



Dynamique d'un plasma induit par laser : imagerie par gradient d'indice

Aurélien Favre, Arnaud Bultel, Saïd Idlahcen, Gilles Godard

► To cite this version:

Aurélien Favre, Arnaud Bultel, Saïd Idlahcen, Gilles Godard. Dynamique d'un plasma induit par laser : imagerie par gradient d'indice. Journées LIBS, Nov 2017, Saint-Etienne du Rouvray, France. hal-03011839

HAL Id: hal-03011839

<https://hal.science/hal-03011839v1>

Submitted on 18 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

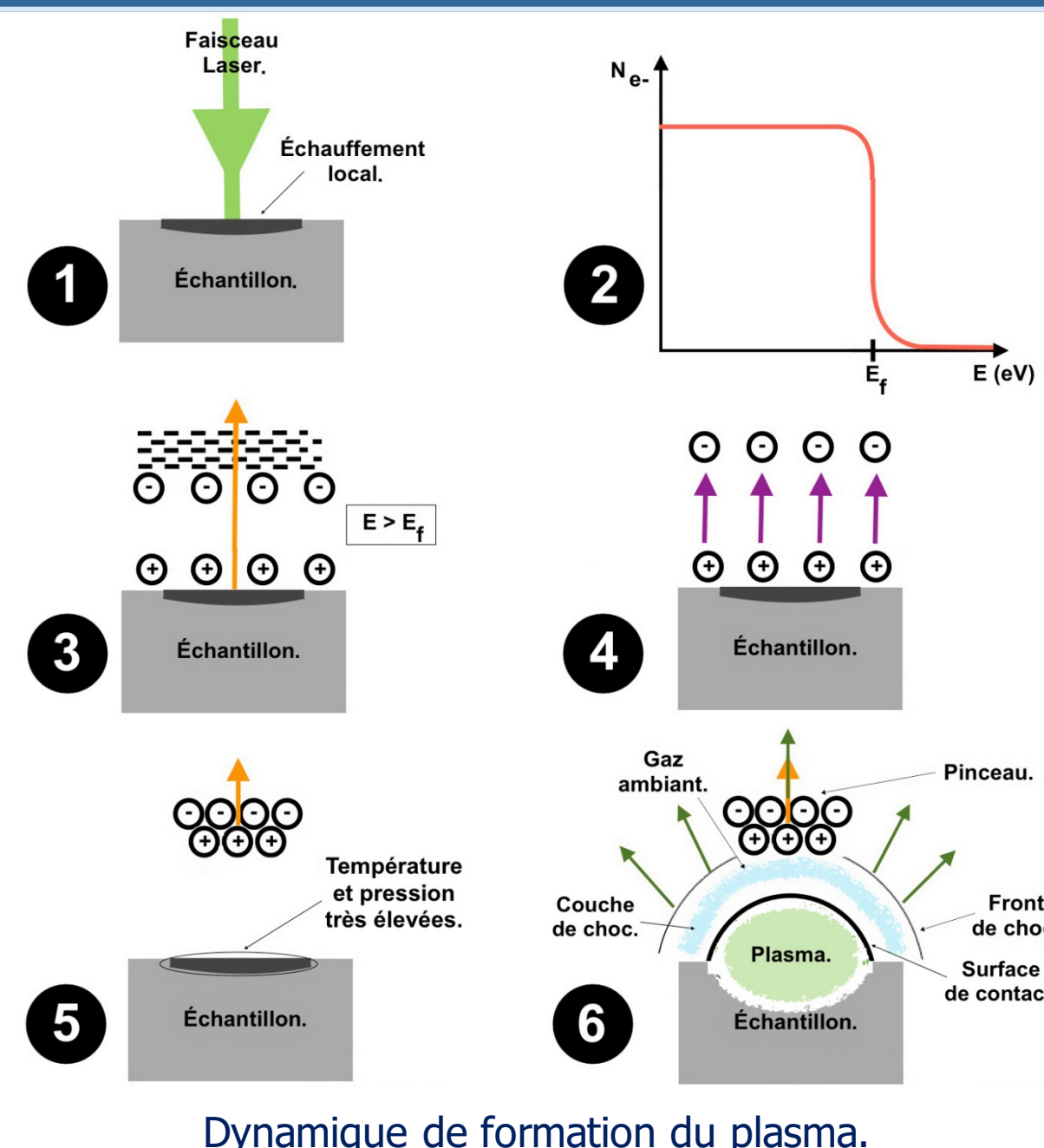
Dynamique d'un plasma induit par laser : imagerie par gradient d'indice.

