

Groupement De Recherche Feux 2864

26èmes rencontres du GDR Feux

IUSTI – Marseille – 06 et 07 juin 2019

IMPACT DE LA CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE SUR LA SÉCURITÉ INCENDIE DES BÂTIMENTS : CAS DU DÉPLACEMENT DES FUMÉES EN CONVECTION MIXTE

Par Karim JUHOOR



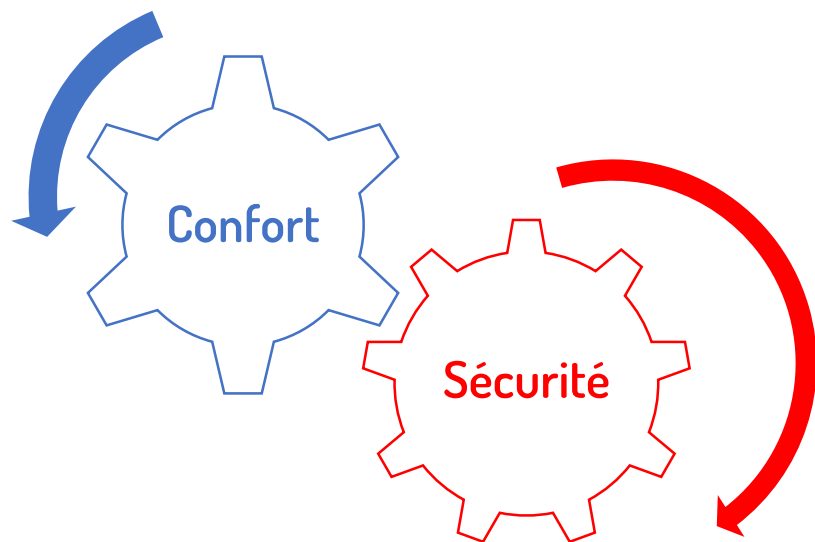
1

Travaux de recherche dirigés par le Professeur Alain BASTIDE

Enjeux de la ventilation naturelle

Le rôle de la ventilation dans le bâtiment, en milieu tropical

L'efficacité d'un bâtiment passif dépend de l'ensemble des contraintes liées entre autres à la ventilation.



Bunker

VS



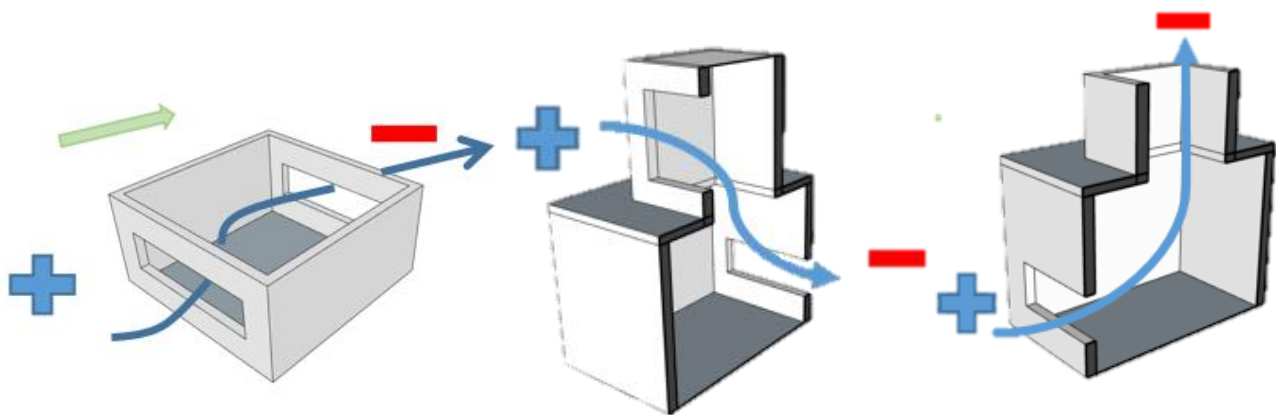
Kaz bambou

La priorisation d'une ou de l'autre considération dépendra de la finalité voulue pour le bâtiment.

Enjeux de la ventilation naturelle

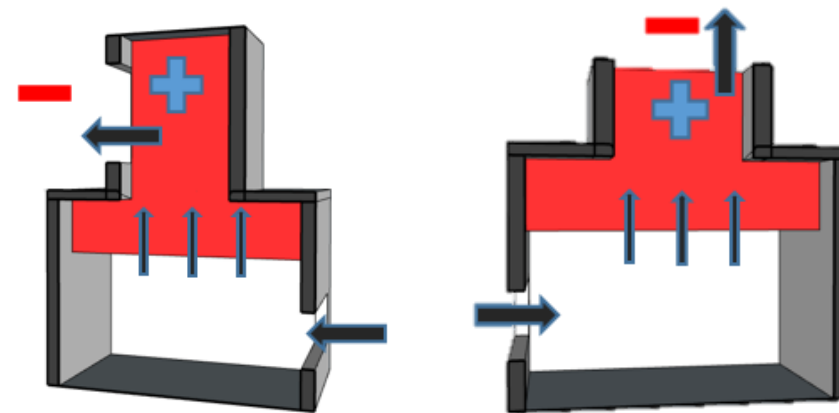
Principaux phénomènes physiques mis en jeu dans le bâtiment

- Le vent



Exemple de champs de pression et des circuits d'irrigation

- Le tirage thermique



L'effet de la poussée d'Archimède

Le vent peut assister ou opposer le tirage thermique

Enjeux de la ventilation naturelle

Contexte historique de l'île de La Réunion

Crédits photo (Giovannoni, 2011)



XVII^{ème} siècle



XVIII^{ème} siècle



XX^{ème} siècle



XX^{ème} siècle

Exemple de menuiserie



Ouverture haute
favorisant le mouvement
induit par le tirage
thermique

Ouverture basse
favorisant une vitesse
d'air sur l'occupant

Principe de construction vernaculaire favorisant tous les
mécanismes de la ventilation naturelle
Pas de configurations particulières pour l'extraction de
fumée

Enjeux de la ventilation naturelle

Contexte historique de l'île de La Réunion / ventilation de confort

Fin du XX^{ème} siècle : émergence de constructions collectives à bas coût sur un minimum de foncier

