

Etude par ombroscopie du phénomène de bullage à la surface d'un échantillon de PMMA lors de sa dégradation thermique

N. Rutard^a, A. Coppalle^a, J. Yon^a, FX. Ouf^b

a : laboratoire CORIA

b: IRSN

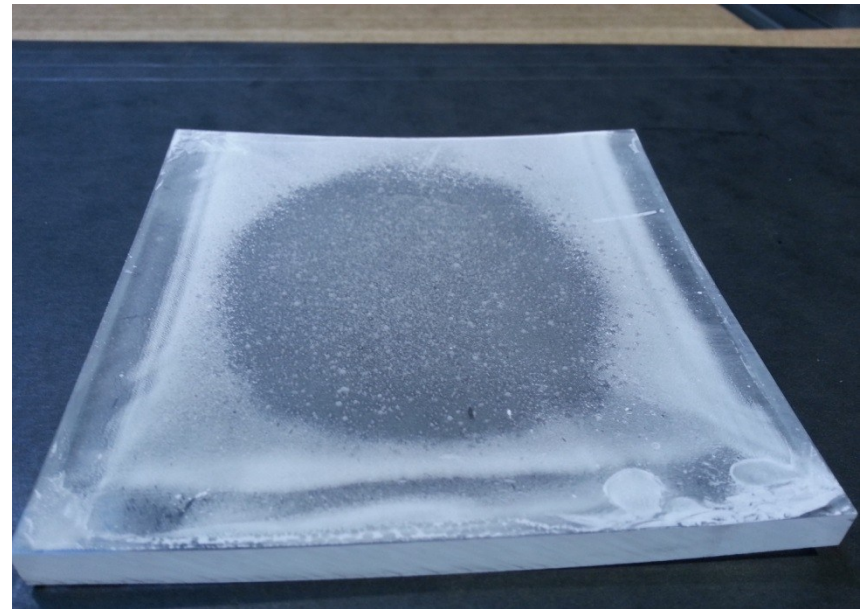
- I. Le phénomène de bullage
- II. Dispositif expérimental et méthodes
- III. Analyse des résultats par ombroscopie
- IV. Mesure de la vitesse d'éjection
- V. Conclusions

Le phénomène de bullage

- Si un matériau est soumis à un flux thermique important:
====> échauffement et dégradation
====> Souvent observé: le développement de bulles à la surface



Echantillon de PMMA
sous un cône chauffant



Aspect de l'échantillon après exposition

Le phénomène de bullage

Rôle du bullage:

- Participe à la vaporisation et de l'éjection de matière de la surface exposé
- Contribue à la mise en suspension d'aérocontaminants
(ex: feu des boites à gant dans les installations nucléaires)



L'objectif de l'étude:

Analyse du mécanisme de bullage à la surface d'un échantillon de polymère solide

Pendant les premiers instants avant l'ignition

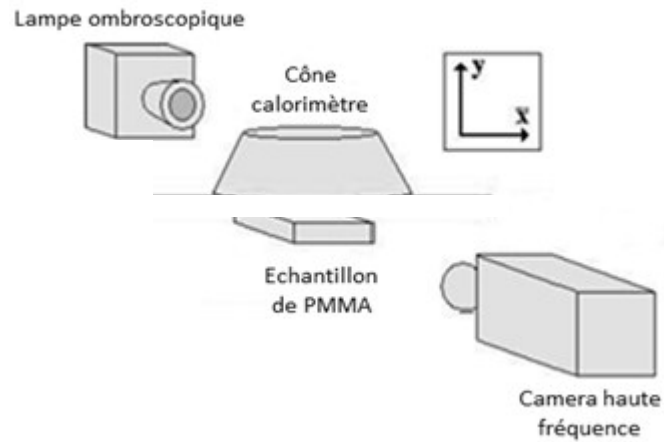
Pour étudier la dynamique de formation et d'éclatement des bulles,
une visualisation par ombroscopie a été développée.

Choix du polymère :PMMA,

matériau des boites à gants

-le processus de bullage est important.

Dispositif expérimental et méthodes



Dispositif expérimental et méthodes

modèle FASTCAM SA1.1, marque Photron



Tests	Méthode d'acquisition	Fréquence d'acquisition (kHz)	Résolution (pixel ²)	Champs observés (mm ²)	Résolution (μm/pixel)
5	<u>Ombroscopie</u>	1	1024 * 512	20 * 10	19.98
6 à 20	<u>Ombroscopie</u>	4	640 * 368	12.5 * 6.25	19.98

