



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

34p.  
tables  
graphes  
diagramm.

Série "Petites centrales hydroélectriques", n° 5

**RÉSUMÉ**  
**DU**  
**MANUEL TECHNIQUE RÉDIGÉ PAR L'OLADE**  
**SUR LES ÉTUDES ET LA FABRICATION**  
**D'ÉQUIPEMENTS POUR LES PETITES**  
**CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES**

*Préparé en collaboration avec*  
*l'Organisation latino-américaine de l'énergie (OLADE)*



**ORGANISATION DES NATIONS UNIES**  
**POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL**

Vienne, 1991

La reproduction en tout ou partie du texte de la présente publication est autorisée. L'Organisation souhaiterait qu'en pareil cas il soit fait mention de la source et que lui soit communiqué un exemplaire de l'ouvrage où sera reproduit l'extrait cité.

Le présent document est une traduction non officielle d'un texte n'ayant pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

ID/SER.N/5  
ISSN 0258-3364

## Préambule

Le présent résumé technique fait partie de la série de publications de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (UNIDO) sur les petites centrales hydro-électriques (SHP). Il présente sous forme condensée l'information contenue dans le "Manuel sur les études et la fabrication d'équipements pour les petites centrales hydro-électriques", préparé par l'Organisation latino-américaine sur l'énergie (OLADE) en coopération avec l'UNIDO. Le manuel est en fait un guide sur les types de construction de turbines SHP et fournit les spécifications standards qui tiennent compte de l'infrastructure industrielle et des caractéristiques des marchés potentiels dans les pays en voie de développement. Son contenu répond au besoin de divulgation et propagation de la base technologique requise pour produire et utiliser l'équipement SHP, pour plusieurs types de turbines comme pour plusieurs types de régulateurs de vitesse.

Le manuel comprend 6 volumes. Les trois premiers ont trait aux types de construction, à la normalisation et à la fabrication de turbines pour des chutes moyennes et basses, comme suit:

- Volume I: Turbines Michell-Banki
- Volume II: Turbines Pelton
- Volume III: Turbines à flux axial (tubulaires)

Les trois derniers volumes ont trait aux types de construction, à la normalisation et à la fabrication des trois grandes classes suivantes de régulateurs de vitesse:

- Volume IV: Régulateurs oléo-mécaniques
- Volume V: Régulateurs électroniques avec contrôle de charge positif.
- Volume VI: Régulateurs électroniques avec dissipation de charge

Les connaissances étendues et l'expérience spécifique acquises par OLADE dans les pays en voie de développement lui ont permis de mettre au point une technologie pour la fabrication de centrales SHP ainsi que pour la promotion d'un développement indigène des ressources et capacités énergétiques dans ces pays. Les activités et les programmes d'OLADE dans ce contexte visent à faciliter le développement des SHP sur les plans de l'évaluation des ressources, la planification du développement, les études de construction et l'ingénierie. OLADE est également à même de fournir de l'assistance de

la définition de projets institutionnels, lors de la mise sur pied de cours d'entraînement se rapportant au service et à l'entretien de centrales SHP ainsi que pour le transfert de connaissances se rapportant à l'acquisition de technologies et matériel, à la construction et à la production dans les pays en voie de développement.

Afin d'attirer l'attention sur cette technologie importante et d'assurer une mise en application appropriée du manuel en 6 volumes, il a été décidé de préparer ce résumé technique destiné à la distribution dans les pays en voie de développement.

Nous formulons le souhait que ce résumé technique servira de référence aux planificateurs, ingénieurs de projet, constructeurs et fabricants d'équipement SHP, ainsi qu'aux organisations impliquées dans la construction, la réalisation et l'opération de SHP ou de ses composants, tels les régulateurs de vitesse. Le résumé technique permettra à tous les participants dans les pays en voie de développement de se familiariser avec les intentions et les domaines d'applications du manuel ainsi que d'éveiller l'intérêt particulier d'utilisateurs potentiels.

Le résumé technique est disponible en anglais, français et espagnol. Les requêtes pour des copies additionnelles du résumé technique, pour des volumes isolés de même que pour la série complète du manuel en 6 volumes doivent être adressées à:

**Basic Technology Unit  
Industrial Technology Promotion Division  
Department for Industrial Promotion,  
Consultation and Technology  
United Nations Industrial Development Organization  
UNIDO  
Vienna International Centre  
P.O. Box 300  
A-1400 Vienna  
Austria.**

## INTRODUCTION GENERALE

Dans les introductions respectives des 6 Volumes, l'OLADE souligne avec raison l'importance du développement de l'énergie hydro-électrique en Amérique Latine, c'est évident que des situations similaires existent en Afrique et en Asie où de nombreux pays seraient particulièrement propices au développement des SHP's.. La technologie requise est bien connue, l'expérience nécessaire a été obtenue dans un grand nombre d'installations en service, la capacité d'études (Design Engineering) existe, et les ressources de fabrication et de construction ont été développées. Toutefois, l'application pratique du savoir-faire mentionné ci-dessus aux petites centrales hydrauliques (SHP) n'a pas été suffisamment diffusée. La standardisation, une condition essentielle pour le succès de ce développement, n'a pas atteint un niveau suffisant.

Les 6 Volumes rédigés par OLADE traitent deux sujets de toute première importance:

- a) les turbines type Michell-Banki, Pelton, et tubulaires (axiales).
- b) le réglage de vitesse des turbines

Afin de rester bref sans perte de clarté, les commentaires suivants ne suivent pas l'approche, chapitre par chapitre, des documents de l'OLADE. Ils ont été re-classifiés comme suit:

- Remarques générales
- Etudes
- Standardisation
- Fabrication
- Remarques additionnelles.

Dans ce qui suit référence sera faite d'abord aux turbines et ensuite au réglage de vitesse.

## I. TURBINES

### A. Remarques générales

Les 3 volumes sur les turbines traitent trois types de turbines dont l'utilisation pratique est la plus probable, c.-à-d. les turbines Michell-Banki, Pelton, et axiales. Les documents OLADE ne contiennent pas d'information sur les turbines Francis. Néanmoins, il est nécessaire de mentionner qu'afin d'obtenir une standardisation satisfaisante il est essentiel que pour des domaines de chutes et de débits donnés, un seul type de turbine standardisé soit choisi.

### B. Etudes

A première vue, il peut paraître difficile de distinguer entre les études hydrauliques, de détail et celles qui se réfèrent à la partie mécanique. Prises dans leur ensemble, ces études donnent pourtant aux planificateurs, aux responsables du développement et aux fabricants ce dont ils ont besoin pour réaliser les SHP. Il est évident que, malgré les informations abondantes contenues dans ces 3 volumes, un certain nombre de détails, en particulier, des détails de fabrication, devront être complétés pour tenir compte des situations locales.

D'un intérêt particulier - nous retournerons à ce sujet plus loin - sont les chapitres dédiés aux calculs d'exemples pratiques, utilisant l'information, les calculs et les recommandations faits dans les chapitres précédents.

Les tableaux suivantes présentent les listes des informations d'études comme suit:

**TABLEAU 1**

<b>Etudes hydrauliques</b>		
<b>Turbines Michell-Banki</b>	<b>Turbines Pelton</b>	<b>Turbines Axiales</b>
<p>Diagrammes de vitesse Géométrie de l'injecteur Géométrie de la roue Géométrie du carter</p>	<p>Diagrammes de vitesse Géométrie de l'injecteur Etudes de l'injecteur Géométrie de la roue</p>	<p>Informations générales Equations de base Diagrammes de vitesse avec: • dimensions de base de la roue • profils des aubes mobiles • profils des aubes de la couronne directrice Puissance et rendement Dimensionnement du carter et de la roue</p>

**TABLEAU 2**

<b>Etudes détaillées</b>		
<b>Turbines Michell-Banki</b>	<b>Turbines Pelton</b>	<b>Turbines Axiales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etude et Calcul de l'injecteur.</li> <li>• Etude d'arbre de l'injecteur et des aubes directrices.</li> <li>• Etude et Calcul de la roue.</li> <li>• Etude et Calcul de l'arbre.</li> <li>• Etude et Calcul du palier.</li> <li>• Etude du mécanisme de réglage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etude et Calcul de l'injecteur.</li> <li>• Etude et Calcul de la roue.</li> <li>• Etude et Calcul de l'arbre.</li> <li>• Etude du support du palier.</li> <li>• Etude du mécanisme de réglage.</li> <li>• Etude de la structure du carter et de la base.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspects généraux.</li> <li>• Calcul du carter et de son épaisseur.</li> <li>• Contraintes et Calcul des aubes de réglage.</li> <li>• Contraintes et Calcul des aubes mobiles:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) détermination des forces</li> <li>b) détermination des contraintes</li> </ul> </li> <li>• Etude de l'arbre de la turbine</li> <li>• Choix du palier</li> <li>• Moment d'inertie de la turbine</li> </ul>

Sans aller plus en détail pour décrire le contenu des documents de l'OLADE indiqués dans les tableaux 1 et 2 ci-dessus, on constate que les indications données sont suffisantes pour permettre le calcul d'un exemple numérique pour chaque type de turbine. Ces exemples ont été établis pour:

- une Turbine Michell-Banki de 200 kW
- une Turbine Pelton de 500 kW
- une Turbine de Flux axial de 700 kW

Un certain nombre d'illustrations extraites des documents I à III se référant à ces machines sont incluses dans ce rapport comme suit (voir annexe 1):

- a) Turbines Michel-Banki: Figures 1/34, à 6/34, et 10/34, Diagramme 15-1
- b) Turbines Pelton: Figures 2/18, 3/18, 4/18, 7/18, 10/18, et 13/18 Diagramme 16 et 17
- c) Turbines axiales: Figures TT 01 01 et TT 06 01, Diagramme 24 Table de dimensions 11

### C. Standardisation

Afin d'assurer le succès futur des SHP, un facteur crucial, peut-être l'unique, est la standardisation. Sans cette dernière le coût des installations devient prohibitif dans la plupart des cas. Les parties du rapport de l'OLADE concernant la standardisation sont concentrées sur la fabrication des turbines et les équipements de réglage. Les remarques faites s'adressent donc particulièrement aux fabricants. Il est reconnu que ces derniers, en particulier les fabricants de turbines, ont été très hésitants à participer à cette standardisation ! Ils préfèrent de beaucoup livrer des machines faites sur mesure!

Il est évident, toutefois, que les considérations contenues dans les rapports de l'OLADE encourageront les fabricants locaux à produire un nombre de composantes - au début d'une nature simple -, comme nous le verrons plus loin sous le chapitre "Fabrication".

Effectivement la Fig. 15 extraite du Volume I indique 6 "zones standard" s'appliquant aux turbines **Michell-Banki**. Il s'agit de turbines avec des diamètres de roues de: 20, 30, 40, 50, 60 et 70 cm.

Pour les turbines **Pelton**, les Diagrammes 16 et 17 indiquent 8 types différents "standardisés". Une distinction est faite entre les turbines accouplées directement aux générateurs (600 t/min) ou par l'entremise de bandes ou d'engrenages.

Le deuxième type d'accouplement est probablement le plus flexible:

Le diagramme de la Fig. 24 indique le nombre et les domaines d'application de **Turbines axiales** avec des puissances comprises entre 100 et 500 kW. 8 types différents sont présentés.

