

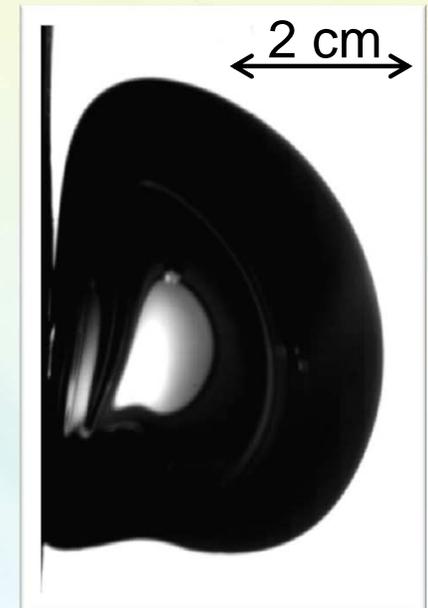
# Journée SFT Sorption 2014

## Ebullition basse pression dans les évaporateurs de machines à sorption

Florine Giraud

Romuald Rullière, Jocelyn Bonjour

Université de Lyon, CNRS,  
INSA-Lyon, CETHIL, UMR5008



**Travaux de recherche effectués en collaboration avec**

***Cyril Toublanc (a) et Marc Clause (a)(b)***

(a) Laboratoire de Génie des Procédés pour l'Environnement, l'Energie et la Santé (**LGP2ES** - EA 21), **CNAM, ICENER**

