

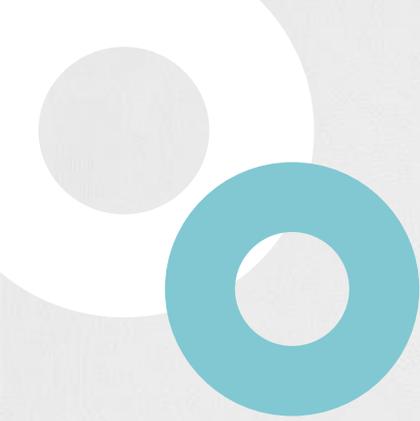
# PromevenTertiaire

## Tâche 2 – Synthèse et retours d'expérience

---

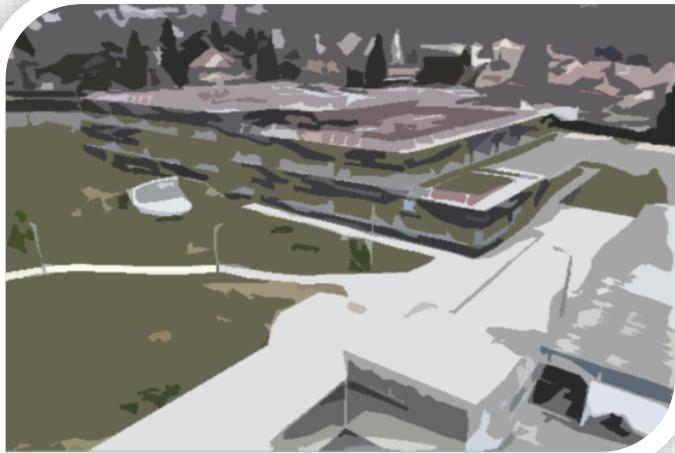
Journée de restitution - 23 novembre 2022





# Présentation des bâtiments audités

# Présentation des bâtiments



## Fiche d'identité Opération

- Type : Enseignement
- Nom : Collège 1
- Capacité : 500 élèves
- Zone climatique : H1
- Réhabilitation : 2017-2020
- Superficie du bâti : 4 500 m<sup>2</sup>



## Fiche d'identité Opération

- Type : Enseignement
- Nom : Collège 2
- Capacité : 700 élèves
- Zone climatique : H3
- Partenariat Public Privé
- Année de construction : 2016
- Année de livraison : 2017
- Superficie du bâti : 10 000 m<sup>2</sup>



## Fiche d'identité Opération

- Type : Bureaux
- Nom : Bureaux
- Zone climatique : H1
- Année de construction : 2021
- Superficie du bâti : 1 500 m<sup>2</sup>
- Spécificité : Poutres froides

# Préparation amont des interventions



## COLLÈGE 1

### Préparation amont

- **Recueil de données**
  - Plans CVC phase DCE
  - Fiches techniques équipements de ventilation
  - CCTP du Lot CVC
  - Étude thermique projet
- **Visite préparatoire in situ début juillet 2019**
  - Rencontre maîtrise d'ouvrage
  - Pré-reconnaissance des lieux et des systèmes de ventilation installés
  - Choix de la zone à tester

### Intervention

- **Phase préparatoire intervention**
  - Analyse des pièces fournies
- **Intervention in situ 21 et 22/10/2019**
  - Inspection visuelle (bâtiment/zone sélectionnée)
  - Mesures fonctionnelles (diffuseurs et conduits)



## COLLÈGE 2

### Préparation amont

- **Recueil de données**
  - Dossier des ouvrages exécutés
    - Analyse fonctionnelle
    - Plans CVC DOE
    - Note de calcul dimensionnement
    - Fiches techniques équipements de ventilation
  - Résultats mesures débits aux terminaux
  - Rapports de mesures étanchéité réseaux (2 CTA + VMC Logts)
- **Diagvent 2**
- **PV essais COPREC**
- **CCTP Lot CVC**
- **Étude thermique projet** (note de calculs détaillée et RSET)
- **Visite préparatoire in situ 30/09/2020**
  - Rencontre Maîtrise d'ouvrage
  - Pré-reconnaissance des lieux et des systèmes de ventilation installés
  - Choix de la zone à tester