Une annexe utile est la table 11 dans laquelle les dimensions principales des turbines axiales sont indiquées.

#### **D. Fabrication**

Le contenu des volumes I, II et III signale avec raison les difficultés de fabrication au cas où le fabricant ne disposerait pas du savoir-faire et des moyens de fabrication nécessaires. Fonderies, installations de soudure, de galvanisation, et de traitement de surface ne sont pas partout disponibles.

Des informations utiles sont indiquées concernant les matériaux à utiliser et les normes à appliquer; les procédures et l'équipement de fabrication requis sont décrits. Ces remarques s'appliquent même aux méthodes à utiliser pour l'emballage, le graissage, et le montage au site.

Les composants des machines devant être résistants à la corrosion sont énumérés.

Les rapports mentionnent également la nécessité de disposer de laboratoires et d'installations d'essais adéquats. L'importance du laboratoire pour les essais de qualité de l'eau sert comme exemple.

Une liste des normes applicables est également incluse.

Les remarques utiles sous le titre de:

"Ce qu'il ne faut pas faire pour obtenir une installation bien réussie" !

contiennent des conseils à prendre en considération.

### **E. Remarques additionnelles**

Il a déjà été indiqué ci-dessus que les 3 Volumes "Turbines" rédigés par OLADE contiennent un exemple pratique calculé pour chaque type de turbine. Ces exemples forment peut-être la partie la plus importante des rapports. En tenant compte des données de départ, la procédure de calcul de "pas à pas" employée effectivement permettra de déterminer les dimensions principales des unités de turbine. L'ingénieur en charge du projet pourra donc contrôler ses propres considérations et conclusions.

Les procédures indiquées peuvent également pourvoir des éléments utiles pour la fabrication. Un exemple se trouve dans l'annexe 2, reproduisant un calcul d'aubes mobiles correspondant au § 2.4 page 59 du Volume III (de la version anglaise).

Des exemples, en partie déjà mentionnés ci-dessus, de dessins et de plans applicables aux trois types de turbines se trouvent à la fin des volumes respectifs. Pour la fabrication, ces plans devront être complétés de façon à ce qu'ils soient adaptés aux besoins spécifiques du fabricant. Des exemples de ces "dessins de fabrication" sont inclus dans l'Annexe 1 de ce rapport:

- a) pour la turbine Michell-Banki: Fig. 10/34
- b) pour la turbine Pelton: Fig. 7/18, 10/18, et 13/18  
(Pointeau de l'injecteur)
- c) pour la turbine axiale: Fig. TT 01/01

(Très peu de dessins et plans sont disponibles pour la turbine axiale).

## II. ETUDE DU REGLAGE DE VITESSE

### A. Remarques générales

Les 3 volumes sur le réglage de vitesse représentent un effort considérable pour traiter un sujet qui techniquement est de grande importance pour l'opération des SHP. Il est clair que dans des régions où le personnel qualifié d'opération est rare, il est d'autant plus important que le réglage de vitesse soit simple et d'un type sur lequel on peut compter. En plus, il doit être facile à opérer; en cas de difficultés il doit être possible d'appliquer des mesures remédiables simples. Dans ces circonstances la "richesse" d'information contenue dans les 3 volumes de l'OLADE devrait être utile aux organisations locales chargées des études, de la réalisation et de l'opération des équipements de réglage de vitesse des SHP.

Une certaine duplication existe parfois dans les informations contenues dans chaque volume. Un seul volume simplifié, en forme de guide pratique, aurait d'immenses avantages et devrait être réalisé.

En relation au contenu des 3 volumes, la question pourrait également se poser si, en tenant compte du coût relativement bas des équipements de réglage (comparé au coût total de l'installation), il ne serait pas préférable - et plus économique - de les acheter de l'extérieur comme unités complètes; il existe d'excellents fabricants spécialisés.

### B. Etudes

Les principaux équipements de réglage de vitesse décrits dans les 3 volumes (IV, V, and VI) sont:

- a) le Réglage oléo-mécanique, (traité dans le volume IV)
- b) le Réglage électrique/électronique avec contrôle de charge positif (traité dans le volume V)
- c) le Réglage électrique / électronique avec dissipation de charge (traité dans le volume VI)

La tableau suivant résume les informations de ces trois volumes par rapport aux trois types de réglage:

**TABLEAU 3**

<b>Equipements de réglage</b>		
<b>a) Réglage Oléo/ mécanique</b>	<b>b) Réglage Electrique /Electronique avec contrôle positif de charge</b>	<b>c) Réglage Electrique /Electronique avec dissipation de charge</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Notions générales</li><li>• Etude fonctionelle</li><li>• Calculs mécaniques et étude du régulateur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Description générale et types de réglage</li><li>• Etude fonctionelle</li><li>• Composantes mécaniques du régulateur</li><li>• Composantes électroniques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Description générale</li><li>• Etude fonctionelle</li></ul>

Les trois volumes contiennent des informations détaillées sur les fonctions et caractéristiques principales des régulateurs. Les méthodes de calcul s'y référant sont indiquées. Un certain nombre de modèles mathématiques complète ces indications.

### **C. Standardisation**

La standardisation devrait permettre que les études, la construction, l'installation<sup>(1)</sup> et l'opération des équipements de réglage soient effectués par un nombre suffisamment petit de types d'appareils pour les trois types de turbine considérés dans les volumes I, II et III.

Par suite de la multiplicité des détails présentés dans les trois volumes IV, V et VI un choix de leurs applications spécifiques est difficile à faire.

Les composantes de base des régulateurs sont indiquées comme suit:

<sup>1</sup> Note: Dans la majorité des cas préférence devrait être donnée au réglage type oléo-mécanique.

- a) le processeur d'information, commun pour tous les régulateurs de vitesse standardisés
- b) la partie électrique, comprenant des circuits de puissance ou électronique de déclenchement
- c) les servomoteurs pilotes et hydrauliques, qui dépendent étroitement des types et des puissances des turbines.

Dans le cas du réglage avec dissipation de charge, partie c) ci-dessus, le volume VI traite principalement les résistances de charge.

L'introduction au chapitre B (Remarques générales) mentionne déjà que le réglage de vitesse, et sa standardisation pourraient être simplifiée afin de rendre plus facile le choix, les études et l'opération des équipements. Le but devrait être de n'avoir pas plus que 4 ou 5 équipements de réglage standardisés par type de turbine. Il est clair pourtant que cette standardisation ne pourrait s'appliquer que partiellement aux éléments mécaniques transmettant les impulsions de réglage aux machines.

#### **D. Fabrication**

Les trois volumes IV, V et VI prévoient la fabrication d'éléments comme tachymètres, soupapes-pilotes, servomoteurs, pompes, ressorts, pistons, consoles, etc., à part les composantes électriques et électroniques. Une telle fabrication pourrait être considérée dans quelques rares pays, mais l'opinion a déjà été exprimée qu'il serait avantageux que ces éléments, relativement peu coûteux en comparaison avec le coût total des SHP soient livrés par des fabricants spécialisés. Au cas où seulement un petit nombre d'équipements de réglage standardisés puissent être pris en considération, la fabrication locale de certains éléments pourrait être entreprise, en particulier si elle pouvait être concentrée dans un ou deux pays, ces derniers étant en position de livrer leurs équipements aux autres.

Il est possible que la fabrication de quelques éléments simples comme: leviers, soupapes et carters, puisse être entreprise localement. Il sera pourtant nécessaire de s'assurer que cette fabrication soit économique.

**E. Remarques additionnelles**

Un exemple d'étude et de calcul des équipements de réglage se trouve en annexe dans les volumes IV, et V. Il n'est pas inclus dans le volume VI.

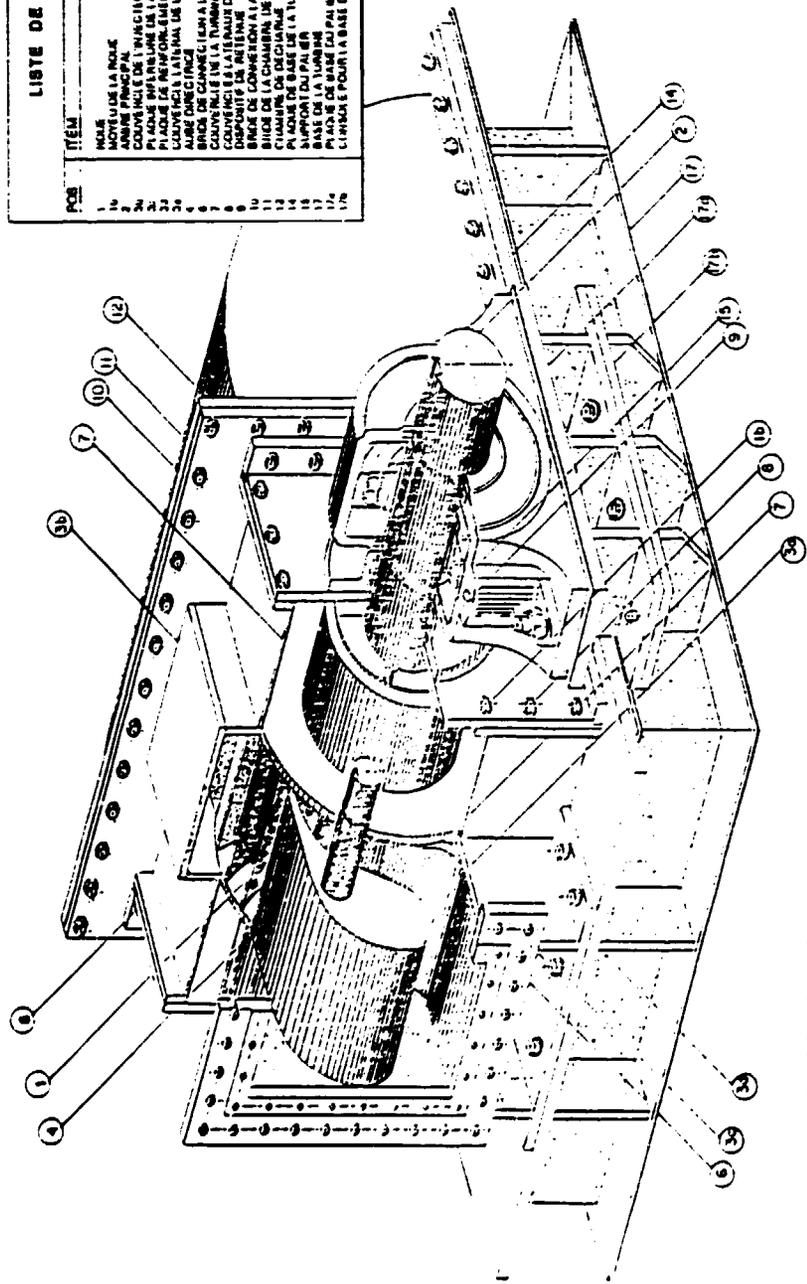
Des plans de détail se trouvent dans les annexes respectives des trois volumes. Sont inclus également:

- a) des programmes de simulation,
- b) des programmes de calcul d'ordinateurs.

