

Simulation de l'écoulement dispersé vapeur/gouttes dans des conditions d'APRP

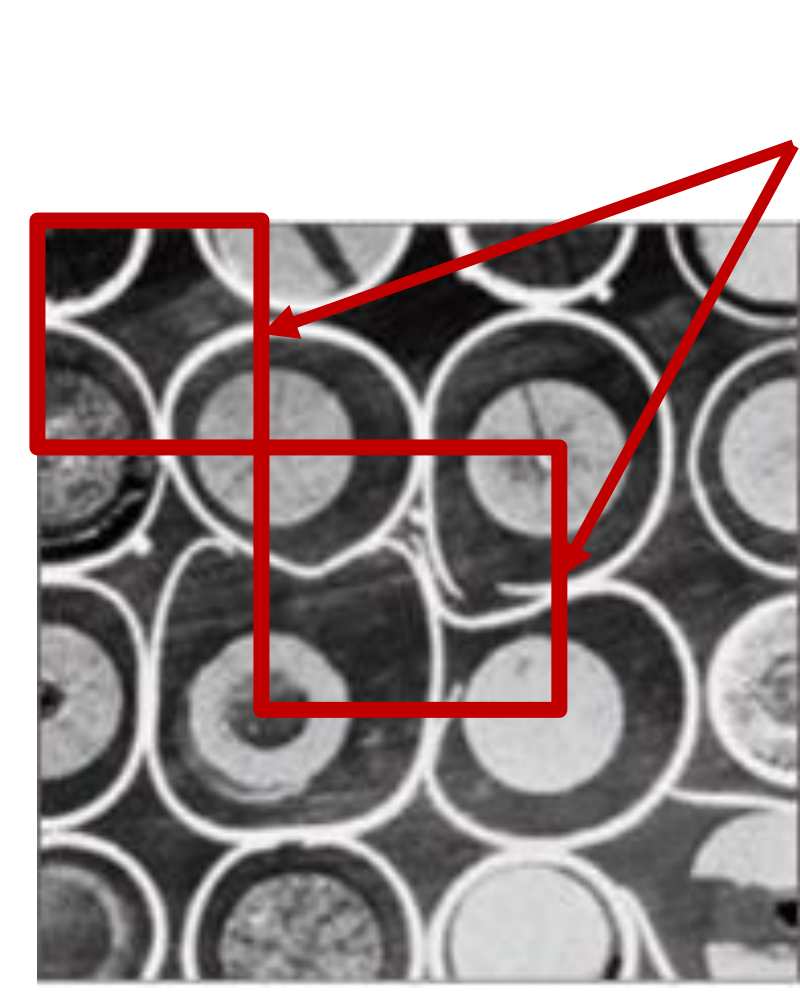


Juan Esteban LUNA VALENCIA^{1,2*}, Arthur V.S OLIVEIRA^{1,2}, Alexandre LABERGUE¹, Tony GLANTZ², Georges REPETTO², Michel GRADECK¹