### Intervention

- **Phase préparatoire intervention**
  - Analyse des pièces fournies
- **Intervention in situ 27 au 29/10/2020**
  - Inspection visuelle (bâtiment/zone sélectionnée)
  - Mesures fonctionnelles (diffuseurs et conduits)



## BUREAUX

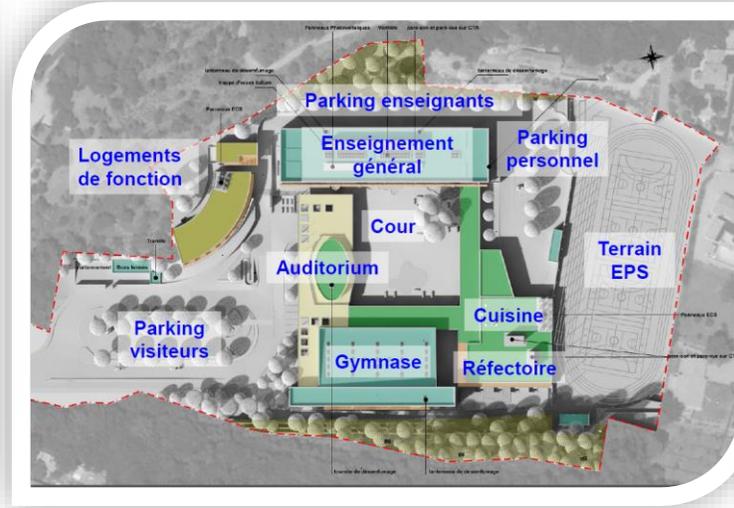
### Préparation amont

- **Recueil de données**
  - Plans CVC phase EXE
  - Fiches techniques CTA, bouches et diffuseurs, poutres froides
  - Note de calculs dimensionnement Réseaux de ventilation et poutres froides
- **Visite préparatoire in situ**
  - Rencontre maîtrise d'ouvrage
  - Pré-reconnaissance des lieux et des systèmes de ventilation installés
  - Choix de la zone à tester

### Intervention

- **Phase préparatoire intervention**
  - Analyse des pièces fournies
- **Intervention in situ 16 et 17/03/2021**
  - Inspection visuelle (bâtiment/zone sélectionnée)
  - Mesures fonctionnelles (diffuseurs, poutres froides, conduits)

# Périmètre d'intervention



## COLLÈGE 1

Logements  
VMC SF

Externat  
2 CTA

CTA  
Ouest  
10808 m<sup>3</sup>/h

CTA  
Est

Demi-pension  
1 CTADF  
1 CTA SF Compens.

## COLLÈGE 2

Logements  
6 Caissons VMC SF

Demi-pension  
3 CTA

Gymnase  
1 CTA

Auditorium  
2 CTA

Enseignement Général  
4 CTA

CTA 01

CTA 03

CTA 04

CTA 02  
13500 m<sup>3</sup>/h

## BUREAUX

1 CTA DF

CTA  
5750 m<sup>3</sup>/h

# Contrôles réalisés

## COLLEGE 1

- Contrôles fonctionnels sur l'ensemble des locaux desservis par la CTA
- Mesures fonctionnelles sur l'ensemble des terminaux
- Mesures spécifiques en conduit et aux terminaux sur une salle
- Mesures fonctionnelles en gaine et à la grille du débit global d'air neuf
- Mesure électrique

## COLLEGE 2

- Contrôles fonctionnels sur l'ensemble des locaux desservis par la CTA
- Mesures fonctionnelles sur l'ensemble des terminaux en mode occupation et inoccupation
- Mesures spécifiques aux terminaux sur une salle
- Mesures fonctionnelles en gaines et aux grilles de la CTA
- Mesure électrique
- Mesure de pression aux bornes de la CTA
- Mesures spécifiques d'étanchéité à l'air des réseaux sur une portion du soufflage

