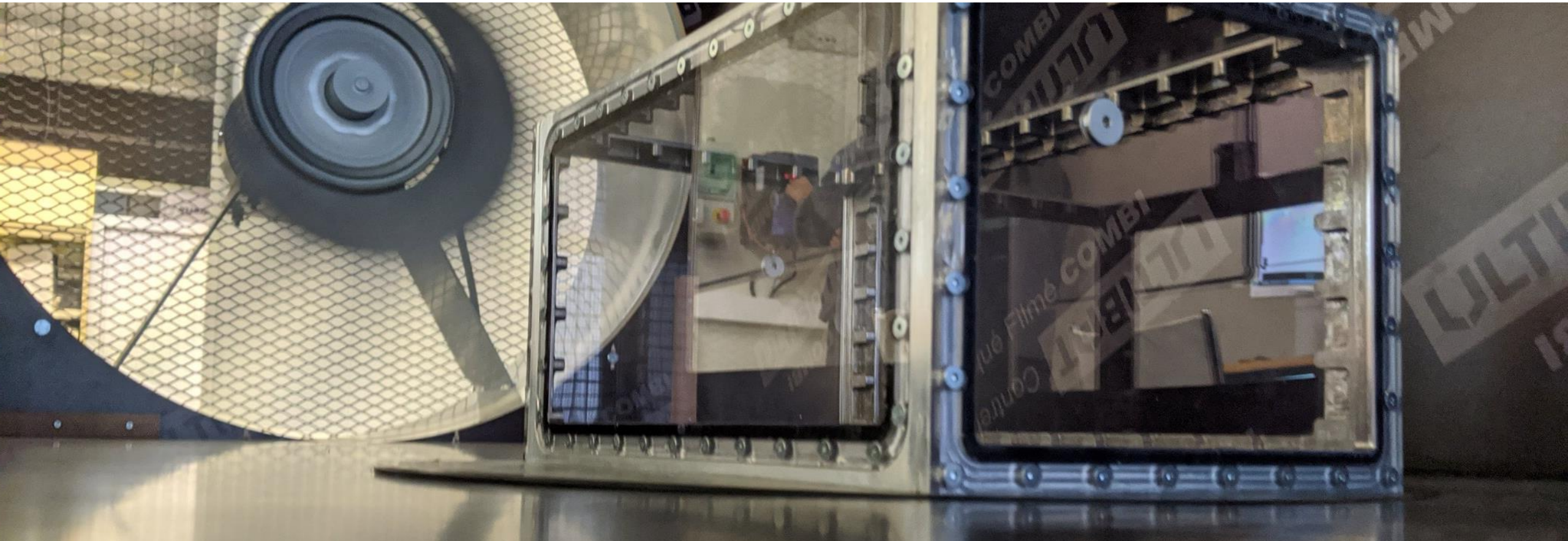




RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité



# FIABILITÉ DE L'ISO 9972: IMPACT DU VENT ET PROJET D'AMÉLIORATION DE LA NORME

Adeline Mélois, *Cerema - BPE*

21 Juin 2023

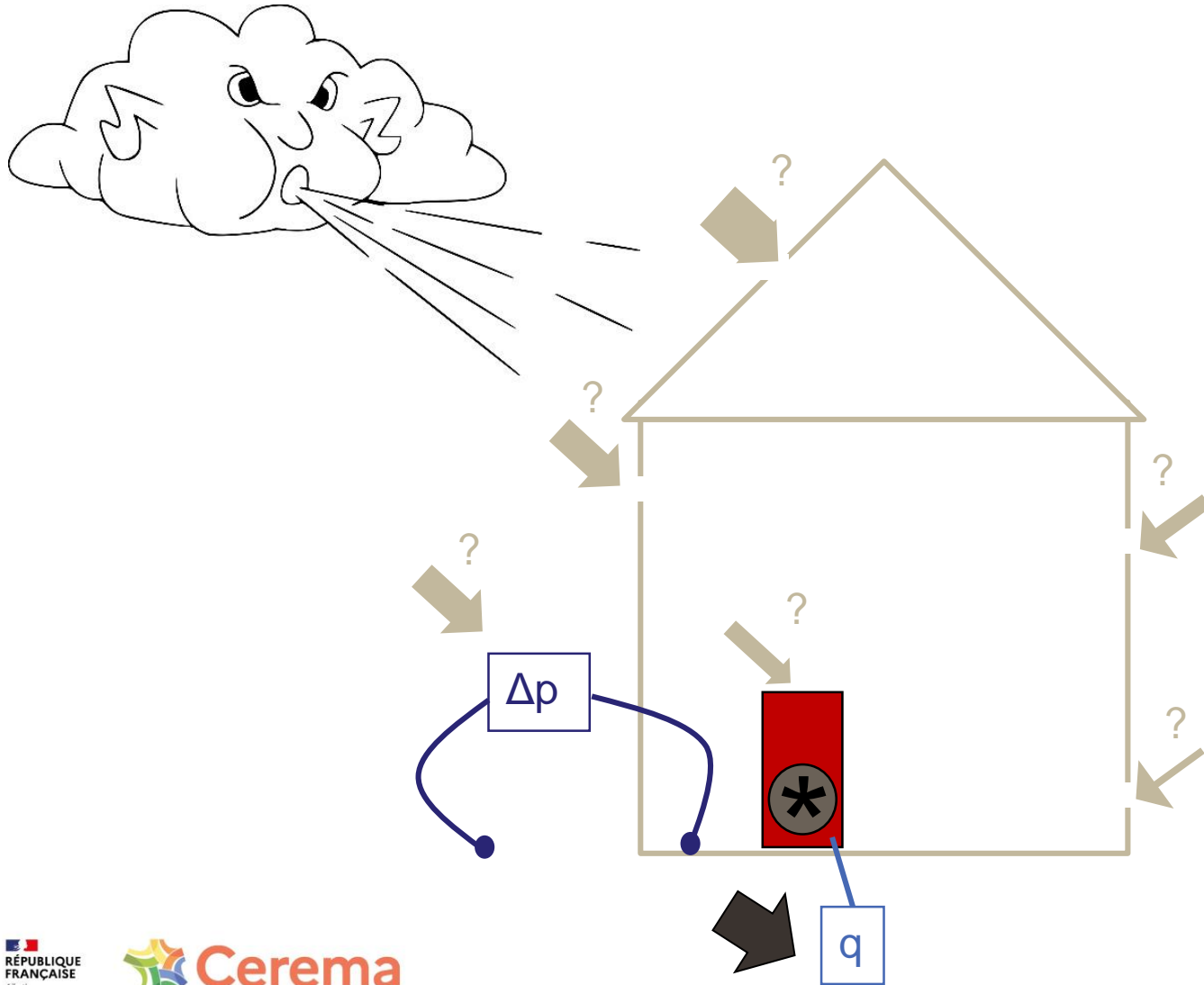
# LE VENT DANS L'ISO 9972



**NOTE 3** Si la vitesse du vent à proximité du sol dépasse 3 m/s ou si la vitesse du vent météorologique dépasse 6 m/s ou atteint 3 sur l'échelle de Beaufort, il est peu probable d'obtenir une différence de pression à débit nul satisfaisante (voir 5.3.3).



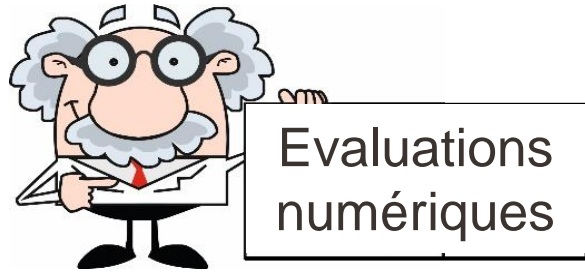
# PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE



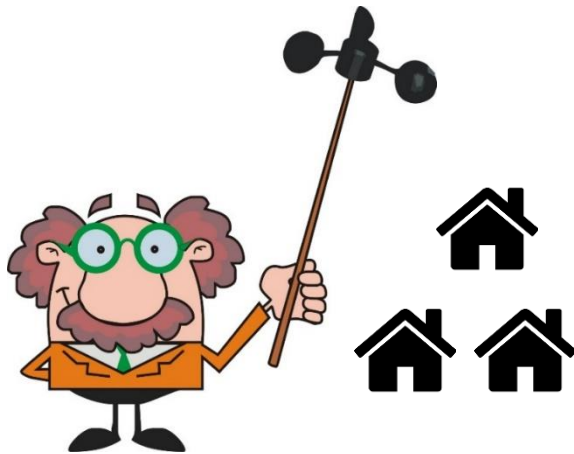
## Le vent impacte :

- La mesure de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment  $\Delta p$
- L'appareil de pressurisation / dépressurisation
- Chaque fuite de façon différente
- La mesure du débit de fuite  $q$

# ÉTAT DE L'ART



**Validation expérimentale  
nécessaire**



**Des échantillons restreints**

- Conditions de vent particulières
- Des répartitions de fuite spécifiques

**Evaluation de l'erreur**

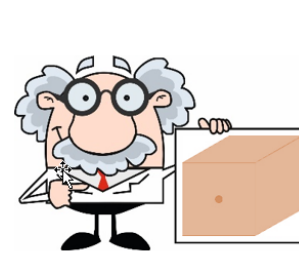
- Quelle est la vraie valeur de perméa ?

