantes, le confort n'est pas maîtrisé et la pression n'est pas uniforme.

1.4.2.3. Ventilation mécanique contrôlé double flux

En VMC double flux, l'introduction de l'air ainsi que son extraction sont assurées par dispositifs mécaniques.

Des bouches d'insufflation sont disposées dans les pièces principales et les bouches d'extraction dans les pièces de service.

L'air insufflé peut-être filtré, limitant ainsi l'introduction des polluants.

Ce système permet aussi d'atteindre des niveaux d'isolement acoustique importants, grâce, à la suppression des entrées d'air en façade.

Les différences distinguant la ventilation double flux de la ventilation simple flux sont notables :

- Elle ne comporte plus un seul mais deux réseaux de conduits.
- Il n'y a pas d'entrées d'air extérieures dans les pièces principales, mais des bouches d'insufflation.
- L'air entrant peut être préchauffé par l'air sortant (sans se mélanger) en passant par un échangeur.

1.4.2.4. Ventilation mécanique répartie

La ventilation mécanique répartie (VMR.) a été développée pour s'affranchir du passage des conduits dans une configuration peu favorable à leur implantation, notamment en rénovation.

Son principe consiste à équiper chaque pièce de service d'un petit extracteur, appelé aérateur. Installé dans le volume à ventiler, à la différence du groupe d'extraction, l'aérateur est équipé d'un ventilateur qui met en dépression la pièce où il est installé et

rejette l'air à l'extérieur. Le rejet s'effectue soit par une traversée de paroi, soit par un conduit débouchant en toiture ou en façade.

1.5 Bases de dimensionnement

Le dimensionnement des débits de ventilation d'une installation de VMC se fait sur la base de la norme NM 10.5.022 (EN 13779).

1.5.1 Ventilation des espaces destinés à l'occupation humaine :

Ce sont des espaces prévus pour laisser séjourner des personnes pendant un temps plus long.

*** Taux d'air neuf par personne**

Classe : INT (qualité de l'air intérieur)	Débit d'air neuf par personne (m³/h) locaux non-fumeurs	Débit d'air neuf par personne (m³/h) locaux fumeurs
INT1 (qualité de l'air intérieur excellente)	Supérieur à 54 m ³ /h/personne	Supérieur à 108 m ³ /h/personne
INT2 (qualité de l'air intérieur moyenne)	36-54 m ³ /h/personne	72-108 m ³ /h/personne
INT3 (qualité de l'air intérieur modérée)	22-36 m ³ /h/personne	43-72 m ³ /h/personne
INT4 (qualité de l'air intérieur basse)	Inférieur à 22 m ³ /h/personne	Inférieur à 43 m ³ /h/personne

*** Détermination du nombre d'occupants par destination**

Type d'occupation	Surface au sol par personne (m ² / personne)
Restaurants, cafétéria, buffet rapide, cantine, bars, cocktail bars	1.5
Cuisines, Kitchenettes	10
Chambres à coucher d'hôtel, de motel, de centre de vacances,....	10
Dortoirs de centres de vacances	5
Salle de réunion, espace de rencontre, salle polyvalente	3
Bureau paysager	12
Petit bureau	10
Locaux de réception, réception, salle de réunions	3.5
Entrée principale	10
Salle de classe	2.5

Les émissions admissibles provenant de sources autres que le métabolisme humain et la fumée, doivent être déclarées aussi clairement que possible. Si aucune autre émission n'est prise en compte, ceci doit être consigné dans la documentation de conception.

1.5.2 La ventilation des espaces non destinés à l'occupation humaine :

Débit d'air dans des espaces non destinés à l'occupation humaine sont:

*** débits non destinés à l'occupation humain**

Classe : INT (qualité de l'air intérieur)	Débit d'air neuf (m ³ /h/m ²)
INT1 (qualité de l'air intérieur excellente)	La classe n'est pas applicable
INT2 (qualité de l'air intérieur moyenne)	Supérieur à 2.5 m ³ /h/m ²
INT3 (qualité de l'air intérieur modérée)	1.3-2,5 m ³ /h/m ²
INT4 (qualité de l'air intérieur basse)	Inférieur à 1,3 m ³ /h/m ²

1.5.3 La ventilation des espaces spéciaux :

Les espaces spéciaux sont des espaces à pollutions spécifiques pour lesquels d'autres exigences (spécifiques et/ou formelles) prévalent en ce qui concerne la ventilation. La norme NM EN13779 donne des débits typiques à réaliser dans les cuisines et les toilettes, dans le cas d'un système où seule l'extraction est mécanique.

*** Valeurs de dimensionnement des débits d'air repris**

Catégorie	Unités	Débit de ventilation par l'air extérieur	
		Plage type	Valeur par défaut
Cuisines à usage simple (par exemple : cuisine pour préparer des boissons chaudes) (*)	m ³ /h	Supérieur à 72	108
	1/s	Supérieur à 20	30
toilettes/salles de bain (**)			
minimum par espace	m ³ /h	Supérieur à 24	36
	1/s	Supérieur à 6.7	10
Débit par surface	m ³ /h. m ²	Supérieur à 5	7.2
	1/s.m ²	Inférieur à 1,4	2

(*) Ces débits ne sont pas valables pour des cuisines à usage professionnel, pour lesquelles une étude spécifique est nécessaire.

(**) Ces débits sont valables pour autant que l'extraction fonctionne au moins 50 % du temps ; dans le cas contraire, des débits plus élevés sont requis.

1.5.4 Méthodes de dimensionnement des réseaux de distribution

Il existe 3 méthodes pour le dimensionnement d'un réseau de ventilation :

- Méthode dynamique ou méthode de réduction arbitraire de la vitesse
- Méthode perte de charge linéique constante
- Méthode au gain de pression statique

La méthode la plus utilisée est la deuxième : méthode perte de charge linéique constante. Elle consiste à dimensionner les divers tronçons (sections) du réseau de telle sorte que chacun de ces tronçons présente théoriquement la même perte de charge linéique.

1.6 La ventilation et le milieu hospitalier

La ventilation en milieu hospitalier s'intéresse essentiellement aux zones à risque de contamination faible (bureaux administratifs et médicaux, les cabinets de consultations, certaines unités d'hospitalisations sans risques majeurs, ...). En général, pour les zones à risques de contamination moyenne ou élevée, la climatisation est souvent difficile à éviter.

En fonction du type de local, la ventilation doit répondre en tout ou en partie aux objectifs suivants :

- assurer le confort des malades, du personnel soignant et des visiteurs,
- limiter la concentration dans l'air des particules et des bactéries,
- éliminer les gaz dangereux (gaz anesthésique,...) et explosifs,
- éviter les contaminations entre différentes zones (la séparation des réseaux aérauliques par type de risque est recommandée).

Le traitement de l'air est fortement réglementé dans le milieu hospitalier. Il existe de nombreuses normes qui permettent de cadrer les méthodes de traitement de l'air :

La norme NFS 90-351 du 06 avril 2013 : " établissement de santé - Salles propres et environnements maîtrisés apparentés - Exigences relatives pour la maîtrise de la contamination aéroportée "

Cette norme permet de définir différentes zones suivant les risques encourus : les zones à risque. Suivant le niveau de risque de ces zones, différents types de flux d'air sont définis (unidirectionnel, ou non) avec une variation de taux de brassage (donné en volume/heure). On peut voir un exemple de classification dans le tableau ci-après :

PERFORMANCES A ATTEINDRE Salle au repos				Moyens	
Type de zone	Classe particulaire	Cinétique de décontamination particulière	Classe Microbiologique	Type de flux d'air	Vitesses et taux de brassage
Zone à risque de niveau 4	ISO 5	CP 5	M1	Flux unidirectionnel	Vitesse de soufflage : 0,25 à 0,35 m/s Air Neuf : supérieur ou égale à 6 V/h
Zone à risque de niveau 3	ISO 7	CP 20	M10	Flux unidirectionnel ou non unidirectionnel	Taux de brassage : supérieur ou égale à 15 V/h
Zone à risque de niveau 2	ISO 8	CP 20	M 100	Flux non unidirectionnel	Taux de brassage : £10 V/h

Gradient de pression AP (Pa) : 15 ± 5 Pour les niveaux de risque 2,3 et 4

- Définition des classes particulières : C'est la concentration maximum admissible (particules/m³ d'air) en particules de taille égale ou supérieure à celles ci-dessous

Tableau : Classes particulières d'après la norme ISO 14644-1

Classification on numbers Numbers (N)	Maximum concentration limits (particles/m ³ of air) for particles equal to and larger than the considered sizes shown below					
	0.1u.m	0.2u.m	0.3u.m	0.5u.m	1u.m	5.0u.m
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1000	237	102	35	8	
ISO 4	10 000	2 370	1020	352	83	
ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO 7				352 000	83 200	2 930
ISO 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO 9				35 200 000	8 320 000	293 000

- Définition des cinétiques de décontamination particulière : CP20 signifie que moins de 20 mn sont nécessaires pour abattre la contamination de 90 %.

- Définition des classes microbiologiques : M100 signifie qui peut y avoir présence de moins de 100 ufc/m³ d'air (ufc: Unité Formant Colonie).

- Classification des locaux suivant leur niveau de risque :

- Zones classées en risque 4 (très haut risque infectieux)
- Zones classées en risque 3 (haut risque infectieux)
- Zones classées en risque 2 (risque infectieux moyen)

▪ **Types de locaux au sein d'un hôpital**

- Les locaux à pollution non spécifique : la contamination est uniquement due à la présence humaine) (exemple : une chambre sans sanitaires).

- les locaux à pollution spécifique : y sont émis des substances dangereuses ou gênantes sous forme de gaz, vapeur, aérosols liquides ou solides et peuvent contenir des sources de micro- organismes potentiellement pathogènes (exemple : un bloc opératoire).

- Quel que soit les locaux, une ventilation est obligatoire.

Les chambres de patients doivent être obligatoirement munies d'un système de ventilation mécanique. Les débits d'air minimum par occupant des locaux à pollution non spécifique sont mentionnés sur le chapitre 1.5 ci-dessus.

▪ **Particularités des locaux à pollution spécifique**

- La prise d'air neuf doit être installée à 8 mètres minimum de la source de pollution.

- Les débits de renouvellement d'air doivent être supérieurs à ceux donnés pour les locaux à pollution non spécifique et doivent être adaptés au type de pollution et à la quantité émise par la source.

- Une filtration doit être mise en place pour limiter la pollution par les poussières à 10 mg/m³ d'air et la pollution alvéolaire à 5 mg/m³ d'air sur une durée de 8 heures.

