

## TP N° 01-Turbine à Réaction



**HM 272 Turbine à réaction**

### Caractéristiques techniques

- Puissance max.de la turbine : 20W à 19000 trmin<sup>-1</sup>
- Diamètre du rotor : 55mm
- 4 buses de sortie, diamètre : 1,5mm

### Plages de mesure

- Température : -20...1100°C
- Vitesse de rotation : 0-3X10<sup>4</sup>trmin<sup>-1</sup>
- Couple : 0...10Ncm
- Débit : 25...315L/min
- Pression à l'entrée : 0...2,5bar
- Pression à la sortie : 0...0,1bar
- Pression d'admission : 0...10bar

## But de la manipulation

Cette manipulation a pour but d'étudier :

- 1- Le comportement caractéristique d'une turbine à réaction traversée par un écoulement d'air ;
- 2- Détermination du couple, de la puissance et du rendement ;
- 3- Représentation graphique des caractéristiques du couple, de la puissance et du rendement ;
- 4- La visualisation optimale de la zone de travail de la turbine

## Description du banc d'essai HM 272

Le HM 272 est une turbine à réaction, à un étage, avec arbre horizontal. Le rotor de la turbine (4) a quatre buses de sortie et est intégré dans un boîtier transparent (Fig. 1). L'air comprimé s'écoule radialement à travers le rotor et est détendu et accéléré par les buses de sortie à la sortie. Le jet d'air sortant entraîne le rotor de la turbine selon le principe de la propulsion par réaction. Un frein à ruban (6) sert à charger la turbine.

