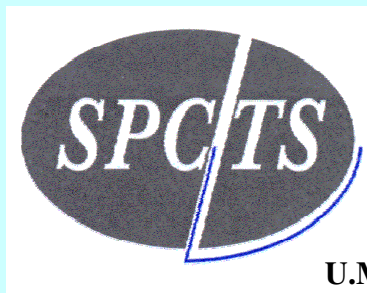


# Approche énergétique globale du fonctionnement d'une torche de projection :

## Influences des paramètres d'entrée.

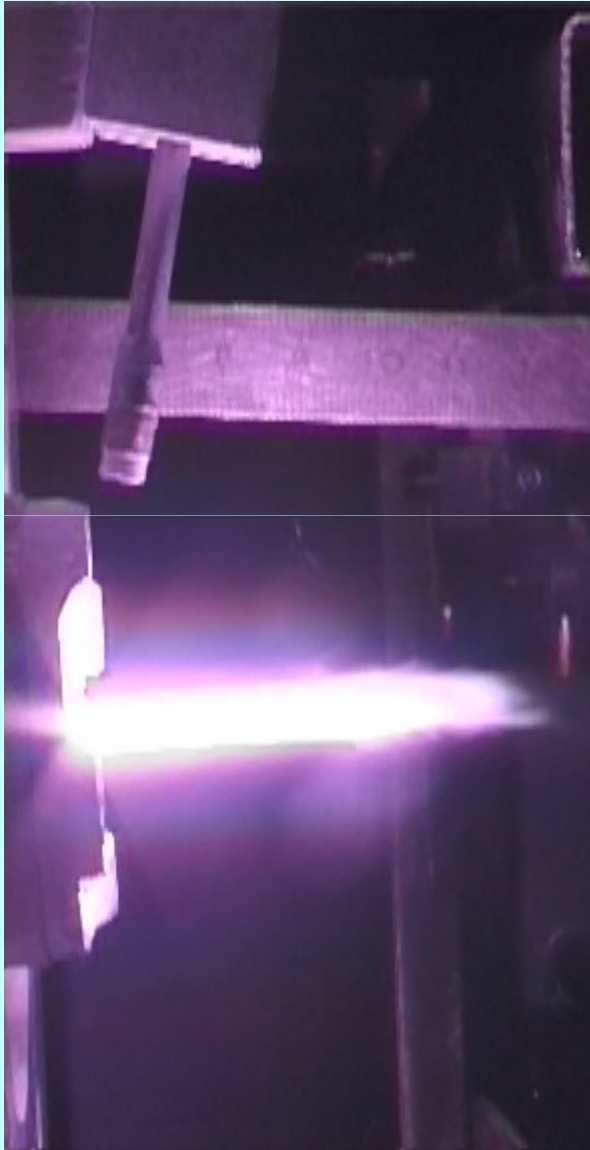
JF. Coudert - V. Rat



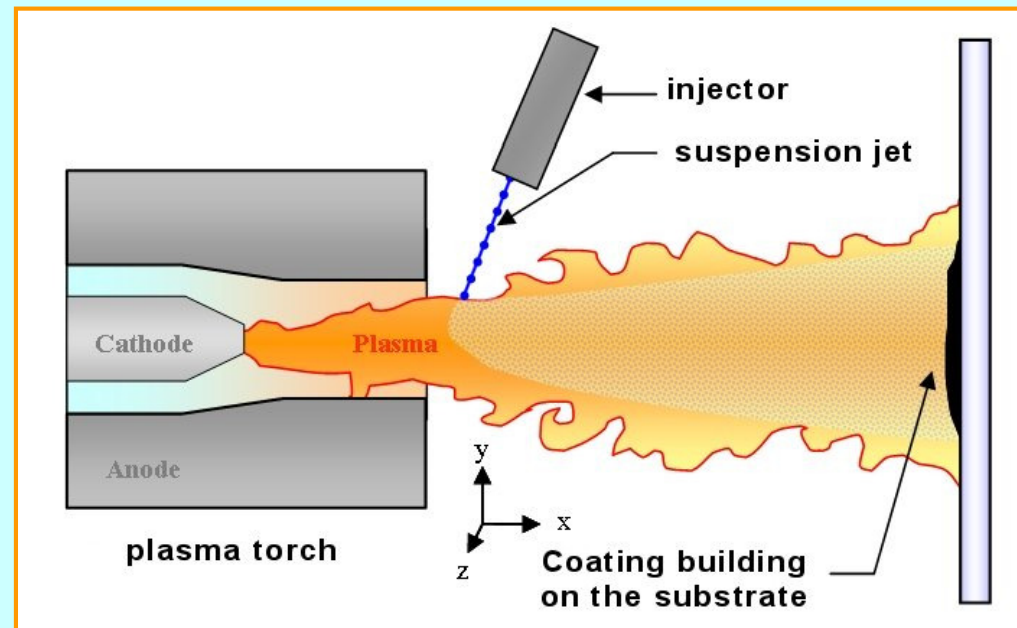
U.M.R 6638



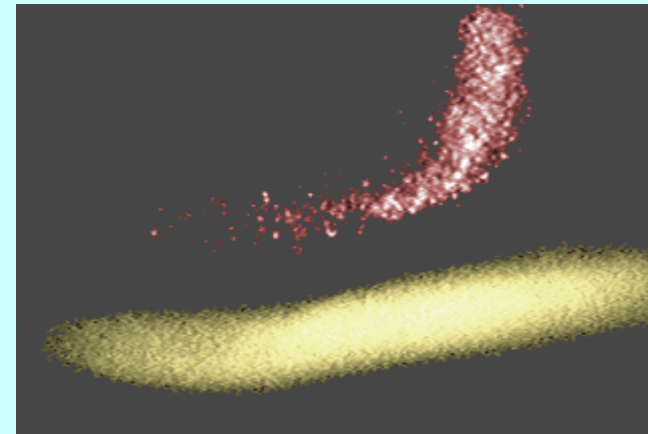
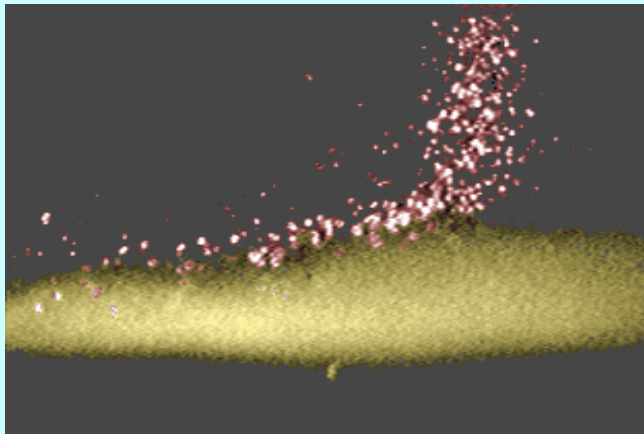
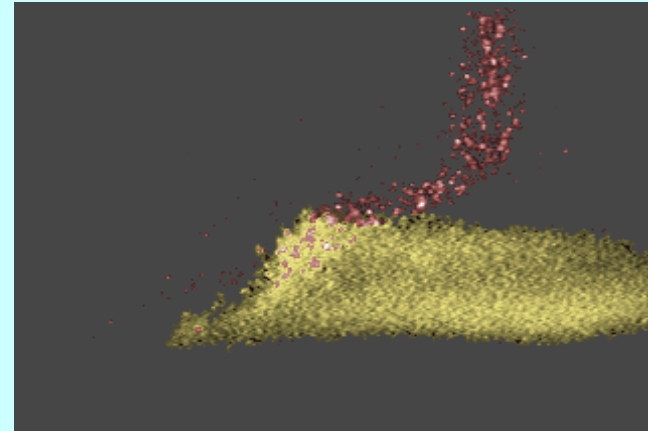
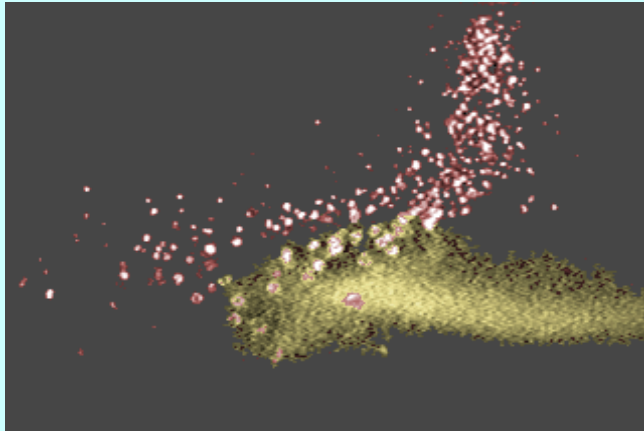
# La projection plasma : Principe.