- La réutilisation de l'air ne peut se faire qu'après une épuration efficace. Cet air ne peut être réinjecté que dans des locaux possédant la même pollution que le fluide initial. L'air issu des blocs opératoires (locaux à pollution spécifique) ne pourra donc pas être redistribué dans les chambres des patients (locaux à pollution non spécifique).

Chapitre 2 : Matériel et mise en œuvre

2.1 Les conduits

2.1.1. Les types de conduits

Les matériaux constituant les conduits de distribution sont généralement en :

- acier galvanisé,
- aluminium,
- inox,
- plâtre,
- matière synthétique (PVC, textile, polyéthylène, etc.)

Les principales formes des conduits sont :

a) Les conduits cylindriques ou circulaires

Les conduits circulaires sont caractérisés par les paramètres suivants:

- A_c : aire de la section droite (m^2)
- A_i : aire de la section latérale (m^2/m)
- d : diamètre nominal (mm)

Avantages

- Demandant moins de matière pour une même section, ils sont plus légers et plus économiques.
- Ils sont faciles et rapides à poser.
- Ils se prêtent bien aux changements de direction en plan et en élévation.
- Leur étanchéité est très bonne, particulièrement si les raccords entre conduits se fait avec double joint.

Inconvénients

- Les piquages et le placement des bouches en parois sont plus compliqués.
- Leur encombrement en hauteur est plus important.

b) Les conduits rectangulaires

Les conduits rectangulaires sont caractérisés par les paramètres suivants :

- A_c (aire de la section droite): produit de la longueur a et b .
- A_i (aire de la surface latérale du conduit): produit du périmètre intérieur par la longueur du conduit.
- d_h (diamètre hydraulique) = $4 * A_c$ (la section droite) / $(a+b)$ (périmètre intérieur).
- d_e (diamètre équivalent).

Avantages

- L'encombrement en hauteur peut être plus réduit.
- Les piquages et les bouches en flanc de conduit sont faciles à réaliser.
- Les coudes peuvent facilement être équipés d'aubes directrices.

Inconvénients

- La quantité de matière utilisée est plus importante. Le réseau est donc plus lourd et plus coûteux.
- Pour une même section, la perte de charge linéaire est donc aussi plus élevée pour un même débit.
- La déformation des conduits est plus rapide.
- L'étanchéité du réseau dépend très fort de la mise en œuvre et de la qualité des joints. Il est presque impossible d'atteindre l'étanchéité des conduits circulaires.
- Au minimum deux fois Plus chers que les conduits circulaires.

c) Les conduits oblongs

Ils sont un compromis entre les conduits circulaires et les conduits rectangulaires, ils sont faciles à placer et étanches et ils prennent moins de place en hauteur que les conduits circulaires.

2.1.2 Normalisation des sections des conduits

Les normes marocaines NM 10.5.003 (NM.EN 1505), NM 10.5.004 (NM EN 1506), NM 10.5.005 (NM EN 1507), fixent la section des conduits de ventilation à des valeurs standards :

a. Conduits circulaires

Série des diamètres intérieurs (mm)						
63	80	100	125	160	200	250
315	400	500	630	800	1000	1250

Diamètres complémentaires

Série des diamètres intérieurs (mm)							
150	300	355	450	560	710	900	1120

b. Conduits rectangulaires

Les conduits rectangulaires sont donnés en fonction de leurs côtés. La norme précise également la section obtenue A_c , en m^2 , le diamètre hydraulique d_h en mm, le diamètre équivalent d_e en mm et l'aire de surface latérale A_i en m^2/m .

- d_h = le diamètre du conduit circulaire ayant les mêmes pertes de charge pour une vitesse d'air identique.
- d_e = le diamètre du conduit circulaire ayant les mêmes pertes de charge pour un débit identique (avec les mêmes coefficients de frottement).

La norme marocaine NM 10.5.003, fournit également les correspondances entre les dimensions des conduits rectangulaires, d_h , d_e , A_c et A_i sous forme d'abaques.

2.1.3 Normalisation de l'étanchéité des conduits

La norme marocaine basée sur des tests réalisés en laboratoire et sur site sur des conduits mis en œuvre suivant les codes de bonne pratique, Elle concerne le taux de fuite dans les conduits, allant de la sortie de la centrale de traitement d'air aux éléments terminaux.

Un certain degré de fuite dans les réseaux de ventilation est inévitable (et toléré sauf évidemment dans les réseaux transportant des gaz dangereux). Il est en outre reconnu que le transport, le stockage et la mise en œuvre est source d'aggravation des risques de fuite.

La norme marocaine définit des classes d'étanchéité basées sur le rapport entre la quantité de fuite dans les conduits et la surface du réseau de distribution d'air, bien que les fuites proviennent principalement des joints.

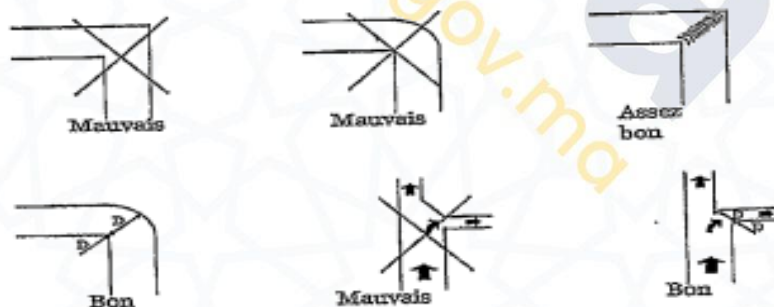
La NM EN 1507 définit les classes d'étanchéité pour les conduits en tôle rectangulaires et la NM EN 12237 pour les conduits en tôle circulaires.

2.2 Les accessoires :

2.2.1 Coudes, Tés, changements de section, piquages et brides.

La forme des coudes, Tés, changements de direction, de section ou dérivation jouent un rôle important dans les pertes de charge du réseau de distribution.

Afin de réduire les pertes de pression, les coudes de grandes dimensions doivent être équipés d'aubes directrices.



2.2.2 Isolants thermiques et acoustiques

Pour limiter les pertes thermiques lorsque le réseau véhicule de l'air chaud ou de l'air froid, il existe des conduits isolés thermiquement, L'isolant peut être apposé après pose des conduits. Les conduits peuvent également être directement composés du matériau isolant Dans ce cas, une attention particulière sera portée sur la tenue mécanique de la surface

interne du conduit qui ne doit pas présenter de rugosité excessive (augmentation des pertes de charge) et qui doit résister à l'arrachement.

Dans le cas de conduits véhiculant de l'air froid, les risques de condensation lors de la traversée d'un local plus chaud que l'air transporté sont éliminés au moyen d'un film pare-vapeur (tissu imprégné, film plastique ou métallique). Il existe des isolants déjà revêtus de tels films. Dans ce cas les joints doivent se refermer au moyen de ruban adhésif.

Il existe également des conduits rectangulaires directement composés de panneaux de laine minérale. Ceux-ci sont d'office enrobés d'un film pare-vapeur. Ces conduits ont par la même occasion des caractéristiques d'absorption acoustique.

2.2.3 Registres de réglage

Ces registres servent

- Au réglage de débit d'air, par création d'une perte de charge variable, qui n'est pas directement proportionnelle à l'angle de pivotement des volets : la variation du débit dépend essentiellement de la pente de la courbe débit-pression du ventilateur ; si cette pente est fortement descendante, le débit diminuera lorsque le registre sera près de la fermeture (avec un risque de bruit important).

- A l'isolement entre un conduit d'air et un ou plusieurs autres. Par exemple, pour remplacer une alimentation en air recyclé par une alimentation en air neuf ou pour isoler un échangeur de température. Une étanchéité rigoureuse n'est généralement pas demandée.

En général de section rectangulaire, ils comportent plusieurs lames ou volets pivotant autour d'axes parallèles, depuis une position "ouvert" où ils présentent leur tranche à l'écoulement de l'air, jusqu'à une position "fermée" où leurs bords se rejoignent : comme chaque volet a un effet directionnel, on les actionne de manière à ce que leur sens de pivotement soit contraire d'un volet à l'autre. On évite ainsi que la déviation du flux d'air aval perturbe trop l'écoulement loin à l'aval du registre.

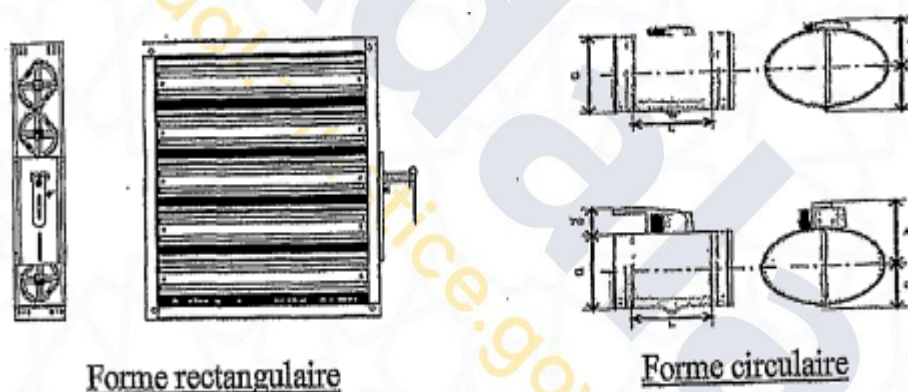
Dans le cas des sections circulaires, on utilise parfois (pour une facilité d'approvisionnement et de fabrication) des registres de section carrée,

dont les coins débordent Un registre de section ronde à un seul volet rond créerait une dissymétrie perturbant trop l'écoulement aval. Les registres à deux volets semi-circulaires sont préférables.

Il est difficile de réaliser des registres très étanches. Néanmoins, il est possible de réduire les fuites en position fermée à quelques pour-cent du débit normal avec des bords de volet se recouvrant et munis de joints souples. Le jeu entre volets et parois doit être réduit au minimum tout en restant compatible avec un pivotement facile des volets.

La classe d'étanchéité des registres de réglages est définie par la norme NM EN1751 pour chaque type d'utilisation.

Dans les régions froides, des résistances électriques peuvent être incorporées aux bords des volets placés à l'extérieur.



2.2.4 Clapets d'obturation

Il s'agit des dispositifs permettant la fermeture quasi parfaite d'un conduit, ils peuvent être actionnés mécaniquement et même automatiquement dès que la vitesse de l'air diminue ou tend à s'inverser. Us ne comportent généralement qu'un seul volet dont la section est supérieure à celle du conduit. Ils reposent par leur pourtour sur un siège souvent garni d'un joint souple laissant libre une section égale à celle du conduit.