(b) **ESIEE Paris**

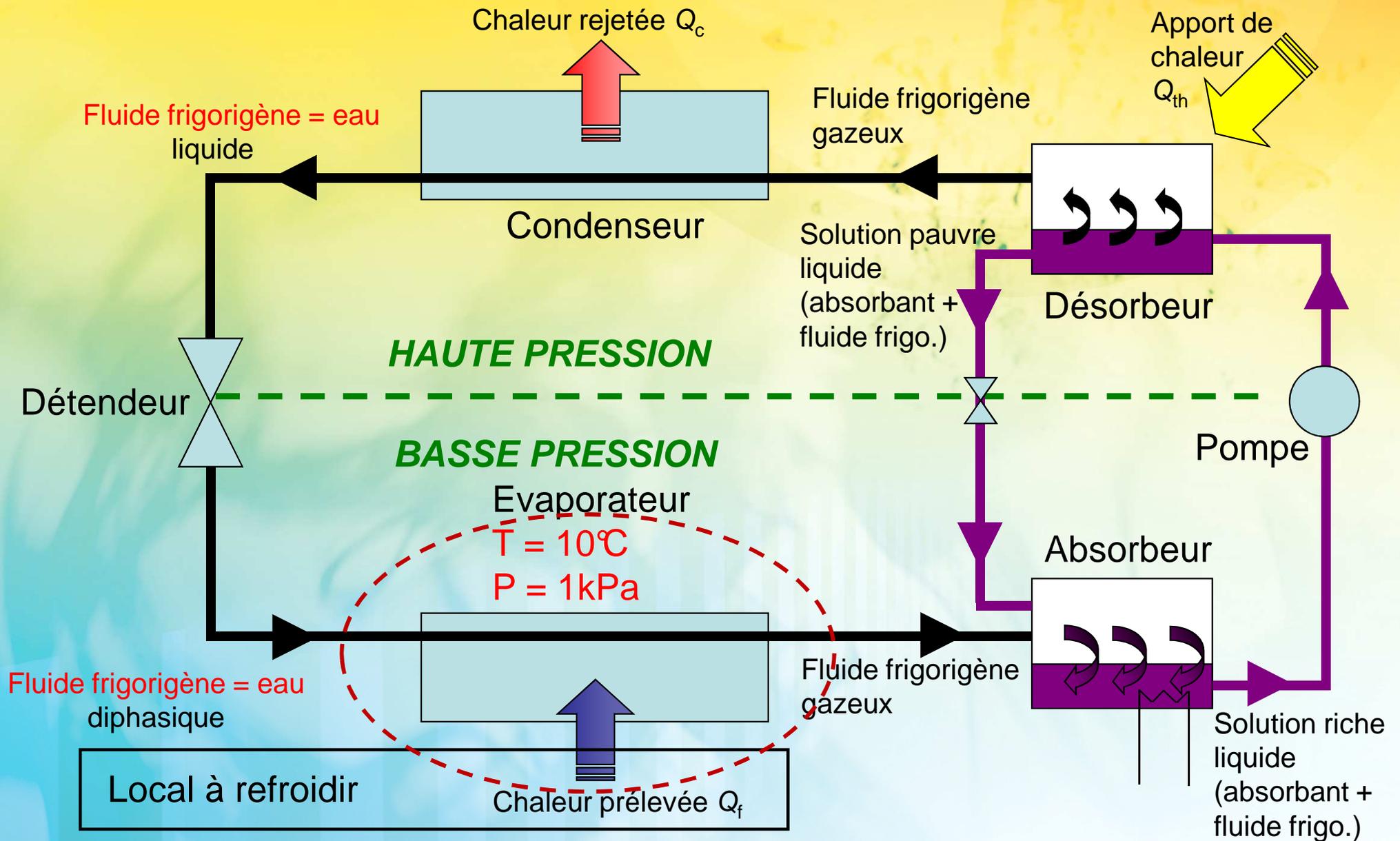
**et qui s'inscrivent dans le**

**Projet ANR-11-SEED-0007-001 ECOSS  
(Evaporateur Compact pour Systèmes à Sorption)**

# Sommaire

- Contexte
- Dispositif expérimental
- Inhomogénéité du milieu
- Dynamique de croissance de bulles
- Etude thermique
- Conclusion

# Contexte – Evaporateurs ad/ab sorption



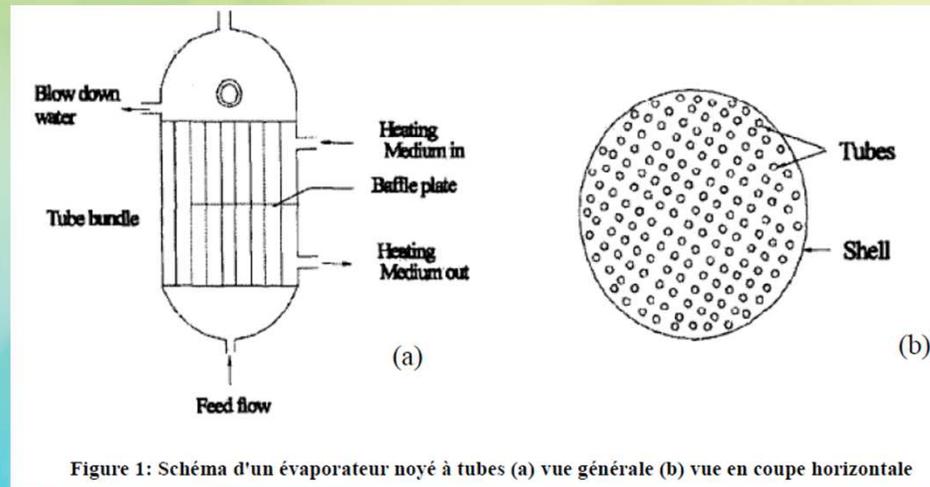
# Contexte – Evaporateurs ad/ab sorption

- Peu d'études faites à des pressions de l'ordre du kPa malgré la différence des phénomènes mis en jeu entre l'ébullition à basse et haute pression réduite
- Evaporateurs utilisés actuellement peu compacts car essentiellement conçu de manière empirique

