



PromevenTertiaire

Tâche 3 – Estimation des incertitudes de mesure

Journée de restitution - 23 novembre 2022



Objectif

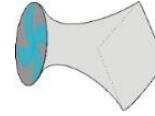
- Améliorer les méthodes existantes en proposant la rédaction d'un **protocole de diagnostic des installations de ventilation mécanique dans le secteur tertiaire**, assurant une **fiabilité suffisante** et une **faisabilité technique** et financière **adaptée**
 - Évaluation de l'incertitude de mesure du débit dans les différentes conditions de mesure rencontrées sur site
- Les conditions de mesure
 - Mesure de débit direct au terminal (insufflation, extraction)
 - Mesure de débit en conduit (cylindrique, rectangulaire) par exploration du champ des vitesses
- Pour maintenir une incertitude de mesure du débit dans une limite définie
 - Recommandations sur les appareils de mesure
 - Méthodes de mesure à privilégier

Rappel: Comment évaluer l'incertitude de mesure

Incertitude totale

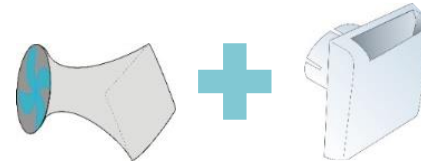
Incertitude instrumentale

(résolution, dérive, hystérésis, température, etc.)



Incertitude de la méthode

(principe de mesure)



Incertitude de répétabilité

(1 seul opérateur, plusieurs mesures, toutes choses égales)



Incertitude de reproductibilité

(plusieurs opérateurs, plusieurs mesures, toutes choses égales)



L'incertitude de la mesure de débit dépend à la fois du matériel et du type de bouche/diffuseur

Source :
Projet Promevent

Rappel: Comment évaluer l'incertitude de mesure

Incertitude totale

Incertitude instrumentale

(résolution, dérive, hystérésis, température, etc.)

Incertitude de la méthode

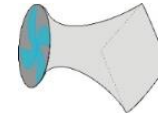
(principe de mesure)

Incertitude de répétabilité

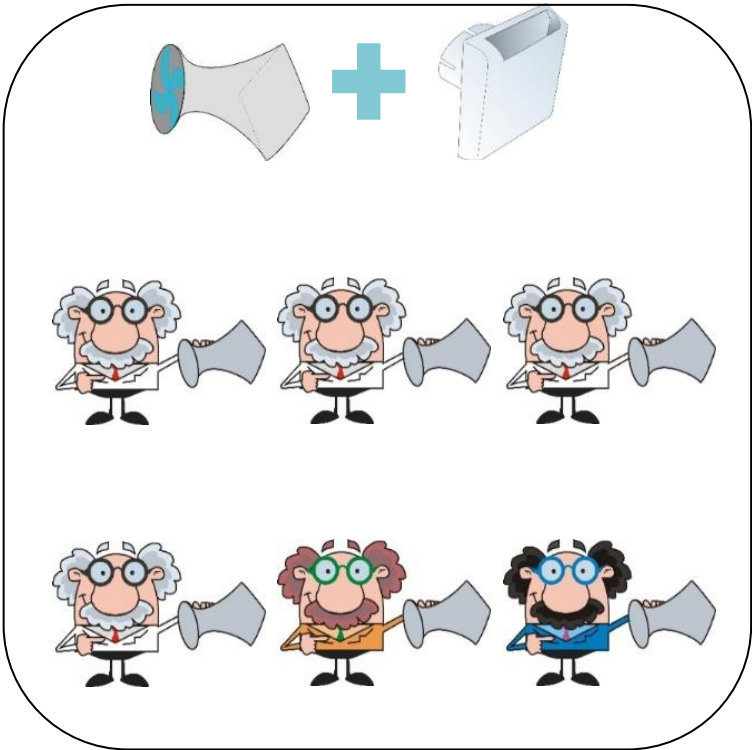
(1 seul opérateur, plusieurs mesures, toutes choses égales)

Incertitude de reproductibilité

(plusieurs opérateurs, plusieurs mesures, toutes choses égales)



Quelle EMT* pour respecter une incertitude totale acceptable ?



Evaluées en laboratoire

Source :
Projet Promevent





Mesure de débit au terminal

Démarche

- Bouches: démarche identique à celle développée dans Promevent résidentiel et protocole RE2020
 - Objectif de 15% pour l'incertitude totale sur la mesure du débit
 - EMT: max(10%; 3,6 m³/h) pour les instruments de mesure
 - Associations débitmètre/bouches autorisées

Appareillage de mesure	Schéma*	Utilisation				
		Extraction		Soufflage		
		Tout type de bouche		Bouche à grille fixe sans déviation du flux d'air	Bouche à sortie omnidirectionnelle	Bouche avec ailettes orientables à forte déviation du flux d'air
Cône avec anémomètre thermique ponctuel		✓	✓	EVD	EVD	EVD
Cône avec réseau d'anémomètre thermique en quadrillage		✓	✓	✓	✓	EVD
Cône avec mesure de pression en croix et compensation		✓	✓	✓	✓	✓
Cône avec anémomètre à moulinet		✓	✓	✓	✓	EVD
Cône avec anémomètre à moulinet déporté		✓	✓	✓	✓	✓
Autres types d'appareils		EVD	EVD	EVD	EVD	EVD

Légende :
 ✓ : Situations qui permettent d'assurer une incertitude totale de la mesure < 15% si l'appareil de mesure respecte une EMT cible définie dans les tableaux de l'Annexe D du protocole RE2020
 EVD : Situations qui requièrent une évaluation détaillée pour pouvoir justifier d'une incertitude totale de la mesure < 15%
 * : la partie en bleue sur les figures indique l'emplacement où la mesure est effectuée

- Diffuseurs: Évaluation de l'incertitude de mesure du débit
 - Incertitude de mesure due à l'instrument de mesure (EMT)
 - Incertitude de mesure due à la méthode de mesure (interaction avec le diffuseur)