## BUREAUX

- Contrôles fonctionnels sur l'ensemble des locaux desservis par la CTA
- Mesures fonctionnelles sur l'ensemble des terminaux
- Mesures fonctionnelles en gaines et aux grilles de la CTA
- Mesure électrique
- Mesures spécifiques d'étanchéité à l'air des réseaux sur une portion du soufflage avec les poutres froides
- Mesures spécifiques en gaine sur un réseau terminal de soufflage



# Contrôles réalisés – bâtiment COLLEGE 1



Mesure en gaine - Pitot



Mesure en gaine – Fil chaud



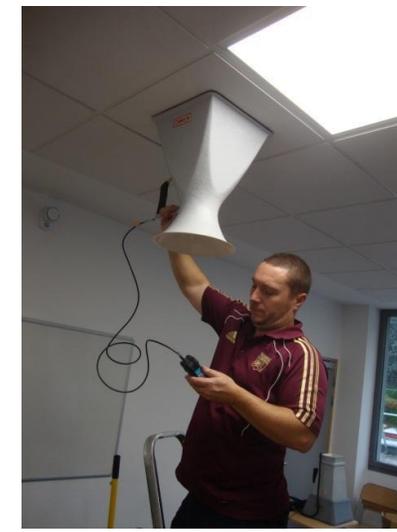
Mesure avec cône à compensation



Injection de CO2 – déclenchement modulation



Mesure au balomètre



Mesure avec un cône + fil chaud ponctuel

## Illustrations techniques de l'intervention



# Contrôles réalisés – bâtiment COLLEGE 2



Vue générale de la CTA



Relevé sur la GTC



Mesure de débit au balomètre avec relevé de la perte de charge de l'équipement



Mesure de vitesse au moulinet

## Illustrations techniques de l'intervention



# Contrôles réalisés – bâtiment BUREAUX



Conditionnement des poutres climatiques



Implantation du système de mesure



Déconnexion d'une poutre pour implantation du système et obturation



Vérification de l'homogénéité de pression



Vérifications des débits en conduits



Mise en place des colliers de serrage

## Illustrations techniques de l'intervention



# Synthèse et retours d'expérience

# Aléas rencontrés

## COLLEGE 1

- Documentation incomplète - manque les plans d'EXE : livraison en tranche
- Écart entre tracé du réseau prévu et exécuté
- Absence de dispositif de commande CTA (armoie électrique)
- Impossibilité de faire les tests réseaux : difficulté accès réseaux et obturation - création de trappes
- Absence de personnel technique sur site

## COLLEGE 2

- Difficultés à piloter les organes de réglages
- Défaut électrique sur pilotes registres d'air / Absence retour GTC
- Maîtrise incomplète du fonctionnement de la GTC
- Difficulté de mesure sur les terminaux de reprise : vrac avec flexible isophonique
- Difficulté de réalisation de l'essai d'étanchéité à l'air des réseaux : zone limitée

## BUREAUX

- Absence d'autorisation d'intervention sur l'installation : mise en fumée / milieu occupé
- Panne CTA lors du premier jour d'intervention
- Difficultés de pilotage de la GTC (code d'accès) : nécessité de faire appel à l'installateur CVC

# Phase de pré-inspection

- Des différences constatées entre :
  - Les valeurs de conception du CCTP en phase DCE
  - Les valeurs d'EXE au dossier de récolement
  - Les fiches de sélection des équipements pouvant dater d'étapes différentes ou ne prenant pas en compte les dernières modifications du projet (mise à jour des notes de calcul)
  - Les composants prévus en phase conception et ceux en phase EXE (modulation sur le collège 1). Attention aux équivalences.
- Quel document en référence pour comparer les mesures ?
  - **Recommandation** : prendre les documents d'exécution comme référence lorsqu'ils existent ou à défaut les documents les plus avancés dans la chronologie du projet.
  - De façon générale, ces documents sont plus courants en tertiaire qu'en habitat.