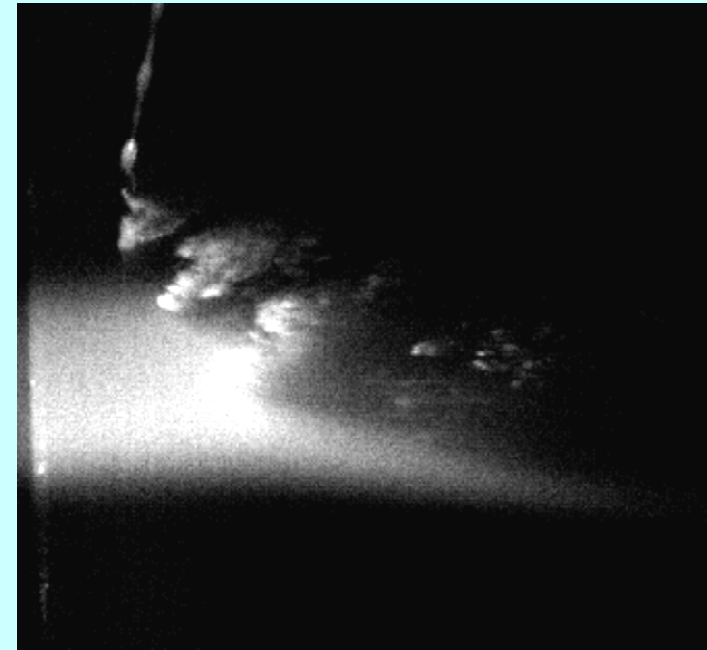
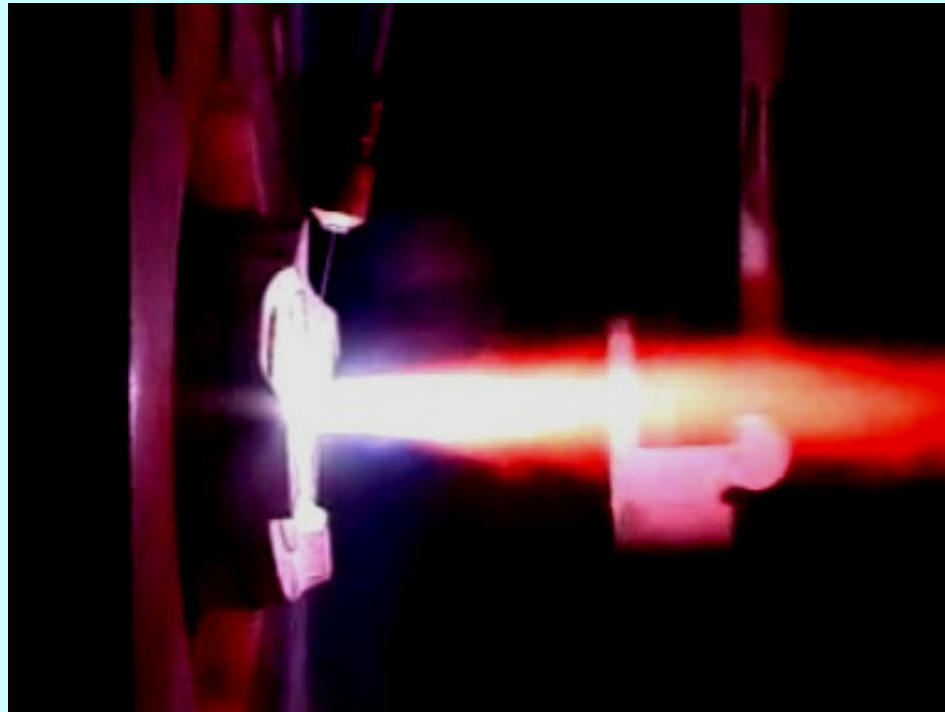
Matériaux introduits dans le jet de plasma:  
-Poudres + gaz porteur  
- Jet de suspension



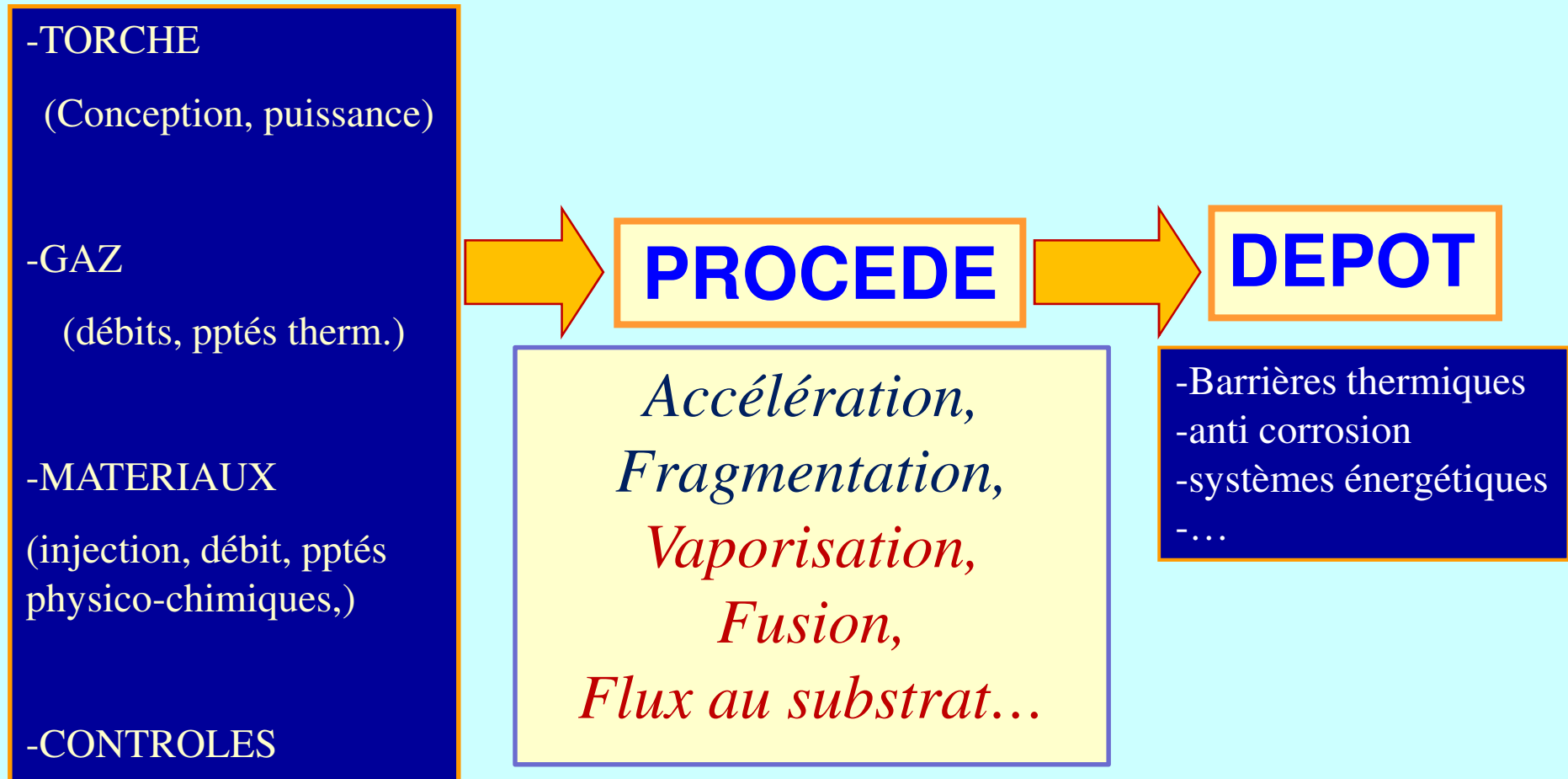
# Instabilités du jet de plasma: Injection poudres + gaz porteur



# Plasma Ar/H<sub>2</sub> + suspension ZrO<sub>2</sub>



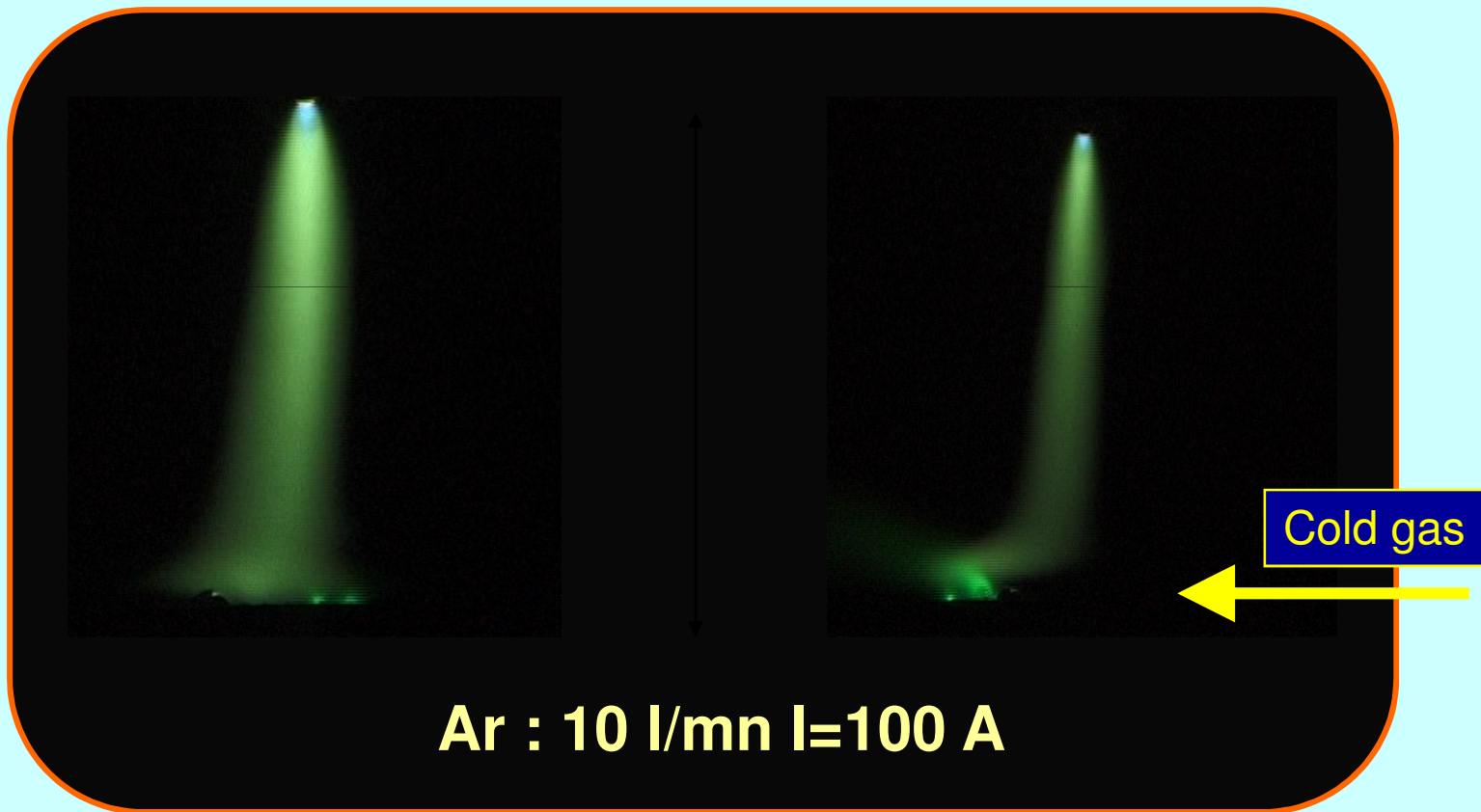
# La projection plasma: une histoire de TRANSFERTS



Pour faire une torche...