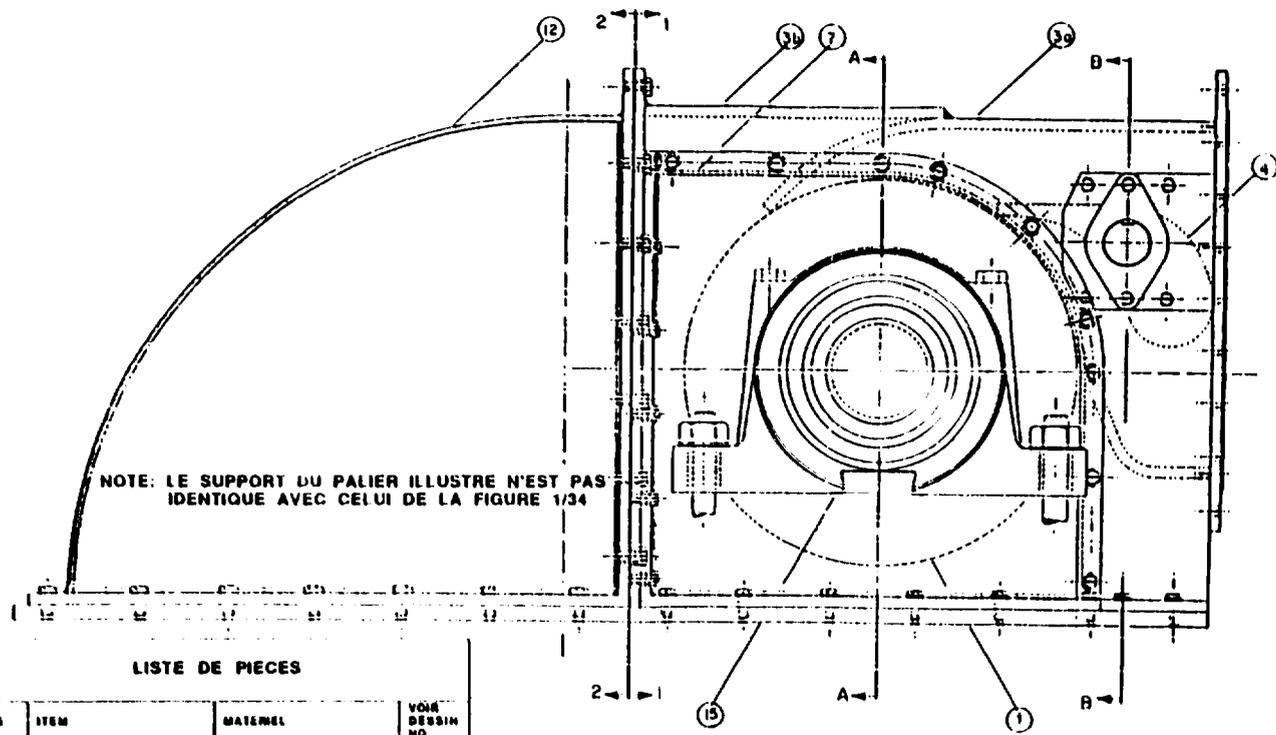
## **Annexe 1**

**DESSINS TECHNIQUES  
FIGURES ET TABLEAUX**

POE	ITEM
1	MALLES DE LA ROULE
2	ANNEAU PRINCIPAL
3	COUVERCULE DE L'INJECTEUR
3A	PLAQUE D'APPUI LINE DE LA CHAMBRE D'ADMISION
3B	PLAQUE DE RENFORCEMENT DE LA CHAMBRE D'ADMISION
3C	PLAQUE DE LA CHAMBRE DE L'INJECTEUR
4	ALÈSE D'ÉTANCHÉITÉ
5	BRIDE DE CLAMPEMENT A LA CONDUITE FLUIDES
6	COUVERCULE DE LA TURBINE
7	COUVERCULE DE LA TURBINE
8	COUVERCULE DE LA TURBINE
9	COUVERCULE DE LA TURBINE
10	BRIDE DE CLAMPEMENT A LA CHAMBRE DE L'INJECTEUR
11	BRIDE DE CLAMPEMENT A LA CHAMBRE DE L'INJECTEUR
12	CHAMBRON DE DECHARGE
13	PLAQUE DE BASE DE LA TURBINE
14	PLAQUE DE LA TURBINE
15	PLAQUE DE LA TURBINE
17A	PIEDS DE LA TURBINE
17B	L'INSONE POUR LA BASE DE SUPPORT DU PAIRIN



VUE ISOMETRIQUE ET DETAILS  
TURBINE MICHELL-BANKI



NOTE: LE SUPPORT DU PALIER ILLUSTRÉ N'EST PAS IDENTIQUE AVEC CELUI DE LA FIGURE 1/34

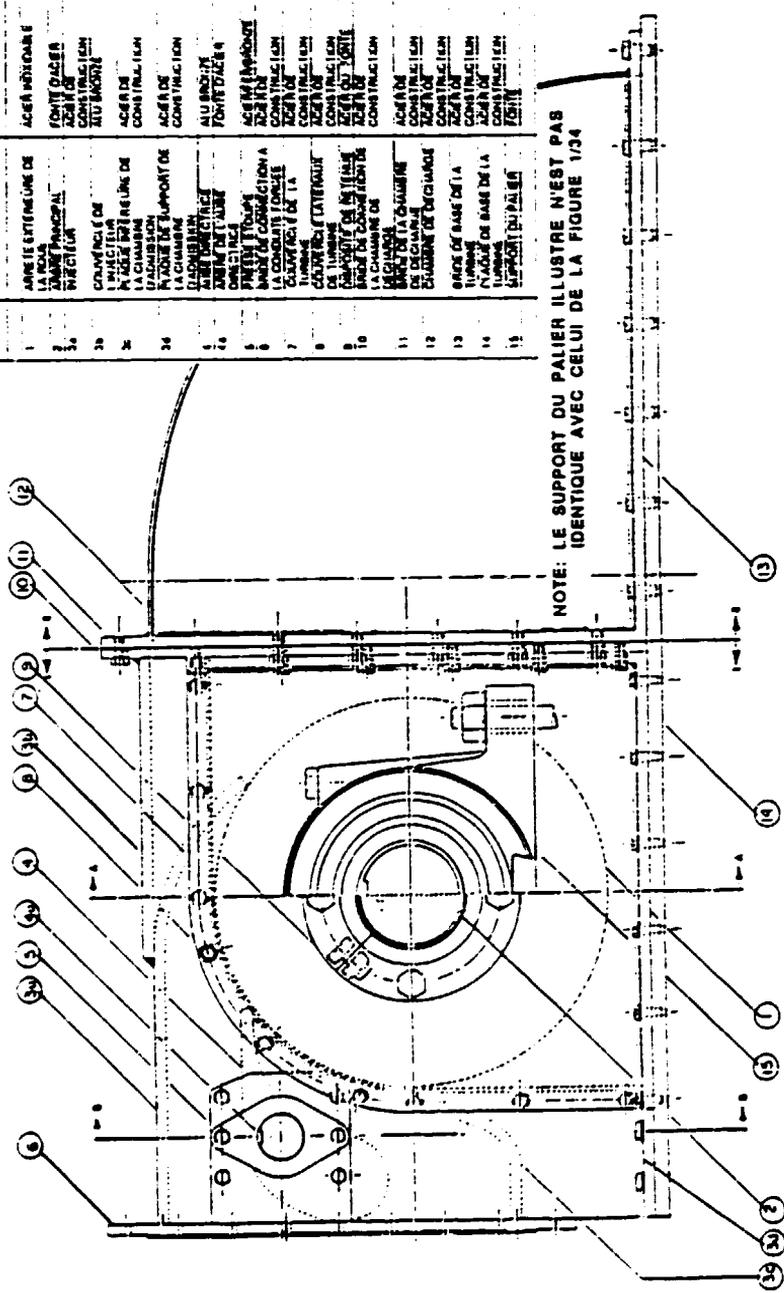
LISTE DE PIÉCES

POS	ITEM	MATÉRIEL	VOLUME DESSIN NO.
1	ARÊTE DE LA ROUE	ACIER INOXYDABLE	6
2	INJECTEUR	ACIER DE CONSTRUCTION	16
3	COURBONNÉE DE L'INJECTEUR	ACIER DE CONSTRUCTION	16
4	ALÈSE DIRECTRICE	ALU BRONZE	13
5	COUVERTELS GAUCHE TURBINE	ACIER DE CONSTRUCTION	22
6	CHAMBRÉE DE DÉGRANDIR	ACIER DE CONSTRUCTION	20
7	SUPPORT DU PALIER	FONTÉ	

