

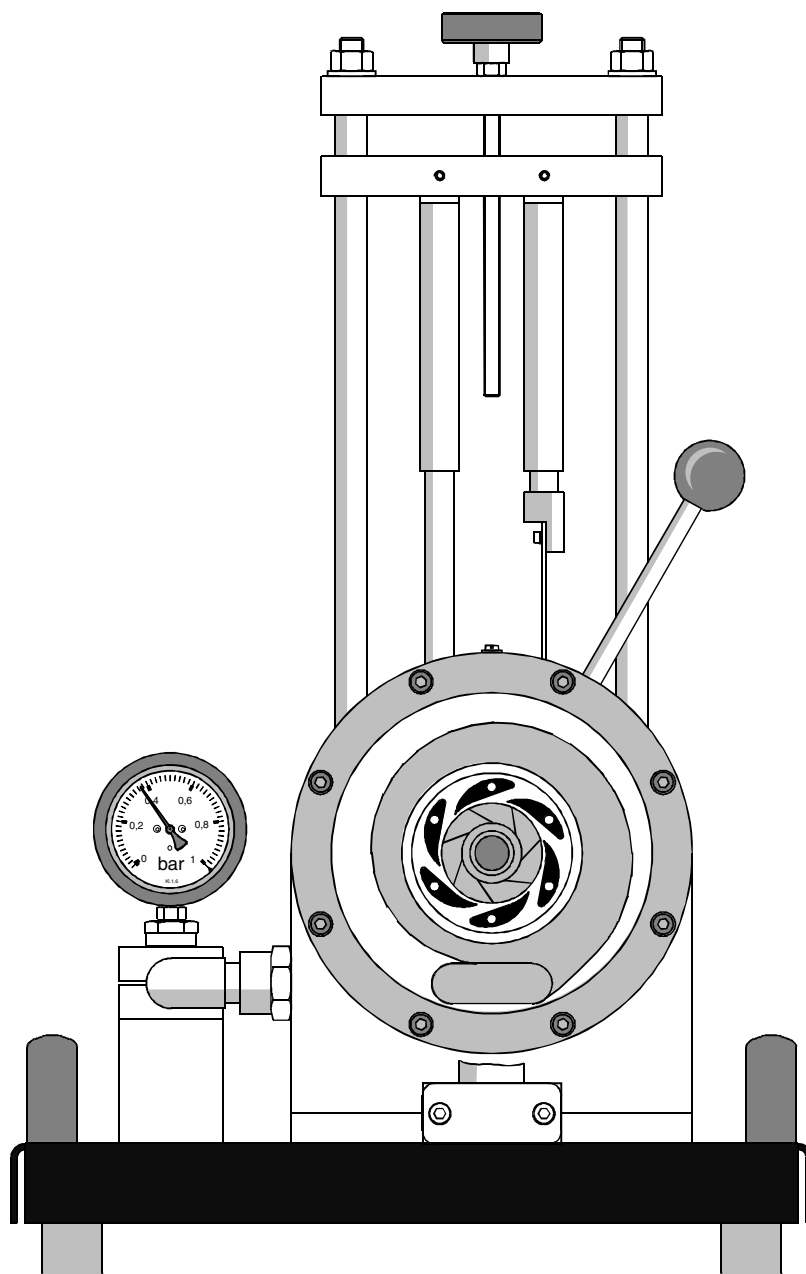
Instruction pour expérience
HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel



Instructions d'expérimentation

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



Sommaire

1 Description de l'appareil.	1
2 Préparation de l'essai et réalisation	4
2.1 Préparation de l'essai	4
2.2 Réglages et mesures.	5
3 Essais	10
3.1 Turbines	10
3.2 Calculs.	11
3.3 Caractéristique de fonctionnement de la turbine	13
3.4 Caractéristique de puissance	15
4 Caractéristiques techniques	17

05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



1

Description de l'appareil

L'appareil est conçu pour l'enseignement et l'expérimentation. Il permet la démonstration du principe de fonctionnement d'une turbine Francis.

Les aubes directrices du corps hélicoïde sont réglables.

La charge de la turbine peut être simulée au moyen du dispositif de freinage mécanique réglable.

Il est ainsi possible, par réglage des aubes directrices et du dispositif de freinage, de relever les caractéristiques typiques de fonctionnement de la turbine à différentes vitesses.

L'alimentation en eau se fait par le **Module de base HM 150 Dynamique des fluides**, car la turbine Francis est dimensionnée pour les caractéristiques de cette pompe.

Le module HM 150 permet de réaliser une alimentation en eau en circuit fermé.

Si le raccordement se fait au réseau d'eau d'un laboratoire, il y a lieu de tenir compte du fait qu'en raccordant la turbine, le flux volumique doit atteindre 40 l/h environ et la pression d'eau 0,1 bar, pour pouvoir effectuer les expériences de démonstration décrites ci-après.

Pour ces essais, un tachymètre manuel, non compris dans la fourniture, est également nécessaire.