Confiner un arc électrique dans une  
tuyère et souffler

# Arc transféré sous argon

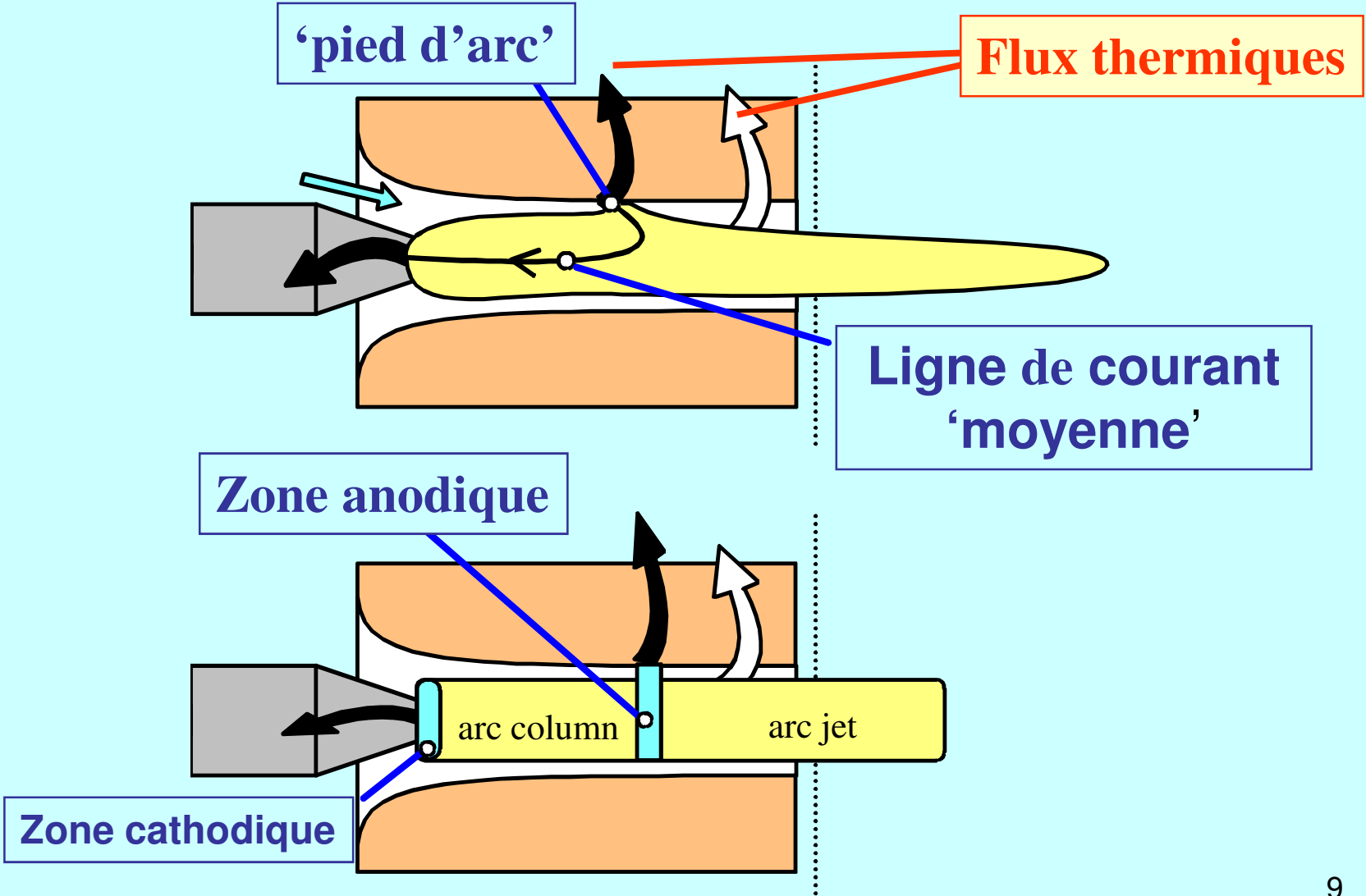


# Jet avec arc « pilote »: effet de l'inclinaison



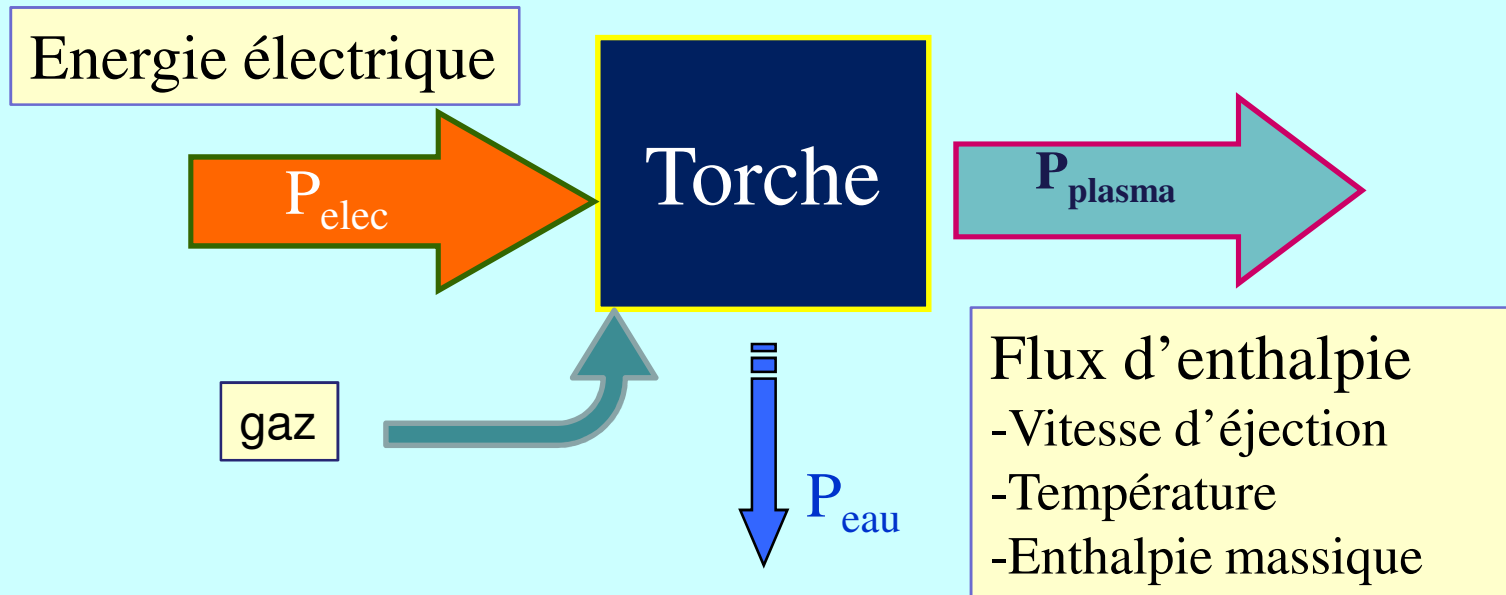


# Modèle d'arc



# Torche à plasma d'arc