VUE DE GAUCHE DE L'ASSEMBLAGE FINAL DE LA TURBINE

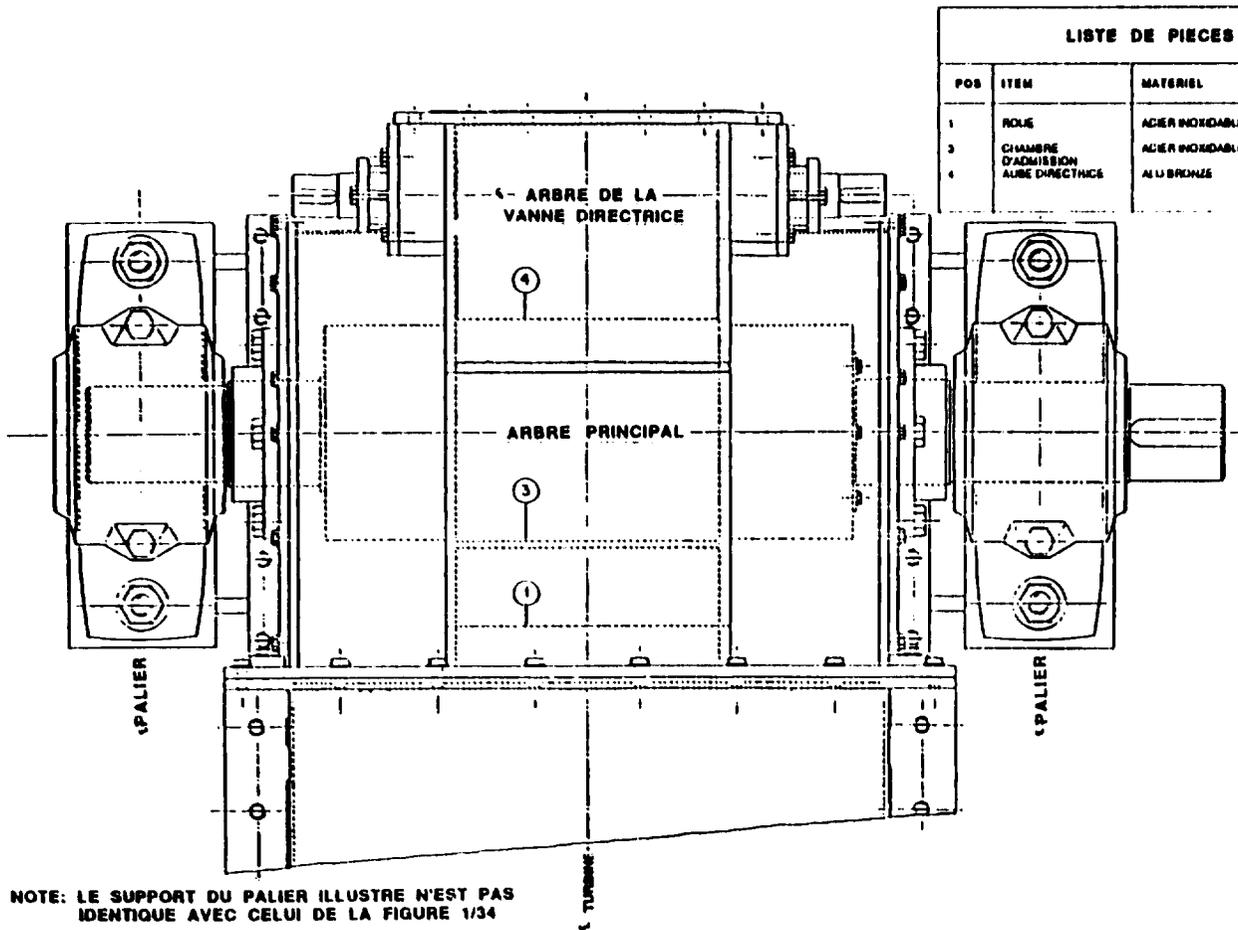
VOLUME I - PLAN No. 2/34

POS	ITEM	MATÉRIEL	VOIR DÉSIGN N°
1	ARRÊTE EXTÉRIEURE DE LA ROUE	ACIER MÉDICANÉ	6
2	ZOONE PRINCIPAL DIRECTEUR	FONTAINE D'AZER	11
3	COLONNÈLE DE MARCHÉ	AZER DE CONSTRUCTION	16
4	PLATEAU DE RELEVÉ DE LA CHAMBRE	ACIER DE CONSTRUCTION	19
5	PLATEAU DE SUPPORT DE LA CHAMBRE	ACIER DE CONSTRUCTION	19
6	CLAPET	ALU BRÛLÉ	22
7	PIÈCE D'UNION	AZER MÉDICANÉ	22
8	LA COMBUSTION	AZER MÉDICANÉ	21
9	CLAPET DE LA CHAMBRE	AZER MÉDICANÉ	22
10	CLAPET EXTÉRIEUR DE LA CHAMBRE	AZER MÉDICANÉ	24
11	CLAPET DE LA CHAMBRE	AZER MÉDICANÉ	22
12	CLAPET DE LA CHAMBRE	AZER MÉDICANÉ	22
13	CLAPET DE LA CHAMBRE	AZER MÉDICANÉ	22
14	CLAPET DE LA CHAMBRE	AZER MÉDICANÉ	22
15	CLAPET DE LA CHAMBRE	AZER MÉDICANÉ	22



NOTE: LE SUPPORT DU PALIER ILLUSTRÉ N'EST PAS IDENTIQUE AVEC CELUI DE LA FIGURE 1/34

ASSEMBLAGE FINAL DE LA TURBINE  
VUE DE DROITE



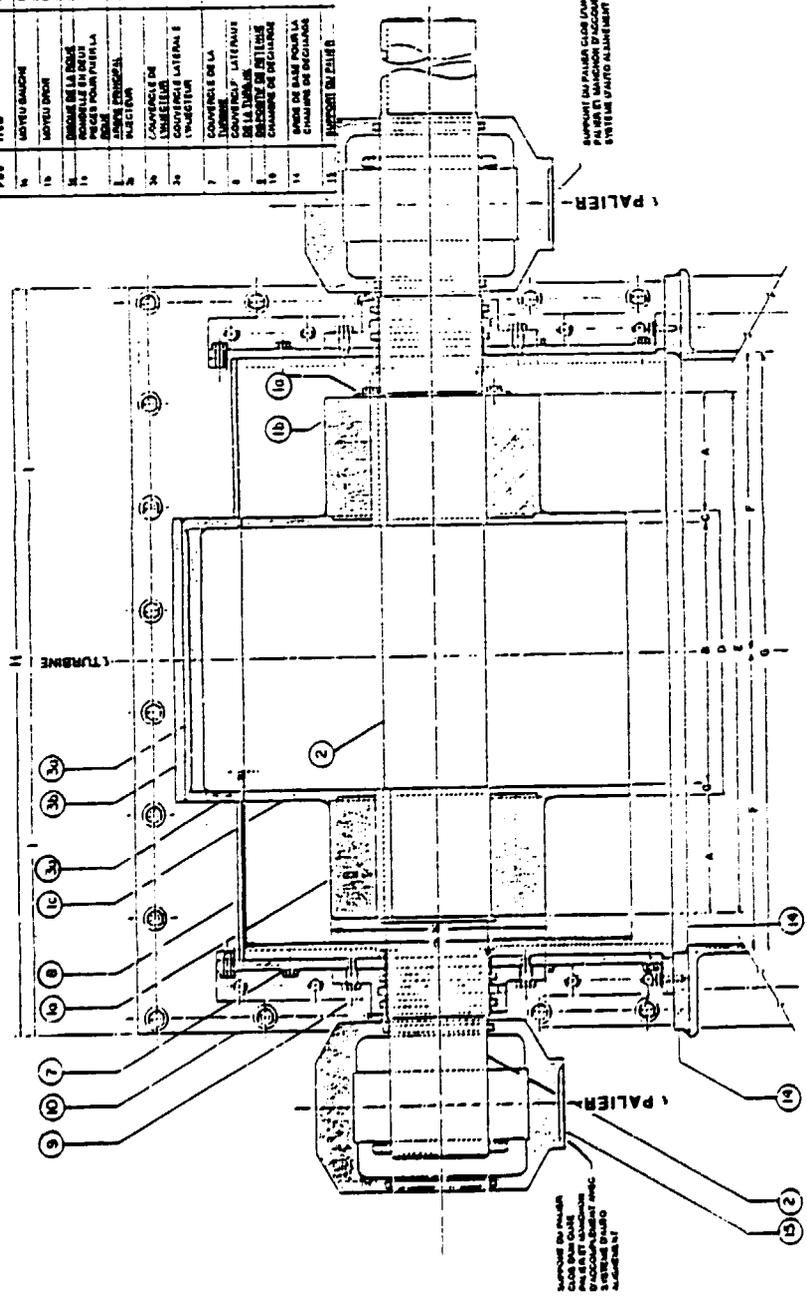
LISTE DE PIÈCES			
POS	ITEM	MATERIEL	VOIR DESSIN NO.
1	ROLE	ACIER INOXYDABLE	6
3	CHAMBRE D'ADMISSION AUBE DIRECTRICE	ACIER INOXYDABLE	12
4		ALU BRONZE	12

NOTE: LE SUPPORT DU PALIER ILLUSTRÉ N'EST PAS IDENTIQUE AVEC CELUI DE LA FIGURE 1/34

ASSEMBLAGE FINAL DE LA TURBINE  
VUE DU HAUT

**LISTE DE PIÈCES**

PRO	ITEM	MATERIAL	QUANTITE
1	BOSSA D'ALIA		1
2	FORTE D'ACIER DU PALIER		1
3	FORTE D'ALUMINUM		1
4	BOSSA D'ALIA		1
5	BOSSA D'ALIA		1
6	BOSSA D'ALIA		1
7	BOSSA D'ALIA		1
8	BOSSA D'ALIA		1
9	BOSSA D'ALIA		1
10	BOSSA D'ALIA		1
11	BOSSA D'ALIA		1
12	BOSSA D'ALIA		1
13	BOSSA D'ALIA		1
14	BOSSA D'ALIA		1
15	BOSSA D'ALIA		1
16	BOSSA D'ALIA		1
17	BOSSA D'ALIA		1
18	BOSSA D'ALIA		1
19	BOSSA D'ALIA		1
20	BOSSA D'ALIA		1
21	BOSSA D'ALIA		1
22	BOSSA D'ALIA		1
23	BOSSA D'ALIA		1
24	BOSSA D'ALIA		1
25	BOSSA D'ALIA		1
26	BOSSA D'ALIA		1
27	BOSSA D'ALIA		1
28	BOSSA D'ALIA		1
29	BOSSA D'ALIA		1
30	BOSSA D'ALIA		1
31	BOSSA D'ALIA		1
32	BOSSA D'ALIA		1
33	BOSSA D'ALIA		1
34	BOSSA D'ALIA		1
35	BOSSA D'ALIA		1
36	BOSSA D'ALIA		1
37	BOSSA D'ALIA		1
38	BOSSA D'ALIA		1
39	BOSSA D'ALIA		1
40	BOSSA D'ALIA		1
41	BOSSA D'ALIA		1
42	BOSSA D'ALIA		1
43	BOSSA D'ALIA		1
44	BOSSA D'ALIA		1
45	BOSSA D'ALIA		1
46	BOSSA D'ALIA		1
47	BOSSA D'ALIA		1
48	BOSSA D'ALIA		1
49	BOSSA D'ALIA		1
50	BOSSA D'ALIA		1
51	BOSSA D'ALIA		1
52	BOSSA D'ALIA		1
53	BOSSA D'ALIA		1
54	BOSSA D'ALIA		1
55	BOSSA D'ALIA		1
56	BOSSA D'ALIA		1
57	BOSSA D'ALIA		1
58	BOSSA D'ALIA		1
59	BOSSA D'ALIA		1
60	BOSSA D'ALIA		1
61	BOSSA D'ALIA		1
62	BOSSA D'ALIA		1
63	BOSSA D'ALIA		1
64	BOSSA D'ALIA		1
65	BOSSA D'ALIA		1
66	BOSSA D'ALIA		1
67	BOSSA D'ALIA		1
68	BOSSA D'ALIA		1
69	BOSSA D'ALIA		1
70	BOSSA D'ALIA		1

