

Approche énergétique globale du fonctionnement d'une torche de projection :

Influences des paramètres d'entrée.

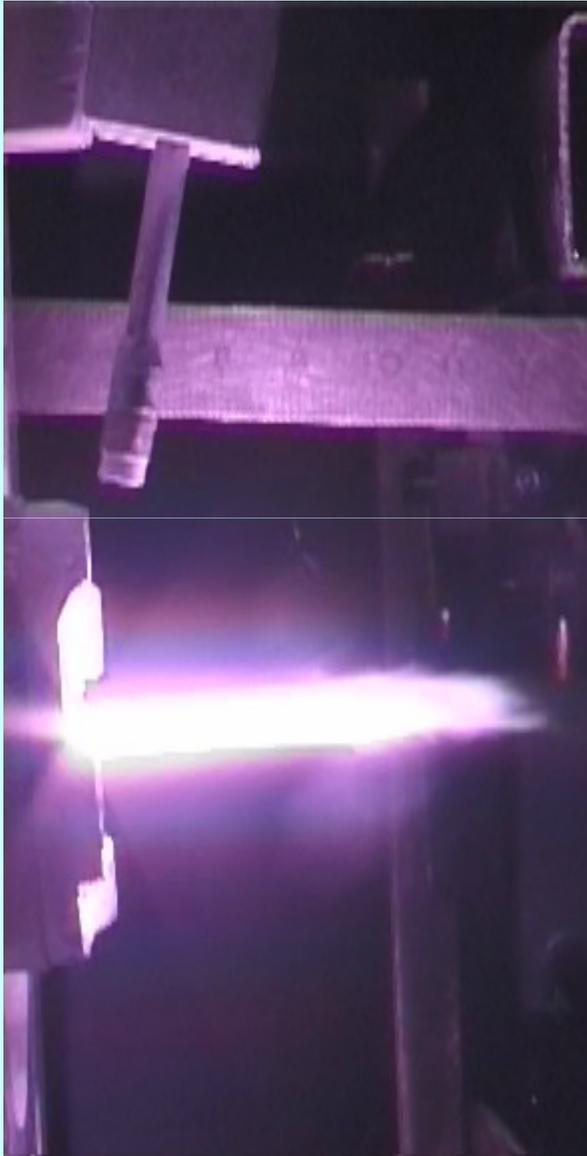
JF. Coudert - V. Rat



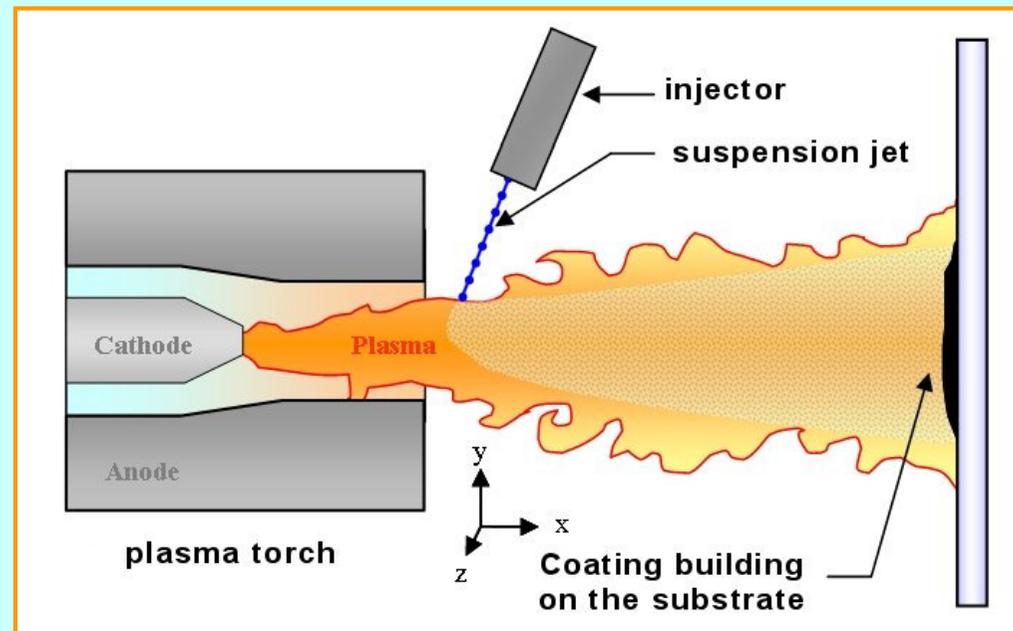
U.M.R 6638



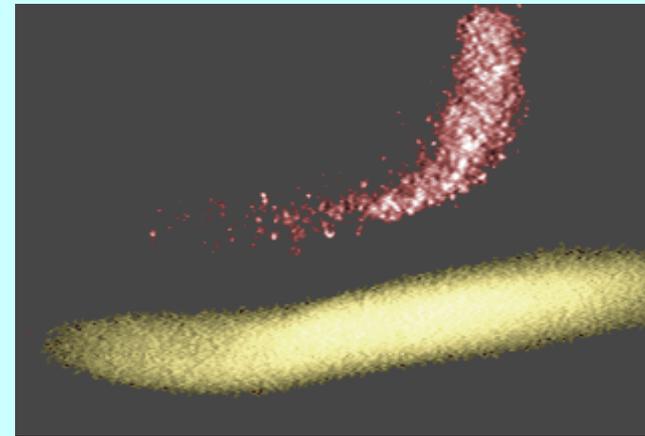
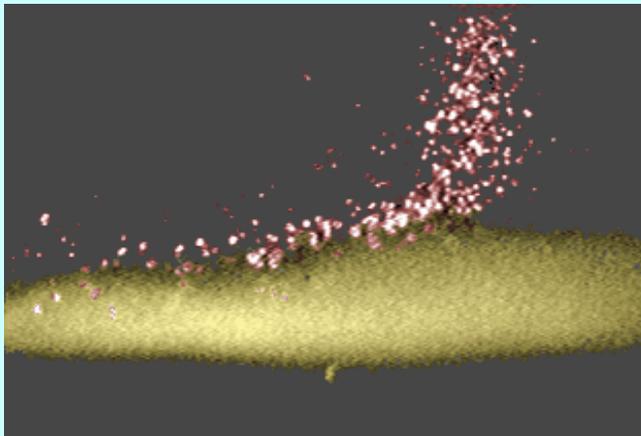
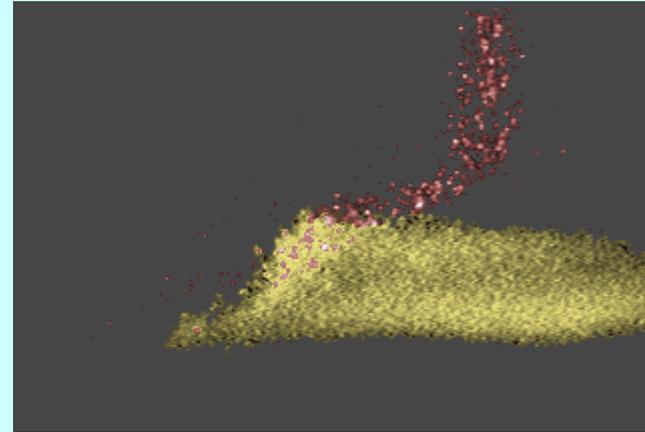
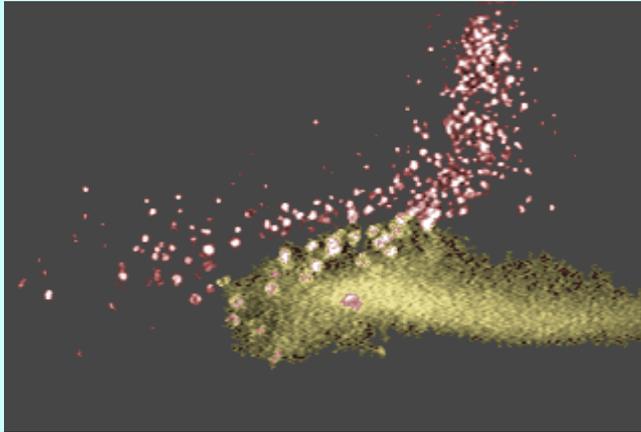
La projection plasma : Principe.