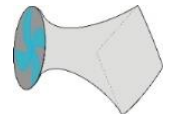
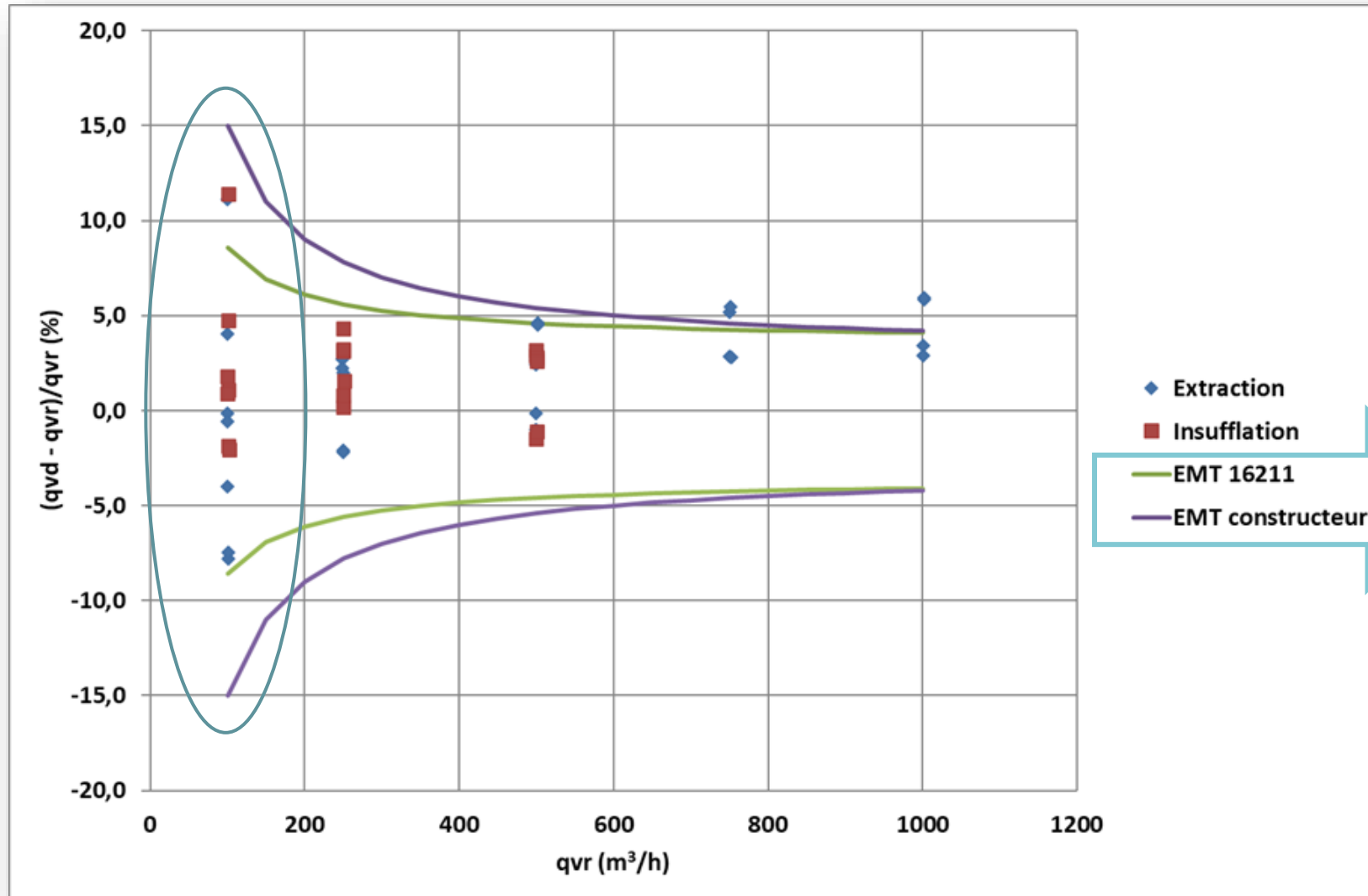
Évaluation de l'incertitude de mesure due à l'instrument de mesure

Évaluation des appareils testés

Instrument de mesure	Principe de mesure	Dispositif redresseur de flux	Débits testés
BALO1	Mesure de pression différentielle	Inclus	100 – 1000 m ³ /h
BALO2	Mesure de pression différentielle	Amovible	100 – 1000 m ³ /h
BALO3	Mesure de pression différentielle avec ventilateur de compensation		100 – 500 m ³ /h

- Évaluation de l'erreur de justesse des appareils
- Comparaison à:
 - EMT du projet de révision prEN 16211
 $5 \text{ m}^3 / \text{h} + 3,6\% \text{ de la valeur du débit}$
 - Spécification constructeur
 $12 \text{ m}^3 / \text{h} + 3\% \text{ de la valeur du débit}$