# Évaporateurs basse pression (veille technologique)

## *Les évaporateurs noyés*

8 kPa; 1461 kW.m<sup>-3</sup>; 5,19 kW.kg<sup>-1</sup> (Rahman *et al.*)



→ Transfert de chaleur par ébullition

# Évaporateurs basse pression (veille technologique)

## *Les évaporateurs à effet capillaire*

- Effet capillaire sur la surface interne

→ Transfert de chaleur par évaporation

1,2 kPa; 0,10 kW.m<sup>-3</sup>; 0,11 kW.kg<sup>-1</sup> (Sabir et Bwalya)

1,7 kPa; 37 kW.m<sup>-3</sup>; 0,04 kW.kg<sup>-1</sup> (Sabir et ElHag)

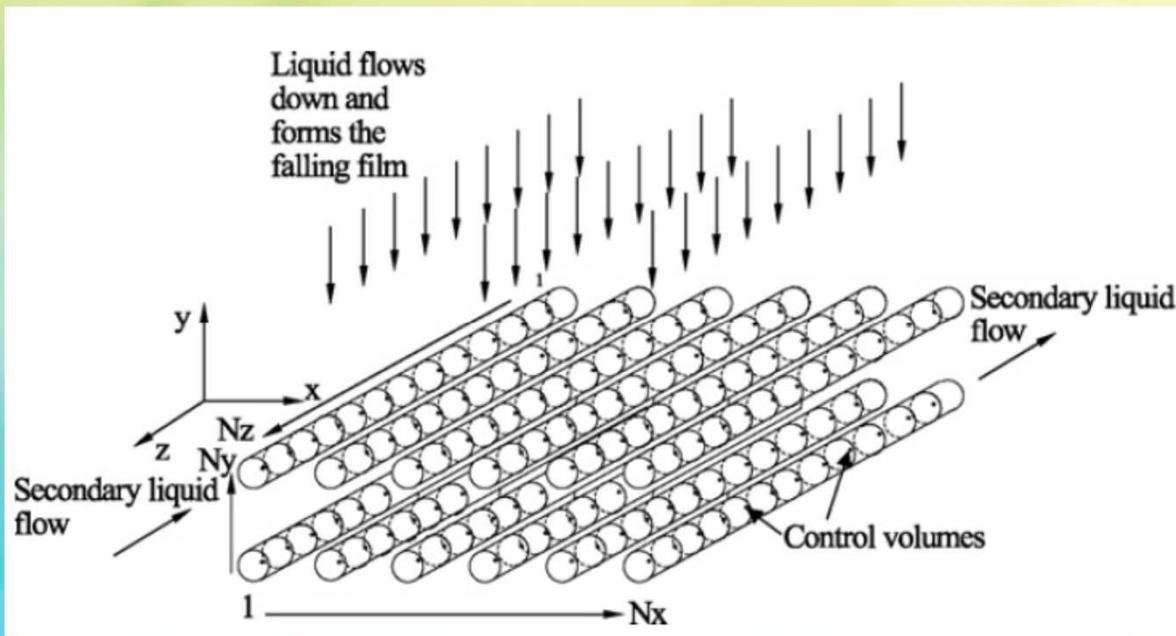
- Effet capillaire sur la surface externe

# Evaporateurs basse pression

## *Les évaporateurs à film ruisselant*

➤ Sur la surface extérieure des tubes

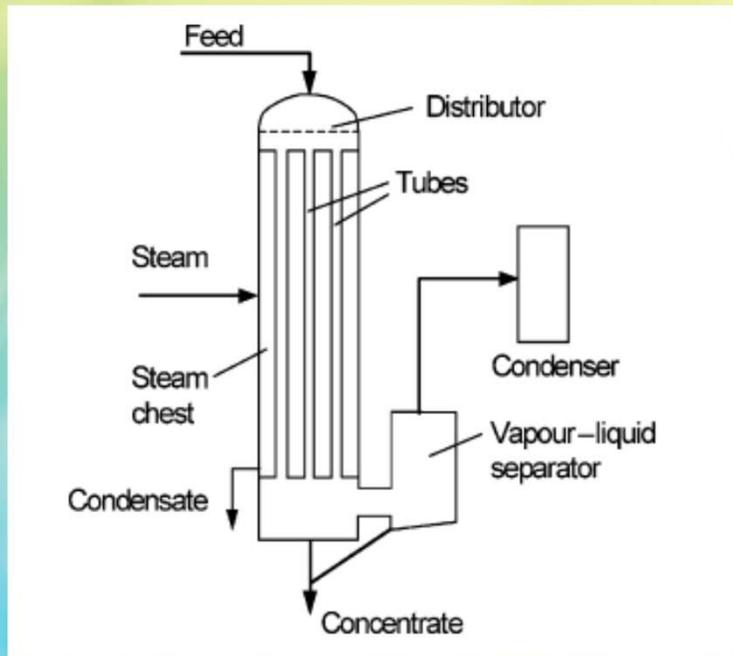
1 kPa; 147-248 kW.m<sup>-3</sup>; 0,23-0,52 kW.kg<sup>-1</sup>



# Evaporateurs basse pression (veille technologique)

## *Les évaporateurs à film ruisselant*

➤ Sur la surface intérieure des tubes



→ Transfert de chaleur  
par évaporation

$\Phi = 72 \text{ mm}; m = 16,65 \text{ kg}$   
(Morison *et al.* )

# Evaporateurs basse pression (veille technologique)

- Constatation:
  - Peu d'échangeurs à plaques sont utilisés alors que ce sont actuellement les échangeurs les plus compacts
  - La technologie d'échangeur faisant intervenir le transfert de chaleur par ébullition semble le plus efficace

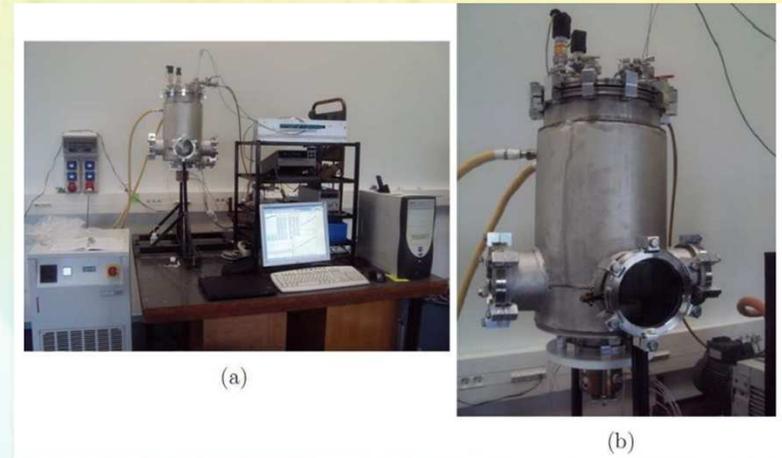
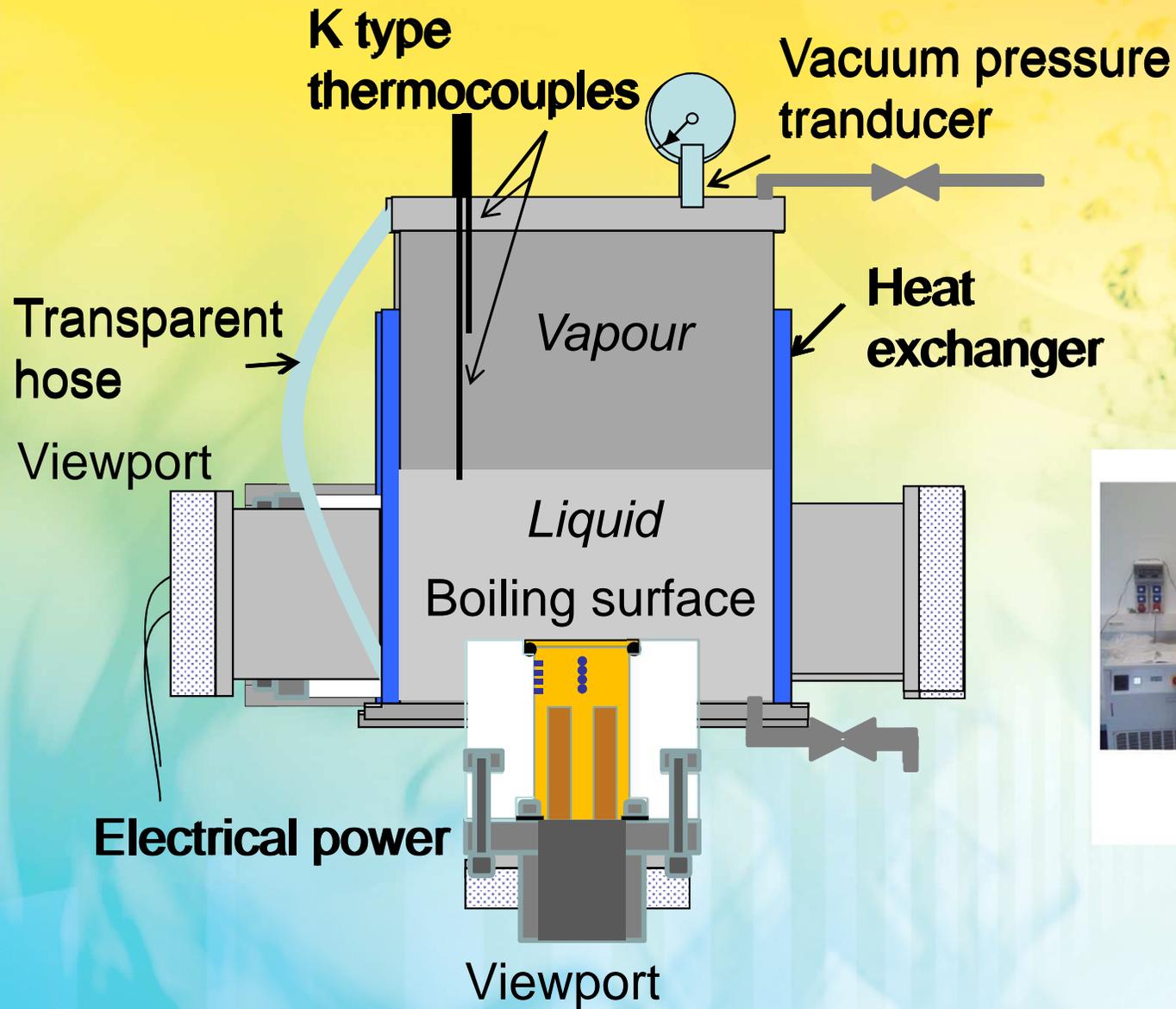
# Contexte – Evaporateurs ad/absorption

- Problème:

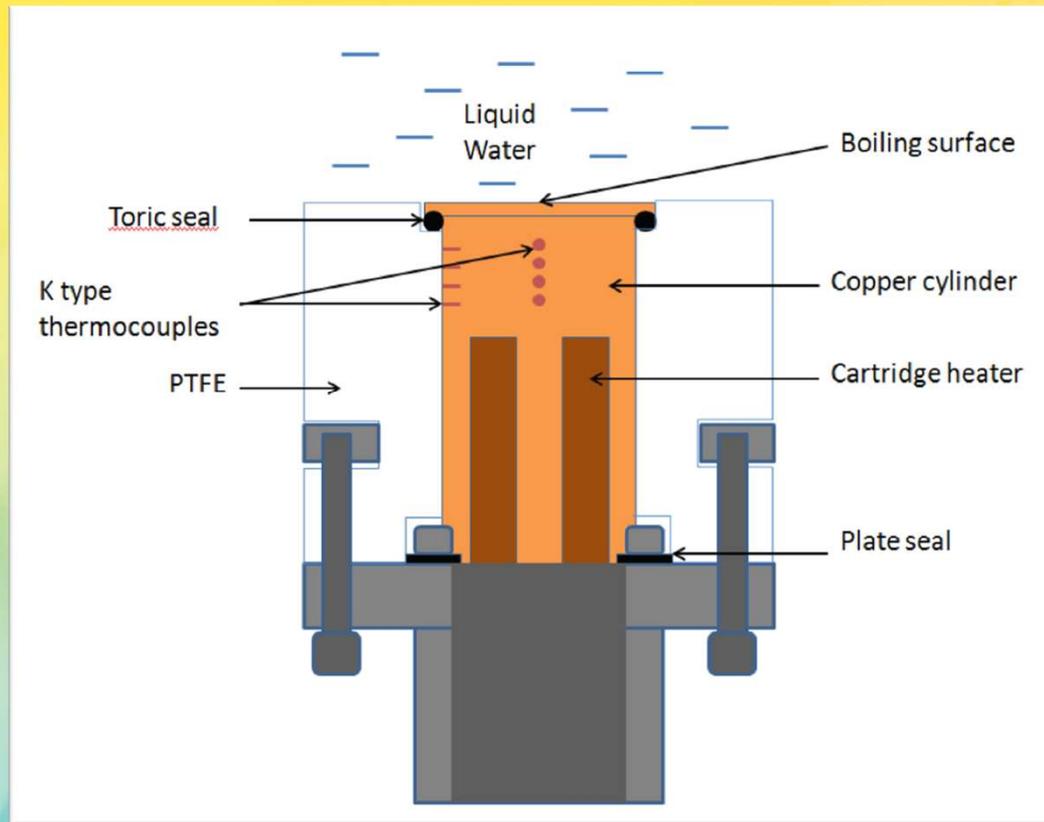
Pour pouvoir optimiser la taille de ces évaporateurs, il faut comprendre les phénomènes physiques qu'il y a derrière

→ 1<sup>ère</sup> étape: Ebullition en vase à basse pression

# Dispositif expérimental



# Echantillon



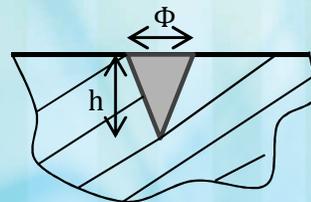
19.6 cm<sup>2</sup> de cuivre poli  
(Ra = 0.4 μm)



Site de nucléation artificiel:

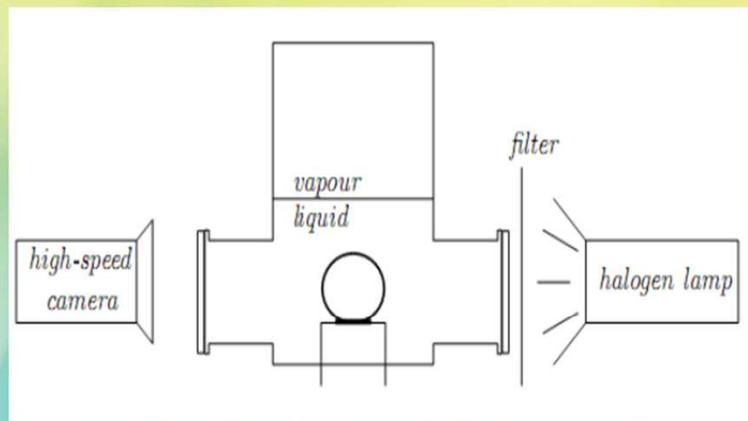
$\Phi = 110 \mu\text{m}$

$h = 73 \mu\text{m}$

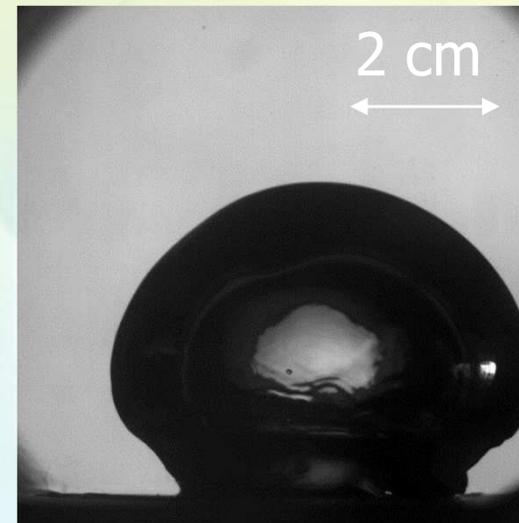
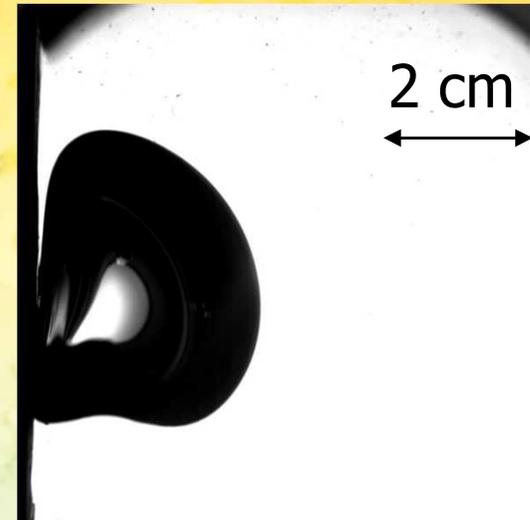