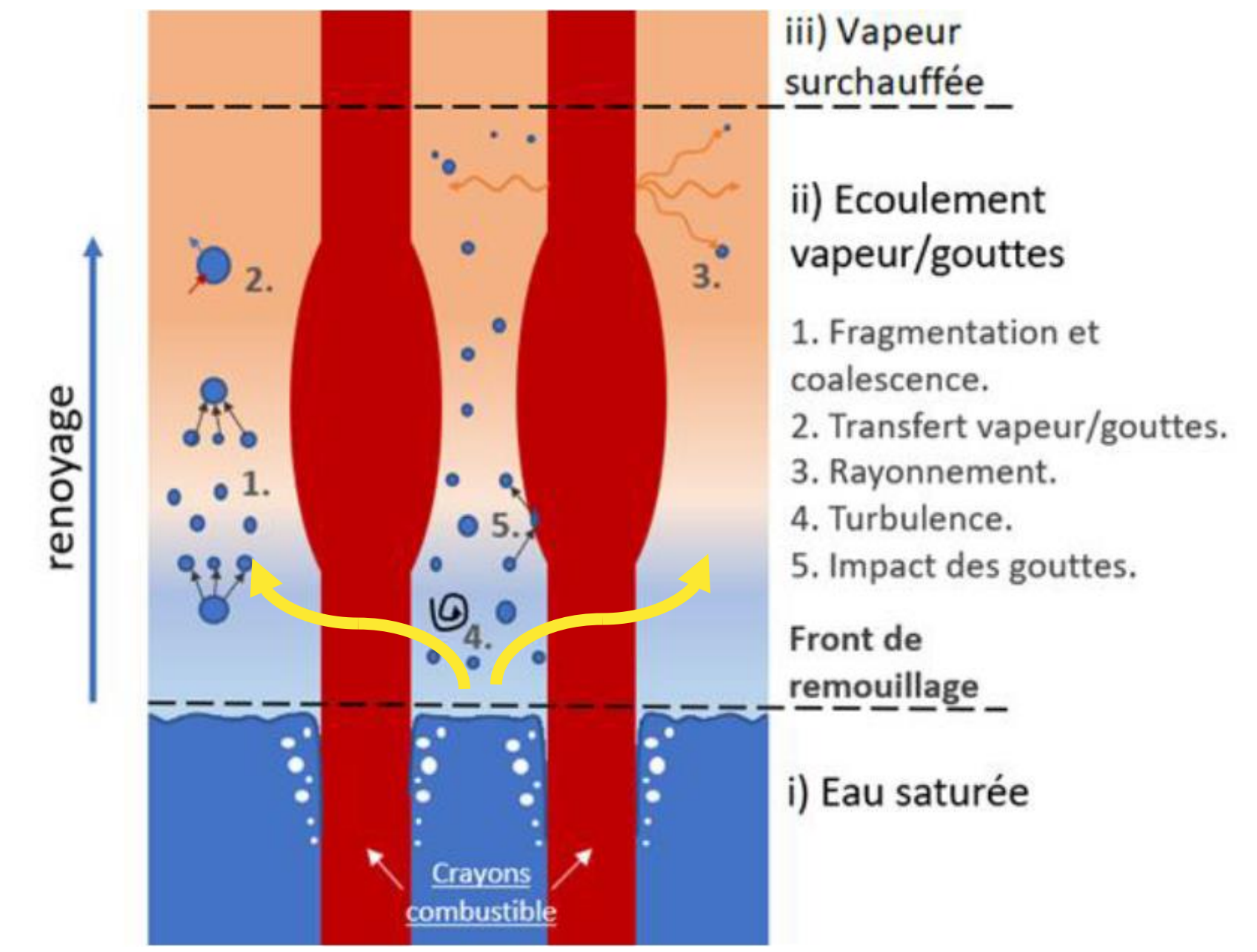
INTRODUCTION

Accident hypothétique de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP)

- Augmentation de la température des gaines
 - Gonflement, voir rupture des gaines combustible
 - Bouchage des sous-canaux
- Renoyage du cœur
 - Création d'un écoulement vapeur/gouttes en aval du front du trempe
 - Déviation de la vapeur vers des zones moins bouchées



