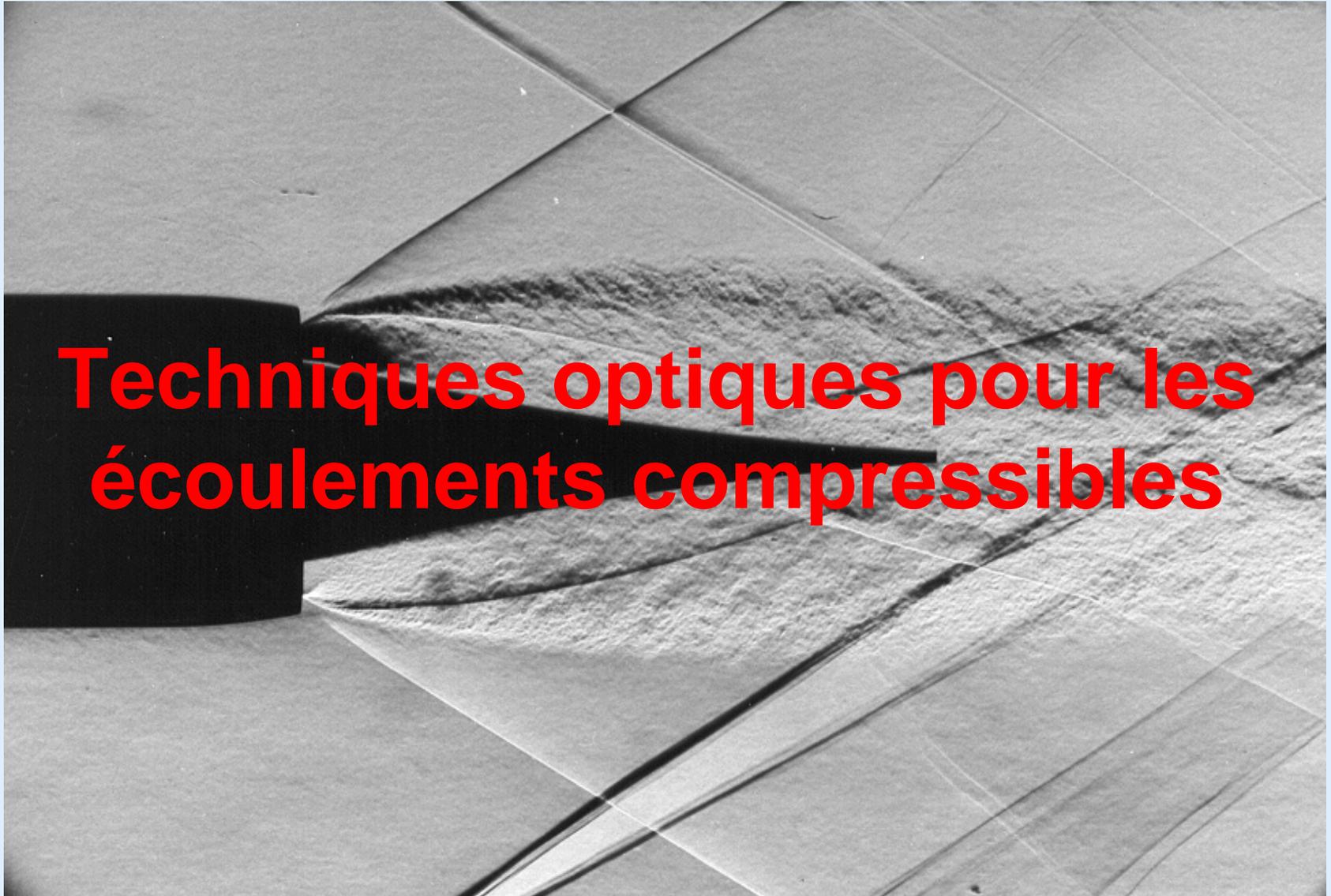


Méthodes de mesure en aérodynamique



Méthodes de mesure en aérodynamique

Visualisation du champ

domaine

écoulements à grande vitesse (du transsonique à l'hypersonique)



expériences en soufflerie, au tunnel de tir

méthode

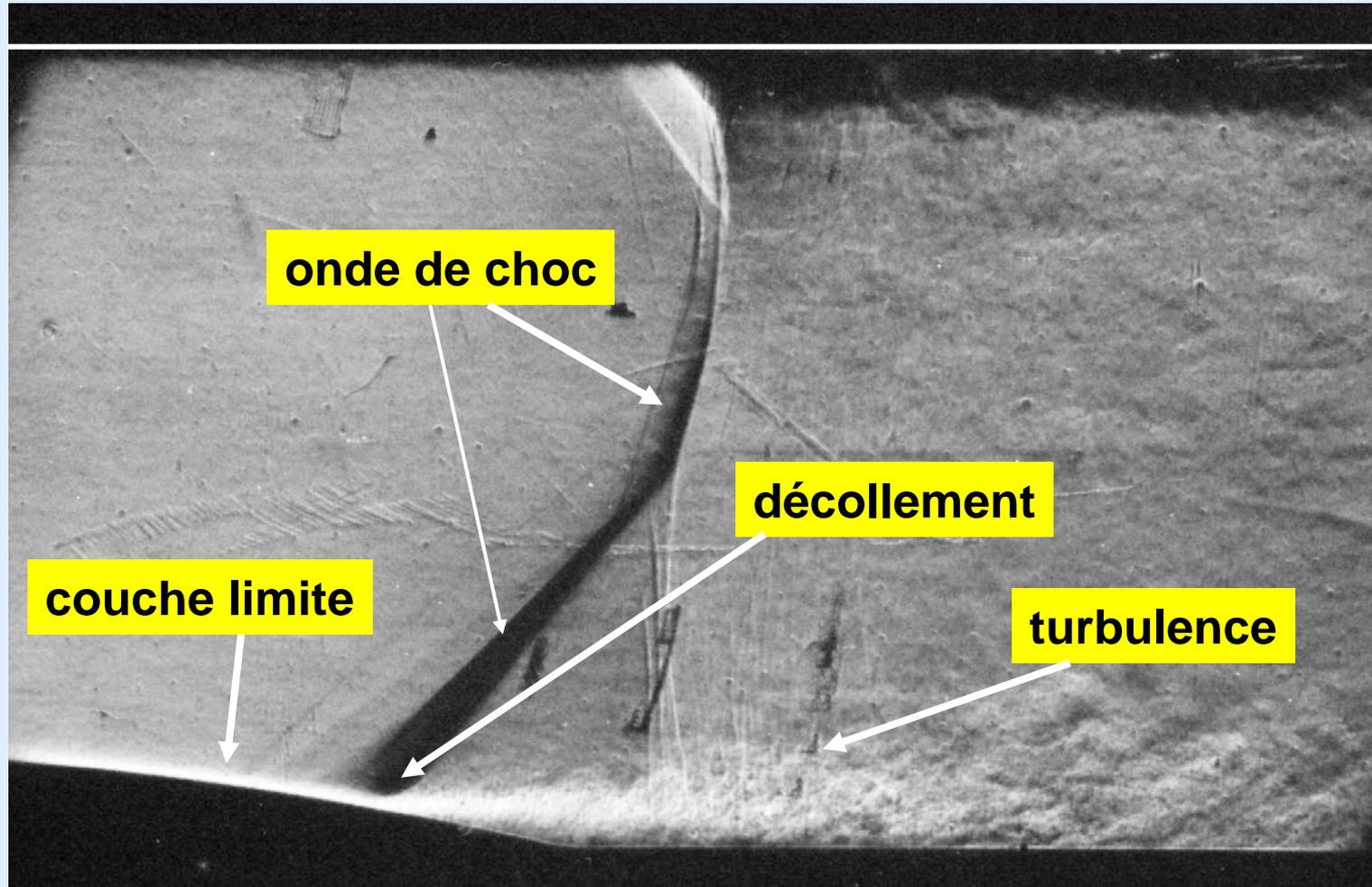
strioscopie, ombroscopie, interférométrie