# Dispositif expérimental

Visualisation caméra rapide

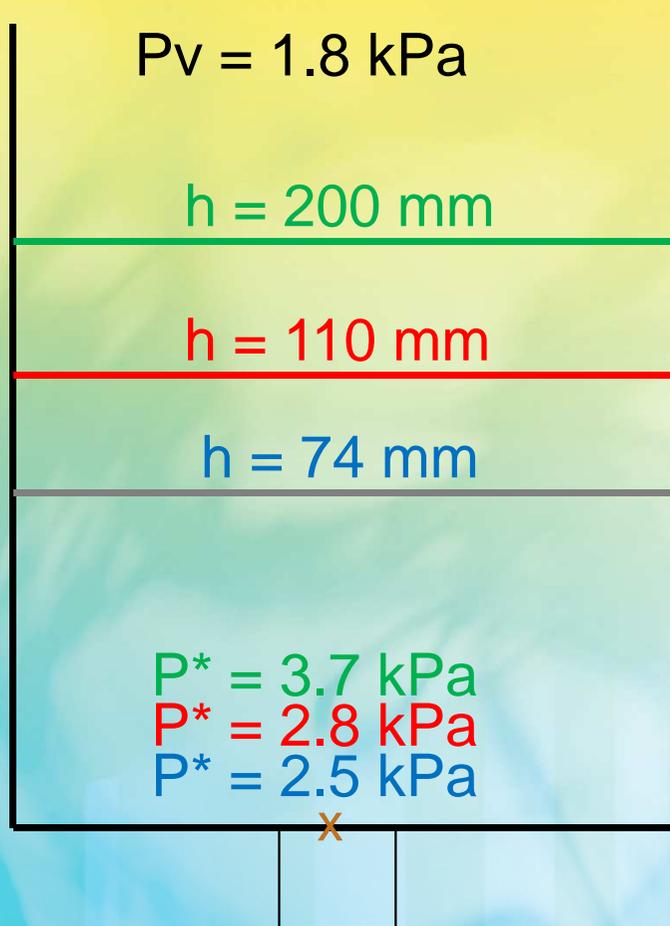


Vertical  
Horizontal



**Tous les résultats suivant sont obtenus/présentés en configuration horizontale**

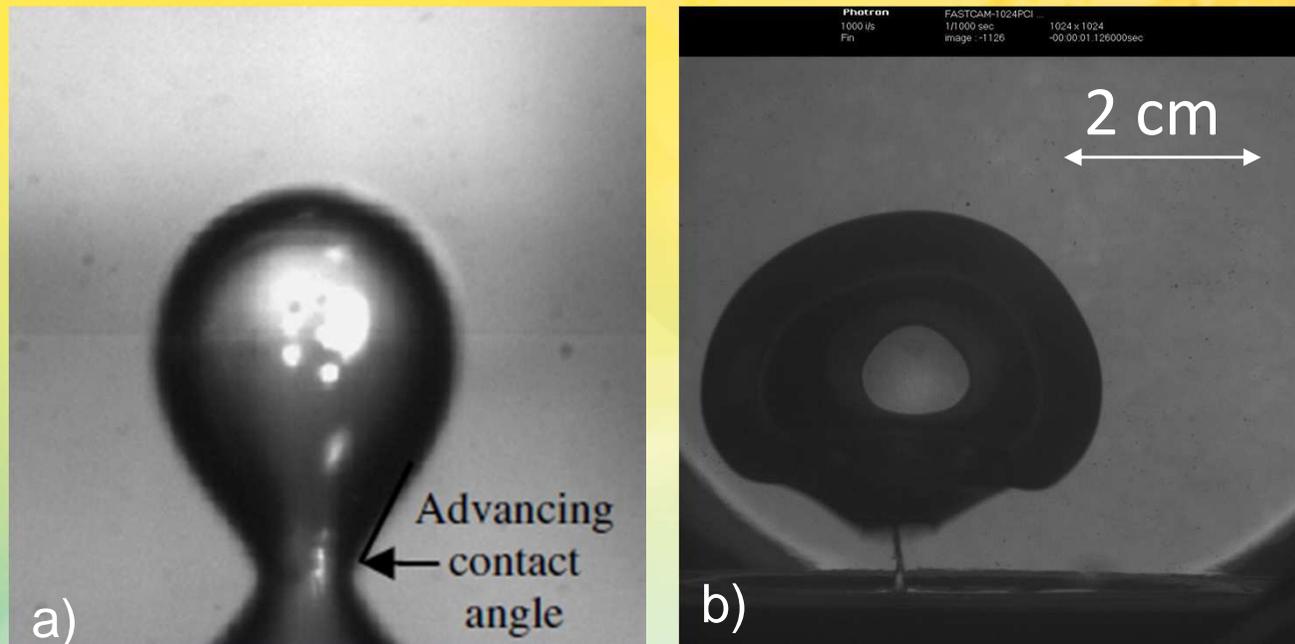
# Inhomogénéité du milieu



La pression hydrostatique est du même ordre de grandeur que la pression du système

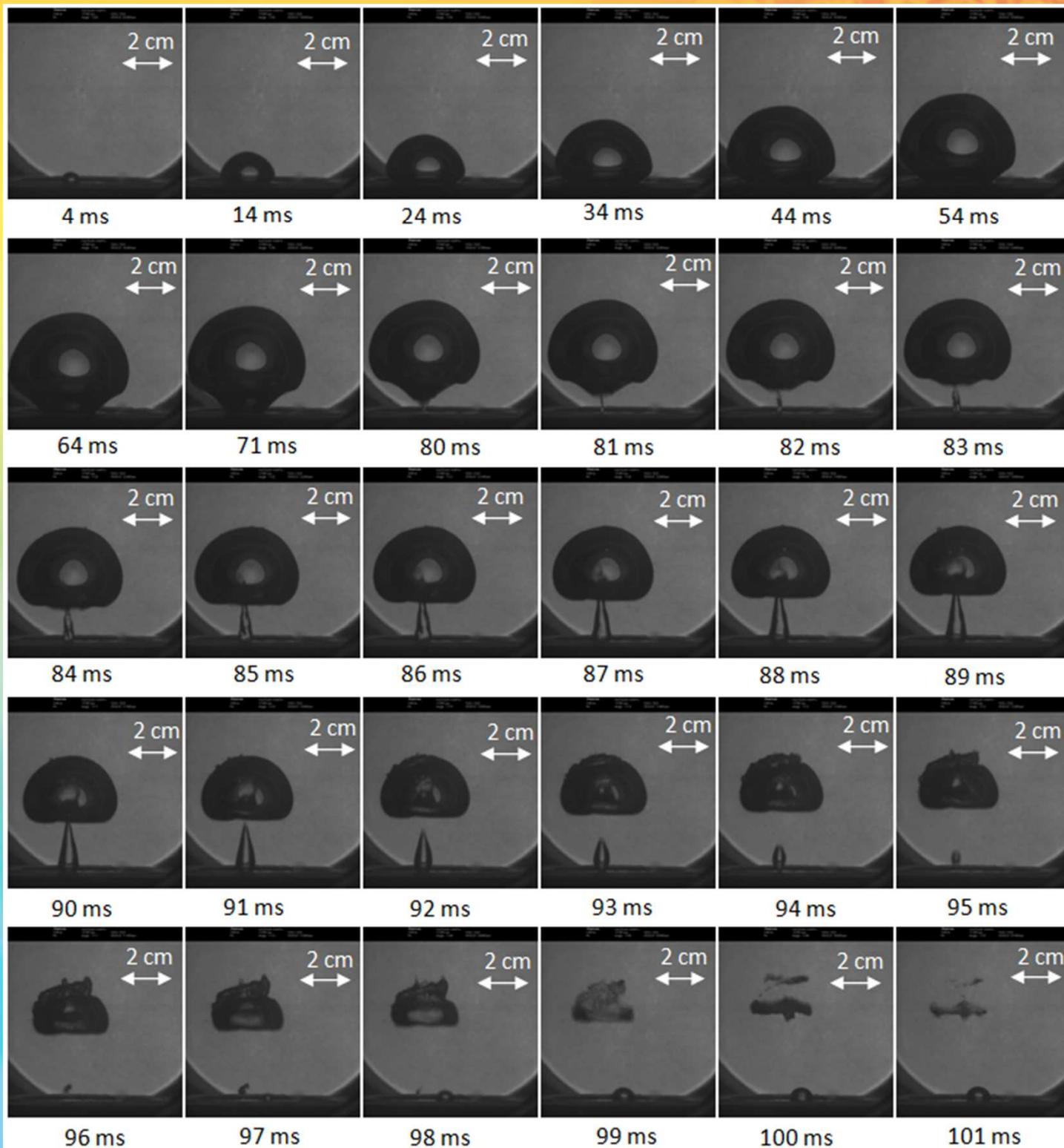
→ Une variation de la hauteur de liquide induit une variation de la pression au niveau de l'échantillon