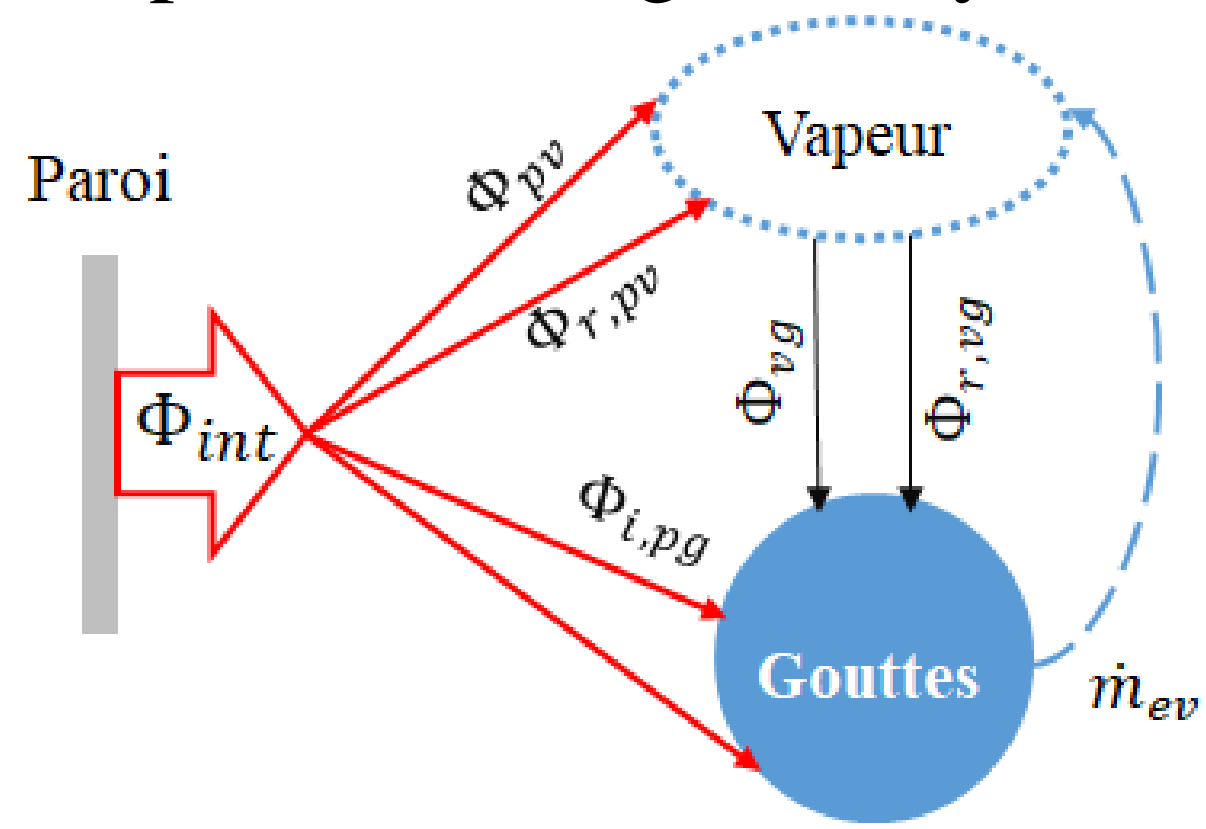
Sous-canaux bouchés



CODE DE SIMULATION

CODE NECTAR

NECTAR: New Experimental Code for Thermal-hydraulic Analysis in a Representative geometry (Oliveira et al. 2019).



	Corrélation utilisée
Φ_{pv}	Gnielinski (1976)
$\Phi_{r,pv}$, $\Phi_{r,pv}$ et $\Phi_{r,pv}$	Sun et al. (1976)
Φ_{vg}	Yuen et Chen (1978)
$\Phi_{i,pg}$	Gradeck et al. (2013)
$\Phi_{i,pg}$	Hewitt et Govan (1990)

