

## TP N : Caractérisation d'un tuyère Convergente- divergente

### I.1 Introduction

L'étude des fluides compressible présente une grande considération dans des nombreuses applications industrielles de la mécanique des fluides a titre d'exemple la mesure des caractéristiques des écoulements à grande vitesses exige la théorie de l'écoulement compressible, les écoulements dans les turbines à gaz sont généralement compressible.

Notant que la variation de la densité du fluide présente une attention particulière.

Le **nombre de Mach** est une paramètre dominant dans l'analyse de l'écoulement compressible, généralement, en aérodynamique, les écoulements sont classés suivant le nombre de Mach :

$M < 0.3$  l'écoulement est incompressible (la variation de la densité est négligeable)

$0.3 < M < 0.8$  l'écoulement subsonique (sans onde de choc)

$0.8 < M < 1.2$  l'écoulement transsonique, les ondes de choc apparaissent divisant l'écoulement en deux régions subsonique et supersonique

$M > 3$  écoulements hypersoniques, les ondes de choc et le changement des écoulements sont importants.

Durant ce TP, le dispositif expérimental HM261 sert comme un moyen indispensable à l'étude du fluide en mouvement dans un milieu compressible.

**A) Le but de ce TP est la caractérisation d'une tuyère convergent –divergente est d'établir :**

1/ la distribution des pressions

2/ la distribution des températures

3/ la distribution des vitesses

4/ la distribution du nombre de Mach (M)

### I.2 Description de dispositif expérimental :

Le dispositif expérimentale est représentée sur la figure 1.

L'air comprimé est assuré par un compresseur, sa pression d'entrée contrôlée par une vanne(2). De l'autre côté la pression de sortie est contrôlée par le débitmètre (12).

Le débitmètre est gradué en (g/s) et le résultat peut être directement lu durant l'expérience, un maximum de 8 pression sont disposées simultanément en plus de la pression d'entrée (5) et la pression de sortie (9) de la tuyère.

On-note aussi qu'il existe des sondes de mesure de la température à l'entrée et a la sortie.

### I.3 les principe de base :

#### I.3.1 la pression critique dans la tuyère de l'aval.

La pression critique dans la tuyère est donnée par la relation suivante

$$P_c = p_i \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

Avec :

$P_i$  : la pression de l'état générateur.

$\gamma$  : le rapport des chaleurs spécifiques (cas de l'air  $\gamma = 1.4$ )

### I.3.2 la température critique dans la tuyère de l'aval .

la température critique dans la tuyère est donnée par la relation suivant :

$$T_c = T_i \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)$$

Avec :

$T_i$  : la température de l'état générateur

$\gamma$  : Le rapport des chaleurs spécifiques (cas de l'air =1.4)

### I.4 la procédure expérimentale :

- Mettre la pression d'entrée à 6.6 bar en utilisant la vanne (2).
- Mettre la pression de sortie a 0.6 bar en utilisant le débitmètre (13).
- Motionner les pressions et les températures et le débit massique.
- Progressivement augmenter la pression de la sortie (1 ,2) et noter les valeurs de la pression, en chaque point

Calculer :

- 1) la température critique.
- 2) la pression critique.
- 3) comparer les valeurs de pression expérimentale avec celles de la théorie
- 4) calculer le nombre de Mach en chaque point
- 6) ) calculer la vitesse en chaque points

Np	Pi(bar)	Ti(C°)	Ts(C°)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Pc	Tc	débit (g/s)	Vc
1	6.6														
2	6.6														
3	6.6														
d	(mm)			3.6	2	2.13	2.26	2.93	2.52	2.666	2.79				
A	(mm <sup>2</sup> )														

$$\frac{T_i}{T_0} = \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad \frac{p_i}{p_0} = \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{1}{\kappa}}$$

$$\frac{a_i}{a_0} = \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{\kappa-1}{2\kappa}} \quad Ma_i = \sqrt{\frac{2}{\kappa-1} \left[ \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} - 1 \right]} \quad \frac{A^*}{A_i} = 3,8639266 \cdot \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{1}{\kappa}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}$$