Non traversant / Non prise en compte des contraintes climatiques



Augmentation du recours à la climatisation

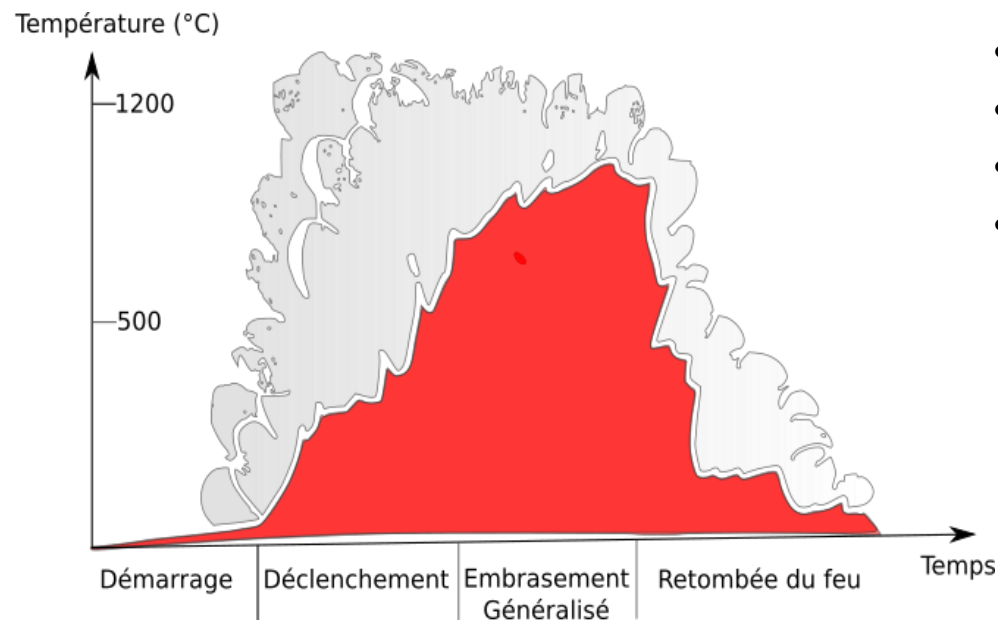
2006
Référentiel PERENE incitant la mise en place de la ventilation naturelle
4 zones climatiques -> porosités minimales

2009
Règlementation Thermique des DOM
3 zones climatiques -> porosités minimales



Enjeux de la ventilation naturelle

Contexte historique de l'île de La Réunion / sécurité incendie

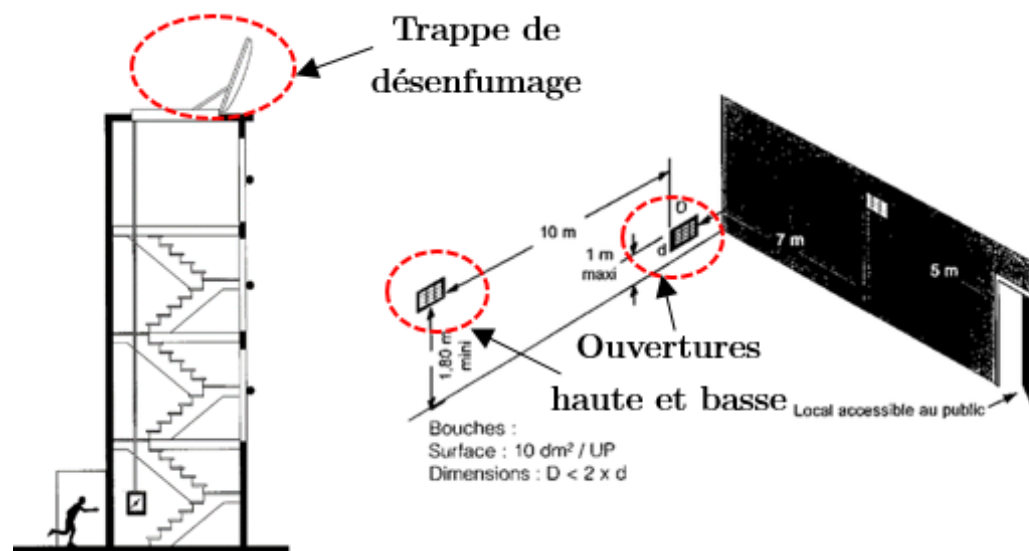


La réglementation « prescriptives »

- Création des décret en fonction de la survenance des incendie
- Application nationale indépendante de particularité climatique
- Réglementations différentes en fonctions de la destination du bâtiment
- Principe de désenfumage -> maintenir une stratification des fumées pour permettre l'évacuation



Objectif : Protéger et évacuer les personnes le plus rapidement/en toute sécurité
Permettre l'intervention des pompiers



Enjeux de la ventilation naturelle

Les potentiels conflits ou vides réglementaires



Réglementation et référentiels thermiques pour la mise en place de la ventilation naturelle de confort

Effet du vent priorisé

Prise en compte des spécificités climatique

Aucune indication sur le placement des ouvertures



Réglementation pour la lutte contre l'incendie concernant le désenfumage naturel

Stratification thermique priorisée

Effet du vent peu voire pas pris en compte

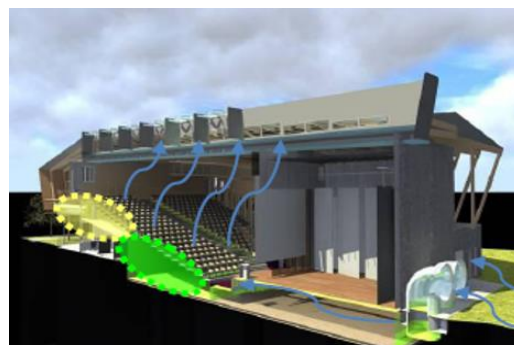
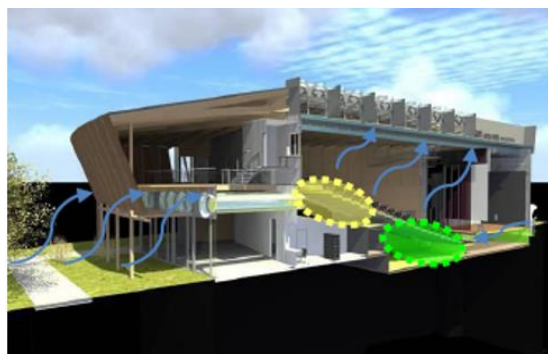
Non prise en compte des spécificités climatiques