image créée par la déflexion de rayons lumineux produite par les variations de masse volumique dans un écoulement compressible (effet de mirage)

résultat

mise en évidence des ondes de choc, couches limites, zones de mélanges, sillages...

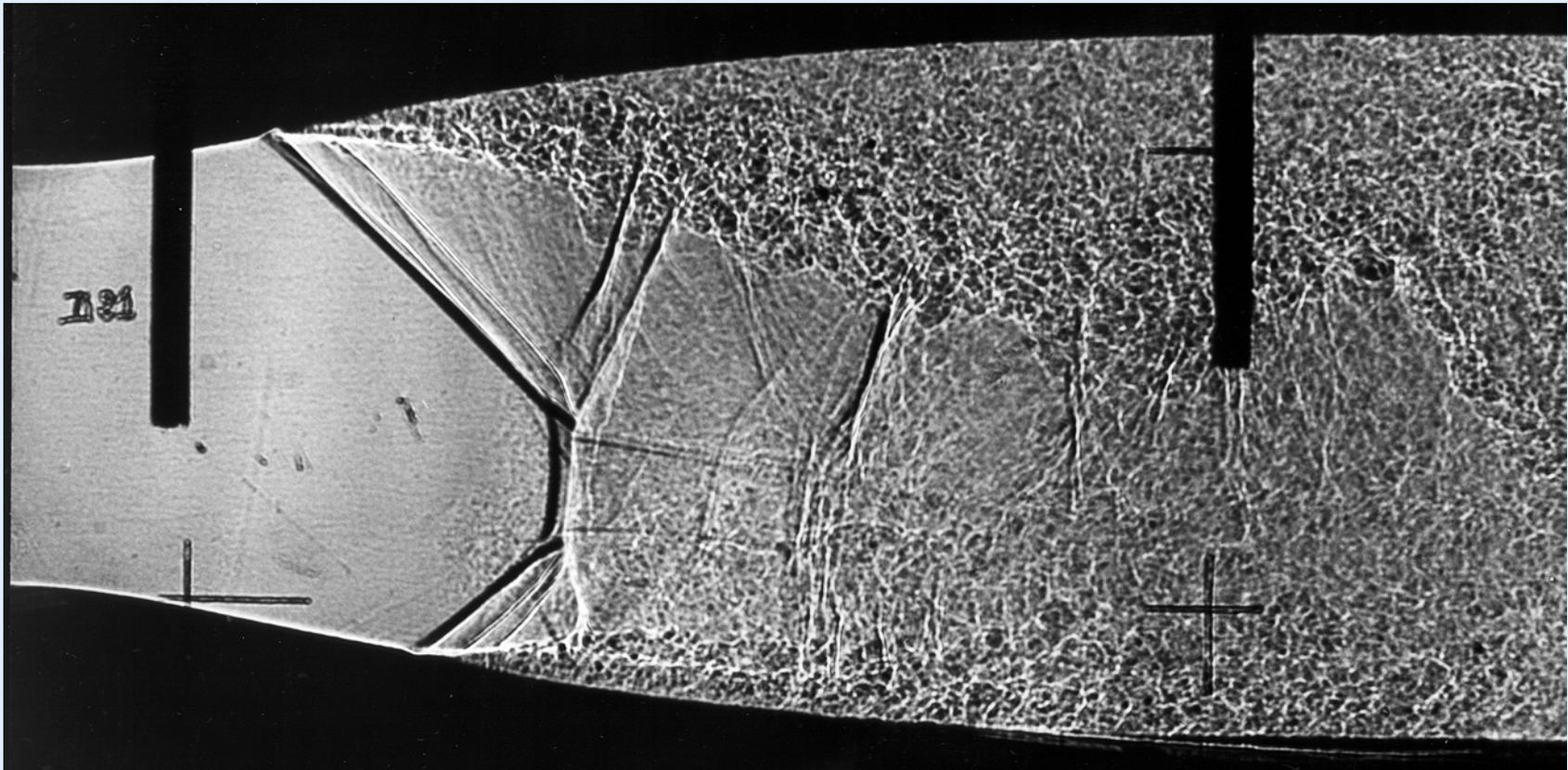
Visualisation du champ - Strioscopie



interaction onde de choc - couche limite avec décollement

Méthodes de mesure en aérodynamique

Visualisation du champ - Ombroscopie



chocs et décollements dans une tuyère supersonique

Méthodes de mesure en aérodynamique

Interférométrie

interférence de deux ondes de lumière monochromatique

onde d'étude  traverse l'écoulement

onde de référence  passe en dehors de la veine

interférence sur la plaque  franges d'interférence



lignes d'égale valeur du chemin optique

$$L = \nu l$$

variations de chemin optique

$$\Delta L = b \Delta \nu$$

b : envergure de la veine , $\Delta \nu$: variation d'indice de réfraction

Méthodes de mesure en aérodynamique

Interférométrie

utilisation quantitative

loi de Gladstone - Dale \rightarrow relie l'indice ν à la masse volumique ρ

$$\nu = \mathbf{B}\rho + \mathbf{A}$$

$$\Delta L = \lambda (\mathbf{N}_M - \mathbf{N}_R) = \mathbf{b} (\nu_M - \nu_R)$$