De tels clapets se rencontrent souvent au refoulement de ventilateurs, fonctionnant en parallèle, afin d'éviter un retour en arrière à travers un

ventilateur arrêté. Sans ce dispositif le ventilateur risque d'avoir un temps de démarrage plus long provoquant un échauffement important du rotor du moteur électrique. De tels clapets s'imposent également quand un conduit doit être isolé pour des questions d'entretien ou de sécurité (désenfumage en cas d'incendie).

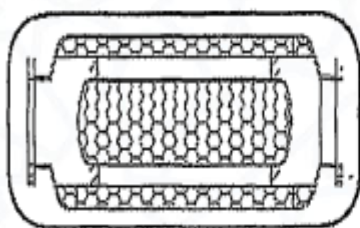
On utilise également des clapets plus légers dits "anti-retour" comprenant souvent plusieurs lames comme les registres, ces lames retombent sous leur propre poids quand la circulation d'air s'arrête ou s'inverse.

2.2.5 Piège à son

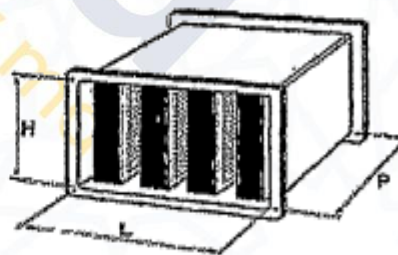
Appelé aussi silencieux ou atténuateur, le piège à son est un dispositif destiné à capter les sons dans le flux d'air, il sert à atténuer l'amplitude et la puissance d'un bruit.

L'atténuation est obtenue lors du passage de l'air entre les éléments absorbants (exemple laine de roche ou similaire). Un cloisonnement sous forme de chicanes permet d'en améliorer l'efficacité.

Différents types des pièges à son peuvent être utilisés suivant les performances acoustiques demandées et les différents paramètres de fonctionnement.



Forme circulaire



Forme rectangulaire

2.2.6 Clapets et volets coupe-feu et par flamme

Ce sont des équipements de sécurité placés sur les conduits d'air de manière à éviter la propagation des fumées à l'intérieur de ceux-ci. Lors du fonctionnement normal de l'installation de ventilation ils sont ouverts. Leur fermeture automatique est réalisée par le déclenchement d'un fusible

lorsque la température dans le conduit d'air devient supérieure à une valeur définie, Ce dispositif permet de réaliser un cantonnement par isolation de la zone où se produit l'incendie.

a) La notion coupe-feu

Correspond à une résistance mécanique, à une étanchéité aux flammes et à une isolation thermique.

b) La notion par flamme

Correspond à une résistance mécanique et à une étanchéité aux flammes.

2.2.7 Filtres

Servent à :

- Débarrasser l'air des polluants : champignons, bactéries allergogènes et pathogènes, des particules de fibre de verre,...
- Protéger les équipements des locaux (électroniques, photographies,...) contre les poussières pour augmenter leur durée de vie et diminuer leur maintenance.
- Protéger l'installation de ventilation elle-même. Sans filtration, des dépôts apparaissent dans les conduits, leurs joints, dans les bouches de distribution, sur les batteries d'échange, les ventilateurs, les registres et les sondes de régulation. L'accumulation de poussières peut provoquer la prolifération de champignons, bactéries,...
- Eviter la propagation d'incendie par les poussières et les risques d'explosion.
- Protéger les terrasses et toitures en n'évacuant pas les particules directement vers l'extérieur.

a) Efficacité

On classe les filtres à couche poreuse en fonction de leur efficacité :

- Filtres à moyenne efficacité (classes G1 à G4).
- Filtres à haute efficacité (classes M5 à F9).

- Filtres à très haute efficacité ou absolus (classes H10 à H14).

- Filtres à couche poreuse.

b) Types

- Les filtres à surfaces de choc huilées.

- Les filtres à charbon actif.

- Filtres pour cuisine :

- Filtres à chocs : Ils sont composés de profilés en quinconce qui interceptent les particules (principalement les graisses).

- Filtres à tricot : Il s'agit de filtres plans composés d'un treillis de fils d'acier.

- Filtres à effet cyclonique : L'air vicié effectue continuellement une spirale dans le même sens, les particules de graisse et d'eau sont séparées par centrifugation et récupérées par gravité dans un collecteur.

Tableau d'application des principaux filtres		
Éléments à filtrer	Classe suivant MM 10.5.047(NM EN 779)	Applications
Insectes, fibres textiles, cheveux, sable, cendres, pollen, ciment	G1	Utilisations simples (protection contre les insectes).
	G2	
	G3	Pré filtre et filtre pour les installations de protection civile. Évacuation de l'air des cabines de peinture, des cuisines. Protection anti-pollution pour les climatiseurs (par exemple de fenêtre).
	G4	
		Pré filtre pour les classes de filtration M6 à F8.

Pollen, ciment, particules salissantes (poussière), germes, poussières chargées de bactéries	M5	Filtre sur l'air neuf des locaux à faible exigence (ateliers, garages, entrepôts).
	M5 M6 F7	Pré filtre et filtre pour les centrales de traitement de l'air. Filtre final dans les installations de climatisation pour magasins, bureaux et locaux de fabrication. Pré filtre pour classes F9 à H12.
Fumées d'huile et de suie agglomérées, fumée de tabac, fumée d'oxyde métallique	F7 F8 F9	Filtre final dans les installations de climatisation pour bureaux, locaux de fabrication, hôpitaux, centrales électriques, locaux ordinateurs. Pré filtre pour filtres absolus et filtres à charbon actif.
Germes, bactéries, virus, fumée de tabac, fumée d'oxyde métallique	H10 H11 et H12 H13 et H14 U15 et U16	Filtre final pour locaux à haute exigence, laboratoires, alimentation, pharmacies, mécanique de précision, industrie optique et électronique.
	H11 et H12	Filtre final pour salles blanches.
Vapeur d'huile et suie en formation, particules radioactives	H13 et H14 U15 et U16	Filtre final pour salles blanches. Filtre final pour salle d'opération. Filtre final pour évacuation d'air des installations nucléaires.

2.3 Les ventilateurs

Les ventilateurs sont des turbomachines transférant à l'air qui les traverse l'énergie nécessaire afin de le véhiculer, dans un ou plusieurs conduits ou bien permettant de balayer un espace (local) assurant ainsi une homogénéisation de l'air.

Parmi les nombreux types de ventilateurs couramment employés dans les installations de ventilation et de conditionnement d'air, on rencontre 4 principaux types de roues qui se distinguent les uns des autres en fonction de la forme des aubes.

Ils sont ainsi dénommés :

- - Ventilateur centrifuge à aubes inclinés vers l'arrière ou ventilateur à réaction.
- - Ventilateur centrifuge à aubes inclinés vers l'avant ou ventilateur à action,
- - Ventilateurs centrifuge à aubes rectilignes,
- - Ventilateurs Hélicoïde.
- - Ventilateurs tangentielle.

Les types de ventilateurs :

Les ventilateurs utilisés dans les réseaux aérauliques sont de type ; Centrifuge ou radial :

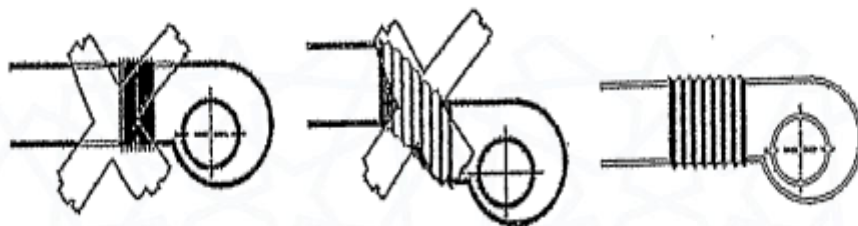
- A action petites aubes inclinée vers l'avant.
 - Roue dite " en cage d'écureuil "
 - Nb d'aubes entre 32 et 42 unités
 - Rendement de l'ordre de 60 à 75%
 - Utilisé pour rideaux d'air chaud (ventilateur tangentiel)
- A réaction grosses aubes inclinées vers l'arrière.
 - Rendement de 75 à 85%
 - Nb d'aubes entre 6 à 16 unités

- Utilisé pour Centrale de traitement d'air
- Utilisé pour Ambiance explosive à peu explosive : ventilateur antidéflagrant
- Ventilateurs à aubes radiales :
 - Peu utilisé dans les installations de Conditionnement d'air
 - Utilisé dans l'industrie pour le transport de produits légers (copeaux, produits textiles, poussières).
- Ventilateurs Hélicoïde
 - Ventilateur dit " axial "
 - Direction d'écoulement essentiellement axiale
 - Nb d'aubes entre 2 et 60 unités
 - Rendement de 40. à 90%
 - Utilisé pour Désenfumage des locaux, tunnels...

2.4 Mise en œuvre

2.4.1 Emplacement des accessoires (bouches, volets de réglages, clapets, pièges à son, manchettes souple...)

- Les bouches d'extractions à placer en partie haute à une hauteur d'au moins 1,80 m, distantes d'au moins 15 cm de toutes parois ou obstacles et angles.
- Grille de transfert à placer dans une porte ou à encastrier dans les murs intérieurs.
- Les clapets souvent posés afin d'éviter le retour d'air en arrière.
- il est préférable de placer les pièges à son dans la cloison séparant ce local des locaux avec exigences acoustiques.
- Les manchettes souples du raccordement du ventilateur au réseau de distribution ne peuvent pas être montées de manière comprimée ou décentrée.



2.4.2 Rejet de l'air extrait

L'air extrait doit être rejeté à l'extérieur de l'immeuble, soit directement depuis le groupe d'extraction, soit par l'intermédiaire d'un conduit de refoulement, et de façon à éviter la reprise d'air vicié par les ouvrants et les entrées d'air.

En règle générale, il faut respecter les distances minimales de 8 mètre entre le point de rejet et les obstacles en toiture (souches de cheminées, machinerie d'ascenseurs, murs mitoyens, etc.) spécifiées

Le rejet de l'air extrait doit s'effectuer de façon à ce que le vent ne crée pas de surpression dans le réseau.

La sortie de toiture peut être soit :

- un débouché en toiture fourni par le fabricant du kit.
- un conduit maçonné.

La distance horizontale minimale recommandée entre la prise d'air et les orifices de refoulement de l'air rejeté est de 8m.

D'autres contraintes d'emplacement (verticalité, angle d'inclinaison, etc.) sont définies par le tableau A2 de la norme marocaine NM EN 13779.