Enjeux de la ventilation naturelle

Retour d'expérience

Amphithéâtre bioclimatique du Moufia - 2014

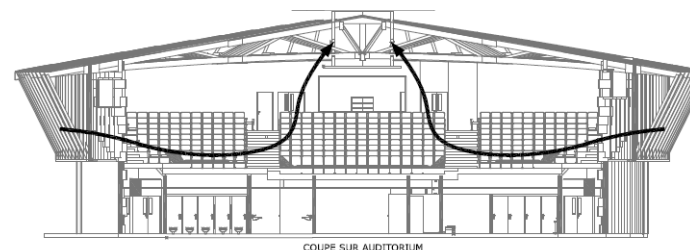
Ce qui est décidé pour la ventilation naturelle



- 20% de porosité
- Ecope dépressionnaire de ventilation
- Ventilation sous gradins
- Jalousies toute hauteur

Saint-Denis, zone climatique des bas au vent (n°2 selon PERENE)
Établissement Recevant du Public, arrêté du 22 mars 2004 (Incendie)

Ce qui est requis pour la sécurité incendie



- 2 cantons distincts (scène et auditorium)
- La stratification des fumées (présence de couche « saine »)
- Extraction par ouvrants motorisés situés de part et d'autre du Canyon dépressionnaire

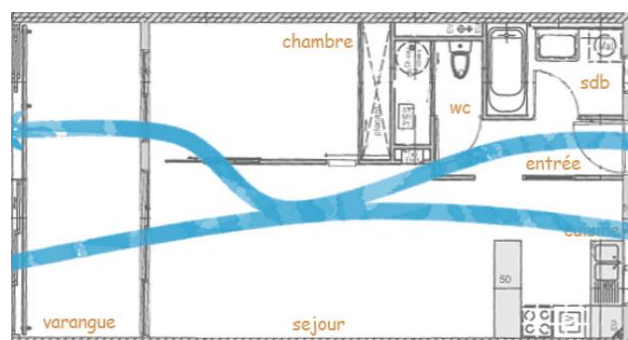
Les systèmes pour la ventilation de confort n'impactent-ils pas l'extraction des fumées

Enjeux de la ventilation naturelle

Retour d'expérience

Ilet du centre / 66 logements - 2009

Ce qui est décidé pour la ventilation naturelle

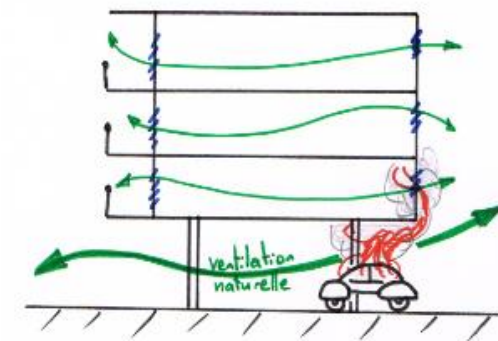


- 20% de porosité
- Écote dépressionnaire de ventilation
- Ventilation sous gradins
- Jalousies toute hauteur

Saint-Pierre, zone climatique des bas sous le vent (n°1 selon PERENE)
Habitations collectives, arrêté du 31 janvier 1986 (Incendie)

Ce qui est requis pour la sécurité incendie

- Aucun moyen de désenfumage pour les logements

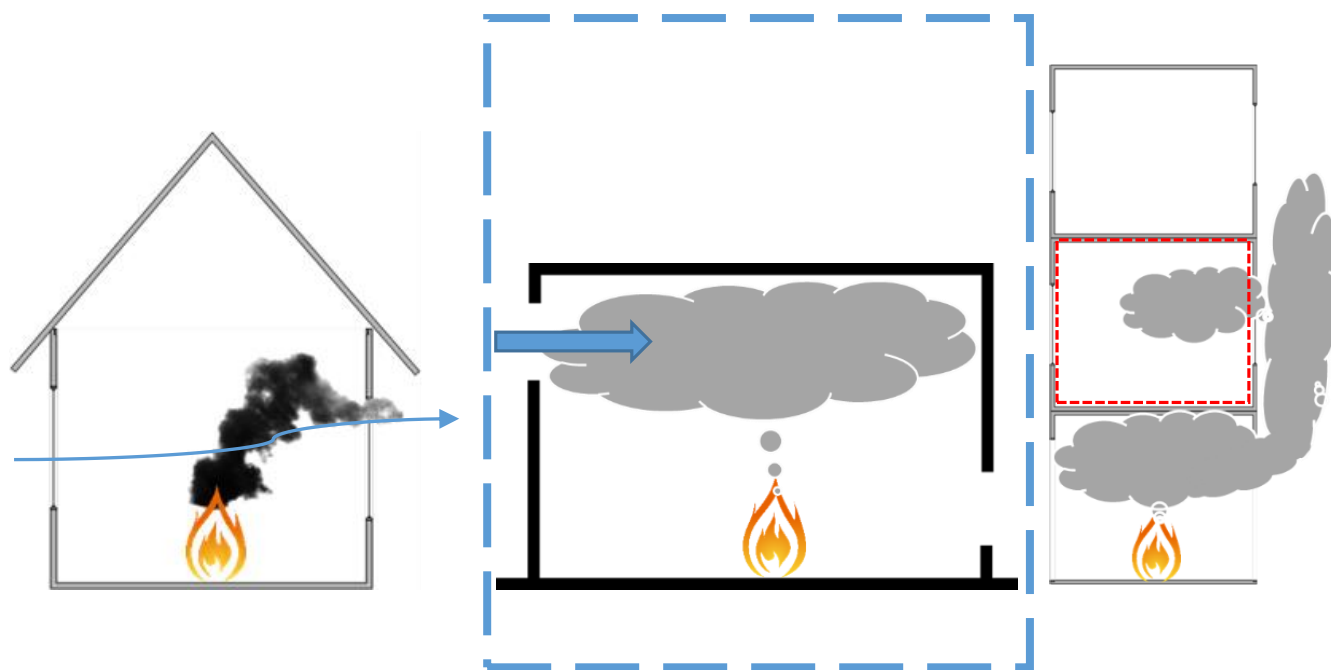


(O. BOUSQUET, 2018)

Les systèmes pour la ventilation de confort n'impactent-ils pas l'extraction des fumées

Enjeux de la ventilation naturelle

Identification des verrous techniques



- Identification du cas problématique du vent opposant les forces thermiques
- Importance de la stratification lors de l'incendie
- Décontamination naturelle de locaux

Pour quelles conditions de vents la stratification ne peut être garantie en cas d'incendie, lorsque le vent oppose les forces thermiques ?