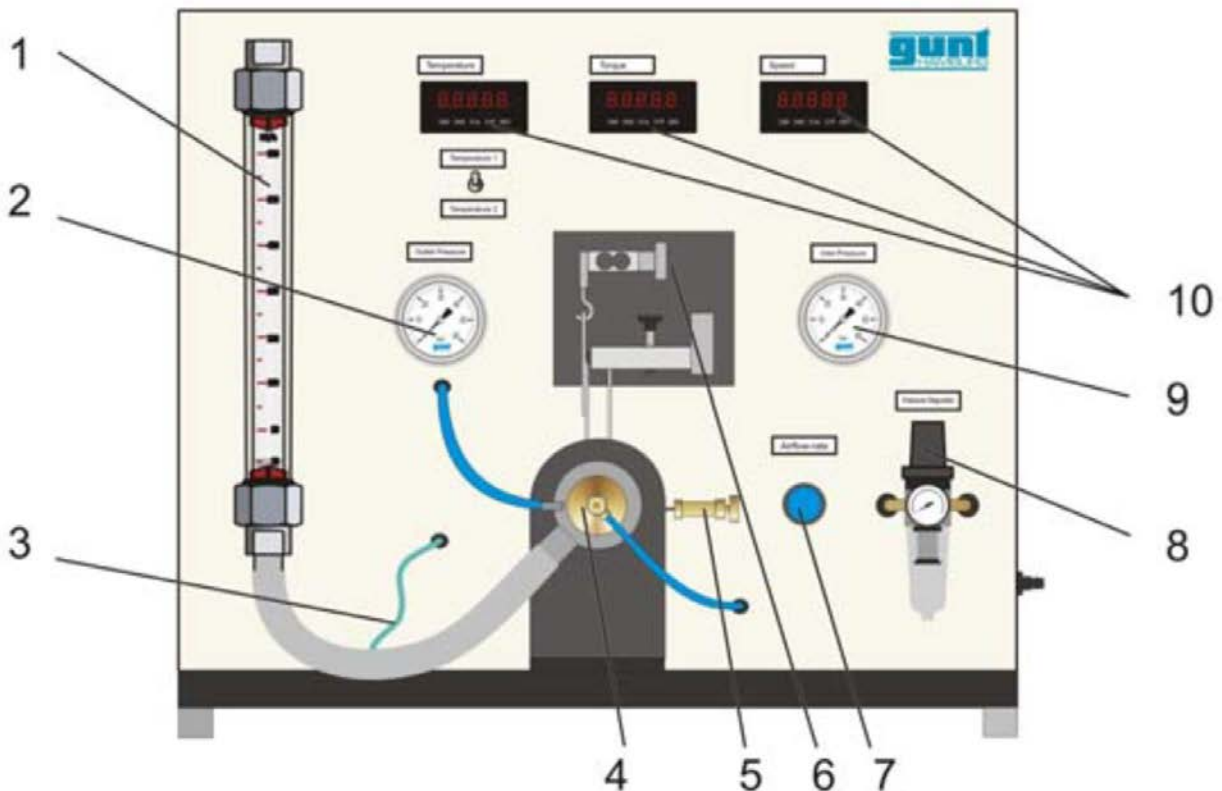


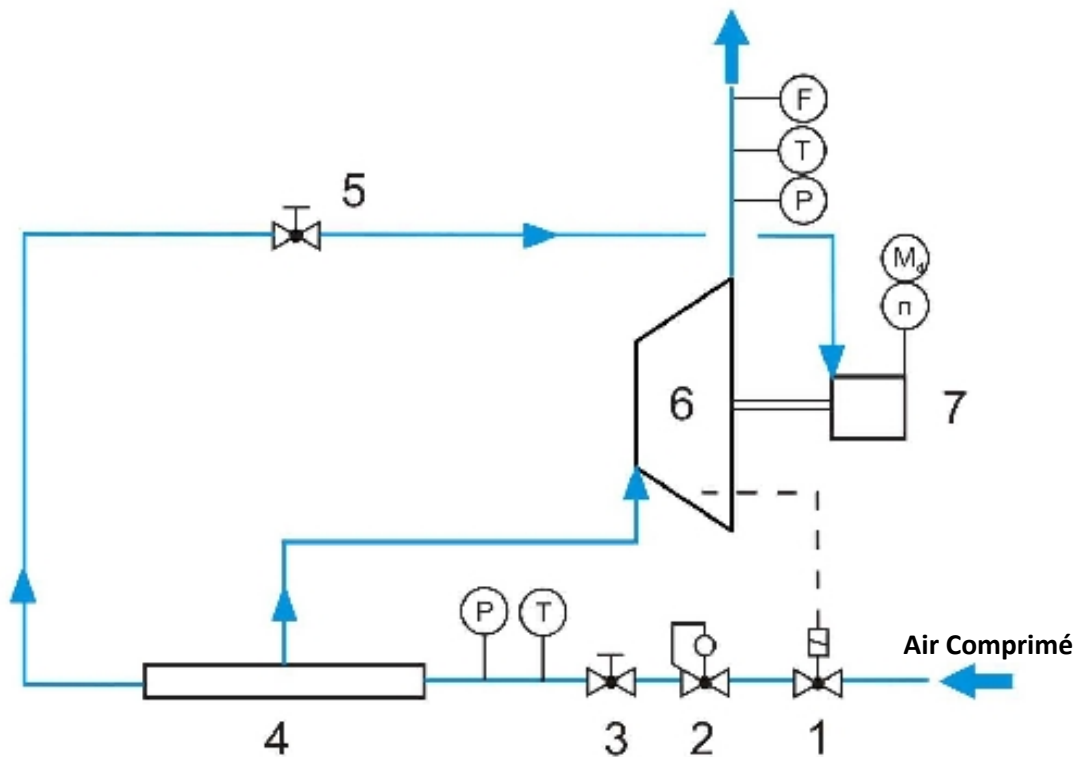
Fig. 1 Description du banc d'essai HM 272

- |   |  |
|---|--|
| 1- Rotamètre                              | 6- Frein à ruban avec mesure du couple |
| 2- Manomètre à la sortie                  | 7- Soupape d'ajustage du débit         |
| 3- Capteur de température                 | 8- Soupape de réduction de pression    |
| 4- Turbine                                | 9- Manomètre à l'entrée                |
| 5- Soupape d'arrêt du refroidisseur d'air | 10- Éléments d'affichage               |

Les pressions à l'entrée et à la sortie de la turbine sont affichées sur des manomètres (2 et 9). Le couple de la turbine est déterminé par une mesure de la force au niveau du frein à ruban (6). La vitesse de rotation est mesurée par un capteur de vitesse optique. Le couple, la vitesse de rotation et les températures sont affichés numériquement (Afficheurs 3 et 10). Le débit d'air est mesuré avec un rotamètre (1) et ajusté par une soupape (7).

Une électrovanne protège la turbine de toute survitesse. Le tambour de frein de l'arbre de la turbine est refroidi par de l'air comprimé contrôlé par la soupape (5).

Pour tracer l'écoulement de l'air comprimé à l'intérieur du système, le schéma de la figure 2 est utilisable.