soufflé

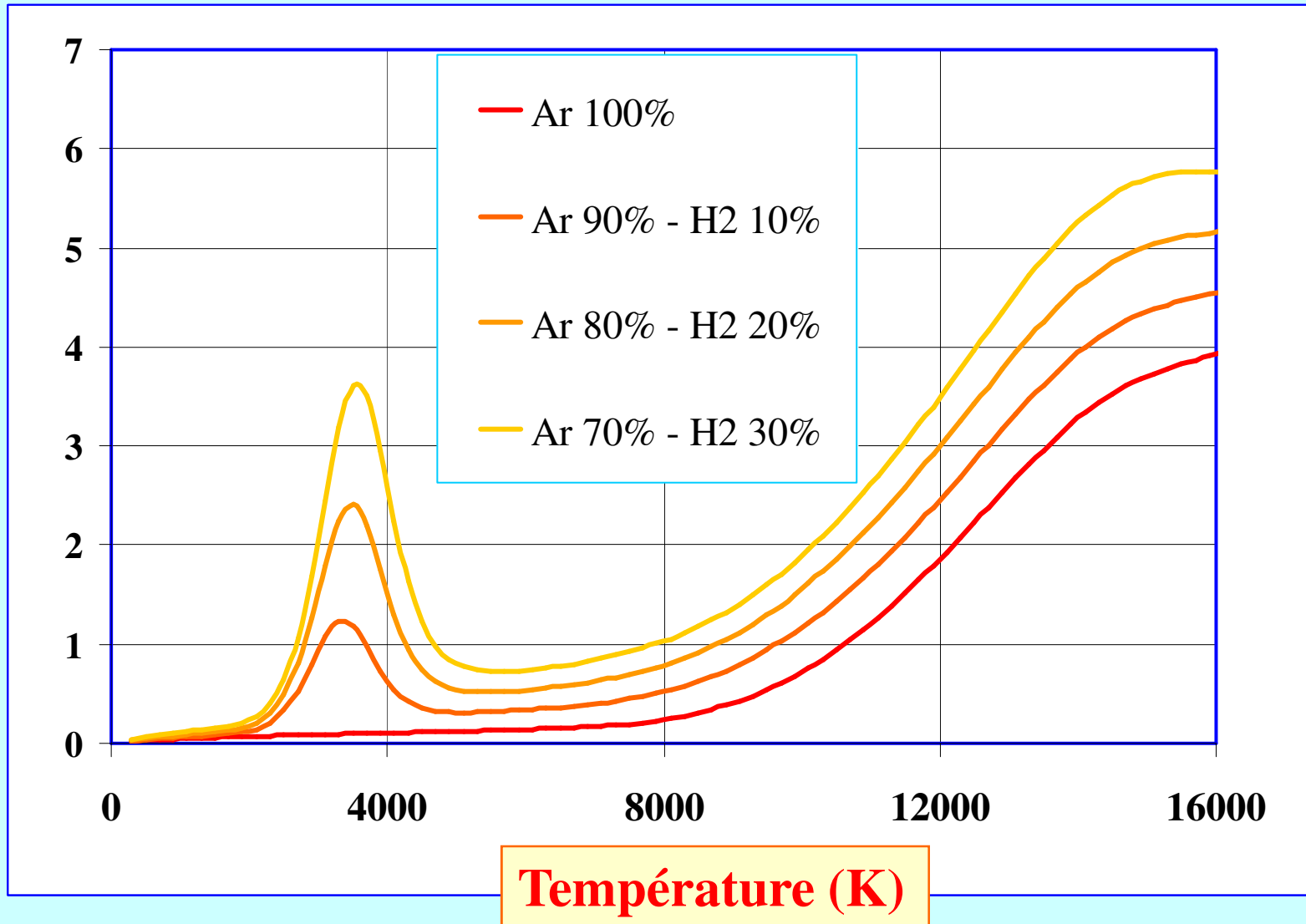
## Bilan d'énergie



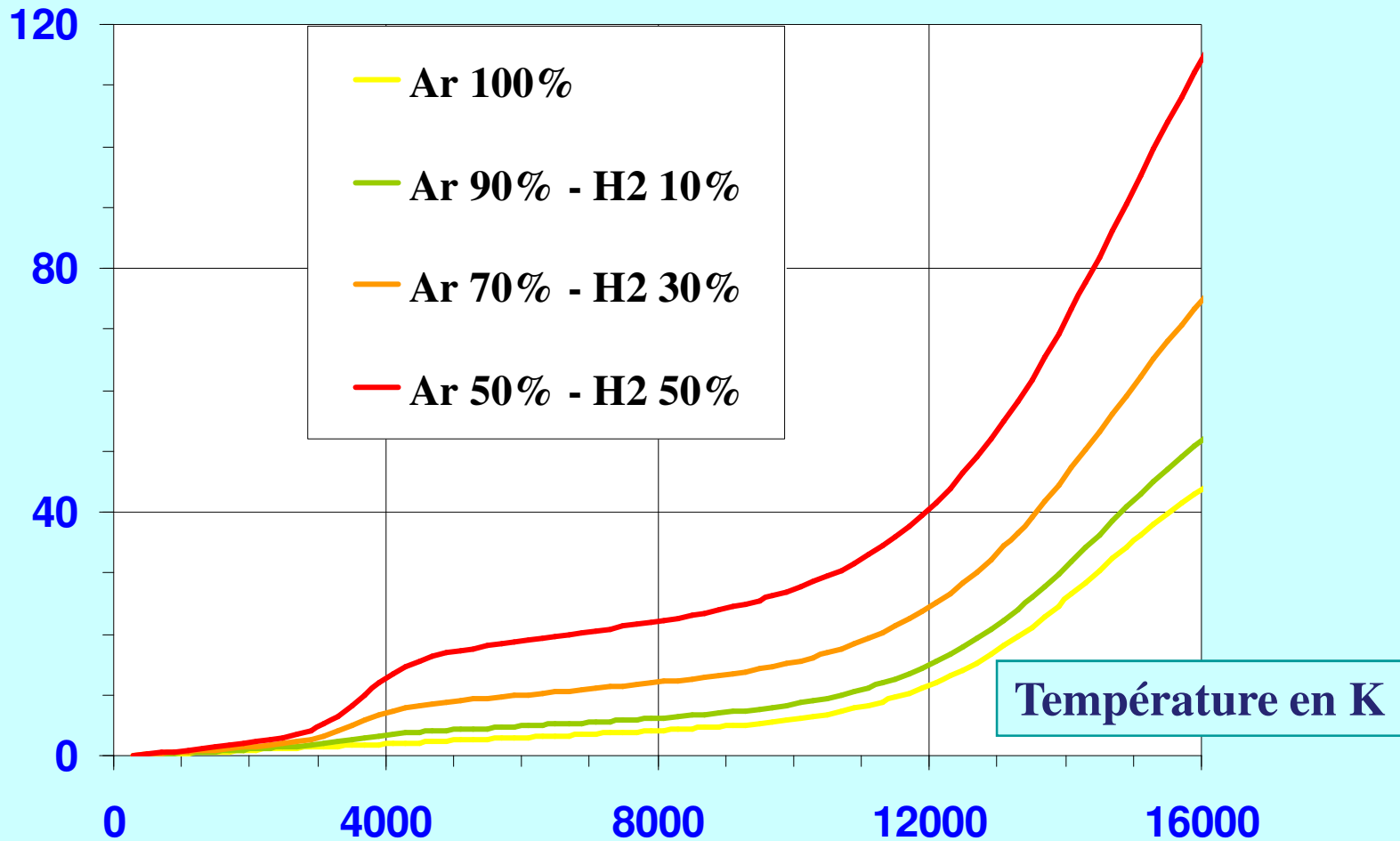
$$P_{eau} = P_{cathode} + P_{anode}$$

# Propriétés thermophysique des gaz

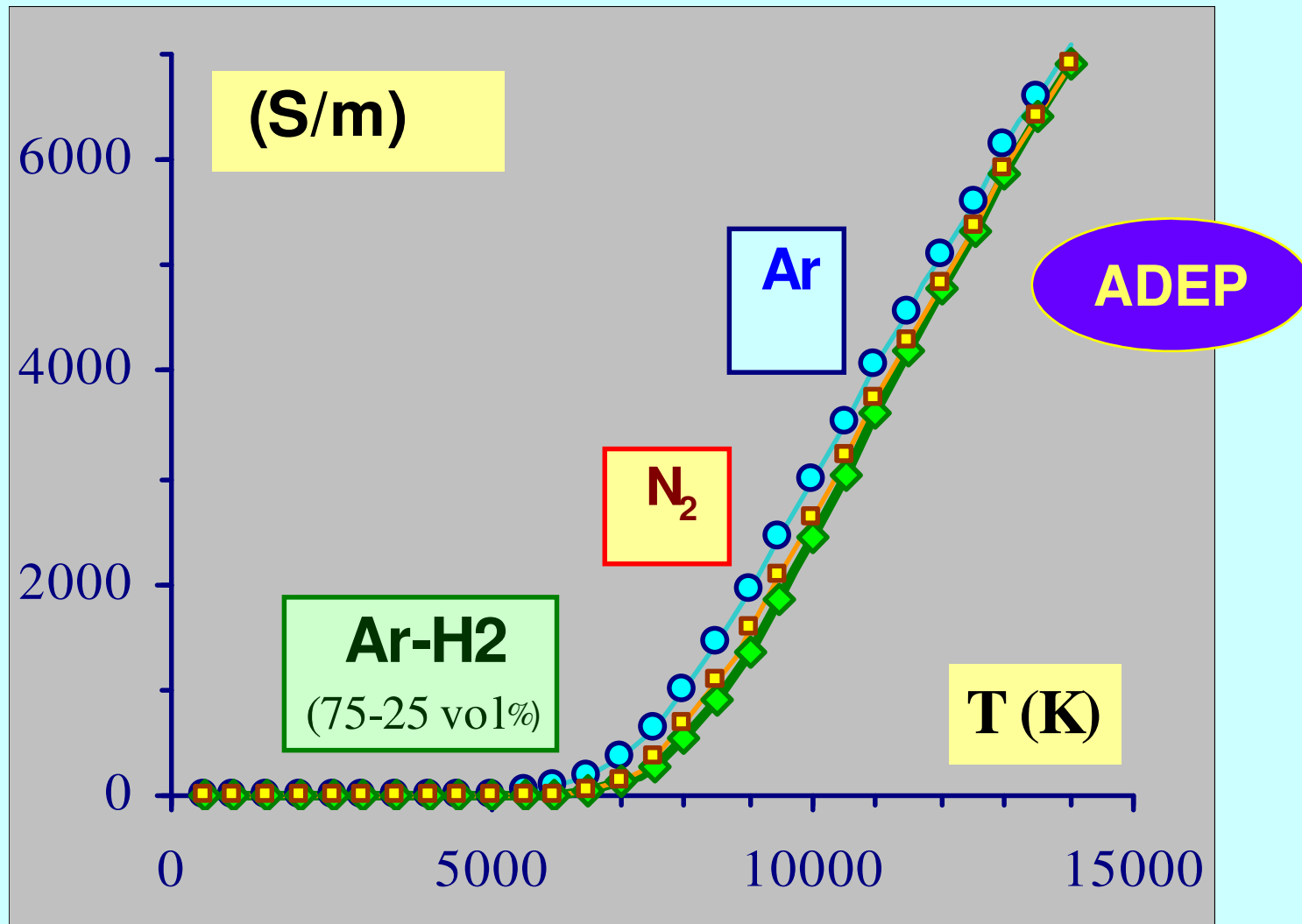
# Conductivité Thermique (W/m.K)