# Phase de pré-inspection

- Exemple collège 1 livré en tranches :
  - Absence de plans d'EXE
  - Mise à disposition de plans phase PRO-DCE (plans non à jour)
  - Impact fort sur :
    - Le contrôle visuel
    - L'intervention portant sur les réseaux, lors des mesures
    - La localisation des réseaux de soufflage et de reprise (cheminement inattendu, repérage chronophage)
- **Recommandation** : Décision opérateur → arrêt des vérifications si contrôle de base ou poursuite des vérifications dans le cas d'un contrôle spécifique

# Phase de mesures fonctionnelles – spécificités de la modulation

- Difficultés rencontrées sur site (bâtiment 1 et bâtiment 2) :
  - Établissement du mode de fonctionnement pour la mesure difficile à réaliser (ouverture des registres, déclenchement de la modulation, temporisation éventuelle, ...)
  - Dans le cas d'une modulation au CO<sub>2</sub>, l'injection de gaz est compliquée à réaliser. La réaction du système n'est pas reproductible (cf. rapport bâtiment 1 - collège 1).
  - Difficulté d'ouverture des registres lorsque ceux-ci sont pilotés depuis la GTC (exemple bâtiment 2 - collège 2) : méconnaissance par l'exploitant et défaut de remontée d'information (défaut de câblage électrique et de régulation).

# Phase de mesures fonctionnelles – spécificités de la modulation

- D'une manière générale, difficulté à réaliser une mesure sur un système modulant les débits de ventilation :
  - Avec détection de présence
    - Mesure complexe :
      - Au débit foisonné : connaître obligatoirement le coefficient de foisonnement et ouvrir le nombre adapté de registres
      - Au débit maximal si absence de GTC
    - Sinon, il faut :
      - Stimuler les capteurs de présence (attention à une éventuelle temporisation)
      - Ou débrayer manuellement l'ensemble des registres (attention en cas de régulation proportionnelle ou chrono-proportionnelle)
  - Avec détection de CO<sub>2</sub> :
    - Difficulté à réaliser la stimulation des capteurs CO<sub>2</sub> (cartouche ou bouteille)
- **Recommandation** : Les normes de mesures tolèrent qu'en l'absence de « marche forcée », les mesures soient faites en l'état en reportant les conditions de fonctionnement. Le seul contrôle possible est alors de vérifier que le système se situe dans la gamme de fonctionnement prévue. Ce contrôle peut cependant être plus ou moins poussé selon le niveau de contrôle demandé au cahier des charges.



*Anticiper cette phase lors d'une visite sur site et la possibilité de piloter la « modulation »*

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux prises et rejets d'air

- Problèmes / difficultés rencontrées sur site :
  - **Accessibilité aux éléments** : à anticiper en amont et voir si il est possible de réaliser des mesures en conduit
  - **Impact du vent** : par vent fort, malgré la contre-pression normalement prévue à la conception dans le calcul de pertes de charge, les mesures peuvent être directement impactées, l'anémomètre utilisé étant perturbé par ces flux d'air extérieurs.
  - **Impact de l'opérateur** : l'opérateur lui-même peut être intrusif lorsque sa présence pour réaliser la mesure obture la grille. L'emploi de perche peut être envisagé mais il faut vérifier alors que le point de mesure est stable.

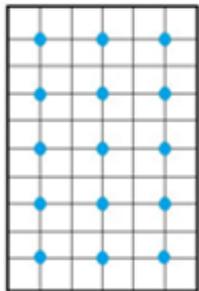


# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux prises et rejets d'air

- Mesurages sur des grilles rectangulaires air neuf / air rejeté (Collège 2)
  - Grilles : 935 mm x 730 mm
  - Appareils testés : anémomètre avec sonde à moulinet ou fil chaud
  - Deux opérateurs et différentes méthodes testées :