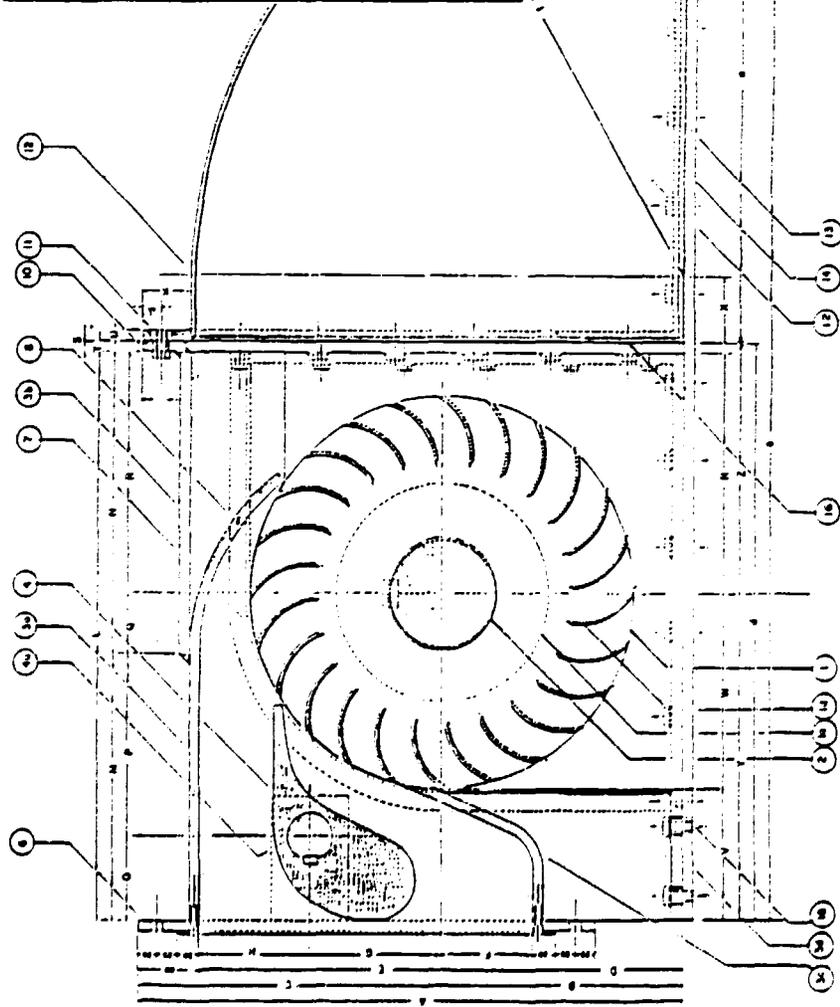


SUPPORT DU PALIER COTE LAURENTE  
 PALIER ET MANCHON PRODUITS SERTI AVEC  
 SYSTEME D'UNITE ALUMINUM

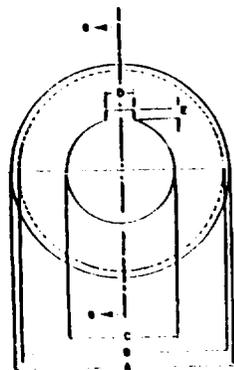
SUPPORT DU PALIER  
 COTE BASSIN  
 PALIER ET MANCHON  
 PRODUITS SERTI AVEC  
 SYSTEME D'UNITE

COUPE "A-A" - VUE DE LA ROUE, DE L'ARBRE PRINCIPAL,  
 DU DISPOSITIF DE RETENUE ET DU CARTER

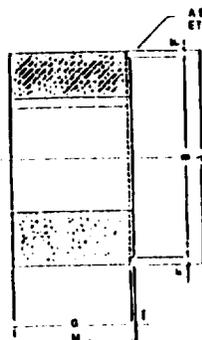
LISTE DE PIECES			QUANTITE	UNITES	NO. DE PIECES
1	ROUE	SET TORONTE	1		1
2	BOYEU DE LA ROUE	BOYEU D'ACIER	1		2
3	LOUIS MOBILES	LOUIS MOBILES	1		3
4	AXE PRINCIPAL	AXE D'ACIER	1		4
5	DIAPHRAGME	DIAPHRAGME	1		5
6	MANIVELLE	MANIVELLE	1		6
7	PLAQUE DE FAYONNE DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	PLAQUE DE FAYONNE	1		7
8	ECHELETTE D'ALUMINUM	ECHELETTE D'ALUMINUM	1		8
9	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		9
10	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		10
11	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		11
12	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		12
13	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		13
14	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		14
15	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		15
16	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		16
17	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		17
18	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		18
19	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	BOYEU DE LA CHAMBRE DE MANIVELLE	1		19



ASSEMBLAGE FINAL DE LA TURBINE  
SECTION LONGITUDINALE

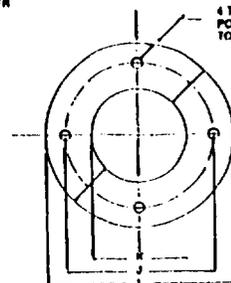


**PIECE No. 1a - MOYEU GAUCHE**  
 MATERIEL: FONTE D'ACIER OU  
 ACIER INOXYDABLE



**COUPE "G-G"**

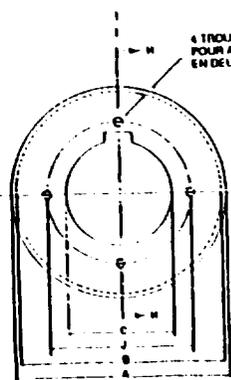
A ENCASTRER DANS LE DISQUE  
 ET SOUDER



4 TROUS TRANSVERSES Ø 10  
 POUR TOUTES LES RONDELLES POUR  
 TOUTES LES TURBINES

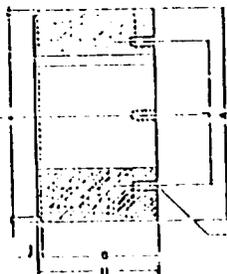
NOTE: DANS TOUTS LES CAS, L'ÉPAISSEUR  
 DES RONDELLES SERA DE 8 mm

**PIECE No. 1b - RONDELLE EN DEUX PIÈCES  
 POUR FIXER LA ROUE A  
 L'ARBRE PRINCIPAL**  
 MATERIEL: ACIER INOXYDABLE



**PIECE No. 1b - MOYEU DROIT**  
 MATERIEL: FONTE D'ACIER OU  
 ACIER INOXYDABLE

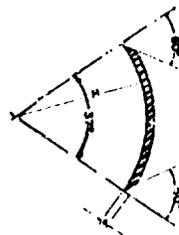
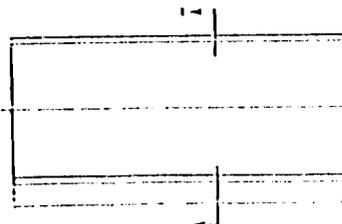
4 TROUS FILETÉS Ø 8  
 POUR ATTACHER LA RONDELLE  
 EN DEUX PARTIES



**COUPE "H-H"**

**PIECE No. 1d - VUE DE L'AUBE MOBILE**  
 MATERIEL: ACIER INOXYDABLE

4 TROUS FILETÉS Ø 8 POUR ATTACHER  
 LES MOYEURS POUR TOUTES LES  
 TURBINES



**COUPE "I-I"**

NOTE: TOUTES LES ROUES PORTERONT  
 24 AUBES, QUEL QUE SOIT LE  
 DIAMÈTRE DE LA ROUE

**PIECES DE LA ROUE**

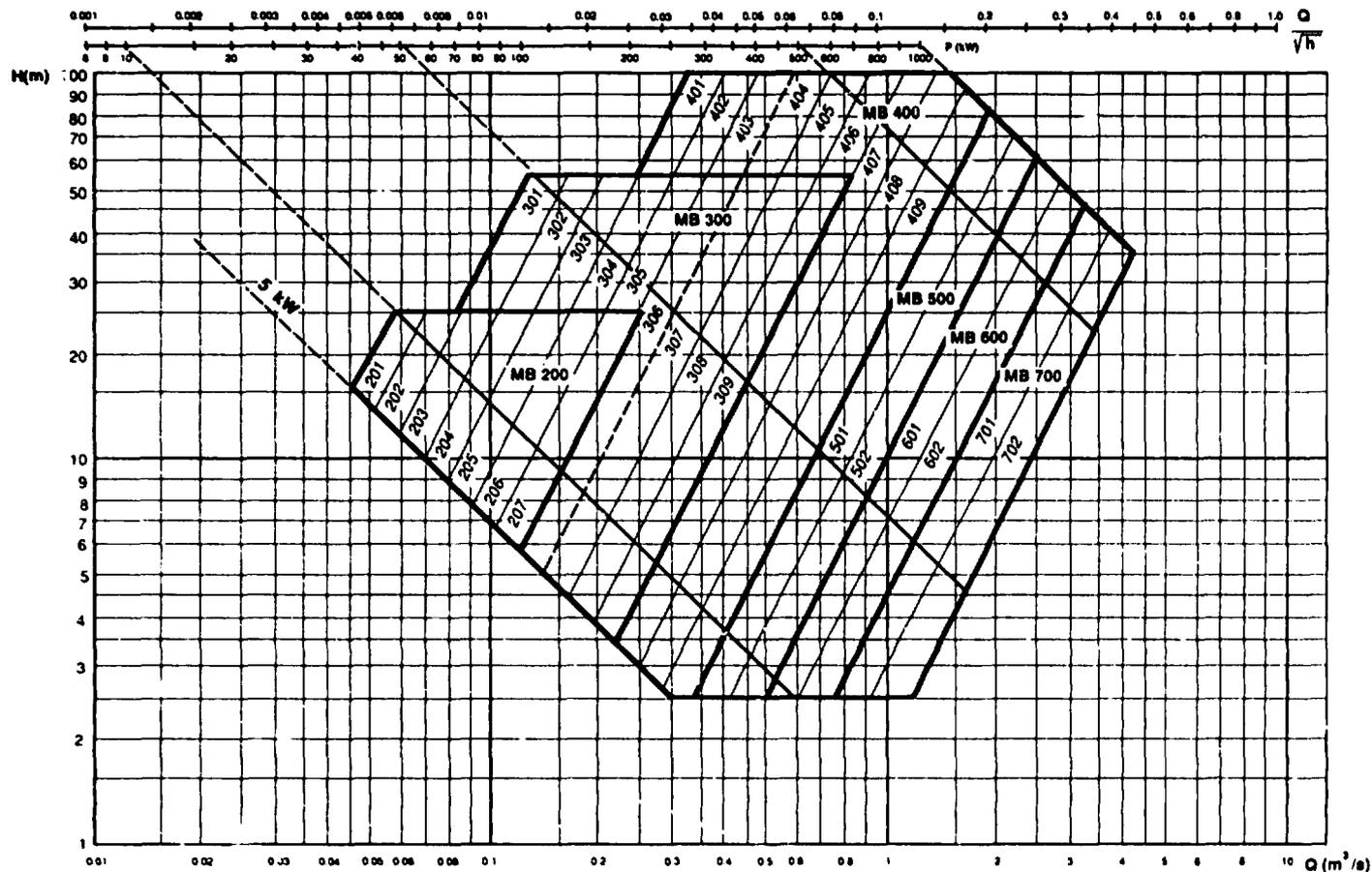
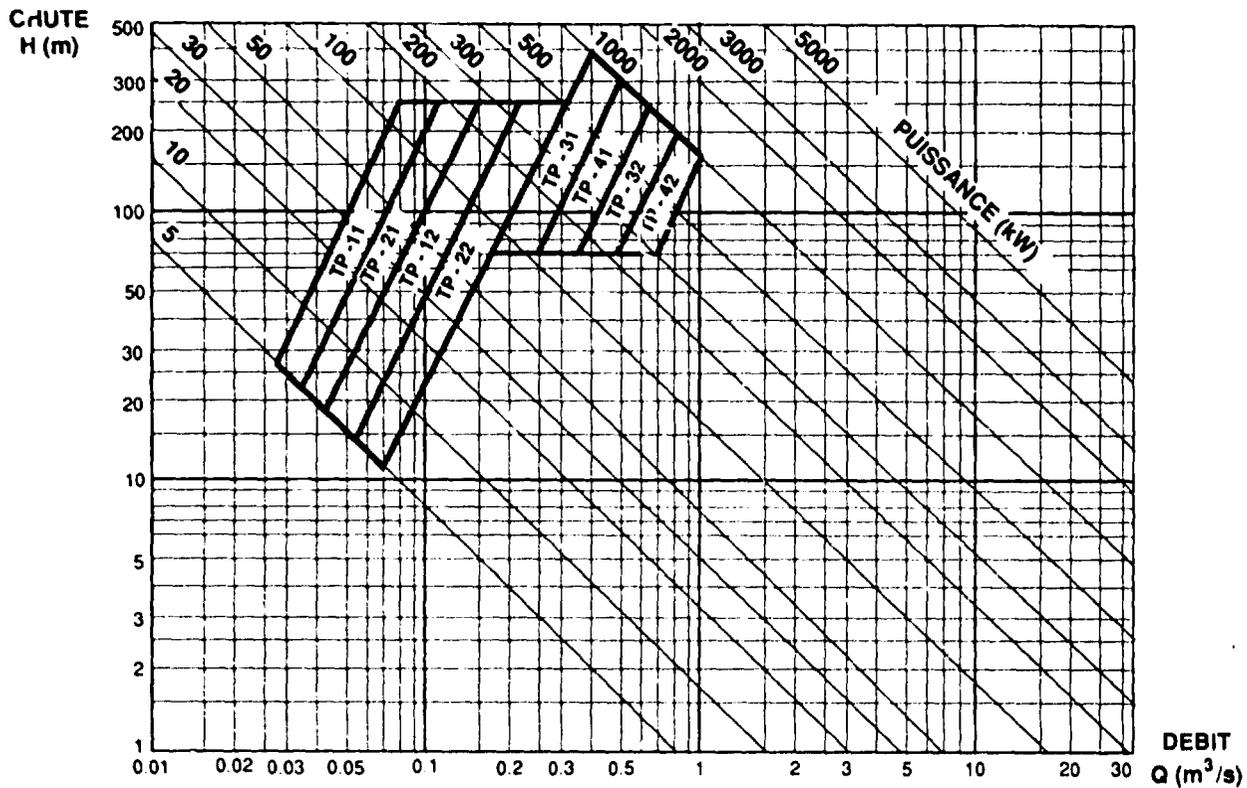


