



RECENSEMENT ET CARACTÉRISATION DES APPAREILS DE MESURE

PromevenTertiaire T1.2

Novembre 2022

ADEME – APPEL A PROJETS RECHERCHE

Vers des bâtiments responsables à horizon 2020

Recensement et caractérisation des matériels de mesure utilisés

Récapitulatif de l'étude

Projet :	Projet PromevenTertiaire
Tâche :	Tâche 1 : Protocole de mesure / ST 1.2
Partenaires :	<u>Responsable de la tâche / sous-tâche</u> : CETIAT <u>Autres participants</u> : ALLIE'AIR, CEREMA, CETii, PBC
Objectif :	Recenser les appareils de mesures utilisés dans le cadre des contrôles de systèmes de ventilation en tertiaire et analyser leurs caractéristiques
Livrable :	Rapport de tâche
Rédacteurs :	Isabelle Caré
Mots clés :	Instrumentation, Contrôle, Tertiaire, Incertitudes

Date	Version	Auteurs	Commentaires
18/07/19	V1.0	CETIAT	
15/11/22	V1.1		Mise à jour à la charte graphique

Liste des destinataires

Contact	Adresse	Nombre
Etienne Marx	ADEME - Agence de la transition écologique - Site de Valbonne SOPHIA ANTIPOLIS 500 Rte des Lucioles, 06560 Valbonne	1

Résumé

Tâche 1 : L'objectif de cette tâche est d'identifier les méthodes de diagnostic et les compléter pour assurer un protocole plus détaillé, fiable et néanmoins facile à suivre sur les typologies les plus courantes d'installation.

Sous tâche 1.2 : L'objectif de cette sous-tâche 1.2 est de compléter le recensement des matériels de mesure utilisé dans le cadre du projet Promevent Résidentiel en étendant l'analyse aux instruments de mesure au terminal de plus grande dimension, aux méthodes de mesure de débit en conduit par exploration du champ de vitesse, aux mesures de pression dans les plénums et registres autoréglables.

Il s'agit de deux catégories d'instruments distincts. Pour la mesure de débit aux terminaux, les modèles d'instruments sont nombreux. Ils peuvent être constitués d'un anémomètre thermique ou à hélice qui s'adapte sur un cône permettant de collecter le flux d'air au niveau du terminal ou être considérés comme un débitmètre à part entière tout en présentant la même fonctionnalité de collecte du flux d'air que le modèle précédent. Ils présentent tous une exactitude du même ordre de grandeur et diffèrent par l'adaptabilité ou pas à des géométries de terminal particulières. Les instruments permettant la mesure de l'étanchéité des réseaux sont constitués d'un ventilateur permettant de mettre en pression ou dépression le réseau et d'une mesure de débit, généralement par mesure de pression différentielle aux bornes d'un organe déprimogène. Les éléments permettant d'assurer la traçabilité au Système International d'Unités ne sont généralement pas fournis avec l'instrument lors de son achat.

Sommaire

1 Introduction	2
2 Bilan du recensement des instruments de mesure	3
2.1 Méthodologie	3
2.2 Synthèse de l'instrumentation recensée	3
3 Analyse des caractéristiques des instruments	8
3.1 Mesure de débit aux terminaux	8
3.2 Mesure de l'étanchéité des réseaux	9
3.3 Mesure de débit en conduit	9
3.4 Mesure de pression	10
4 Conclusion	11

1 Introduction

Dans le cadre du projet PromevenTertiaire, des mesures fonctionnelles seront réalisées sur des installations de ventilation en bâtiments tertiaire. Certains des appareils de mesure utilisés ont déjà fait l'objet d'une analyse et de recommandations dans le cadre du projet Promevent Résidentiel.