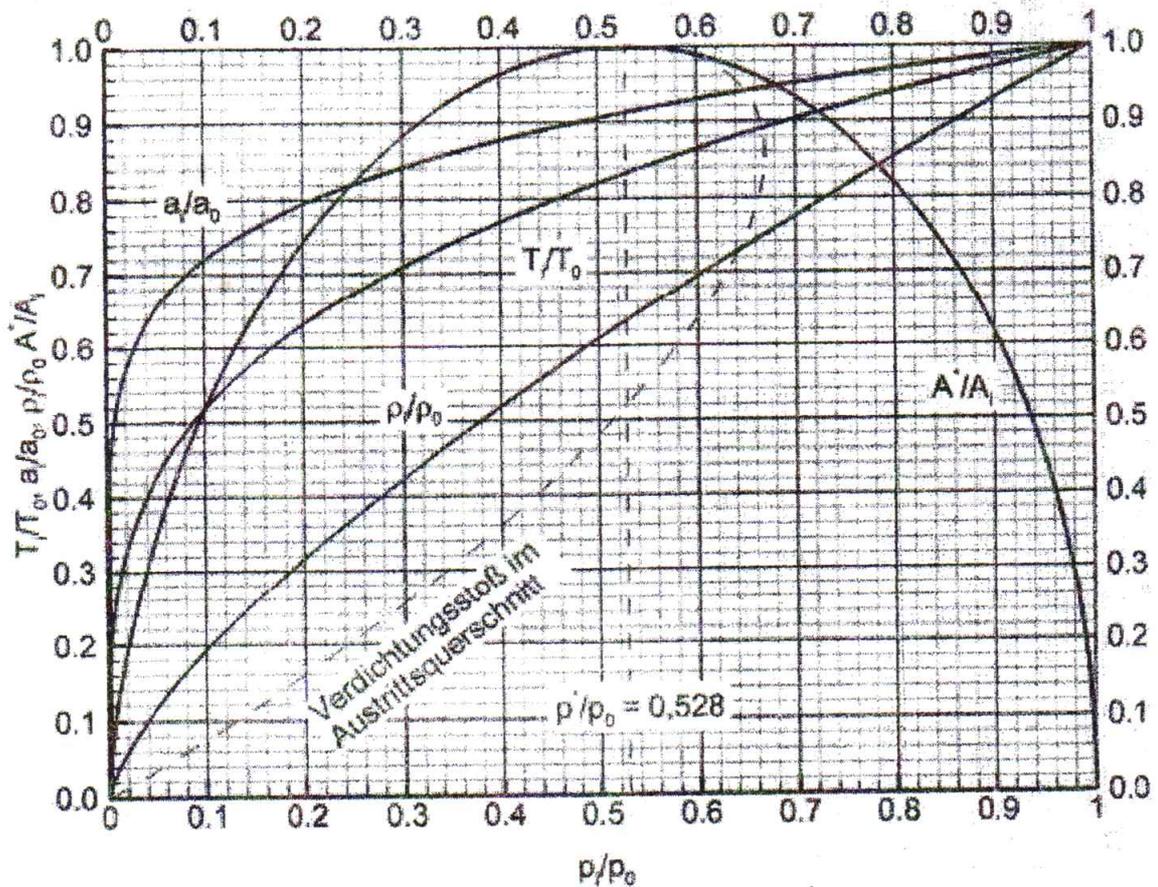


Fig. 1 : débits en fonction du taux de pression

Les formules suivantes sont représentées graphiquement :

$$\frac{p_i}{p_0} = \left(1 + \frac{\kappa-1}{2} \cdot Ma_i^2\right)^{\frac{\kappa}{1-\kappa}}$$

$$\frac{T_i}{T_0} = \left(1 + \frac{\kappa-1}{2} \cdot Ma_i^2\right)^{-1}$$

$$\frac{a_i}{a_0} = \left(1 + \frac{\kappa-1}{2} \cdot Ma_i^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