Évaluation des appareils testés



Évaluation
réalisée pour les
2 EMT



Évaluation de l'incertitude de mesure due à l'interaction avec le diffuseur

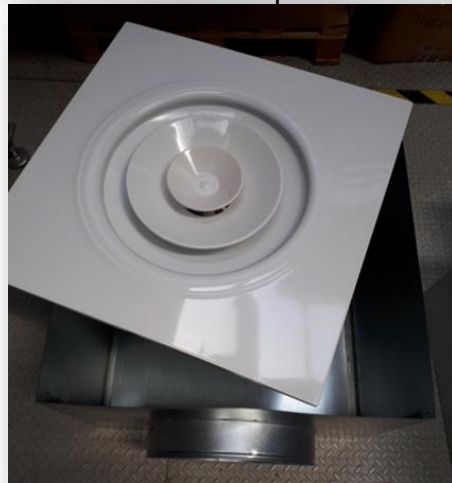
Description



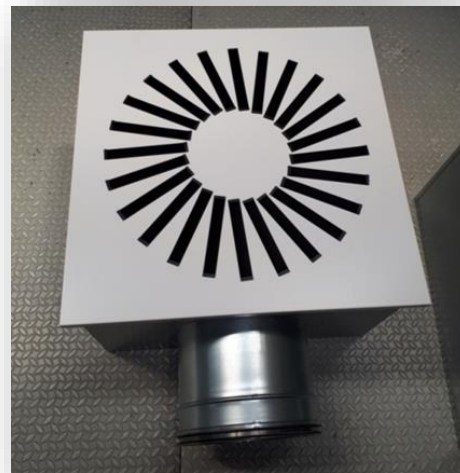
Grille de reprise



Diffuseur 4 directions



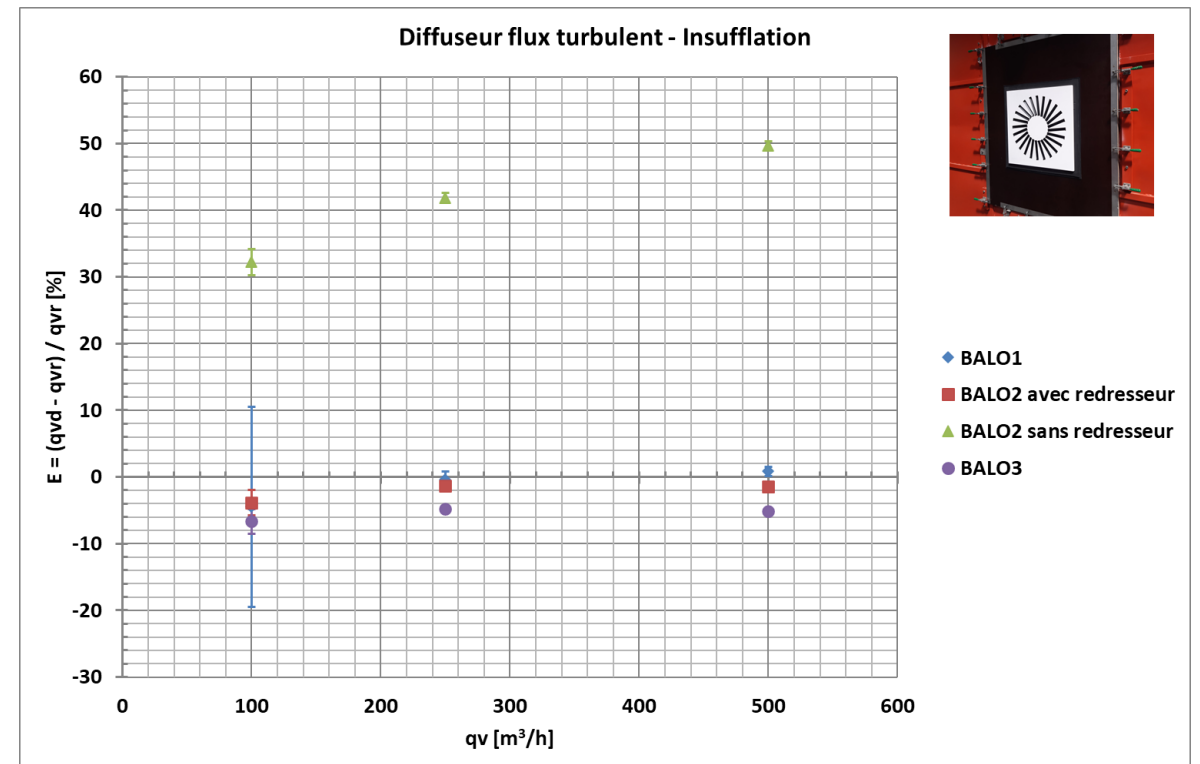
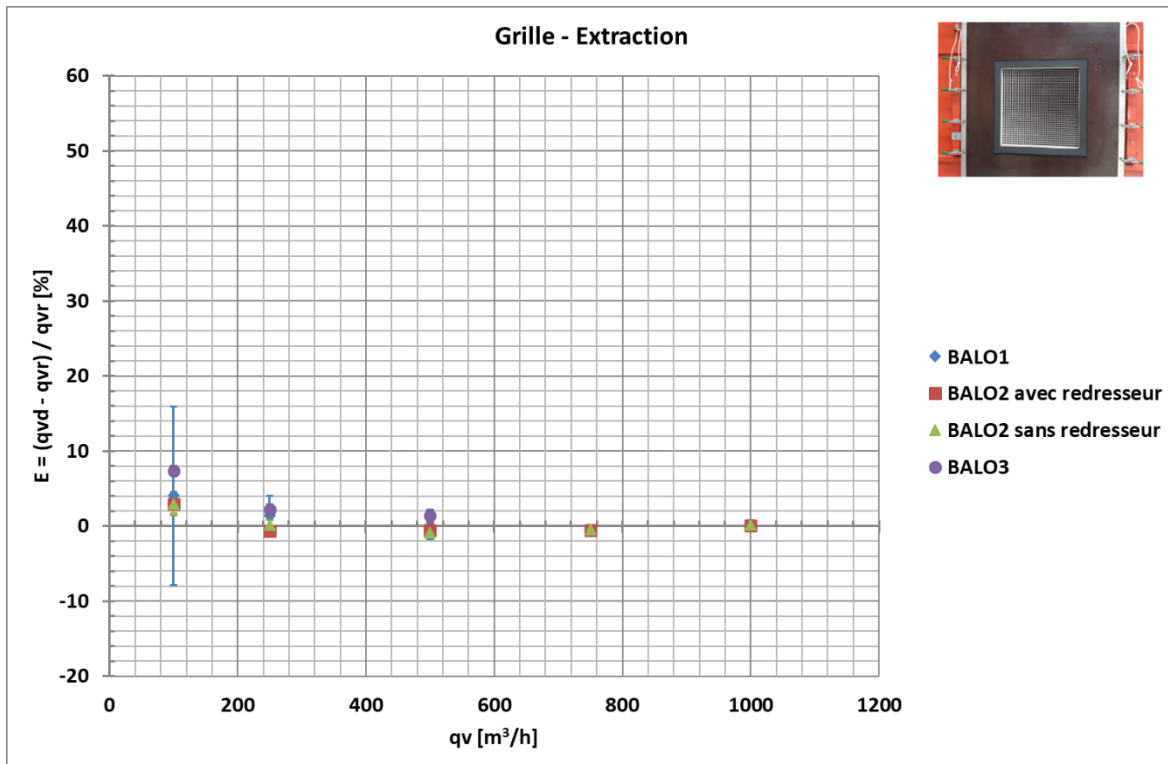
Diffuseur circulaire



Diffuseur à flux turbulent



Résultats (exemples)



Bilan pour les mesures de débit au terminal

- Incertitude de mesure totale pour les diffuseurs (extraction, insufflation)

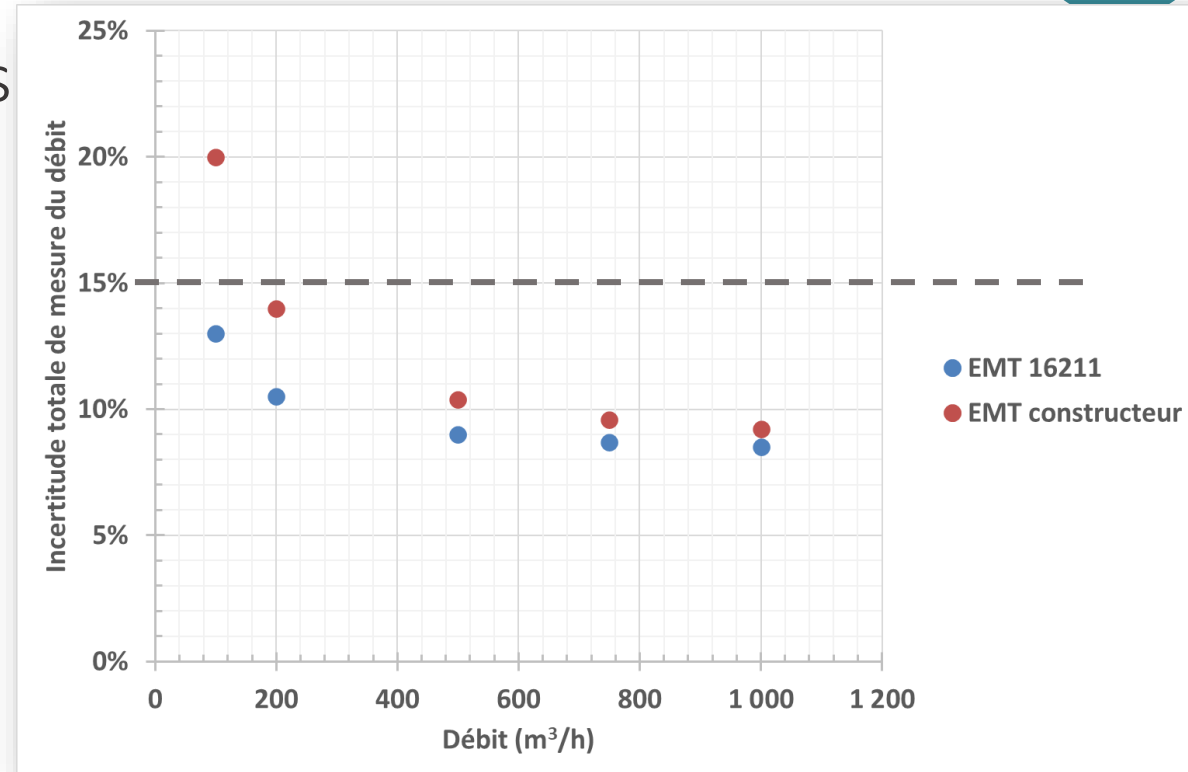
- ➤ EMT du projet de révision prEN 16211
 $5 \text{ m}^3/\text{h} + 8\%$ de la valeur du débit

