

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Etude comparative des modèles d'écoulement à travers une trémie et confrontation à des essais réels

GDR Incendie Bourges

(Aix*Marseille
université



IRSN

29/01/2015

Raphaël SAYADA

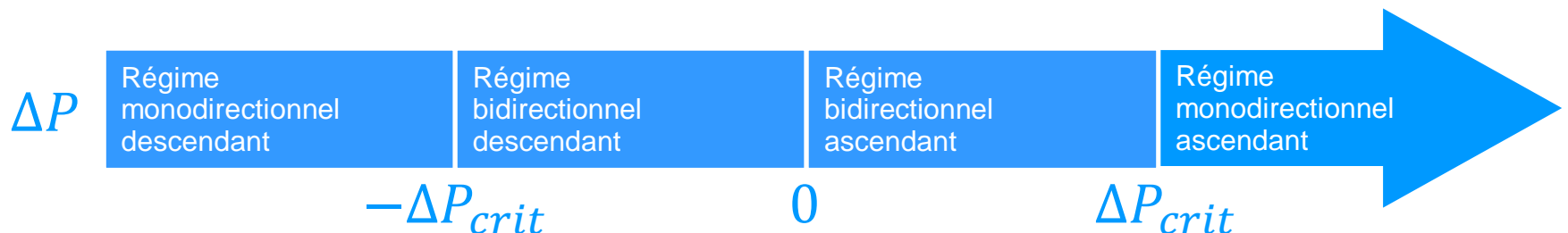
Laboratoire commun IRSN/AMU ETIC

Introduction

- **Trémie** : ouverture **horizontale** reliant deux locaux superposés
- Deux modèles d'écoulement existants
 - ❖ COOPER89 : modèle **théorique** initial simple
 - ❖ COOPER94 : modèle **empirique** plus complexe
- COOPER89 utilisé dans les codes à zones
- Question : Qu'apporte le modèle de COOPER94 ?

Modèles d'écoulement à la trémie

- Importance des conditions de ventilation des locaux
- Construction des deux modèles = identique
 - ❖ Régime monodirectionnel : convection forcée
 - ❖ Régime bidirectionnel : convection forcée + naturelle
- Grandeur importante : nombre de Froude
 - ❖ Sans dimension
 - ❖ Importance de la vitesse d'un fluide par rapport à son poids



Modèle de COOPER89

- Régime monodirectionnel = convection forcée
 - ❖ basé sur **BERNOULLI** → $Q = C_D \cdot A \cdot \sqrt{2\Delta P / \rho}$
- Régime bidirectionnel = convection forcée + naturelle
 - ❖ Compétition entre **convection forcée** (BERNOULLI) et **convection naturelle** (difficilement évaluable)
 - ❖ Convection naturelle maximum à $\Delta P = 0$ (EPSTEIN88)
 - ❖ Evolution linéaire entre $\Delta P = 0$ et $\Delta P = \pm \Delta P_{crit}$
- Transition entre les deux régimes → ΔP_{crit}
 - ❖ Froude critique constant (MERCER&THOMPSON75)
 - ❖ ΔP_{crit} exprimée à partir de ce Froude critique

Modèle de COOPER94

➤ Améliorations

- ❖ Continuité de la dérivée en tous points
- ❖ Prise en compte d'un **coefficient de perte de charge dépendant de l'écoulement** (HESKESTAD&SPAULDING91)

➤ Débit monodirectionnel = convection forcée

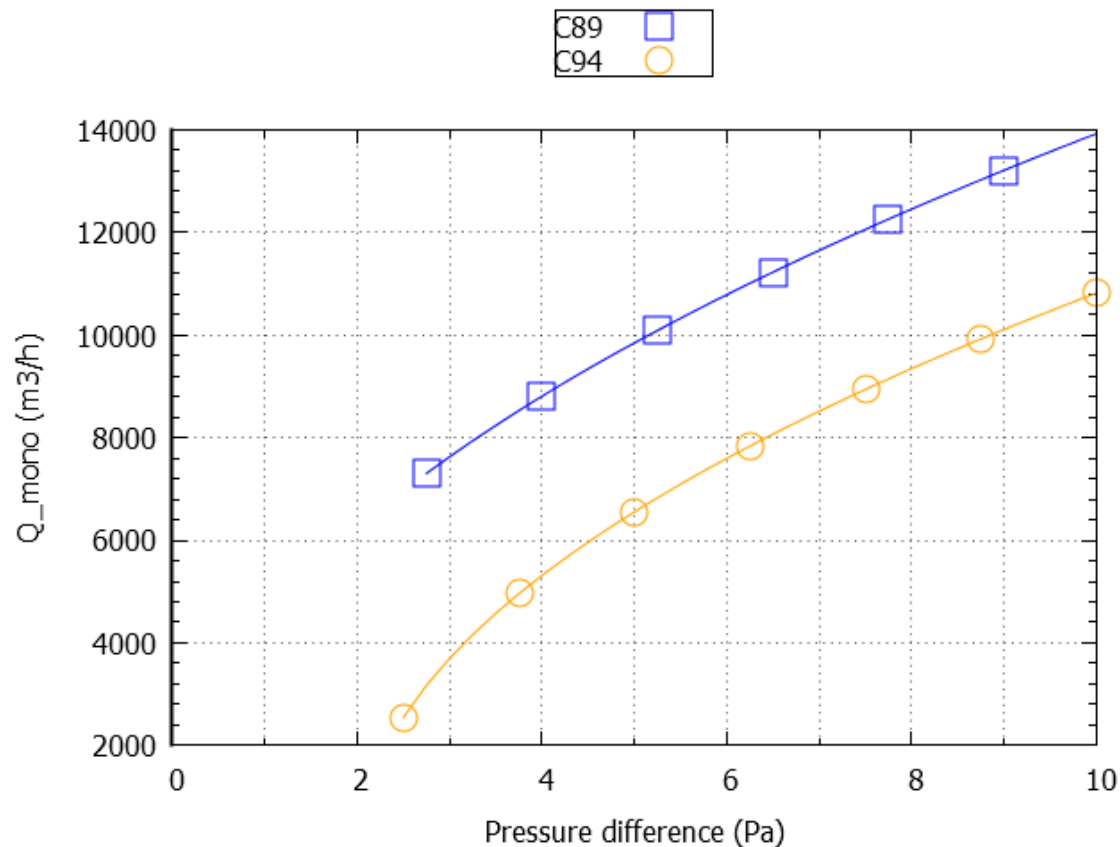
- ❖ Différence de densité adimensionnée $\varepsilon = \Delta\rho/\bar{\rho}$
- ❖ Conditions en $\Delta P = \Delta P_{crit}$ et en $\Delta P = \infty$
- ❖ Grandeurs critiques expérimentales (HESKESTAD&SPAULDING91)
- ❖ $Q = f_1(|\Delta P/\Delta P_{crit}| - 1, \varepsilon) \cdot Q_{crit}(\varepsilon)$

Modèle de COOPER94

- Débit bidirectionnel = convection forcée + naturelle
 - ❖ Convection naturelle proche de celle de 89
 - ❖ EPSTEIN88 en $\Delta P = 0$ et nulle en $\Delta P = \pm \Delta P_{crit}$ + évolution linéaire + continuité de la dérivée
 - ❖ $Q_{nat} = f_2(1 - |\Delta P / \Delta P_{crit}|, \varepsilon)$
 - ❖ Convection forcée = construction mathématique
 - ❖ Continuité de la dérivée + conditions limites :
 - $\Delta P = 0 \rightarrow$ Débit en convection forcée nul
 - $\Delta P = \Delta P_{crit} \rightarrow$ Débit en convection forcée = débit critique
 - ❖ $Q_{for} = f_3(1 - |\Delta P / \Delta P_{crit}|, \varepsilon) \cdot Q_{crit}(\varepsilon)$
- Transition entre les deux régimes = expérimentale

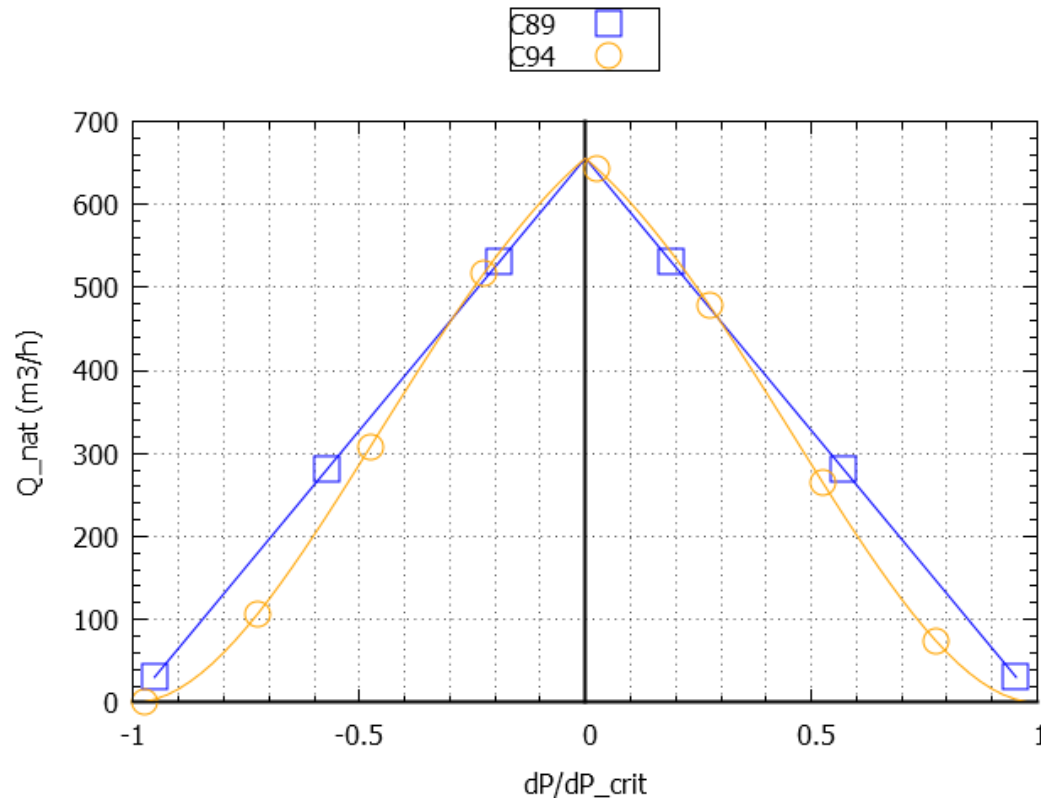
Comparaison des modèles

- Formulation débit monodirectionnel (convection forcée) proche = BERNOULLI



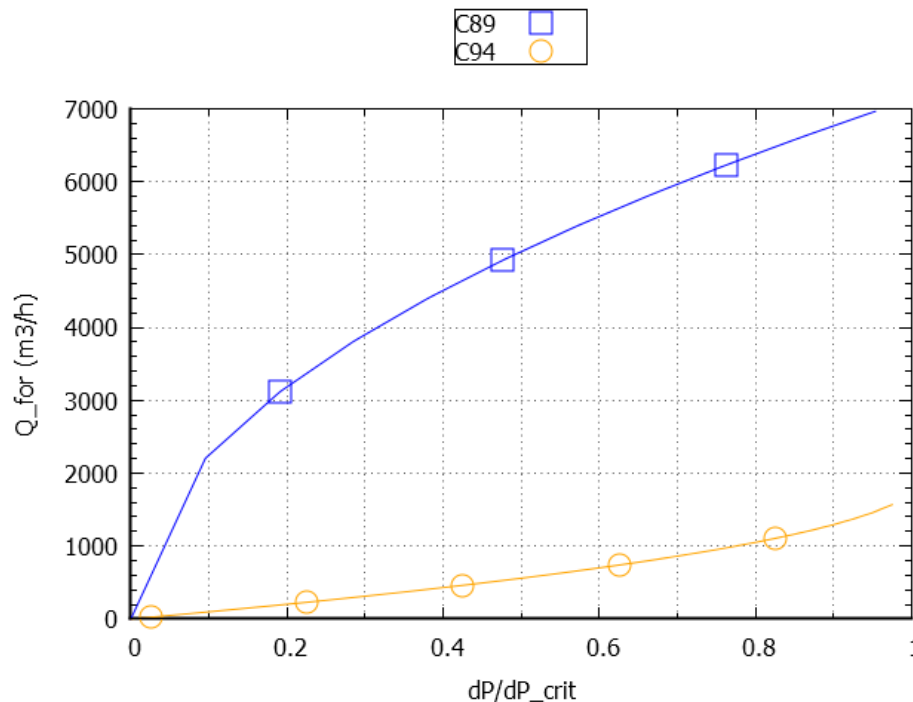
Comparaison des modèles

- Construction de la composante naturelle (débit bidirectionnel) identique



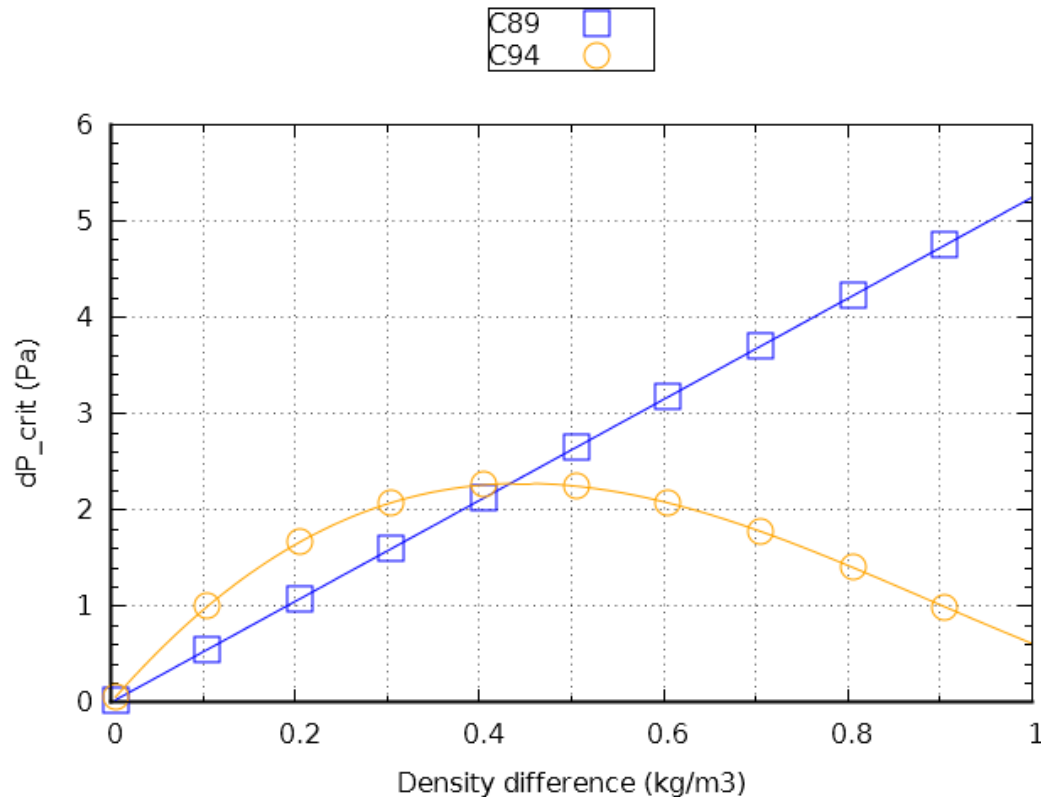
Comparaison des modèles

- Construction de la composante forcée (débit bidirectionnel) = débit monodirectionnel
- Ecriture coefficient différente (COOPER94)