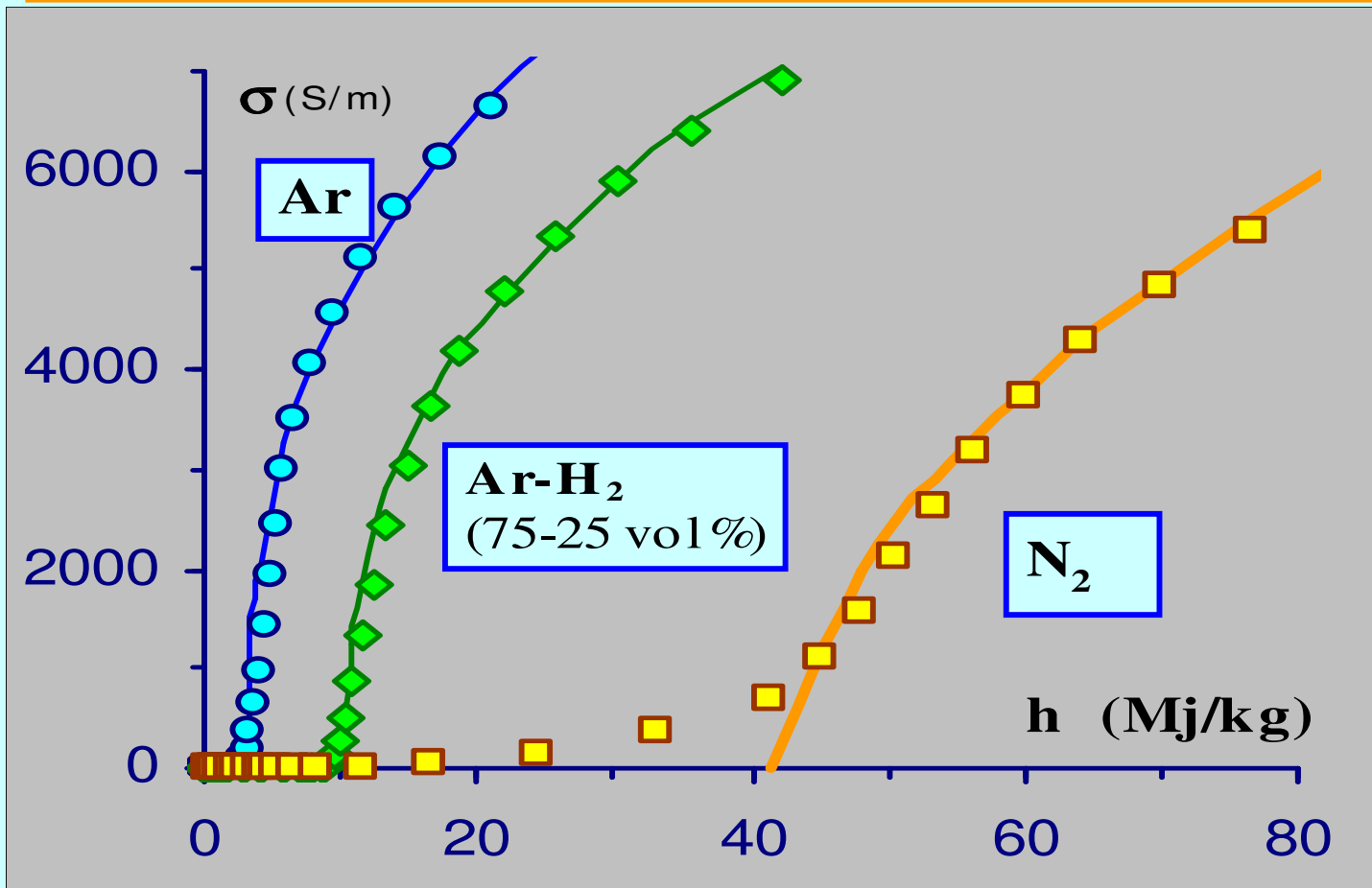
# Enthalpie massique (MJ/kg)