**Des sources d'erreur multiples**

# MÉTHODOLOGIE

## Etude expérimentale sur l'impact du vent à échelle réduite

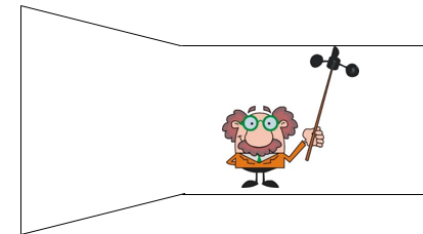
- Techniquement plus faisable
- Conditions de laboratoire :
  - Vitesse et direction du vent contrôlées
  - Pas de différence de température
- Contrôle de l'étanchéité à l'air du modèle réduit
- Différentes répartitions de fuite
- Tests courts et automatiques



Model



Pressurization  
device



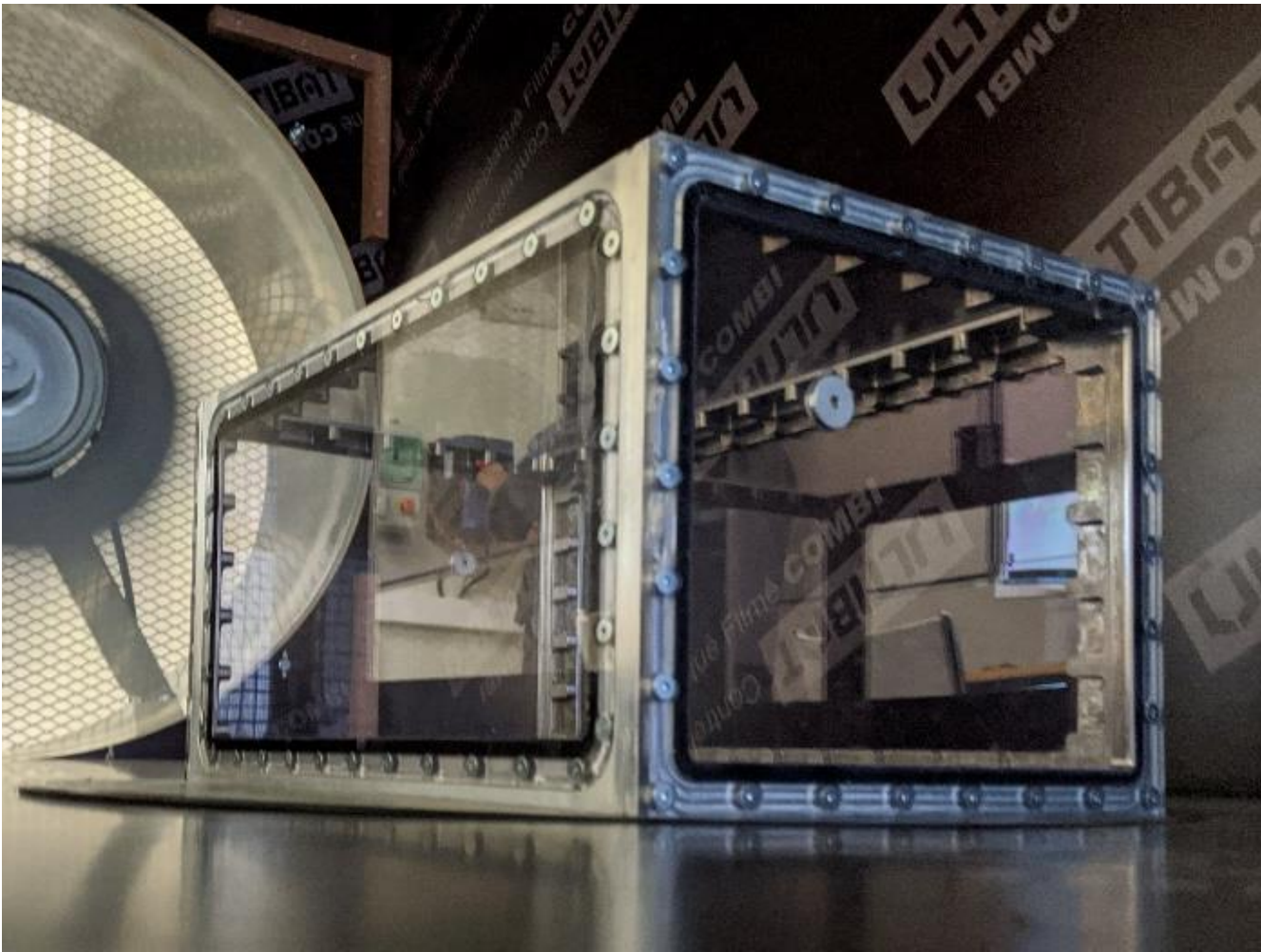
Wind tunnel

# CONCEPTION ET INSTALLATION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL



Répartition des fuites

0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.9	0.8	0.7	0.6	





# CONCEPTION ET INSTALLATION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

- Mesure précisément les débits d'air [ $3.0 \cdot 10^{-5}$ ;  $3.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ]
- Automatiquement contrôlé en fonction de données externes ( $\Delta p$ )
- Pressurise le modèle réduit [ $10$  ;  $100 \text{ Pa}$ ] pour différentes vitesses de vent [ $0$  ;  $7 \text{ m s}^{-1}$ ]



(a) Contrôleur de flux massique

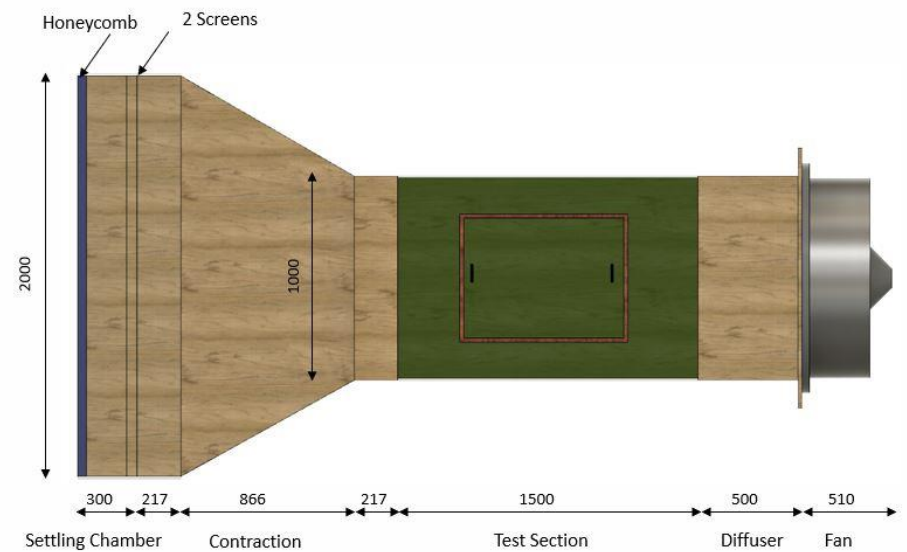
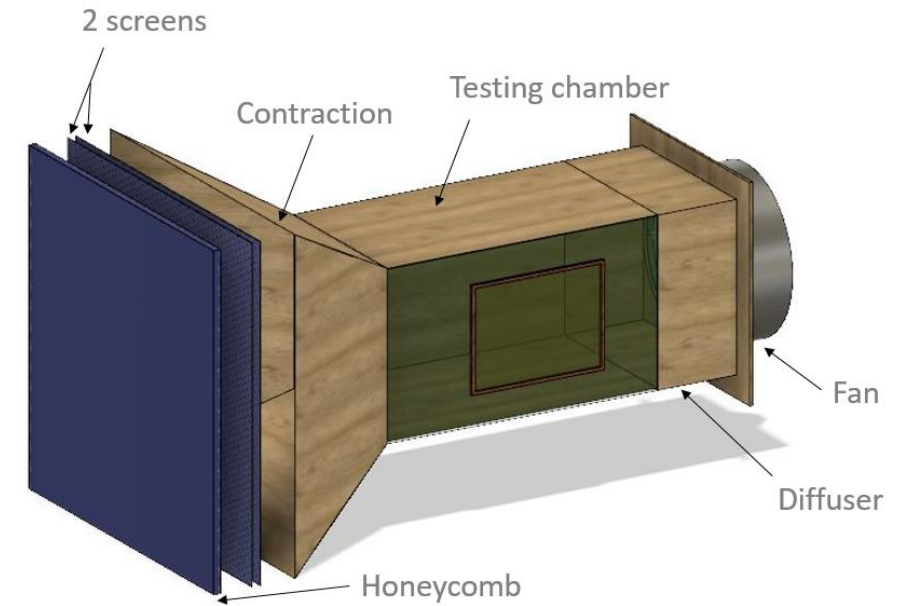
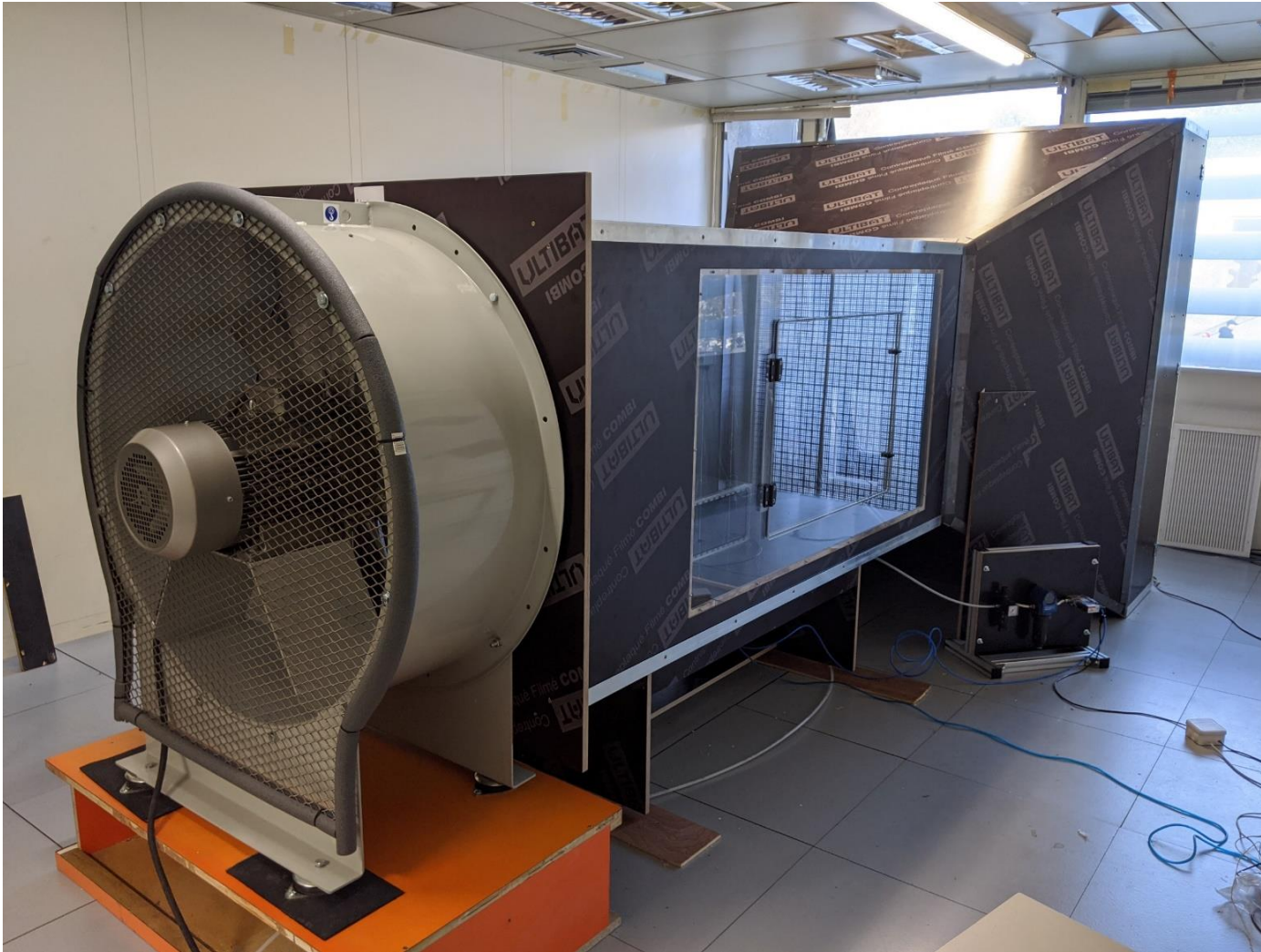