Régime d'écoulements en convection mixte

Etat de la littérature / cas d'étude

Géométrie permettant d'étudier le cas où le vent oppose les forces de flottabilité



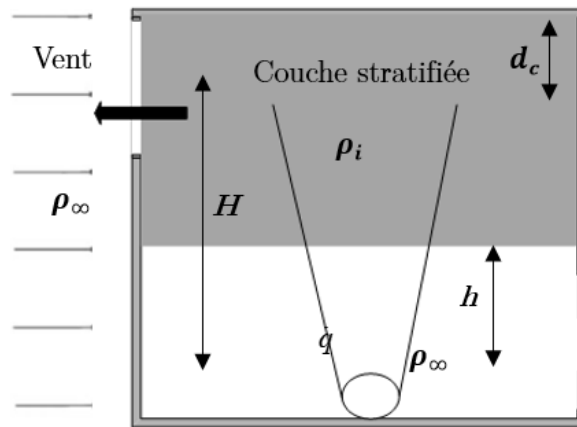
Ouverture haute et ouverture basse

Identification des études clés

	Convection naturelle	Convection forcée	Convection mixte
Etudes expérimentales	Andersen, (1995) Hunt et Linden (1999) Li, Y et al. (2003)	Tominaga et Blocken (2016)	Hunt et Linden (2001) Andersen (2001) Hunt et Linden (2005) Pretrel et al. (2015)
Etudes numériques		Ramponi et al. (2016) Van Hooff et al. (2017)	Wullens et al. (2013)
Etudes analytiques	Linden et al. (1990) Li, Y. (200)		Chen et al. (2009) Gao et al. (2016) Craske et al. (2018)

Régime d'écoulements en convection mixte

Etat de la littérature / Vent opposant le tirage thermique



(Hunt et Linden, 2005)

Paramètres sans dimensions

$$F = \left(\frac{\Delta P_v}{\rho} \right)^{1/2} \left(\frac{A^*}{BH} \right)^{1/3}$$

$$G' = \frac{g' A^{*2/3} H^{1/3}}{B_0^{2/3}}$$

Débit

$$Q = A^* \left(g' (H - h) - \frac{\Delta P_v}{\rho_\infty} \right)^{1/2}$$

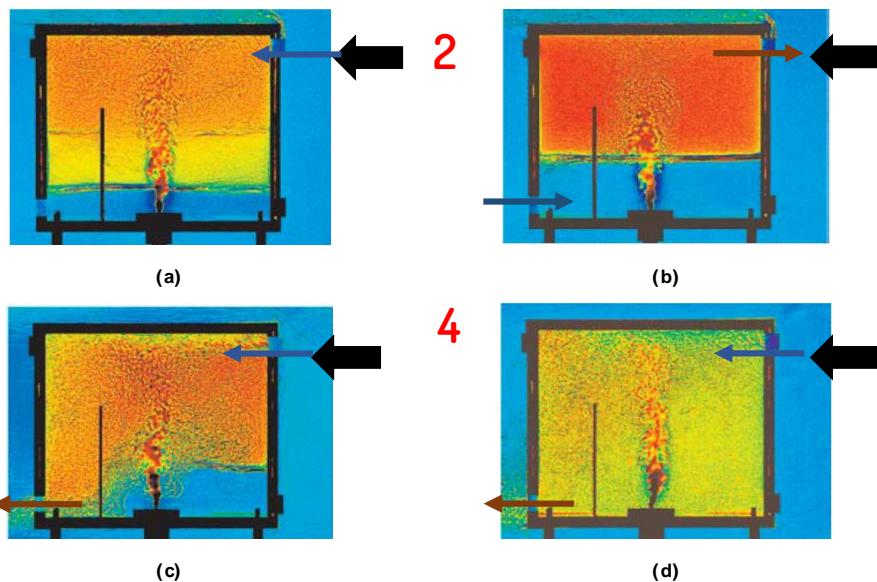
- Une transition théorique entre régime piloté par le vent et régime piloté par les forces de flottabilité
- Transition différente suivant si l'on augmente le vent ou si l'on diminue les forces de flottabilité (Hystérésis)

Régime d'écoulement en convection mixte

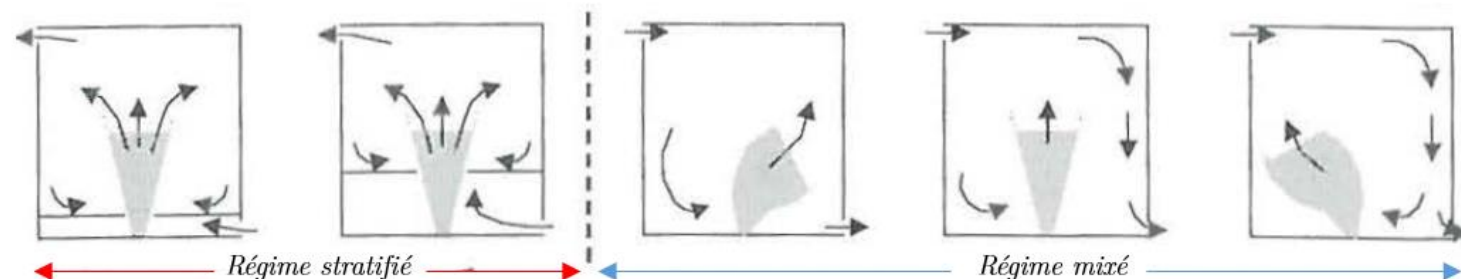
État de la littérature / Vent opposant le tirage thermique