# Conductivité Electrique



# Conductivité Electrique

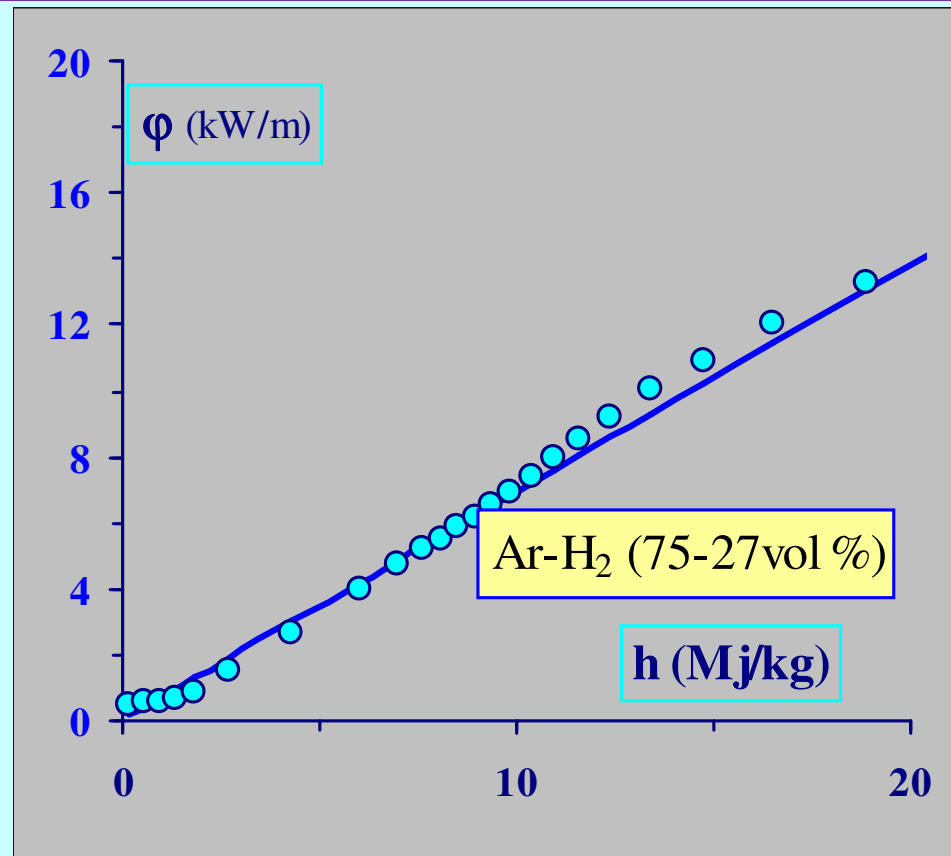


h : enthalpie massique

# Potentiel de conduction

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

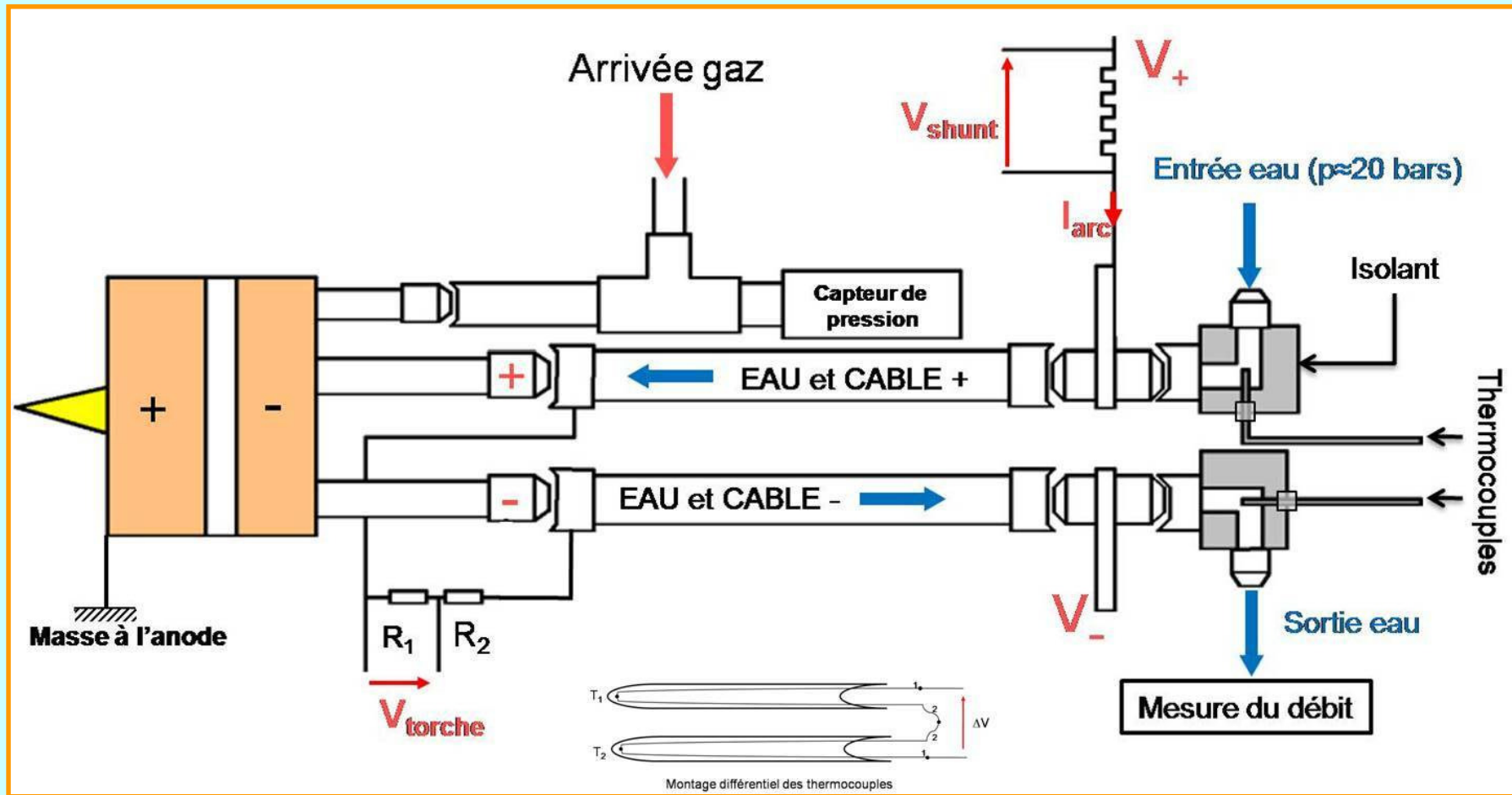
$$q = -\nabla\varphi$$





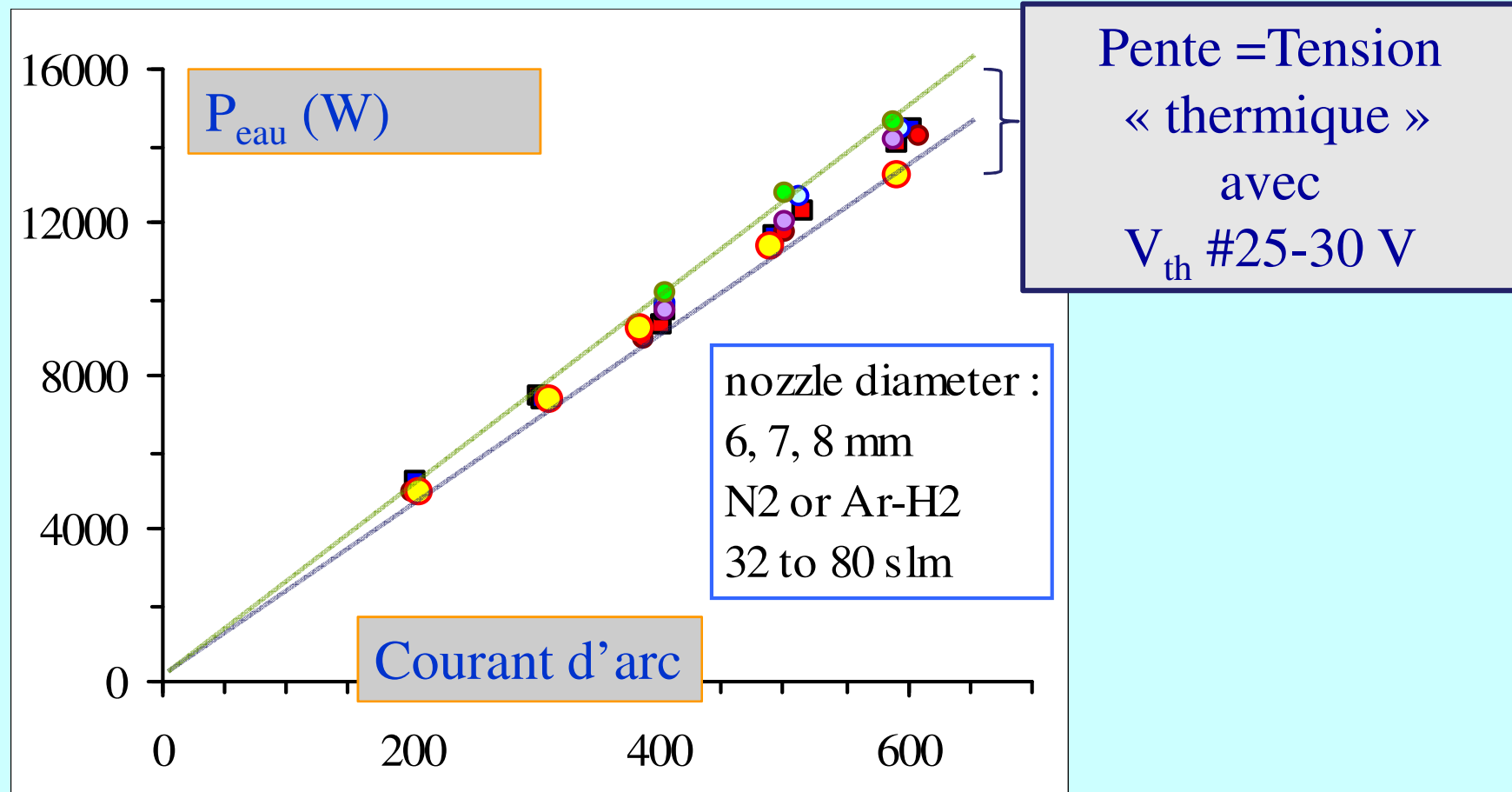
# Torche à plasma d'arc soufflé

## 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  $U_{\text{arc}}$ : 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:  $h_0 = h + \frac{1}{2}u^2$

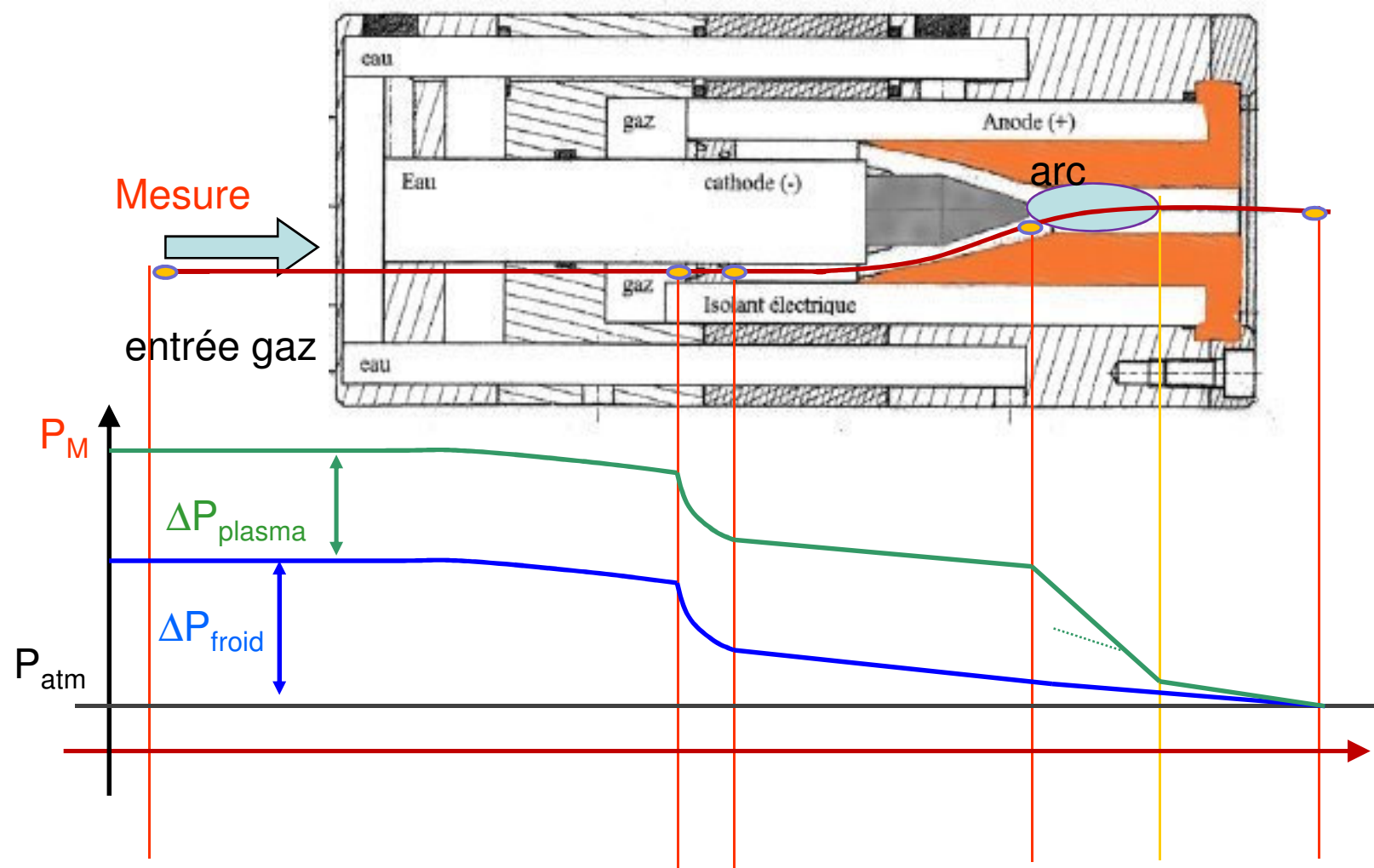
$h_0$  = enthalpie massique déduite du bilan de la torche,  
assimilée à l'enthalpie d'arrêt .