*Point par point  
NF EN 12599*

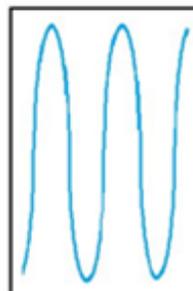


*(environ 10 s par point)*

*Sinusoidal horizontal*



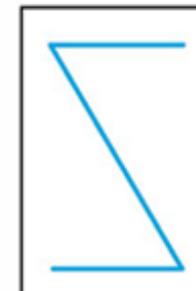
*Sinusoidal vertical*



*« Zorro »*



*« Zorro inversé »*



*(-----entre 20 s et 30 s par balayage-----)*

*Méthodes non normées, pour essai comparatif*

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux prises et rejets d’air

- Mesurages sur des grilles circulaires air neuf / air rejeté (Bâtiment Bureaux )
  - **Grilles** : diamètre 560 mm
  - **Appareils testés** : anémomètre avec sonde à moulinet ou fil chaud
  - **Deux opérateurs et différentes méthodes testées** :

*Aléatoire « libre »*



« 8 »



« Croix »



*Méthodes non normées, pour essai informatif*



# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux prises et rejets d'air

- Principaux résultats et enseignements :
  - Méthode par balayage facile à mettre en œuvre et répétable
  - Sur une grille circulaire, le balayage en "8" semble être un moyen simple et efficace d'obtenir une valeur moyenne pertinente
  - Sur une grille rectangulaire, la sinusoïde fonctionne tout aussi bien
  - Réaliser une moyenne sur 30 s environ à vitesse de balayage constante
  - Répéter la mesure au moins 5 fois et faire une moyenne
  - Tenir la sonde (moulinet, fil chaud) au plus près de la grille (maxi 2 cm)
  - Mesure stable au rejet



Attention, ces premières conclusions sont établies pour :

- des configurations de réseau favorables
- un nombre limité de mesures

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures en conduit

- La norme NF EN 16211 (2015) donne des exigences très strictes sur le plan de mesure :
  - Distances droites minimales avant et après le plan de mesure

Tableau 3 — Sections droites nécessaires avant et après le plan de mesure

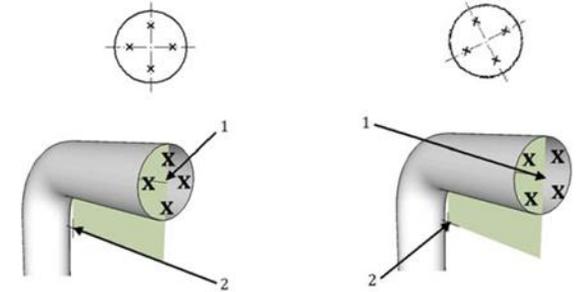
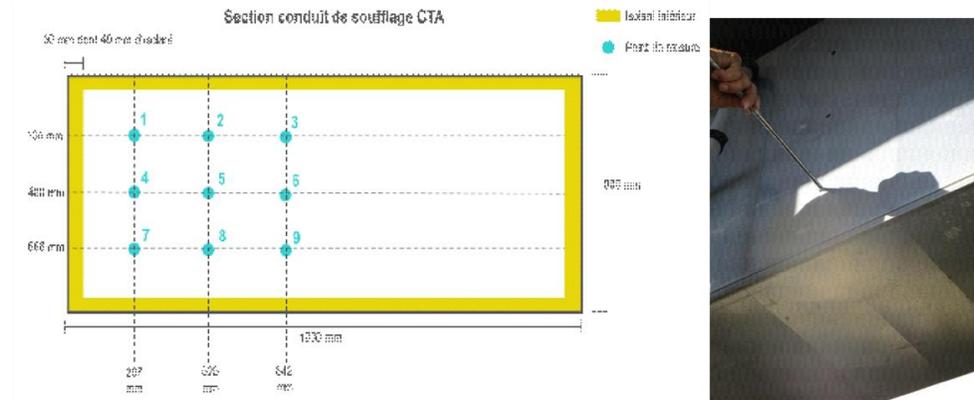
Sections droites	Conduit circulaire	Conduit rectangulaire
Avant le plan de mesure	$a \geq 5 \cdot D$	$a \geq 6 \cdot D_h$
Après le plan de mesure	$a \geq 2 \cdot D$	$a \geq 2 \cdot D_h$

- Définition de 3 conditions mesurables pour confirmer l'utilisation d'un plan de mesure.
- Application dans le cadre du projet : meilleurs profils trouvés