- ➤ EMT Spécification constructeur
 $12 \text{ m}^3/\text{h} + 8\%$ de la valeur du débit

- Recommandations

- Balomètres : Utiliser un dispositif redresseur de flux

- Projet de norme prEN 16211: proposer une modification de l'EMT instrument





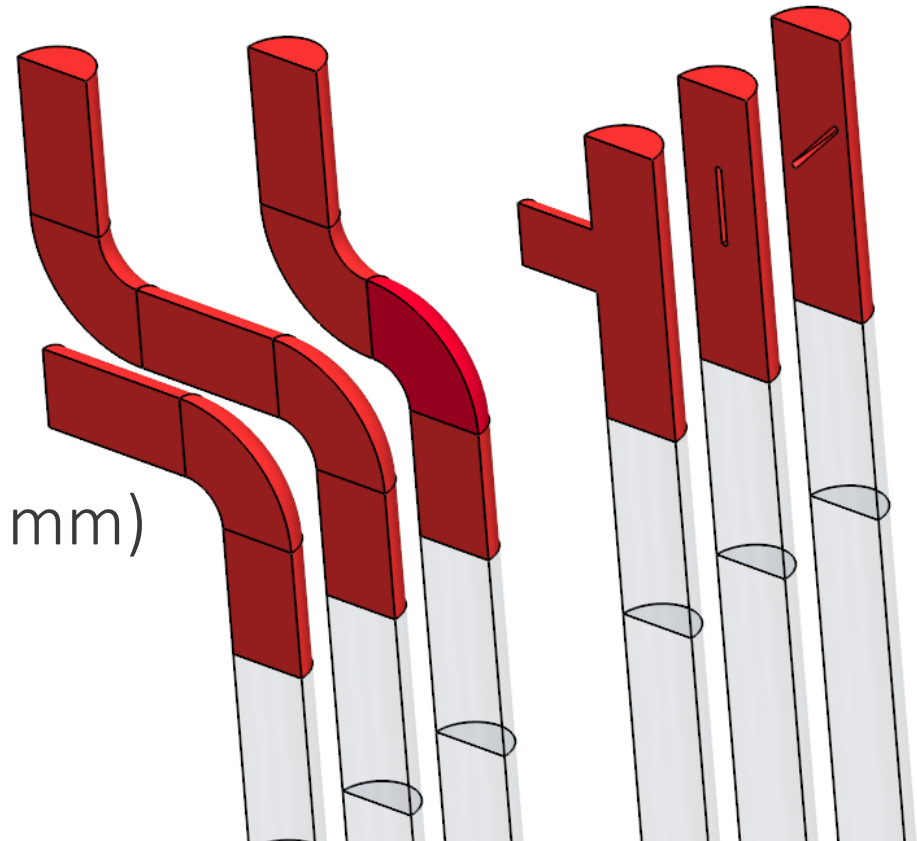
Mesure de débit en conduit

Méthodologie

- Méthodes de mesure retenues:
 - NF EN 12599 : 2012 - Ventilation des bâtiments - Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de conditionnement d'air et de ventilation
 - NF EN 16211 : 2015 - Systèmes de ventilation pour les bâtiments - Mesurages de débit d'air dans les systèmes de ventilation – Méthode
 - NF ISO 3966 : 2021 - Mesure du débit des fluides dans les conduites fermées - Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de tubes de Pitot doubles
- Évaluation de l'incertitude de mesure liée à la méthode de mesure de débit en conduit pour des typologies d'installation communément rencontrées sur des sites du secteur tertiaire
 - Conduit cylindrique ou rectangulaire
 - Singularité à l'amont du plan de mesure (coudes, Té, registres)
 - Distance entre la singularité amont et le plan de mesure (1,6D, 2,5D, 5D, 10D)
- Erreur de la méthode: Essais réalisés par simulation numérique (code CFD STARCCM+)
 - Différence entre valeur moyenne « mesurée » et valeur théorique
 - Comparaison avec l'incertitude de la méthode définie dans NF EN 12599 et NF EN 16211

Configurations testées

- Ex: Conduit cylindrique (350 mm)
 - Coudes à 90°
 - Té (réunion, séparation de courant)
 - Registre fin (ouvert, fermé)
 - Registre épais (ouvert, fin)
- Conduit rectangulaire (600 mm × 300 mm)
 - Idem conduit cylindrique
 - + singularité sur grand ou petit côté





Conduit cylindrique

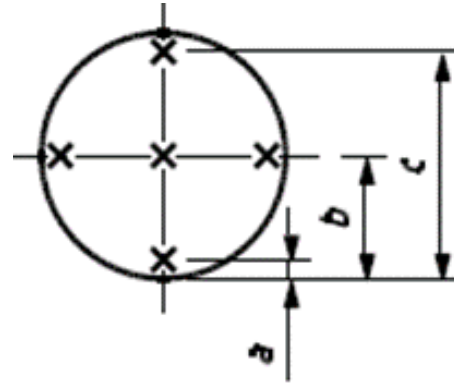
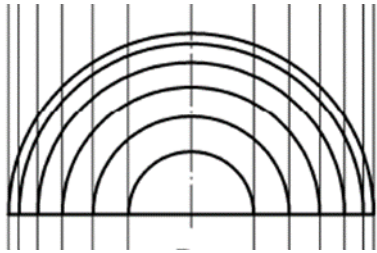
Les méthodes retenues

9 géométries

56 cas

- Normes: 7
- Position: 2
- Plans: 4

506 analyses



Number of measuring points per radius	r/R_i	y/D_i
3	0,358 6 ± 0,010 0	0,320 7 ± 0,005 0
	0,730 2 ± 0,010 0	0,134 9 ± 0,005 0
	0,935 8 ± 0,003 2	0,032 1 ± 0,001 6
5	0,277 6 ± 0,010 0	0,361 2 ± 0,005 0
	0,565 8 ± 0,010 0	0,217 1 ± 0,005 0
	0,695 0 ± 0,010 0	0,152 5 ± 0,005 0
	0,847 0 ± 0,007 6	0,076 5 ± 0,003 8
	0,962 2 ± 0,001 8	0,018 9 ± 0,000 9

NF EN 12599

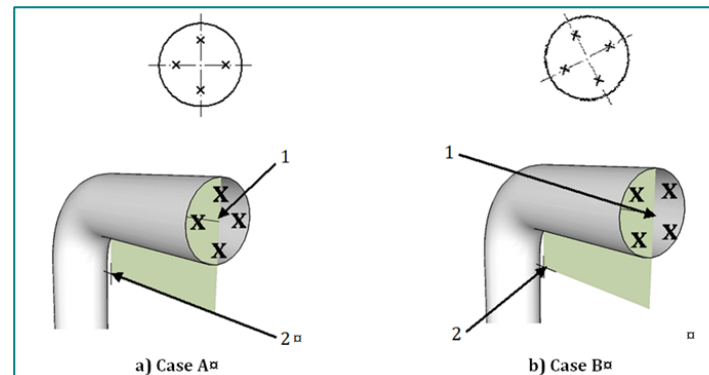
- 1, 2, 3, 5 et 8 anneaux
- 4, 8, 12, 20 et 32 points