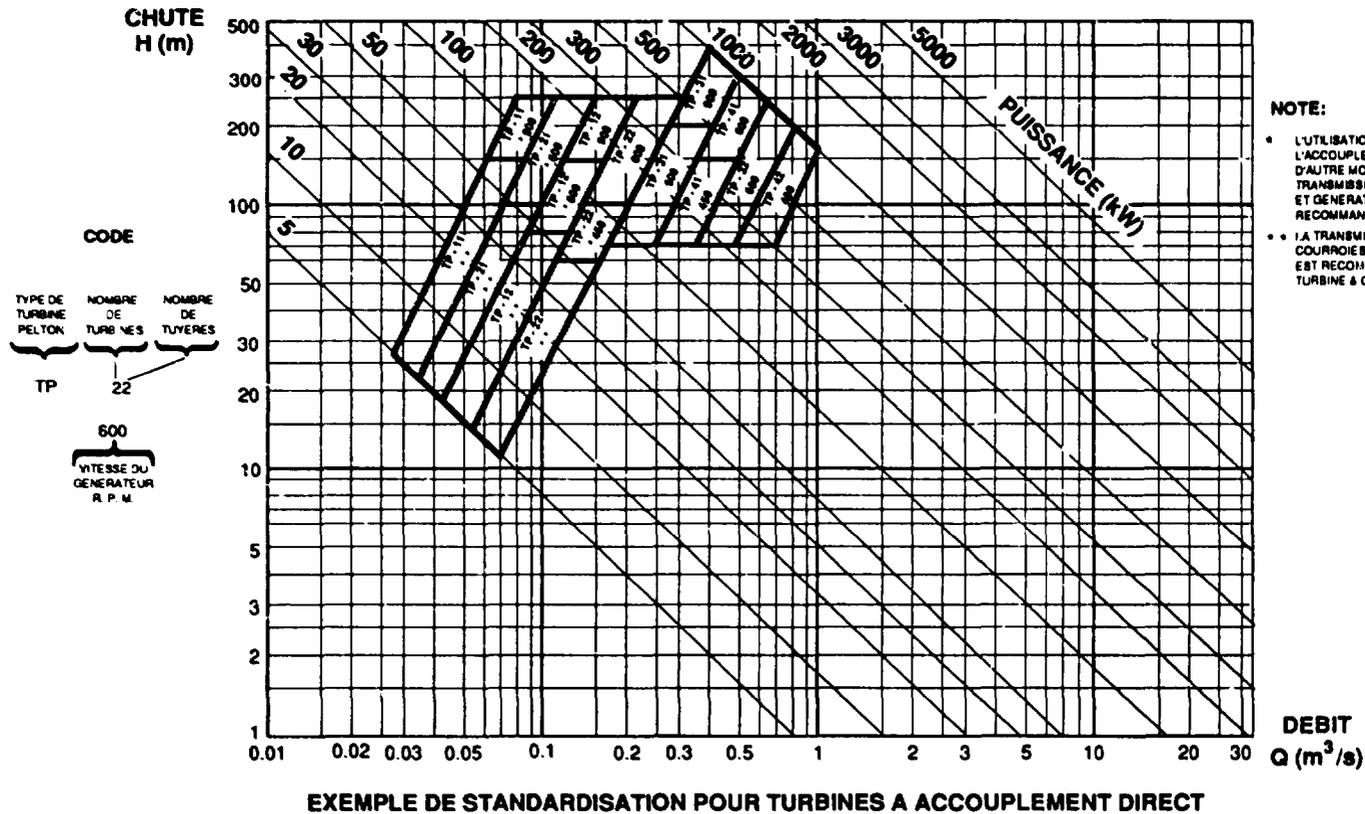
FIGURE 15 - 1

STANDARDISATION DES TURBINES MICHELL-BANKI UTILISANT LES CRITERES HYDRAULIQUES ET MECHANIQUES



EXEMPLE DE STANDARDISATION POUR TURBINES A TRANSMISSION PAR  
COURROIES OU ENGRENAGES

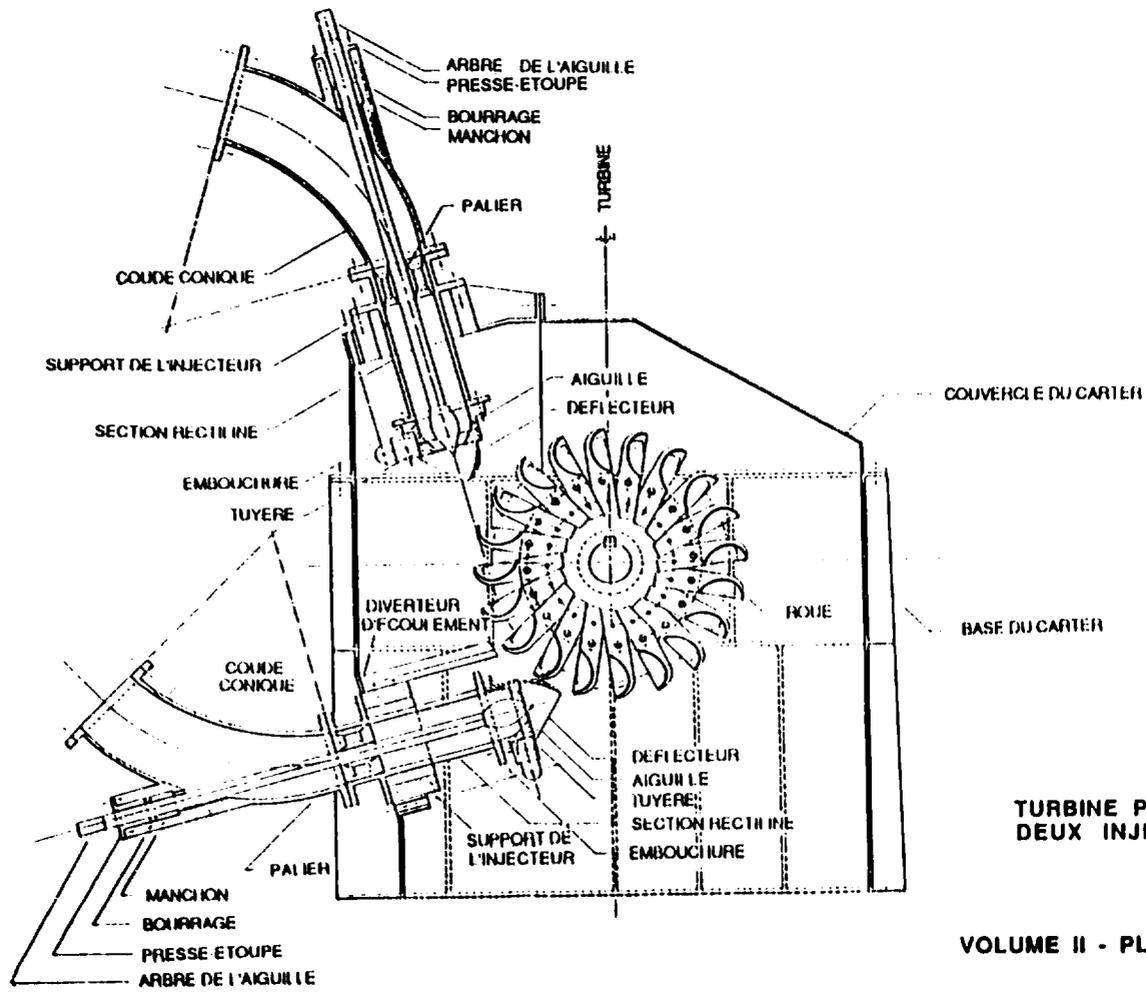
Figure No. 16



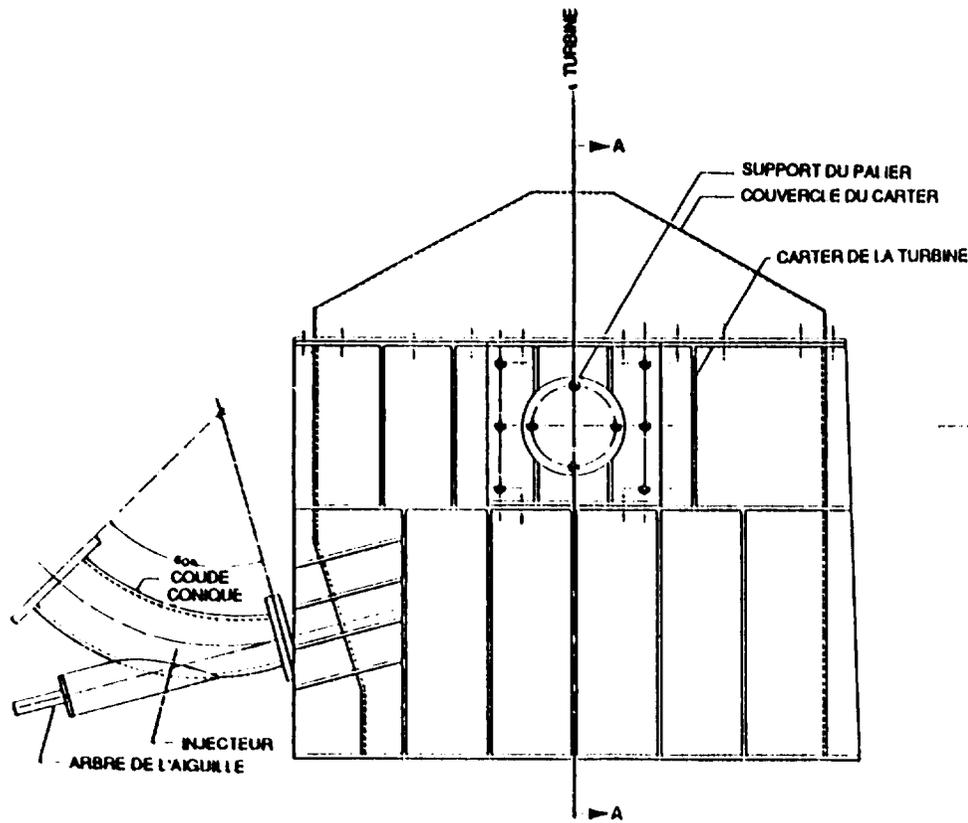
**NOTE:**

- L'UTILISATION DE L'ACCOUPLEMENT DIRECT OU D'AUTRE MOYEN DE TRANSMISSION ENTRE TURBINE ET GENERATEUR EST RECOMMANDE
- LA TRANSMISSION PAR COURROIES OU ENGRENAGES EST RECOMMANDE ENTRE TURBINE & GENERATEUR