Chapitre 3 : La VMC et l'économie d'énergie

Ce chapitre illustre les liens entre la ventilation et l'économie d'énergie, le premier concernera l'identification des différents modes où la ventilation joue un rôle important dans le processus d'économie d'énergie, le deuxième consiste à déterminer les concepts d'économie d'énergie liés à l'utilisation des systèmes de ventilation et les recommandations requises pour un bon dimensionnement.

3.1 Modes de ventilation et économie d'énergie

3.1.1 Gestion des débits

Une gestion efficace de l'apport d'air neuf est liée à la prise en compte du profil d'occupation des zones (nombre de personnes présentes, occupation intermittente, régulière, occasionnelle, ...). Tout dépendra aussi de la configuration du réseau de traitement d'air par rapport aux locaux à alimenter en air frais, à savoir : une alimentation mono zone comprenant plusieurs locaux à desservir est difficilement gérable, car elle risque de ne pas assurer les besoins thermiques spécifiques à chaque local. Par contre, une alimentation multizone permet d'être souple au niveau de la gestion (réglage individuel de chaque débit).

L'évaluation exacte du coût énergétique de la ventilation est relativement complexe. Elle nécessite soit un programme de simulation numérique (lors de la conception), soit des mesures détaillées (bâtiment existant). Ce coût énergétique dépend du climat, du type de système de ventilation et de gestion, de l'isolation du bâtiment, des gains internes, des gains solaires, ...

3.1.2 Evaluation de la consommation électrique du ventilateur

La consommation électrique d'un ventilateur peut être estimée suivant une règle de bonne pratique. La puissance électrique absorbée par un ventilateur double flux dans ses conditions nominales de fonctionnement dépend de la perte de charge, de l'efficacité du ventilateur et de la conception du moteur (transmission par courroie, accouplement direct...).

Les valeurs de puissance spécifique recommandées sont :

- Pour les systèmes de ventilation et de climatisation complexes : comprises entre 500 et 750 [W.m-3.s].
- Pour les systèmes de ventilation simples : comprises entre 750 et 1 250 [W.m-3.s].

3.1.3 Arrêt de la ventilation

Le contrôle du temps de ventilation peut se faire par plusieurs moyens tels que l'horlogerie, le système de gestion centralisé(GTC) ou autre.

Dans le cadre de ce contrôle, certaines précautions de base sont à prendre en compte telles que :

- Adapter le nombre d'heures de fonctionnement et l'horaire d'exploitation lorsque les besoins et les affectations des locaux changent.
- Contrôler régulièrement la programmation de l'horloge (suspendre une étiquette à proximité avec l'horaire valable).
- Modifier l'horaire en fonction des saisons si nécessaire.

3.1.4 Ventilation à la demande

La pratique montre que la consommation d'énergie d'un système de ventilation peut être très souvent considérablement réduite en adaptant la ventilation aux besoins réels.

La gestion de la ventilation à la demande consiste à moduler les débits de ventilation en fonction du taux d'occupation des locaux par des personnes, les détecteurs suivants peuvent être adaptés en fonction de la demande :

- Détecteurs de mouvement.
- Détecteurs de CO₂ (pour zones non-fumeurs).
- Détecteurs infrarouge.
- Détecteurs CO pour les parkings.

Un capteur (détection de présence, sonde CO₂,...) commande soit les bouches de distribution de l'air, soit directement la vitesse du ventilateur,

3.2 Différents concepts des systèmes de ventilation d'économie d'énergie

3.2.1 Le free-cooling

Cette technique consiste à refroidir un bâtiment par ventilation en utilisant l'énergie gratuite de l'air frais extérieur (lorsque celui-ci présente une température inférieure à la température intérieure) et l'extraction de l'air chaud.

En hiver, de l'air frais extérieur peut alimenter, en journée, les zones à rafraîchir sans nécessiter l'enclenchement des groupes frigorifiques.

3.2.2 Rafraîchissement par ventilation nocturne

L'air de la nuit, toujours plus frais que celui du local ventilé, permet d'évacuer la chaleur emmagasinée le jour, en se réchauffant au cours de la traversée du local,

3.2.3 Récupération de l'énergie par échangeur thermique

L'idée est de transférer la chaleur de l'air extrait vers l'air neuf. On peut ainsi réaliser une économie de 50 à 90 % sur le coût du chauffage ou de refroidissement des locaux en fonction du type d'échangeur thermique.

La rentabilité du récupérateur thermique résulte de la comparaison entre le coût de l'énergie récupérée, et " les dépenses " résultat de l'acquisition des équipements, les frais de leurs exploitations et leurs entretiens

Pratiquement on se rend compte que la rentabilité dépend du prix de revient du kWh de la source de production d'énergie.

Pour autant que techniquement ce soit possible, l'adaptation d'un système de récupération thermique sur l'air extrait est d'autant plus intéressante que l'on a :

- des débits élevés (+ de 10 000 m³/h).
- un usage permanent de l'installation de ventilation (c'est le cas des hôpitaux).
- des besoins thermiques élevés (ex : piscines d'hydrothérapie).

3.2.4 Puits Canadien

Ce système permet de préchauffer ou de rafraichir de l'air neuf d'un système de pulsion mécanique par l'intermédiaire d'un conduit d'amenée d'air enfoui dans le sol, en complément de la récupération de chaleur éventuelle.

En hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure : l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux. Avec ce système, l'air aspiré ne sera pas prélevé directement de l'extérieur, d'où une économie de chauffage.

En été, le sol est à l'inverse plus froid que la température extérieure : ce principe va donc utiliser la fraîcheur relative du sol pour le refroidissement naturel de l'air entrant dans le bâtiment.

Toutes les garanties devront être prises pour assurer la qualité hygiénique du puits canadien. Il s'agit de permettre le nettoyage, du système et éviter le développement bactérien consécutif aux condensations estivales.

Précautions :

- Il est important de pouvoir accéder à la conduite pour un entretien, et un nettoyage fréquent (à prévoir dans l'entretien du bâtiment).
- Les conduites doivent être en pente, l'eau éventuelle coule vers le point d'aspiration.
- Une pompe peut être prévue au point d'aspiration pour évacuer l'eau éventuelle.

Les paramètres d'influences

La nature du sol

La capacité calorifique et la conductivité du sol ont un impact important sur l'efficacité de la climatisation naturelle. Ces caractéristiques dépendent de la composition du sol, de son taux d'humidité et de sa porosité.

La capacité thermique du sol correspond à la moyenne des capacités calorifiques de ses différents constituants : minéraux, matière organique, air et eau.

Ainsi, un sol humide présentera une conductivité thermique supérieure à celle d'un sol sec et transmettra plus facilement sa chaleur ou sa fraîcheur au fluide transporté par les canalisations du puits.

La nature des canalisations de transfert de l'air

La capacité thermique et la conductivité thermique des canalisations ont un impact sur le comportement dynamique de l'échangeur. Certains matériaux présentent une inertie forte, d'autres présentent des caractéristiques proches de celles du sol environnant. La rugosité intérieure des canalisations peut induire des pertes de charges hydrauliques. Elles peuvent également favoriser des accumulations d'eau stagnante. Une légère forme de pente est rendue nécessaire pour la pose de ces canalisations, afin d'évacuer l'eau de condensation vers le point bas.

Deux types de matériau sont généralement proposés pour les canalisations de transfert d'air :

- Le tuyau en polypropylène,
- Le tuyau grès (Les tubes en grès sont réalisés à base de terre cuite émaillée),

Chapitre 4 : La VMC et le confort acoustique

En général les équipements de VMC génèrent du bruit soit à l'intérieur des locaux soit dans l'environnement extérieur. L'isolement acoustique d'un bâtiment contre le bruit dû à la VMC doit tenir compte de l'amélioration des performances des équipements : bouches, ventilateurs, caissons, gaines...

Une installation peut être source de bruit lorsqu'elle est mal conçue ou mal entretenue.

4.1 Types de bruits :

Le bruit transmis dans la pièce desservie est fonction des caractéristiques de l'extracteur et de son régime de fonctionnement, de l'atténuation acoustique du réseau, et des caractéristiques de la bouche d'extraction.

Bruits provenant de l'extracteur

Pour les extracteurs, il convient de respecter les exigences suivantes :

a) cas des extracteurs avec turbine à action : la vitesse périphérique de rotation de la roue doit être inférieure à 12,5 m/s, ou la pression totale inférieure à 220 Pa.

b) autres cas : les extracteurs autres que ceux avec turbine à action, en ce qui concerne l'évaluation du niveau de bruit doivent satisfaire la norme NM EN 13141 Composants VMC - Essais des extracteurs. Ce type d'extracteur est rarement utilisé pour la réalisation d'installations de VMC, il est plutôt destiné à des applications industrielles.

Bruit créé par la circulation de l'air dans les conduits

La vitesse moyenne de l'air dans les conduits ne doit pas excéder les valeurs suivantes :

- Conduits de collecte horizontaux : 2 à 5 m/s.
- Conduits verticaux : 6 m/s.

Il est rappelé que ces limitations correspondent aux seules exigences acoustiques et ne peuvent tenir lieu des règles de dimensionnement en vue de l'obtention des débits extraits dans le réseau.

En cas de dépassement des valeurs seuil ci-dessous, les solutions suivantes peuvent être adoptées :

- Le placement des silencieux afin d'absorber le bruit véhiculé par le réseau (généralement, le bruit produit par le ventilateur), La meilleure position d'un silencieux varie d'une installation à l'autre il faut respecter les prescriptions suivantes :

- Le silencieux doit être le plus près possible du ventilateur, principalement si le gainage passe au-dessus d'un local critique juste en aval du ventilateur.

- Si le gainage à la sortie du ventilateur traverse un local sans exigence acoustique (local technique, ..), il est préférable de placer le silencieux dans la cloison séparant ce local des locaux avec exigences acoustiques.

- Suspendre élastiquement un conduit/une tuyauterie à un plafond par support type ressort.

- Placement des manchettes de compensation de part et d'autre du caisson de ventilation.

- Dans un milieu extérieur brouillant isoler ou protéger les grilles extérieurs ou choisir des grilles avec absorbeurs acoustiques, on peut aussi profiter de l'épaisseur de la maçonnerie pour l'atténuation acoustique.