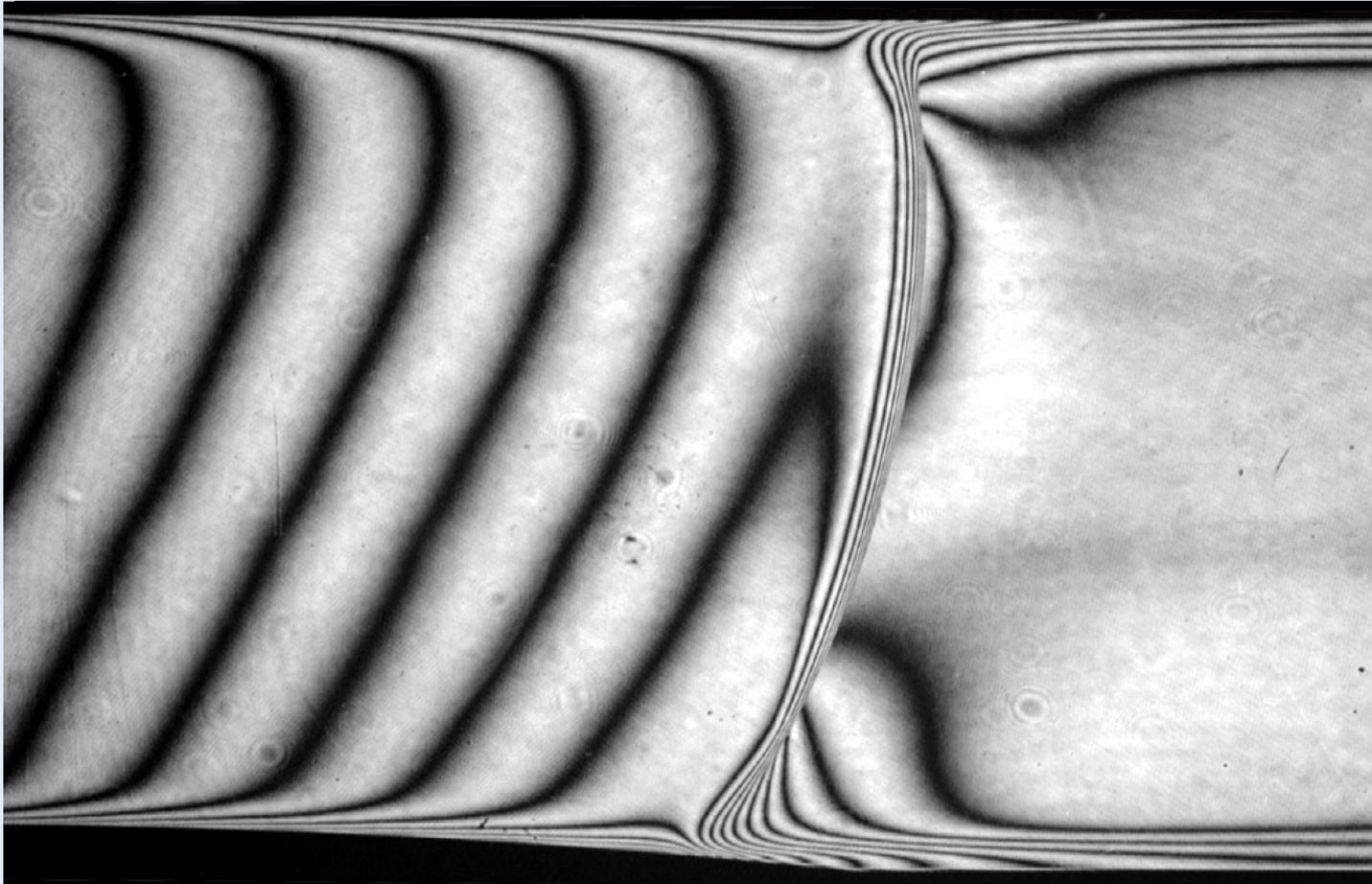
λ : longueur d'onde, M et R : numéro des franges en M et R

$$\rho_M = \rho_R + \frac{\lambda}{\mathbf{b}\mathbf{B}} (\mathbf{N}_M - \mathbf{N}_R)$$

détermination de la masse volumique ρ_M en tout point M du champ connaissant ρ en un point de référence R