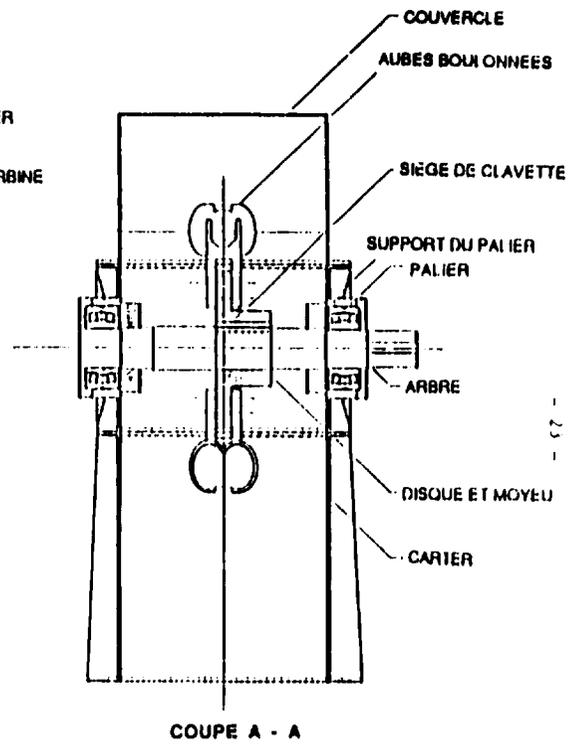
**Figure No. 17**



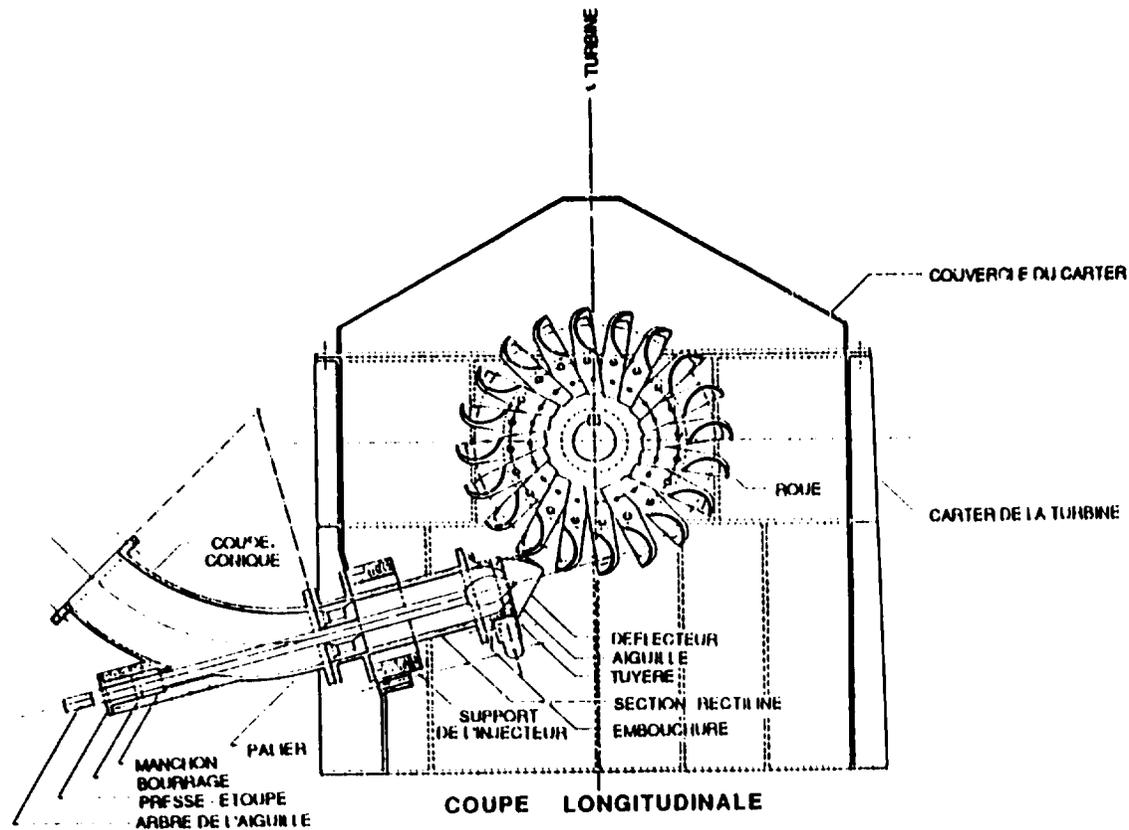
**TURBINE PELTON A DEUX INJECTEURS**



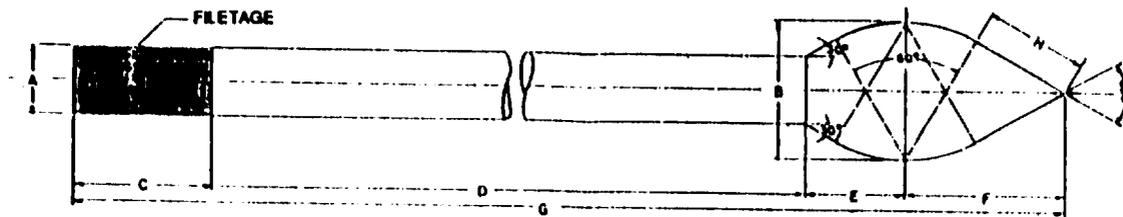
TURBINE A INJECTEUR UNIQUE



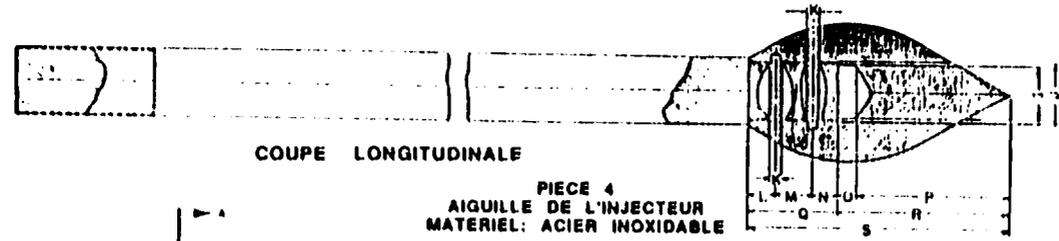
COUPE A - A



TURBINE A INJECTEUR UNIQUE

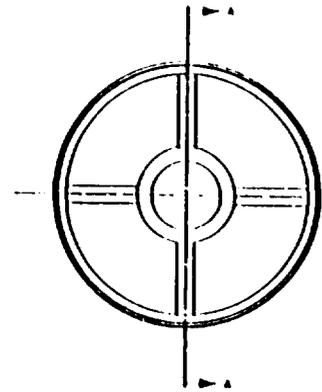


PROJECTION VERTICALE

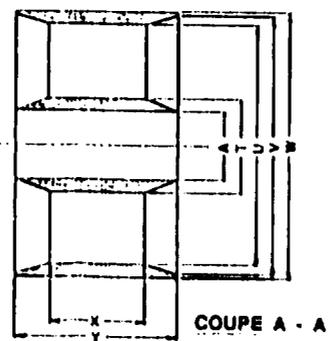


COUPE LONGITUDINALE

PIECE 4  
AIGUILLE DE L'INJECTEUR  
MATERIEL: ACIER INOXYDABLE



VUE DE FACE



COUPE A - A

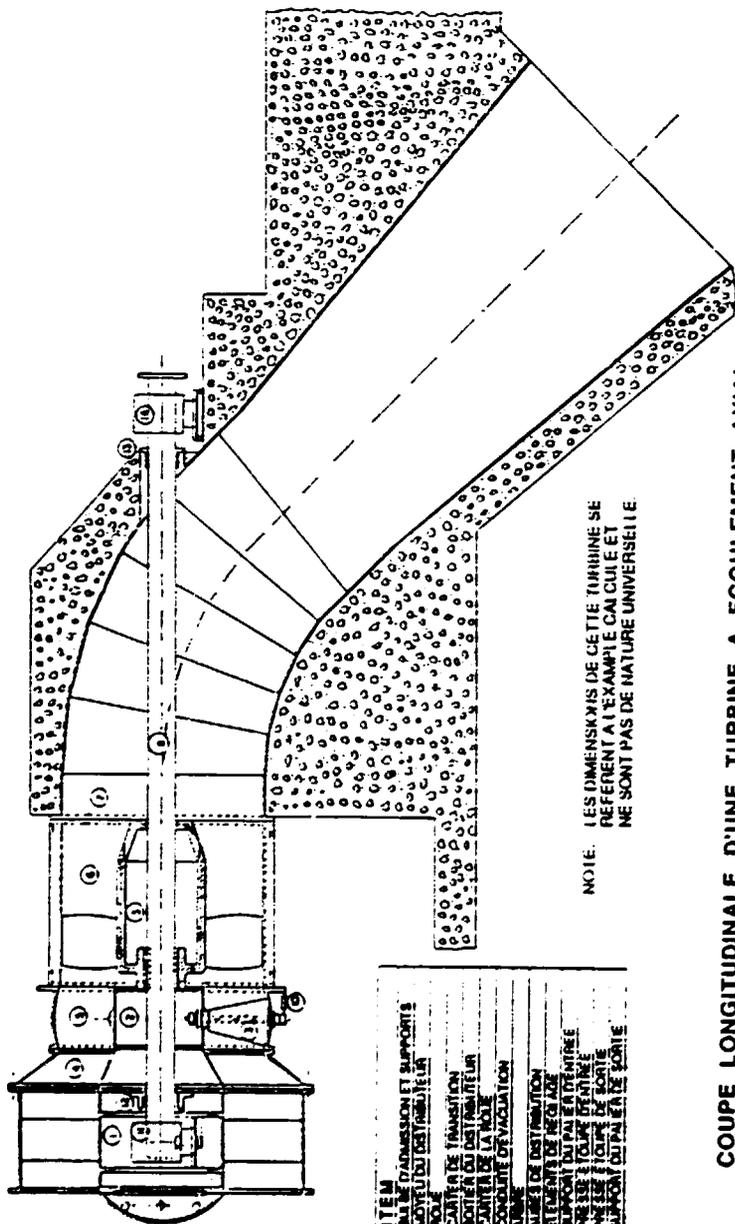
PIECE 5  
MANCHON - AIGUILLE  
MATERIEL: BRONZE

TABLE DE DIMENSIONS (mm)						
TYPE DE TURBINE						
SYMBOLS	011	0111	01111	011111	0111111	01111111
A	10	10	10	10	10	10
B	10	10	10	10	10	10
C	10	10	10	10	10	10
D	10	10	10	10	10	10
E	10	10	10	10	10	10
F	10	10	10	10	10	10
G	10	10	10	10	10	10
H	10	10	10	10	10	10
I	10	10	10	10	10	10
J	10	10	10	10	10	10
K	10	10	10	10	10	10
L	10	10	10	10	10	10
M	10	10	10	10	10	10
N	10	10	10	10	10	10
O	10	10	10	10	10	10
P	10	10	10	10	10	10
Q	10	10	10	10	10	10
R	10	10	10	10	10	10
S	10	10	10	10	10	10
T	10	10	10	10	10	10
U	10	10	10	10	10	10
V	10	10	10	10	10	10
W	10	10	10	10	10	10
X	10	10	10	10	10	10
Y	10	10	10	10	10	10
Z	10	10	10	10	10	10