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

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

Importance du coef isentropique  $\gamma$

# 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

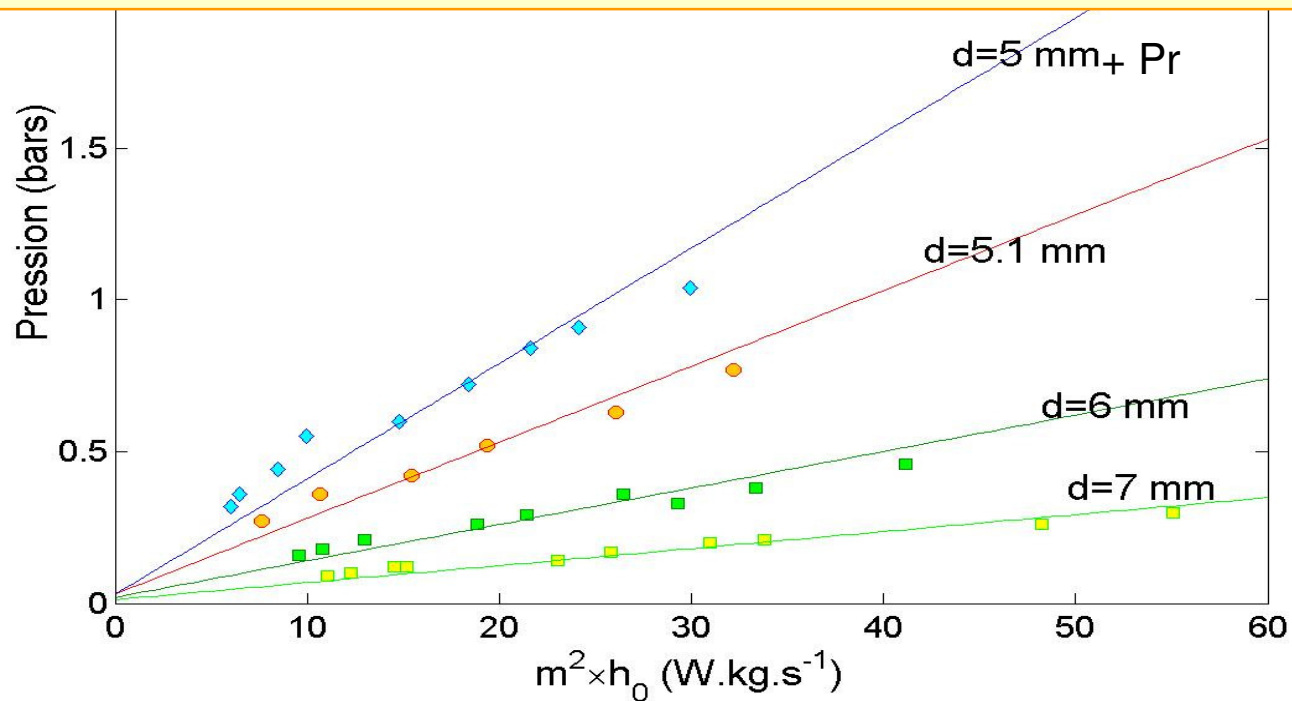
$I = 350 \text{ à } 600 \text{ A}$

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

Gaz plasmagène = Ar/H<sub>2</sub> (30/10 – 45/15 – 60/20 slm)