Observations expérimentales

(Hunt and Linden, 2005)



(Andersen et al., 2000)



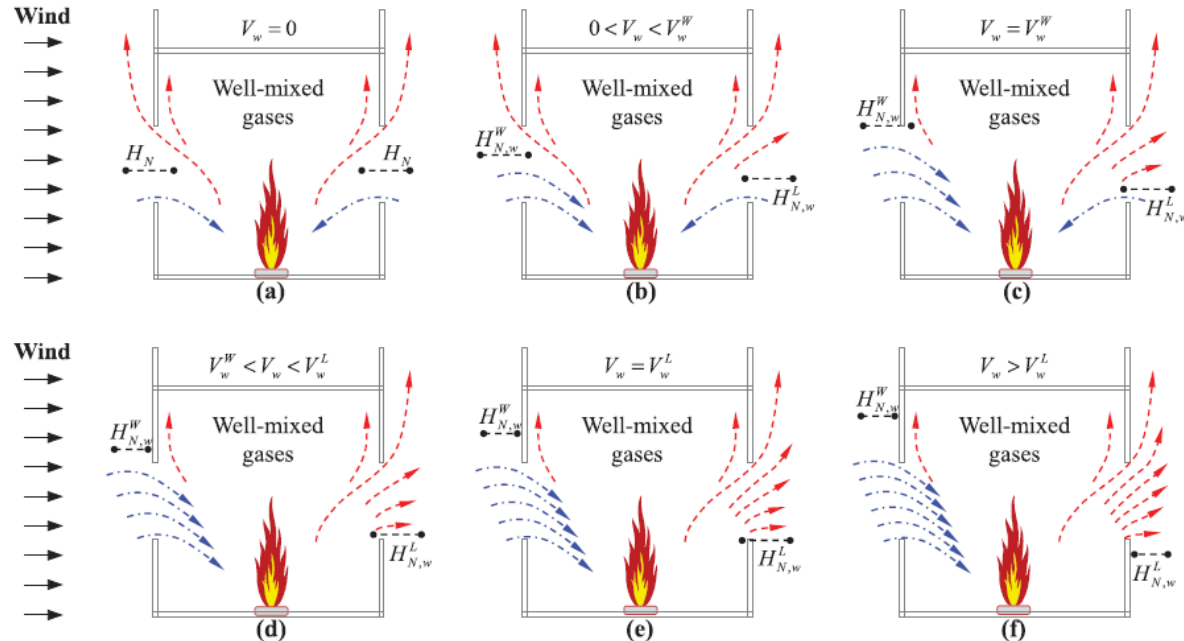
- 1 - Régime piloté par le tirage thermique, vent entrant en partie haute « diluant » la couche stratifiée
- 2 - Changement de sens de l'écoulement, la couche de fluide léger se densifie
- 3 - Régime de transition, alternance entrant sortant
- 4 - Régime piloté par le vent, ambiance mixée

Une transition avec présence d'hystérésis identifiée expérimentalement + régime de transition instable

Régime d'écoulements en convection mixte

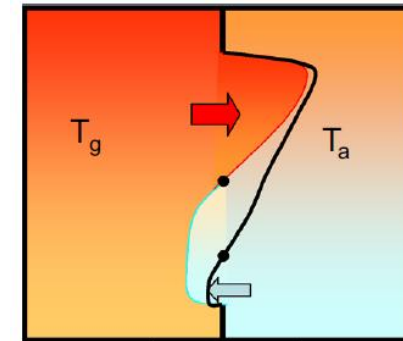
Etat de la littérature / Prise en compte de l'axe neutre au sein de l'ouverture

Au niveau de l'ouverture ?



(Gao et al. 2016)

- Axe neutre dans l'ouverture
- Régime mixé



(Pretrel et al., 2015)

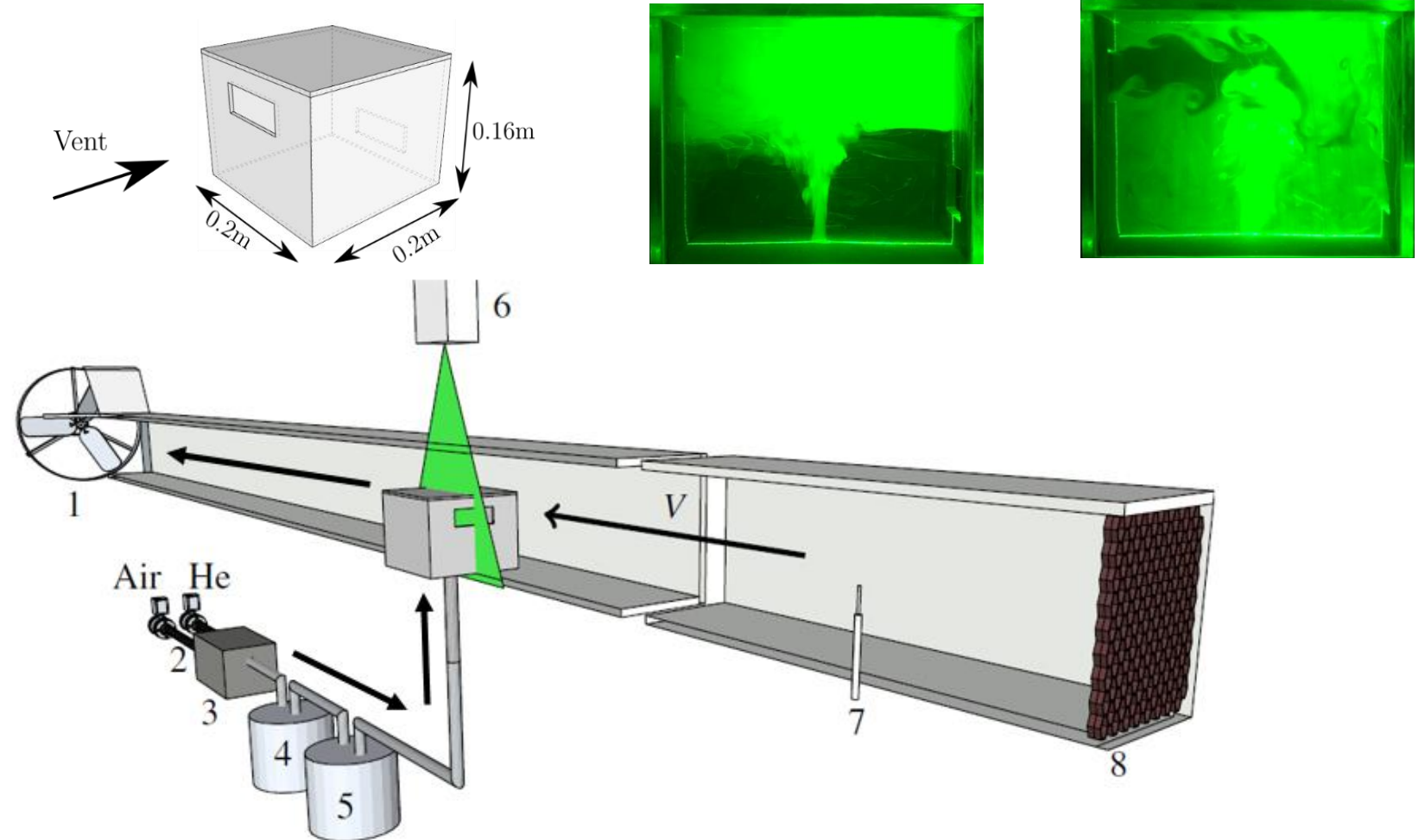
Régimes supplémentaires identifiés analytiquement lorsque l'axe neutre dans l'ouverture est prise en compte

Le principe du « water-filling box » ne permet pas d'avoir l'axe neutre au niveau des ouvertures »

Etude des régimes d'écoulement

Dispositif expérimental

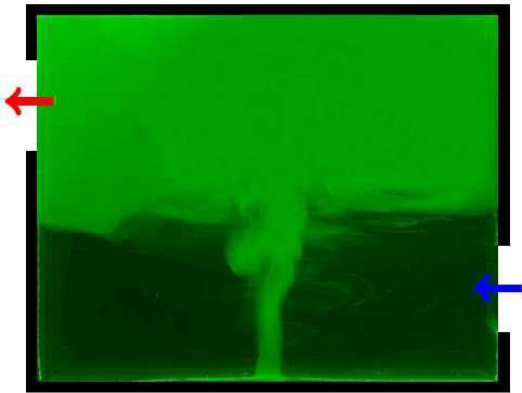
1. Le ventilateur,
2. Les débitmètres,
3. la chambre de mélange,
4. HCl, 5. NH₃,
6. Le laser,
7. L'anémomètre à fil chaud,
8. Nid d'abeille



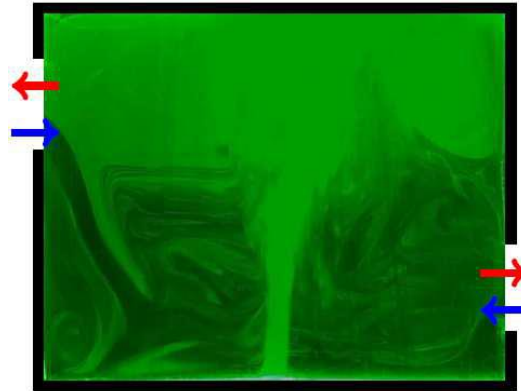
Etude des régimes d'écoulement

Les régimes de ventilations internes identifiés

Piloté par les forces de flottabilité



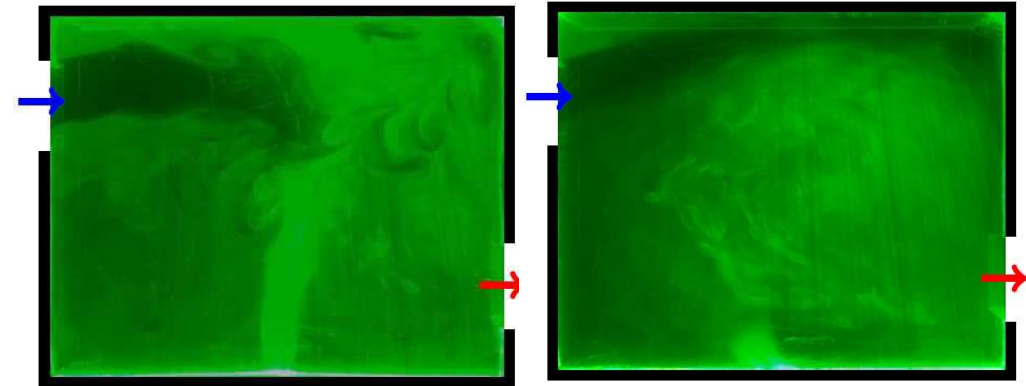
Régime « mixte » bidirectionnel



Non identifié dans la littérature

Transition 1

Piloté par les forces de vent



Transition 2

Etude des régimes d'écoulement

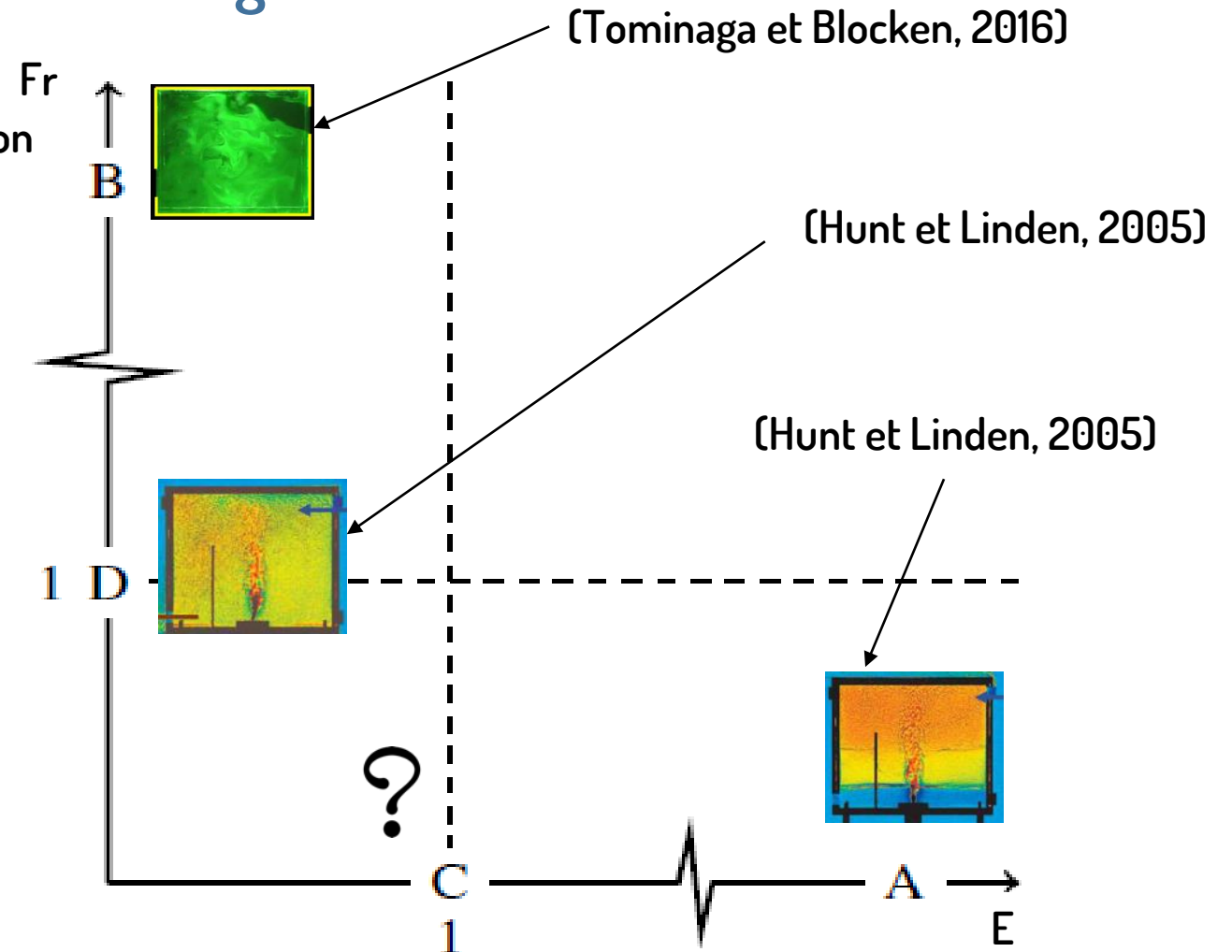
Positionnement théorique de régime sur diagramme

- 1 Le rapport entre la pression dynamique de l'injection et la pression dynamique du vent

$$E = \frac{\rho_i}{\rho_\infty} \left(\frac{V_j}{V_{max}} \right)^2$$

- 2 Le nombre de Froude au niveau de l'injection

$$Fr = \frac{\rho_i V_i D}{\mu_i \sqrt{\frac{\Delta \rho}{\rho_i} \frac{g D^3}{v_i^2}}}$$



Etude des régimes d'écoulement

1 ère série d'expérimentation

- Débit à l'injection :

5 L.min⁻¹, 13 L.min⁻¹, 30 L.min⁻¹

- Fraction d'hélium :

25 %, 50%, 75%, et 100%

- Vitesse de vent au niveau de l'ouverture
:

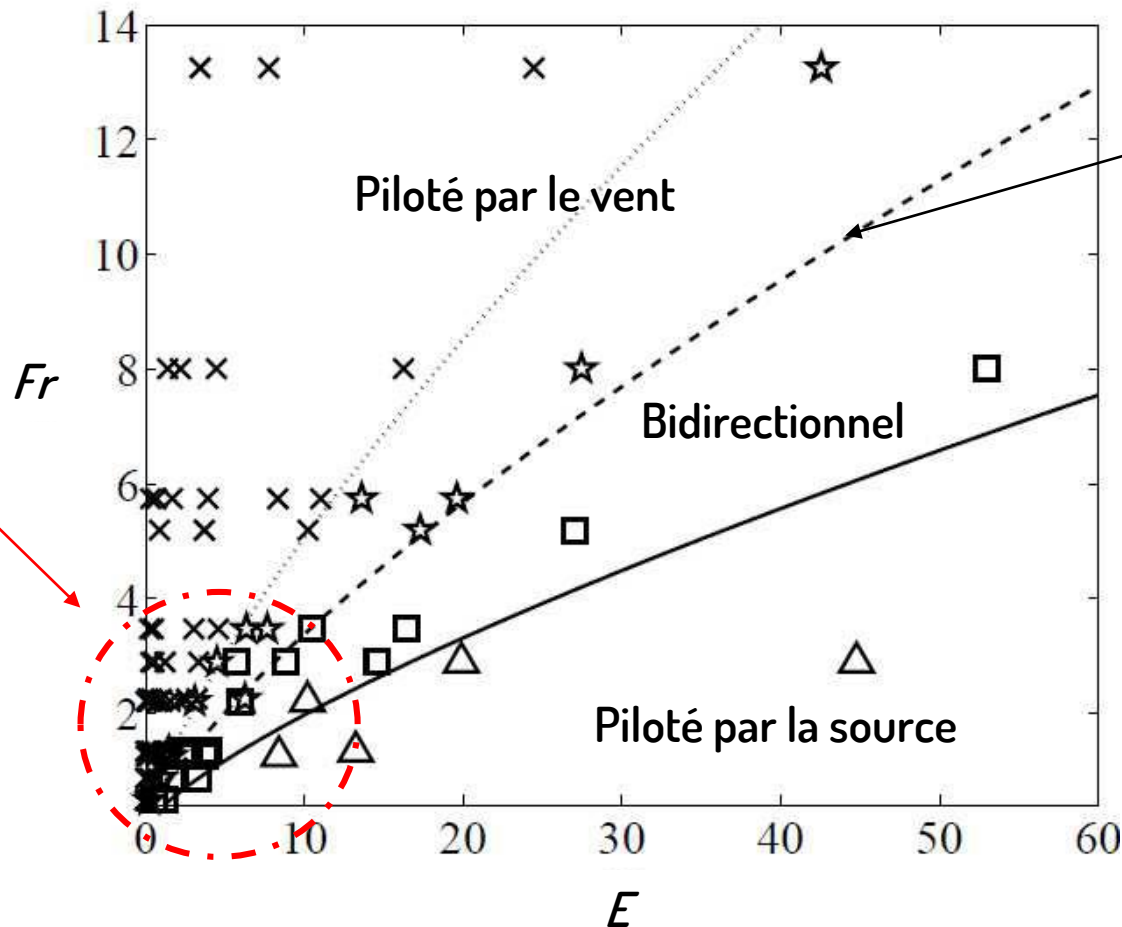
0.2 m.s⁻¹, 0.5 m.s⁻¹, 0.8 m.s⁻¹, 1.5 m.s⁻¹, 2 m.s⁻¹