NOTE: LES DIMENSIONS DE CETTE TURBINE SE  
 REFERENT A L'EXEMPLE CALCULE ET  
 NE SONT PAS DE NATURE UNIVERSELLE

N°	ITEM
1	BARRE TRANSMISSION ET SUPPORTS
2	BOYEU D'ENTREE
3	BOYEU D'ENTREE
4	BOYEU D'ENTREE
5	BOYEU D'ENTREE
6	BOYEU D'ENTREE
7	BOYEU D'ENTREE
8	BOYEU D'ENTREE
9	BOYEU D'ENTREE
10	BOYEU D'ENTREE
11	BOYEU D'ENTREE
12	BOYEU D'ENTREE
13	BOYEU D'ENTREE
14	BOYEU D'ENTREE

COUPE LONGITUDINALE D'UNE TURBINE A ECOULEMENT AXIAL  
 (TURBINE TUBULAIRE)

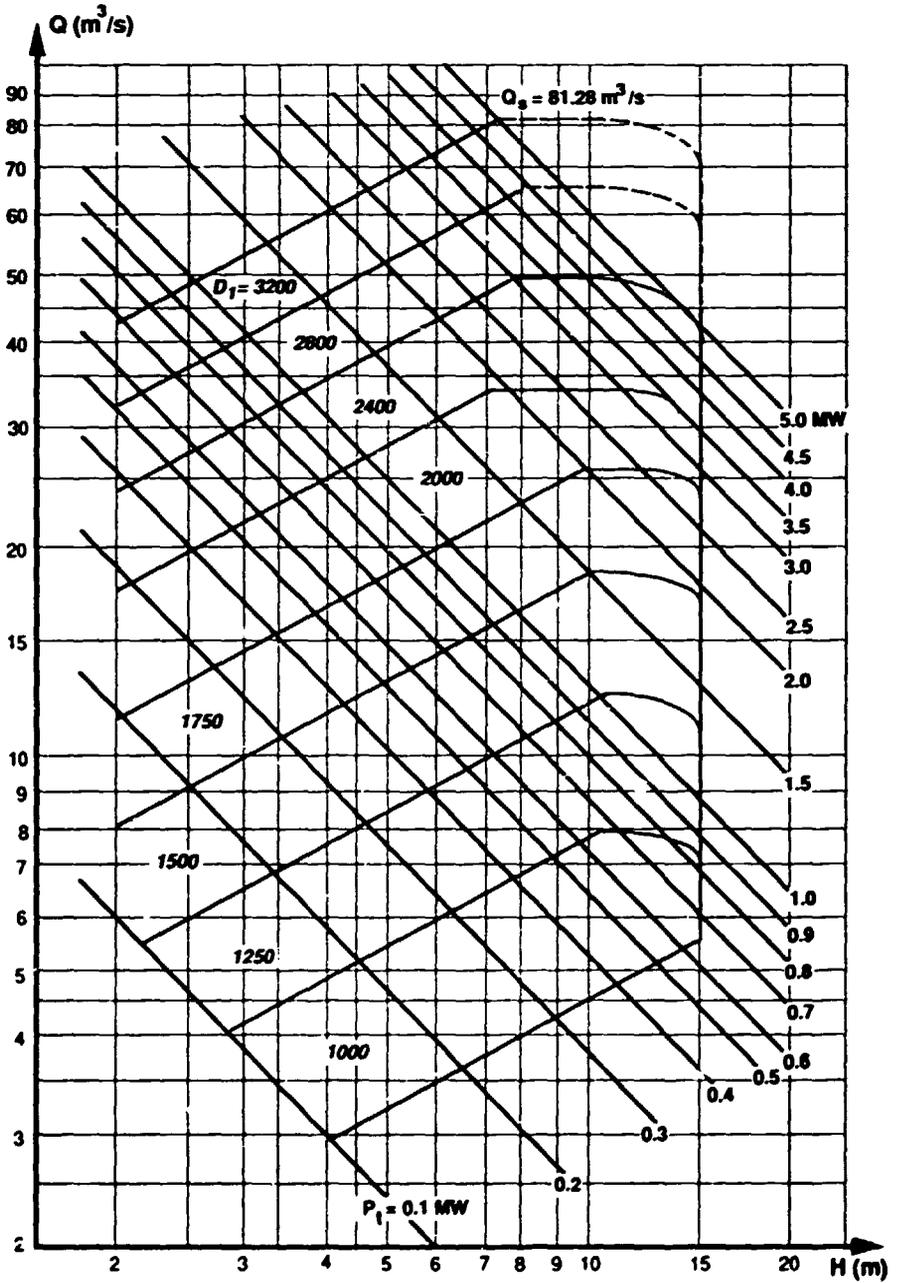


Fig. No. 24. DIAGRAMME DE SELECTION POUR TURBINES AXIALES

TABLE No. 11

DIMENSIONS PRINCIPALES DES TURBINES AXIALES STANDARDISEES

D <sub>1</sub> (mm)	1000	1250	1500	1750	2000	2400	2800	3200
ITEM								
DIAMETRE D'ENTREE	1000	1250	1500	1750	2000	2400	2800	3200
LONGUEUR D'ENTREE	2000	2500	3000	3500	4000	4800	5600	6400
LONGUEUR DU DISTRIBUTEUR	1700	2130	2550	2980	3400	4080	4760	5440
LONGUEUR DE LA ROUE	600	750	900	1050	1200	1440	1680	1920
LONGUEUR DE LA DECHARGE	5000	6250	7000	8750	10000	12000	14000	16000
PROFONDEUR DE DECHARGE	3000	3750	4500	5200	6000	7200	8400	9400
LONGUEUR D'ARBRE	3000	3750	4500	5200	6000	7200	8400	9400
LONGUEUR DU CARTER	5800	7250	8700	10150	11600	13920	16240	18560

## ANNEXE 2

### Choix du profil des aubes mobiles (Figure No. TT-00-01)

[Exemple du calcul (tire du Volume III, page 59 No. 2.4 version Anglaise)]

D'accord avec la Table No. 1, \*) pages 16/17 du Volume III (Version anglaise), le nombre d'aubes devrait être compris entre 3 et 4. Comme la turbine doit fonctionner avec une chute nominale de 14 m, 4 aubes ont été choisies. Pour aubes en fonte d'acier, les profils No. 622, 623, 624 et 625 de la série dite de Goettingen seraient les plus adéquates. Le choix final s'est porté sur l'aube No. 624, d'une épaisseur moyenne. Ses caractéristiques sont les suivantes:

$$y_{\max} = 16\% L$$

$$\varepsilon = 0.012 + 0.052 (y_{\max} / L) \quad (42)$$

Valeur initiale de  $C_L = 2 \pi \sin (\alpha + \delta')$ , ou  $\delta' = \beta_c - \beta_o$ .

Pour les sections médianes circonférencielles, le profil de l'aube sera 60% et celle du moyeu 80% plus mince.

**Dimensions des profils the Goettingen 624 (%L.)**

X	0	5	10	15	20	30	40	50	60	80	95	100
$Y_o$	4.00	10.4 0	12.8 5	14.3 5	15.3 0	16.0 0	15.4 0	14.0 5	12.0 0	6.60	2.00	0.50
$Y_u$	4.00	0.95	0.40	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\bar{Y}$	4.00	5.68	6.63	7.25	7.68	8.00	7.70	7.03	6.00	3.30	1.00	0.20

Les valeurs de  $\bar{Y}$  représentent les ordonnées de la ligne médiane du profil. En joignant les points de départ et finaux de la ligne médiane, on obtient le profil de la corde qui formera un angle  $\Theta$  avec l'axe de l'abscisse. D'une manière analogue on obtiendra l'angle  $\Theta'$  entre l'arbre et la direction probable de l'axe zéro; on joindra donc les points du centre et finaux de la ligne médiane de l'aube. Finalement l'angle,  $\alpha'$  formé entre la tangente de la ligne de décharge et celle de l'arbre de la turbine en abscisse, sera déterminé en utilisant l'ordonnée du point placé à 95% L.

Ainsi on déduit:

$$\Theta = \beta_e - \beta_c = \text{arc tan } (4.00/100) = 2.29^\circ$$

$$\Theta' = \beta_e - \beta_c = \text{arc tan } (7.03/50) = 8.00^\circ$$

$$\alpha' = \beta_e - \beta_2 = \text{arc tan } (1/5) = 11.31^\circ$$

Aussitôt que les angles  $\alpha$  et  $\delta'$  sont connus, on déterminera la valeur de la Puissance Z de chaque section de la roue. La procédure suivante sera adoptée:

- Estimation préliminaire de la valeur  $C_L$ .
- Estimation du coefficient en remplaçant ( $y_{max} / L$ )
- Estimation du facteur  $K_\lambda$  sur la base des valeurs pour  $\epsilon$  et  $\beta_m$ .
- Calcul du produit ( $\sigma \cdot K_L$ ) sur la base de la formule No. 27
- Estimation des facteurs du produit ( $\sigma \cdot K_L$ ) sur la base de la Figure No. 11 pour chaque valeur de  $\beta_0$ .
- Obtention de la valeur finale de  $C_L$  tenant compte de la valeur du produit ( $\sigma \cdot K_L$ ) remplacé dans la formule 27.
- Calcul de la valeur du coefficient  $C_t$  selon la formule 38.
- Vérification de la valeur  $\sigma$  selon la formule 37.
- Vérification de la valeur  $\psi$  selon la formule 40.
- Vérification du rendement hydraulique de la turbine selon la formule 45.
- Verification of the hydraulic efficiency of the turbine, with Formula 47 quand  $\eta_d = 80\%$ .
- Détermination du pas "t" et de la longueur "L" de la corde

Note \*) La Table ci-dessus mentionnée est reproduite comme suit:

TABLE No. 1  
 VALEURS CARACTERISTIQUES POUR LES  
 TURBINES AXIALES

Load (H), in m	5	20	40	50	60	70
No. of Blades	3	4	5	6	8	10
( $D_0/D_1$ )	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.7
$n_s$ (approx.)	860	700	500	350	300	250