**Fig. 2 Schéma du système de la turbine à réaction**

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1- Électrovanne comme dispositif de sécurité | 6- Turbine                   |
| 2- Soupape de réduction de pression          | 7- Frein à ruban             |
| 3- Soupape d'ajustage du débit               | <b>P</b> pression            |
| 4- Distributeur d'air comprimé               | <b>T</b> température         |
| 5- Soupape d'arrêt du refroidisseur d'air    | <b>F</b> débit               |
|  | <b>N</b> vitesse de rotation |
|  | <b>Md</b> couple             |

La turbine (6) est alimentée par l'air comprimé par le point de connexion, une électrovanne (1) protège la turbine de toute survitesse (l'électrovanne interrompt l'alimentation de la turbine par l'air comprimé une fois cette dernière atteint une vitesse critique). L'ajustage de la pression initiale de l'unité de démonstration s'effectue par le régulateur de pression (2). Le débit volumétrique de l'air est ajusté par la valve (3). L'air comprimé est arrivé à la turbine (6) à travers le distributeur d'air (4). Après sa détente dans la turbine (6), l'air traverse un débitmètre (F). A l'entrée et à la sortie de turbine on a des éléments d'affichage de température et de pression de l'air (les éléments P et T). Le débit d'air de refroidissement de la turbine est réglé par la valve (5).

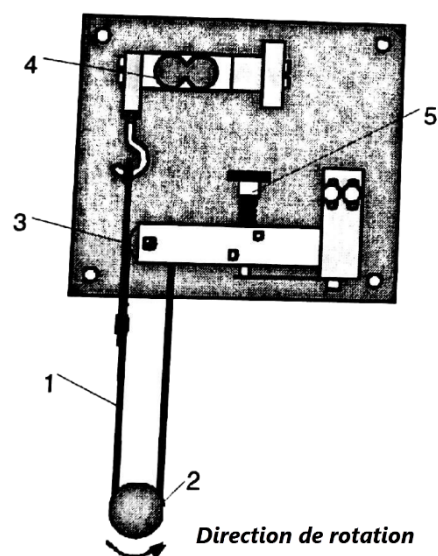
### Chargement de la turbine

Le couple de la turbine est déterminé par une mesure de la force au niveau du frein à ruban.

Pour que le couple puisse être tiré (recueilli) de la turbine, une unité de chargement spéciale est montée sur l'unité de démonstration (Fig. 3).

Un couple de freinage peut être appliqué à l'aide d'une courroie (1) reliant l'arbre de la turbine (2) et le rouleau de guidage rotatif (3) sur l'unité de chargement.

La courroie est également reliée à un convertisseur de force (4). Le couple est calculé à partir du rayon du rouleau de guidage (Bras de levier = 10 mm) et de la force de freinage. Le couple de freinage peut être ajusté par le boulon (5).

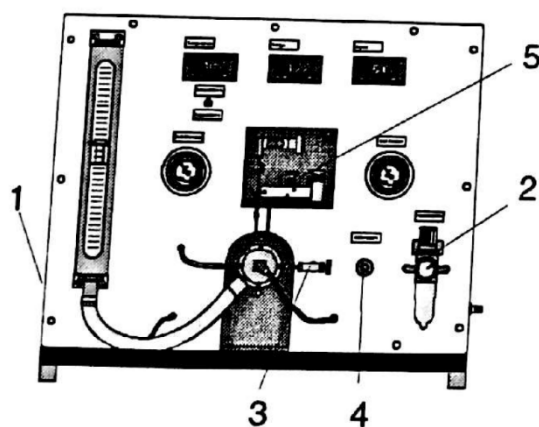


**Figure 3**

### Mode Opérateur

Pour mettre en marche l'unité de démonstration, il faut suivre les étapes suivantes en se basant sur la Fig. 4 ci-contre (Vérifier la fonction des différents composants).

- Allumer l'interrupteur principal (1) ;
- Ajuster la pression (la pression initiale est réglée approximativement à 3 bars) par le régulateur de pression (2) ;
- Ouvrir complètement la soupape (3) du refroidisseur d'air ;
- Ouvrir lentement la soupape d'ajustage du débit (4) ;
- Tendre la courroie sur l'unité de chargement à l'aide du boulon (5) jusqu'à ce que la vitesse de rotation ne dépasse pas 30.000 tr/min ;
- Ajuster le débit volumétrique, la pression initiale et la charge pour les expériences individuelles afin qu'elles soient adaptées.