4.2 Valeurs exigées

La norme marocaine NM EN 13779 exige une plage de confort acoustique avec une valeur par défaut (en général la valeur médiane), sur la base des niveaux de pression acoustique à respecter dans les locaux :

Type de bâtiment	Type de local	dB(A) lim inf/valeur recommandé/lim sup
Garderie	écoles maternelle	30/40/45
	crèche	30/40/45
Bâtiment public	auditorium	30/33/35
	bibliothèque	30/33/35
	cinéma	30/35/40
	salle d'audience de tribunal	30/35/40
Commerce	magasin de détail	35/40/50
	grand magasin	40/45/50
	supermarché	40/45/50
	salle informatique, grande	40/50/60
	salle informatique, petite	40/45/50
Hôtel	couloir	35/40/45
	salon de réception	35/40/45
	chambre d'hôtel (nuit)	25/30/35
	chambre d'hôtel (jour)	30/35/40
Médical	couloir	35/40/45
	bloc opératoire	30/40/48
	salle	25/30/35

	chambre (nuit)	25/30/35
	chambre (jour)	30/35/40
Bureaux	petit bureau	30/35/40
	salle de réunion	30/35/40
	bureau paysager	35/40/45
	box à usage de bureau	35/40/45
Restauration	cafétérias	35/40/50
	restaurant	35/45/50
	cuisine	40/55/60
Enseignement	salle de cours	30/35/40
	couloir	35/40/50
	salle de sports	35/40/45
	salle des enseignants	33/35/40
Bâtiment sportif	stade couvert	35/45/50
	piscine	40/45/50
Tous types	Toilette/Vestiaire	40/45/50

4.3 Recommandations :

Pour réduire les transmissions sonores (vibrations et bruits aériens), il faut :

1. Ne pas placer le caisson au-dessus des chambres ou pièces de séjour.
2. Eviter les coudes à angles droits et les changements brutes de section dans le réseau de gaines ;
3. Isoler phoniquement les réseaux de gaines et conduits.
4. Installer sur des entrées d'air des piège à son contre les nuisances sonores extérieures.
5. Choisir du matériel de type silencieux

6. Installer les ventilateurs en terrasses des bâtiments en s'éloignant des façades adjacentes de 10 mètre au moins.

7. Prévoir, pour les installations à grand débits, des baffles acoustiques à dimensionner par un acousticien suivant le poids et la vitesse de rotation.

8. Pour réduire la propagation des vibrations des ventilateurs à la structure du bâtiment, on insère des supports élastiques anti-vibratiles à dimensionner par un spécialiste suivant le poids et la vitesse de rotation.

9. Eviter, pour la charpente métallique, de poser le caisson contenant le moteur directement en contact avec les éléments de la charpente, mais le suspendre.

Chapitre 5 : Contrôles et réceptions

5.1 Généralités

Les contrôles sont effectués au cours et à la fin des travaux ont pour but de vérifier que l'installation est bien conforme à celle prévue au descriptif et que son exécution ne présente pas de dispositions contraires aux prescriptions particulières du marché, à celles du présent CPC et aux règles de l'art.

L'entrepreneur fournira tout le matériel, les instruments de mesures (avec certificat d'étalonnage par laboratoire agréé) et le personnel qualifié pour effectuer les essais nécessaires sauf indications contraires du CPS.

Tout matériel ou appareil non conforme ou suspect, sera remplacé.

5.2 Contrôles et essais

5.2.1 Références normatif d'essais et performances

Les essais concernant les performances des composants des systèmes de ventilation des bâtiments sont définis par les normes marocaines suivantes :

- NM EN 13141-1a10 (NM 10.05.007 a 016).
- NM EN 14134 (NM 10.05.0020).
- NM EN 14239 (NM 10.05.0021).
- NM EN 12599 (NM 10.05.0024).
- NM EN 13182 (NM 10.05.0028).

5.2.2 Contrôle documentaire

Cette phase concerne la validation des fiches techniques des équipements de ventilation avant commencement des travaux elle consiste essentiellement à vérifier :

- Les performances énergétiques du produit (consommation électrique).
- Les performances acoustiques.

- Les agréments et certifications des produits de désenfumage par les organismes et laboratoires agréés, ainsi que la validité des attestations.

- La qualité des matériaux de constructions des équipements par rapport à l'environnement de fonctionnement (milieu salin..).

5.2.3. Les différents types d'essais des Installations

Les vérifications et les essais des installations exécutées, doivent être dans les règles professionnelles et suivant les normes d'une manière générale, ils consisteront à contrôler :

- l'étanchéité des réseaux.
- le fonctionnement des divers appareils de production, de traitement, des installations électriques, des organes de régulation, de sécurité et d'alarme,
- les vitesses de rotation.
- les pressions statiques amont/aval de chaque élément des matérielles aérauliques,
- les températures des fluides, d'ambiance.
- les débits d'air dans les centrales, les ventilateurs, les réseaux de gaines et aux organes de diffusion de soufflage, reprise et de prise d'air.
- les vitesses d'air dans l'ambiance.
- les niveaux de pression ou dépression des locaux.
- les niveaux sonores générés par les installations en fonctionnement.

Les débits théoriques et les débits mesurés devront être reportés sur les fiches techniques des équipements.

5.2.4. Les appareils et instruments de mesures

Mesure du débit d'air

La mesure des débits de ventilation mécanique constitue une étape capitale de la mise en service d'une installation de ventilation. En effet, cette mesure est nécessaire pour le réglage de l'installation, c.-à-d. le

réglage du ventilateur et des bouches de pulsion ou d'extraction d'air dans les différents locaux et ce, pour atteindre le bon débit au bon endroit.

La mesure du débit (Q) consiste en une mesure de la vitesse de l'air (v) que l'on multiplie ensuite par la section de passage (S) :

$$Q = v \times S$$

Mesure dans un conduit ou une bouche

Il faut procéder à une série de mesures en balayant uniformément la sonde de mesure sur toute la section (la vitesse n'est pas uniformément répartie sur toute la section de passage) et procéder à une moyenne arithmétique des mesures pour estimer le débit passant.

Il est préférable d'utiliser un appareil muni d'un dispositif intégrateur qui réalise la moyenne enregistrée sur 15 ou 30 secondes.

Pour mesurer la vitesse de l'air au droit d'une bouche, il faut tenir compte de la forme de l'écoulement à la sortie de celle-ci. Afin d'avoir des mesures cohérentes et reproductibles, il est préférable d'envelopper la bouche d'extraction d'un cône canalisant les veines d'air vers l'appareil de mesure (Sur les bouches d'extraction, les flux d'air ne sont pas homogènes, ce qui ne permet pas de déterminer une vitesse moyenne par balayage).

La mesure de débit dans un conduit doit être réalisée sur une section droite suffisamment longue (plus de 8 fois le diamètre) pour éviter les turbulences. Des trous sont pratiqués sur un côté des conduits de manière à balayer toute la section de passage, Si une partie de l'air est recyclé, le débit mesuré n'est pas le débit d'air neuf. Il faut en effet connaître le taux de recyclage pour pouvoir l'évaluer.

Instruments de mesures

▪ Tube de Pitot

Il permet de mesurer la vitesse de l'air par la mesure d'une différence de pression. Le tube est donc raccordé à un manomètre soit à liquide, soit digital.

Pour ne pas perturber la mesure, il faut être attentif à rester aligné avec le flux d'air (10° d'écart maximum).

Lors de la mesure au droit d'une bouche, de préférence on glisse le tube entre les lames de la grille et on effectue plusieurs mesures entre les différentes lames. Les lames de la grille doivent être placées en position droite.

Ce dispositif de mesure est plus précis pour les vitesses d'air supérieures à 5 m/s.

- Anémomètre à hélice

Les anémomètres à hélice ou à moulinet sont souvent utilisés pour réaliser des mesures de vitesse au niveau des grilles de ventilation ou de désenfumage. Il existe des anémomètres à hélice de toutes tailles de 15 à 200 mm de diamètre, les petits diamètres permettant les mesures dans les gaines et les grands à la sortie des bouches. L'hélice peut faire corps avec l'appareil de mesure ou être portée au bout d'une tige, ce qui permet des mesures à distance.

Pour obtenir une mesure précise, l'anémomètre à hélice doit être étalonné régulièrement, les transports, les manipulations, l'exposition à des ambiances plus ou moins polluées peuvent altérer la vitesse de rotation de l'hélice. L'axe de l'hélice doit être maintenu parallèlement à l'axe de l'écoulement (10° d'écart maximum).

La vitesse de rotation de l'hélice est sensiblement proportionnelle à la vitesse de l'écoulement elle est détectée sans contact, optiquement ou électriquement. A faible vitesse, les forces de frottement freinent voire bloquent le mouvement de rotation. Les anémomètres à moulinet présentent donc un seuil de démarrage qui peut varier selon la taille de l'hélice et sa qualité de construction. Les valeurs classiques de seuil de démarrage sont généralement de 0,2 (pour les grandes hélices) à 1 m.s⁻¹ (pour les plus petites).

- Anémomètre à fil chaud

Le principe du fil chaud ou thermique consiste à mesurer la puissance nécessaire au maintien en température du fil qui dépend de la vitesse de l'air. La mesure est souvent combinée à une mesure de température. Ces appareils sont peu sensibles aux chocs mais les poussières peuvent altérer

les conditions de refroidissement du fil. Les anémomètres à fil chaud, contrairement aux hélices, permettent de mesurer de très faibles vitesses (plage de mesure de 0,1 à 20 m/s pour le fil chaud et de 0,25 à 40 m/s pour les hélices).

- Manomètre

On peut estimer le débit traversant un filtre équipé d'une mesure de pression différentielle en connaissant les caractéristiques du filtre utilisé. Dans leur catalogue, les fabricants des filtres indiquent pour chaque filtre la perte de charge initiale du filtre propre et le débit pour lequel cette perte de charge est calculée.

Si on dispose d'une mesure de pression différentielle au droit du filtre, on connaît immédiatement le débit traversant le filtre :

$$\text{Débit}_{\text{réel}} = (\Delta p_{\text{mesuré}} / \Delta p_{\text{catalogue}})^{0,5} \times \text{débit}_{\text{catalogue}}$$

Pour les filtres à poches, ces valeurs sont parfois données pour une poche. Il faut alors multiplier par le nombre de poches pour obtenir le débit total.

Le suivi et le contrôle de la pression différentielle permet d'optimiser la durée de vie des filtres.

- Gaz traceurs

Sert à détecter les fuites d'air vu qu'à petite vitesse, l'utilisation de l'anémomètre est quasiment impossible.

5.3 Opération de réception des installations de ventilation : NM EN 12599

Cette norme spécifie des contrôles, des méthodes d'essai et des instruments de mesure en vue de vérifier, au stade de la réception, l'aptitude à l'emploi des systèmes installés.