(b) Compresseur



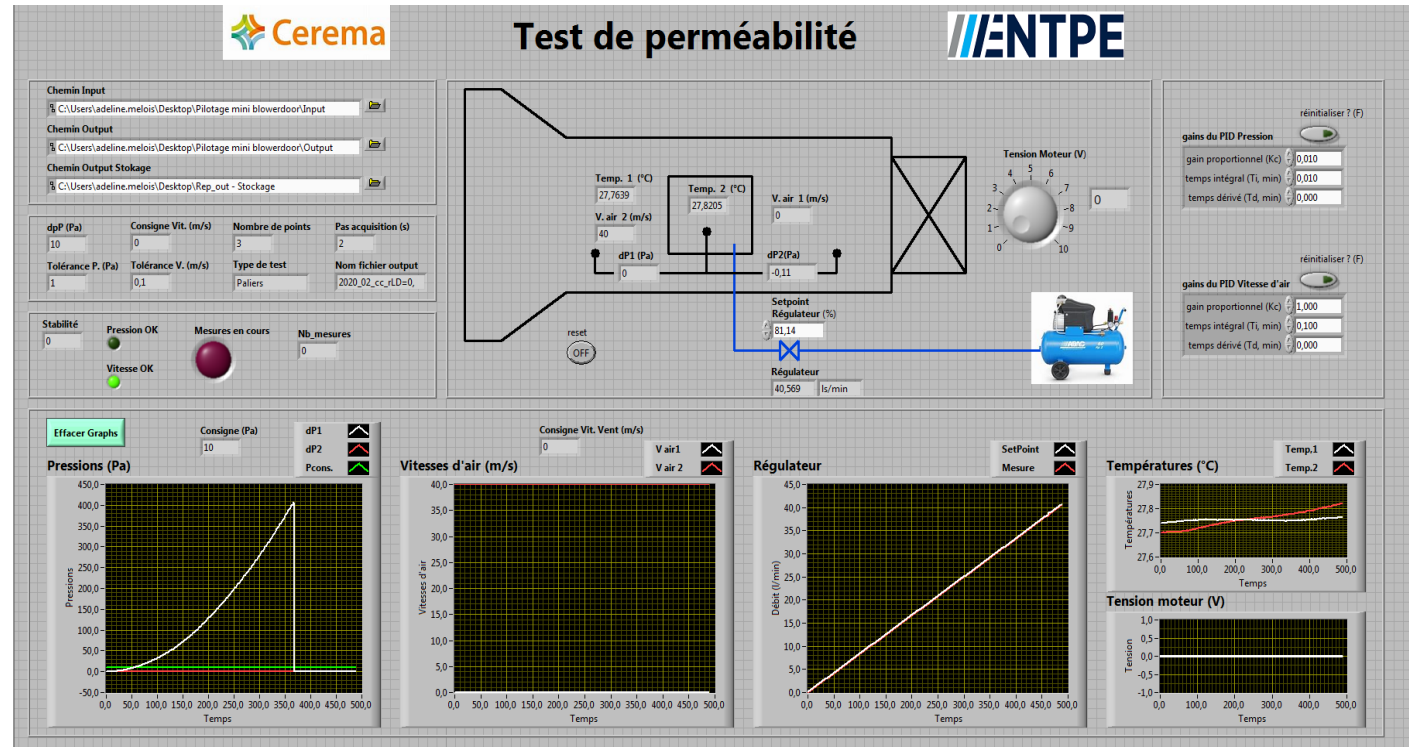
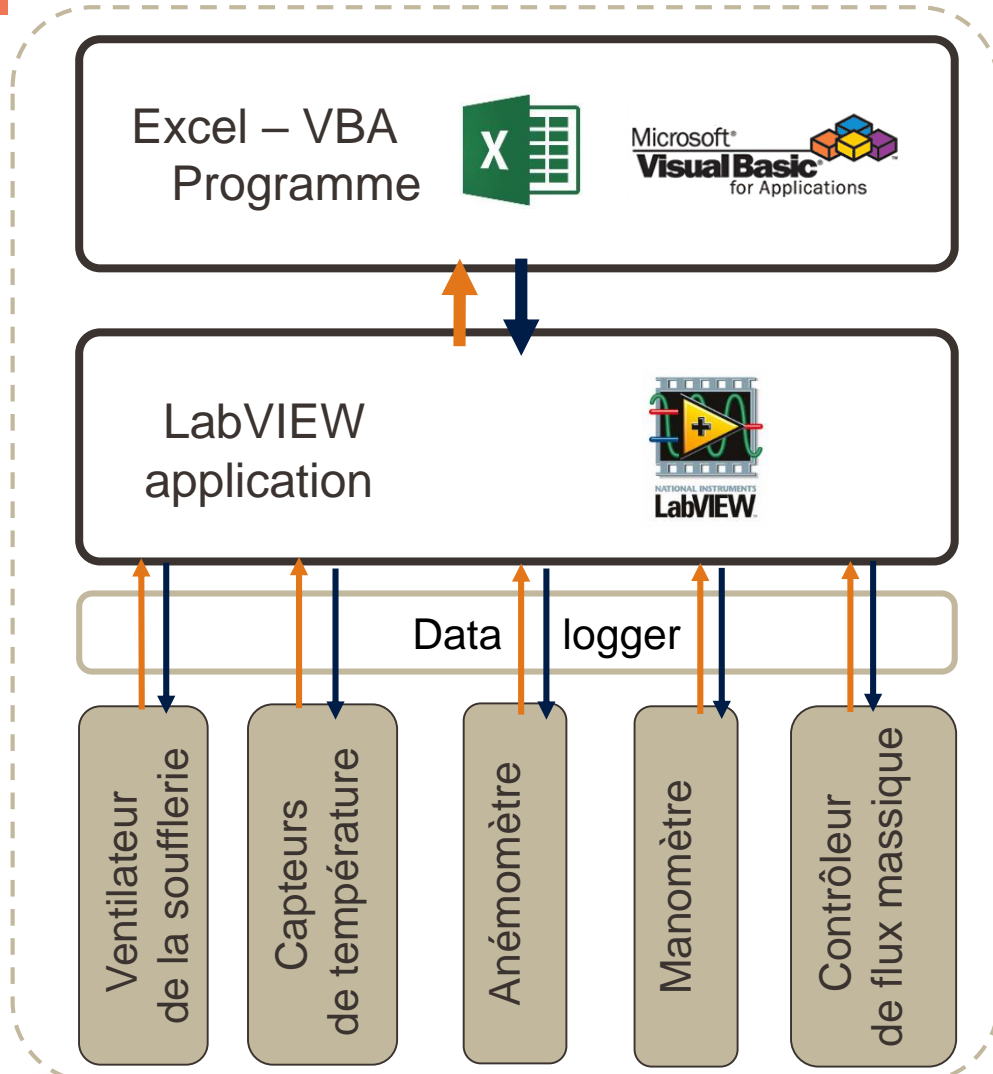
(c) Manomètre