NF EN 16211

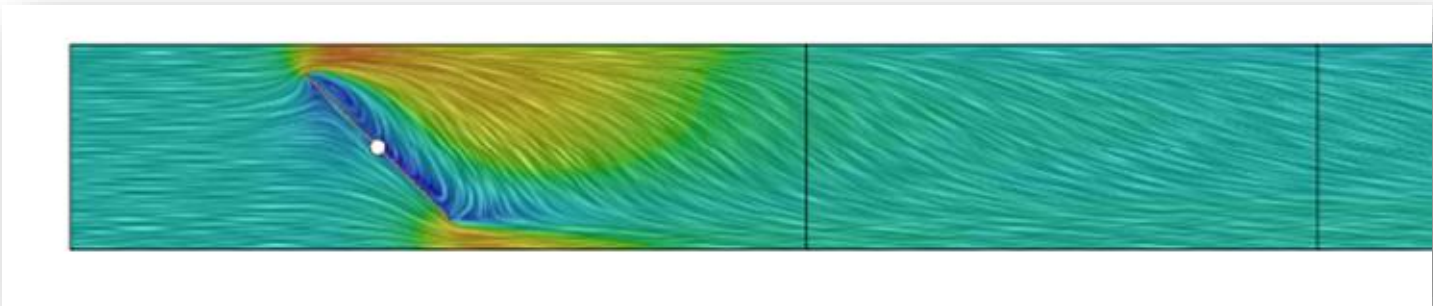
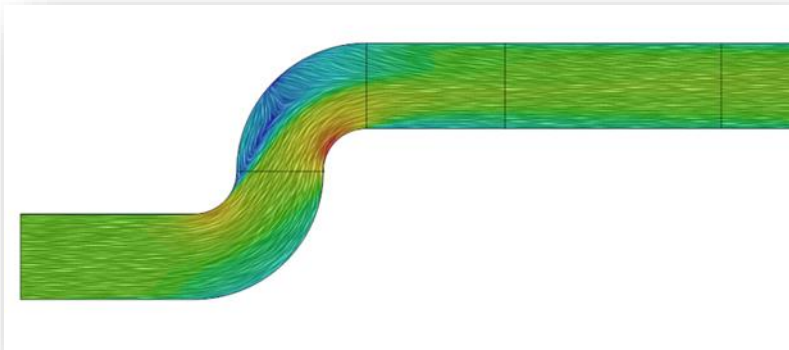
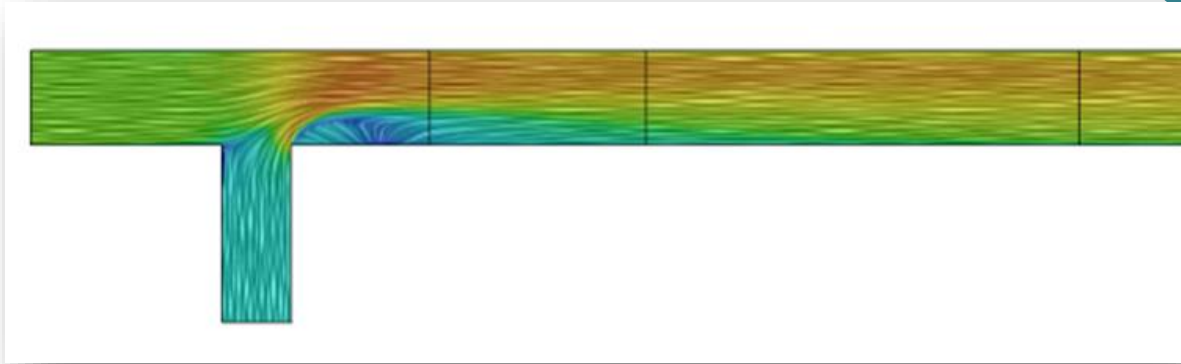
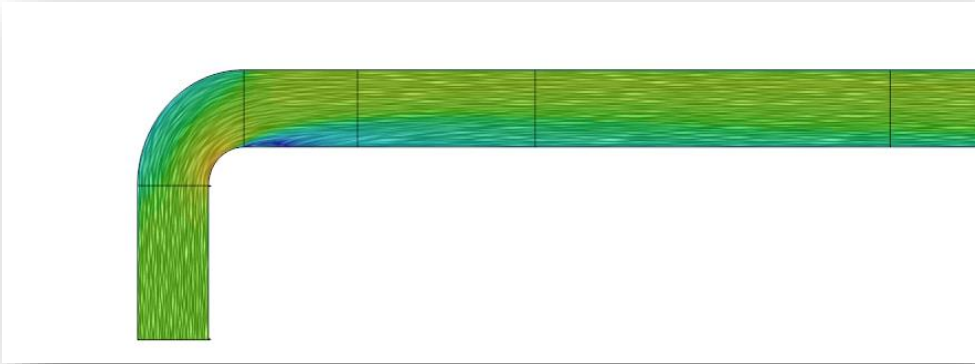
- 5 points