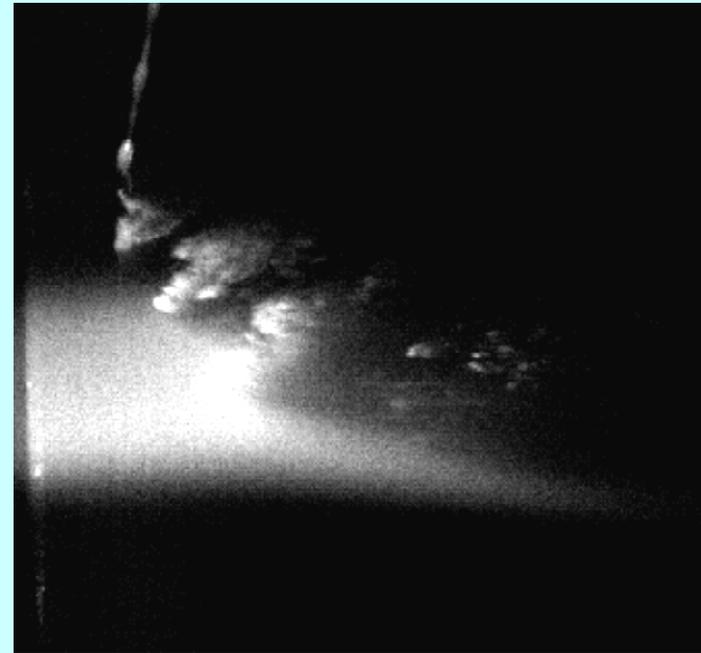
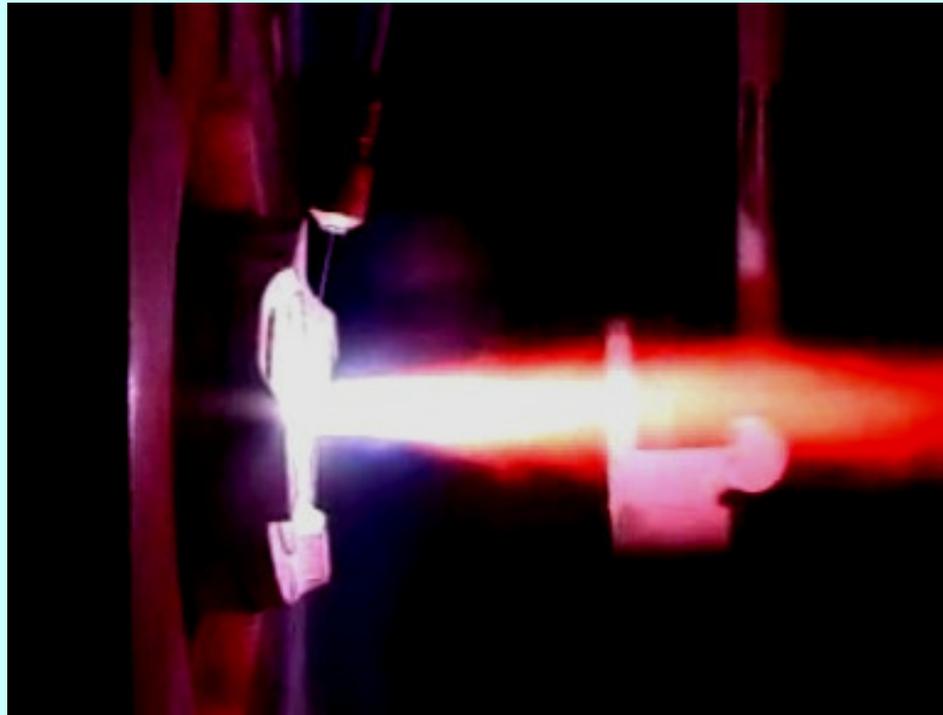
Matériaux introduits dans le jet de plasma:
-Poudres + gaz porteur
- Jet de suspension



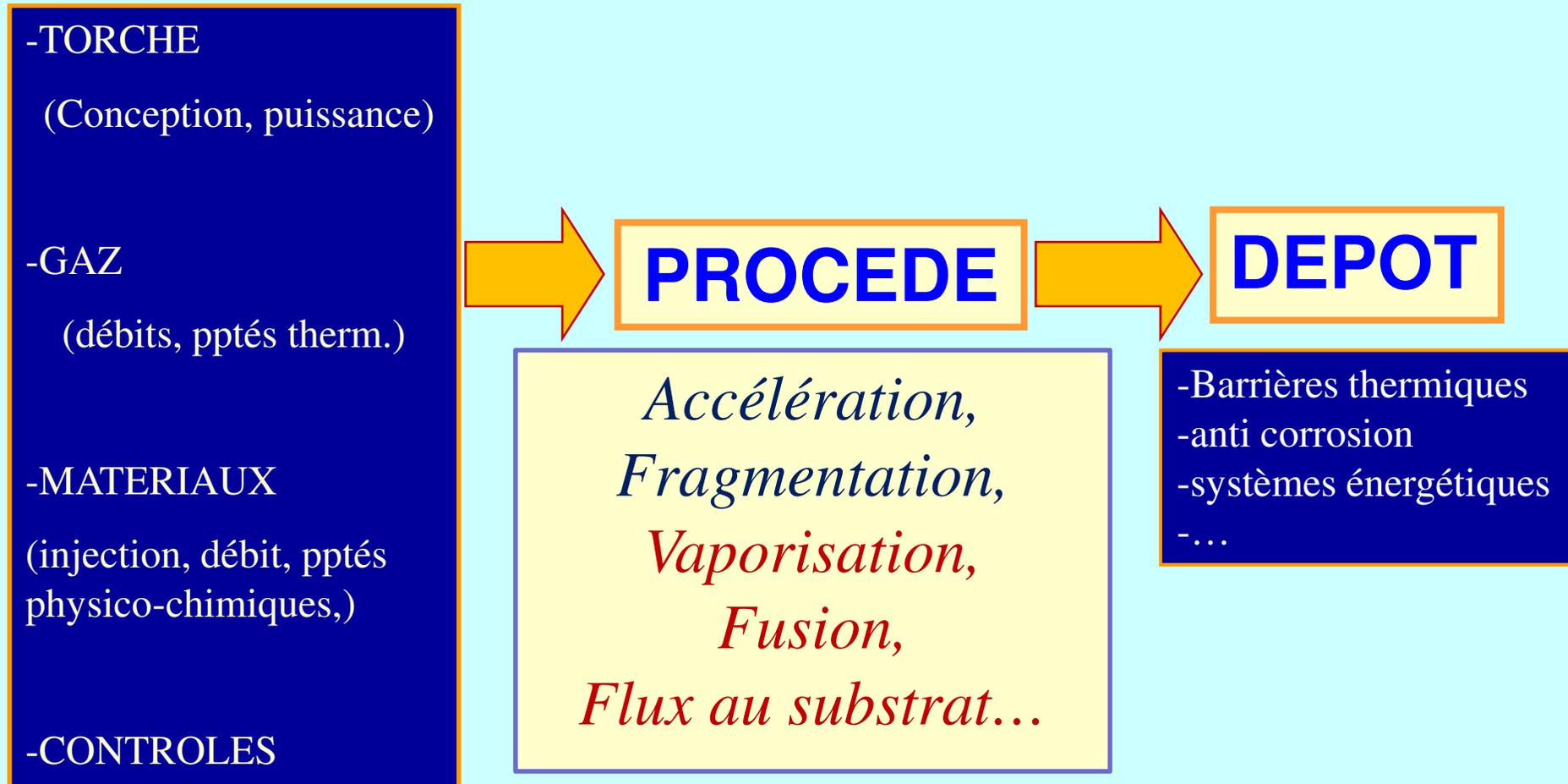
Instabilités du jet de plasma: Injection poudres + gaz porteur



Plasma Ar/H₂ + suspension ZrO₂



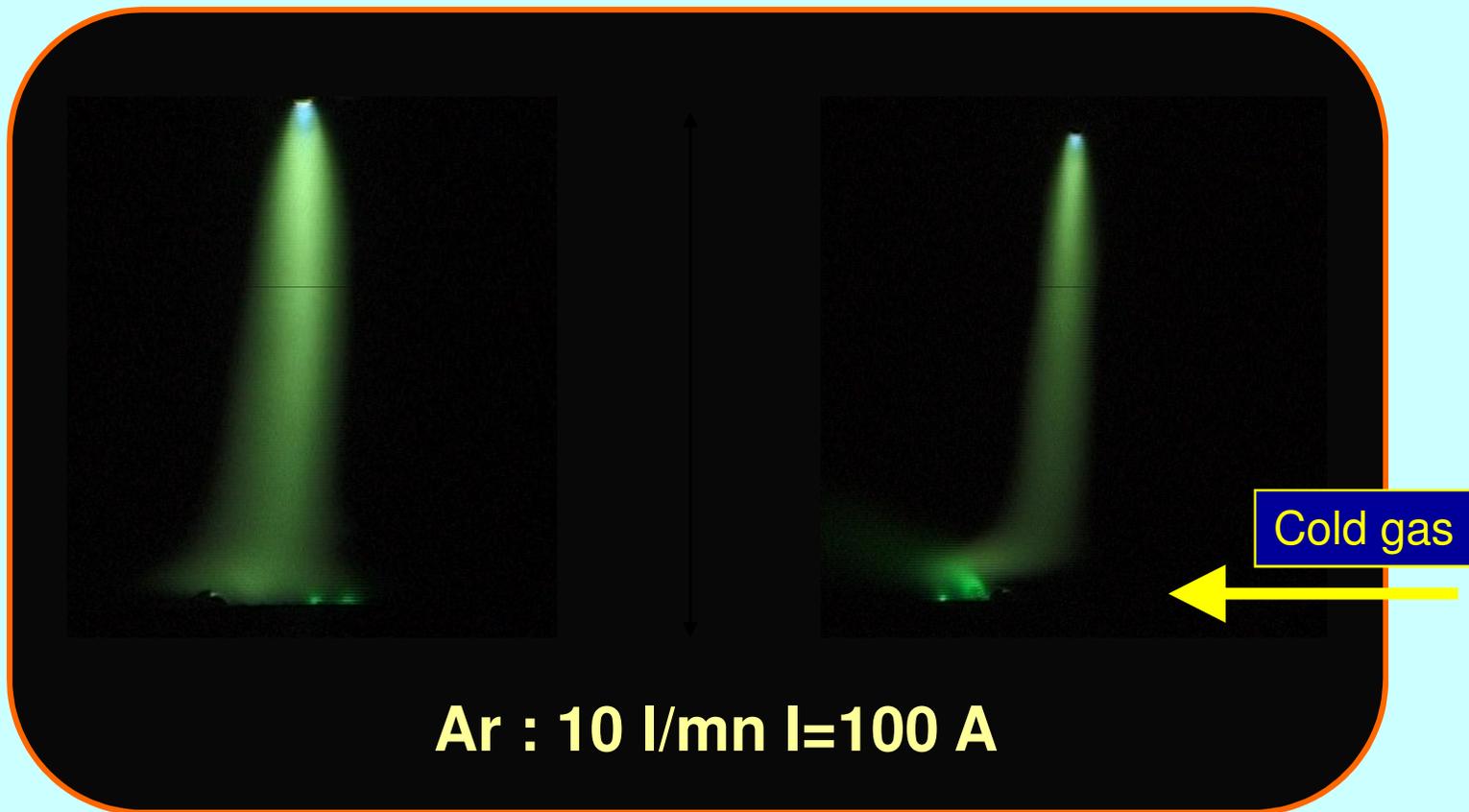
La projection plasma: une histoire de TRANSFERTS



Pour faire une torche...