# CONCEPTION ET INSTALLATION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL



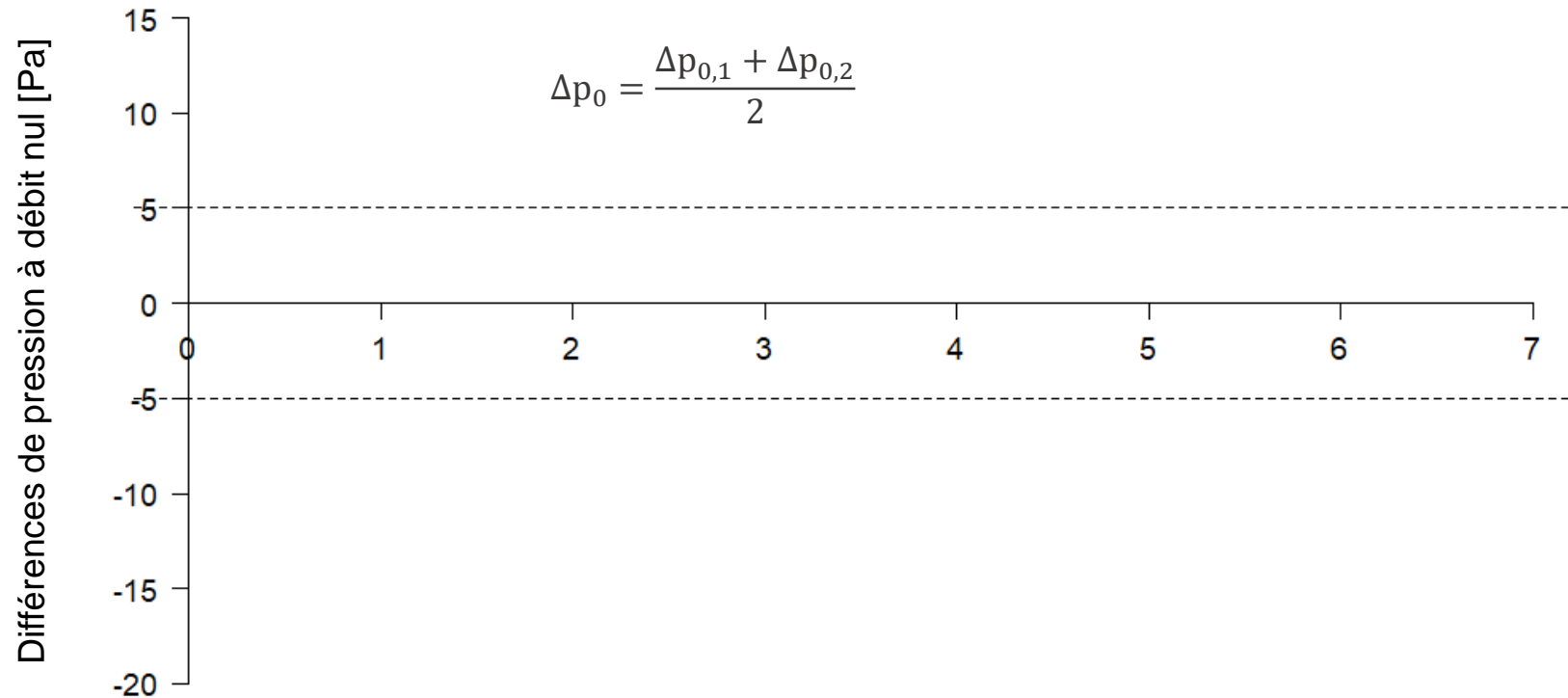


# CONCEPTION ET INSTALLATION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL



# RÉSULTAT POUR LES MESURES DE PRESSION À DÉBIT NUL

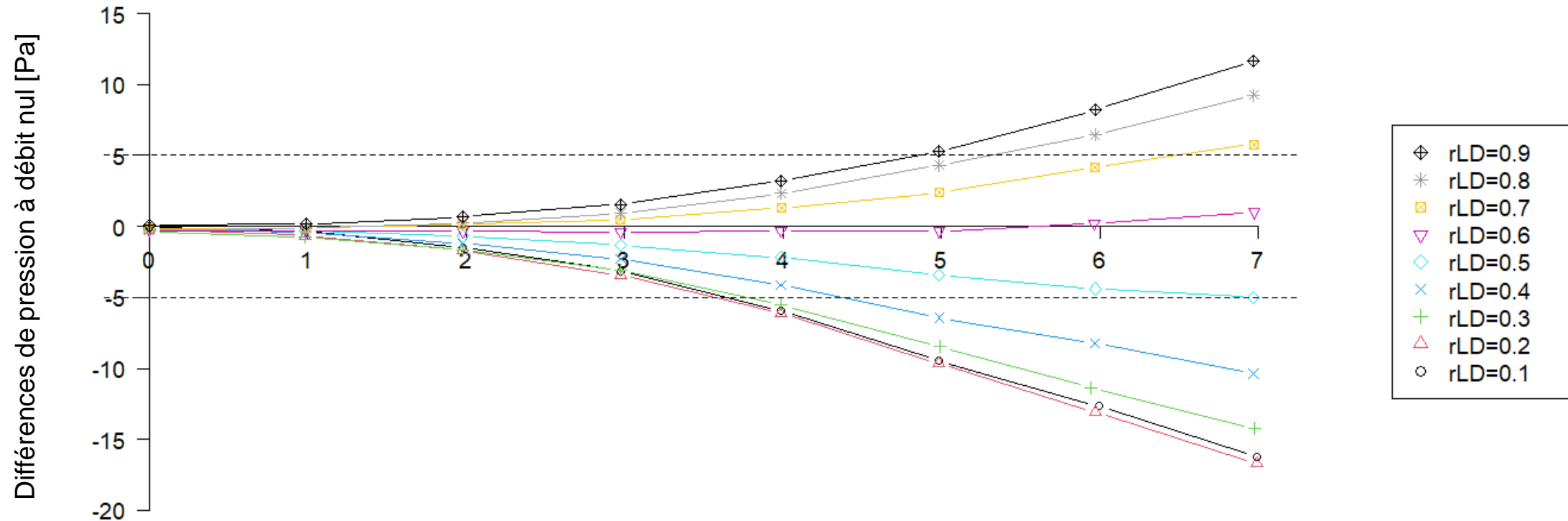
Différences de pression à débit nul expérimentales pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent





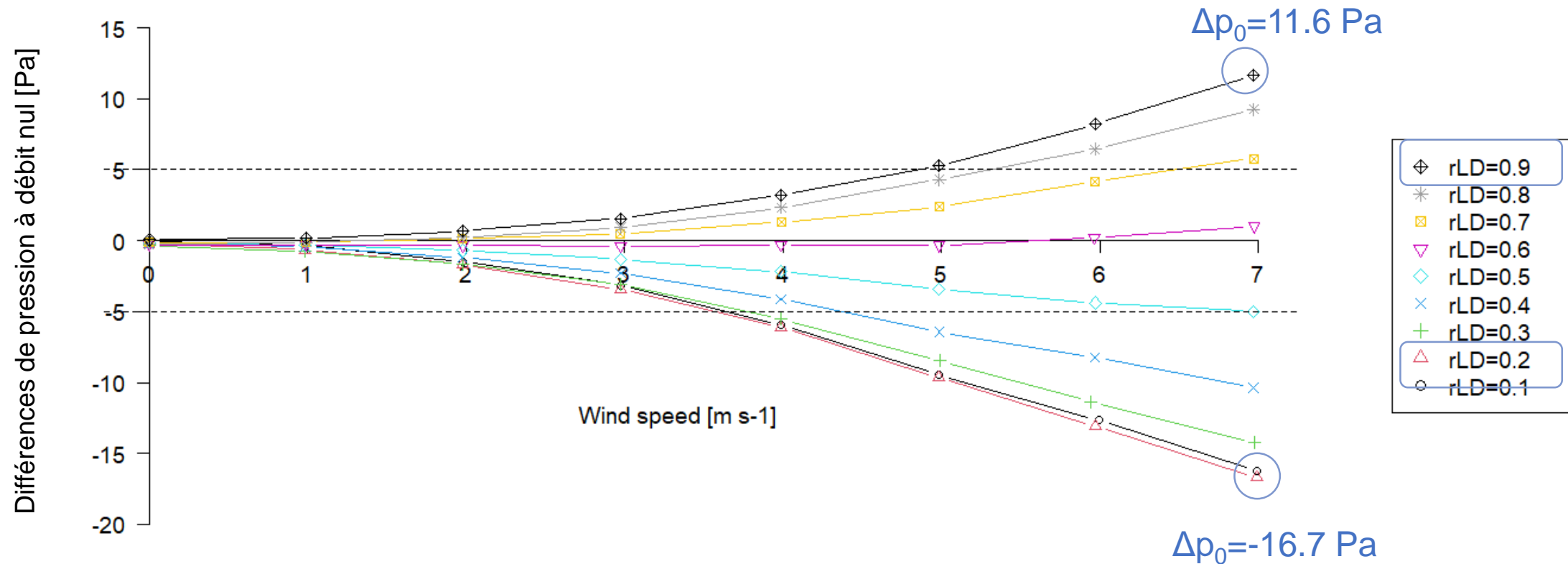
# RÉSULTAT POUR LES MESURES DE PRESSION À DÉBIT NUL

Différences de pression à débit nul expérimentales pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent



# RÉSULTAT POUR LES MESURES DE PRESSION À DÉBIT NUL

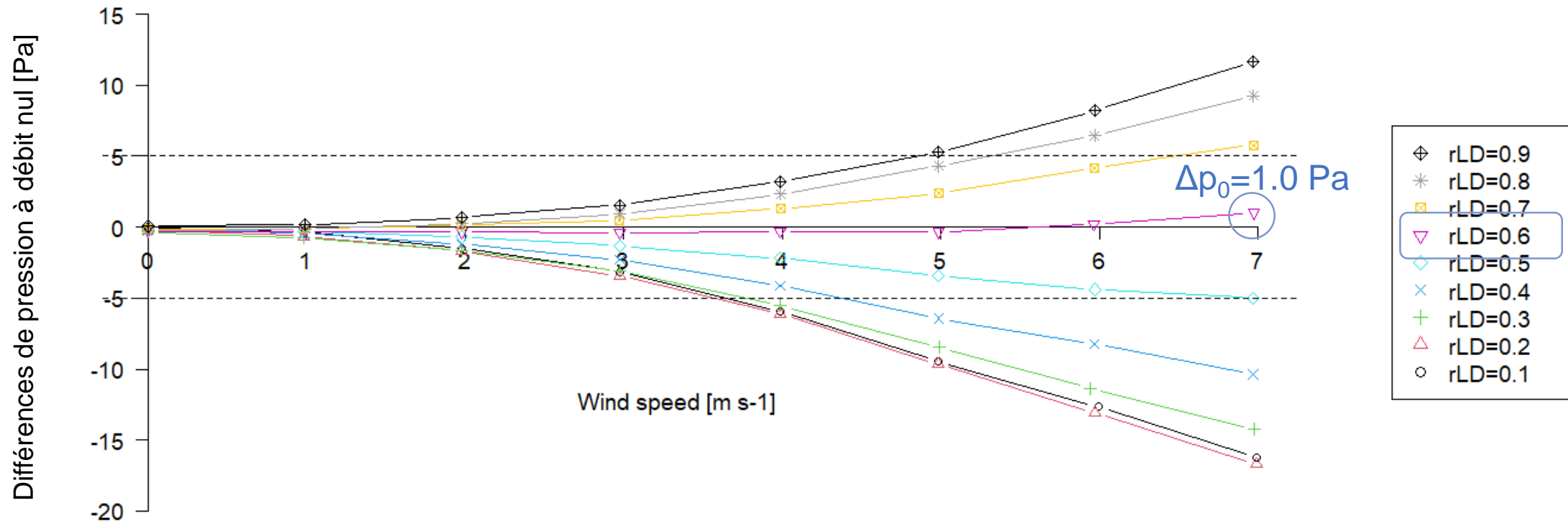
Différences de pression à débit nul expérimentales pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent





# RÉSULTAT POUR LES MESURES DE PRESSION À DÉBIT NUL

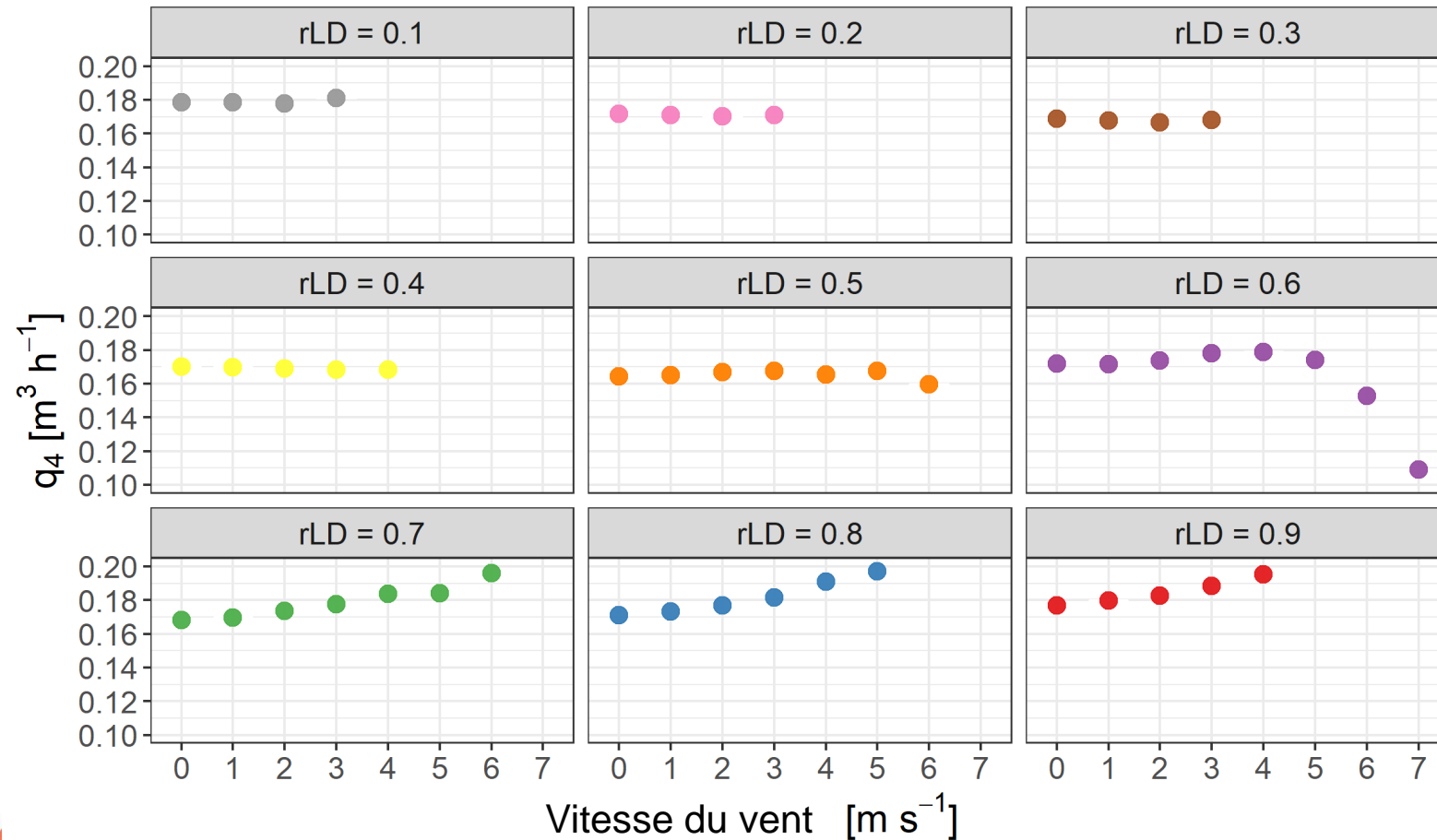
Différences de pression à débit nul expérimentales pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent



Impact du vent sur  $\Delta p_0$ : dépend fortement de la répartition des fuites  
→  $\Delta p_0$  n'est pas un indicateur direct des conditions environnementales

# RÉSULTAT SUR LE Q4

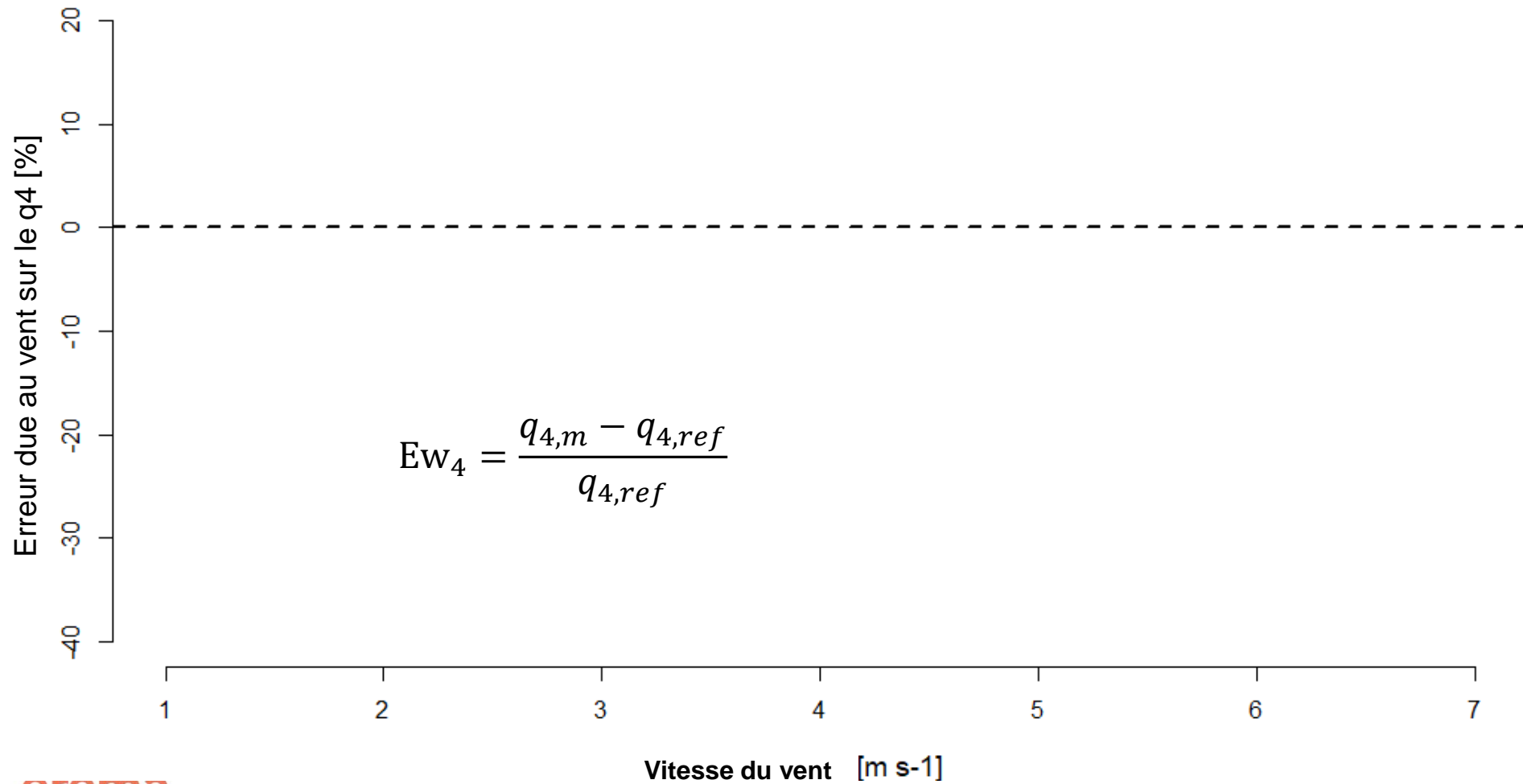
Variation de  $q_4$  mesuré d'après l'ISO 9972  
en fonction de la vitesse de vent et de la répartition des fuites





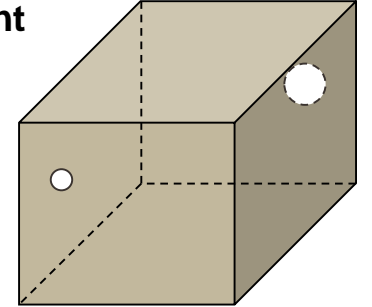
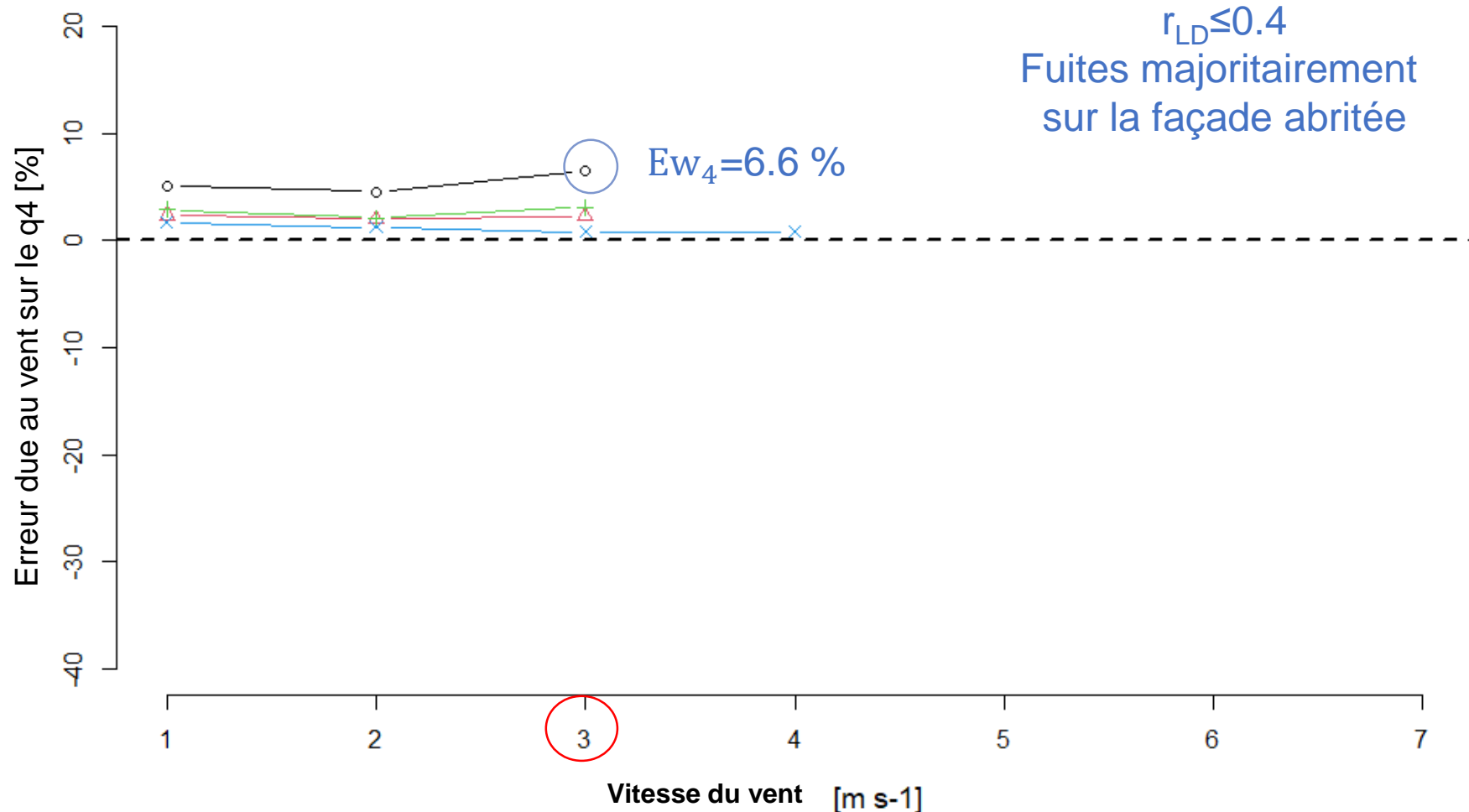
# RÉSULTAT SUR LE Q4

Expérimentale erreur due au vent sur le q4 pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent



# RÉSULTAT SUR LE Q4

Expérimentale erreur due au vent sur le q4 pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent

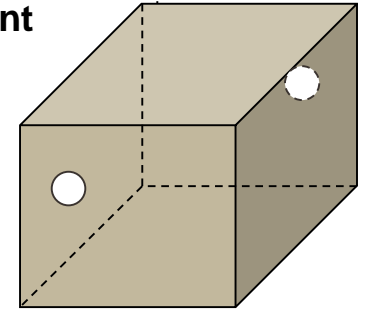
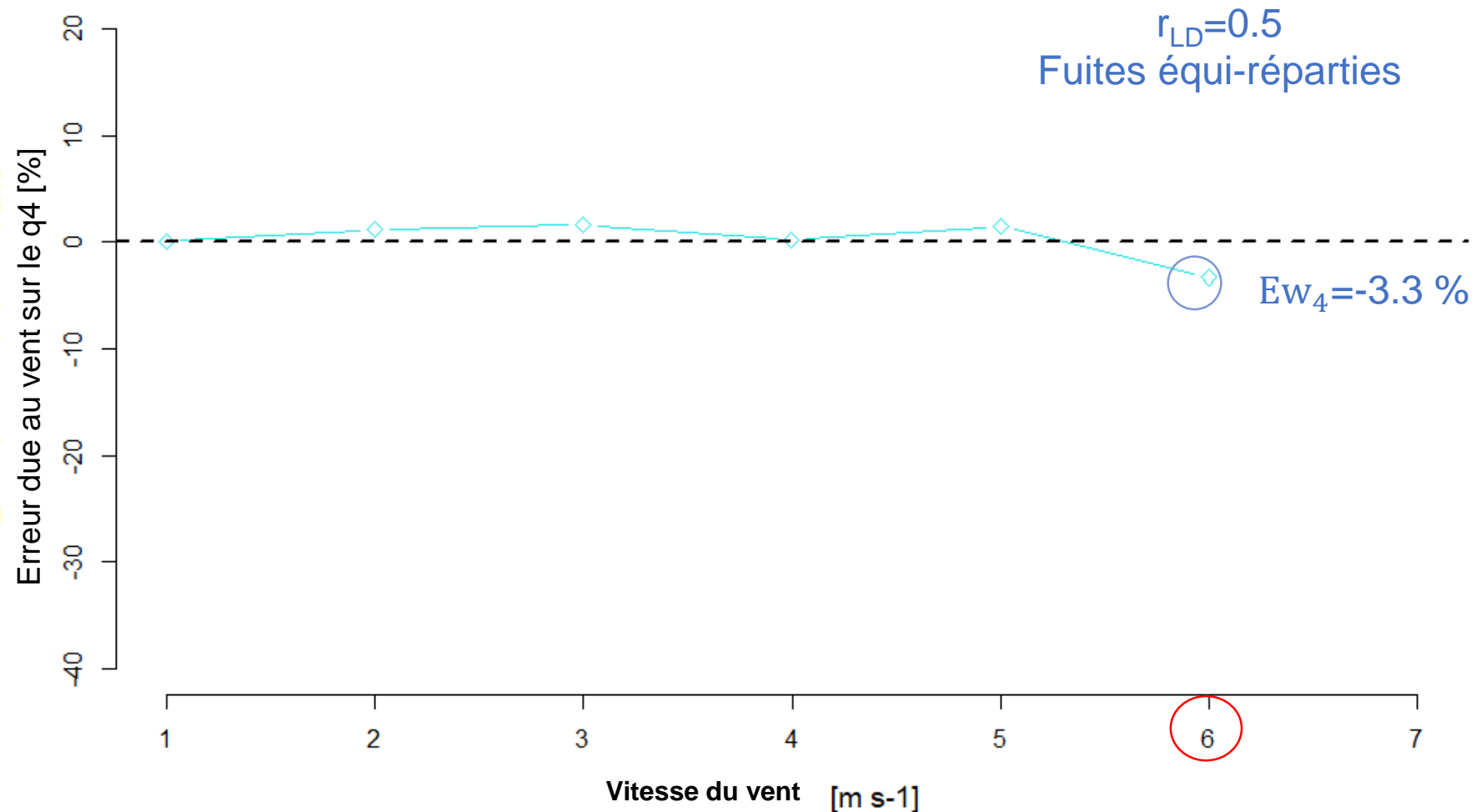


- × rLD=0.4
- + rLD=0.3
- △ rLD=0.2
- rLD=0.1



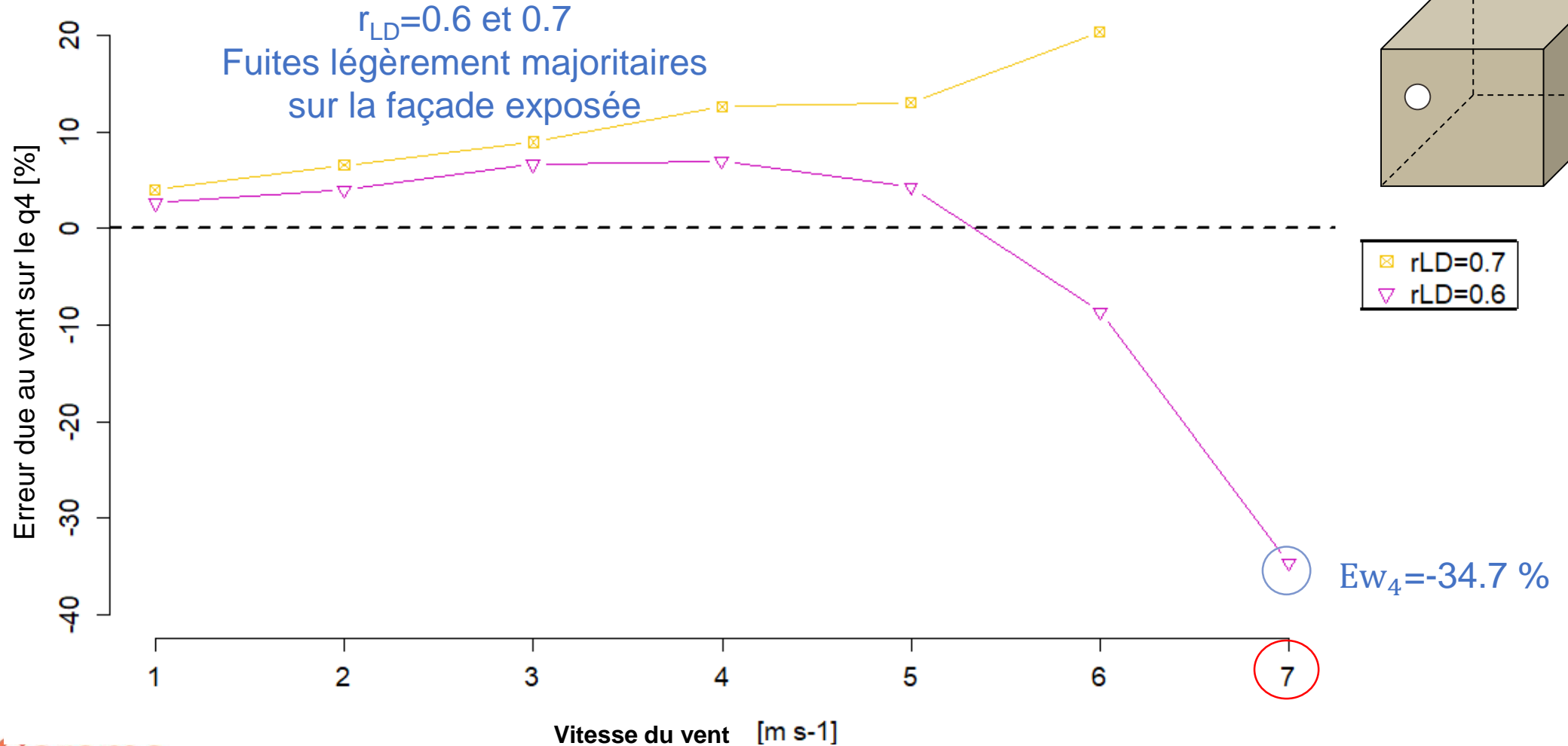
# RÉSULTAT SUR LE Q4

Expérimentale erreur due au vent sur le q4 pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent



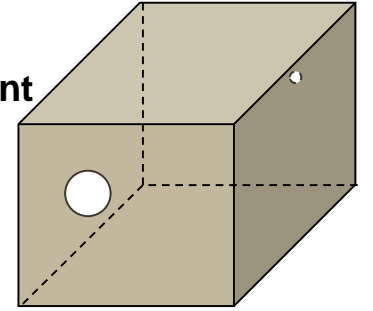
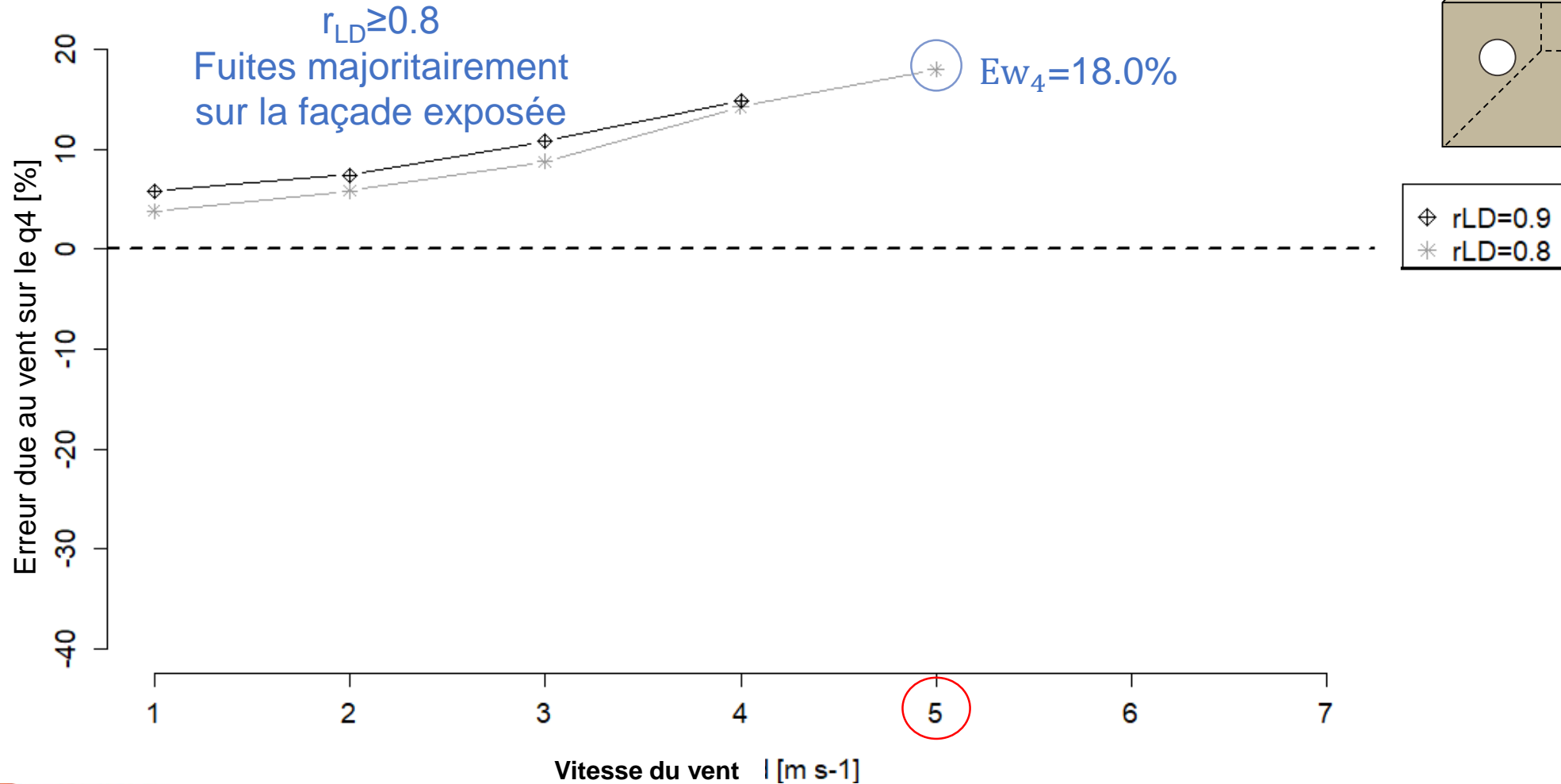
# RÉSULTAT SUR LE Q4