NF ISO 3966

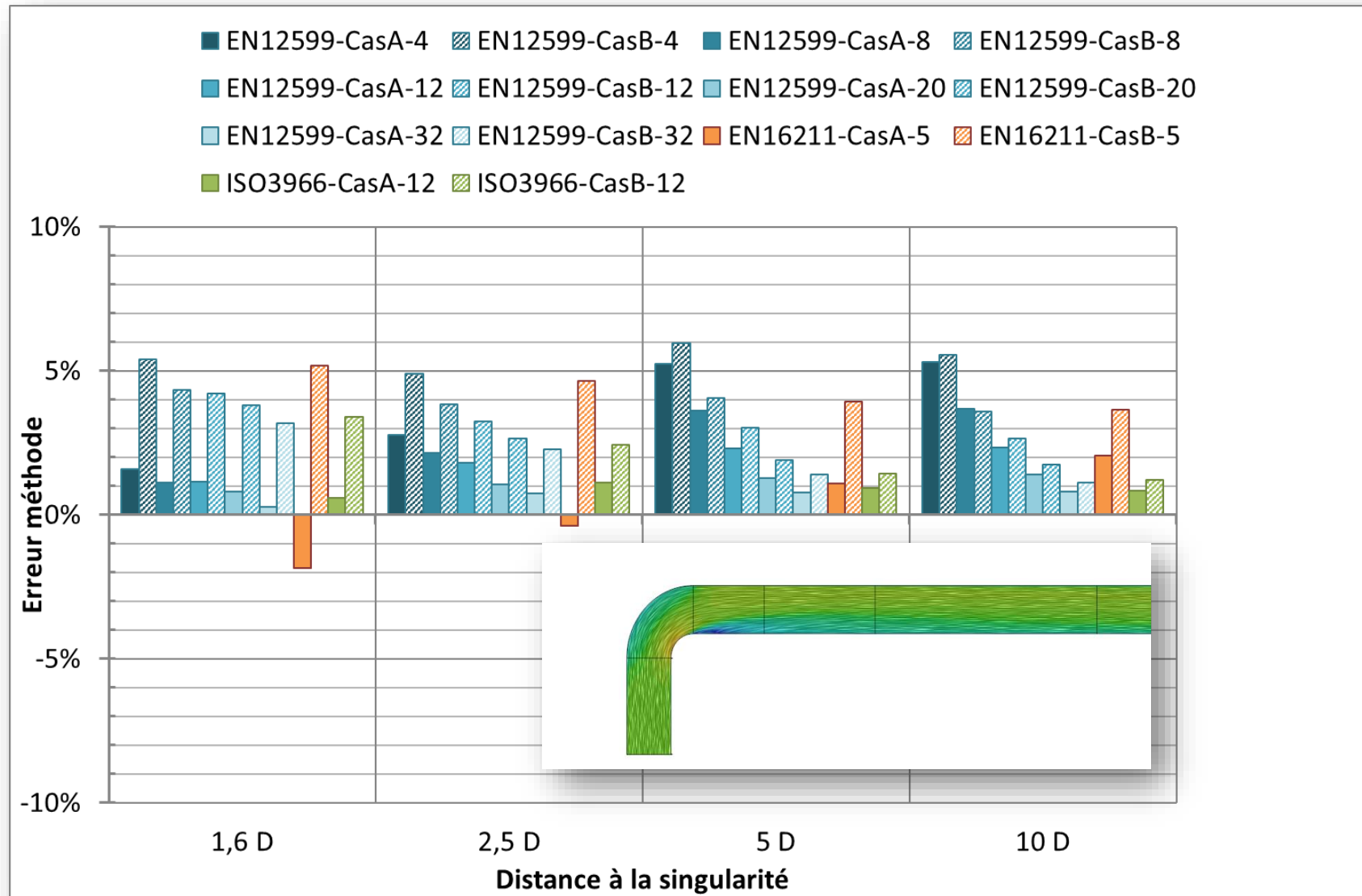
- 6 points



Résultats



Résultats: Exemple d'un coude à 90°



Analyse (toutes singularités confondues)

Plan de mesure à 10D de la singularité amont

Cas A	EN12599- CasA-4	EN12599- CasA-8	EN12599- CasA-12	EN12599- CasA-20	EN12599- CasA-32	EN16211- CasA-5	ISO3966- CasA-12
Moyenne	4,5%	2,6%	1,7%	0,9%	0,2%	1,4%	0,5%
Écart-type	0,8%	1,0%	0,7%	0,7%	0,7%	2,0%	0,7%
Cas B	EN12599- CasB-4	EN12599- CasB-8	EN12599- CasB-12	EN12599- CasB-20	EN12599- CasB-32	EN16211- CasB-5	ISO3966- CasB-12
Moyenne	5,0%	3,1%	2,3%	1,6%	0,9%	2,9%	0,9%
Écart-type	0,6%	0,7%	0,6%	0,5%	0,5%	0,7%	0,6%

- Calculs:
 - Moyenne: Valeur moyenne de l'erreur
 - Écart-type: Dispersion de l'erreur autour de la moyenne
- Comparaison entre l'erreur moyenne calculée et l'incertitude de méthode définie dans la norme pour les conditions d'application de la norme (nombre de points, distance au singularités)

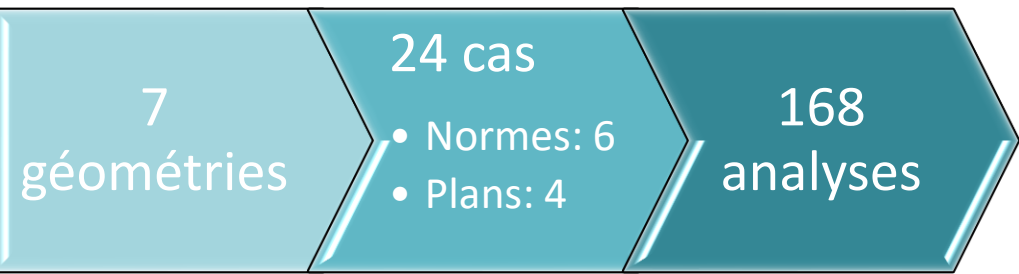
Analyse

- NF EN 12599
 - Incertitude de méthode de la norme confirmée
 - dans les conditions d'utilisation de la norme (nombre de points, distance aux singularités)
 - hors des conditions d'utilisation de la norme (sauf dans le cas d'un registre épais)
- NF EN 16211
 - Incertitude de méthode de la norme confirmée
 - dans les conditions d'utilisation de la norme (distance aux singularités)
 - hors des conditions d'utilisation de la norme (sauf dans le cas d'un registre fin ou épais)
- NF ISO 3966
 - Distance aux singularités supérieure à $20D$
 - Pas de simulation réalisée
 - Distance aux singularités inférieure à $20D$
 - Erreur de méthode inférieure à 2% si la distance est supérieure ou égale à $5D$
 - Erreur de méthode inférieure à 4% si la distance est inférieure ou égale à $5D$ (sauf dans le cas d'un registre épais)