L'objectif de cette sous-tâche est de compléter l'analyse réalisée dans le cadre de Promevent Résidentiel des technologies d'instruments de mesure disponibles sur le marché français pour la mesure du débit d'air et d'étanchéité des réseaux par des matériels utilisés pour des mesures pour caractériser la ventilation dans les bâtiments tertiaires. À partir des documentations « constructeur », les domaines d'utilisation et les performances des différents instruments et leurs éventuelles conditions d'étalonnage sont présentées et commentées.

2 Bilan du recensement des instruments de mesure

2.1 Méthodologie

Afin de pouvoir mener une analyse détaillée des instruments de mesure recensés, les partenaires de la sous-tâche ont renseignés différents critères, dans un fichier Excel présenté en Annexe A. Les renseignements utiles dans le cadre du projet concernent :

- les modèles des instruments recensés (constructeur, type, modèle)
- leur domaine d'application
- la nature de la documentation fournie avec l'instrument de mesure

2.2 Synthèse de l'instrumentation recensée

Les différents instruments de mesure identifiés dans le cadre de la sous-tâche 1.2 du projet sont présentés dans le

- Tableau 1 pour les mesures de débit aux terminaux,
- Tableau 2 pour les mesures d'étanchéité de réseau
- Tableau 3 pour les mesures en conduit par exploration de champ de vitesse
- Tableau 4 pour les mesures de pression

Tableau 1 - Liste des instruments identifiés pour la mesure de débit aux terminaux

Instrument de mesure		Grandeur mesurée	Étendue de mesure	Dimensions maximales du terminal
Constructeur	Modèle			
KIMO	VT100, LV100 ou VT200 associé à un anémomètre thermique et un cône K35, K75, K120 ou K150	Vitesse d'air convertie en débit en fonction de la section de passage du cône utilisé	K35: 10 – 450 m ³ .h ⁻¹ K75: 30 - 750 m ³ .h ⁻¹ K120: 50 – 1200 m ³ .h ⁻¹ K150: 10 - 400 m ³ .h ⁻¹	K35: 200 x 200 mm K75: 300 x 300 mm K120: 450 x 450 mm K150: 550 x 100 mm
	VT100, LV100 ou VT200 associé à un anémomètre à hélice diamètre 100 mm et un cône K25 ou K85	Vitesse d'air convertie en débit en fonction de la section de passage du cône utilisé	K25: 10 - 400 m ³ .h ⁻¹ K85: 10 – 400 m ³ .h ⁻¹	K25: 200 x 200 mm K85: 350 x 350 mm
	DBM 200	Débit d'air	0 – 300 m ³ .h ⁻¹	200 x 200 mm 300 x 300 mm
	DBM 610	Mesure de la pression différentielle au niveau de la surface d'une grille	40 à 3500 m ³ .h ⁻¹	610 x 610 mm 1020 x 1020 mm 720 x 720 mm 720 x 1320 mm

Instrument de mesure		Grandeur mesurée	Étendue de mesure	Dimensions maximales du terminal
Constructeur	Modèle			
				420 x 1520 mm
SWEMA	Swemaflow125D	Débit d'air	7 – 450 m ³ .h ⁻¹	250 x 650 mm 300 x 300 mm 650 x 650 mm
	Swemaflow126	Débit d'air	5,4 – 450 m ³ .h ⁻¹	250 x 650 mm 300 x 300 mm 650 x 650 mm
	Swemaflow4001	Débit d'air	10,8 – 5400 m ³ .h ⁻¹	250 x 1200 mm 650 x 650 mm
TEC	Exhaust FanFlowMeter	Débit d'air	14 – 200 m ³ .h ⁻¹	330 x 406 mm
TESTO	Testo 425 associé à un cône TestoVent 410 ou 415	Vitesse d'air convertie en débit en fonction de la section de passage du cône utilisé	410: 20 – 400 m ³ .h ⁻¹ 415: 20 – 400 m ³ .h ⁻¹	410 : 190 x 190 mm 415 : 310 x 310 mm
	Testo 417 avec cônes		Selon le cône : 0,1 – 100 m ³ .h ⁻¹ (avec redresseur de flux) 0 – 400 m ³ .h ⁻¹	Ø 200 mm 300 x 300 mm
	Testo 420	Mesure de la pression différentielle au niveau de la surface d'une grille	40 à 4000 m ³ .h ⁻¹	360 x 360 mm 610 x 610 mm 305 x 1220 mm 610 x 1220 mm 915 x 915 mm
WOHLER	Anémomètre à hélice FA410 ou FA430 associé à un cône FA4xx	Vitesse d'air convertie en débit en fonction de la section de passage du cône utilisé	0,5 – 30 m.s ⁻¹	346 x 346 mm Ø 210 mm