Expérimentale erreur due au vent sur le q4 pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent



# RESULT ON THE Q4

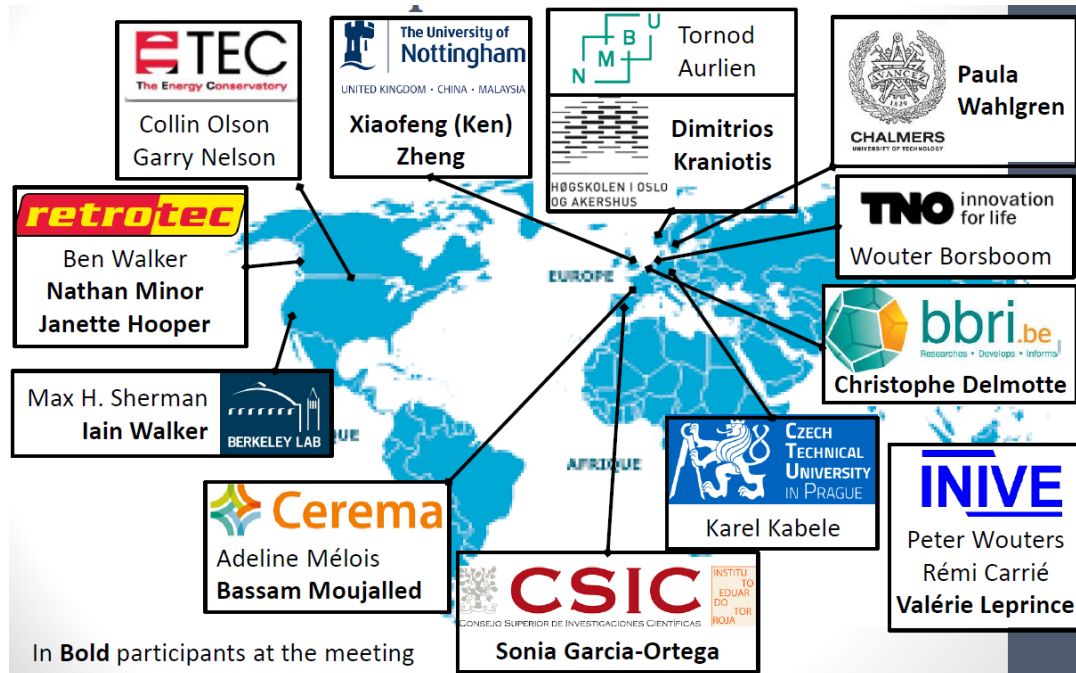
Expérimentale erreur due au vent sur le q4 pour 9 répartitions de fuite en fonction de la vitesse de vent





# CONTEXTE INTERNATIONAL

## Groupe de Travail sur "INTÉGRATION DES INCERTITUDES DUES AU VENT ET AU TIRAGE THERMIQUE DANS LES RÉSULTATS DES TESTS D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR"



### Ventilation Information Paper n° 41

March 2021

© INIVE EEIG  
Operating Agent  
and Management  
Boulevard Poincaré 79  
B-1060 Brussels – Belgium  
inive@bbri.be - www.inive.org

International Energy Agency's  
Energy in Buildings and Communities  
Programme



Air Infiltration and Ventilation Centre

## Impact of wind on the airtightness test results

Nolwenn Hurel, PLEIAQ, France  
Valérie Leprince, INIVE, France

### Nomenclature

Roman symbols		
C	Air leakage coefficient	$m^3/(s \cdot Pa^0)$
$C_p$	Pressure coefficient	-
E	Error	-
n	Flow exponent	-
p	Pressure	Pa
q	Volumetric airflow rate	$m^3/s$
U	Wind velocity	$m/s$
Greek symbols		
$\Delta p$	Pressure difference	Pa
$\rho$	Air density	$kg/m^3$
Subscripts		
av	Averaged (pressurization – depressurization results)	
BD	Induced by the pressurization measurement device (Blower door)	
down	Downstream (leeward façade)	
est	Estimated value	
ext	Exterior	
i	Interior of building	
j	Index of leakage – external side	
nowind	No wind condition	
p+	Pressurization test	
p-	Depressurization test	
ref	Reference pressure	
t	Total (up + down)	
up	Upstream (windward façade)	
0	Zero-flow pressure measurement	

As a convention, to simplify notations in this paper for  $n < 1$  we assume that  $X^n = \text{sign}(X) \cdot |X|^n$

### 1 Introduction

Building airtightness tests have become very common in several countries, either to comply with minimum requirements of regulations or programmes, or to justify input values in calculation methods. With more widespread use it has become increasingly important to understand and quantify the reliability of these tests.

There are four key sources of uncertainty in airtightness testing: measurement devices (accuracy and precision); calculation assumptions (e.g., reference pressure, regression analysis method); external conditions (impact of wind and stack effect); and human factors, such as consistent test apparatus installation.

While competent tester schemes and independent checking procedures show potential to contain errors due to human factors, there have been extensive yet inconclusive debates about how the building pressurization test standard ISO 9972 should address other sources of uncertainties. As a result, no change has been made to address uncertainty since the last version of the standard which was published in September 2015.

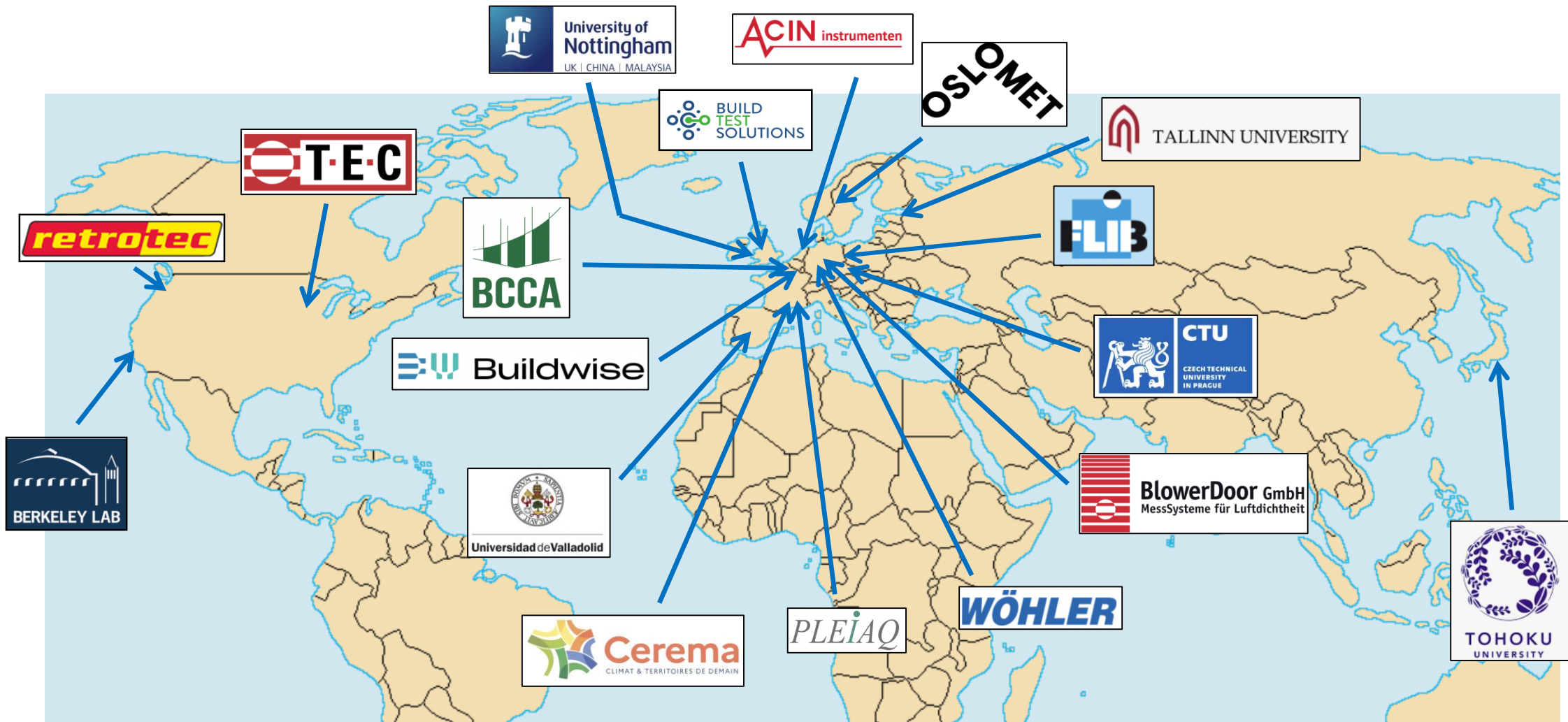
Another issue is with limitations on allowable test conditions. With the present ISO standard,

# PROJET D'AMÉLIORATION DE L'ISO 9972 - 2023

Recueil des données et des connaissances auprès des experts du domaine

- Mise à disposition d'une proposition de révision de l'ISO 9972, qui :
  - Permet de réaliser des tests y compris dans des **conditions difficiles**
  - Comprend une procédure de calcul plus **fiable** + meilleure estimation de l'incertitude
  - est **cohérente** avec les autres normes
- Liste complète des « problèmes » pertinents avec enquête auprès d'experts
- **Pas de révision officielle → mise à disposition des meilleures connaissances pour une procédure de révision officielle à l'ISO/TC 163/SC 1 technical committee**