Conduit rectangulaire

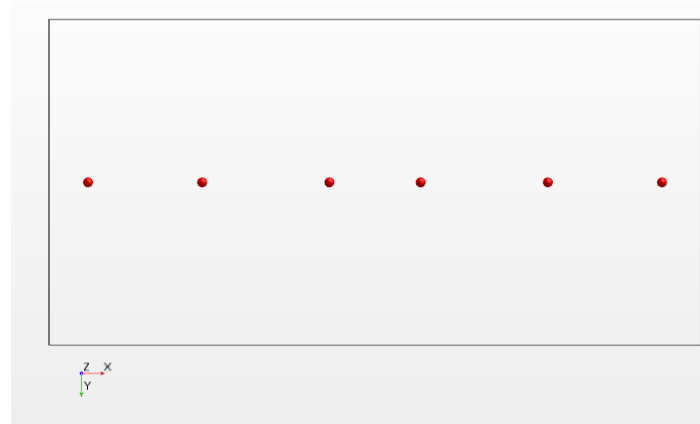
Les méthodes retenues



30 points

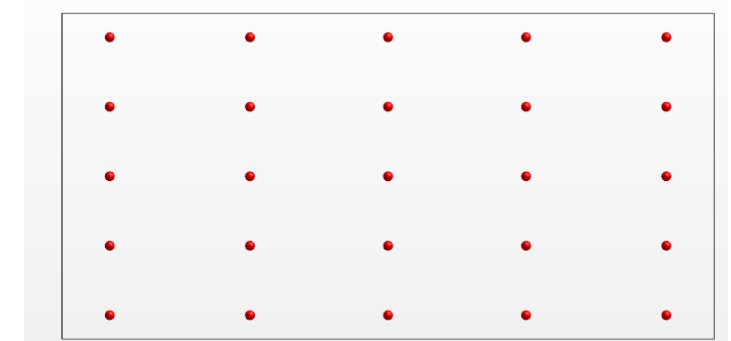
NF EN 12599

- 4 (2×2), 6 (3×2), 16 (4×4) et 30 (6×5) points



NF EN 16211

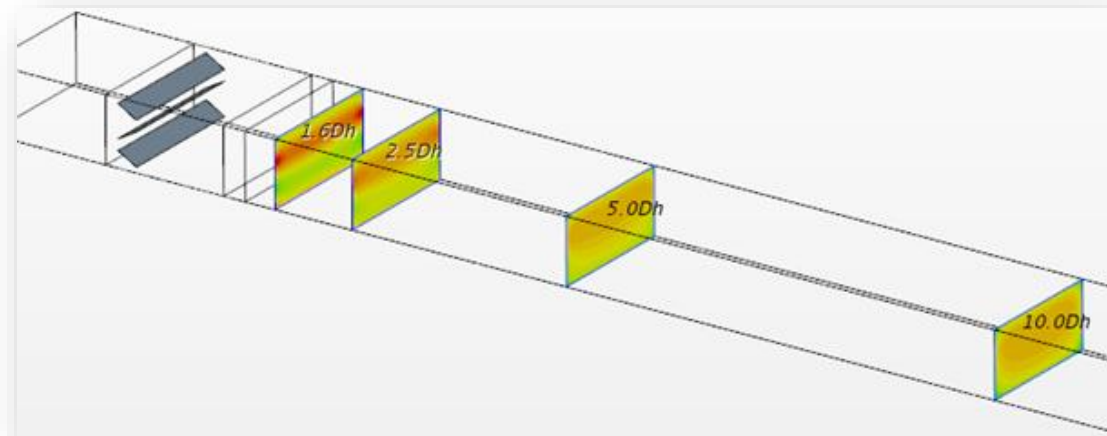
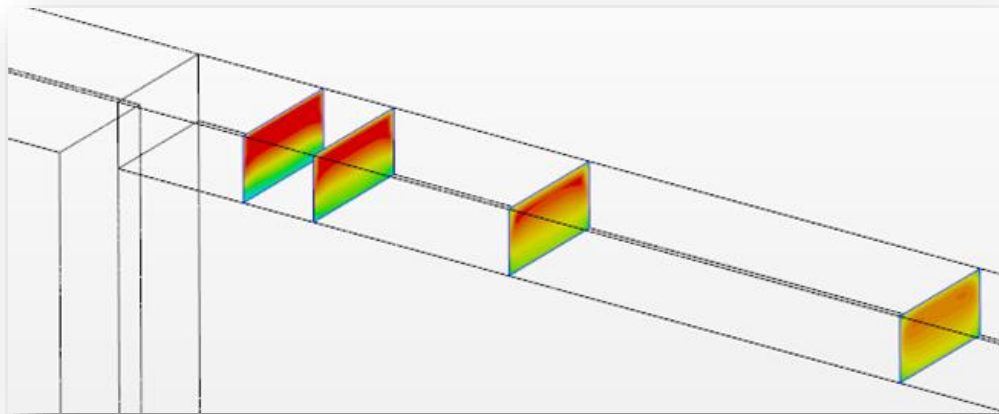
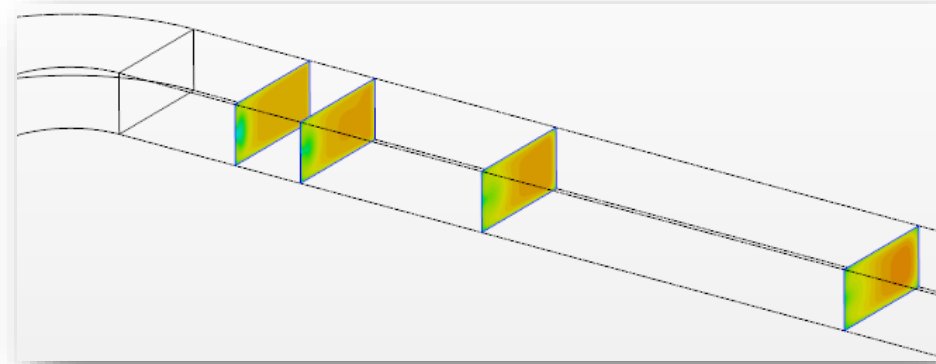
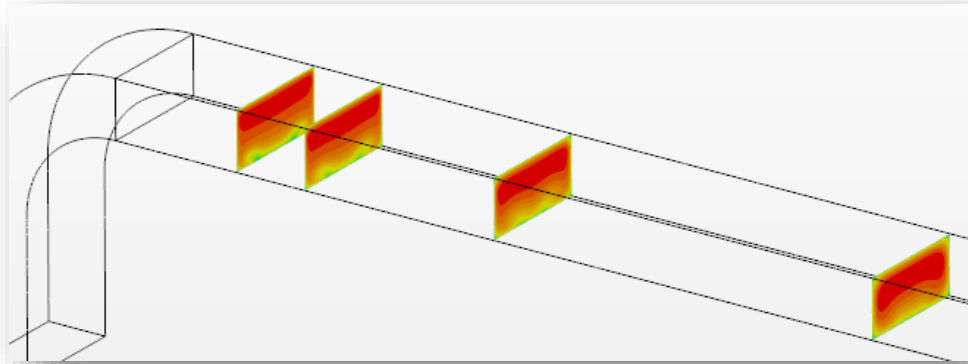
- 6 points