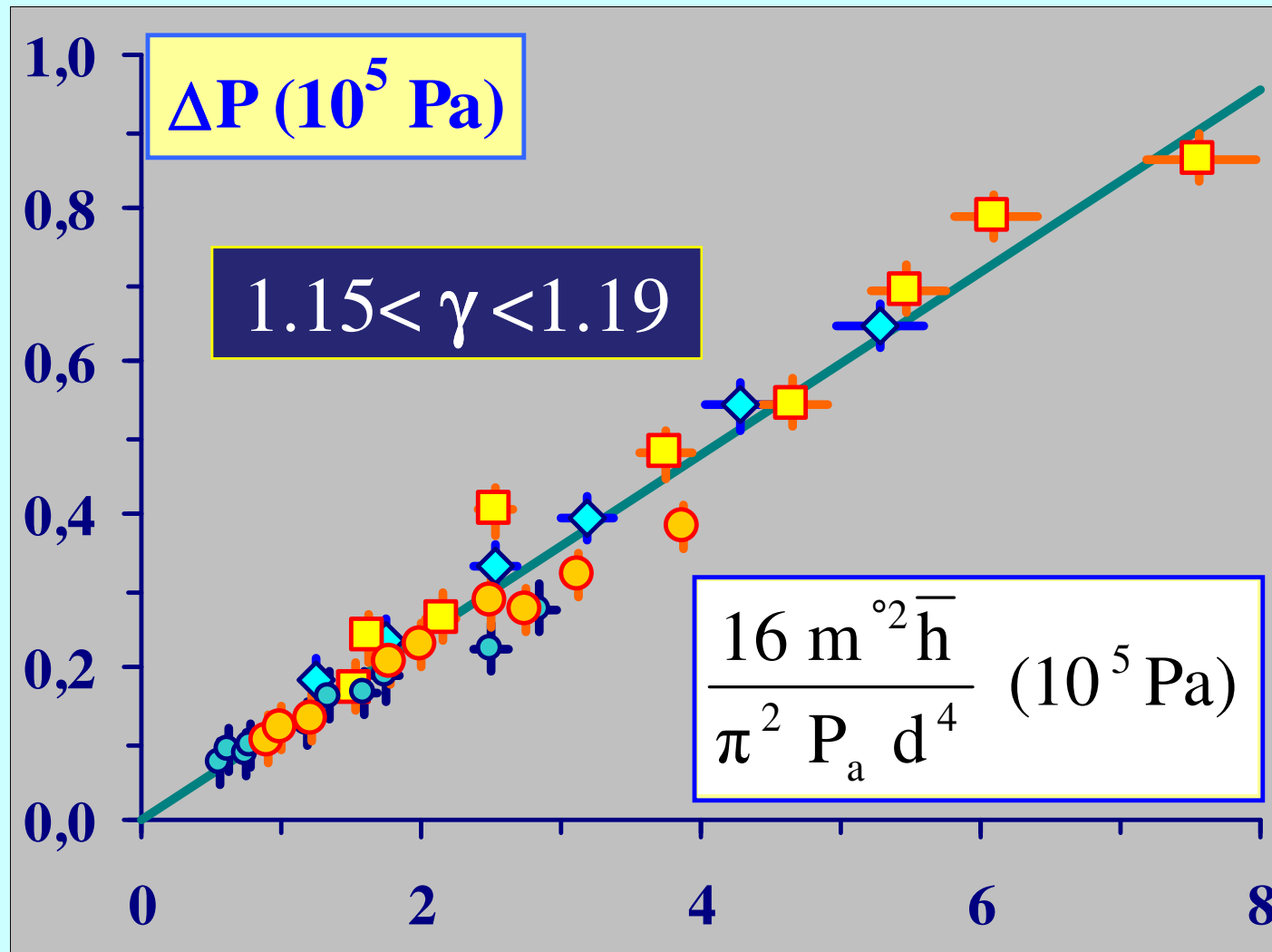
# Modèle de Pression et mesures

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



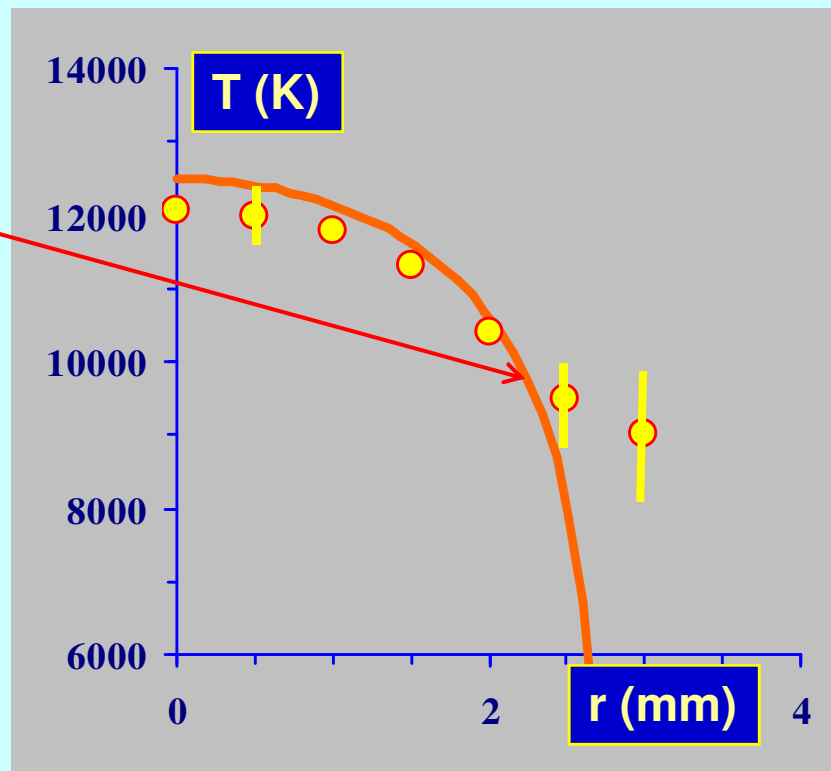
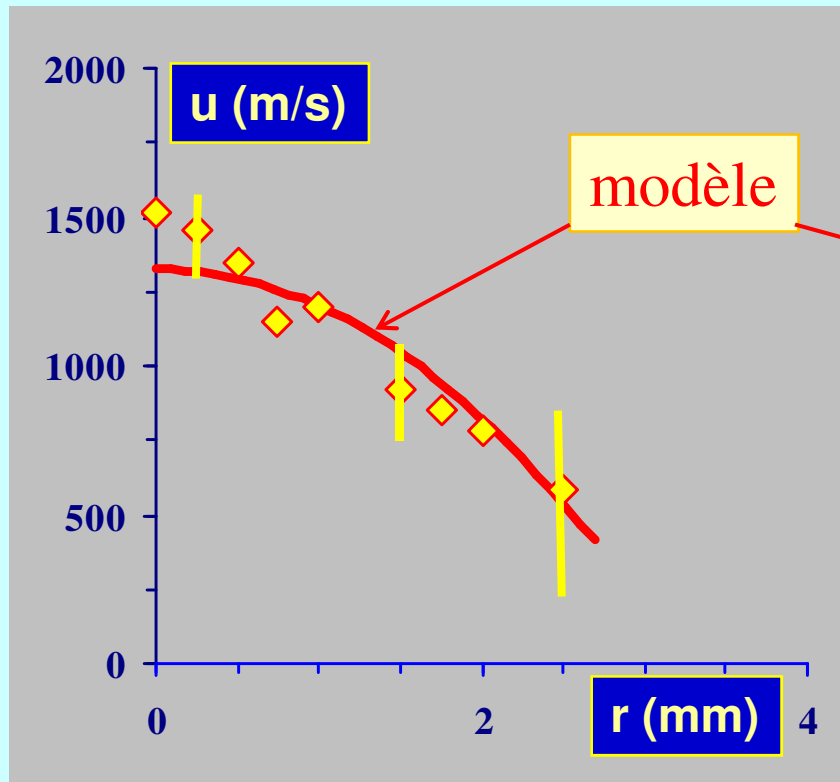


# Mesures de Pression avec Ar-H<sub>2</sub> (75/25vol%)



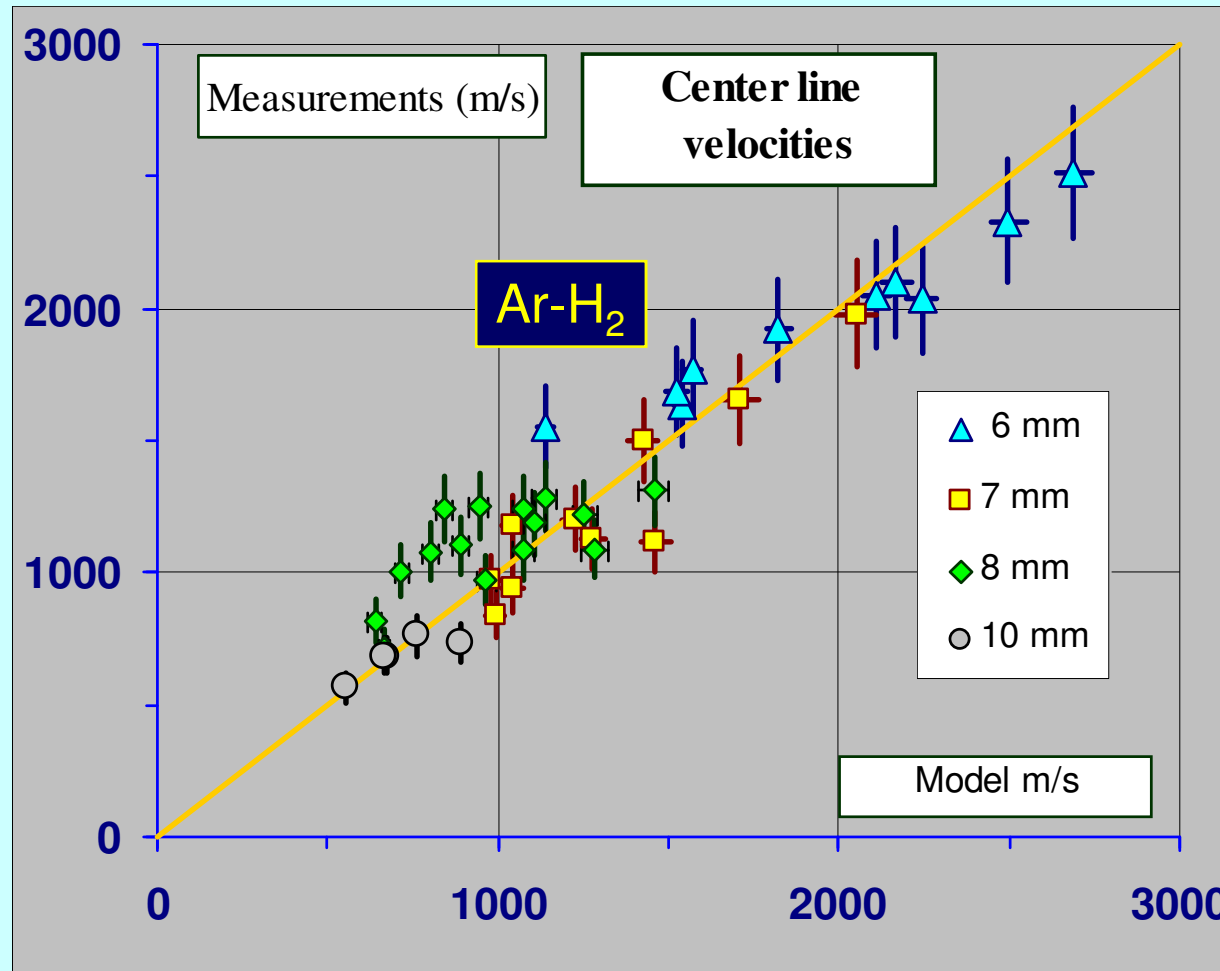
$m^{\circ}$ : mass flow rate  
 $h$ : mean enthalpy  
 $d$ : nozzle Diameter  
 $P_a$ : exit pressure

# Profils de vitesse et température

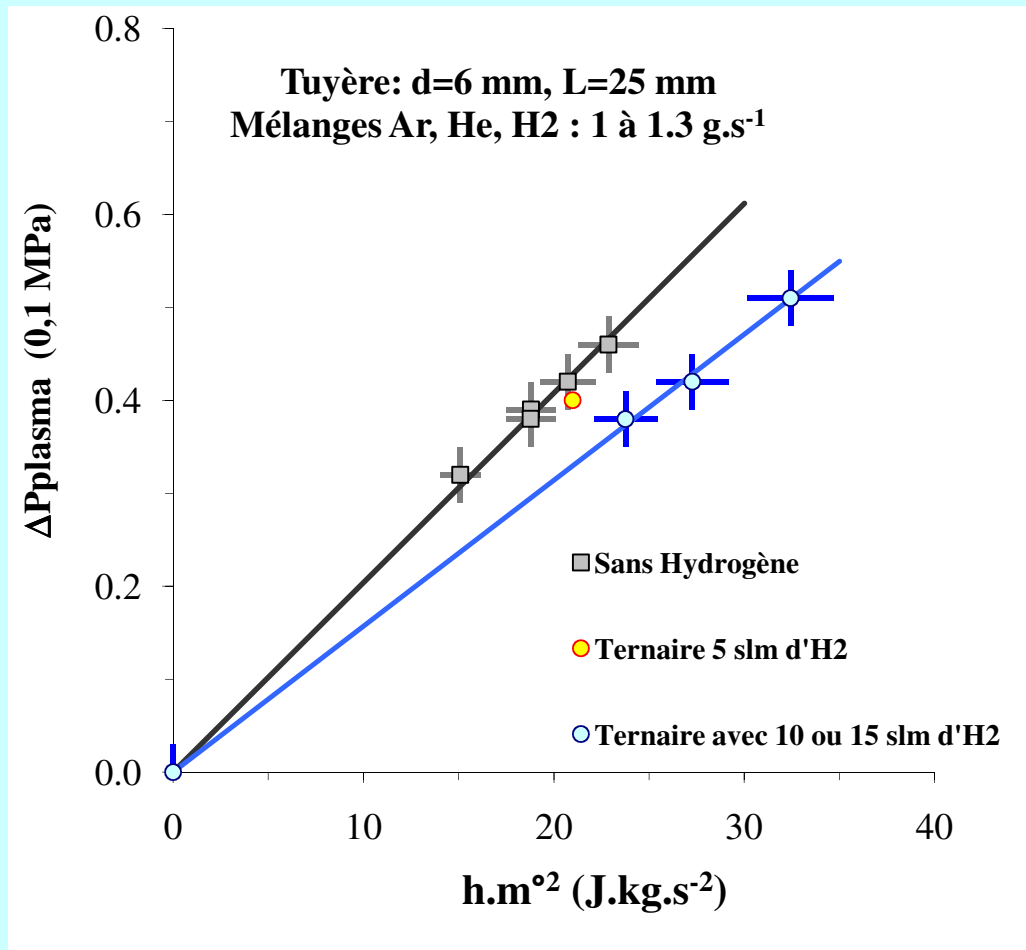


**$\Phi$  7. Ar-H<sub>2</sub> (45-15 slm). 400 A**

# 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  $\gamma$ .

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

# Conclusion