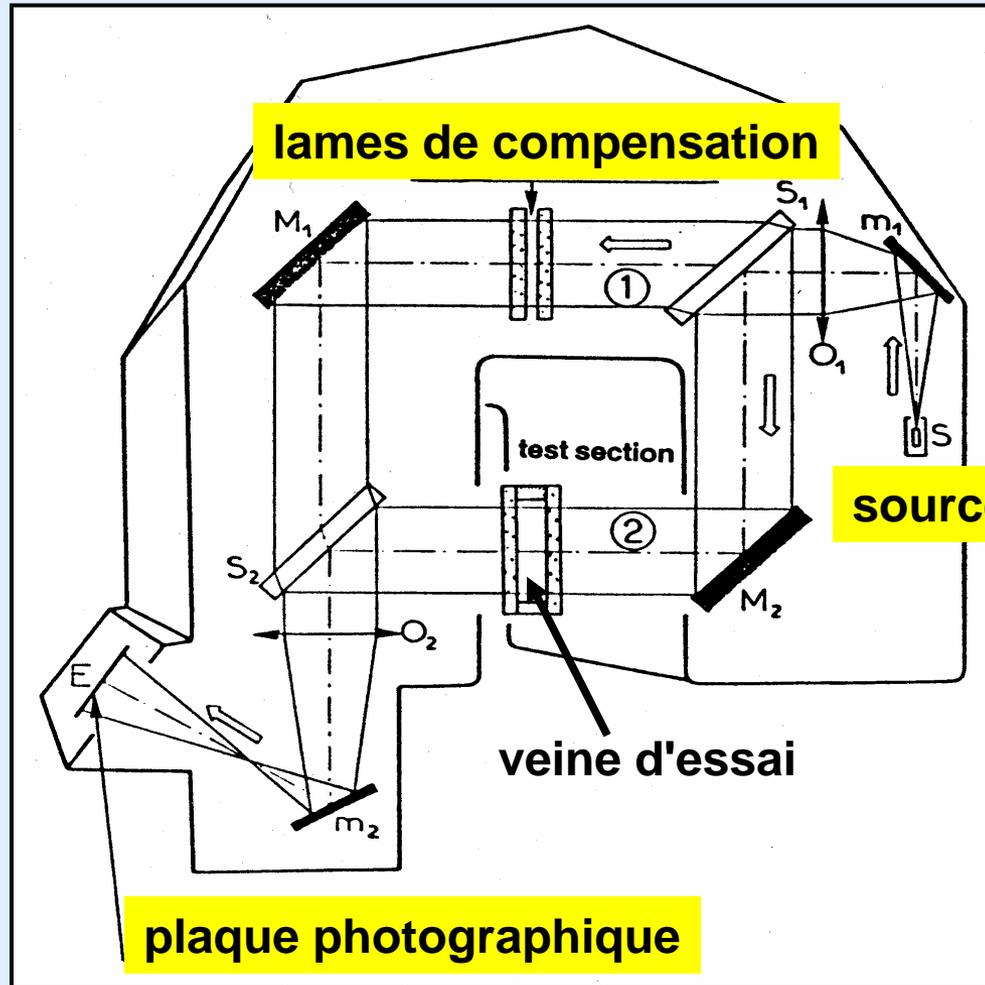
Méthodes de mesure en aérodynamique

Interférométrie



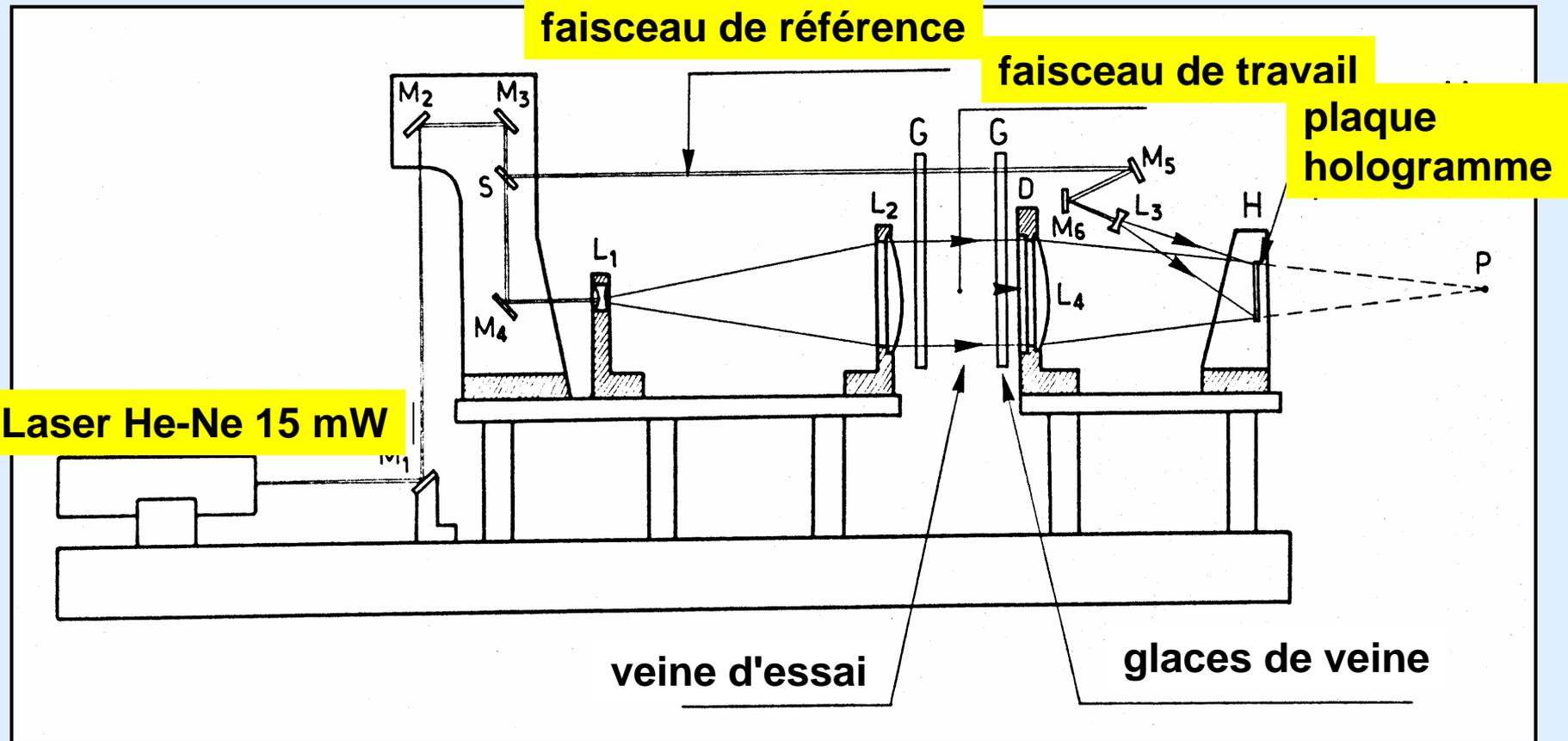
interférogramme d'un écoulement transsonique avec onde de choc

Interférométrie



interféromètre de Mach-Zehnder

Interférométrie holographique



banc pour interférométrie holographique

Méthodes de mesure en aérodynamique

Méthode des effluves



Méthodes de mesure en aérodynamique

Visualisation du champ

domaine

écoulements à grande vitesse (hypersonique) à très basse pression → simulation de la rentrée atmosphérique

méthode

effluves électrique (glow discharge)

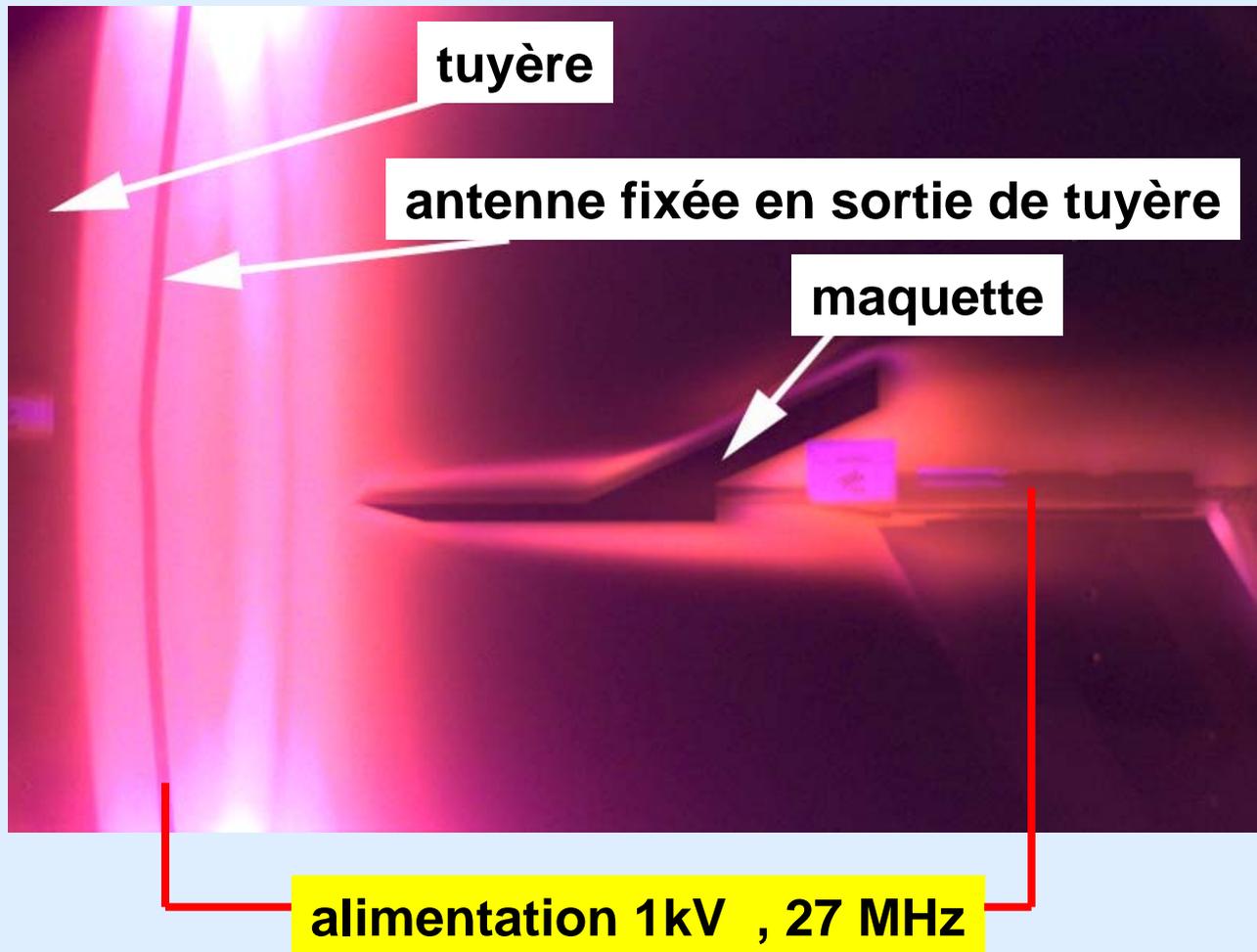
ionisation du gaz par un champ électrique intense →
plasma lumineux par les molécules d'azote excitées →
intensité de la lumière fonction de la masse volumique locale