**Figure 4**

## Manipulation

Pour prendre des mesures pour l'enregistrement des courbes de couple et de puissance, on procède de la manière suivante :

- Ouvrir complètement la soupape du refroidisseur d'air ;
- Desserrer le dispositif de chargement et augmenter lentement la pression de la buse (tuyère) à 2 bars en utilisant la vanne de régulation de pression ;
- La turbine fonctionne jusqu'à ce qu'elle ait atteint sa vitesse à vide. Pour une vitesse supérieure à 30.000 tr/min (vitesse critique), un arrêt brusque (rapide) est déclenché ;
- En utilisant le dispositif de chargement, freiner la turbine par étapes et noter la vitesse, le couple, la pression de la buse, les températures et le débit volumétrique dans le Tableau 1 ;
- Assurer que la pression de la buse est constante, sinon réajuster à l'aide de la vanne de régulation ;
- Enregistrer toutes les valeurs mesurées sur le tableau 1.

Vitesse n (tr/min)	Moment $M_d$ (N.cm)	Pression de la buse $p_d$ (bar)	Temp. d'entrée $T_1$ (°C)	Temp. de sortie $T_2$ (°C)	Débit volum. $\dot{V}$ (%)
29.000					
27.000					
23.000					
19.000					
14.000					
10.000					
07.000					

**Tableau 1. Les différentes mesures de la manipulation**

Dans l'expérience, le couple et la puissance sont tracés en fonction de la vitesse. Le couple max. correspond à l'arrêt (vitesse nulle). A la vitesse maximale (vitesse sans charge), le couple est nul.

La puissance max. correspond à une vitesse comprise entre la vitesse nulle (arrêt) et la vitesse sans charge (vitesse à vide).

La puissance mécanique est exprimée par :

$$P_{mec} = \frac{\pi \cdot n \cdot M_d}{3000} \quad (1)$$

Où : n- vitesse de rotation en tr/min ;

$M_d$ - couple en N.cm ;

$P_{mec}$ - puissance mécanique en Watt.

La puissance hydraulique d'entrée est calculée à partir de la pression de la tuyère et le débit volumétrique selon l'expression suivante :

$$P_{hyd} = p_d \cdot \dot{V} \quad (2)$$

Où :  $p_d$  - pression de tuyère en Pa ;

$\dot{V}$  – débit volumétrique en  $m^3/s$  ;

$P_{hyd}$ - puissance hydraulique en W.

Dans le cas du débit volumétrique, la valeur 100% sur l'afficheur indique un débit volumétrique de 315 litres/min ( $0.00525 m^3/s$ ).

Le rendement de la turbine est donné par :

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{hyd}} \quad (3)$$

### Travail demandé

- 1- Remplir le Tableau 2 suivant en se basant sur les équations précédentes.

Vitesse n (tr/min)	Moment $M_d$ (N.cm)	Puissance Méc. $P_{mec}$ (W)	Débit Volum. $\dot{V}$ ( $m^3/s$ )	Puissance Hydr. $P_{hyd}$ (W)	Rendement $\eta$ (%)
29.000					
27.000					
23.000					
19.000					
14.000					
10.000					
07.000					

**Tableau 2. Les résultats des différentes mesures de la manipulation**

- 2- Tracer les courbes du couple, de la puissance mécanique, de la puissance hydraulique et du rendement en fonction de la vitesse de rotation ;
- 3- Discuter les résultats obtenus.

-----FIN-----

# TP N° 01-Turbine à Réaction

## Résultats des Manipulations

Vitesse n (tr/min)	Moment $M_d$ (N.cm)	Pression de la buse $p_d$ (bar)	Temp. d'entrée $T_1$ (°C)	Temp. de sortie $T_2$ (°C)	Débit volum. $\dot{V}$ (%)
29000	0.15	2.0	19.1	17.5	61
27000	0.30	2.0	19.1	17.4	61
23000	0.53	2.0	19.1	17.4	61
19000	0.82	2.0	19.0	17.4	61
14000	1.02	2.0	19.0	17.3	61
10000	1.20	2.0	18.9	17.3	61
7000	1.55	2.0	18.9	17.3	61

Tableau 1. Les différentes mesures de la manipulation

### Travail demandé

- 1- Remplir le Tableau 2 suivant en se basant sur les équations précédentes.

Vitesse n (tr/min)	Moment $M_d$ (N.cm)	Puissance Méc. $P_{mec}$ (W)	Débit Volum. $\dot{V}$ ( $m^3/s$ )	Puissance Hydr. $P_{hyd}$ (W)	Rendement $\eta$ (%)
29.000					
27.000					
23.000					
19.000					
14.000					
10.000					
07.000					

Tableau 2. Les résultats des différentes mesures de la manipulation

- 2- Tracer les courbes du couple, de la puissance mécanique, de la puissance hydraulique et du rendement en fonction de la vitesse de rotation ;
- 3- Discuter les résultats obtenus.

J. BELKHIRI