Dispositif expérimental et méthodes

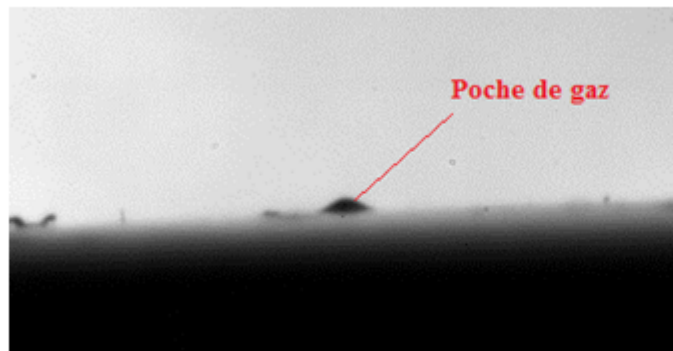
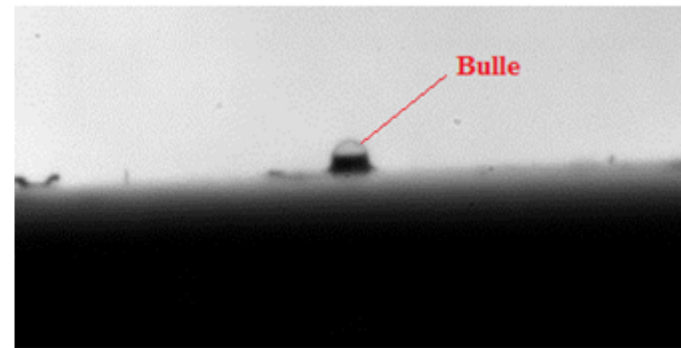
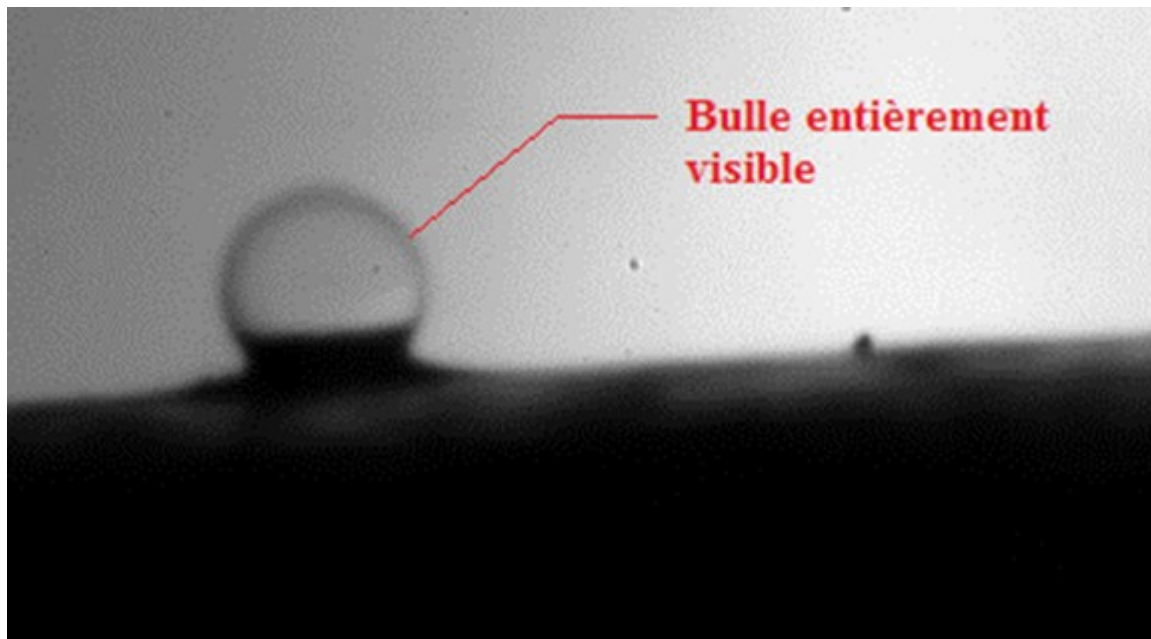


Photo d'une poche de gaz avant formation de bulle



: Photo d'une poche de gaz ayant formé une bulle

Définition d'une bulle: apparition d'un dôme transparent.
Avant cela, le dôme est opaque et difficilement mesurable manuellement.