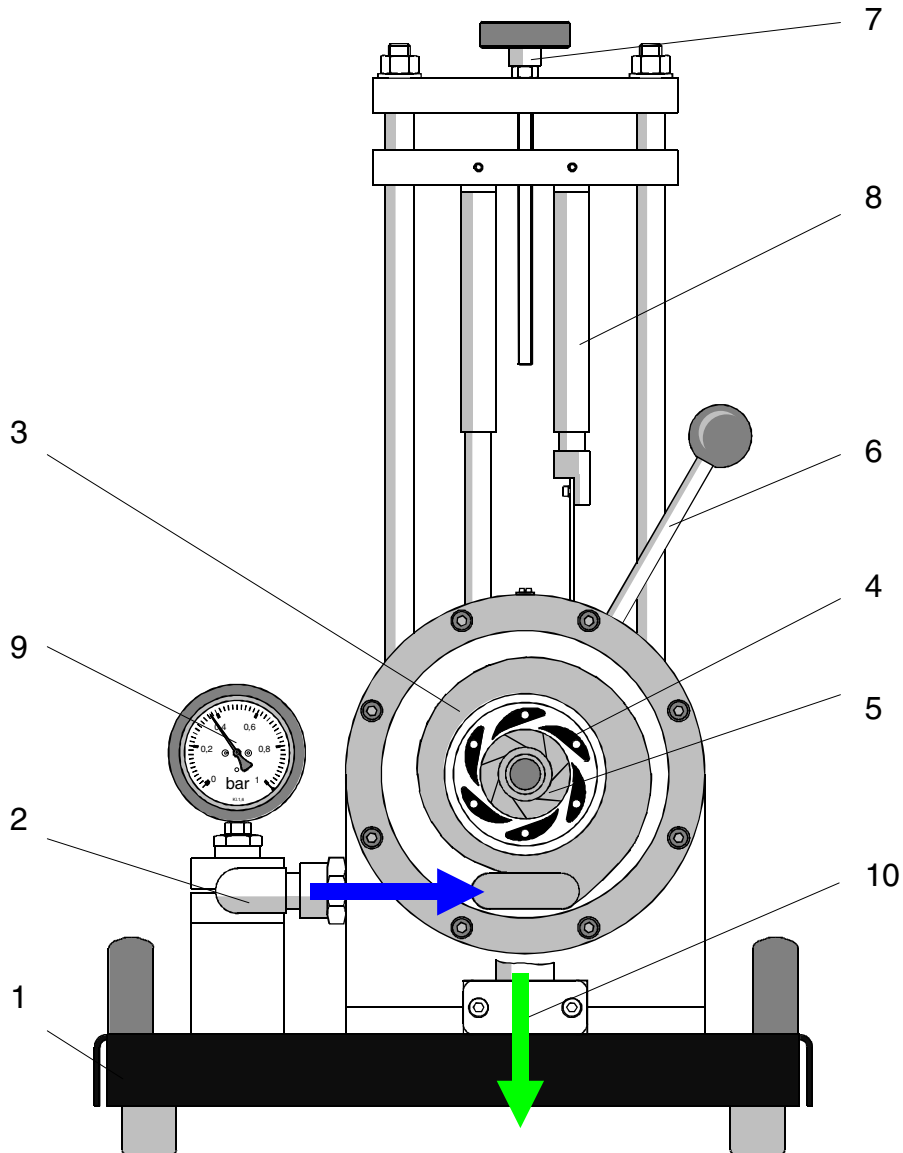
05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



Les principaux composants de l'appareil sont les suivants :



- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Socle | 6 Réglage des aubes directrices |
| 2 Entrée conduite de refoulement | 7 Dispositif de freinage réglable |
| 3 Corps hélicoïde | 8 Peson à ressort |
| 4 Aubes directrices | 9 Manomètre |
| 5 Rotor | 10 Sortie conduite d'aspiration |

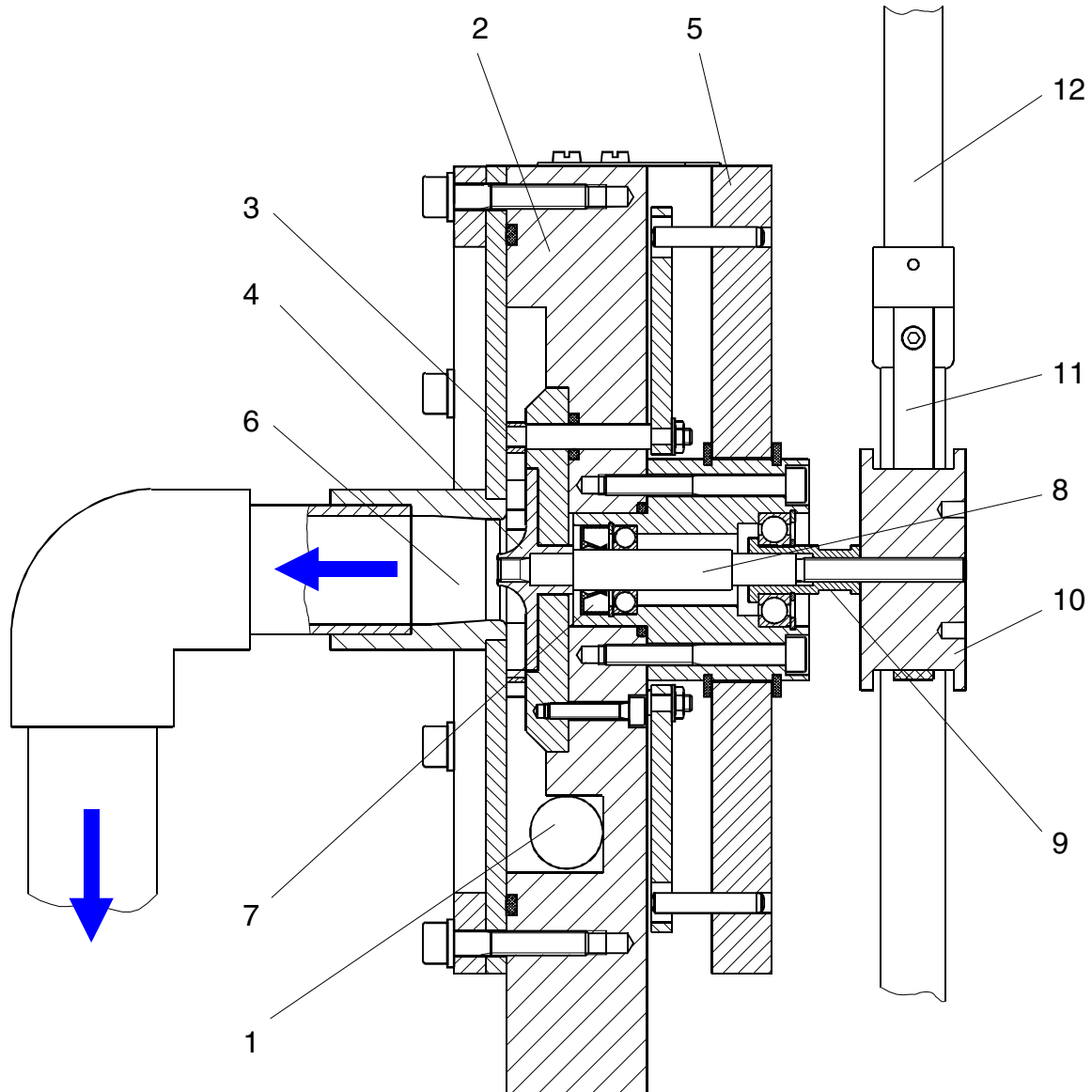
05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