# Dynamique de croissance de bulles



*Bubble shape and size during water pool boiling at a) 100 kPa obtained by Mukherjee (2003) and cited by Mukherjee and Kandlikar (2007); b) 1.2 kPa and  $6.27 \text{ W.cm}^{-2}$  obtained during our experiments*

- Forme de sphéroïde aplatie → caractéristique d'un gradient de température
- Bulles de taille centimétrique → rapport des forces appliqué à la bulle différent de celui appliqué à  $P_{\text{atm}}$



➤  $t < 5$  ms : bulle hémisphérique puis forme d'une sphéroïde aplatie

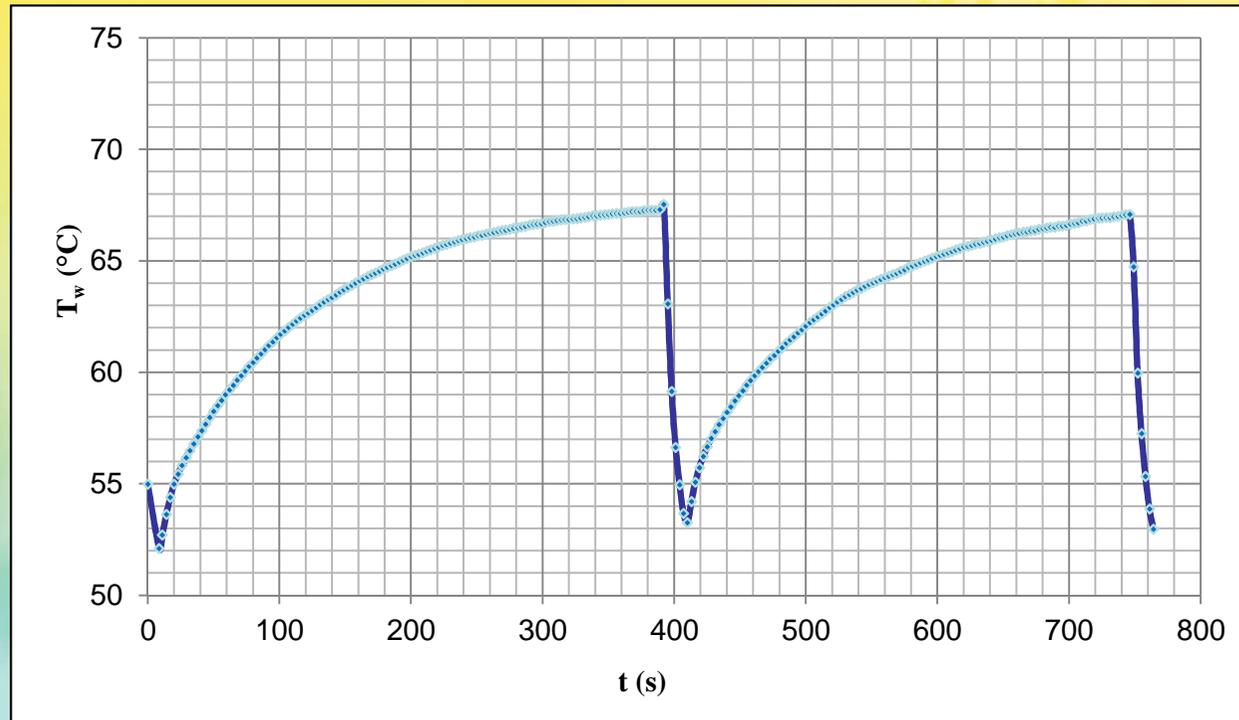
➤ Présence d'un jet de liquide suite au détachement de la bulle pénétrant à l'intérieur de celle-ci

➤ Croissance d'un germe de vapeur surchauffé facilitée par la dépression créée par le jet de liquide

➤ Condensation de la bulle et du germe de vapeur

# Etude thermique

$h_l=200\text{mm}$



*Wall temperature fluctuations for  $6.0 \text{ W.cm}^{-2}$  and  $1.2 \text{ kPa}$ ;*

- Fortes surchauffes pariétales à BP dues à la présence de 'crises d'ébullition', crises caractérisées par un long temps d'attente (augmentation de la température) puis au détachement d'un multitudes de bulles de différentes tailles

# Conclusion

- Mise en évidence des principales différences entre ébullition de l'eau à haute et basse  $Pr$  :
  - Bulle de taille centimétrique ayant une forme de sphéroïde aplatie voire, après le détachement, de champignon (jet de liquide/ germe de vapeur)
  - Présence pour certains flux et certaines surchauffes de zones de fortes fluctuations pariétales

# Conclusion

- Conséquences sur la conception de l'évaporateur à plaques:
  - Risque d'assèchement rapide de la paroi dû à la taille des bulles
  - Risque de fatigue du matériau due également aux fortes fluctuations de la surchauffe pariétale
  - Eviter au maximum les zones de faible coefficient d'échange correspondant également aux zones de fortes fluctuations pariétale



**Merci !**