Les opérations de réception en général seront conformes aux normes en vigueur et comporteront quatre phases :

- La réception acoustique.
- La réception statique.

- La réception dynamique.
- Le contrôle de la régulation et des automatismes.

5.3.1 La réception acoustique

Pour cette phase, les contraintes et modalités de réception acoustique sont définies dans la notice acoustique dont l'entreprise adjudicataire de ce lot doit respecter impérativement.

En cas de non-respect des contraintes acoustiques, l'entreprise assumera à ses frais la remise en conformité des ouvrages incriminés directement ou indirectement.

5.3.2. Réception Statique

Pour cette phase, l'entreprise transmettra l'ensemble des fiches d'autocontrôle. Cette phase consiste à un contrôle visuel des installations en regard des prescriptions normatives et réglementaires.

5.3.3. Réception Dynamique

Pour cette phase, l'entreprise transmettra l'ensemble des fiches d'autocontrôle concernant les mesures prises sur le réseau de ventilation par exemple :

- Etanchéité des réseaux.
- Vitesses d'air dans les locaux.
- Débits d'air globaux et locaux.
- Mesures de pression dans le réseau,
- Transferts d'air entre locaux.
- Nuisances sonores.
- Consommation électrique exagérée.
- Présence d'humidité.

5.3.4. Contrôle de la Régulation et des Automatismes

Cette phase consiste à contrôler l'ensemble des fonctions d'automatisme et de régulation, notamment :

- Contrôle de tous les asservissements, télécommandes locales ou à distance, signalisation alarme et report à l'installation de gestion technique centralisée,

- Contrôle du bon fonctionnement de l'ensemble des régulateurs et boîtiers de commande ainsi que tous les actionneurs (clapets, registres, etc.),

- Contrôle de tous les asservissements des installations de ventilation et de désenfumage avec la centrale de détection incendie.

5.3.5. Réception sur le Site

Pour cette phase, l'entreprise mettra à disposition du contrôleur les documents de contrôle demandés ci- après ainsi que tous les équipements de mesure ; le contrôleur assurera un contrôle par sondage des valeurs consignées dans ces documents sur la base :

- Des schémas isométriques des réseaux, fiches du contrôle interne et mesures des débits d'air des réseaux aérauliques avec indications des débits théoriques et des débits mesurés,

- Des plans d'exécution, fiches du contrôle interne et mesure des débits d'air pour tous les diffuseurs, bouches et grilles de soufflage et d'extraction avec indication des débits théoriques et des débits mesurés,

- Des fiches de mise en service de chaque équipement (ventilateurs, ventilo-convecteurs, etc.), fiches du contrôle interne et mesure des performances (débit d'air, pression différentielle, etc.) avec indication des valeurs théoriques et des valeurs mesurées,

5.3.6. Fiches de réceptions

A voir en Annexe 3 quelques exemples de fiches réception

- Fiche réseau de ventilation.

- Fiche caisson d'extraction.

- Fiche rejet d'air vicié.

Chapitre 6 : Maintenance, entretien et inspection

La maintenance des installations est une nécessité pour assurer le confort et prévenir les dysfonctionnements.

Les opérations de maintenance sur une installation de ventilation sont limitées et reposent sur :

- L'entretien des ventilateurs.
- L'entretien des filtres.
- Le nettoyage des batteries et conduits.
- La vérification des courroies.
- L'inspection.
- La périodicité de l'inspection.

6.1 Entretien des ventilateurs

L'entretien des ventilateurs consiste :

- Au graissage des paliers et accouplements avec les lubrifiants adéquats.
- Au nettoyage du ventilateur.
- A la vérification des dispositifs anti vibratiles,

6.2 Entretien des filtres

Les filtres sont les points essentiels garantissant la qualité de l'air pulsé dans les locaux. Les performances intrinsèques des filtres jouent évidemment un rôle important, leur entretien encore plus.

Il est impératif d'assurer régulièrement le suivi et l'entretien des filtres par le contrôle des pertes de charge traduisant leur état d'encrassement. Lorsque le filtre est colmaté, le débit diminue et les pertes de charge augmentent ; ce qui se traduit par une perte de qualité de filtration, un risque de non-respect des pressions différentielles entre zones...

Un filtre colmaté engendre une augmentation de vitesse du ventilateur donc automatiquement une surconsommation de l'énergie.

Un mauvais entretien engendre :

- Une diminution du débit pulsé et une diminution de la puissance absorbée par le ventilateur. On consomme donc moins, mais le débit de l'installation peut chuter en dessous d'un minimum admissible, la répartition volontaire des zones en surpression et en dépression (par exemple dans un hôpital) peut être modifiée sans que l'on s'en rend compte.

- Des risques d'infiltration des impuretés dans l'installation,
- Si le ventilateur maintient un débit constant, il engendre une surconsommation qui peut après un certain temps être équivalente au coût d'un nouveau filtre.

Un bon entretien est équivalent à :

- Une bonne surveillance de l'encrassement du filtre par un manomètre mesurant en permanence la perte de charge. Lorsque la perte de charge maximum admissible par le fabricant est atteinte, le filtre doit être changé (Cette valeur est la limite à partir de laquelle le fabricant ne garantit plus les performances de son filtre et/ou sa résistance mécanique).

- Un changement du filtre au minimum tous les 2 ans pour des questions d'odeur.

6.3 Nettoyage des batteries et conduits

Au fur et à mesure que l'installation fonctionne les batteries et les conduits s'encrassent pour conduire au risque de la présence des germes. Bien que très coûteux, le nettoyage manuel ou mécanique des équipements est nécessaire.

Dans les conduites, la pose régulière des trappes facilite le brossage, cette étape est réalisée en mettant la conduite à nettoyer en dépression au moyen d'un extracteur mobile équipé d'un filtre performant, la désinfection représente l'étape finale.

Le nettoyage des conduits d'aération peut se faire manuellement ou par des techniques mécaniques plus avancées.

Le nettoyage des conduits suivant la méthode traditionnelle est une opération à haut coefficient de main- d'oeuvre, et par conséquent onéreuse. Avant de pouvoir commencer' les travaux de nettoyage le faux plafond doit être démonté.

En revanche, des techniques modernes permettent de nettoyer l'installation facilement :

- Tous les 8 à 10 m. de petits trous de 25 mm de diamètre sont percés dans les conduits d'aération, ces trous peuvent ensuite être obturés au moyen de bouchons et être reliés directement au faux plafond.

- Avant le début des opérations de nettoyage, les conduits d'aération sont contrôlés visuellement grâce à une technique endoscopique via les petites ouvertures, ce contrôle permet de faire le point sur la quantité des impuretés accumulées.

- Le nettoyage du réseau se déroule comme suit : Une portion de conduit de 30 à 50 m de long est isolée du reste du réseau. Un puissant appareillage à vide lui est connecté. Un gicleur actionné par air comprimé est introduit dans les petites ouvertures. Les impuretés qui recouvrent l'intérieur des conduits d'aération sont balayées et éliminées par soufflement.

- Dans certains cas, le gicleur est monté sur un petit robot équipé d'une caméra, un plus en matière de maniabilité qui garantit une meilleure inspection.

- En cas d'encrassement tenace, des brosses rotatives actionnées par air comprimé sont utilisées pour détacher les particules de poussière au préalable.

- Les impuretés sont rassemblées et filtrées dans l'appareillage à vide. Après traitement grâce à un système de filtrage au rendement de 99,97 %, l'air d'extraction est renvoyé dans l'atmosphère. Le réseau de conduits étant soumis à une pression négative pendant le nettoyage, le risque de contamination de l'espace environnant est nul.

6.4 Vérification des courroies

Il est nécessaire de vérifier plusieurs points à savoir :

- La tension des courroies,
- Le niveau d'usure,
- L'alignement des poulies,
- L'usure des poulies.

Comme surveillance de base, il y a deux contrôles principaux que le personnel d'exploitation peut faire facilement et doit faire lui-même régulièrement 3 à 4 fois/an.

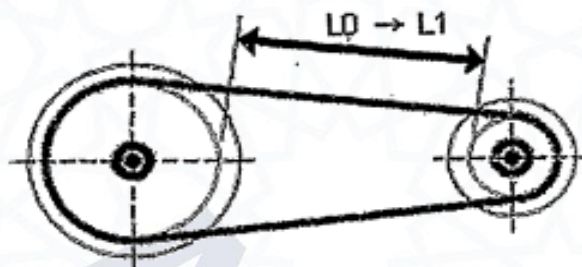
Tension des courroies

- Une courroie trop tendue :
 - Use rapidement les paliers et la courroie et augmente les pertes de la transmission.
 - Le débit d'air n'augmente pas lorsque la courroie est trop tendue,
 - Une courroie trop tendue siffle souvent au démarrage. Ce phénomène apparaît cependant aussi si la courroie est insuffisante pour la charge à transmettre,
 - Lorsque la courroie n'est pas assez tendue :
 - les pertes de la transmission augmentent et le débit d'air transporté diminue, car la courroie patine.
 - La consommation de l'énergie électrique peut diminuer suite à la perte de transmission liée automatiquement à une diminution du débit.
- Une tension insuffisante de courroie entraîne un battement de celle-ci, (80 % de l'allongement de la courroie au cours de sa vie survient pendant les 15 à 20 premières heures de fonctionnement).

Ci-dessous une méthode indicative pour régler la tension d'une courroie ; il faut tracer 2 repères sur une partie droite de la courroie non tendue, avec l'inter distance L_0 la plus grande possible. La distance entre repères L_1 après tension ne doit pas dépasser :

$L_1 - 1,006 L_0$ pour un entraxe inférieur à deux fois le diamètre de la plus grande poulie,

$L_1 = 1,008 L_0$ pour un entraxe supérieur à deux fois le diamètre de la plus grande poulie.



Usure des courroies

L'usure des courroies augmente aussi les pertes par transmission et peut le cas échéant par patinage faire diminuer le débit d'air transporté. Dans le cas des courroies multiples, il faut toujours changer tout le jeu des courroies.

Alignement des poulies

Toujours veiller au bon alignement des poulies. Un défaut d'alignement des poulies se marque par une usure latérale des courroies et la présence de poussière noire autour de la transmission.

Usure des poulies

Avec le temps, la poulie se déforme, son profil est donc modifié et elle doit être changée.

6.5 Inspection

Les dysfonctionnements observés sur les installations font ressortir des besoins des inspections régulières et pas uniquement lorsque des problèmes apparaissent. L'incidence du non contrôle régulier peut peser lourdement dans le bilan énergétique d'un immeuble.