Une vue en coupe de la bêche hélicoïde montre la transmission des efforts entre le rotor et la poulie.



- | | |
|---|--|
| 1 Entré conduite de refoulement dans le corps hélicoïde | 7 Bague d'étanchéité d'arbre |
| 2 Corps hélicoïde | 8 Arbre de turbine |
| 3 Aubes directrices | 9 Dispositif de réglage axial du rotor |
| 4 Rotor | 10 Poulie |
| 5 Réglage des aubes directrices | 11 Courroie |
| 6 Conduite d'aspiration | 12 Peson à ressort |

05/96

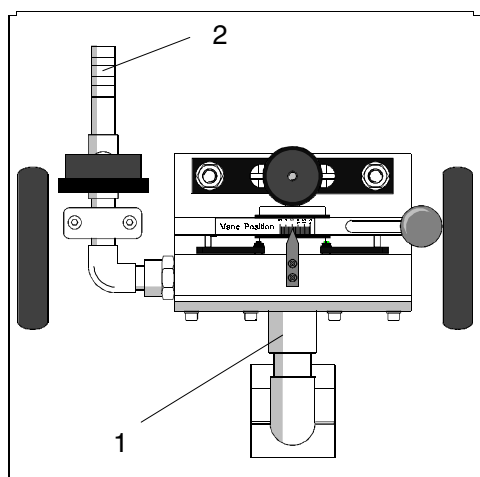
Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis

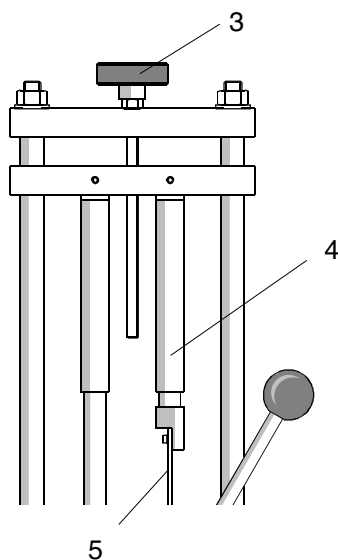


2 Préparation de l'essai et réalisation

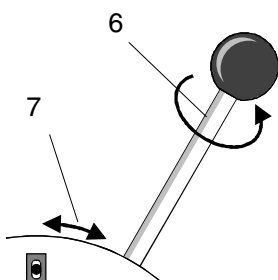
2.1 Préparation de l'essai



- Placer le montage d'essai sur le module HM 150, de telle sorte que la sortie de la conduite d'aspiration (1) puisse envoyer l'eau dans le canal du module HM 150.
- Placer le tuyau de raccordement entre le module HM 150 et le raccordement (2) de la turbine Francis et ouvrir l'évacuation du réservoir volumétrique du module **HM 150**.



- A l'aide du volant (3) desserrer totalement le dispositif de freinage de la turbine, ce qui décharge les pesons à ressort et détend la courroie (5) sur la poulie.
- Fermer le robinet principal du module HM 150 et mettre la pompe HM 150 en route, puis ouvrir lentement le robinet principal jusqu'à la pleine ouverture.



- Tourner le levier (6) de réglage des aubes directrices pour le dévisser, et par mouvements lents d'ouverture et de fermeture (7) des aubes directrices, chasser l'air de la conduite d'aspiration (1).

05/96

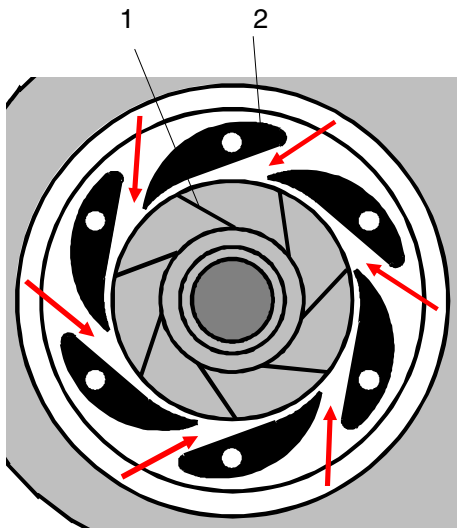
Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis

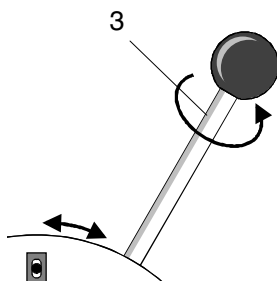


2.2 Réglages et mesures

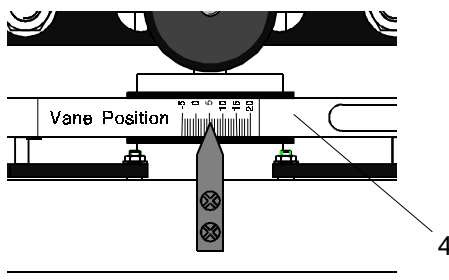
Réglage des aubes directrices



L'angle d'attaque de l'eau sur les aubes rotoriques (1) est déterminé par la position des aubes directrices (2). Cet angle d'attaque détermine la vitesse de rotation et donc la puissance de la turbine.