Instrument de mesure		Grandeur mesurée	Étendue de mesure	Dimensions maximales du terminal
Constructeur	Modèle			
ACIN	Flowfinder mk-2	Débit d'air	Avec compensation de pression: 10 – 550 m ³ .h ⁻¹ Sans compensation de pression: 10 - 850 m ³ .h ⁻¹	230 x 230 mm 610 x 610 mm

Tableau 2 - Liste des instruments identifiés pour la mesure de l'étanchéité des réseaux

Instrument de mesure		Grandeur mesurée	Étendue de mesure
Constructeur	Modèle		
LINDAB	LT600	Débit d'air	0 – 198 m ³ .h ⁻¹
WOHLER	DP700	Débit d'air	0 – 198 m ³ .h ⁻¹
BLOWERDOOR	BlowerDoor MLM	Débit d'air	0,09 – 80* m ³ .h ⁻¹
INFILTEC	DL1	Débit d'air	0,57 – 527 m ³ .h ⁻¹
TSI Instrument	PAN300	Débit d'air	3,6 – 720 m ³ .h ⁻¹
SWEMA	Swema Duct Leakage Tester	Débit d'air	36 – 461* m ³ .h ⁻¹
LIKTEC	RLiK	Débit d'air	0,54 – 2160* m ³ .h ⁻¹
RETROTEC	EU351	Débit d'air*	0,468 – 2430* m ³ .h ⁻¹

Nota : Pour les débits maximum marqué d'un *, le débit maximum dépend de la pression réseau considéré. La valeur indiquée est la valeur maximale du débit maximum indiquée par le constructeur, toutes configurations confondues. En réalité, le débit maximum lors de l'utilisation est de l'ordre de 800 m³/h pour le LIKTEC et 500 m³/h pour le RETROTEC.

Tableau 3 - Liste des instruments identifiés pour la mesure de débit en conduit par exploration du champ des vitesses

Instrument de mesure		Grandeur mesurée	Étendue de mesure
Constructeur	Modèle		
KIMO	VTA, VTB	Vitesse d'air	0 – 30 m.s ⁻¹
	LV101		0,8 – 25 m.s ⁻¹

Instrument de mesure		Grandeur mesurée	Étendue de mesure
Constructeur	Modèle		
TESTO	425	Vitesse d'air	0 – 20 m.s ⁻¹
	Tube de Pitot	Vitesse d'air	Dépend du manomètre différentiel utilisé

Tableau 4 - Liste des instruments identifiés pour la mesure de pression

Instrument de mesure		Grandeur mesurée	Étendue de mesure
Constructeur	Modèle		
TESTO	510 512 400 440	Pression différentielle	0 – 100 hPa
DIGITRON	2020P	Pression différentielle	0 – 2500 Pa
KIMO	MP110	Pression différentielle	0 – 1000 Pa
BlowerDoor	DG700 DG1000	Pression différentielle	-1250 – 1250 Pa

3 Analyse des caractéristiques des instruments

La documentation fournie par les constructeurs se limite souvent à une notice d'utilisation. Quand un certificat d'étalonnage est proposé, il s'agit généralement d'un certificat d'étalonnage « constructeur » ne permettant pas de garantir la traçabilité au Système International d'Unités. Certains constructeurs peuvent fournir un certificat d'étalonnage garantissant cette traçabilité sur demande spécifique. Cette garantie peut également être assurée par un laboratoire d'étalonnage indépendant accrédité. Il convient de se référer aux exigences des règlements et/ou normes utilisées afin de définir la méthode d'étalonnage des instruments de mesure utilisés.