Confiner un arc électrique dans une
tuyère et souffler

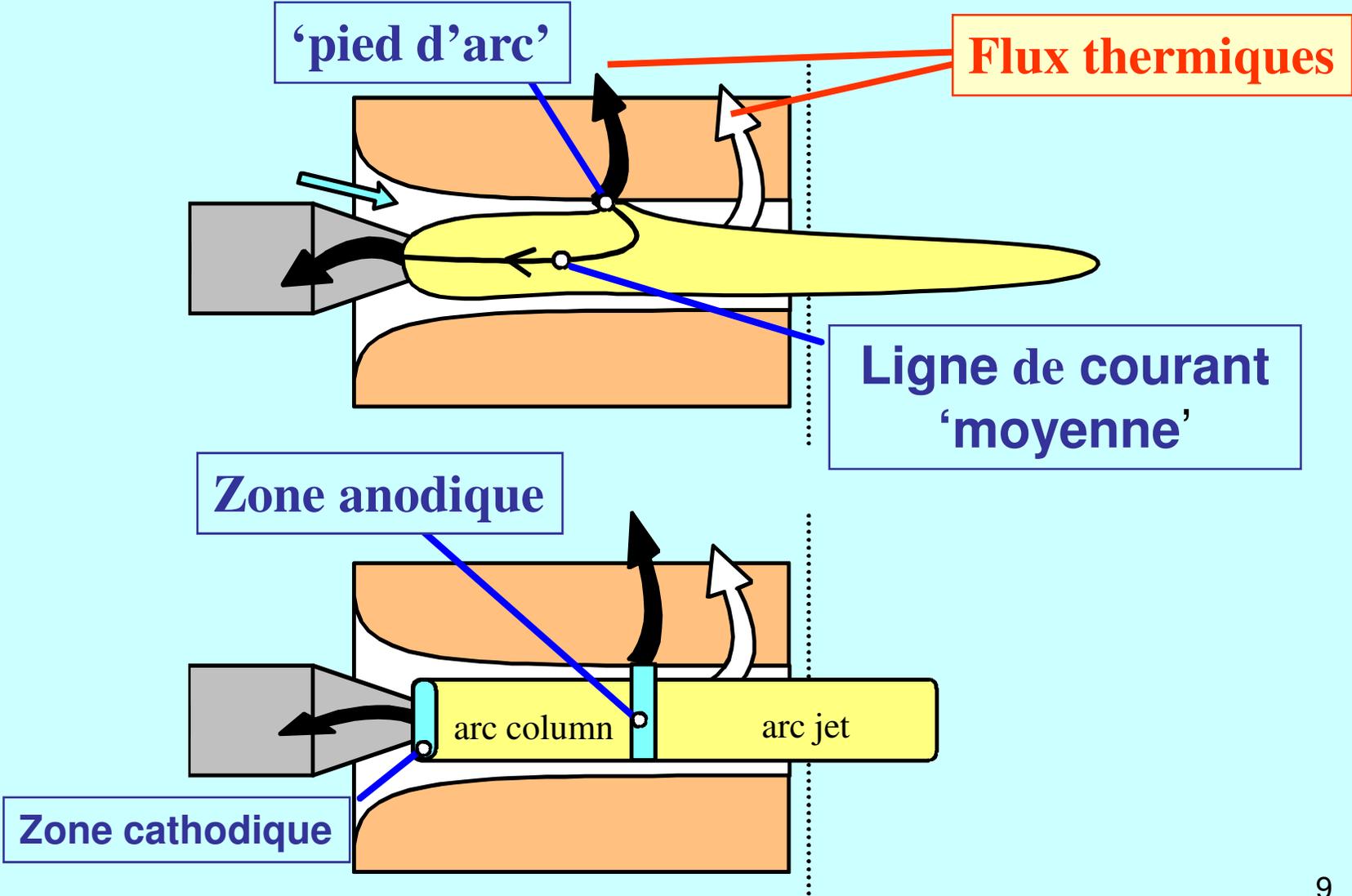
Arc transféré sous argon



Jet avec arc « pilote »: effet de l'inclinaison

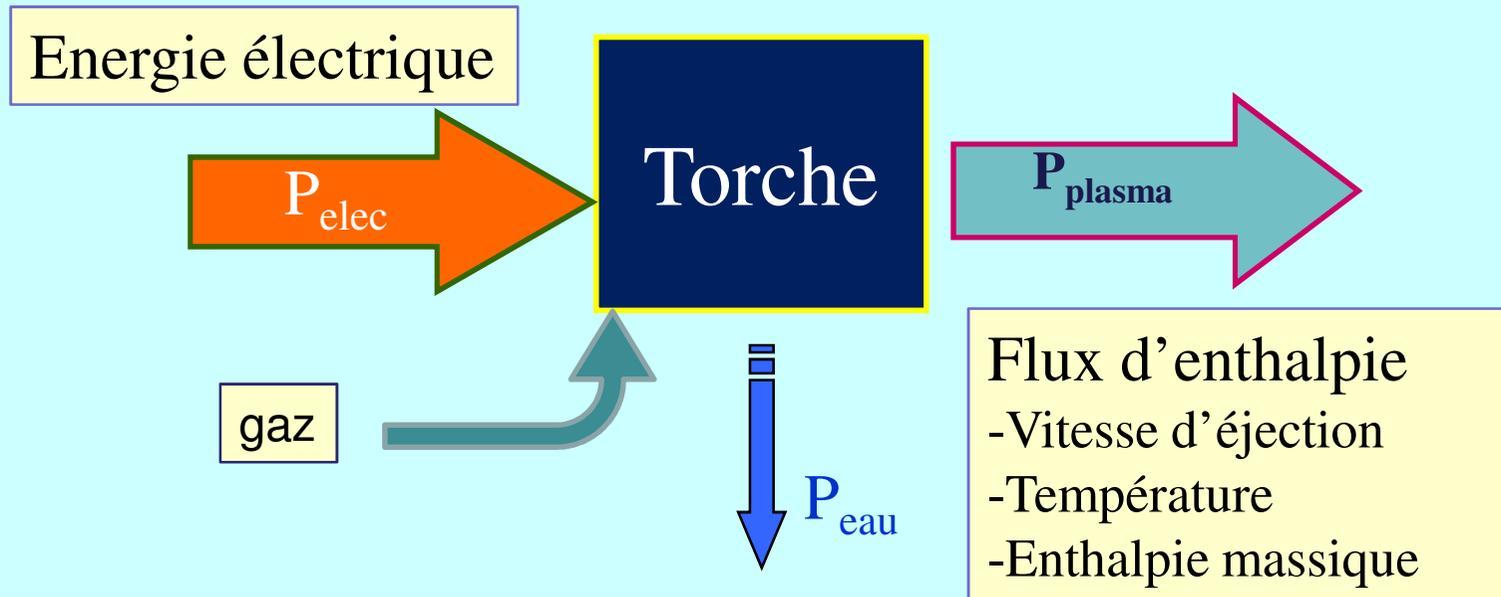


Modèle d'arc



Torche à plasma d'arc soufflé