Les aubes directrices se règlent en tournant la levier de réglage (3).

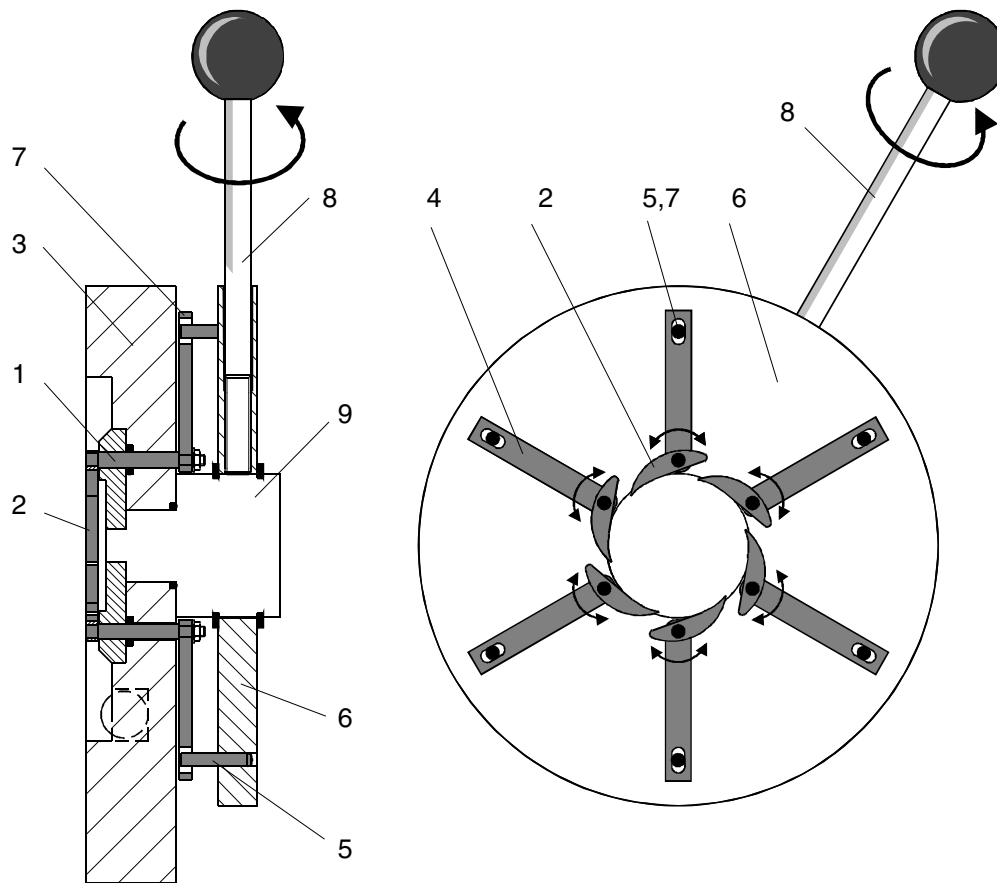


La position des aubes directrices est indiquée sur une échelle en haut du disque de réglage (4).

05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



05/96

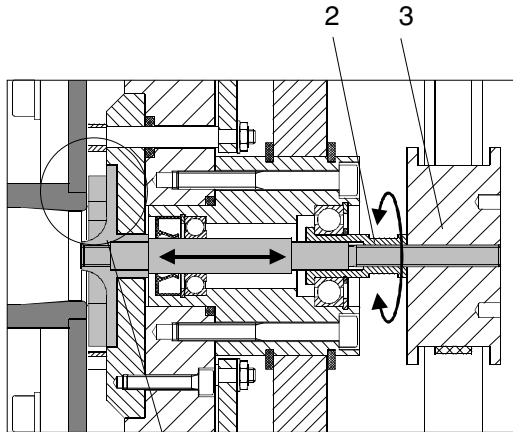
Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

Les axes (1) des aubes directrices (2) pivotent et traversent l'enveloppe de turbine (3) de façon étanche. Des biellettes de commande (4) sont montées extérieurement sur les axes. Des goujons (5) solidaires du disque de réglage (6) guident les biellettes de commande dans un trou oblong (7). Les aubes directrices peuvent ainsi être réglées de l'extérieur, en fonctionnement, par le levier de réglage (8). Le levier de réglage détachable serre le disque de réglage sur le palier d'arbre (9).

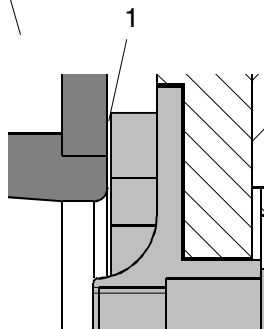
HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



Réglage du jeu entre le disque de recouvrement et le rotor



Le jeu du disque de recouvrement (1) peut être ajusté à l'aide du manchon de réglage (2). Pour effectuer ce réglage, la poulie (4), qui bloque le manchon de réglage, doit être desserrée. Tourner ensuite le manchon de réglage avec une clé à fourche de 10.