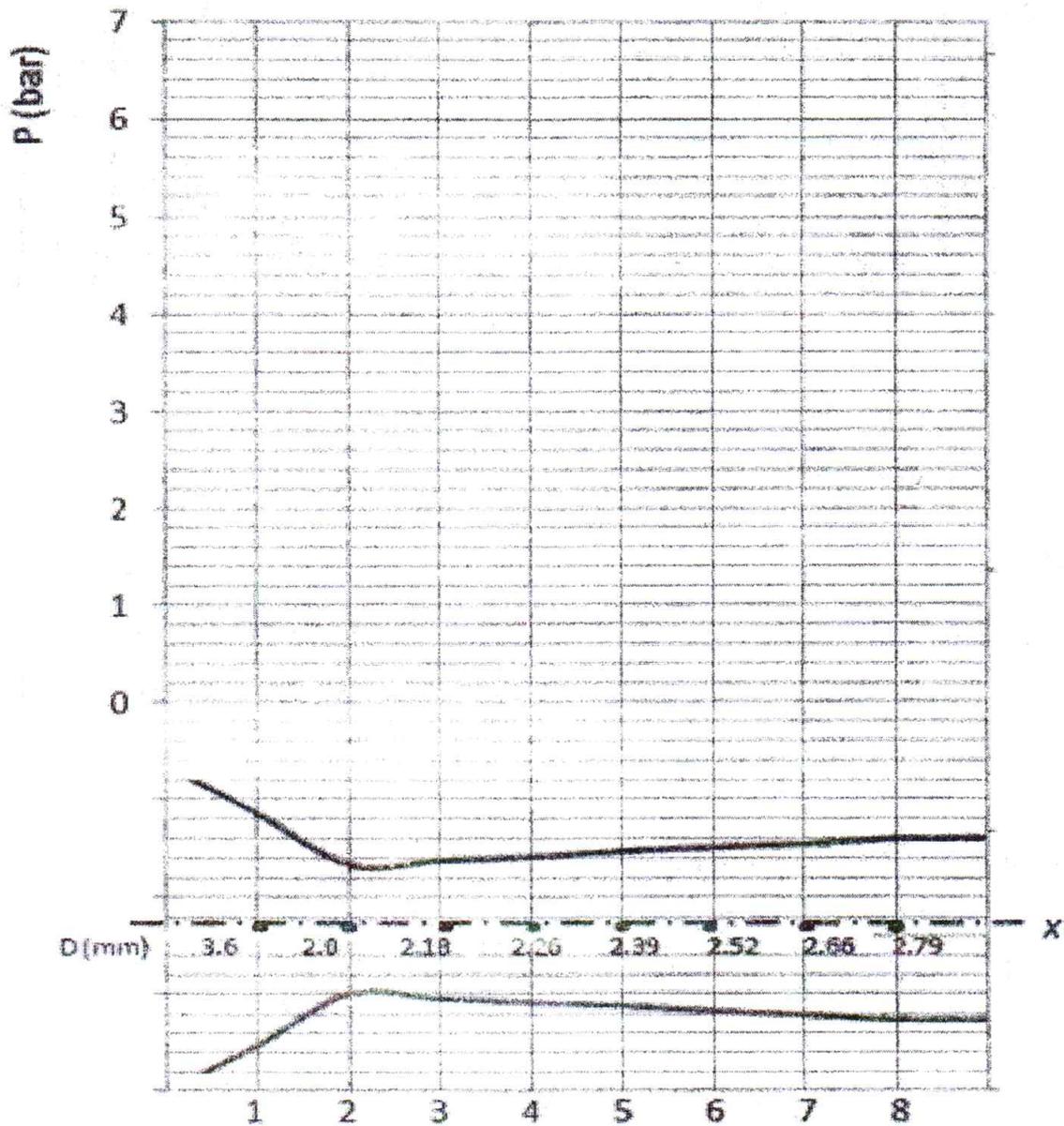
$$\frac{p_i}{p_0} = \left(1 + \frac{\kappa-1}{2} \cdot Ma_i^2\right)^{\frac{1}{1-\kappa}}$$

$$\frac{A^*}{A_i} = Ma_i \cdot \left[1 + \frac{\kappa-1}{\kappa+1} (Ma_i^2 - 1)\right]^{\frac{1+\kappa}{2(1-\kappa)}}$$