L'inspection doit déterminer si l'équipement fonctionne dans un environnement approprié avec une efficacité acceptable et si des opérations de maintenance et de vérifications sont effectuées

régulièrement, ci-après la liste de quelques vérifications avec les observations et les actions appropriées :

- Demander à l'utilisateur les plaintes à propos du confort de ventilation et vérifier les raisons de ces plaintes et s*elles sont répétées.

- Evaluer le positionnement et la géométrie des entrées d'air par rapport à l'air rejetée (ou autres sources polluantes). Si un recyclage est suspecté, proposer une modification des emplacements d'entrée ou sortie d'air.

- Evaluer l'état de propreté des filtres et du pressostat.

- Vérifier le type du ventilateur et le mode de régulation de la vitesse de l'air et identifier les possibilités des améliorations.

- Evaluer les moyens permettant de moduler et de réguler le débit d'air dans les conduits d'alimentation et de reprise d'air.

- Vérifier si le système de ventilation est muni d'une horlogerie et relever les périodes de marche et d'arrêt, recommander une réinitialisation en cas de réglage inapproprié.

Il existe les normes marocaines NM EN 15239 et NM EN 15665 sur le volet inspection.

6.6 Périodicité de l'inspection

Suivant le type de zones desservies (niveau et type d'activité, profil d'occupation, étanchéité, ...), la périodicité sera établie. Mais il n'y a pas de règle générale.

La périodicité d'entretien des ventilateurs recommandée est la suivante :

Quotidiennement	Observer les bruits, les vibrations du ventilateur, réchauffement des paliers, les jauges et appareils de mesure.
Mensuellement	Vérifier l'alignement et la tension des courroies et graisser les paliers des ventilateurs.
Semestriellement	Vérifier les joints de l'arbre du ventilateur, les registres d'entrée et de sortie, les pales d'entrée, vidanger et remplacer l'huile des paliers lubrifiés.
Annuellement	Vérifier les canalisations de graissage pour s'assurer que la graisse ou l'huile s'écoule bien, vérifier les accessoires du ventilateur, régler les appareils de mesure.

Recommandations de maintenance et contrôle qualité en milieu hospitalier.

Maintenance :

- Nettoyage des gaines de ventilation (tous les 5 ans).
- Nettoyage des grilles de ventilation (4 fois/an),
- Nettoyage des CTA et récupérateurs de chaleur (1 fois/an).
- Vérification et remplacement périodique des filtres (suivant encrassement).
- Nettoyage des récupérateurs de condensats (2 fois/an).

Contrôle Qualité (ISO 5 et ISO 7) :

- Contrôle des classes particulières (1 fois/an).
- Contrôle des gradients de pression (en continu).

- Contrôle microbiologique air/surfaces (4 fois/an).
- Comptage particulaire (4 fois/an).

6.7 Recommandation de l'inspection

6.7.1 Etape 1 :

Correspond à une inspection simplifiée, avec un examen visuel de l'installation, plutôt réservé à la réception des installations neuves.

Actions à mener

- Vérifier la concordance du matériel installé avec celui préconisé au cahier des charges.
- Inspection des branchements aérauliques et électriques par la vérification de :
 - La tension d'alimentation ; concordance entre la tension prévue et la tension installée
 - Raccordement à la terre.
 - L'alimentation indépendante du tableau général (cf. réglementation incendie en tertiaire)
 - Dispositif d'arrêt et de protection.
 - La Qualité des jonctions, étanchéité et nature des raccords (résistance aux intempéries si situées en extérieur).
 - La nature et la tenue de l'isolant éventuel autour des conduits.
 - L'accessibilité des différentes parties.
 - Positionnement des conduits et des supports de suspension
 - L'absence de réduction brusque de section.
 - Visuel des caissons, de l'état de la courroie (tension), des filtres, des batteries d'échangeurs (s'il y a lieu), des manchettes souples, des alignements des poulies.
 - Conditions de pose et du raccordement aéraulique et du support, de l'accessibilité des portes, existence de manchette souple entre le caisson et le réseau de conduits,

- L'état des organes de contrôle (pressostats, tubes de pressions), étanchéité de l'enveloppe et des raccords.
- Mise en route des caissons et vérification du sens de rotation, détection de bruits ou de vibrations parasites éventuels.

6.7.2 Etape 2 :

Correspond à un examen plus approfondi intégrant, en plus de l'examen visuel, des relevés des performances (débit, pression, consommation électrique) et une analyse des résultats pour une amélioration éventuelle.

Actions à mener

- Examiner la documentation disponible.
- Observer la qualité de mise en œuvre, et l'état de l'installation :

Contrôles visuels, observations, portant sur les principaux composants à réaliser tout au long de l'inspection : Caisson de ventilation (accessibilité, courroie, support, encrassement, ...) ; Réseau de distribution (nature, fixations, fuites ; Diffusion d'air dans les locaux (entrées d'air, bouches, balayage, ...) ; Commande-contrôle (armoires électriques, raccords, horloges,...)

Les principaux points d'observation sont mentionnés dans une fiche récapitulative, qui reste un outil " modulable " en fonction du type d'installation ou des besoins.

- Réaliser les mesures suivantes :
 - Au niveau des caissons de ventilation : Vitesse de rotation et sens de rotation des ventilateurs ; Puissance électrique absorbée par les moto-ventilateurs (en même temps que la tension, l'intensité et le $\cos \Phi$; Pressions amont/aval des caissons et éventuellement des filtres si présents ; Mesure des débits d'air extraits ou insufflés et éventuellement des débits d'air rejetés ; Débits d'air extraits ou insufflés partiels si les différents réseaux sont reliés au même caisson.

- Au niveau des locaux desservis : Débits d'air aux bouches d'extraction/insufflation ; éventuellement la dépression dans les locaux où les écarts de pression entre locaux existent (exemple entre une salle de classe et le couloir) ; Ces mesures sont au minimum à réaliser dans le local le plus éloigné du caisson et dans celui le plus proche.
- Visualiser l'écoulement d'air, au moyen de fumigènes pour :
Localiser les fuites des réseaux "visibles" (ex, manchettes, jonctions...),
vérifier certaines entrées ou sorties d'air et observer les mouvements d'air entre locaux (notamment locaux à pollutions différentes).
- Eléments d'analyse :
 - Comparer les niveaux des débits relevés par rapport aux débits réglementaires et aux débits spécifiés au cahier des charges.
 - Evaluer de façon approximative les fuites du réseau par comparaison entre les débits globaux mesurés au niveau des caissons et l'estimation des débits extraits/insufflés dans les locaux à partir des relevés aux bouches.
 - Calculer le ratio- puissance / débit pour évaluer la consommation des ventilateurs et la performance de l'installation.

6.7.3 Etape 3 :

- Correspond à un examen spécifique intervenant plutôt à la suite d'un constat de dysfonctionnement révélé par un examen de types étape 1 ou 2, ou bien d'une plainte des occupants. Ce type de diagnostic peut nécessiter une analyse approfondie des systèmes et l'utilisation de matériel de mesure complexe.
- Les principaux problèmes rencontrés dans le cadre de cette étape sont :
 - Insuffisance des débits : locale ou globale.
 - Nuisance sonore.
 - Consommation électrique exagérée.

- Transfert d'odeur.
- Présence d'humidité,
- Courants d'air.

Actions à mener

- Vérifier que la conception et la réalisation sont conformes aux prescriptions du cahier de charge et aux exigences réglementaires en vigueur sans oublier de tenir compte des contraintes imposées par la nature du projet.

- L'examen des problèmes ci-dessus et la recherche des causes des dysfonctionnements nécessitent généralement des mesures spécifiques, portant principalement sur :

- Etanchéité des réseaux.
- Niveaux de bruit.
- Vitesses d'air dans les locaux.
- Débits d'air globaux et locaux.
- Mesures de pression dans le réseau.
- Transferts d'air entre locaux.

Annexe 1 : Normes d'application en vigueur

Normes	Désignation	Indice de classement
NM EN 12792	Ventilation des bâtiments - Symboles, terminologie et symboles graphiques	NM 10.5.001
NM CEN/TR 14788	Ventilation des bâtiments - Conception et dimensionnement des systèmes de ventilation résidentiels	NM 10.5.002
NM EN 1505	Ventilation des bâtiments - Conduits en tôle et accessoires à section rectangulaire - Dimensions	NM 10.5.003
NM EN 1506	Ventilation des bâtiments - Conduits en tôle et accessoires à section circulaire - Dimensions	NM 10.5.004
NM EN 1507	Ventilation des bâtiments - Conduits aérauliques rectangulaires en tôle - Prescriptions pour la résistance et l'étanchéité	NM 10.5.005
NM EN 12237	Ventilation des bâtiments - Réseau de conduits - Résistance et étanchéité des conduits circulaires en tôle	NM 10.5.006
NM EN 13141-1	Ventilation des bâtiments - Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 1 : dispositifs de transfert d'air montés en extérieur et intérieur	NM 10.5.007
NM EN 13141-2	Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 2 : bouches d'air d'évacuation et d'alimentation	NM 10.5.008
NM EN 13141-3	Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 3 : hottes de cuisine pour utilisation domestique	NM 10.5.009

NM EN 13141-4	Ventilation des bâtiments - Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 4 : ventilateurs utilisés dans les systèmes de ventilation des logements	NM 10.5.010
NM EN 13141-5	Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 5 : extracteurs statiques et dispositifs de sortie en toiture	NM 10.5.011
NM EN 13141-6	Ventilation des bâtiments - Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 6 : kits pour systèmes de ventilation par extraction pour logement individuel	NM 10.5.012
NM EN 13141-7	Ventilation des bâtiments - Essais de performances des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 7 : essais de performance des centrales doubles flux (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de ventilation mécaniques prévus pour des logements individuel	NM 10.5.013