Pour réduire le plus possible les pertes inhérentes au jeu, le jeu entre le disque de recouvrement et le rotor doit également être maintenu aussi faible que possible. En réglant ce jeu, s'assurer toutefois que le rotor ne frotte pas sur le disque de recouvrement.



La poulie, le manchon de réglage et l'arbre de la turbine ont un filetage à gauche.

05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

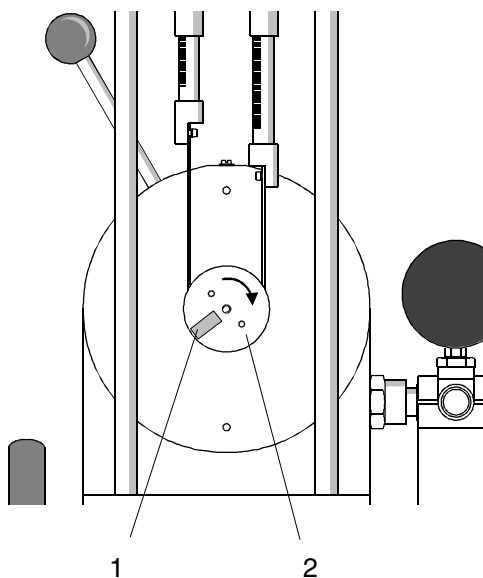
Détermination du flux volumique

- La détermination du flux volumique \dot{V} se fait en mesurant le temps t nécessaire pour remplir le réservoir volumétrique du module **HM 150** par exemple de 20 à 30 litres.

Mesure de la vitesse de rotation

- La mesure de la vitesse de rotation n nécessite un tachymètre manuel affichant la vitesse au moyen d'un repère réfléchissant (1).

Le repère réfléchissant est collé sur la poulie (2). La cellule photoélectrique à réflexion du tachymètre manuel est alors dirigée perpendiculairement au repère.

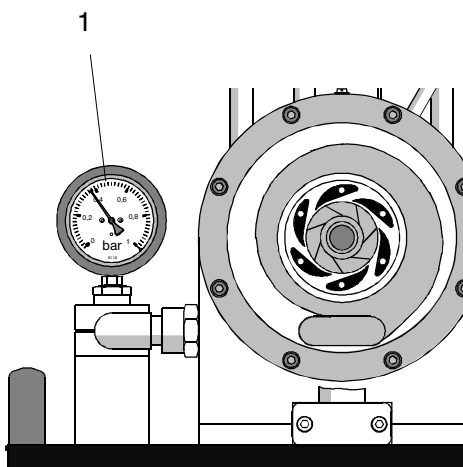


Détermination de la hauteur de chute

- La hauteur de chute H de la colonne d'eau H correspond à la pression de pompage en amont de la turbine. La hauteur de chute est indiquée en bar sur le manomètre (1).

$$H = \frac{p}{\rho \cdot g} \quad \text{avec } \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{et } g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

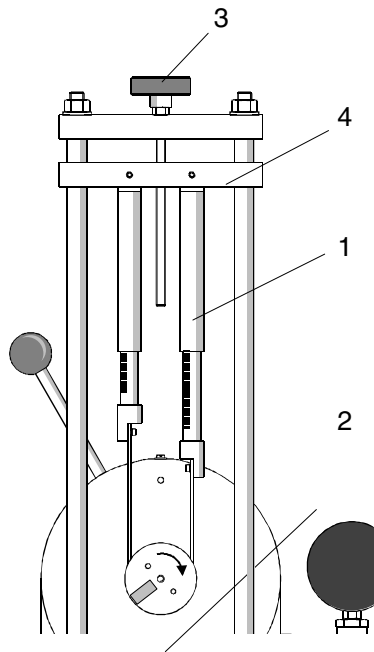


HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel



Détermination du couple

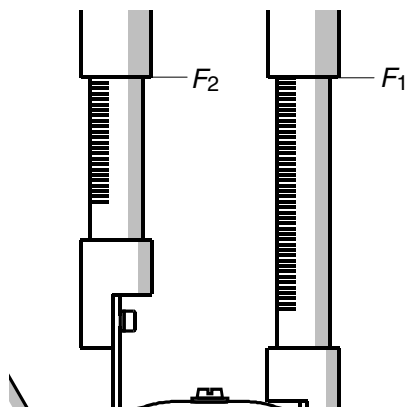
La détermination du couple se fait en appliquant une charge avec le dispositif de freinage.

Le couple peut ainsi être déterminé avec un peson à ressort (1) en fonction du diamètre de la poulie (2).

$$M = F \cdot \frac{D}{2} \quad \text{avec } D = 50 \text{ mm}$$

La force F est déterminée en faisant la différence entre les forces F_1 et F_2 .

$$F = F_1 - F_2$$



- A l'aide du volant (3) faire pivoter la traverse (4) vers le haut jusqu'à ce que les deux pesons à ressort indiquent une valeur. Lire les forces F_1 et F_2 et calculer leur différence. Noter la valeur F en N.



Attention !

La poulie et la courroie doivent impérativement être sèches et sans corps gras !

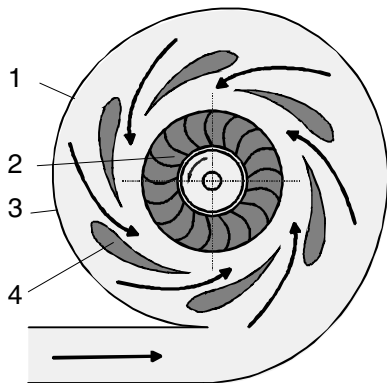
HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



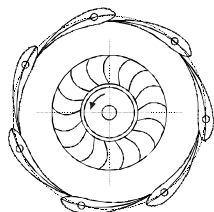
3 Essais

3.1 Turbines

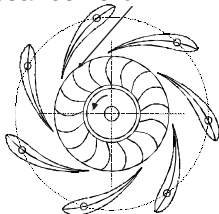
Les turbines hydrauliques font partie intégrante des centrales hydrauliques. Leur fonction est de transformer l'énergie potentielle de l'eau contenue dans les lacs de retenue, les canaux et les cours d'eau, en énergie mécanique, principalement pour l'entraînement de générateurs électriques.