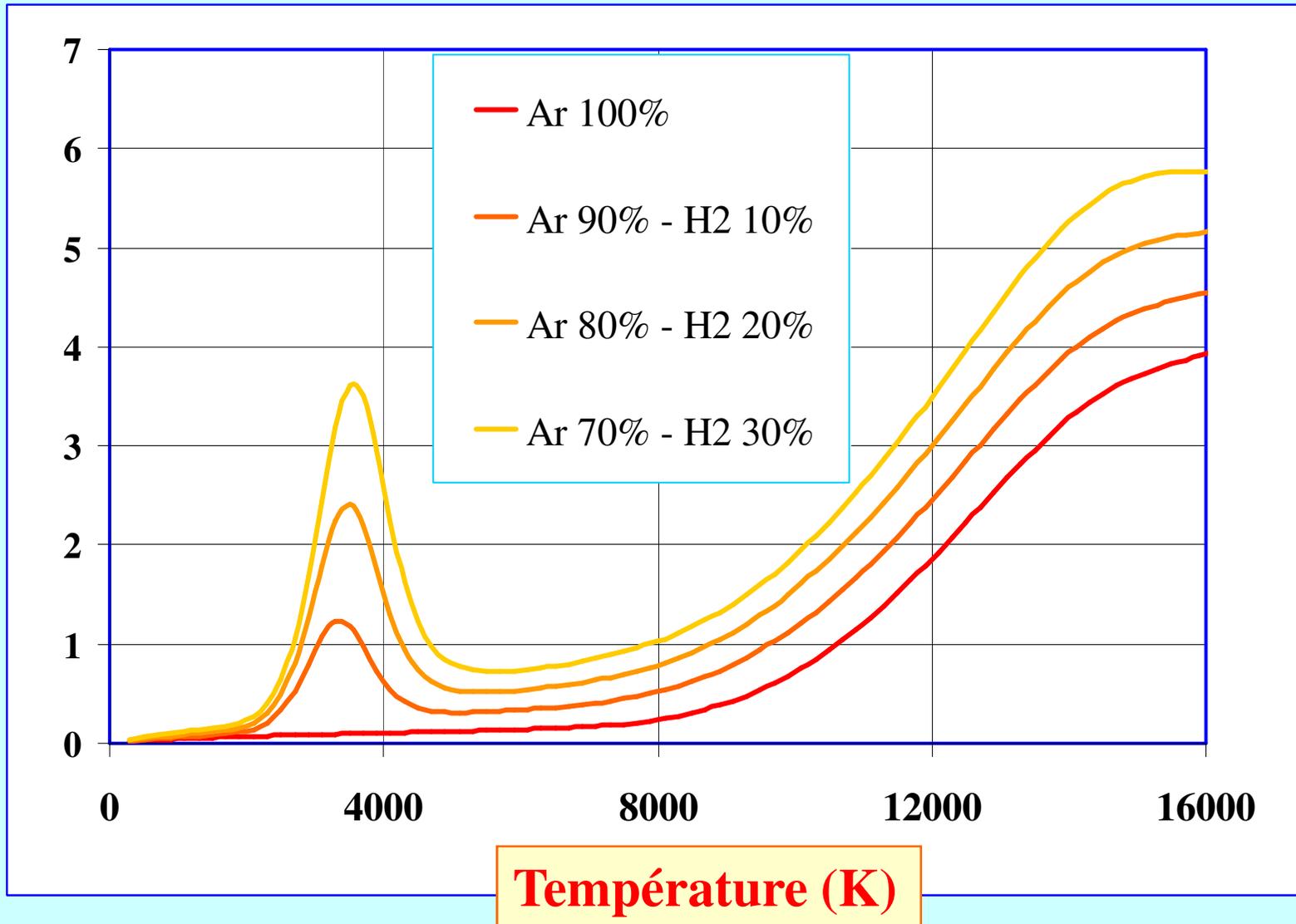
Bilan d'énergie



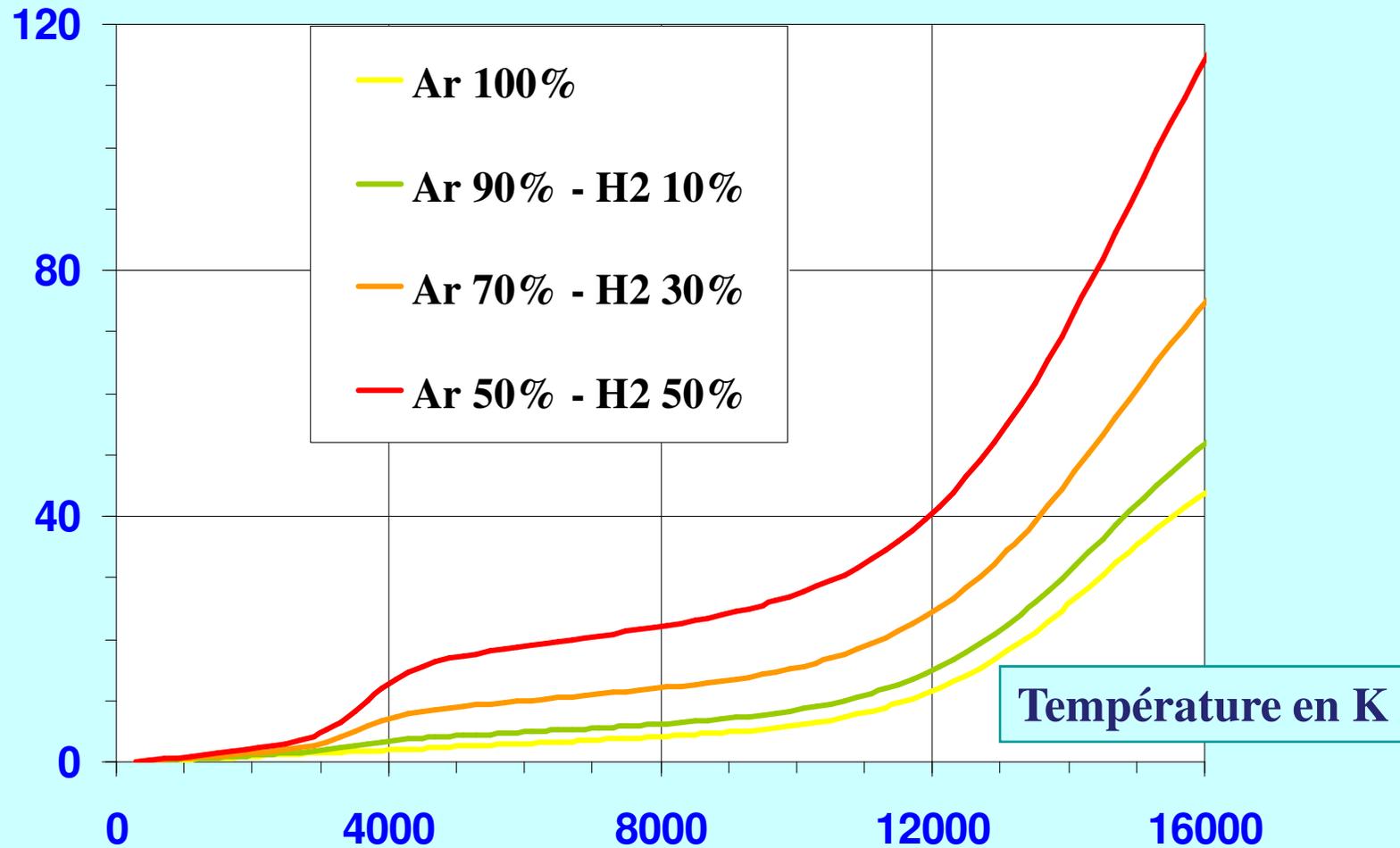
$$P_{eau} = P_{cathode} + P_{anode}$$

Propriétés thermophysique des gaz

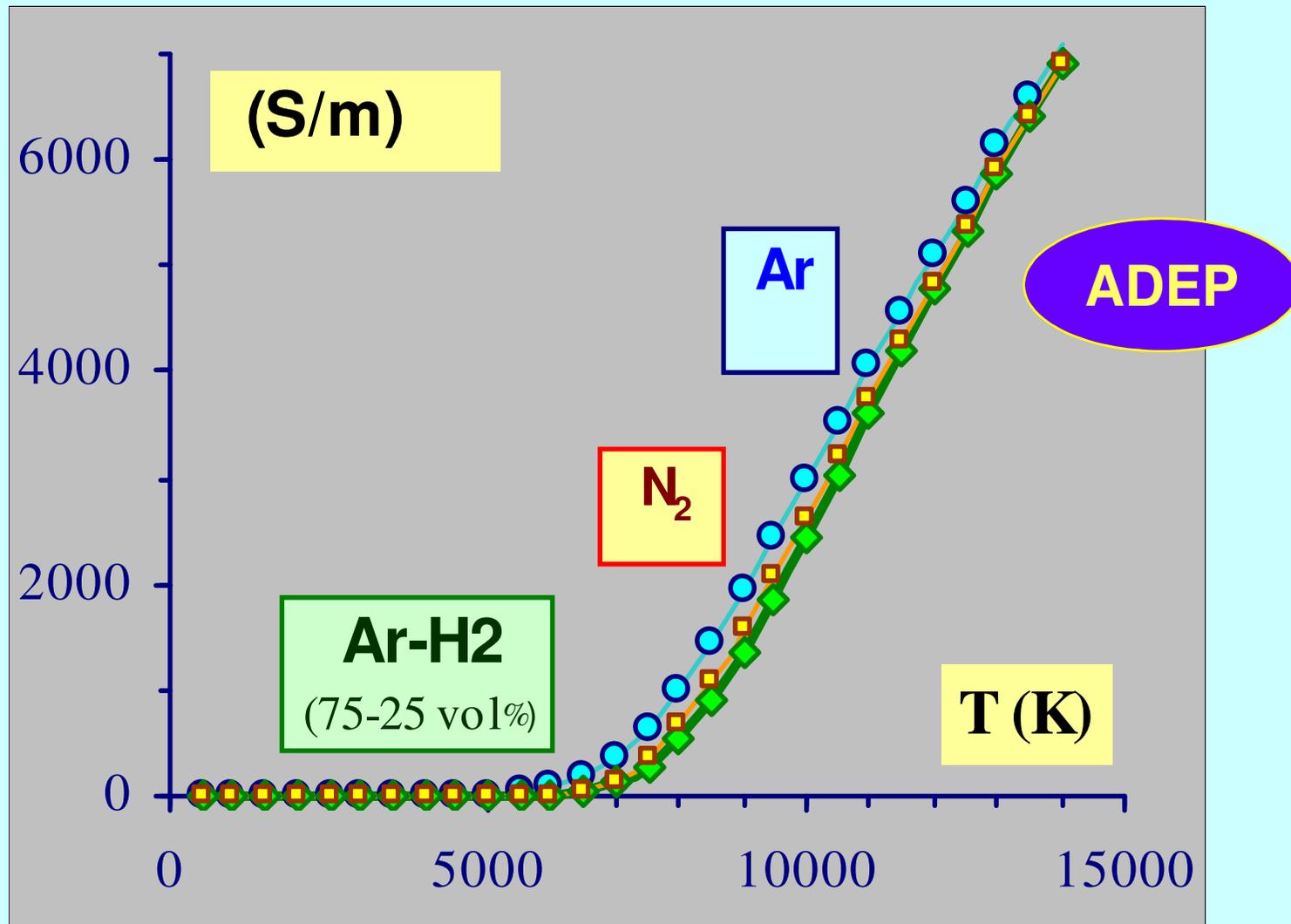
Conductivité Thermique (W/m.K)