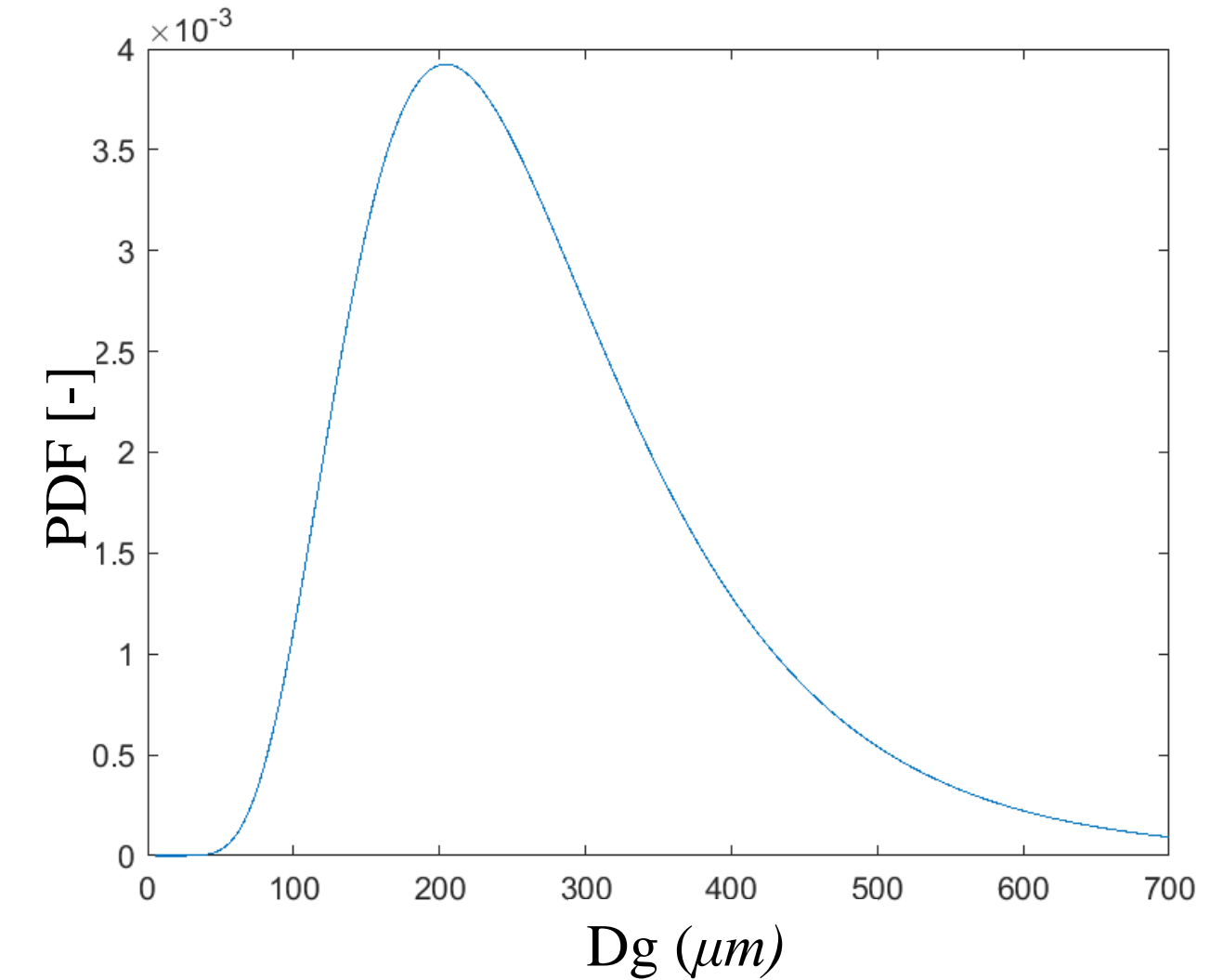
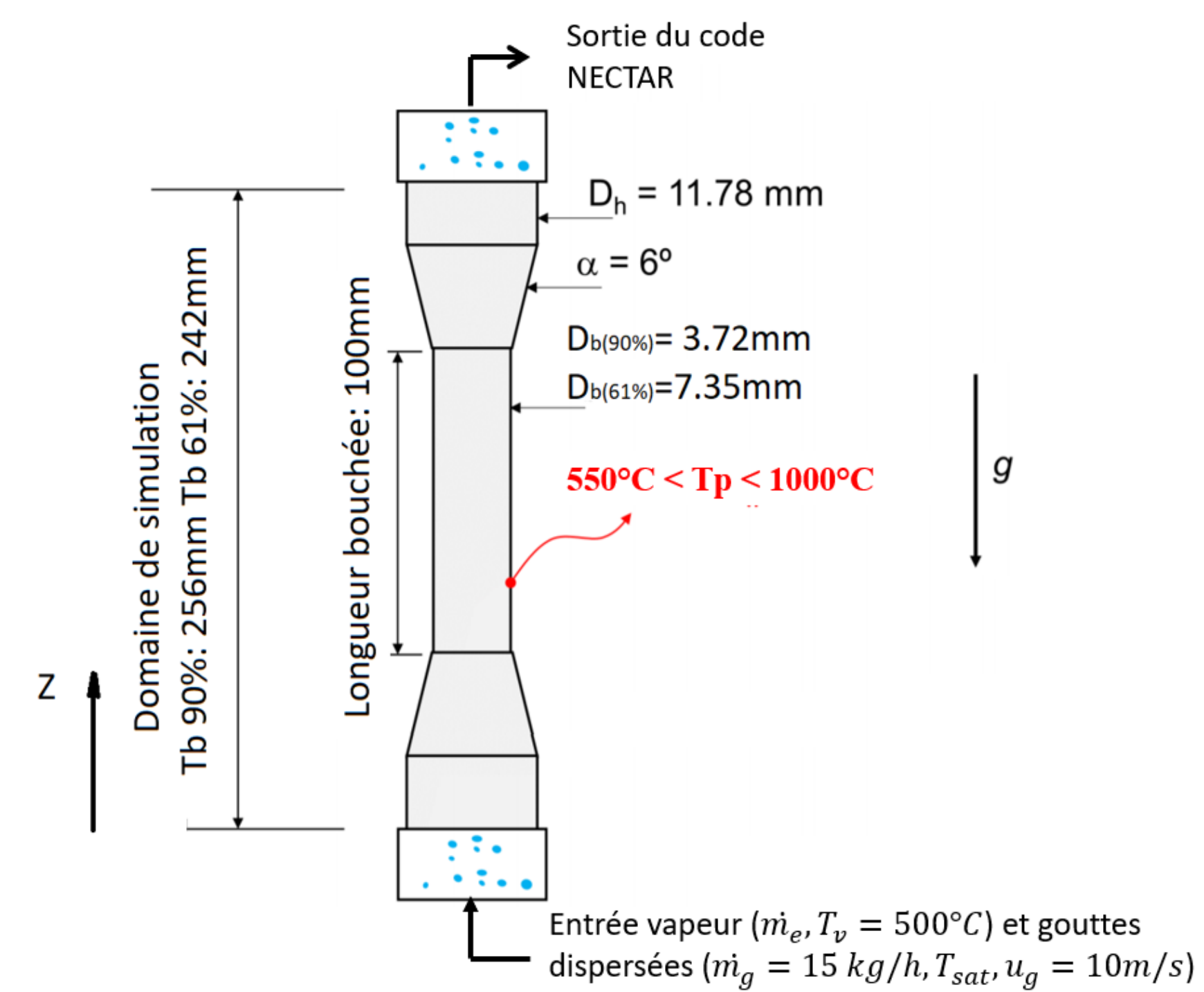
$$\Phi_{int} = \Phi_{pv} + \Phi_{r,pv} + \Phi_{i,pg} + \Phi_{r,pg}$$