La turbine Francis est une turbine à réaction à injection totale, extérieure, radiale. Du fait de son fonctionnement plus rapide, elle atteint, contrairement à la turbine Pelton, des régimes élevés même avec de faibles hauteurs de chute. En outre, du fait de l'injection totale, elle peut contenir plus d'eau, et ce pour une taille constructive identique. Dans le distributeur (1), une partie de l'énergie de pression est transformée en vitesse. Le courant d'eau accéléré entre de l'extérieur dans la roue (2) et la traverse radialement vers l'intérieur. Dans la roue, une autre partie de l'énergie de pression est transformée en vitesse. Etant donné qu'à l'entrée dans la roue, il règne une surpression, la turbine Francis est appelée turbine à réaction. Les pressions et les vitesses circonférentielles sont distinctes à l'entrée et à la sortie de la roue. Cela distingue la turbine Francis de la turbine Pelton. Les aubes tournantes sont généralement coudées vers l'arrière. L'eau quitte la roue axialement au point (3). Le débit de dimensionnement et donc la puissance de la turbine se règlent en tournant les aubes fixes. Afin d'acheminer l'eau, on utilise sur les turbines à boîtier des canaux spiralés (4).



Puissance zéro



Pleine puissance

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



3.2 Calculs

Pour pouvoir déterminer la puissance et le rendement de la turbine Francis, certaines formules de base doivent encore être introduites, afin de calculer les caractéristiques de fonctionnement.

Moment M sur l'arbre :

Moment = Force x bras de levier

$$M = F \cdot \frac{D}{2} \text{ [Nm]} \quad \text{avec } D = 0,05 \text{ m}$$

Puissance P_{ab} sur l'arbre de la turbine :

Puissance = Moment x Vitesse angulaire

$$P_{ab} = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \text{ [W]} \quad \text{avec } n \text{ en } \text{min}^{-1}$$

Puissance hydraulique P_{hyd} :

La puissance hydraulique est fonction du flux volumique et de la hauteur de chute.

$$P_{hyd} = f(\dot{V}, H).$$

Ce qui donne pour la puissance hydraulique :

$$P_{hyd} = \dot{V} \cdot H \cdot \rho \cdot g.$$

Dans la formule suivante, la hauteur de chute lue peut être directement convertie en bar :

$$P_{hyd} = \frac{\dot{V} \cdot \rho \cdot 10^5}{1000 \cdot 60} \text{ [W]} \quad \text{avec } \dot{V} \text{ en l/min}$$

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



Rendement η :

Rendement = Puissance sur l'arbre / puissance hydraulique

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{hyd}}$$

Si l'on tient compte d'un moment de frottement interne d'environ 0,0125 Nm, dû essentiellement à la bague d'étanchéité d'arbre, le rendement peut être encore augmenté.

05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



3.1 Caractéristique de fonctionnement de la turbine

Le relevé des caractéristiques de fonctionnement de la turbine se fait avec les aubes directrices dans la position permettant les vitesses de rotation les plus élevées. Pour cela, mesurer la vitesse avec la tachymètre manuel et faire le réglage en agissant sur le levier de réglage.

Augmenter la charge appliquée par le dispositif de freinage par incréments de 15 à 20 points de mesure, jusqu'à ce que la turbine soit ralentie à environ 100 min^{-1} .

Le flux volumique \dot{V} est pratiquement constant pour toute la série de mesure. Pour les calculs on utilise $\dot{V} = 38 \frac{l}{\text{min}}$.

Exemple de résultat de mesure :