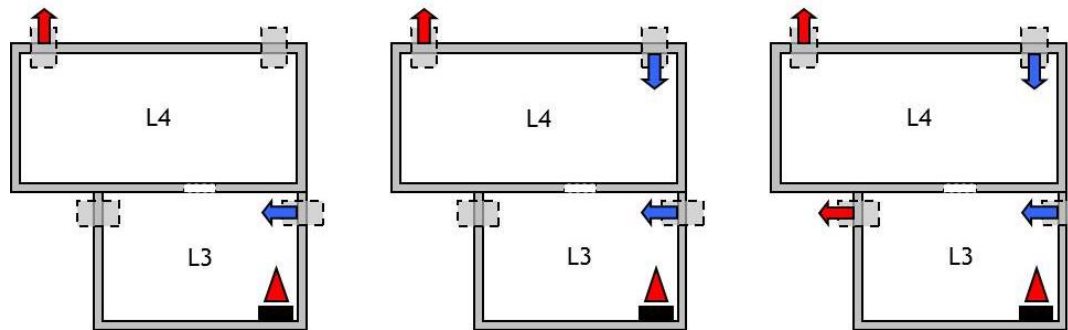
Comparaison des modèles

- Expression de la pression critique de transition différente



Comparaison Essais / Modèles

- Comparaison sur les 17 essais PRISME VSP-Q
- Source incendie = propane → régime stationnaire
- Deux locaux superposés séparés par une trémie
- Différentes configurations :
 - ❖ Ventilation

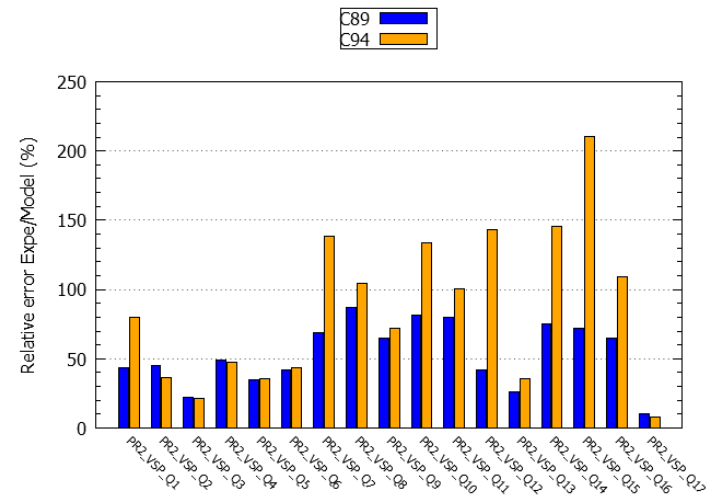
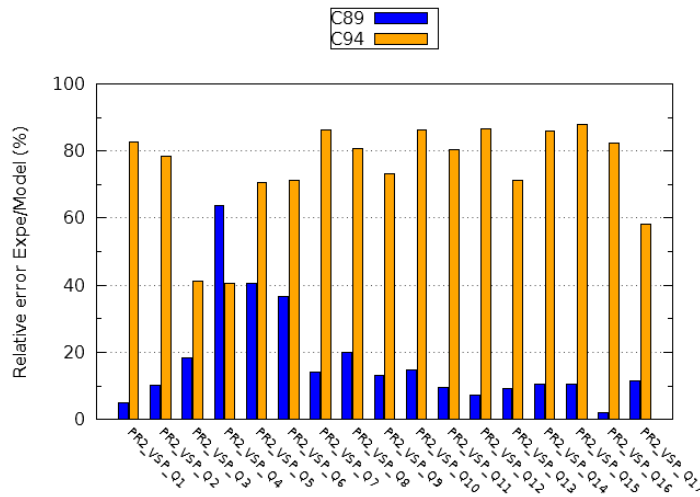
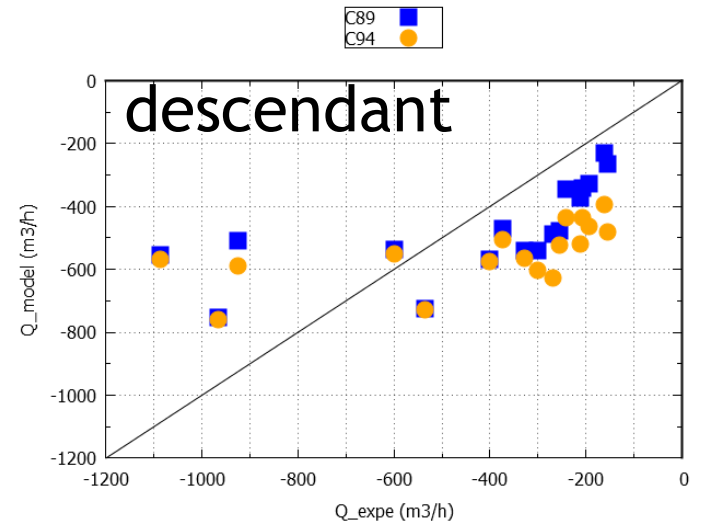
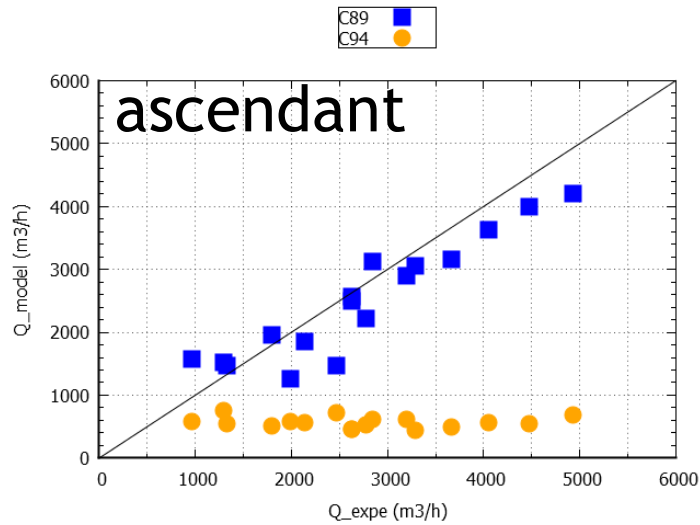


- ❖ Position du foyer = centrée / décentrée
- ❖ Puissance du foyer = 97 kW – 340 kW
- ❖ Débit de ventilation (TR) = 2 h⁻¹ – 10 h⁻¹

Comparaison Essais / Modèles

- Méthode de détermination des débits
 - ❖ Mesure à l'aide de **13 sondes bidirectionnelles**
 - ❖ **Nombre de sondes** donne accès à une cartographie de l'écoulement
- Méthodes de détermination des ΔP
 - ❖ **Méthode à froid** = débits imposés à la trémie par la ventilation → **différence de pression** (BERNOULLI)
- Méthodes de détermination des $\Delta \rho$
 - ❖ Méthode par régression à partir des profils de température expérimentaux (QUINTIERE)

Comparaison Essais / Modèles



Conclusion et perspectives

- Modèle de COOPER89 plus performant que COOPER94
- COOPER94 se base sur plus d'essais réels
- Convection forcée = BERNOULLI
- Convection naturelle = mal maîtrisée
- Investigations expérimentales
 - ❖ Composante naturelle pour différents ΔP
 - ❖ Conditions critiques
- Développer un nouveau modèle s'affranchissant de la mesure de pression

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Avez-vous des questions ?