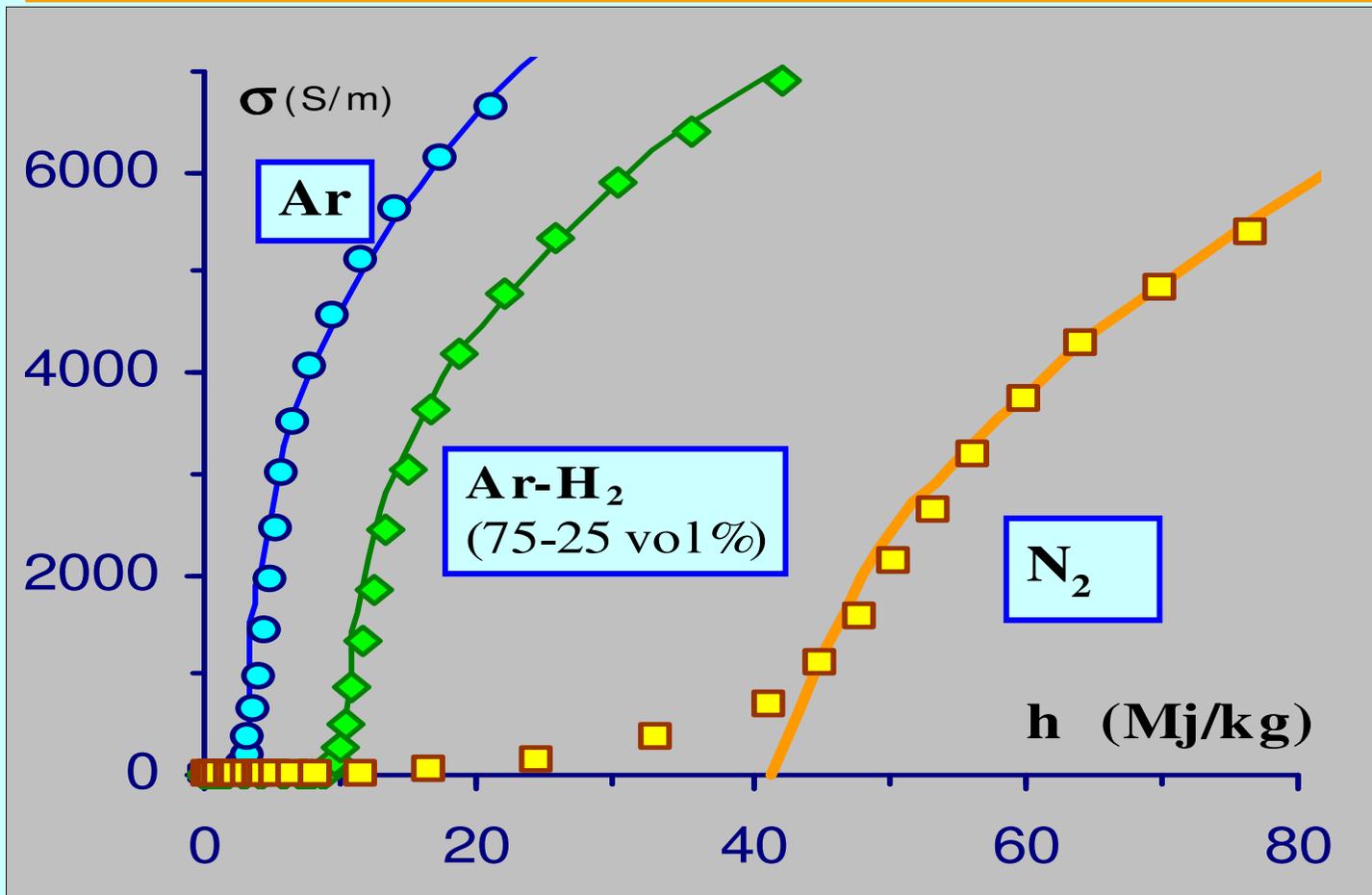
Enthalpie massique (MJ/kg)



Conductivité Electrique



Conductivité Electrique

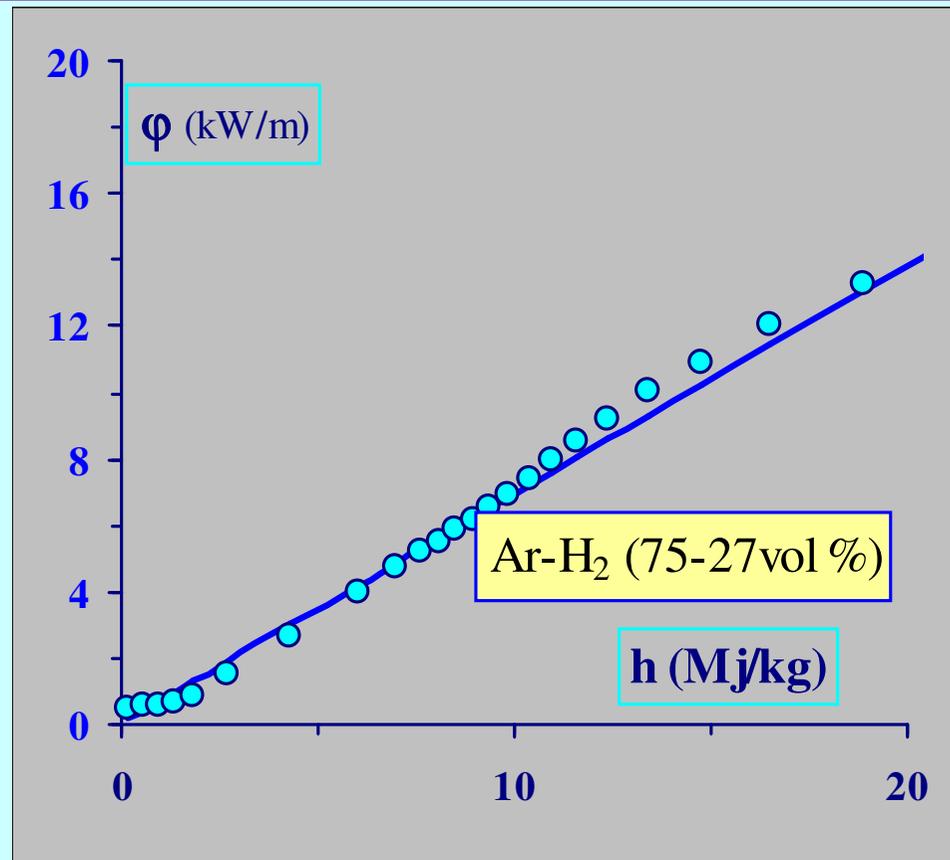


h : enthalpie massique

Potentiel de conduction

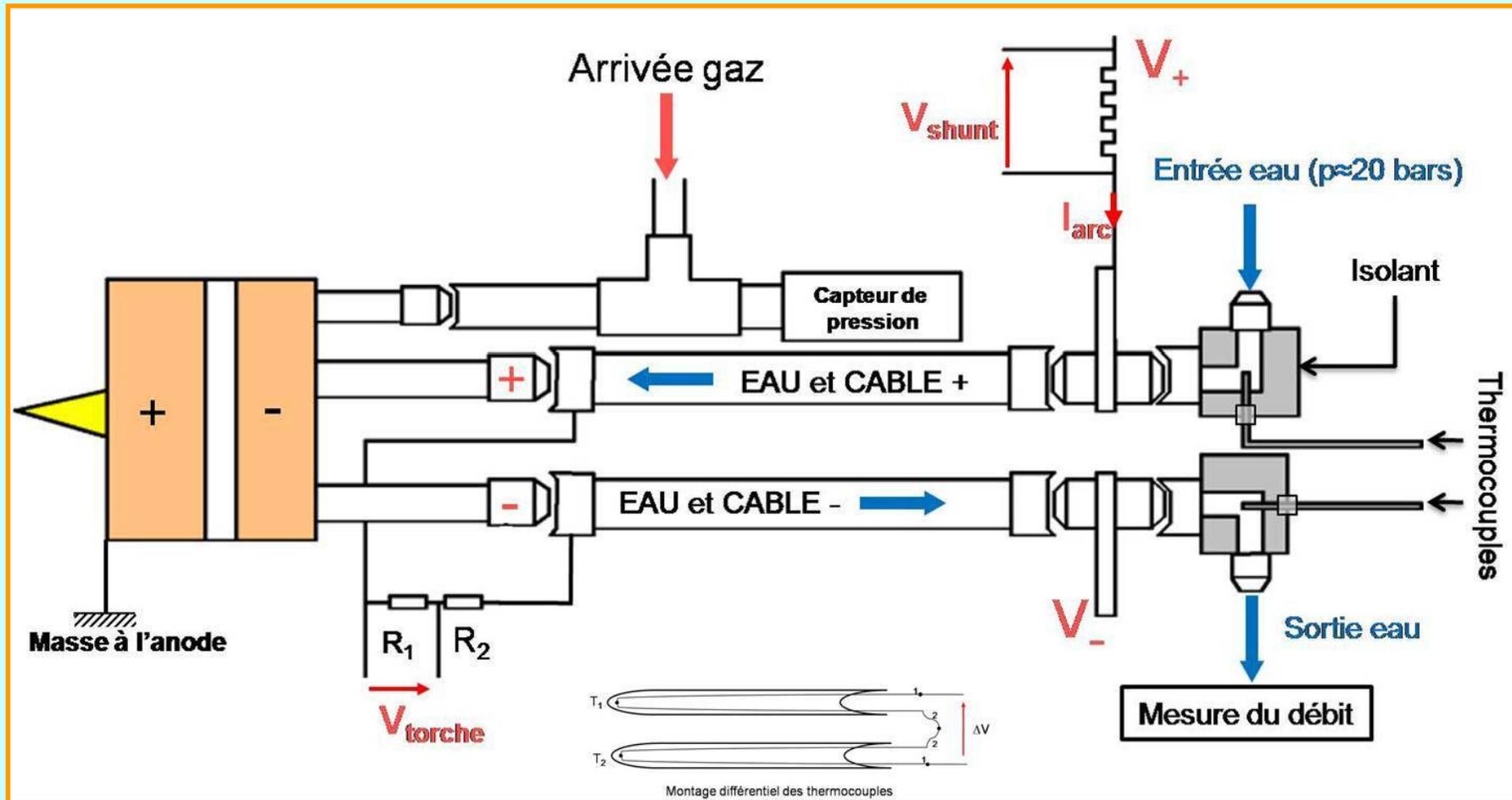
$$\varphi(T) = \int \kappa(T) dT$$

$$q = -\nabla\varphi$$



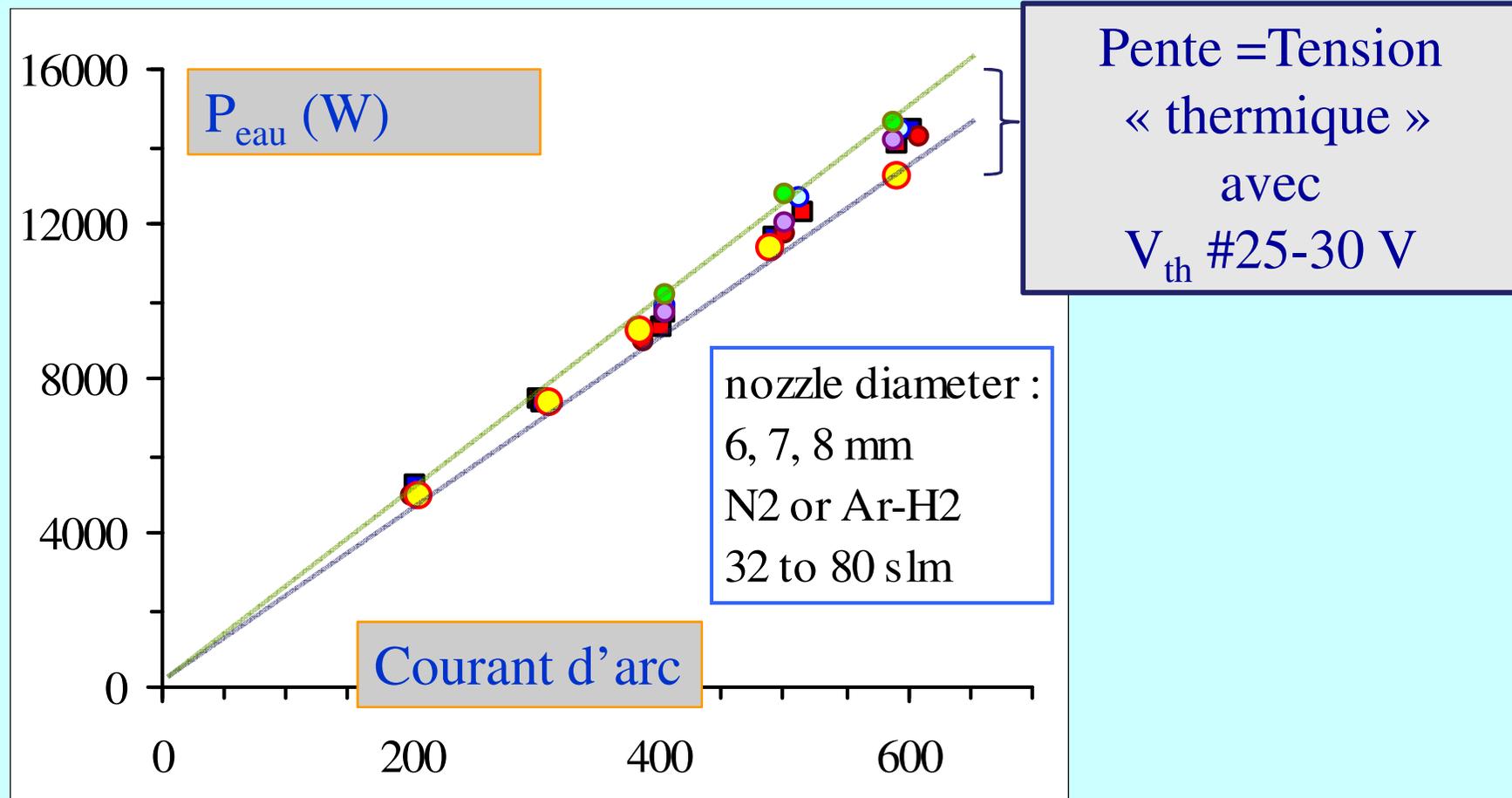
Torche à plasma d'arc soufflé

Caractérisation du fonctionnement « statique »



Pertes thermiques aux électrodes

$$P_{\text{eau}} = m_{\text{eau}}^{\circ} \cdot C_p \cdot \Delta T$$



Torche à plasma d'arc soufflé

Caractérisation statique

■ Rendement énergétique

$$\eta = \frac{P_{elec} - P_{eau}}{P_{elec}} = 1 - \frac{P_{eau}}{VI} = 1 - \frac{V_{th}}{V}$$

■ Enthalpie massique moyenne

$$h_0 = \frac{\eta P_{elec}}{\dot{m}_g} = \frac{\eta VI}{\dot{m}_g}$$

Pourquoi mesurer les grandeurs statiques d'une torche ?

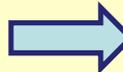
Suivi du procédé: problème de dérive des performances de la torche, à courant constant et débit gaz constant.

Ex : Tension thermique #30 V

Tension d'arc U_{arc} : variations de 70 V à 60V (érosion)

Tension « utile »: $U_{\text{arc}} - V_{\text{th}}$ de 40 à 30 V  -30%

$-h_o$  -30%

-transferts  -30% ...

Estimation de la vitesse du jet

Conservation de l'énergie: $h_0 = h + \frac{1}{2}u^2$

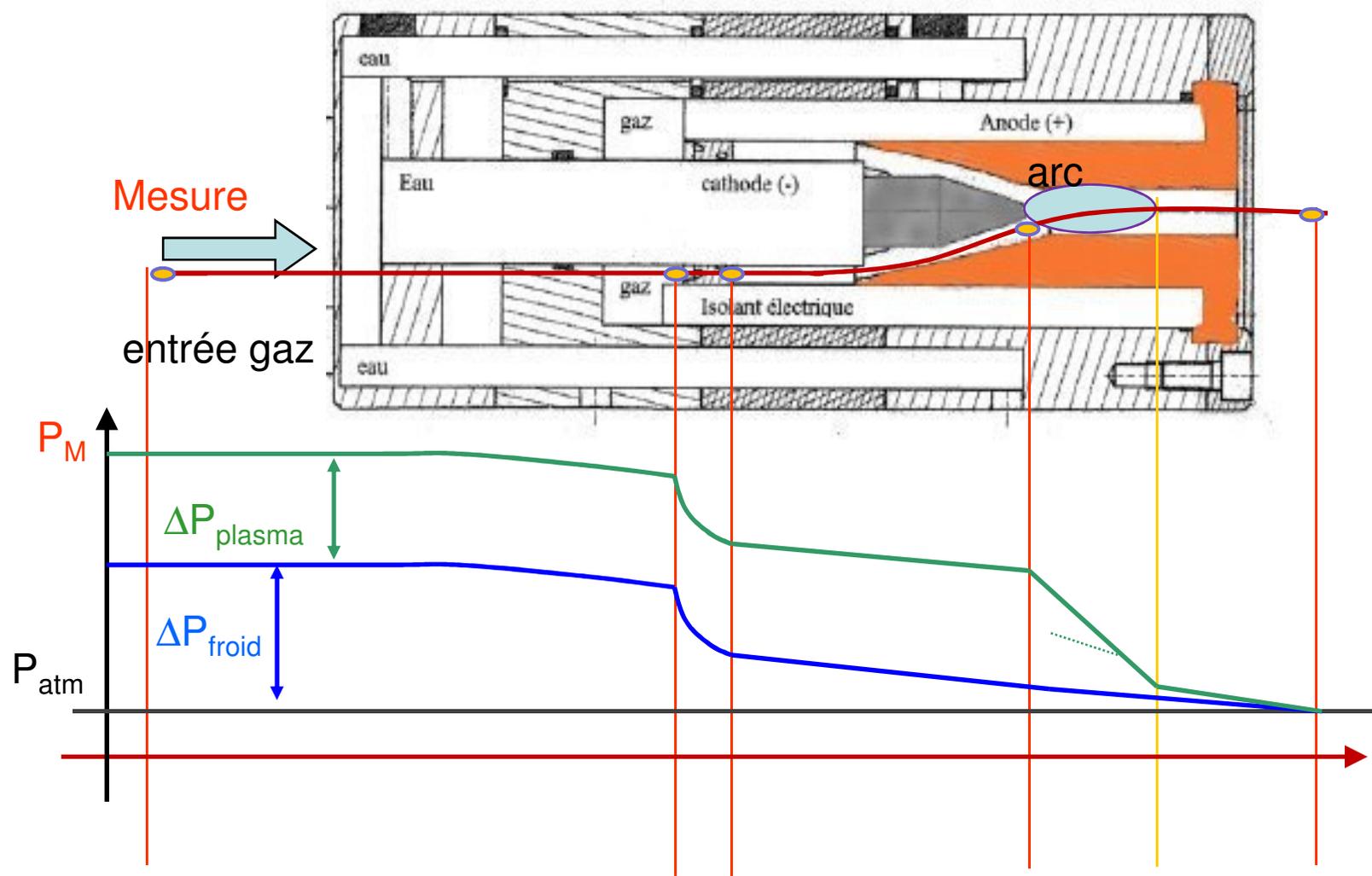
h_0 = enthalpie massique déduite du bilan de la torche,
assimilée à l'enthalpie d'arrêt .

$h=f(P, \gamma, \rho)$ + écoulement compressible +

$$u \approx \underbrace{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}} \frac{h_0 \dot{m}_g}{d^4}$$

Importance du coef isentropique γ

Mesures de Pression



Modèle de Pression

$$P_T = P_{\text{atm}} + \Delta P_{\text{froid}} + \Delta P_{\text{mag}} + \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{8\dot{m}^2 h_0}{P_{\text{atm}} \pi^2 D^4} (1 + \xi)$$

Sans plasma

Magnétique

Isentropique

Viscosité

Perte de charge linéaire

$$\xi = f(\ell, D)$$

Longueur de la tuyère

Conditions expérimentales

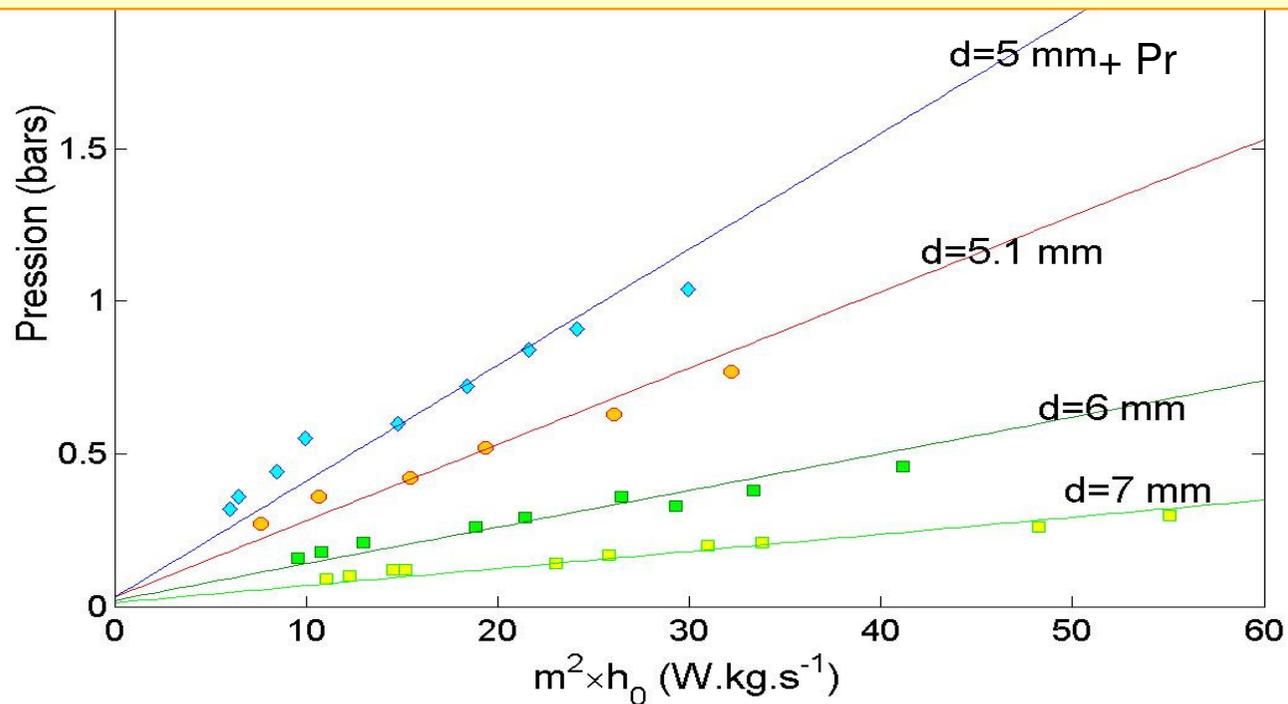
$I = 350 \text{ à } 600 \text{ A}$

$\text{l.d.} = 5 \text{ à } 7 \text{ mm}$

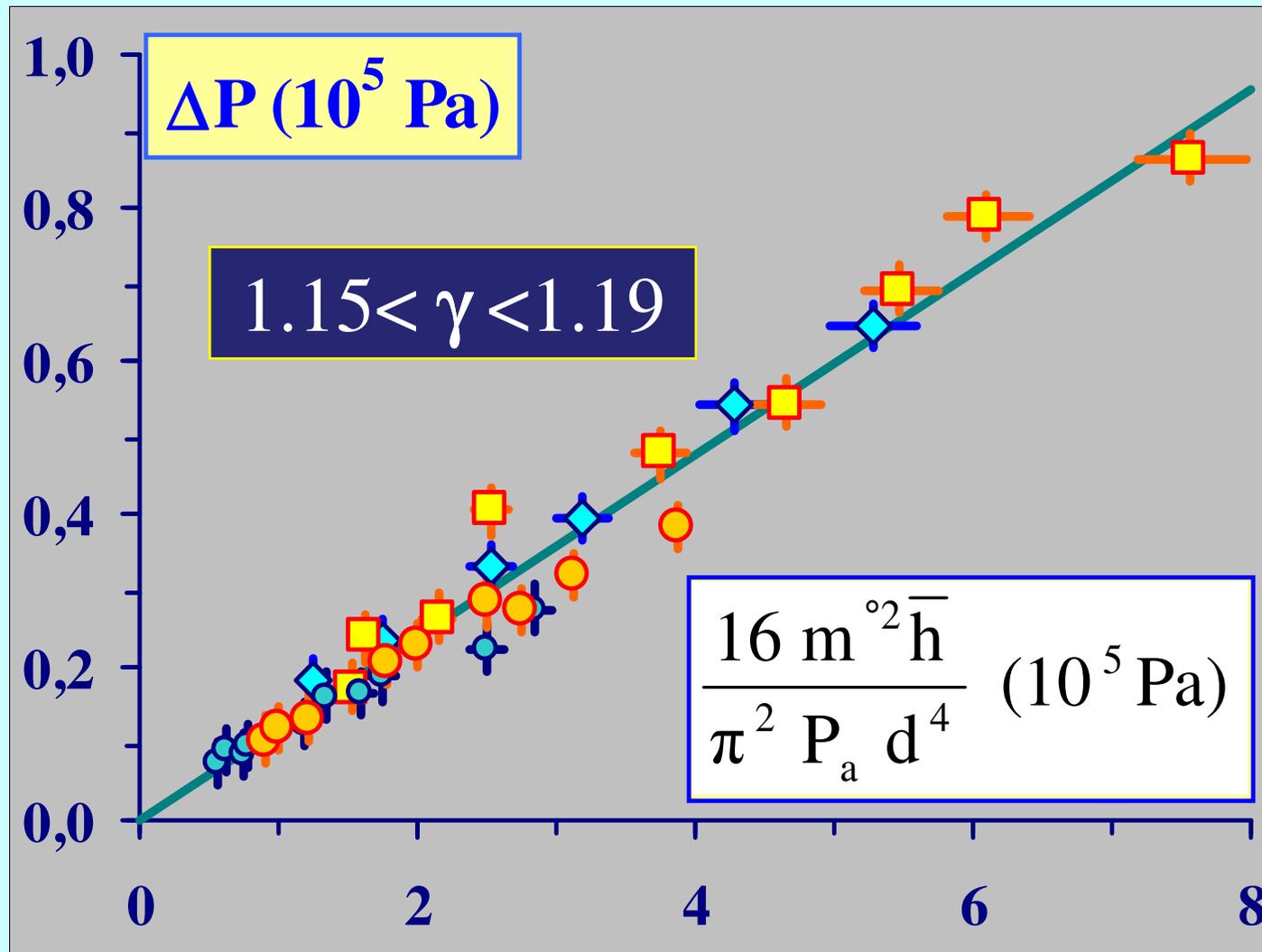
Gaz plasmagène = Ar/H₂ (30/10 – 45/15 – 60/20 slm)

Modèle de Pression et mesures

$$(P_T - P_{atm} - \Delta P_{froid}) = \Delta P_{mag} + \frac{8(\gamma-1)}{\gamma} \frac{\dot{m}^2 h_0}{P_{atm} \pi^2 d^4} (1 + \xi)$$

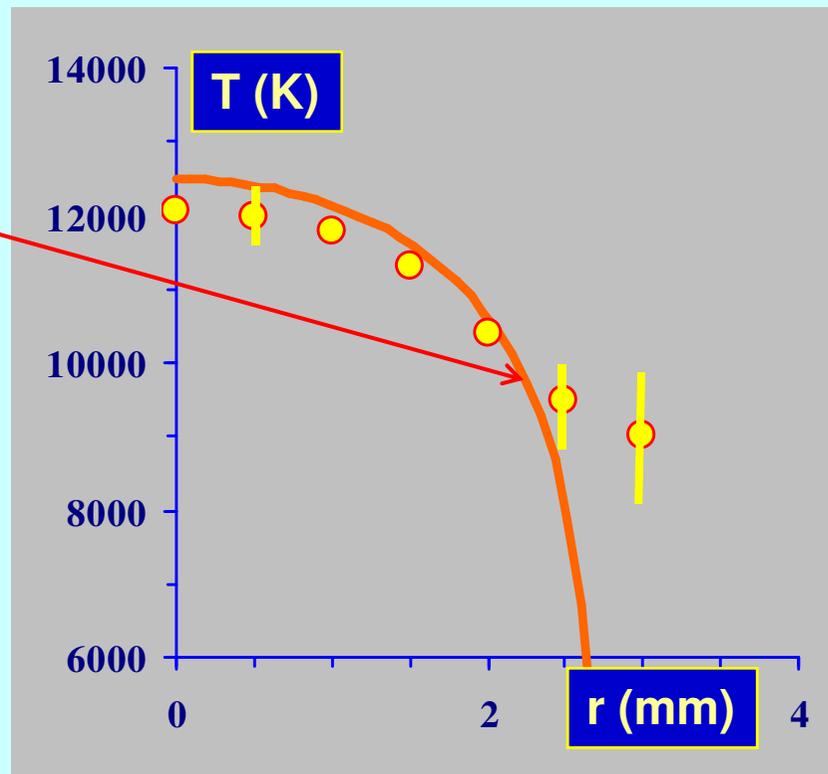
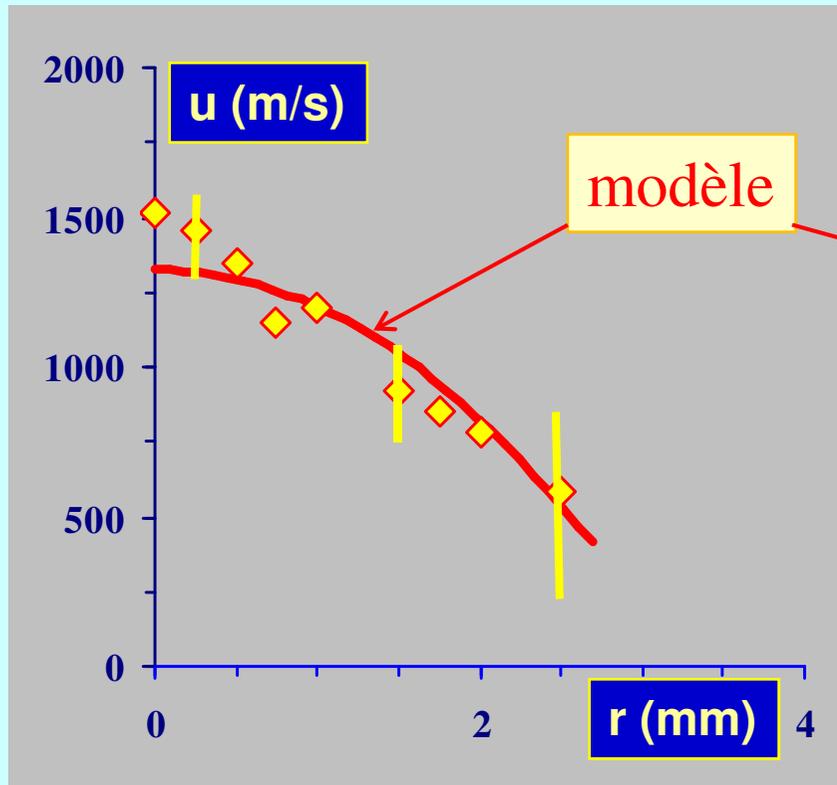


Mesures de Pression avec Ar-H₂ (75/25vol%)



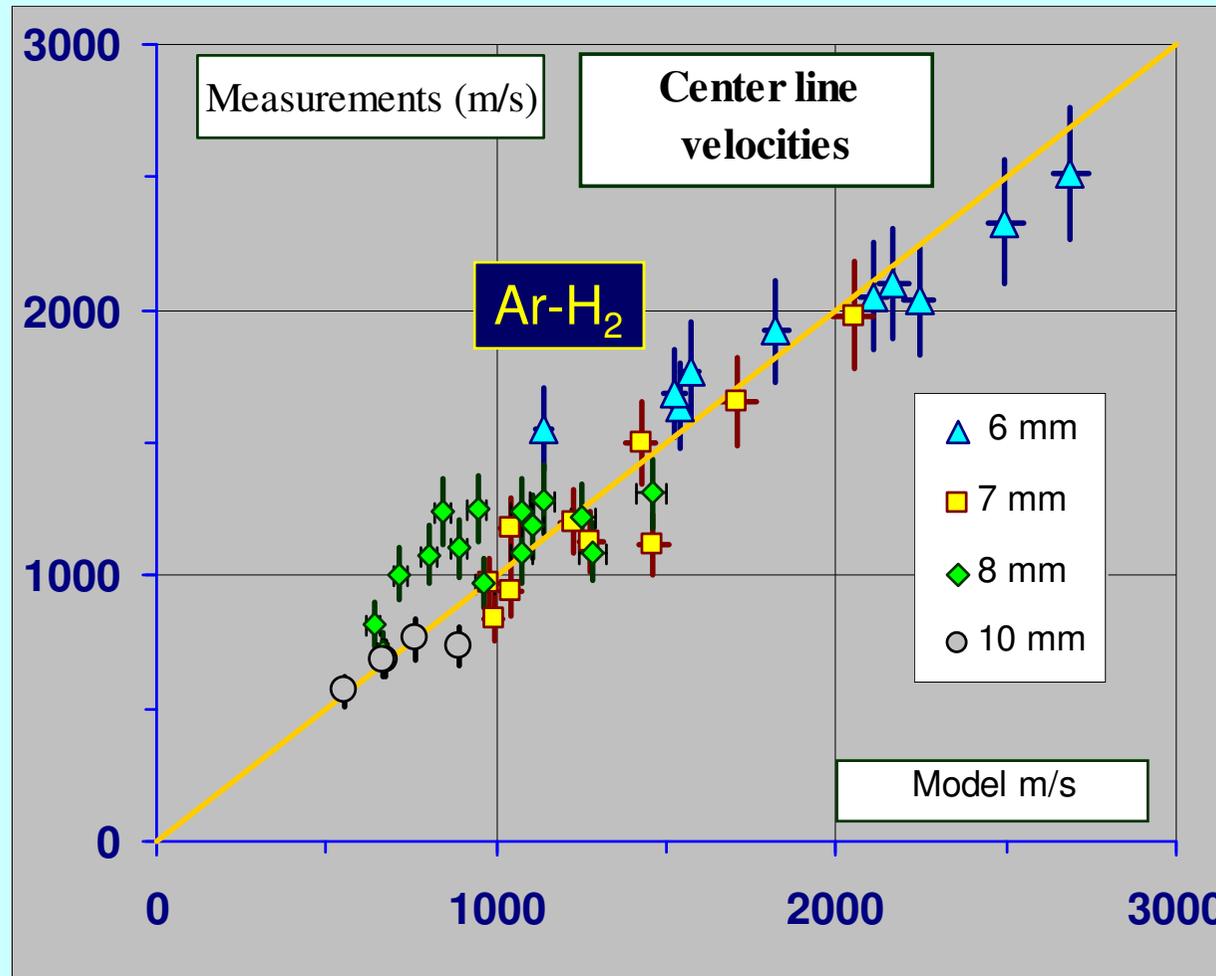
m° : mass flow rate
 h : mean enthalpy
 d : nozzle Diameter
 P_a : exit pressure

Profils de vitesse et température

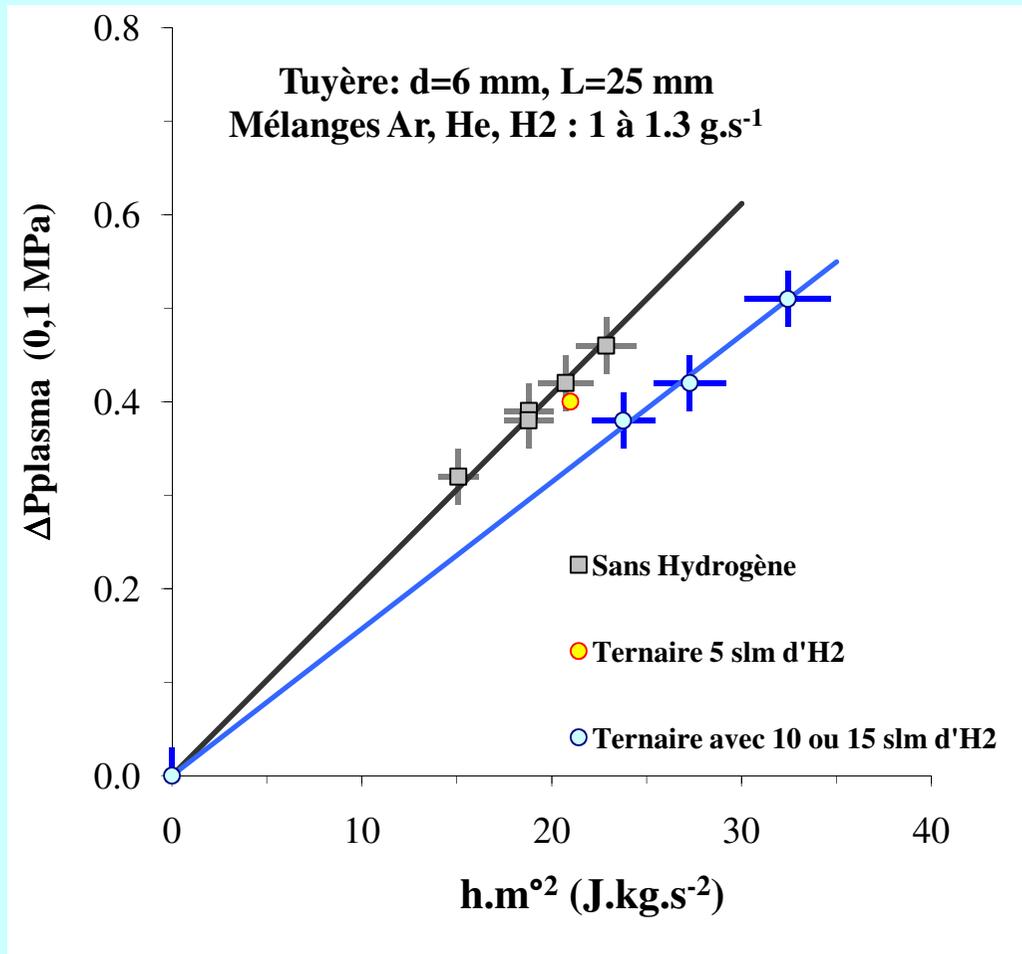


Φ 7. Ar-H₂ (45-15 slm). 400 A

Vitesse du jet en sortie de tuyère



Influence du gaz sur la pression



L'ajout d'hydrogène dans le mélange Ar-He abaisse la valeur de γ .

Le rapport $(\gamma-1)/\gamma$ et la vitesse sont diminués de 20 à 25%

Conclusion