Bâtiment	Nombre diamètre en amont	Nombre diamètre en aval
1 – collège 1 terrasse	2,2 (aspiration air neuf)	6,2 (aspiration air neuf)
1 – collège 1 salle	3,3 (reprise) et 5,7 (soufflage)	2,4 (reprise) et 7,3 (soufflage)
2 – collège 2	1 (soufflage) et 1 (reprise)	1 (soufflage) et 1 (reprise)
3 - bureau	4 (aspiration air neuf)	1,5 (aspiration air neuf)

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures en conduit

- Difficultés :
  - Nécessité de longueurs droites très importantes (de 7 à 8 fois le diamètre hydraulique)
  - Accessibilité des appareils de mesure sur les deux axes
  - La dimension de l'appareil de mesure vis-à-vis de la gaine



- **Recommandation 1** : Utilisation de la NF EN 16211 (en cours de révision)
- **Recommandation 2** : Dans le protocole, si la mesure ne peut être réalisée sur l'intégralité des deux axes, alors elle n'est pas retenue

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures en conduit

- Plusieurs choix possibles :
  - Mesures directes : cônes ou balomètres
  - Mesures indirectes : conduit ou pression
  - Mesures spécifiques : poutres climatiques par exemple

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux terminaux

- Cônes et balomètres :



- **Intrusivité** possible de l'équipement de mesure
- **Recommandation :** Pour limiter l'impact des appareils sur l'équilibrage de l'installation, une limite de perte de charge pourrait être imposée, à ne pas dépasser lors des mesures. Ceci nécessiterait auparavant que les fabricants donnent des informations sur la caractérisation de la perte de charge de leurs appareils de mesure en fonction du débit, voire d'ajouter ce paramètre lors de l'étalonnage de façon à définir une gamme de débit utilisable.

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux terminaux

- Mesures indirectes de la pression : cas des modules autoréglables



- Exemple sur le collège 1 :

		Appareil	Manomètre
		Débit théorique (m <sup>3</sup> /h)	Pression au module de régulation (Pa)
Soufflage	1	240	93
Soufflage	2	240	97
Soufflage	3	210	84
Soufflage	4	210	81
Total		900	
Extraction	1	420	32
Extraction	2	480	36
Total		900	

- Difficultés :
  - Nécessite que le module installé soit le bon
  - Percement et accès

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux terminaux

- **Recommandation 1 :** Un contrôle en cours de chantier, à la pose de ces modules, permettrait de s'assurer que ceux-ci sont installés conformément aux plans et à la note de calcul du bureau d'études.
- **Recommandation 2 :** A l'occasion de la révision de la norme NF E51-777, il serait souhaitable d'ajouter dans son domaine d'application et dans son titre, les mesures au niveau des registres autoréglables et les mesures en soufflage, pour en faire une méthode reconnue en tertiaire (et en soufflage pour le résidentiel).
- Inconvénients :
  - Non prise en compte des fuites entre le module et le terminal
  - Le bon module doit être installé
  - Prise en compte de l'incertitude sur le débit fourni par le module

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux terminaux

- Mesures spécifiques : poutres climatiques

- Mesures indirectes : pression



- **Recommandation** : réaliser les mesures de pression au niveau des terminaux instrumentés pour déterminer les débits, pour les produits caractérisés selon la norme NF EN 14277

# Phase de mesures fonctionnelles – mesures aux terminaux

- Exemple sur le bâtiment 3 :

Etage	Zone / salle	Branche note de calcul	Numéro/référence poutre froide	Pression mesurée (pa)	Pression corrigée (Pa)	Coef K	Débit calculé (m3/h)	Débit théorique (m3/h)	Ecart (%)
R+1	Détente	Soufflage 1	14	103	103,0	1,84	67	65	3%
R+1	Détente	Soufflage 1	15	88	88,0	1,84	62	65	-4%
R+1	Bureau	Soufflage 1	17	53,6	53,8	2,19	58	80	-28%
R+1	Bureau	Soufflage 1	18	52,7	52,9	2,19	57	80	-28%
R+1	Bureau	Soufflage 1	19	49,9	50,1	1,28	33	45	-28%
R+1	Bureau	Soufflage 1	20	52,8	53,0	1,28	34	45	-25%
R+1	Comex	Soufflage 1	22	48	48,2	2,19	55	80	-32%
R+1	Comex	Soufflage 1	23	56,2	56,4	2,19	59	80	-26%