- Φ_{pv} : Convection paroi/vapeur
- $\Phi_{r,pv}$: Rayonnement paroi/vapeur
- $\Phi_{i,pg}$: Impact paroi/gouttes
- $\Phi_{r,pg}$: Rayonnement paroi/gouttes
- Φ_{vg} : Convection vapeur/gouttes
- $\Phi_{r,vg}$: Rayonnement vapeur/gouttes

	Equations
Conservation de la masse de vapeur	$\frac{dm_v}{dt} = \dot{m}_{ev}$
Bilan de quantité de mouvement pour une goutte isolée	$\rho_g u_g \frac{du_g}{dz} = -\frac{3}{4} \frac{v \cdot C_d}{d_g (1+B)} \rho_v (u_g - u_v) u_g - u_v + (\rho_v - \rho_g) g$
Bilan d'énergie	$c_{pv} \left\{ T_v(z+dz) \left[\dot{m}_v(z) + \frac{d\dot{m}_v}{dt}(z) \right] - \dot{m}_v(z) T_v(z) \right\} = \Phi_{ev}$ $\Phi_{ev} = \Phi_{pv} + \Phi_{r,pv} + \Phi_{vg} + \Phi_{r,vg}$

DOMAINE DE SIMULATION

- Modèle 1D axial (Discrétisation en 15 mailles axiales)
- Approche lagrangienne
- Polydispersion de gouttes → Log-normale (Discrétisation par classe de taille)
- Non-équilibre mécanique et thermique
- Paroi thermiquement mince
- Pas de mouillage dans la paroi