Avec la différence d'enthalpie isentropique

$$\Delta h_s = (T_0 - T_E) \cdot c_p \quad T^* = T_0 \cdot \left(\frac{p_E}{p_0}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \frac{T_0}{1 + \frac{\kappa-1}{2}} = 0,833333$$

N	$p_1$	$p_0$	$T_1$	$T_0$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_6$	$p_7$	$p_8$	$\dot{m}$	$\rho_1$	$\rho_0$	$c_c$
	bar	bar	°C	°C	bar	kg/s	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m/s							
1	6	0.6														
2	6	1														
3	6	2														
$d^3$	mm	---	---	---												
$A$	mm <sup>2</sup>	---	---	---												



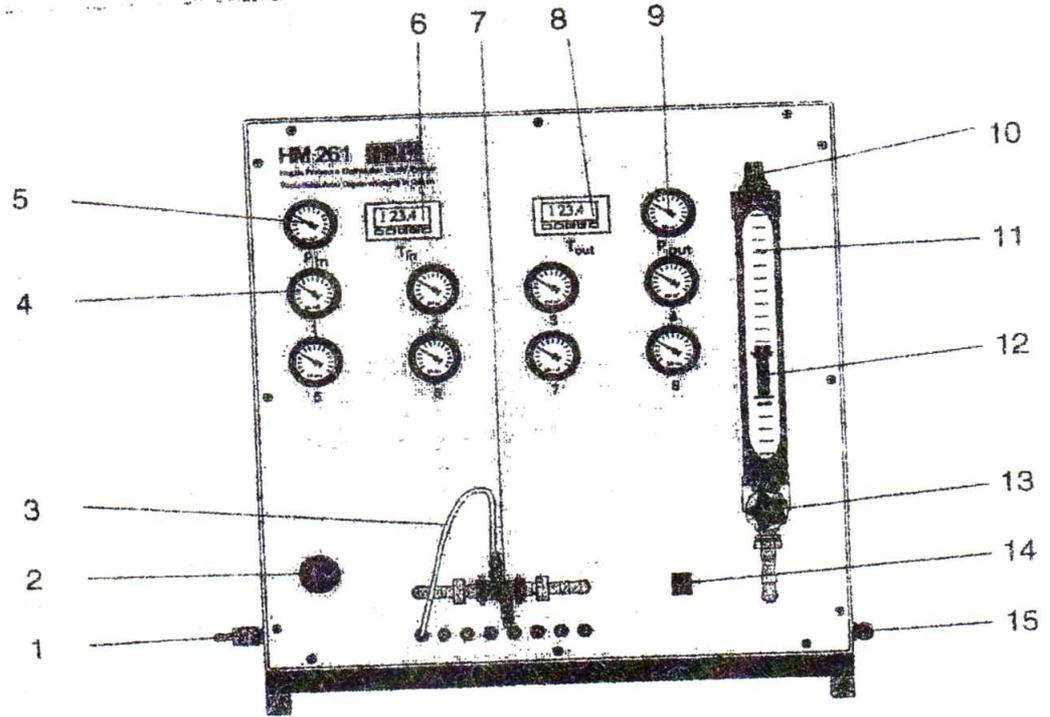


Fig. 2.1 View of device

- |   |  |    |                          |
|---|--|----|--------------------------|
| 1 | Compressed air connection  | 8  | Temperature after nozzle |
| 2 | Inlet pressure controller  | 9  | Pressure after nozzle    |
| 3 | Flexible hose with quick-acting coupling for pressure measurement connection | 10 | Silencer                 |
| 4 | Displays for nozzle pressures  | 11 | Mass flowmeter           |
| 5 | Pressure before nozzle   | 12 | Suspended particles      |
| 6 | Temperature before nozzle  | 13 | Needle valve             |
| 7 | Experiment nozzle  | 14 | Master switch            |
|   |  | 15 | Power supply             |

Figure 1. Le dispositif expérimentale

Np	Pi (in) (bar)	Ps (out) (bar)	Ti(C°)	Ts(C°)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Pc	Tc	Débit (m) (g/s)	Vs (out)
1	6.6	0.6														
2	6.6	1														
3	6.6	2														
d	(mm)				3.6	2	2.13	2.26	2.93	2.52	2.666	2.79				
A	(mm <sup>2</sup> )															

TP1