- Recommandation** : réaliser les mesures de pression au niveau des terminaux instrumentés pour déterminer les débits, pour les produits caractérisés selon la norme NF EN 14277



# Pistes de réflexion

Etape	Point de difficulté relevé	Suggestion
Définition et objet de la Mission	Les contrôles réalisés sur site doivent être comparés à des valeurs de référence. Le diagnostic vise les débits du CCTP, ou des documents d'exécution. Un contrôle réglementaire impliquerait également une analyse de la conception (taux d'occupation, dimensionnement, lien entre taux de CO2 et débits/personne, etc.)	Préciser le plus tôt possible sur quel document de référence devra s'appuyer le contrôle de l'installation pour pouvoir effectuer l'analyse de la conformité.
Pré-inspection	informations différentes entre les différents documents de conception, d'exécution et installation	Prendre les données EXE ou chronologiquement les plus proches sinon
Pré-inspection	Réalisation d'une visite de préparation	Récupérer les éléments manquants. Anticiper les difficultés.
Mesures fonctionnelles	Système modulant ou VAV	Tester au débit max forcé si possible, sinon, noter les conditions de fonctionnement.
Mesures fonctionnelles	Systèmes à recyclage	Appliquer le ratio débit AN/Total mesuré à la CTA aux débits mesurés dans les pièces ou aux terminaux
Vérifications et mesures fonctionnelles	Absence de technicien sur site (exploitation)	Préparer l'intervention en amont en demandant la présence d'une personne responsable de l'exploitation.
Mesures fonctionnelles	Non accessibilité aux grilles extérieures	Réaliser des mesures en conduit
Mesures fonctionnelles	Difficulté à trouver une longueur droite suffisante pour les mesures en conduit	Recommander les longueurs minimales avant/après mais accepter des distances inférieures si les critères d'acceptation de la NF EN 16211 sont atteints
Mesures fonctionnelles	Conduit : Difficulté à insérer la sonde dans la gaine en cas de gaines empilées ou proches	Autoriser une adaptation sur site ?
Mesures fonctionnelles	Bouches non affleurantes, plafonds non étanches entraînant une mesure au cône/balomètre impossible	Renvoyer aux autres mesures possibles
Mesures fonctionnelles	Terminaux instrumentés	réaliser les mesures sur des unités testées selon NF EN 14277
Mesures fonctionnelles	Aucune méthode de mesure applicable	A voir selon donnée affichée au niveau de la CTA ou de la GTC : relevés des débits par exemple.

Norme	Point relevé	Suggestion
PrEN16211 (2022)	Mesures de vitesse aux grilles extérieures : clarifier si la méthode A3 est limitée à des grilles de 1m	<p>Action en enquête publique et dans le protocole</p> <p>S'inspirer des positions des points d'exploration de vitesse en conduits pour les très grandes grilles</p> <p>A valider par des essais complémentaires</p>
PrEN16211 (2022)	Mesures de vitesse aux grilles extérieures : La méthode de balayage A2 est décrite mais ne fournit pas d'incertitude de méthode pour différentes tailles de grille	Etude complémentaire nécessaire pour généraliser à des grilles de différentes tailles et de différents types, et évaluer l'incertitude de mesure associée
PrEN16211 (2022)	Mesures de vitesse aux grilles extérieures : Impact du vent	Etude complémentaire nécessaire pour évaluer l'impact du vent sur les mesures
NF E51-777	les mesures sur des registres autoréglables ne sont pas dans le domaine d'emploi de cette norme	A rajouter lors de la révision de cette norme ou en créer une spécifique

# Merci de votre attention