Normes	Désignation	Indice de classement
NM EN 13141-8	Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 8 : essais des performances des bouches de soufflage et d'extraction (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de ventilation mécanique non raccordés prévus pour une pièce	NM 10,5.014
NM EN 13141-9	Ventilation des bâtiments - Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 9 : dispositif	NM 10.5.015

	de transfert d'air hygroréglable monté en extérieur	
NM EN 13141-10	Ventilation des bâtiments - Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements - Partie 10 : bouche d'extraction d'air hygroréglable	NM 10.5.016
NM EN 12220	Ventilation des bâtiments - Réseau de conduits - Brides circulaires pour ventilation générale - Dimensions	NM 10.5.017
NM EN 15239	Ventilation des bâtiments - Performance énergétique des bâtiments - Lignes directrices pour l'inspection des systèmes de ventilation	NM 10.5.018
NM EN 15665	Ventilation des bâtiments - Détermination des critères de performance pour les systèmes de ventilation résidentielle	NM 10.5.019
NM EN 14134	Ventilation des bâtiments - Essai de performances et contrôles d'installation des systèmes de ventilation résidentiels	NM 10.5.020
NF EN 14239	Ventilation des bâtiments - Réseau de conduits - Mesurage de Vaire superficielle des conduits	NM 10.5.021
NM EN 13779	Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de conditionnement d'air	NM 10.5.022
NM EN 15241	Ventilation des bâtiments - Méthodes de calcul des pertes d'énergie dues à la ventilation et à l'infiltration dans les bâtiments	NM 10.5.023
NM EN 12599	Ventilation des bâtiments - Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de ventilation et de climatisation installée	NM 10.5.024
NM EN 13182	Ventilation des bâtiments - Prescription d'instrumentation pour les mesures de vitesses d'air dans des espaces ventilés	NM 10.5.028

NM EN 15727	Ventilation des bâtiments - Composants de réseaux, classification de l'étanchéité et essais	NM 10.5.037
NM EN 779	Détermination des performances pour de filtration pour les filtres à air de ventilation générale	NM 10.5.047

Adala
adala.justice.gov.ma

Annexe 2 : Tableau dimensions et données valeurs des conduits (extrait de la norme nm en 1505)

Nota :

- A_e (aire de la section droite) : produit de la longueur a et b
- a_i (aire de la surface latérale du conduit) : produit du périmètre intérieur par la longueur du conduit
- d_h (diamètre hydraulique) : $4 * A_{\{o\}} / (a+b)$ (la section droite) / (périmètre intérieur)
- d_e (diamètre équivalent)

Grand côté (mm)	Petit côté (mm)											
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1 000	1 200	
200	0,020	0,030	0,040	-	-	-	-	-	-	-	-	A _c
	133	171	200	-	-	-	-	-	-	-	-	d _h
	149	186	218	-	-	-	-	-	-	-	-	d _e
	0,60	0,70	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	ai
250	0,025	0,038	0,050	0,063	-	-	-	-	-	-	-	A _c
	143	188	222	250	-	-	-	-	-	-	-	d _h
	165	206	241	273	-	-	-	-	-	-	-	d _e
	0,70	0,80	0,90	1,00	-	-	-	-	-	-	-	ai
300	0,030	0,045	0,060	0,075	0,090	-	-	-	-	-	-	A _c
	150	200	240	273	300	-	-	-	-	-	-	d _h
	180	224	262	296	327	-	-	-	-	-	-	d _e
	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	-	-	-	-	-	-	ai
400	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	-	-	-	-	-	A _c
	160	218	267	308	343	400	-	-	-	-	-	d _h
	205	255	299	337	373	436	-	-	-	-	-	d _e
	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,60	-	-	-	-	-	ai
500	-	0,075	0,100	0,125	0,150	0,200	0,250	-	-	-	-	A _c
	-	231	286	333	375	444	500	-	-	-	-	d _h
	-	283	331	374	413	483	545	-	-	-	-	d _e
	-	1,30	1,40	1,50	1,60	1,80	2,00	-	-	-	-	ai
600	-	0,090	0,120	0,150	0,180	0,240	0,300	0,360	-	-	-	A _c
	-	240	300	353	400	480	545	600	-	-	-	d _h
	-	307	359	406	448	524	592	654	-	-	-	d _e
	-	1,50	1,60	1,70	1,80	2,00	2,20	2,40	-	-	-	ai
800	-	-	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	0,640	-	-	A _c
	-	-	320	381	436	533	615	686	800	-	-	d _h
	-	-	410	463	511	598	675	745	872	-	-	d _e
	-	-	2,00	2,10	2,20	2,40	2,60	2,80	3,20	-	-	ai

Grand côté (mm)	Petit côté (mm)											
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1 000	1 200	
1 000	-	-	-	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,800	1,000	-	A _c
	-	-	-	400	462	571	667	750	889	1 000	-	d _h
	-	-	-	512	566	662	747	825	965	1 090	-	d _e
	-	-	-	2,50	2,60	2,80	3,00	3,20	3,60	4,00	-	ai
1 200	-	-	-	-	0,360	0,480	0,600	0,720	0,960	1,200	1,440	A _c
	-	-	-	-	480	600	706	800	960	1 091	1 200	d _h
	-	-	-	-	614	719	812	896	1 049	1 184	1 308	d _e
	-	-	-	-	3,00	3,20	3,40	3,60	4,00	4,40	4,80	ai
1 400	-	-	-	-	-	0,560	0,700	0,840	1,120	1,400	1,680	A _c
	-	-	-	-	-	622	737	840	1 018	1 167	1 292	d _h
	-	-	-	-	-	771	871	962	1 125	1 270	1 403	d _e
	-	-	-	-	-	3,60	3,80	4,00	4,40	4,80	5,20	ai
1 600	-	-	-	-	-	0,640	0,800	0,960	1,280	1,600	1,920	A _c
	-	-	-	-	-	640	762	873	1 067	1 231	1 371	d _h
	-	-	-	-	-	819	925	1 022	1 195	1 350	1 491	d _e
	-	-	-	-	-	4,00	4,20	4,40	4,80	5,20	5,60	ai
1 800	-	-	-	-	-	-	0,900	1,080	1,440	1,800	2,160	A _c
	-	-	-	-	-	-	783	900	1 108	1 286	1 440	d _h
	-	-	-	-	-	-	976	1 078	1 261	1 424	1 573	d _e
	-	-	-	-	-	-	4,60	4,80	5,20	5,60	6,00	ai
2 000	-	-	-	-	-	-	1,000	1,200	1,600	2,000	2,400	A _c
	-	-	-	-	-	-	800	923	1 143	1 333	1 500	d _h
	-	-	-	-	-	-	1 024	1 131	1 323	1 494	1 650	d _e
	-	-	-	-	-	-	5,00	5,20	5,60	6,00	6,40	ai

Annexe 3 : Quelques fiches de réceptions

FICHE RESEAU DE VENTILATION

CARACTERISTIQUES	RELEVÉ	OBSERVATIONS
Marque		
Référence		
Nature d'utilisation		

REGLES DE POSE	OUI	NON
Absence de piquages non réalisés dans les règles de l'art (vérifier l'intégrité du réseau).		
Les gaines et conduits souples (flexibles) ne sont ni écrasés, ni étranglés, ni déchirés.		
Présence de conduits souples (flexibles) uniquement dans la partie privative et leur longueur de préférence limitée à 2 m.		
Les conduits souples (flexibles) sont correctement tendus et rectilignes sans point bas, sans déchirement, et correctement fixés entre eux.		
Le réseau aéraulique d'extraction entre le chauffe-eau thermodynamique sur air extrait et le groupe d'extraction collectif est isolé.		
L'étanchéité du réseau d'extraction est assurée (par exemple : accessoires à joints, bandes adhésives, mastic ou autres solutions d'étanchéité).		
Les raccordements du réseau collecteur horizontal au groupe d'extraction sont étanches.		
L'étanchéité (à l'air et à l'eau) par rapport à la dalle du collecteur collectif vertical en sortie en comble ou en toiture-terrasse est assurée.		
Présence de trappes de visite munies de joints d'étanchéité, accessibles (par une trappe d'accès), aménagées en partie haute et au pied de chaque colonne de ventilation.		
Présence de bouchon démontable en pied de chaque collecteur collectif vertical (accessible via la trappe d'accès).		
La sortie en terrasse de chaque collecteur collectif vertical est réalisée par un té-souche.		
Présence de bouchon démontable en fin de réseau collectif horizontal de ventilation.		
Le réseau horizontal présente une (ou des) pente(s) de sorte que les condensats ne puissent pas s'écouler dans la souche (positionnement du groupe d'extraction au plus bas dans la mesure du possible).		
Le réseau collecteur horizontal en comble perdu présente une purge raccordée au réseau des eaux pluviales / usées via un siphon.		

FICHE CAISSON D'EXTRACTION

CARACTERISTIQUES	RELEVÉ	OBSERVATIONS
Marque		
Référence		
Débit d'air théorique (m ³ /h)		
Débit d'air mesuré (m ³ /h)		
Section de refoulement (m ²)		

REGLES DE POSE	OUI	NON
Le caisson d'extraction est désolidarisé acoustiquement du bâti par l'emploi d'un isolant acoustique et/ou fixation sur plots anti vibratiles (pas de transmission des vibrations par voie solidienne).		
Le sens de rotation du ventilateur d'extraction est correct (bonne connexion des phases des caissons triphasés).		
Le raccordement du groupe de ventilation au réseau collecteur horizontal est réalisé à l'aide d'une manchette souple.		
Tous les composants du réseau collecteur horizontal sont situés à la même hauteur.		
Le raccordement du groupe de ventilation au réseau collecteur horizontal est réalisé à l'aide d'une manchette souple qui n'est ni tordue, ni vrillée, ni froissée. Cette manchette est alignée mais pas complètement tendue.		
Section constante de part et d'autre de la manchette souple.		
Le groupe d'extraction est de catégorie 4 (400 °C pour 1/2 heure).		
En cas d'extracteur dont l'entraînement est réalisé par courroie, celle-ci est correctement tendue.		
Les poulies de l'extracteur sont alignées.		
Le groupe de ventilation est accessible pour les opérations de maintenance et/ou de remplacement.		
Le circuit d'alimentation du caisson de ventilation est conforme aux dispositions de la norme NF C 15-100 (tension, section des câbles, raccordement à la terre, dispositif de protection et d'arrêt...).		
Présence d'un système d'alarme (sonore ou visible et lumineuse ou télétransmise) fonctionnant automatiquement en cas d'arrêt de l'extracteur.		
Un interrupteur de proximité est installé à portée immédiate de chaque groupe d'extraction.		

FICHE REJET D'AIR VICIE

REGLES DE POSE	OUI	NON
Le rejet d'air vicié est dégagé à l'air libre en toiture-terrasse.		
En cas de rejet horizontal, le point de rejet se trouve à plus de 8 m des obstacles en toiture tels que souches de cheminées, murs mitoyens, machinerie d'ascenseur...		
En cas de groupe d'extraction installé dans le comble perdu, le rejet d'air est fait par l'intermédiaire d'un conduit de refoulement raccordé à une sortie toiture.		
Le diamètre du conduit de refoulement du rejet est supérieur ou égal au diamètre du piquage du caisson d'extraction.		