résultat

mise en évidence des ondes de choc, couches limites, zones de mélanges, sillages...

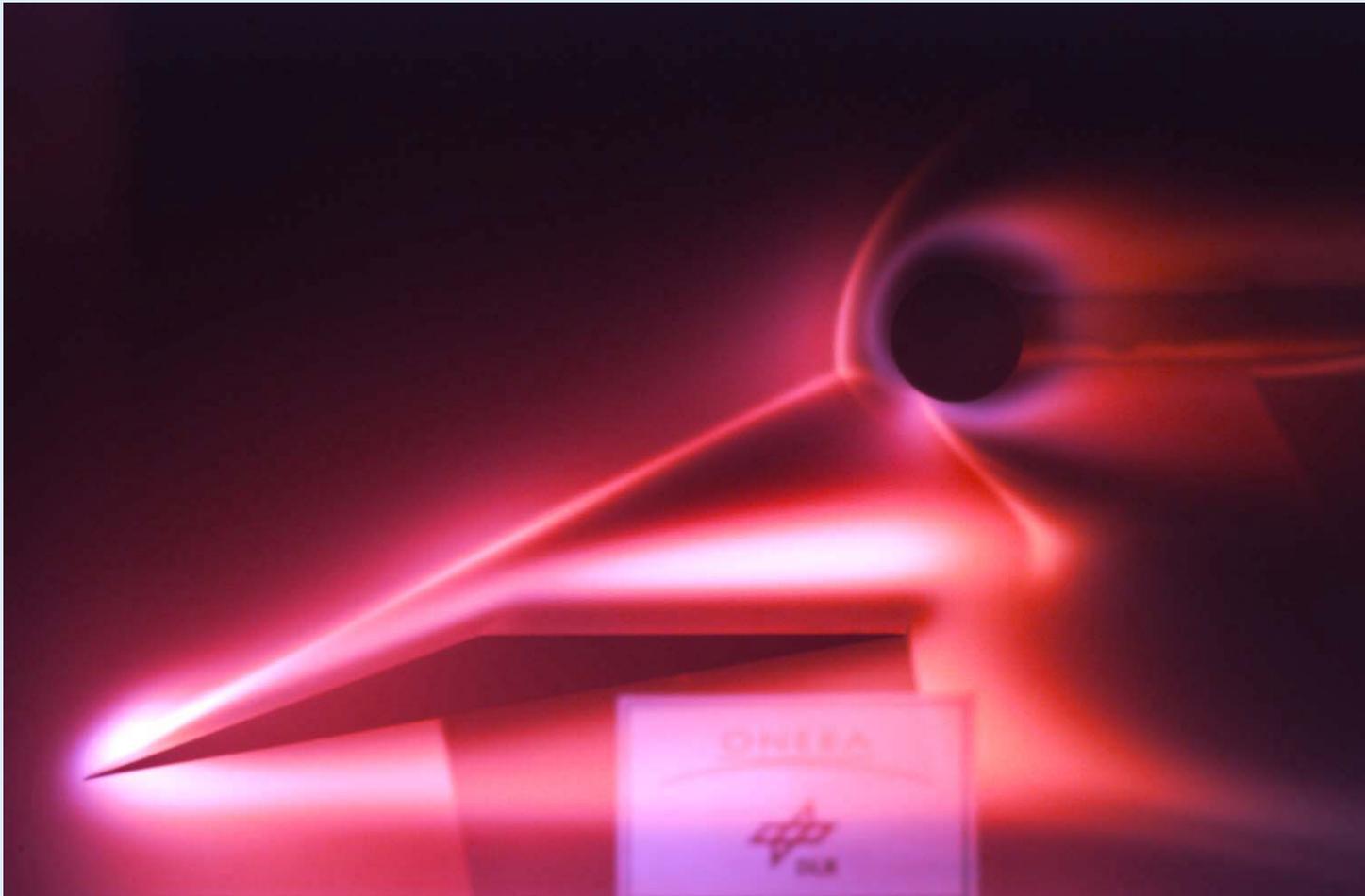
Méthodes de mesure en aérodynamique

Visualisation par la méthode des effluves



Méthodes de mesure en aérodynamique

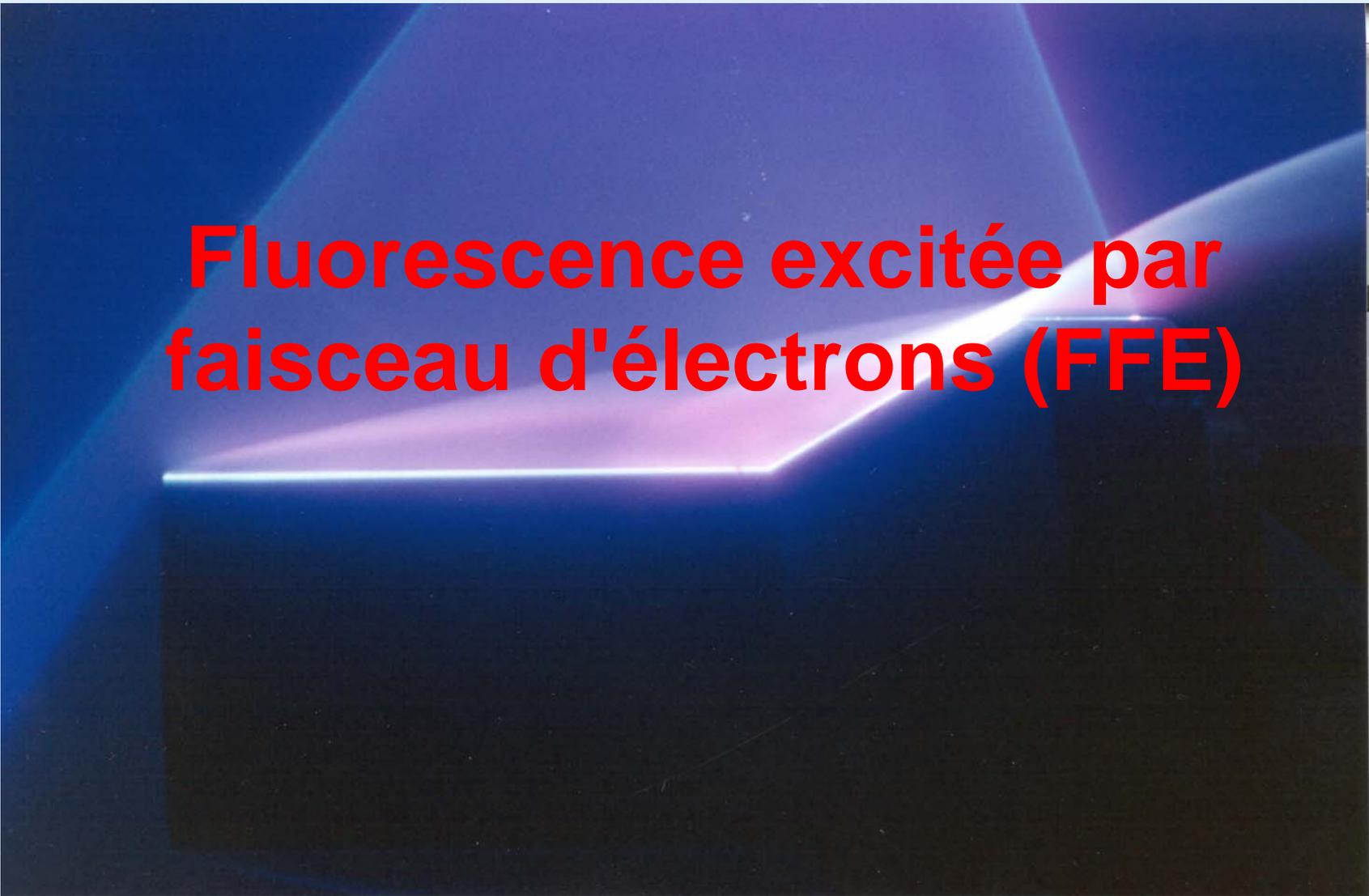
Visualisation par la méthode des effluves



interférence de chocs dans un écoulement à Mach 10

Méthodes de mesure en aérodynamique

Fluorescence excitée par faisceau d'électrons (FFE)