3.1 Mesure de débit aux terminaux

Les mesures de débit aux terminaux sont réalisées avec des instruments qui viennent collecter le flux d'air entrant ou sortant du terminal en le recouvrant totalement. Il est donc important que toute la surface du terminal soit couverte et des modèles de hotte de forme (rectangulaire, carrée, circulaire) et/ou taille différentes sont parfois disponibles, en option.

Certains instruments sont, de par la taille de la hotte et le débit maximal mesurable également utilisables pour les mesures aux terminaux dans le résidentiel. Ils sont généralement constitué d'un anémomètre (thermique ou à hélice) fixé sur un cône de mesure. **L'attention est portée sur le fait que ce cône est souvent considéré par le constructeur comme un accessoire. Il est toutefois indispensable d'étalonner l'association des deux éléments en débit afin d'assurer une traçabilité du mesurage de débit d'air.**

Pour les terminaux (diffuseurs) spécifiques au secteur tertiaire, les instruments utilisés permettent de recouvrir une section plus importante et de mesurer un débit plus grand puisque leur étendue de mesure maximale se situe généralement autour de $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Lorsque l'on réalise une mesure au niveau d'un terminal en utilisant un instrument du type de ceux présentés ici, la perte de charge générée peut modifier l'équilibrage du réseau et donc le débit au terminal lui-même. Certains des débitmètres permettent de compenser cette perte de charge afin de déterminer le débit sans la perturbation supplémentaire dû à l'instrument, soit par une double mesure, soit par un ventilateur auxiliaire.

L'exactitude annoncée par les constructeurs est du même ordre de grandeur pour les deux types d'instruments, annoncée autour de 3% de la valeur du débit. Seuls TESTO et TEC annoncent une valeur de 10% de la valeur du débit, sans doute plus proche de la réalité dans les conditions réelles de mesure. Il n'y a pas de réelle corrélation entre exactitude et prix de vente. Celui-ci est en effet compris entre 500 et 1000€ pour les appareils utilisables pour les terminaux de petite dimension et d'environ 3000 € pour les autres.

3.2 Mesure de l'étanchéité des réseaux

L'étanchéité des réseaux est déterminée à partir d'appareils spécifiques constitués d'un ventilateur qui permet de mettre en pression ou dépression le réseau et d'un organe qui permet de mesurer le débit. Celui-ci est généralement constitué d'une mesure de pression différentielle au niveau d'une restriction (anneau, diaphragme) situé à proximité du ventilateur ou dans un conduit. Le débit maximum dépend de la pression/dépression que l'on cherche à atteindre dans le réseau de ventilation. Plus cette pression/dépression est élevée/basse, moins le débit maximum est élevé.

Ces appareils sont relativement équivalents. Certains d'entre eux proposent des fonctionnalités de programmation se référant à des normes internationales de mesure de l'étanchéité des réseaux. L'étendue de mesure est également variable, BLOWERDOOR présentant un appareil dont le débit maximum est de $80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, par exemple, alors que celui de RETROTEC permet de mesurer des débits jusqu'à $500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dans les conditions d'utilisation.

L'exactitude annoncée est généralement comprise **entre 3% et 7%** de la valeur du débit ou conforme aux normes auxquelles ils se réfèrent, sans plus de précision.

Le prix de vente est compris entre 2000 et 7000€ mais peut augmenter de manière importante quand tous les accessoires nécessaires à la réalisation de la mesure sont ajoutés.

Les éléments permettant de garantir la traçabilité au Système International d'Unités sont manquants puisqu'au mieux, seule une documentation constructeur est fournie.