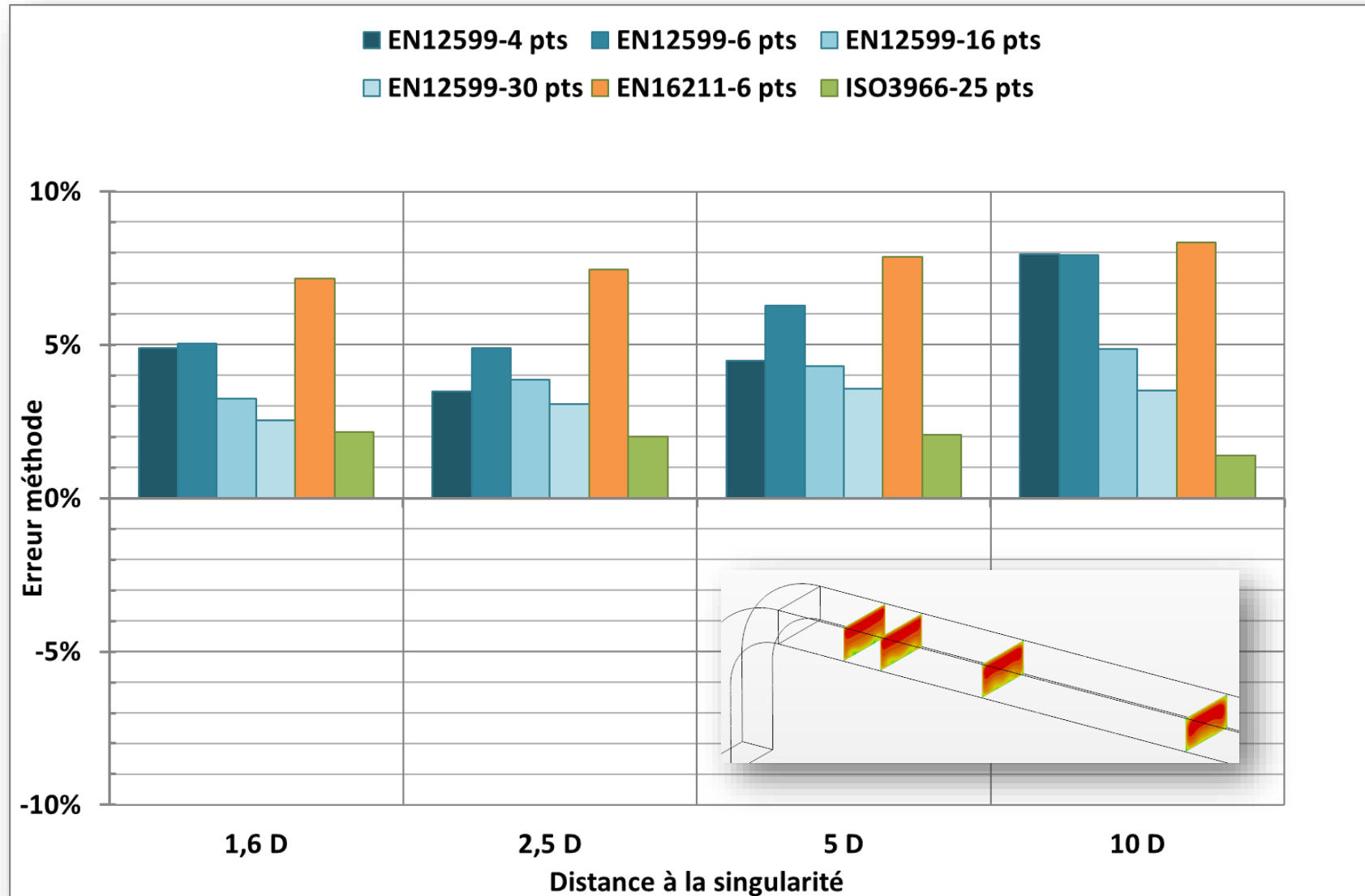
NF ISO 3966

- 25 points

Résultats



Résultats: Exemple d'un coude à 90°



Analyse (toutes singularités confondues)

Plan de mesure à 5D de la singularité amont

	EN12599-4	EN12599-6	EN12599-16	EN12599-30	EN16211-6	ISO3966-25
Moyenne	5,2%	5,6%	4,6%	3,4%	5,0%	1,4%
Écart-type	1,1%	1,2%	1,3%	0,6%	2,9%	0,5%

- Calculs:
 - Moyenne: Valeur moyenne de l'erreur
 - Écart-type: Dispersion de l'erreur autour de la moyenne
- Comparaison entre l'erreur moyenne calculée et l'incertitude de méthode définie dans la norme pour les conditions d'application de la norme (nombre de points, distance au singularités)

Analyse

- NF EN 12599
 - Incertitude de méthode de la norme confirmée
 - dans les conditions d'utilisation de la norme (nombre de points, distance aux singularités)
 - hors des conditions d'utilisation de la norme
- NF EN 16211
 - Incertitude de méthode de la norme confirmée
 - dans les conditions d'utilisation de la norme (distance aux singularités)
 - hors des conditions d'utilisation de la norme (sauf dans le cas d'un Té en réunion de courant et registre fermé)
- NF ISO 3966
 - Distance aux singularités supérieure à 80D
 - Pas de simulation réalisée
 - Distance aux singularités inférieure à 80D
 - Erreur de méthode inférieure à 2% si la distance est supérieure ou égale à 5D
 - Erreur de méthode inférieure à 4% si la distance est inférieure ou égale à 5D



Conclusions

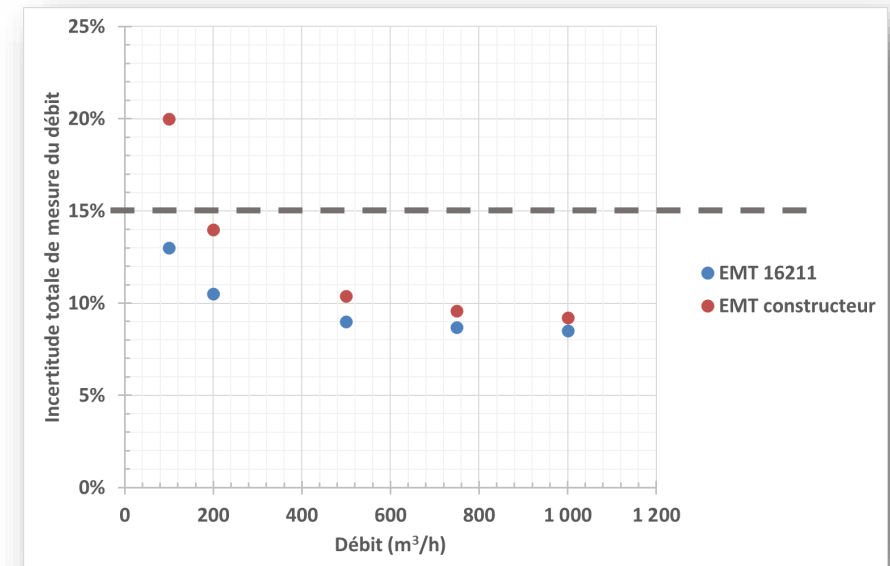
Mesures de débit au terminal: Incertitude de mesure totale de 15%

- Terminal de petite dimension
 - Incertitude instrument (EMT): $\max(10\%; 3,6 \text{ m}^3/\text{h})$
 - Domaine d'utilisation des instruments en fonction de la nature du terminal

Appareillage de mesure	Schéma*	Utilisation				
		Extraction		Soufflage		
		Tout type de bouche		Bouche à grille fixe sans déviation du flux d'air	Bouche à sortie omnidirectionnelle	Bouche avec ailettes orientables à forte déviation du flux d'air
Cône avec anémomètre thermique ponctuel		✓	✓	EVD	EVD	EVD
Cône avec réseau d'anémomètre thermique en quadrillage		✓	✓	✓	✓	EVD
Cône avec mesure de pression en croix et compensation		✓	✓	✓	✓	✓
Cône avec anémomètre à moulinet		✓	✓	✓	✓	EVD
Cône avec anémomètre à moulinet déporté		✓	✓	✓	✓	✓
Autres types d'appareils		EVD	EVD	EVD	EVD	EVD

Légende :
 ✓ : Situations qui permettent d'assurer une incertitude totale de la mesure < 15% si l'appareil de mesure respecte une EMT cible définie dans les tableaux de l'Annexe D du protocole RE2020
 EVD : Situations qui requièrent une évaluation détaillée pour pouvoir justifier d'une incertitude totale de la mesure < 15%
 * : la partie en bleu sur les figures indique l'emplacement où la mesure est effectuée

- Terminal de grande dimension
 - Incertitude instrument (EMT) définie dans prEN 16211 ou constructeur (à valider)



- Utilisation d'un système redresseur du flux pour les balomètres sans ventilateur de compensation

Mesures de débit en conduit

- Conduits cylindriques et rectangulaires
- Incertitude de méthode proposée dans les normes NF EN 12599 et NF EN16211:
 - **Confirmée** dans les conditions de mesure spécifiées dans les référentiels (nombre de points, distance aux singularités)
 - Confirmée dans des conditions moins contraignantes (distances aux singularités, nombre de points de mesure) avec des limitations (en particulier à $1,6D$ et la présence de registres)

Merci de votre attention