Un total de 95 essais

Etude des régimes d'écoulement

Positionnement des points expérimentaux sur diagramme

Regroupement de points pour les petites valeurs de E et Fr



Identification de zones caractéristiques

Transition existante

$$Fr = f(E)$$

Etape 2:

- Investigation sur les transitions
- Deuxième série d'essais

Etude des régimes d'écoulement

Recherche des points de transition

32 essais

Injection

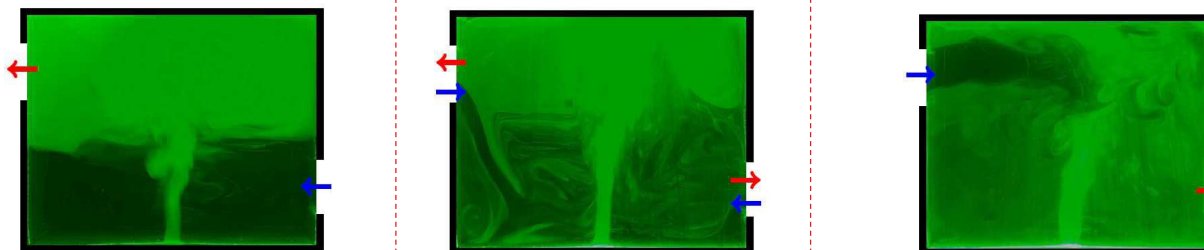
6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 et 20 L.min⁻¹

25 %, 50% 75%, et 100%

Vitesse au niveau de l'ouverture

Recherche des vitesses de transition entre régimes d'écoulement internes

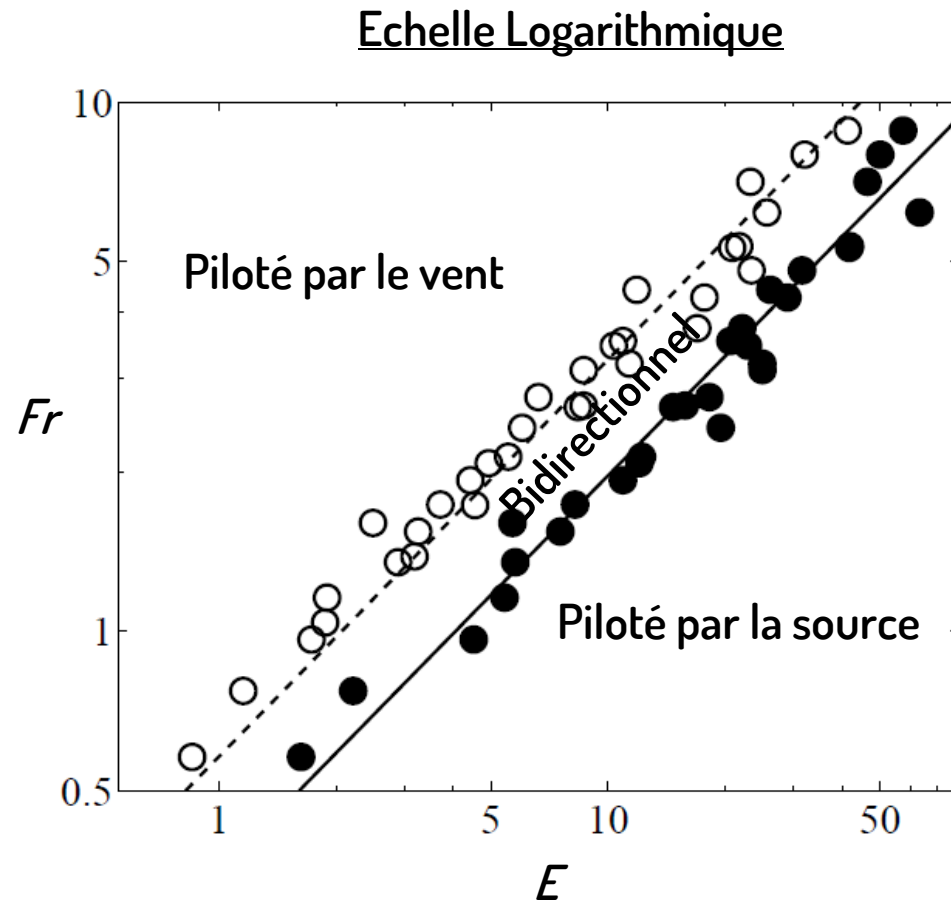
Identification du nombre Fr correspondant au changement de régime observé



Le vent est progressivement augmenté

Etude des régimes d'écoulement

Recherche des points de transition



$$Fr = kE^{3/4}$$

$k=0.35$ pour la transition entre le régime piloté par la source et le régime bidirectionnel

$$(R^2 = 0,98)$$

$k=0,58$ pour la transition entre le régime bidirectionnel et le régime piloté par le vent

$$(R^2 = 0,99)$$

Conclusion

La ventilation naturelle de confort ne peut pas être découplée des enjeux sécuritaires

Nécessité d'une approche globale pour les bâtiments usant de la ventilation naturelle

De l'observation technique au traitement de cas académique

Identification expérimentale d'un régime de transition stable lorsque le vent oppose le tirage thermique

Merci de votre attention