Aurélien FAVRE¹, Arnaud BULTEL^{1,‡}, Saïd IDLAHCEN¹ et Gilles GODARD¹

¹ CORIA, UMR CNRS 6614, Université de Rouen, 76801 Saint-Etienne du Rouvray, FRANCE

‡ arnaud.bultel@coria.fr

INTRODUCTION & OBJECTIFS.



Dynamique de formation du plasma à la surface de l'échantillon en régime picoseconde.

1. L'arrivée du faisceau laser entraîne une augmentation de l'agitation thermique et donc un échauffement local.
2. Pour des niveaux énergétiques supérieurs à l'énergie de Fermi (E_f), l'attraction électrostatique des lourds n'est plus suffisante pour retenir les électrons.
3. Une polarisation est alors induite laissant la surface de l'échantillon globalement chargée positivement.
4. Les cations sont alors simultanément repoussés de la structure et attirés par le nuage électronique fuyant la surface.
5. Les phénomènes 1,2,3,4 se déroulent sur des échelles de temps très courtes (de l'ordre de 10^{-9} s), il en résulte un état thermodynamique hors équilibre.
6. Afin de gagner en stabilité, une détente du système intervient...

Phénomènes induits et conséquences.

Cette détente est assez violente pour :

- engendrer une expulsion locale de matière (de l'ordre 10^{-10} kg par impulsion)
- choquer le gaz ambiant et provoquer une onde de choc hypersonique ($Ma > 5$).

Observation et mesures.

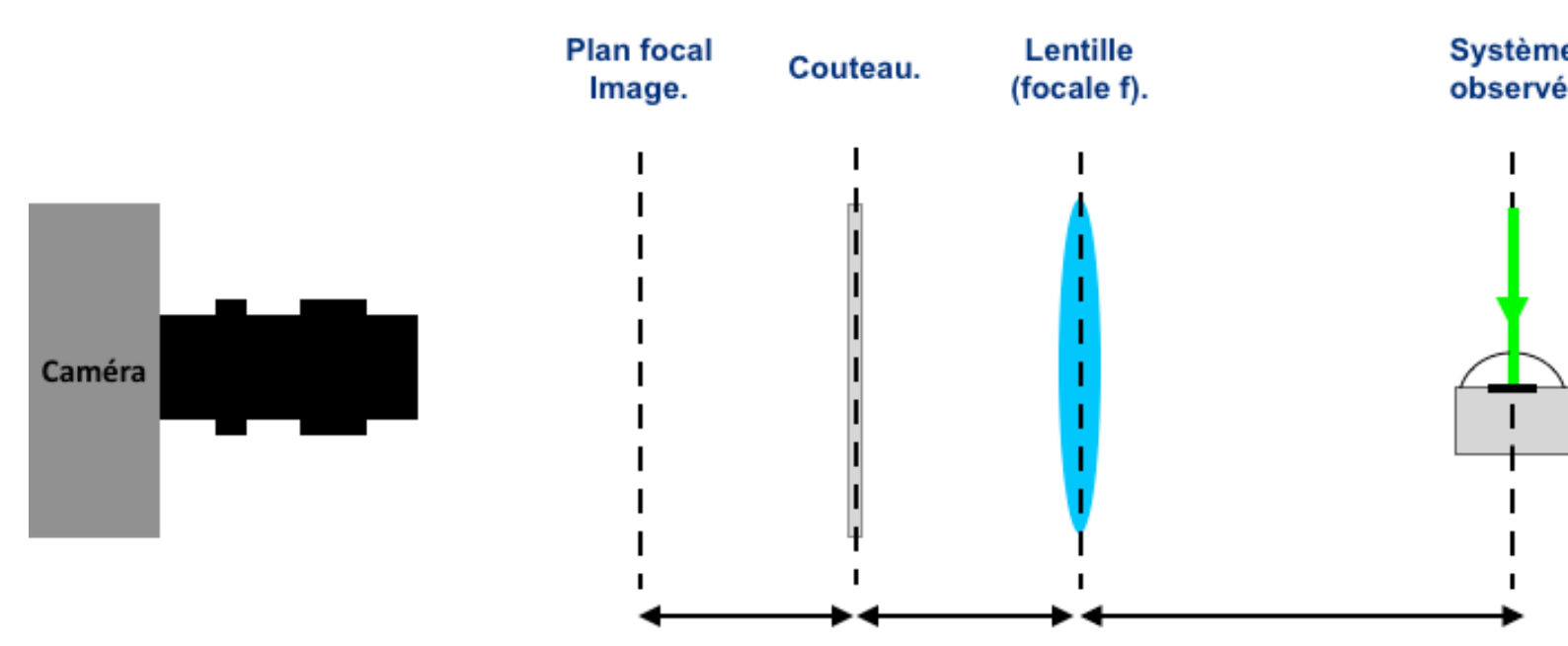
- L'ablation résultant des impulsions sur le matériau cible provoque des cratères visibles à l'œil nu. Des mesures de profondeurs et de rayons sont possibles par les moyens optiques traditionnels.
- Nous nous sommes tout particulièrement intéressés à l'onde de choc décrite ci-dessus. Des mesures radiales à différents instants, ainsi qu'une observation par différentes techniques d'imagerie nous ont permis d'obtenir l'évolution de ses célérités au cours du temps.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL.

PRÉSENTATION DE NOTRE PLATEFORME MULTIDIAGNOSTICS : PLEIADES.

La plateforme permet des études de spectres sur plasmas induits par laser (picoseconde ou nanoseconde) pour des longueurs d'onde comprises entre 100 nm et 800 nm et ce dans différents environnements et à différents niveaux de pression.

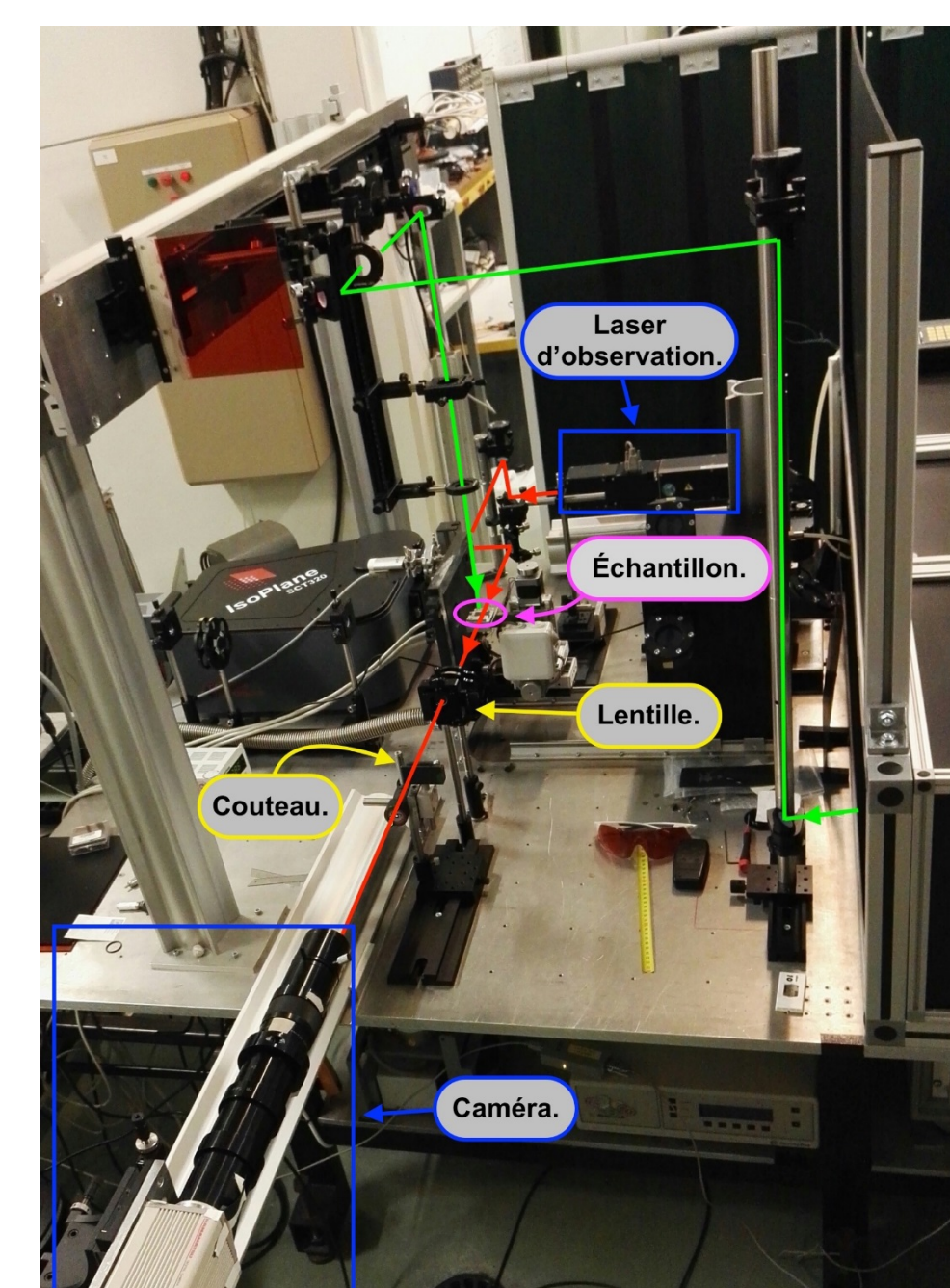
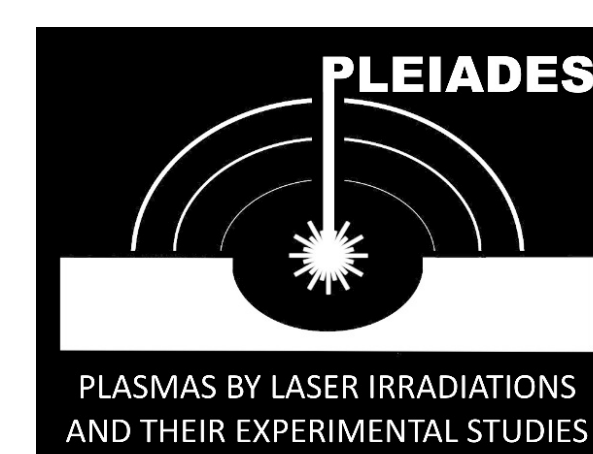
Pour observer l'expansion de l'onde de choc à différents instants, nous avons dû mettre en place un protocole d'observation étalonné en temps. Un montage $2f - 2f$ accompagné d'une caméra rapide et d'un générateur de délais ont permis d'obtenir des images exploitables. L'ensemble des manipulations ont été réalisées avec la source picoseconde ($\lambda = 532$ nm ; 20 mJ ; pol. horizontale) ainsi qu'une lentille de focale $f = 150$ mm.



Dans cette configuration, deux méthodes d'imagerie sont possibles :

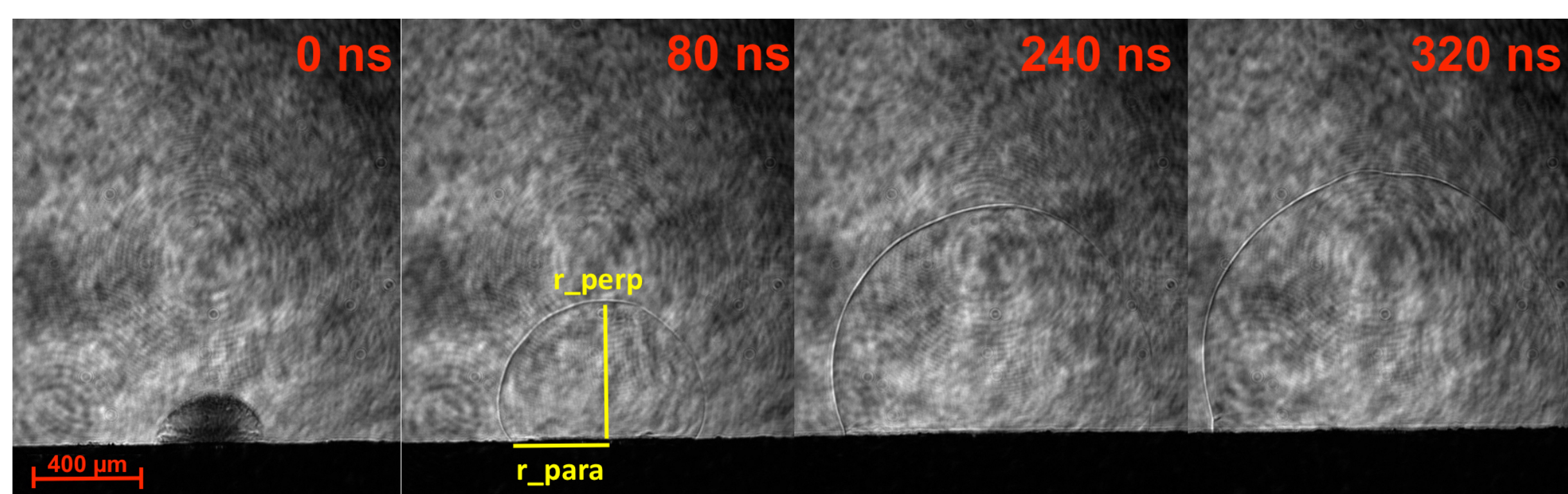
- **SANS** couteau : **OMBROSCOPIE**
- **AVEC** couteau : **IMAGERIE SCHLIEREN.**

L'ombroscopie est une technique beaucoup moins sensible que l'imagerie Schlieren. Certains phénomènes ne sont observables que par imagerie Schlieren, notre étude complète repose donc sur l'imagerie Schlieren. L'ombroscopie nous a permis d'étalonner le montage et de vérifier nos mesures.

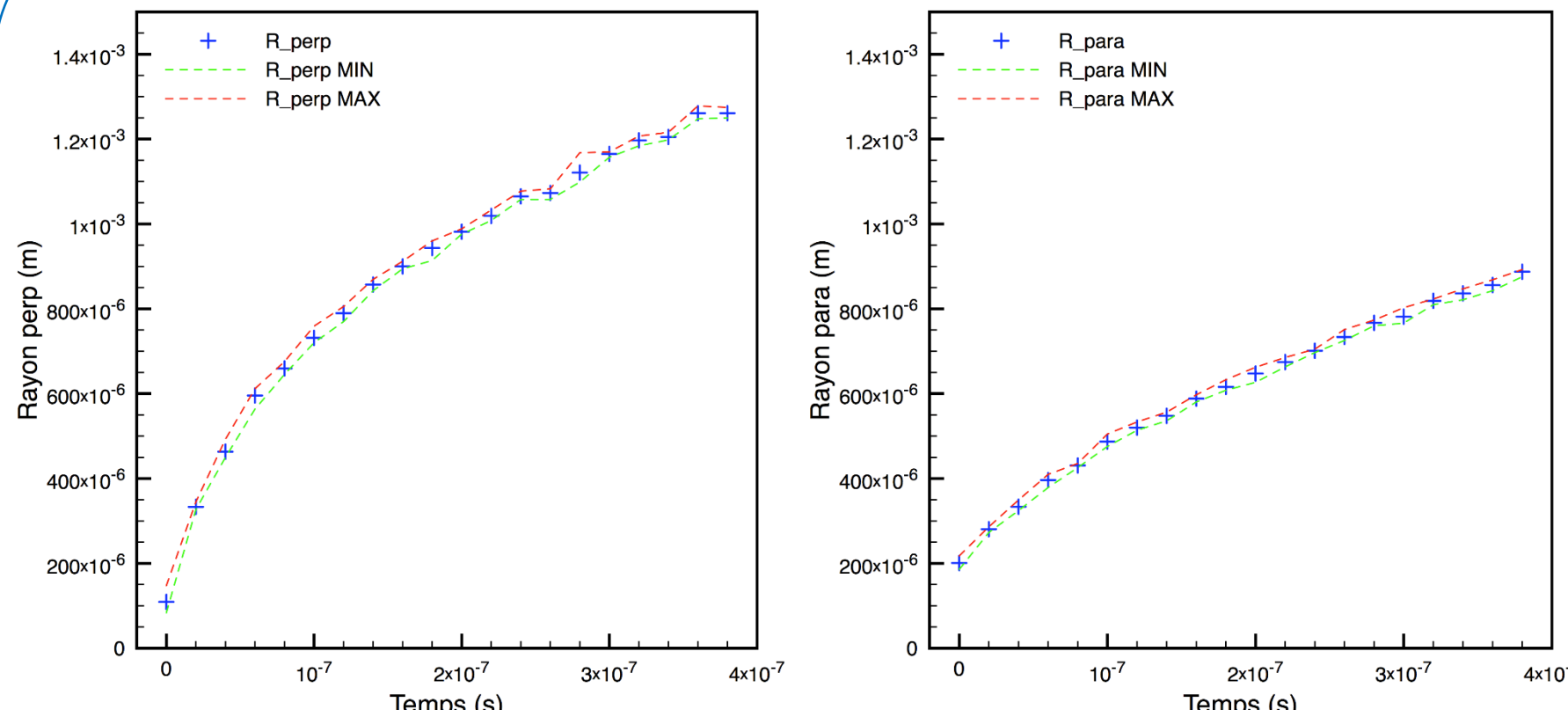


Photographie de la plateforme PLEIADES (dispositif d'imagerie).

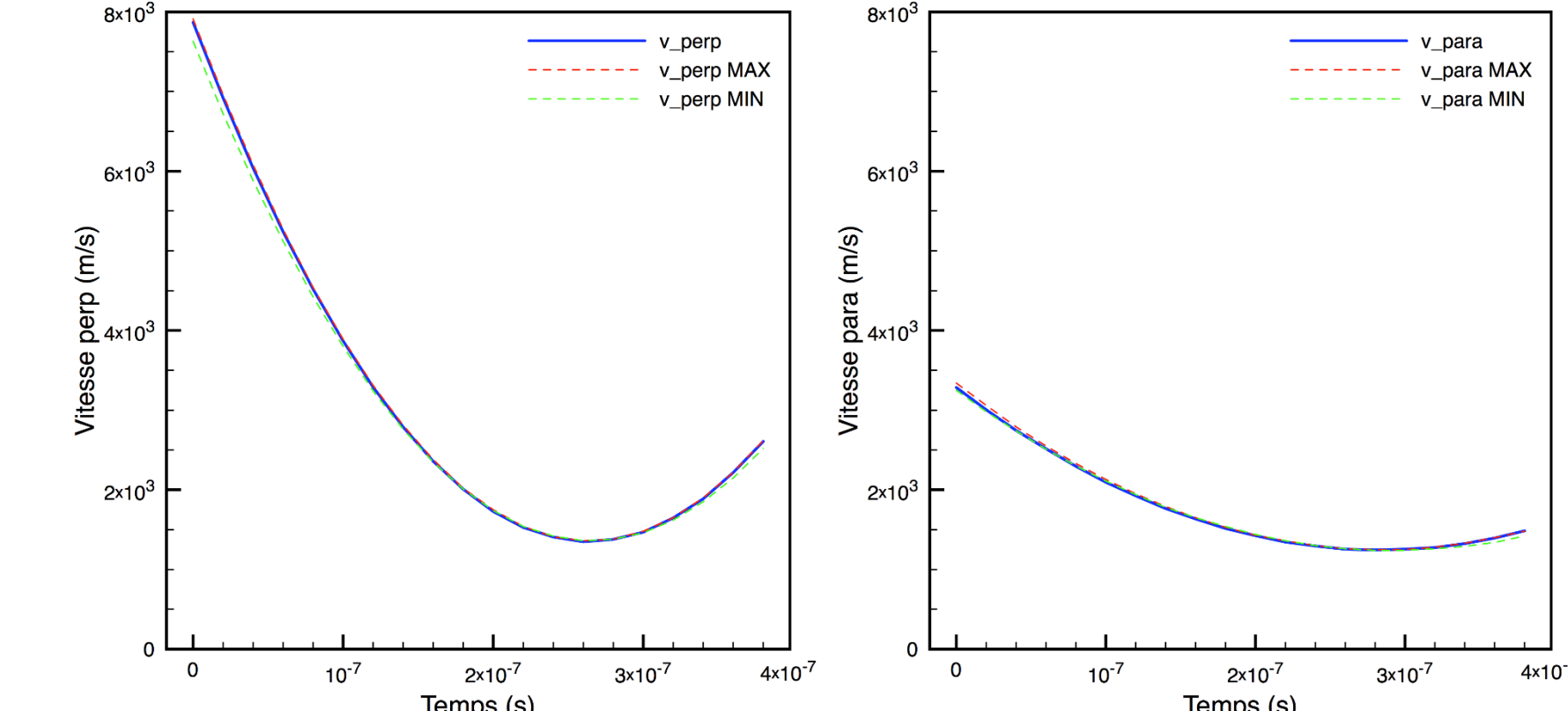
RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.



Clichés de suivi ombroscopiques de l'expansion de l'onde de choc sur un échantillon de tungstène massif dans l'air.

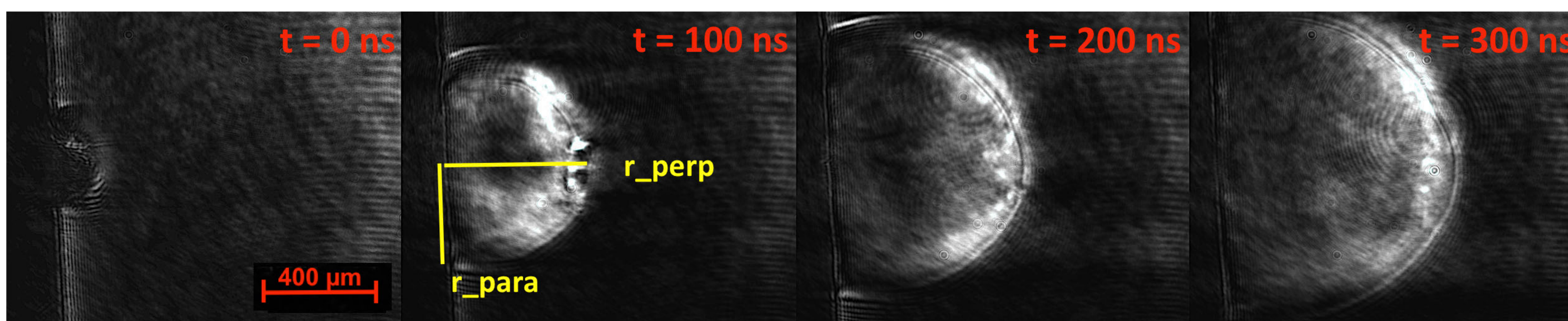


Évolutions des rayons de l'onde de choc au cours de son expansion pour cet échantillon de tungstène massif dans l'air.

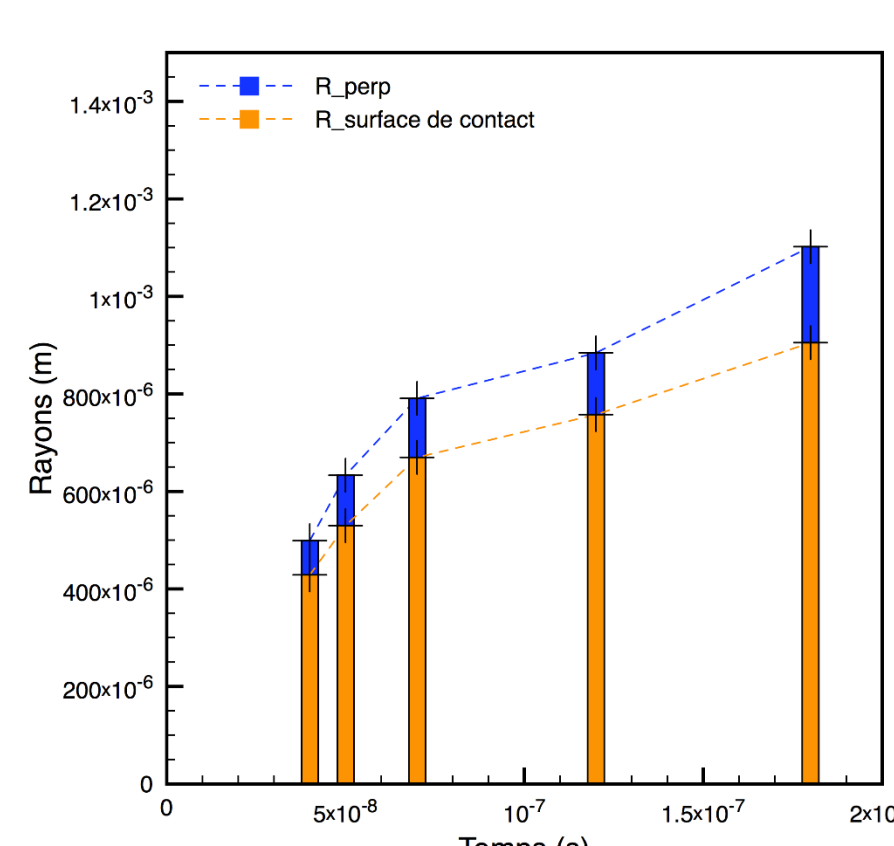


Évolutions des vitesses de l'onde de choc au cours de son expansion pour cet échantillon de tungstène massif dans l'air.

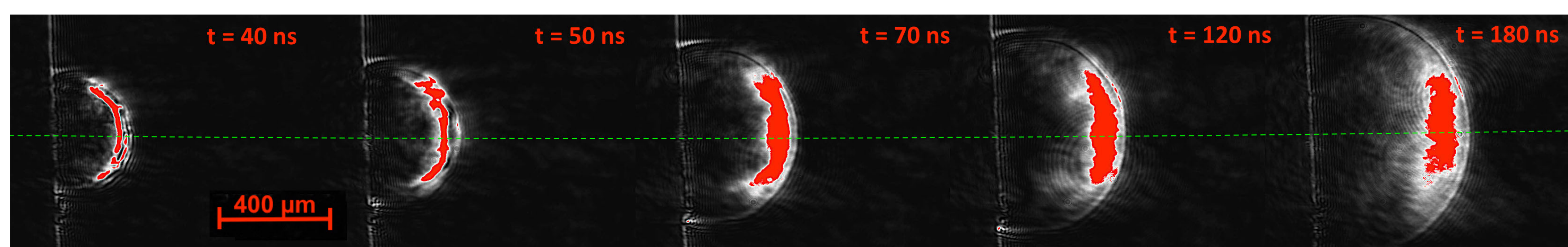
RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.



Clichés de suivi par imagerie Schlieren de l'expansion de l'onde de choc sur un échantillon de tungstène massif dans l'air.



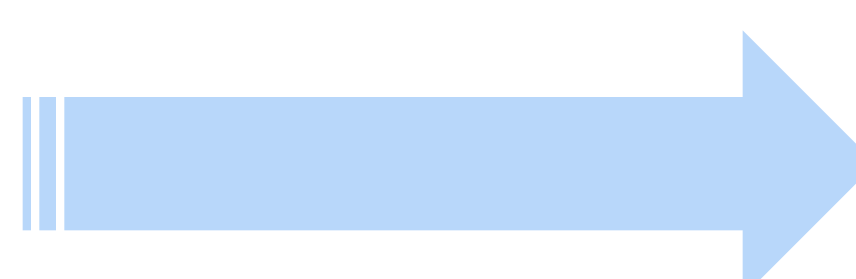
Évolutions radiales de la surface de contact et du front de choc sur un échantillon de tungstène massif dans l'air.



Clichés de suivi par imagerie Schlieren des évolutions radiales de la surface de contact et du front de choc sur un échantillon de tungstène massif dans l'air.

CONCLUSION & PERSPECTIVES.

- Vitesses perpendiculaires et parallèles initiales respectivement de l'ordre de 8.10^3 m.s⁻¹ et 4.10^3 m.s⁻¹ obtenues avec les deux méthodes d'observation.
- Décroissance vers des vitesses soniques : modèle limité aux temps courts ($t < 200$ ns).
- Observation de la différence de célérité de la surface de contact et du front de choc par imagerie Schlieren (conforme aux prévisions d'ECHREM).



- Réaliser ce type d'étude ciblée sur plusieurs matériaux et dans différents environnements gazeux afin d'établir une base de données.
- Améliorer le modèle de calcul de célérité dans l'optique qu'il ne se limite pas seulement aux temps courts.
- Comparaison quantitative des données d'ECHREM et des résultats expérimentaux.