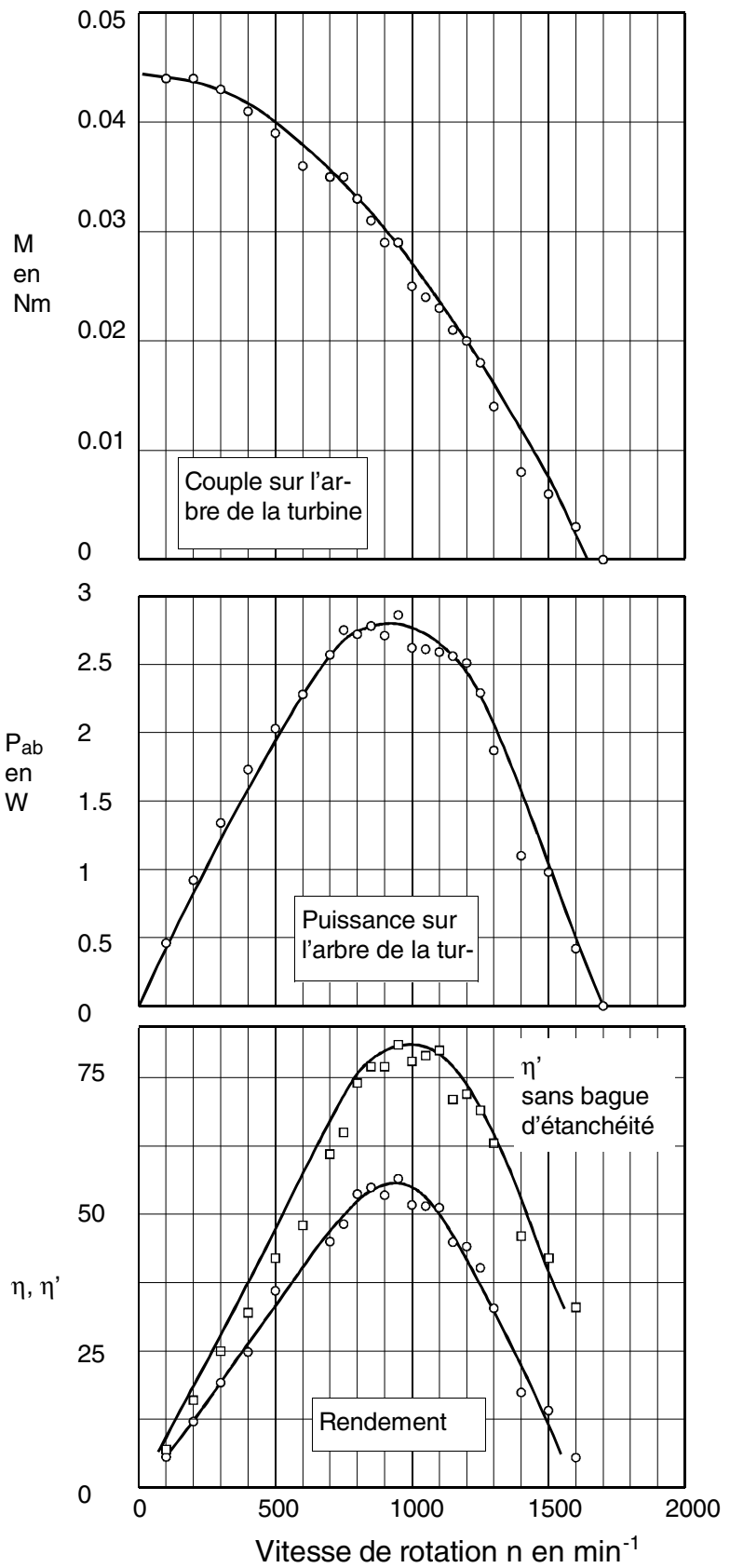
Vitesse de rotation n en min^{-1}	Effort de freinage F en N	Hauteur de chute H en bar	Moment sur l'arbre M en Nm	Puissance sur l'arbre P_{ab} en W	Puissance hydraulique P_{hyd} en W	Rendement η	rendement sans le manchon d'étanchéité d'arbre η'
1700	0	0.13	0.000	0.00	8.23	0,00	0.00
1600	0.1	0.12	0.003	0.42	7.60	0.05	0.33
1500	0.25	0.11	0.006	0.98	6.97	0.14	0.42
1400	0.3	0.1	0.008	1.10	6.33	0.17	0.46
1300	0.55	0.09	0.014	1.87	5.70	0.33	0.63
1200	0.8	0.09	0.02	2.51	5.70	0.44	0.72
1100	0.9	0.08	0.023	2.59	5.07	0.51	0.80
1000	1	0.08	0.025	2.62	5.07	0.52	0.79
900	1.15	0.08	0.029	2.71	5.07	0.54	0.77
800	1.3	0.08	0.033	2.72	5.07	0.54	0.74
700	1.4	0.09	0.035	2.57	5.70	0.45	0.61
600	1.45	0.1	0.036	2.28	6.33	0.36	0.48
500	1.55	0.1	0.039	2.03	6.33	0.32	0.42
400	1.65	0.11	0.041	1.73	6.97	0.25	0.32
300	1.7	0.11	0.043	1.34	6.97	0.19	0.25
200	1.75	0.12	0.044	0.92	7.60	0.12	0.16
100	1.75	0.13	0.044	0.46	8.23	0.06	0.07

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



05/96

Tous droits réservés à G.U.N.I.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel



HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



3.4 Caractéristiques de puissance

Pour relever les courbes de puissance, le dispositif de freinage est toujours réglé de telle sorte que, pour différentes positions des aubes directrices, la vitesse de rotation mesurée soit toujours identique. Lire l'effort de freinage correspondant et le noter.

Le flux volumique \dot{V} est pratiquement constant pour toute la série de mesure. Pour les calculs on

utilise $\dot{V} = 38 \frac{l}{min}$.

Exemple de résultat de mesure :

