



## 32<sup>ÈMES</sup> JOURNÉES DU GROUPE DU RÉSOFEUX

Modélisation de l'interaction entre un brouillard d'eau et un feu contrôlé par la ventilation

Lucie Lapillonne

---

07 Juillet 2023



# SOMMAIRE

Introduction

Etude expérimentale et numérique

- Brouillard d'eau
- Brûleur

Conclusions

# INTRODUCTION

Présentation de la problématique

## L'incendie à bord du sous-marin nucléaire La Perle est maîtrisé à la base navale de Toulon

le 12/06/2020

Source : Var-Matin



Un incendie pendant une révision

## Une réparation à 110 millions d'euros

Source : BFM TV

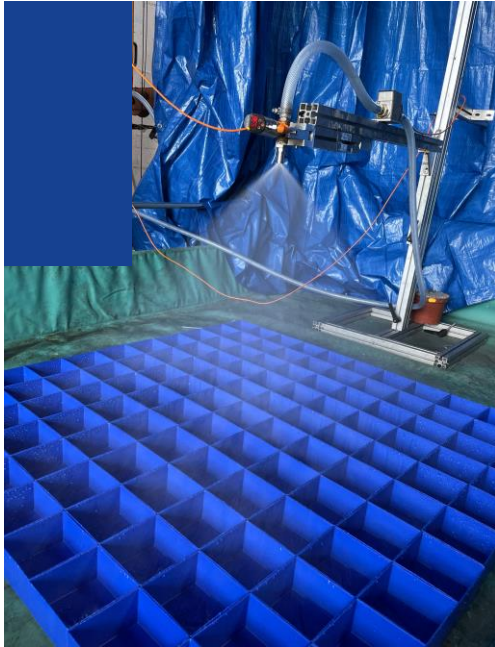


**Modélisation de l'interaction entre un brouillard d'eau et un feu contrôlé par la ventilation  
(étude expérimentale et numérique)**

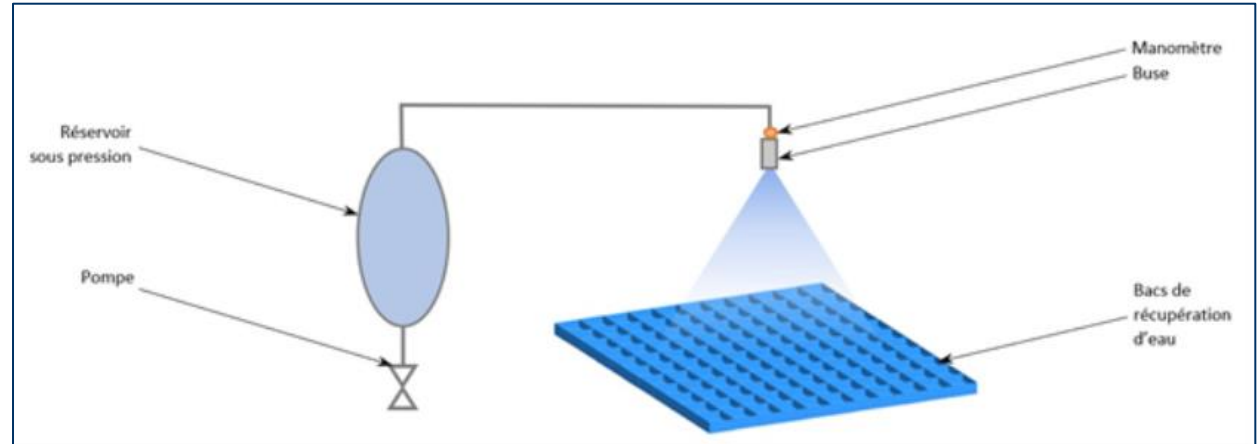
# ETUDE EXPÉRIMENTALE

## CARTOGRAPHIE DU FLUX MASSIQUE D'UNE BUSE

**Objectif** : étudier la répartition du flux massique des buses afin de pouvoir la représenter le plus fidèlement possible sur FDS



*Photo du banc expérimental pour déterminer l'empreinte d'une buse*



*Schéma du banc expérimental pour déterminer l'empreinte d'une buse*

# ETUDE EXPÉRIMENTALE

## CARTOGRAPHIE DU FLUX MASSIQUE D'UNE BUSE

Objectif : étudier la répartition du flux massique des buses afin de pouvoir la représenter le plus fidèlement possible sur FDS

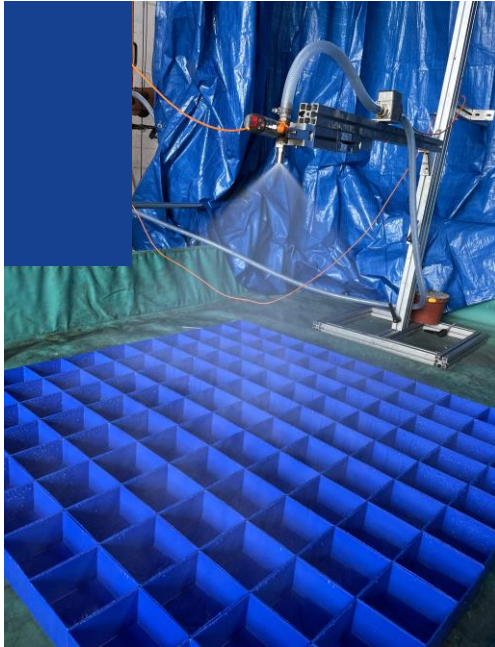
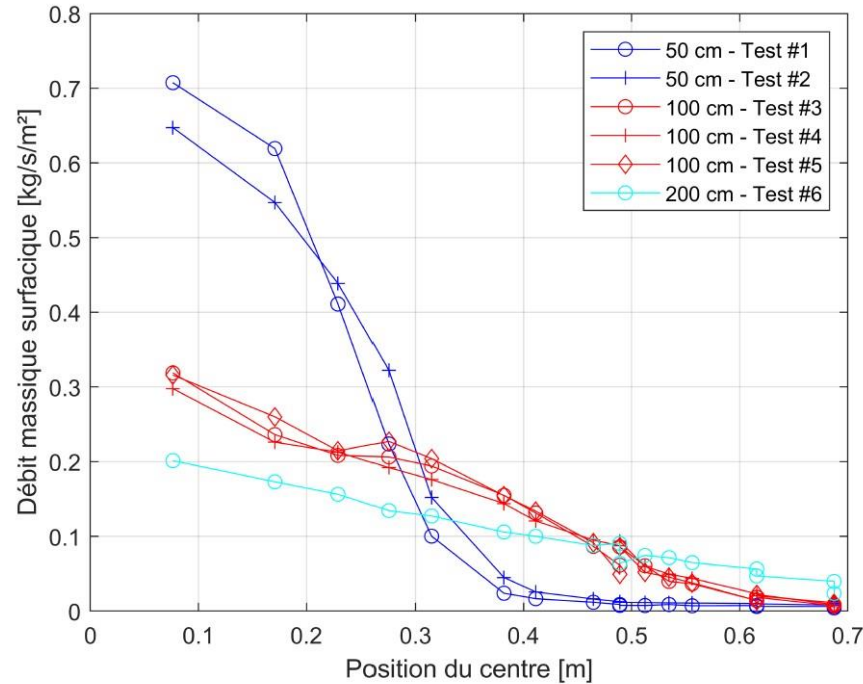


Photo du banc expérimental pour déterminer l'empreinte d'une buse

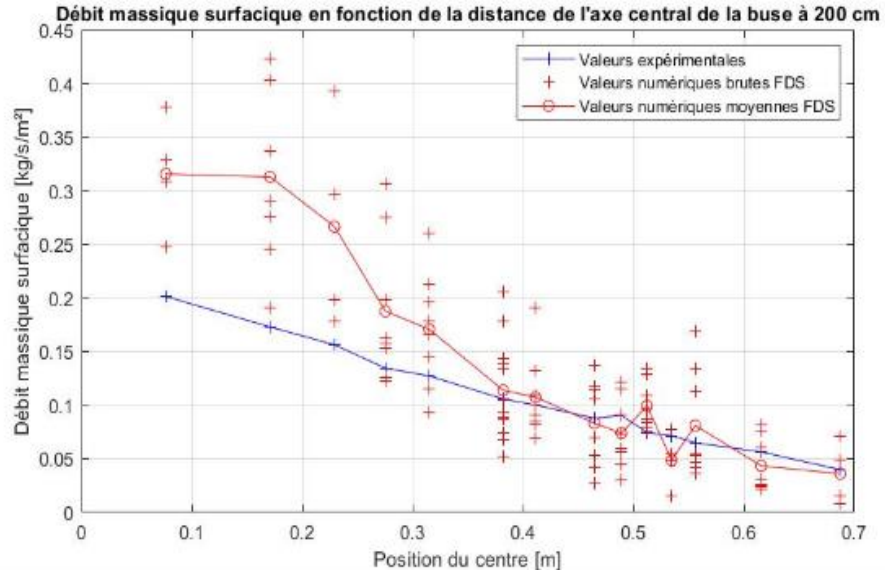


Empreinte de la TG10  
à différentes distances  
de l'injection

# COMPARAISON EXPÉRIMENTALE/NUMÉRIQUE

## CARTOGRAPHIE DU FLUX MASSIQUE D'UNE BUSE

**Objectif :** étudier la répartition du flux massique des buses afin de pouvoir la représenter le plus fidèlement possible sur FDS



*Empreinte de la buse TG5 à 2m de l'injection*

La comparaison entre résultats numériques et expérimentaux met en évidence un spray trop dense au centre numériquement (cf. Liu et al. \*, le modèle de traînée sur FDS ne permet pas une bonne représentation du spray)

**Perspectives :** proposer des modèles de réduction de traînée permettant d'obtenir une meilleure représentation du spray

\* : Numerical analysis of a water mist spray: The importance of various numerical and physical parameters, including the drag force, Yuanjun Liu, Tarek Beji, Martin Thielens, Zhi Tang, Zheng Fang, Bart Merci, Fire Safety Journal, 2022, Vol.127

# ETUDE NUMÉRIQUE

## CARTOGRAPHIE DU FLUX MASSIQUE D'UNE BUSE

**Objectif** : étudier la répartition du flux massique des buses afin de pouvoir la représenter le plus fidèlement possible sur FDS

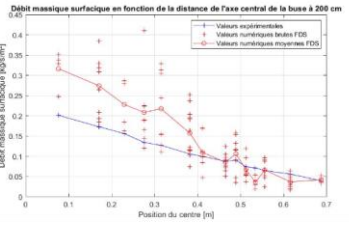
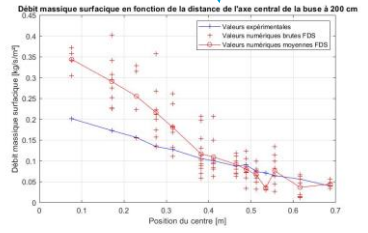
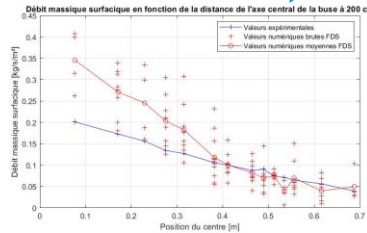
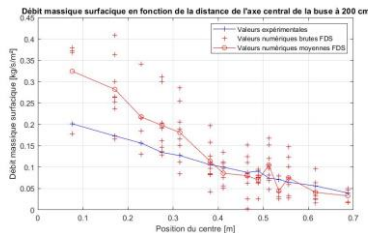
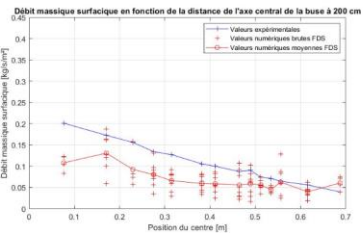
	FDS (défaut)	Morsi-Alexander	Putnam	Zhu	Constant
Réduction de traînée	$C_d = C_{d,0} \frac{F}{F_0}$ $\frac{F}{F_0} = W \left[ 1 + \frac{Re}{16} \frac{1}{\left(\frac{L}{D} - \frac{1}{2}\right)^2} \exp\left(-\frac{Re}{16} \frac{1}{\left(\frac{L}{D} - \frac{1}{2}\right)}\right) \right]$ $W = 1 - \frac{C_{d,0}}{2} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{Re}{16} \frac{1}{\left(\frac{L}{D} - \frac{1}{2}\right)}\right) \right]$	<b>X</b>	<b>X</b>	$\frac{F_D}{F_{D0}} = 1 - (1 - A) \exp\left(B \frac{L_{inter}}{d_d}\right)$ $A = 1 - \exp(-0.483 + 3.45 * 10^{-3} Re_d - 1.07 * 10^{-5} Re_d^2)$ $B = -0.115 - 8.75 * 10^{-4} Re_d + 5.61 * 10^{-7} Re_d^2$	Tau =
Corrélation de traînée	$C_{D,0} = \begin{cases} \frac{24}{Re_d} & \text{pour } Re_d < 1 \\ \frac{24}{Re_d} (0.85 + 0.15 Re_d^{0.687}) & \text{pour } 1 < Re_d < 1000 \\ 0.44 & \text{pour } 1000 < Re_d \end{cases}$	$C_{D,0} = \frac{k_1}{Re_d} + \frac{k_2}{Re_d^2} + k_3$	$C_{D,0} = \frac{24}{Re_d} \left( 1 + \frac{Re_d^{2/3}}{6} \right)$	<b>X</b>	Cd =

# ETUDE NUMÉRIQUE

## CARTOGRAPHIE DU FLUX MASSIQUE D'UNE BUSE

**Objectif :** étudier la répartition du flux massique des buses avec plusieurs modèles de traînée sur FDS

Modèles	v.6.7.9	v.6.7.9	v.6.7.9	v.6.7.9	v.6.7.9
DRAG_REDUCTION_LAW	NDR_REDUCTION	RAMIREZ	CONST_DRAG_REDUCTION	CONST_DRAG_REDUCTION	CONST_DRAG_REDUCTION
A_COEFF_DRAG_NDR	5.00E-05				
B_COEFF_DRAG_NDR	1.10E-01				
N_COEFF_DRAG_NDR	1.00E+06				
TAU_COEFF_DRAG_CONST			0.8	0.8	0.8
DRAG_CORRELATION_LAW		FDS	MORSI_ALEXANDER	PUTNAM	CONSTANT
DRAG_CORRELATION_CONST					1
Diff moyenne avec l'expé	0.186	0.077	0.089	0.099	0.123



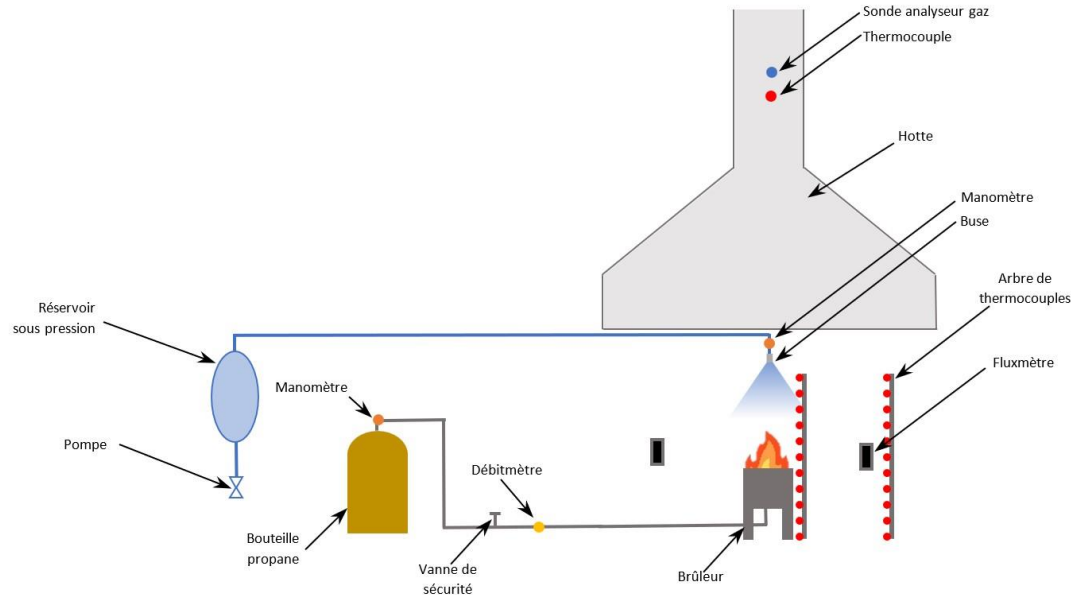
**Perspectives :** Aucun des modèles présentés ne permet d'obtenir une représentation satisfaisante de la buse, il faut tester d'autres modèles de traînée ou tenter une autre approche



# ETUDE EXPÉRIMENTALE/NUMÉRIQUE

## INTERACTION BRÛLEUR BROUILLARD D'EAU

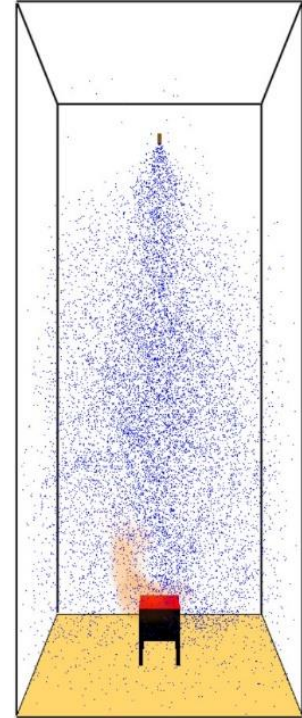
**Objectif :** représenter numériquement le brûleur dans les conditions expérimentales et comparer les résultats numériques et expérimentaux



*Schéma du banc expérimental*



*Photo du brûleur exposé à un spray*



*Extrait de la simulation FDS du brûleur*

# ETUDE EXPÉRIMENTALE/NUMÉRIQUE

## INTERACTION BRÛLEUR BROUILLARD D'EAU

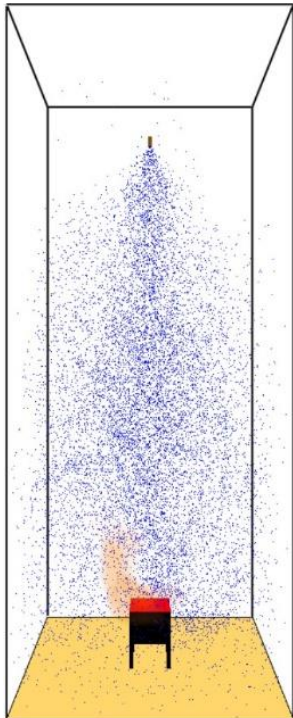
**Objectif :** représenter numériquement le brûleur dans les conditions expérimentales et comparer les résultats numériques et expérimentaux

### Détails de la simulation

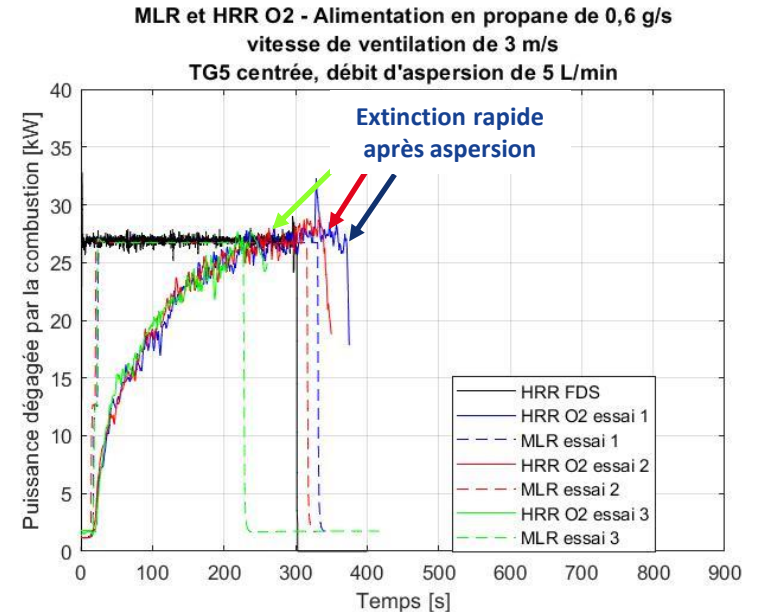
Taille du domaine : 1,044 x 1,044 x 2,61 m  
Nombre de mailles : 60 \* 60 \* 150  
Surface du brûleur : 17,4 x 17,4 cm<sup>2</sup>  
VLES

### Brouillard d'eau

Débit aspergé : 5 L/min  
Angle d'aspersion : 60°  
Nombre de particules injectées : 30 000 /s



Extrait de la simulation  
FDS du brûleur



# CONCLUSIONS

---

Bonne représentation de l'extinction par aspersion en milieu ouvert

## Perspectives:

### Volet expérimental

- Réaliser une campagne d'essais grande échelle (brûleur en milieu confiné);
- Définir la granulométrie des buses.

### Volet numérique

- Quantifier les erreurs en sous ventilé;
- Poursuivre les simulations petites échelles du brûleur;
- Apporter des modifications au code du logiciel FDS.

Merci pour votre attention!  
Avez-vous des questions?