- video d'une séquence montrant l'apparition d'une bulle

Bullage-PMMA

Attention: La séquence dure en tout 22ms

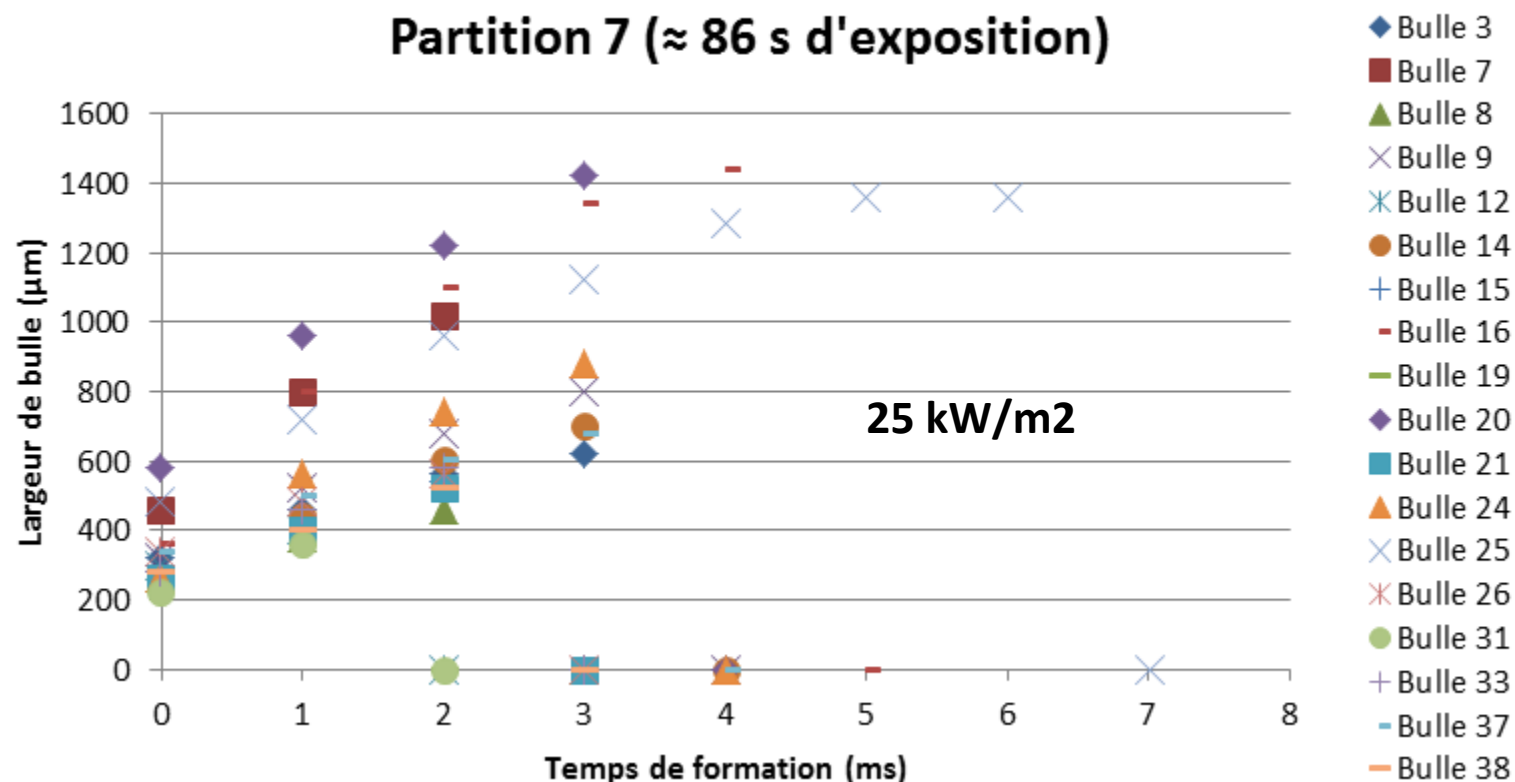
Analyse des résultats ombroscopiques

- Evolution de la taille des bulles en fonction du temps.
 - Evolution de la taille maximale des bulles en fonction du temps d'exposition.
 - Densité de bulle en fonction du temps d'exposition.
- ➔ Méthode automatisée de détection et de calcul du diamètre

Analyse des résultats ombroscopiques

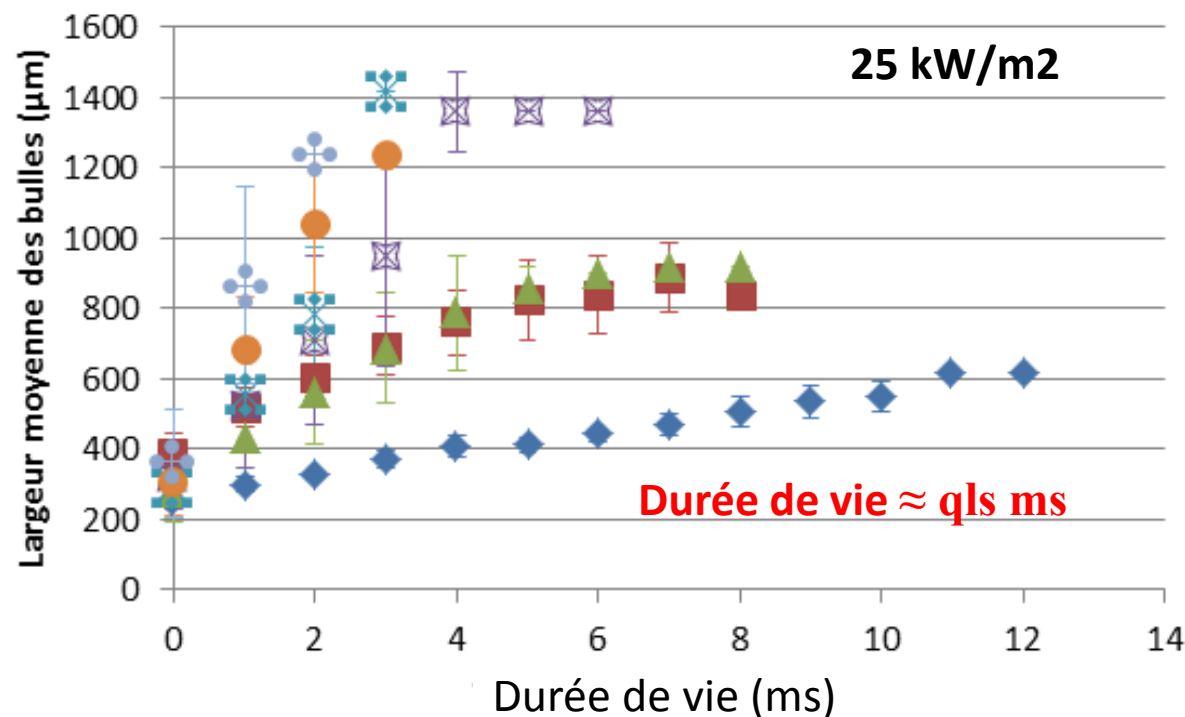
- Evolution de la taille des bulles en fonction du temps.