A photograph showing a bright, horizontal electron beam striking a dark, aerodynamic model, causing a localized fluorescence glow. The beam is a thin, bright white line that transitions into a soft, glowing purple and blue area where it hits the model. The background is dark blue with some faint, diagonal light streaks.

Méthodes de mesure en aérodynamique

Visualisation du champ

domaine

écoulements à grande vitesse (hypersonique) à très basse pression → simulation de la rentrée atmosphérique

méthode

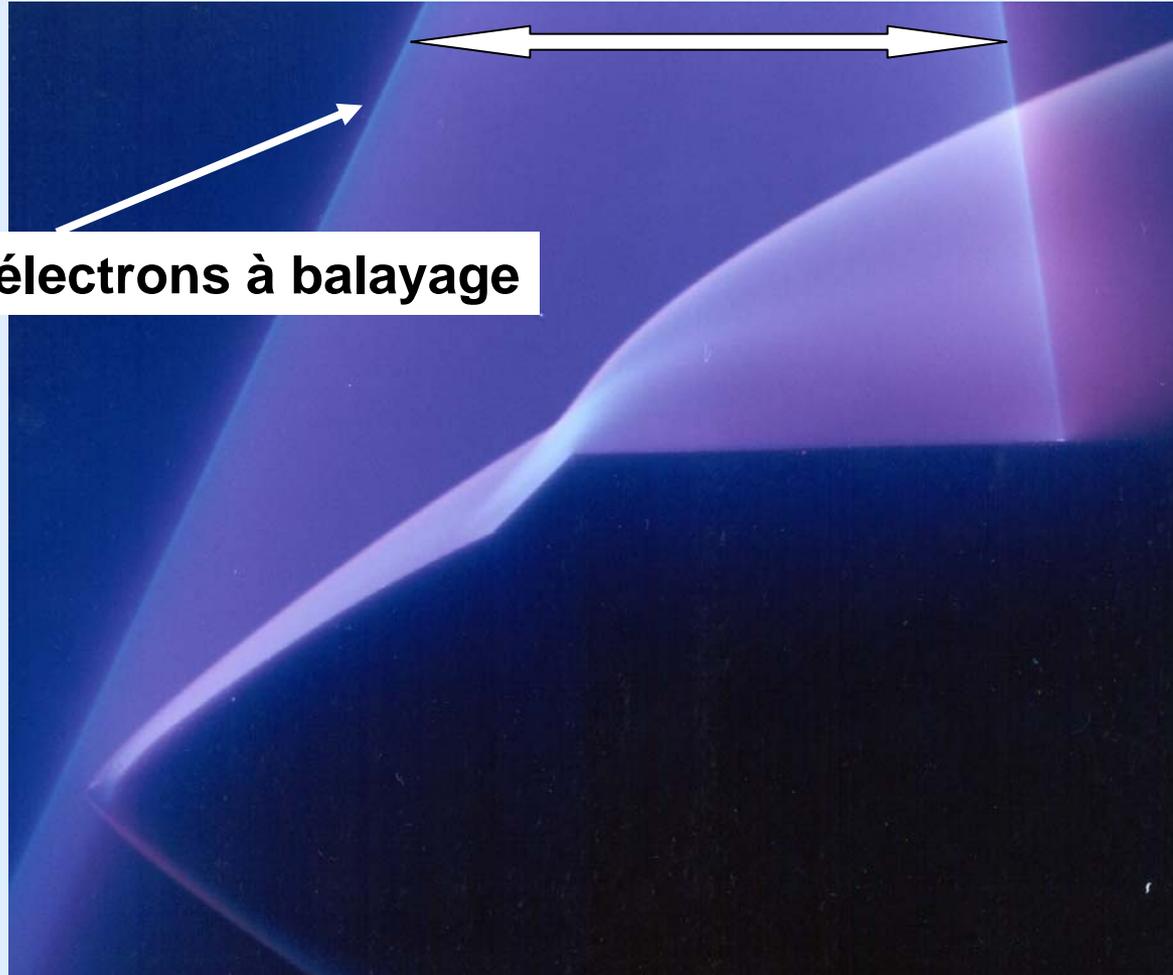
fluorescence excitée par faisceau d'électrons (FFE)

lumière émise par les molécules d'azote se désexcitant après bombardement par un faisceau d'électrons intense (30kV - 0,1 mA)

résultat

mise en évidence des ondes de choc, couches limites, zones de mélanges, sillages...

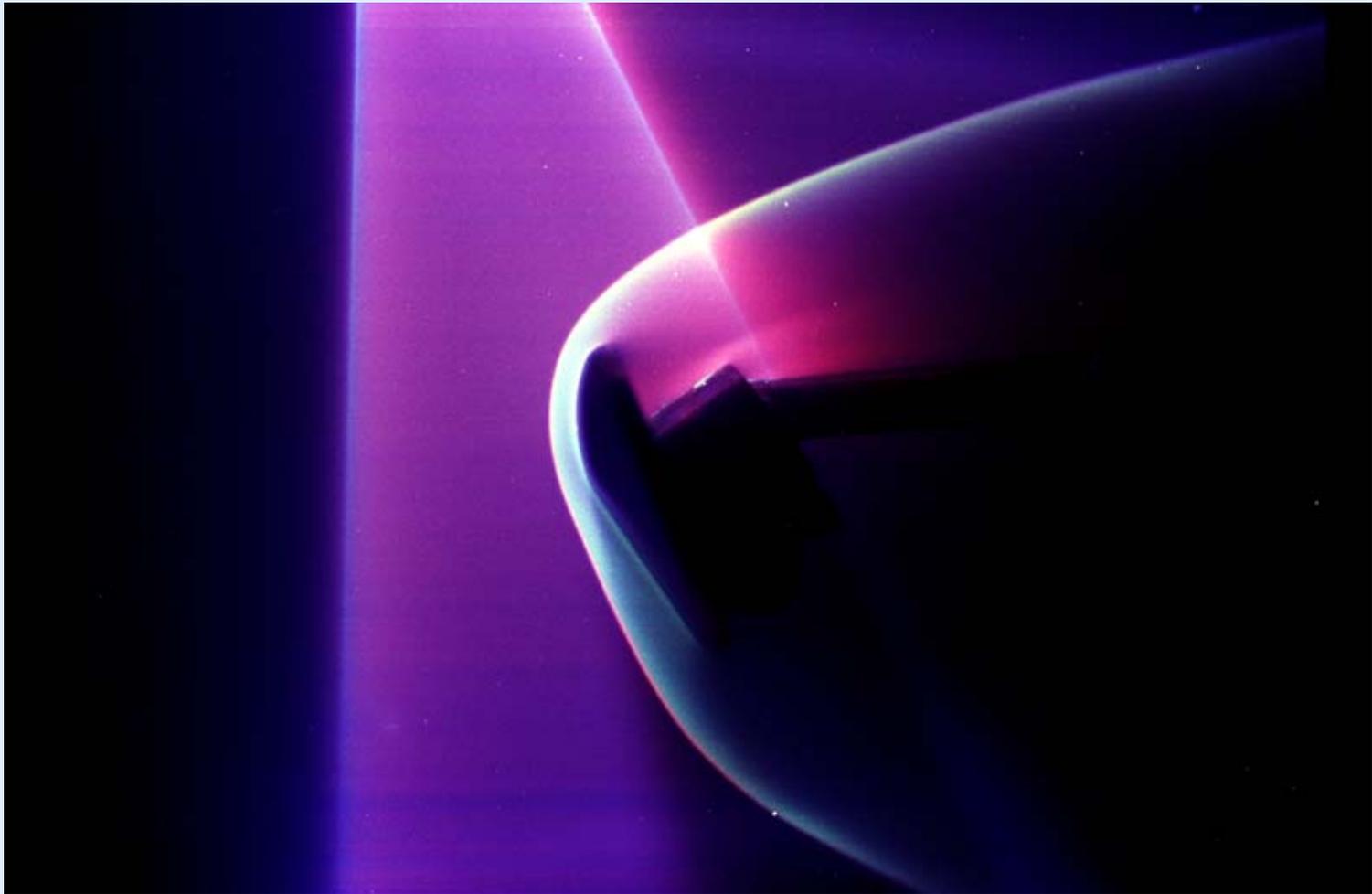
Fluorescence excitée par faisceau d'électrons (FFE)



faisceau d'électrons à balayage

écoulement autour d'un corps de rentrée à Mach 10

Fluorescence excitée par faisceau d'électrons (FFE)

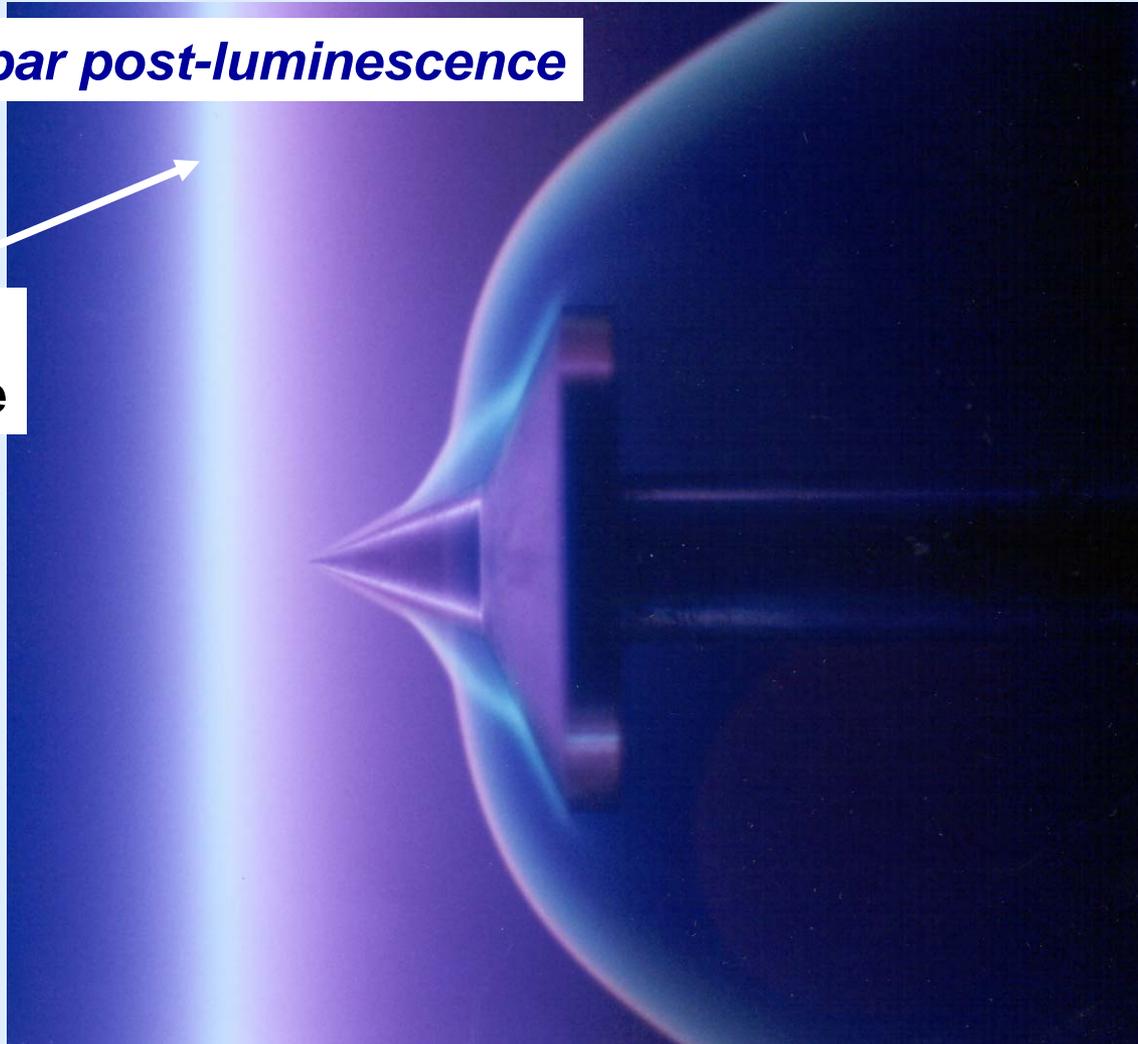


écoulement autour d'une sonde martienne à Mach 10

Fluorescence excitée par faisceau d'électrons (FFE)

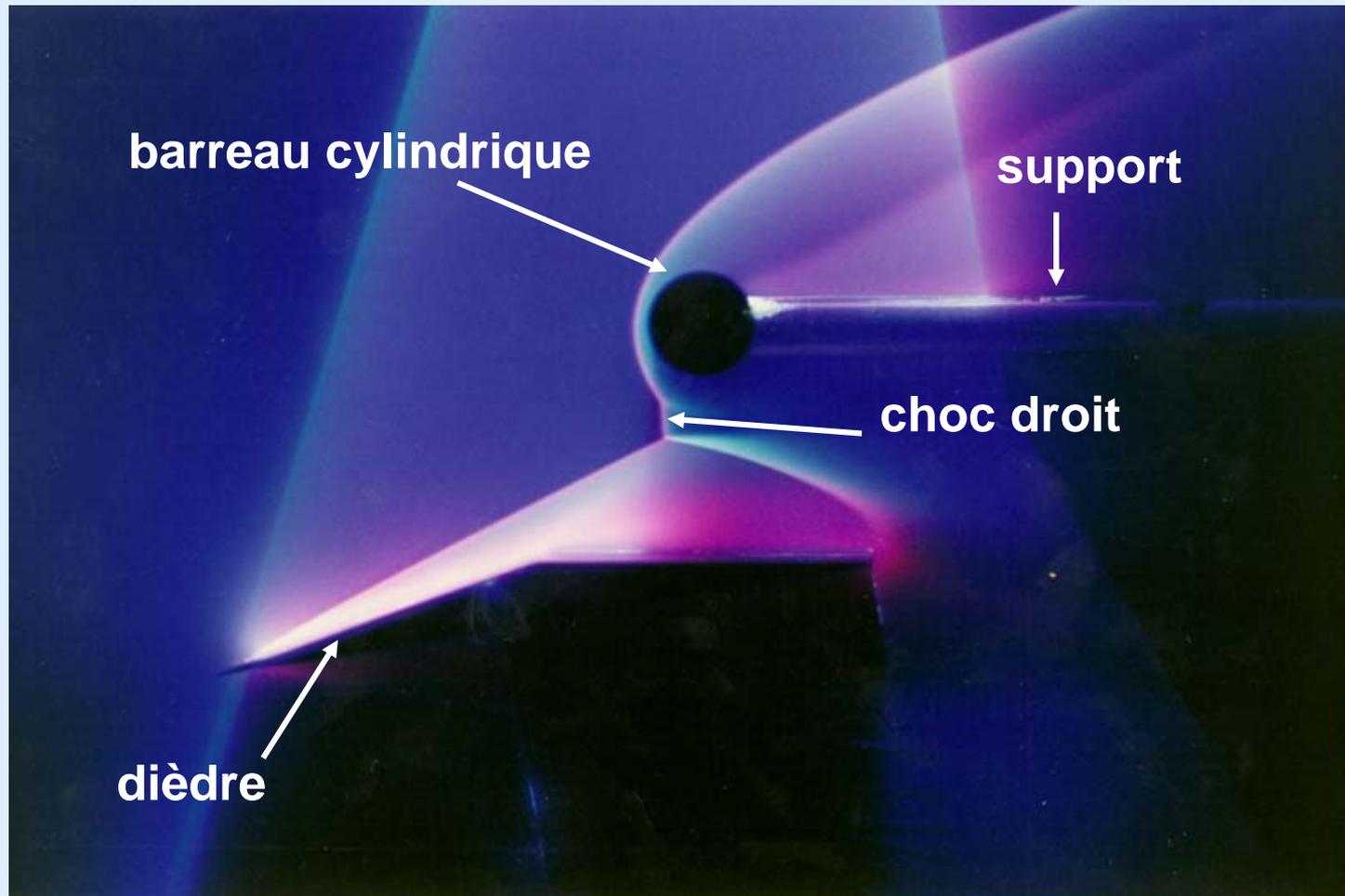
visualisation par post-luminescence

faisceau
électronique



écoulement autour d'une maquette en double cône à Mach 10

Fluorescence excitée par faisceau d'électrons (FFE)



intersection d'ondes de choc à Mach 10

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

MÉTHODES DE MESURE EN AÉRODYNAMIQUE

Fin de la partie 2
Visualisation des écoulements