# PROJET D'AMÉLIORATION DE L'ISO 9972 - 2023





# MÉTHODOLOGIE

Paragraphe	Sondage: besoin de réviser ?	Sondage : prêt à réviser ?
<b>Termes, définitions et symboles (§3):</b> définitions manquantes pour Pression du bâtiment, Pression mesurée dans le bâtiment et Pression naturelle du bâtiment	<p>                     ● Yes                      ● No                      ● I don't know                 </p>	<p>                     ● Ready to revise                      ● More research needed                      ● Ready to revis                 </p>
<b>Appareillage (§4):</b> L'Erreur Maximale Tolérée des appareils de mesure doit être définie	<p>                     ● Yes                      ● No                      ● I don't know                 </p>	<p>                     ● Ready to revise                      ● More research needed                 </p>
<b>Mode opératoire (§5):</b> Conditions de mesurage et validité du test	<p>                     ● Yes                      ● No                      ● I don't know                 </p>	<p>                     ● Ready to revise                      ● More research needed                 </p>

Paragraphe	Sondage: besoin de réviser ?	Sondage : prêt à réviser ?
<b>Incertitude (§8) :</b> Impact sur l'incertitude des conditions extérieures (vent, ...)	<p>                     ● Yes                      ● No                      ● I don't know                 </p>	<p>                     ● Ready to revise                      ● More research needed                 </p>
<b>Incertitude (§8) :</b> Incertitude de la mesure avec pressurisation/dépressurisation par rapport à un seul sens	<p>                     ● Yes                      ● No                      ● I don't know                 </p>	<p>                     ● Ready to revise                      ● More research needed                 </p>
<b>Incertitude (§8) :</b> Incertitude liée à la préparation du bâtiment et à la position de la porte soufflante	<p>                     ● Yes                      ● No                      ● I don't know                 </p>	<p>                     ● Ready to revise                      ● More research needed                 </p>

# POURQUOI UNE RÉVISION NÉCESSAIRE ?

Limites concernant la **fiabilité** de la mesure

- Préparation du bâtiment
- Mesures de la vitesse du vent et des températures
- Position des prises de pression extérieures
- Durée des mesures de pression et débit
- Différences de pression induites
- Type de régression

= consistance du résultat  
+  
reproductibilité

# TRAVAUX EN COURS

## Limites concernant la **fiabilité** de la mesure

- Préparation du bâtiment
- Mesures de la vitesse du vent et des températures
- Position des prises de pression extérieures
- Durée des mesures de pression et débit
- Différences de pression induites
- Type de régression

\* Novák (2019)

Information peu claire sur “où et comment” mesurer la vitesse de vent et les températures

ISO 9972

- Recommandations sont formulées pour les mesures de température et de vitesse de vent \*



Proposition terminée

# POURQUOI UNE RÉVISION NÉCESSAIRE ?

Limites concernant la **validité** de la mesure

= détermination de la valeur que l'on cherche à mesurer

- Corrections sur les débit
- Calcul du volume et des surfaces du bâtiment
- Limites pour les mesures de pression à débit nul
- Connaissances des incertitudes :
  - Erreurs dues aux appareils de mesure, au protocole de mesure et à la méthode d'analyse
  - Erreurs émanant des hypothèses du modèle physique considéré



# TRAVAUX EN COURS

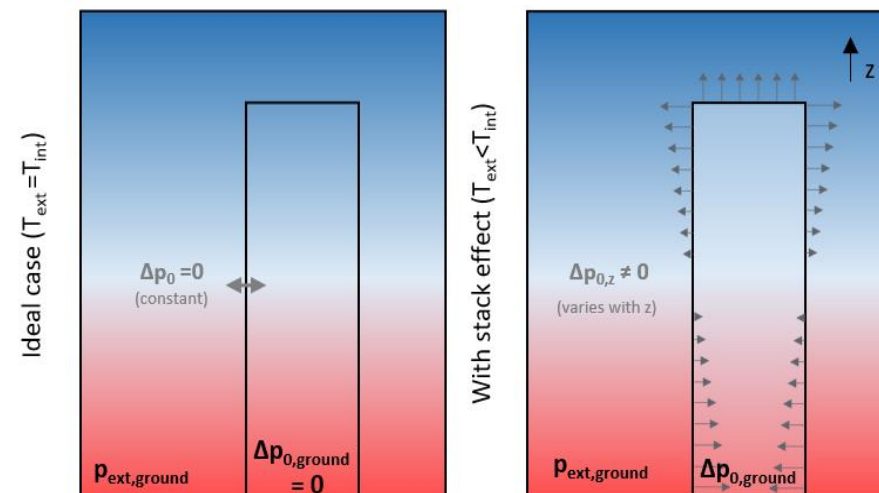
## Limites concernant la **validité** de la mesure

- **Limites pour les mesures de pression à débit nul**

ISO 9972 SI  $\Delta P_0 > 5 \text{ Pa}$  → test non valide !

- Cette contrainte ne permet pas de tester des **bâtiments de grande hauteur** conformément à la norme\*
- Solution possible solution: uniquement recommander que  **$\Delta P_0 < 5 \text{ Pa}$  + prendre en compte  $\Delta P_0$**  (+ potentiellement aussi sa variation) **dans le calcul de l'incertitude**

\* Peper & Schnieders (2019), Rolfsmeier et al. (2022)



Le travail de proposition est en cours

# TRAVAUX EN COURS

## Limites concernant la **validité** de la mesure

- **Connaissances des incertitudes :**
  - Erreurs dues aux appareils de mesure, au protocole de mesure et à la méthode d'analyse
  - Erreurs des appareils de mesure exprimées en **Erreur Maximale Tolérée (EMP)** → utilisée comme paramètre influent dans le calcul de l'incertitude
  - Prise en compte des incertitudes liées à la **préparation du bâtiment, les valeurs de références ou l'échantillonnage**

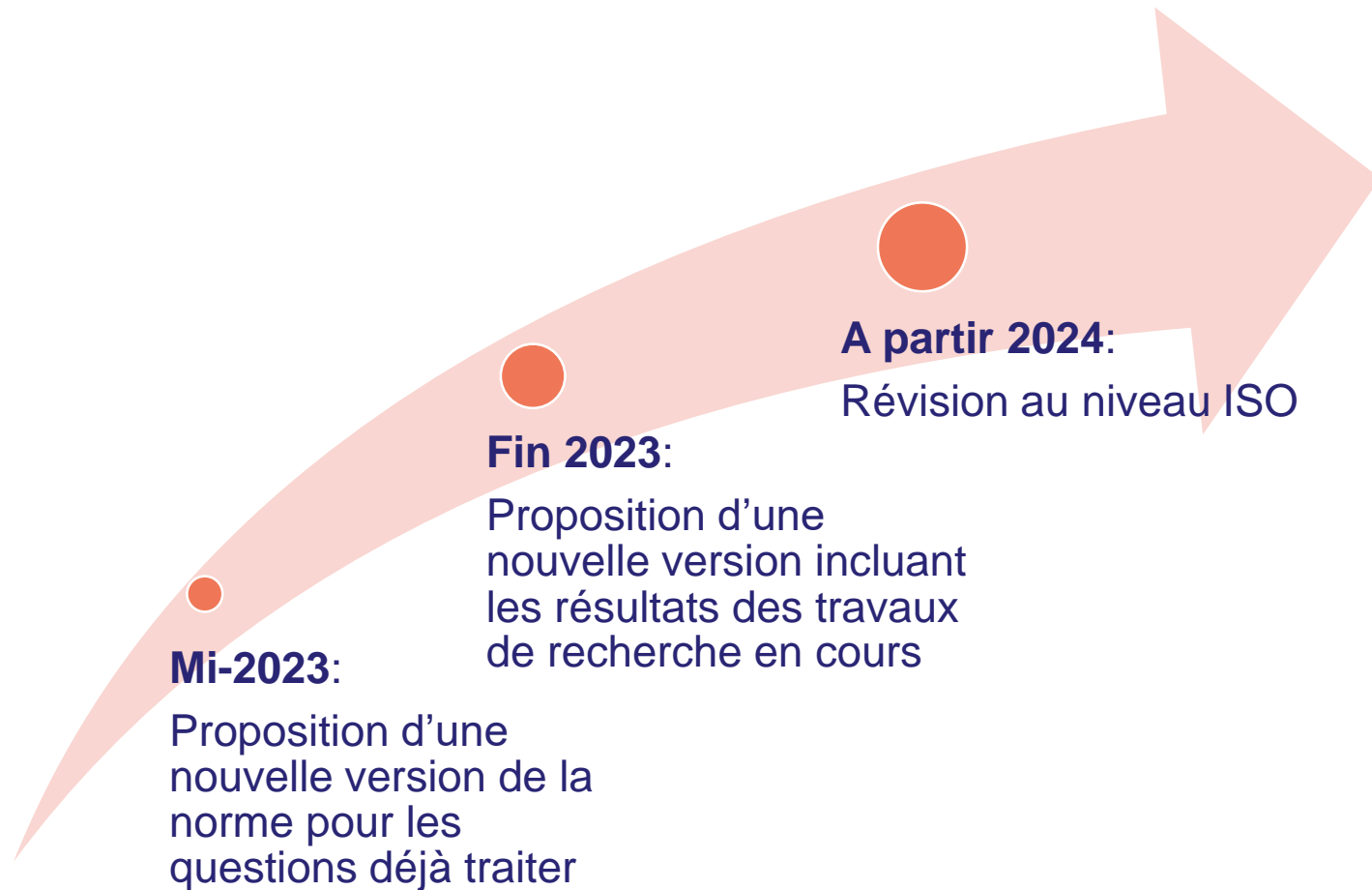


Proposition terminée



Le travail n'a pas encore débuté

# CALENDRIER



**Benedikt Kölsch**

Cerema

[benedikt.koelsch@cerema.fr](mailto:benedikt.koelsch@cerema.fr)

# RESSOURCES

Ph D - **Impact of the wind during a building airleakage measurement** - Adeline Bailly Mélois  
2020, December 11<sup>th</sup> - Supervisors : Pr. Mohamed El Mankibi (ENTPE-LTDS), D. François Rémi Carrié (ICEE), D. Bassam Moujalled (Cerema)

<https://www.cerema.fr/fr/actualites/ma-these-au-cerema-impact-du-vent-mesure-etancheite-air>

<https://hal.science/tel-03450967v1>

**ISO 9972 improvement project – Cerema – Benedikt Kolsch, Valérie Leprince and Adeline Mélois**



MERCI