Largeur de bulle en fonction du temps de formation - Partition 7 (≈ 86 s d'exposition)



Analyse des résultats ombroscopiques

- Evolution de la taille moyenne des bulles en fonction du temps



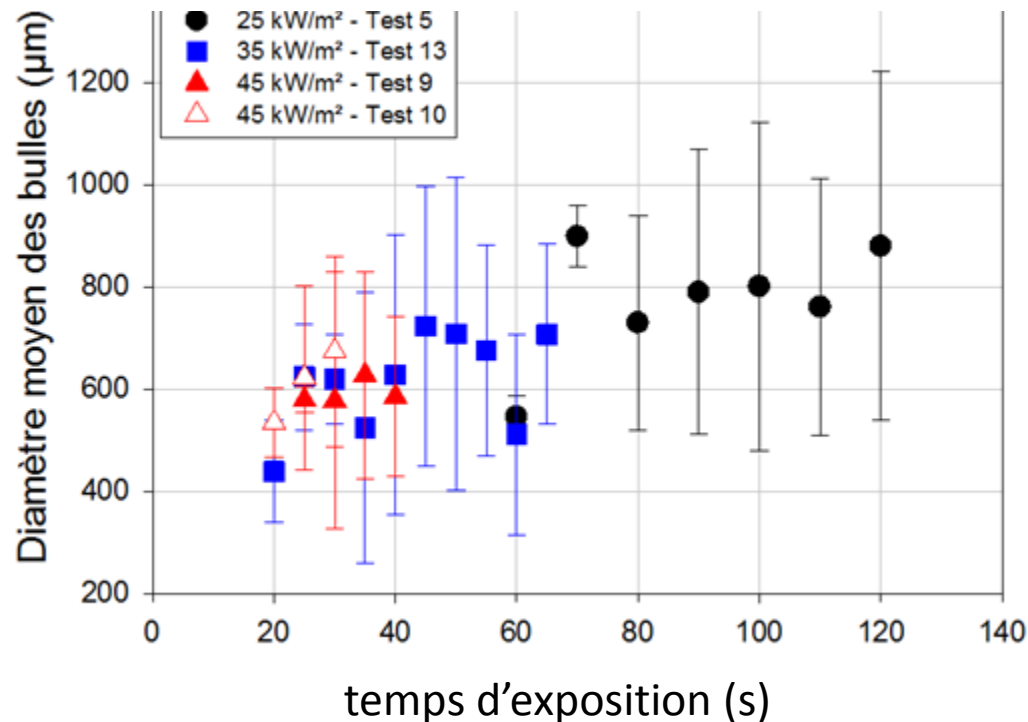
temps d'exposition

- ◆ Partition 4 moyennée $\approx$ 53 s
- Partition 5 moyennée $\approx$ 64 s
- ▲ Partition 6 moyennée $\approx$ 75 s
- ⊠ Partition 7 moyennée $\approx$ 86 s
- ⊠ Partition 8 moyennée $\approx$ 97 s
- Partition 9 moyennée $\approx$ 108 s
- ⊕ Partition 10 moyennée $\approx$ 120 s

Si le temps d'exposition $\nearrow$
la durée de vie $\searrow$
la vitesse d'évolution des bulles $\nearrow$

Analyse des résultats ombroscopiques

- Evolution de la taille moyenne des bulles en **fonction du temps d'exposition et du flux**



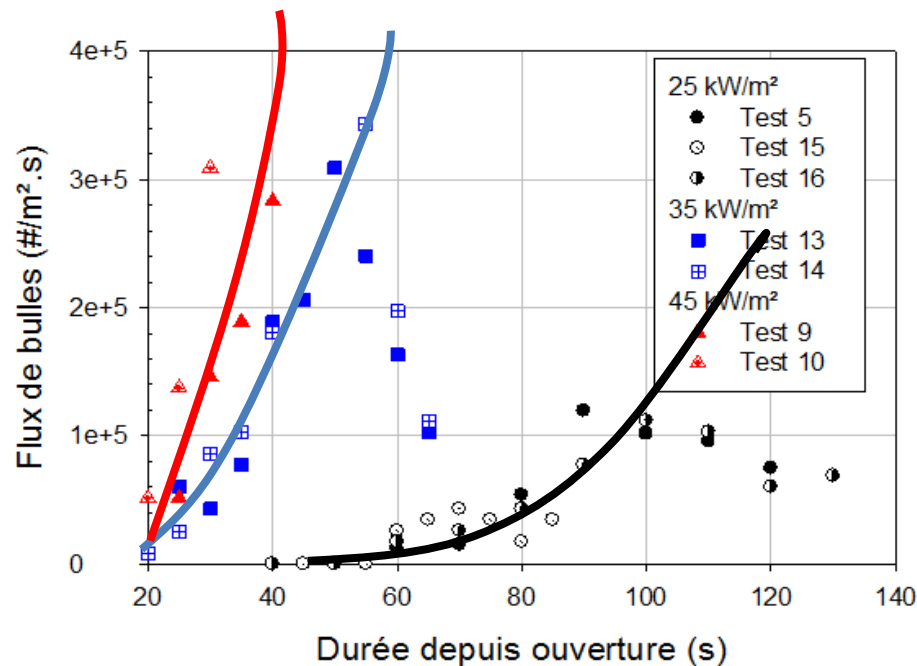
Si le temps d'exposition ↗
taille maximale augmente un peu

Si le flux ↗
taille maximale ↘

la tension de surface diminue ↘ si la température ↗?

Analyse des résultats ombroscopiques

● Flux de bulles en fonction du temps d'exposition



Si le flux reçu ↗

le flux de bulles ↗

Si le temps ↗

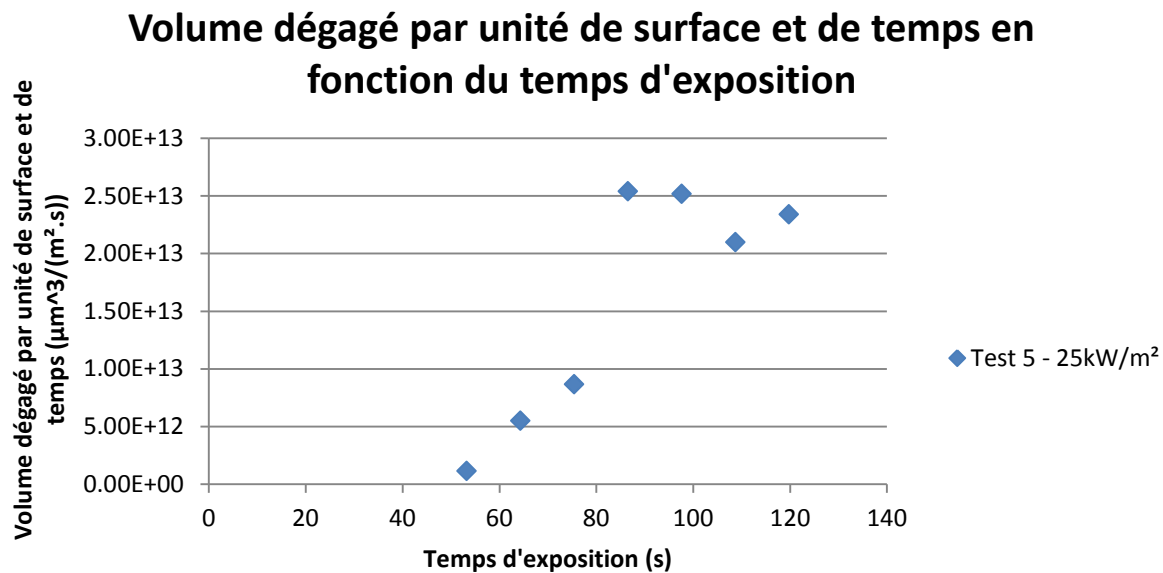
le flux ↗ puis ↘

?????

La perte de masse ↗

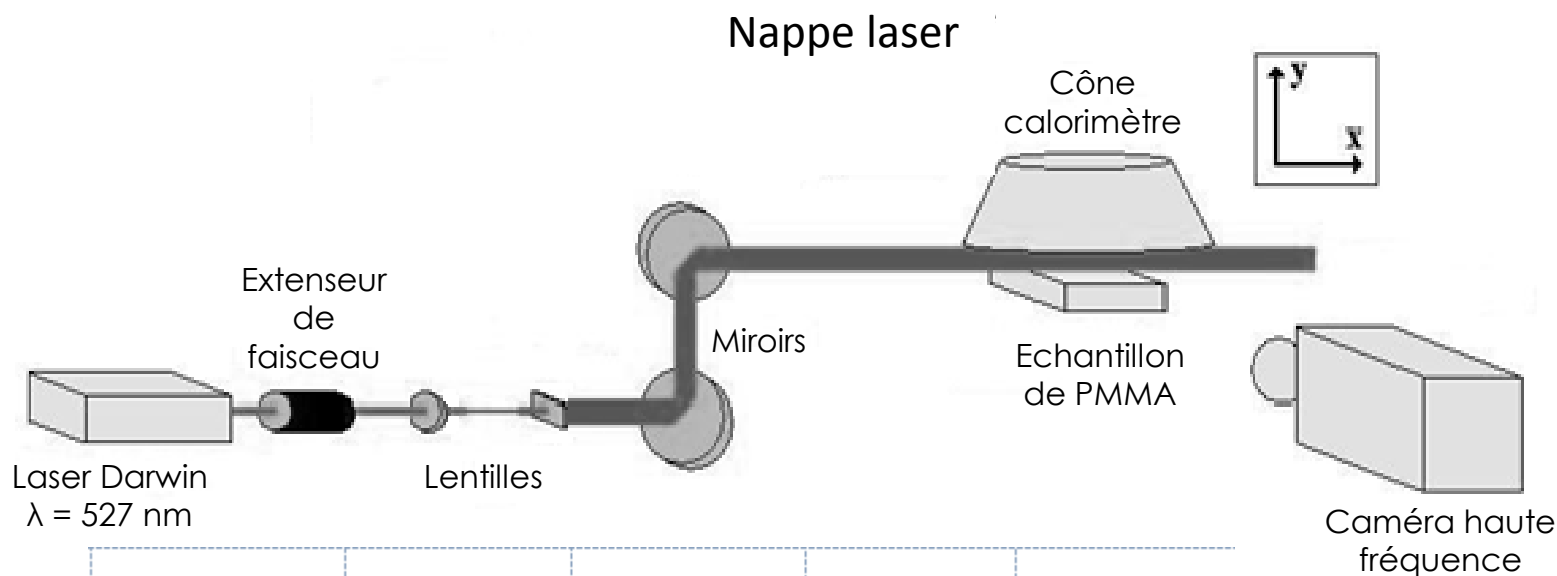
Analyse des résultats ombroscopiques

- Flux de bulles en fonction du temps d'exposition
prise en compte du volume



mesure des vitesses d'éjection

-Dépôt d'une fine couche de particules d'alumine sur la surface du PMMA



Méthode d'acquisition	Fréquence d'acquisition (kHz)	Résolution (pixel ²)	Champs observés (mm ²)	Résolution (μm/pixel)
<u>Ombroscopie</u>	9 (test 32 à 20 kHz)	640 * 368	7 * 4	10.85

- video d'une séquence montrant l'apparition d'une bulle

Bullage-particule-2

Attention:

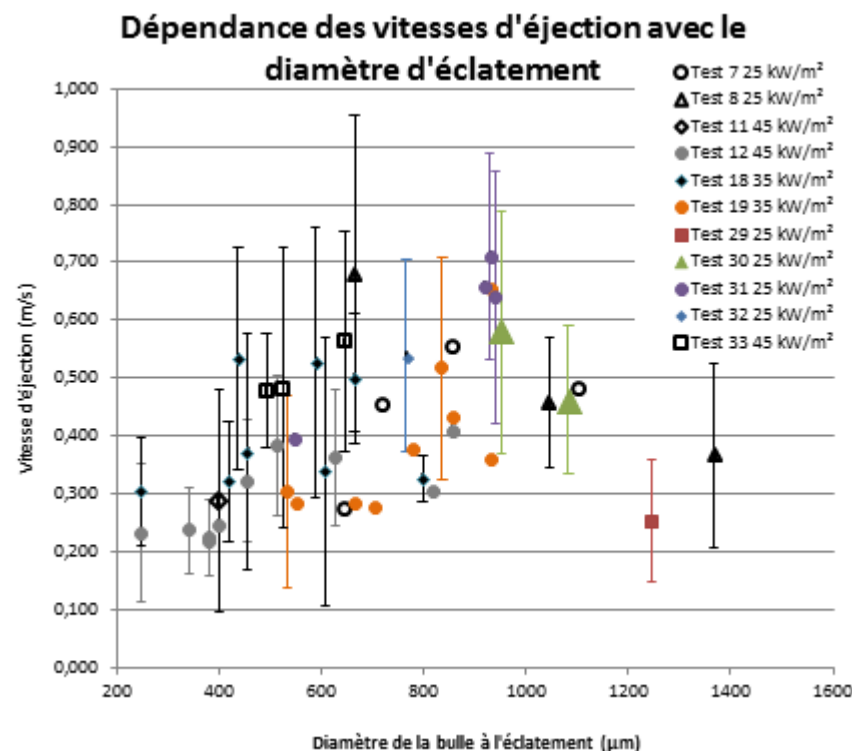
La séquence représente un temps de 5 ms

mesure des vitesses d'éjection

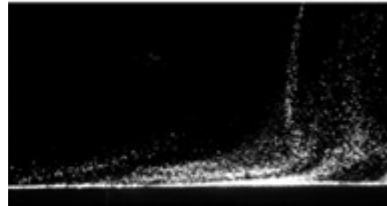
A partir des vidéos

- Recherche de bulles avant éclatement,
- après l'éclatement, recherche de paquets de particules ou de film de polymère éjecté,
- Détermination de leur positions sur des images consécutives,
- Détermination de la vitesse d'éjection

vitesses comprises entre 0.20 et 0.70 m/s
Pas d'influence du flux de chaleur incident.
Légère variation avec le diamètre de bulle.

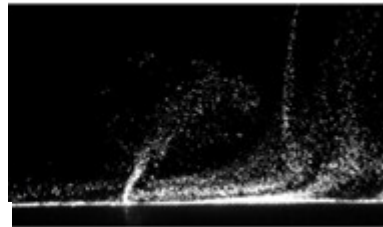


mesure des vitesses d'éjection

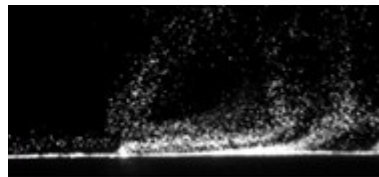


test 25: après environ 132s d'exposition
avec un flux de chaleur incident de 25 kW/m^2 .

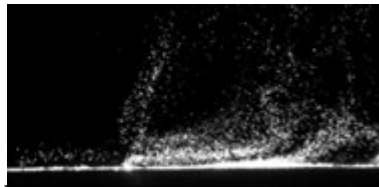
t = éclatement - 1ms



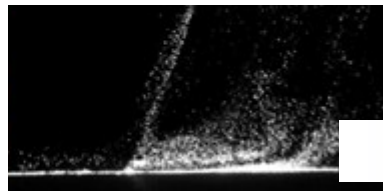
t = éclatement + 1ms



t = éclatement + 3ms



t = éclatement + 5ms



t = éclatement + 7ms

Automatisation de l'analyse

Détection et mesure des bulles (ImageJ) :

- Soustraction
- Seuillage
- Remplissage
- Analyse des objets

Evaluation de la netteté :

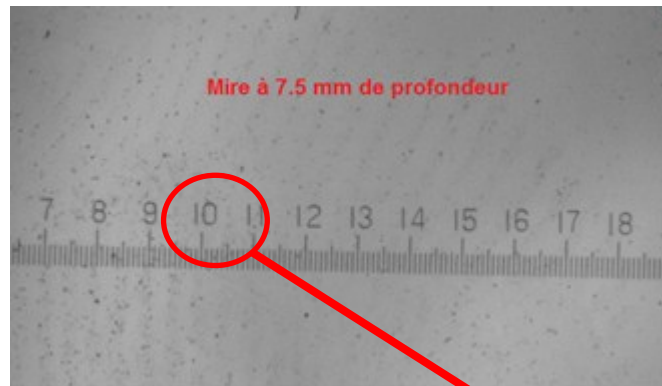
- Extraction des données triées
- Normalisation par division
- Découpe autour des bulles
- Enregistrement des niveaux de gris
- Evaluation des niveaux de gris de chaque bulles

Dispositif expérimental et méthodes

Problème de la netteté et de la profondeur de champs

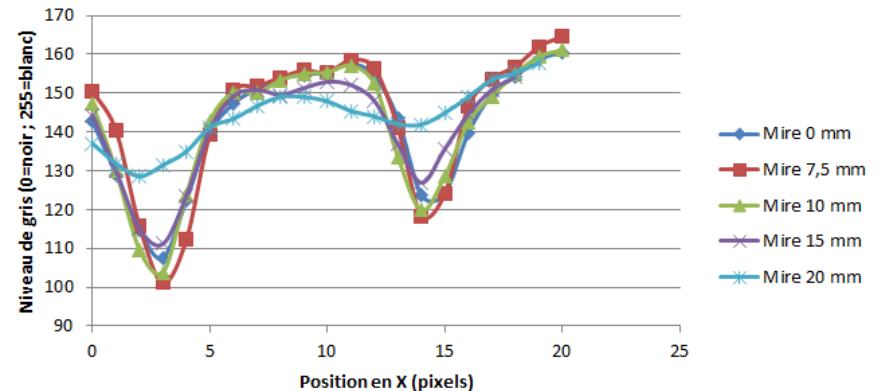
Afin de ne pas prendre en compte les bulles au contour flou:

==> définition d'un critère de netteté



Visualisation d'une mire

Niveau de gris du 0 de la mire en fonction de l'axe X pour différentes profondeurs

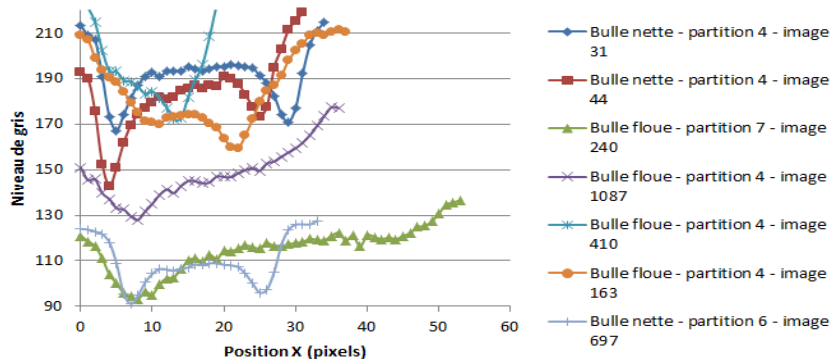


définition d'un critère de netteté: contraste

Objet dont la taille et la forme sont équivalent à une bulle

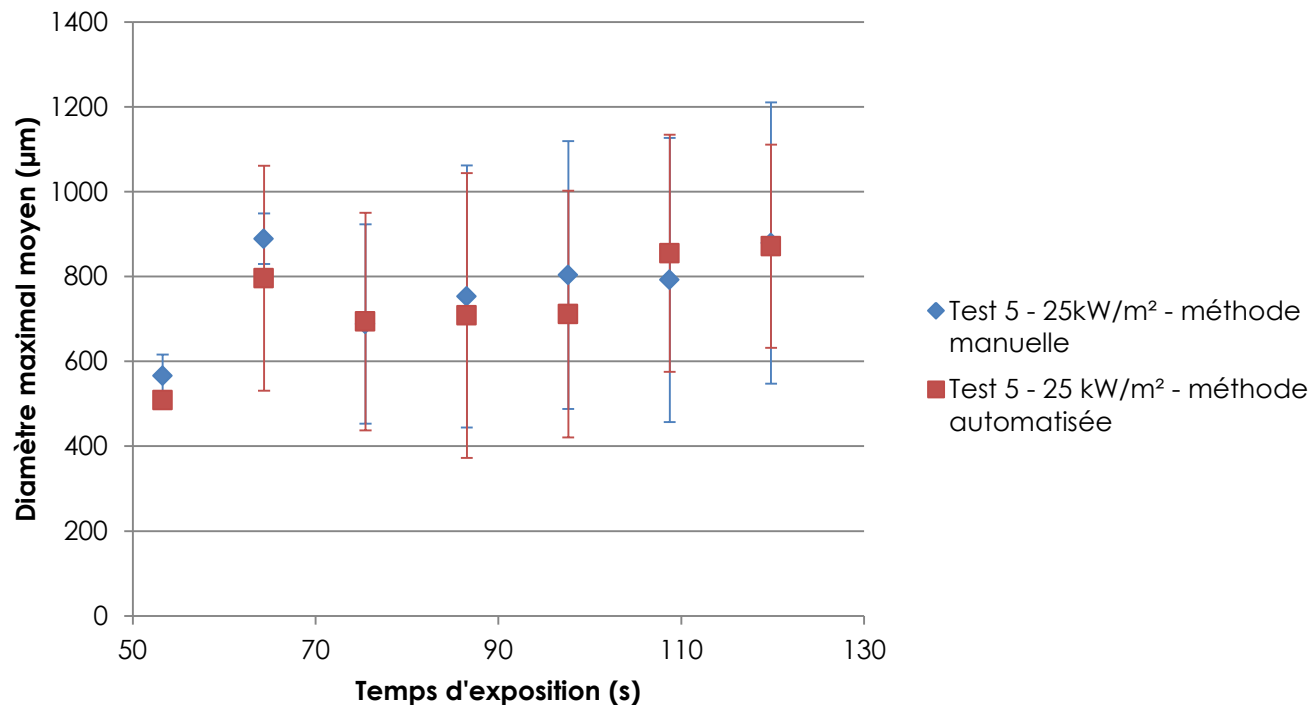
Profondeur de champs = 15mm

Niveau de gris de plusieurs bulles nettes et floues



Validation de la méthode (2)

Diamètre maximal moyen des bulles en fonction du temps d'exposition



Conclusions

- Premier résultats

Durée de vie des bulles $\approx$ qls ms

diamètre avant éclatement: 1000 μm max

Si le temps d'exposition $\nearrow$

la durée de vie $\searrow$

la vitesse d'évolution des bulles $\nearrow$

Si le flux $\nearrow$

taille maximale $\searrow$: variation de la tension de surface avec T?

Si le flux reçu $\nearrow$

le flux de bulles $\nearrow$

Si le temps d'exposition $\nearrow$

le flux $\nearrow$ puis $\searrow$, mais compensation avec le diam^3 $\nearrow$

Conclusions

- la mesure des vitesses d'éjection sur le suivi de particule
vitesses comprises entre 0.20 et 0.70 m/s
vitesse > écoulement général au dessus de l'échantillon
- Développement d'une méthode de mesure automatisée
premiers résultats concluants
à poursuivre
- Poursuivre avec la μ -PIV rapide