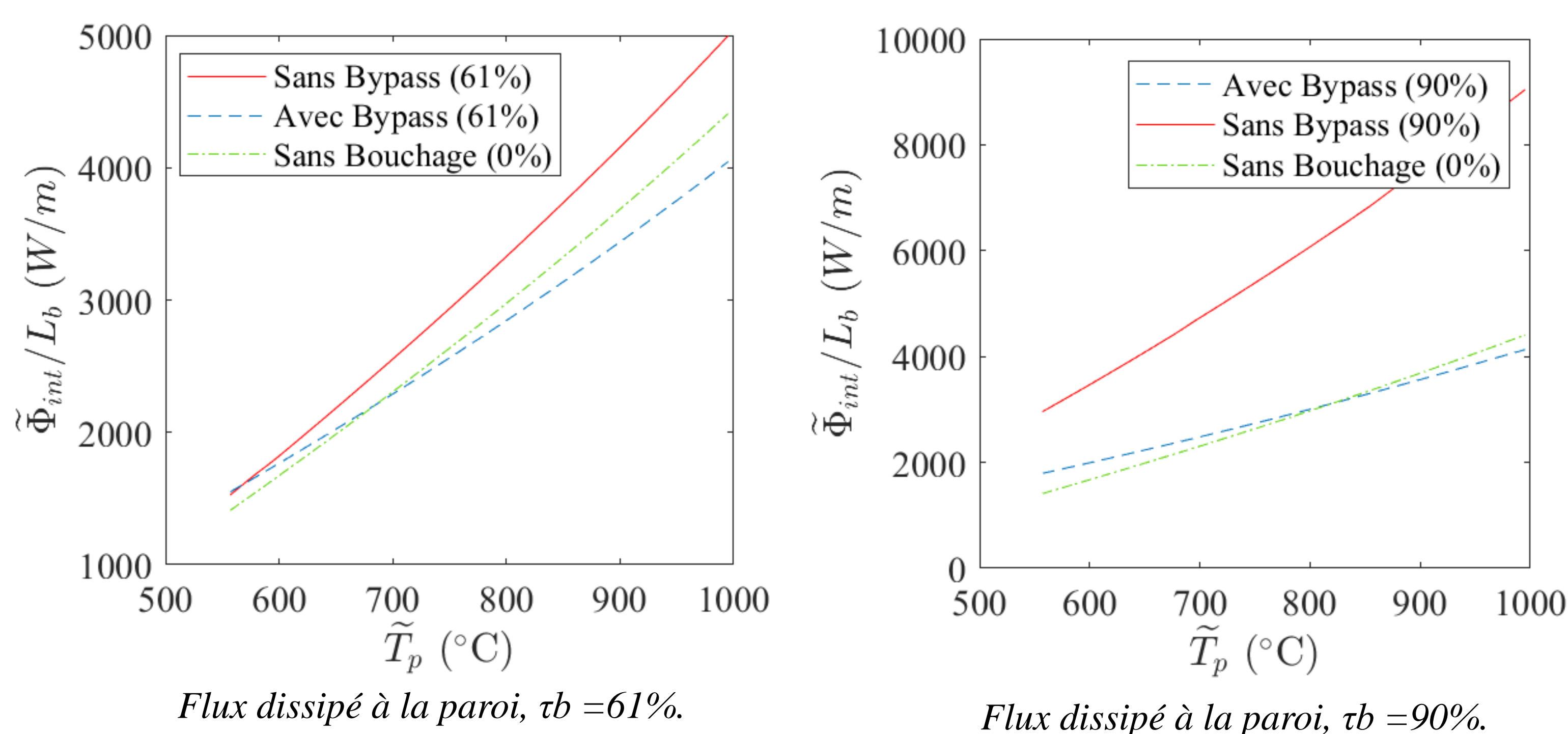


$\dot{m}_0 = 5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ Débit imposé dans le code NECTAR
 $\dot{m}_e = (1 - \tau_b) \dot{m}_0$ Débit d'entrée dans la section d'essais NECTAR (Oliveira et al., 2020)

$\dot{m}_e(90\%) = 0.5 \text{ kg/h avec bypass}$
 $\dot{m}_e(61\%) = 1.95 \text{ kg/h avec bypass}$

RESULTATS

Flux de chaleur dissipé à la paroi par l'écoulement interne gouttes/vapeur pour différents taux de bouchage:



	Flux de chaleur (kW/m ²)		Contribution en pourcentage	
	Sans Bypass	Avec Bypass	Sans Bypass	Avec Bypass
Φ_{pv}	143,74	71,12	66,05%	40,32%
$\Phi_{i,pg}$	40,63	79,71	18,67%	45,2%
$\Phi_{r,pv}$	5,78	6,19	2,65%	3,51%
$\Phi_{r,pg}$	27,48	19,35	12,63%	10,97%

Flux de chaleur de chaque mécanisme de transfert et sa contribution en pourcentage pour $T_p=1000^\circ\text{C}$ et $tb=61\%$.

	Flux de chaleur (kW/m ²)		Contribution en pourcentage	
	Sans Bypass	Avec Bypass	Sans Bypass	Avec Bypass
Φ_{pv}	675,82	134,85	86,34%	37,36%
$\Phi_{i,pg}$	38,89	184,33	4,97%	51,07%
$\Phi_{r,pv}$	4,46	5,16	0,57%	1,43%
$\Phi_{r,pg}$	63,55	36,58	8,12%	10,14%

Flux de chaleur de chaque mécanisme de transfert et sa contribution en pourcentage pour $T_p=1000^\circ\text{C}$ et $tb=90\%$.

CONCLUSIONS:

- Diminution de la convection vapeur/paroi et augmentation du transfert par impacts de gouttes
- Très forte contribution des impacts des gouttes dans le flux global de chaleur

REFERENCES:

Oliveira, A. V. S., Peña Carrillo, J. D., Labergue, A., Glantz, T., & Gradeck, M. (2019). Mechanistic modeling of the thermal-hydraulics in polydispersed flow film boiling in LOCA conditions. *Nuclear Engineering and Design*, 357(August 2019). <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2019.110388>

Oliveira, A. V. S., Stemmelen, D., Leclerc, S., Glantz, T., Labergue, A., Repetto, G., & Gradeck, M. (2020). Velocity field and flow redistribution in a ballooned 7x7 fuel bundle measured by magnetic resonance velocimetry. *Nuclear Engineering and Design*, 369(August), 110828. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2020.110828>