3.3 Mesure de débit en conduit

La mesure du débit en conduit est réalisée par exploration du champ des vitesses sur une section, à l'aide d'un anémomètre. Celui-ci doit être suffisamment petit pour ne pas perturber de manière trop importante l'écoulement. C'est pourquoi les anémomètres utilisés sont généralement de type tube de Pitot ou anémomètre thermique, plus facile à mettre en œuvre et permettant de réaliser des mesures pour des vitesses plus faibles.

La position des points de mesure est déterminante pour la qualité de la mesure réalisée :

- La section de mesure doit se situer à une distance suffisante de toute singularité amont et, dans une moindre mesure, aval
- La localisation des points de mesure dans la section ainsi que leur nombre sont également déterminants. Un compromis doit souvent être trouvé entre le nombre de points de mesure, la facilité d'accès et le temps de mise en œuvre

Plusieurs documents normatifs définissent ces positions de mesure.

Les anémomètres thermiques utilisés sont globalement de qualité équivalente, avec **une exactitude attendue de l'ordre de 5% de la valeur mesurée** mais peuvent présenter des fonctionnalités et/ou options différentes (sonde télescopique, pliable, mesures complémentaires, ...).

3.4 Mesure de pression

Les mesures de pression dans les plenums et registres auto réglables permettent de vérifier que le débit est bien conforme à la spécification. Il est important d'utiliser un capteur de pression dont l'étendue de mesure est adaptée au besoin afin que l'exactitude annoncée par le constructeur reste satisfaisante. Ainsi, si l'on considère les 3 manomètres mentionnés dans le Tableau 4, l'étendue de mesure est différente mais l'exactitude pour les faibles pressions différentielles différera également car elle est généralement composée dans terme fixe (lié à la pleine échelle de l'instrument) et d'un terme proportionnel à la pression mesurée.

4 Conclusion

L'objectif de cette sous-tâche 1.2 est d'identifier les technologies et les matériels utilisés dans les différentes méthodes de mesure de débit (mesure au terminal, mesure en conduit, mesure de pression) et la mesure d'étanchéité des réseaux. Il s'agit de catégories d'instruments distincts.

Pour la mesure de débit aux terminaux, les modèles d'instruments sont nombreux. Ils peuvent être constitués d'un anémomètre thermique ou à hélice qui s'adapte sur un cône permettant de collecter le flux d'air au niveau du terminal ou être constitués d'un débitmètre à part entière tout en présentant la même fonctionnalité de collecte du flux d'air que le modèle précédent. Ils présentent tous une exactitude du même ordre de grandeur et diffèrent par l'adaptabilité ou pas à des géométries de terminal particulières. Dans tous les cas, ils doivent être étalonnés en tant que débitmètre avec tous les éléments le constituant.

Les instruments permettant la mesure de l'étanchéité des réseaux sont constitués d'un ventilateur permettant de mettre en pression ou dépression le réseau et d'une mesure de débit, généralement par mesure de pression différentielle aux bornes d'un organe déprimogène.

Lorsque le débit est mesuré en conduit, un anémomètre est utilisé pour mesurer la vitesse en différents points d'une section et la vitesse moyenne est ensuite calculée. La répartition des points de mesure est un point essentiel de la qualité de cette méthode de détermination du débit. L'anémomètre doit être de taille faible rapport à la section de la conduite et est généralement un anémomètre thermique ou un tube de Pitot.

Pour les mesures de pression, le point clé restera le choix de l'instrument et de son étendue de mesure maximale. Il est important de ne pas choisir un instrument avec une étendue grande, probablement plus polyvalent mais moins exact pour les faibles pressions différentielles.

Enfin, il faut noter que les éléments permettant d'assurer la traçabilité au Système International d'Unités ne sont généralement pas fournis avec l'instrument lors de son achat. Ceux-ci sous forme d'un certificat d'étalonnage ou d'un constat de vérification peuvent être, par ailleurs, obtenus auprès d'un laboratoire d'étalonnage accrédité.



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Appel à Projets Recherche

"Vers des bâtiments responsables à horizon 2020"

Édition 2018