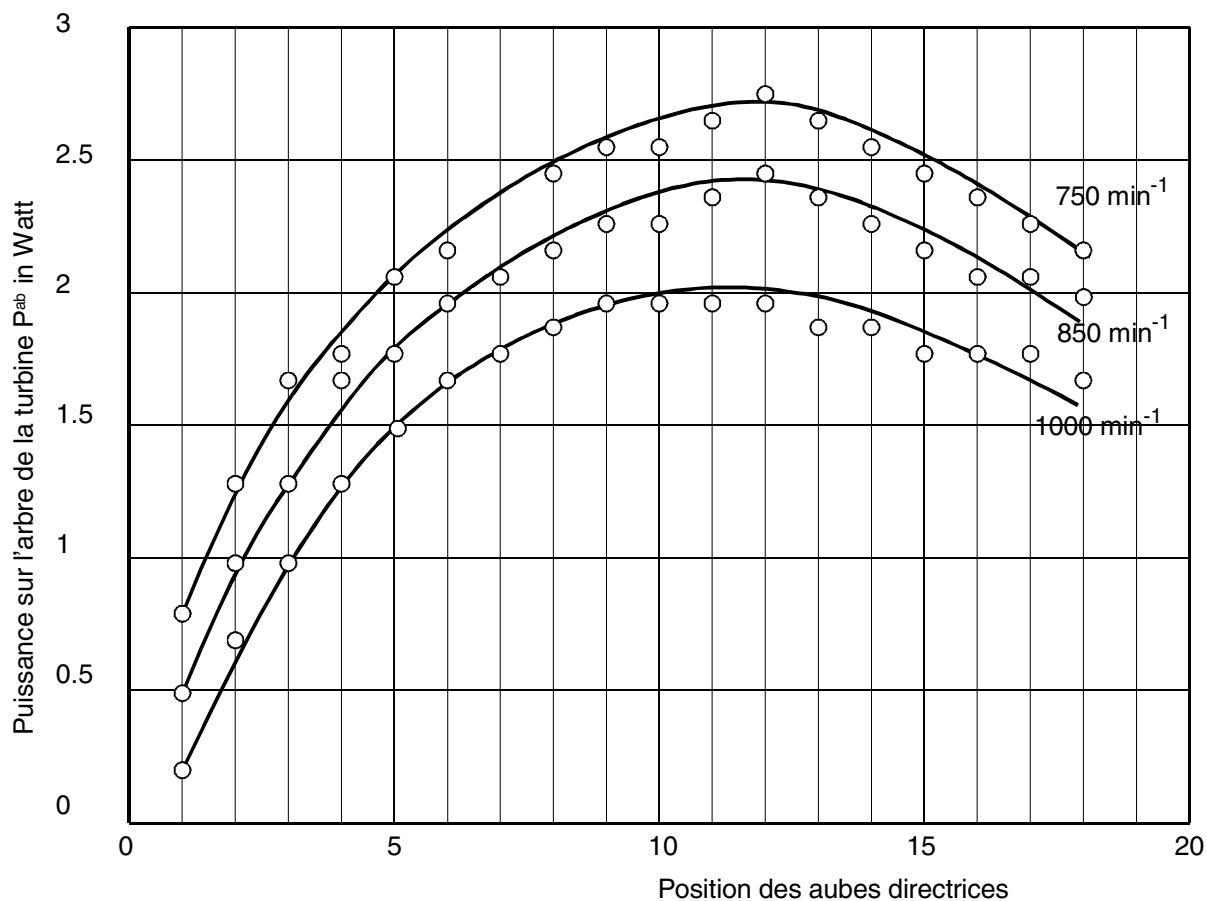
Position des aubes directrices	n = 750 min-1			n = 850 min-1			n = 1000 min-1		
	Effort de freinage	Moment sur l'arbre	Puissance sur l'arbre	Effort de freinage	Moment sur l'arbre	Puissance sur l'arbre	Effort de freinage	Moment sur l'arbre	Puissance sur l'arbre
	F en N	M en Nm	P_{ab} en W	F en N	M en Nm	P_{ab} en W	F en N	M en Nm	P_{ab} en W
1	0.40	0.010	0.79	0.22	0.0055	0.49	0.10	0.003	0.20
2	0.65	0.016	1.28	0.44	0.011	0.98	0.35	0.009	0.69
3	0.85	0.021	1.67	0.56	0.014	1.28	0.50	0.013	0.98
4	0.90	0.023	1.77	0.76	0.019	1.67	0.65	0.016	1.28
5	1.05	0.026	2.06	0.80	0.020	1.77	0.75	0.019	1.47
6	1.10	0.028	2.16	0.88	0.022	1.96	0.85	0.021	1.67
7	1.20	0.030	2.36	0.92	0.023	2.06	0.90	0.023	1.77
8	1.25	0.031	2.45	0.96	0.024	2.16	0.95	0.024	1.87
9	1.30	0.033	2.55	1.00	0.025	2.26	1.00	0.025	1.96
10	1.30	0.033	2.55	1.00	0.025	2.26	1.00	0.025	1.96
11	1.35	0.034	2.65	1.08	0.027	2.36	1.00	0.025	1.96
12	1.40	0.035	2.75	1.12	0.028	2.45	1.00	0.025	1.96
13	1.35	0.034	2.65	1.08	0.027	2.36	0.95	0.024	1.87
14	1.30	0.033	2.55	1.00	0.025	2.26	0.95	0.024	1.87
15	1.25	0.031	2.45	0.96	0.024	2.16	0.90	0.023	1.77
16	1.20	0.030	2.36	0.92	0.023	2.06	0.90	0.023	1.77
17	1.15	0.029	2.26	0.92	0.023	2.06	0.90	0.023	1.77
18	1.10	0.028	2.16	0.88	0.022	1.96	0.85	0.021	1.67

HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel



HM150.20 Modèle de démonstration turbine Francis



4 Caractéristiques techniques

Données de dimensionnement :

Flux volumique	$\dot{V} = 50 \text{ l/min}$
Hauteur de chute	$H = 2 \text{ m}$
Vitesse de rotation	$n = 2000 \text{ min}^{-1}$

Puissance à $\dot{V} \approx 40 \text{ l/min}$
 $H \approx 0,8 = 0,08 \text{ bar}$ $= 2,8 \text{ W} / 1000 \text{ min}^{-1}$

Nombre d'aubes directrices: 6

Rotor:

Diamètre extérieur:	50 mm
Diamètre intérieur:	30 mm
Largeur des aubes:	5 mm
Aubes rotoriques:	7
Angle d'incidence:	$\alpha_1 = 58.1$
Angle de sortie:	$\beta_2 = 90$

Effort de freinage: max. 10 N

Poulie: Diamètre: 50 mm

Raccordement de tuyau: Manchon pour tuyau de pressio
 $D = 20 \text{ mm}$

Dimensions:

Longueur:	400 mm
Largeur:	400 mm
Hauteur:	650 mm
Poids:	12 kg

05/96

Tous droits réservés à G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel