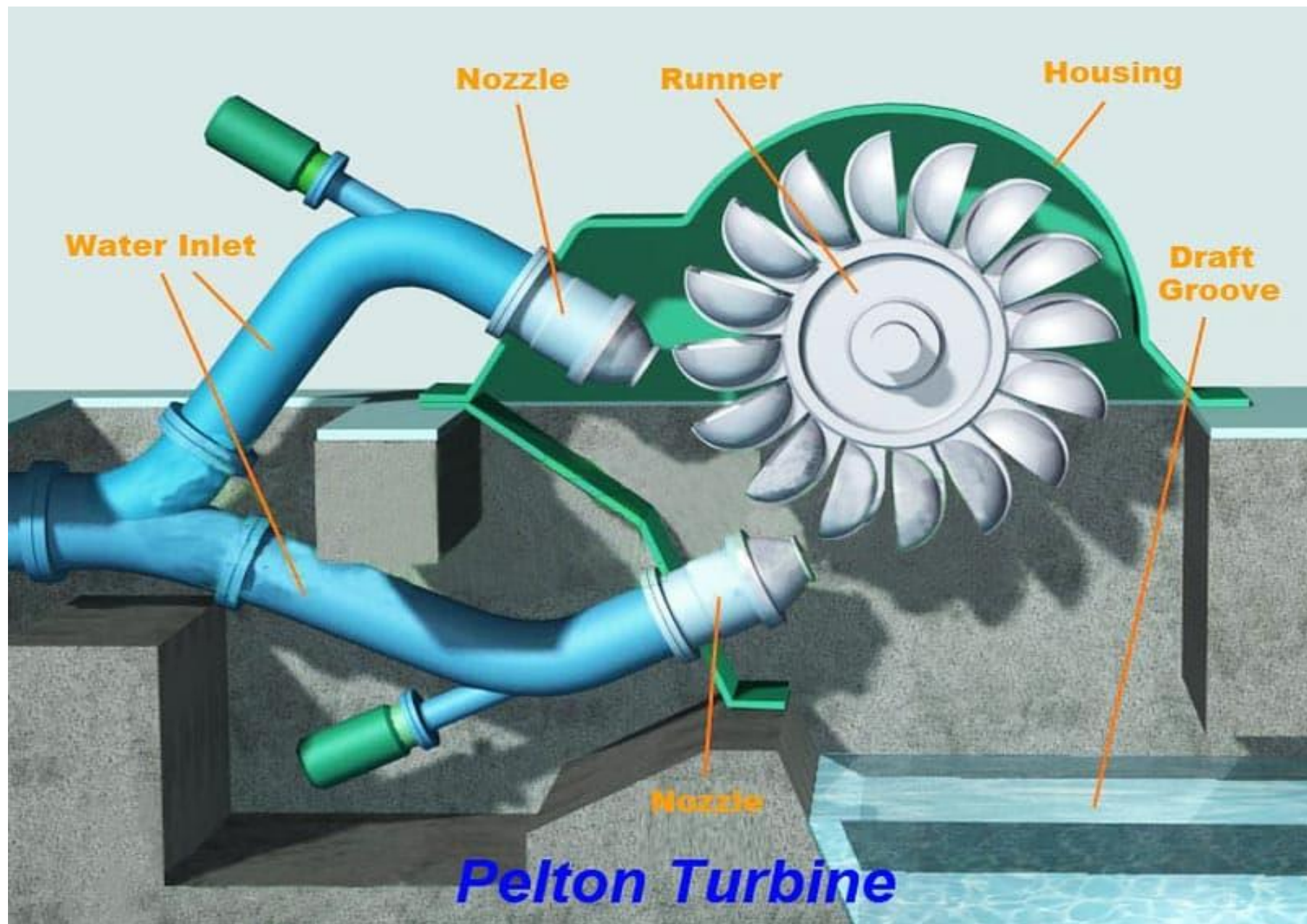


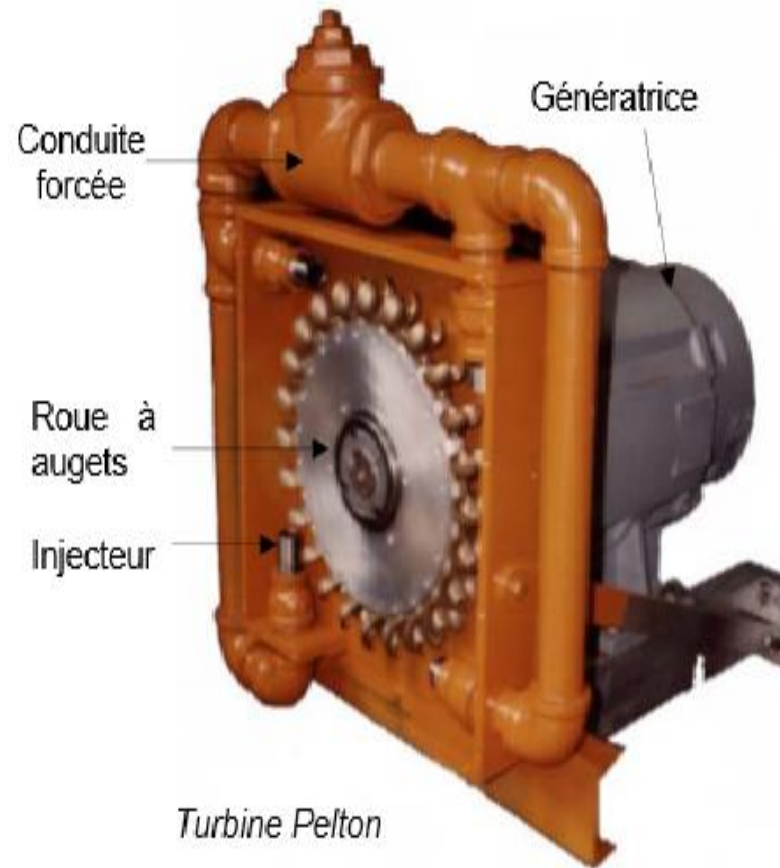


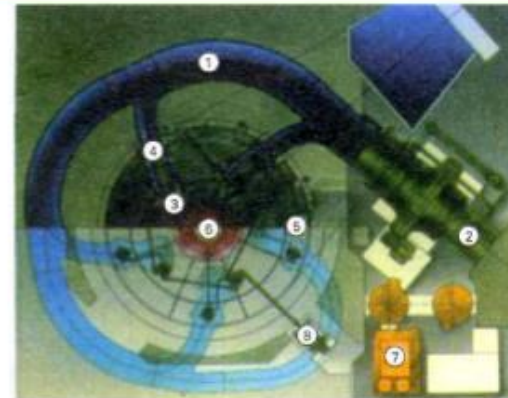
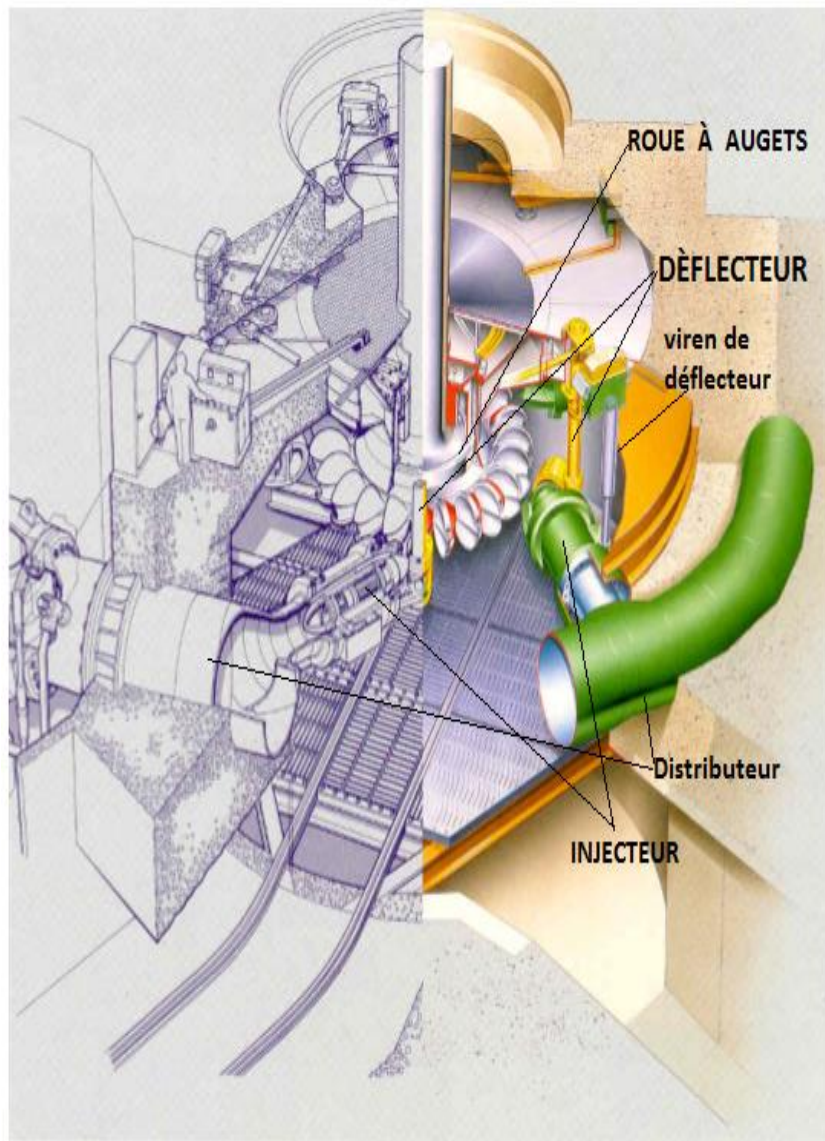
INTRODUCTION

L'un des premiers besoins de l'homme est évidemment le besoin en énergie que ce soit pour produire de l'électricité ou simplement pour entraîner une machine agricole etc..., L'un des moyens pour cela est d'utiliser l'énergie hydraulique et les turbines Pelton en particulier. En effet, ce type de turbine convient très bien pour les grandes hauteurs hydrauliques et les petits débits. Elles ont de plus un bon rendement pour les petites et moyennes puissances (de quelques centaines de watts à quelques dizaines de kilo watts).

DESCRIPTION TECHNIQUE

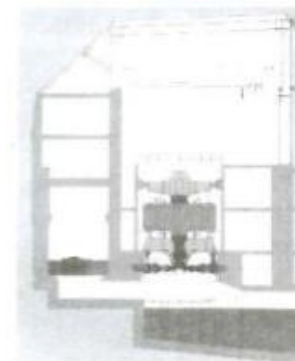
La turbine Pelton est une machine hydraulique au fonctionnement simple. Le principe de la turbine repose sur la transformation de l'énergie potentielle de l'eau, évaluable par la pression, en énergie cinétique. D'une conception accessible, le faible nombre de pièce mis en jeu en fait une turbine particulièrement robuste.



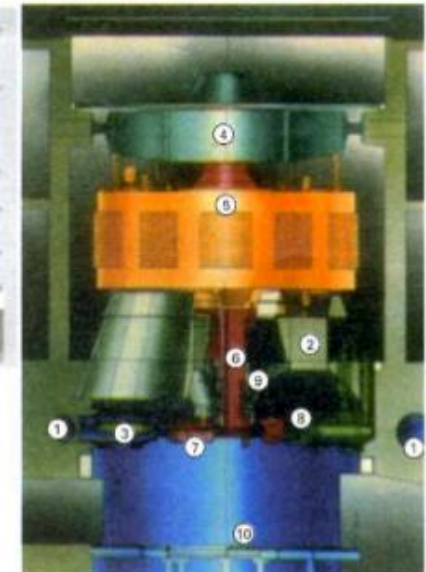


(a) vue en plan

$H = 926 \text{ m}$
 $N = 428 \text{ tr / min}$
 $P = 157 \text{ MW chacune}$

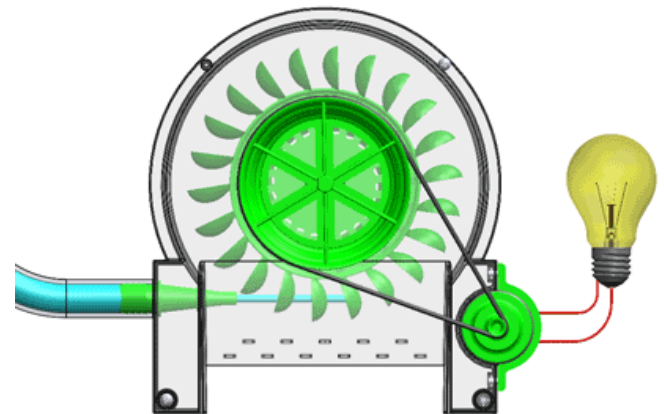


- 1 collecteur
- 2 bâti turbine, support alternateur
- 3 injecteur
- 4 pivot palier combiné
- 5 alternateur
- 6 arbre turbine
- 7 roue Pelton
- 8 déflecteur
- 9 palier turbine
- 10 platelage de visite



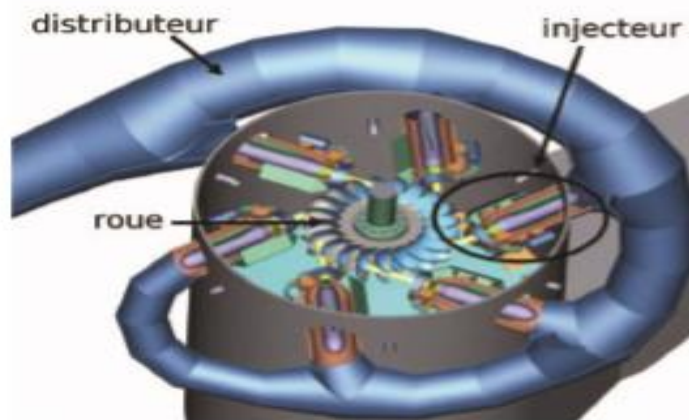
(b) implantation type et coupe dans l'axe du groupe

L'eau provenant du bassin de mise en charge, ou du barrage, est acheminée vers la turbine par une conduite forcée. Aux abords de la turbine, la conduite se sépare en deux ou trois canalisations de diamètre inférieur qui vont alimenter les injecteurs. Les injecteurs ont pour rôle d'accélérer l'eau par le biais d'un convergent, qui permet de transformer l'énergie potentielle de l'eau en énergie cinétique. L'eau vient ensuite frapper les augets de façon tangentielle, afin de leur transmettre une énergie maximum. Plus la vitesse en sortie d'injecteur est importante, plus l'énergie de l'impact sur les aubes est élevée et donc plus la turbine tourne vite. En pratique, la vitesse des augets correspond à 47% de la vitesse de l'eau en sortie d'injecteur, bien qu'en théorie celle-ci devrait être égale.

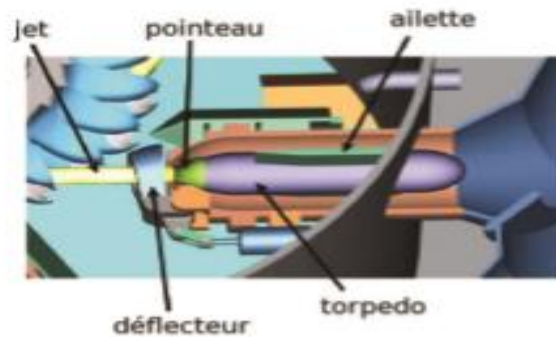




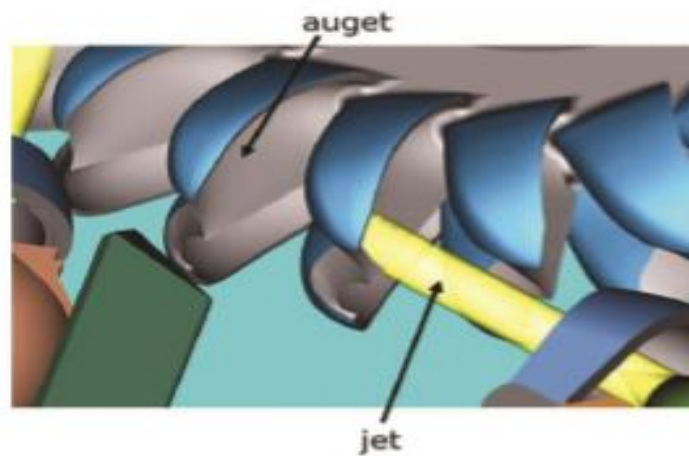
(a) vue générale



(b) turbine à axe vertical

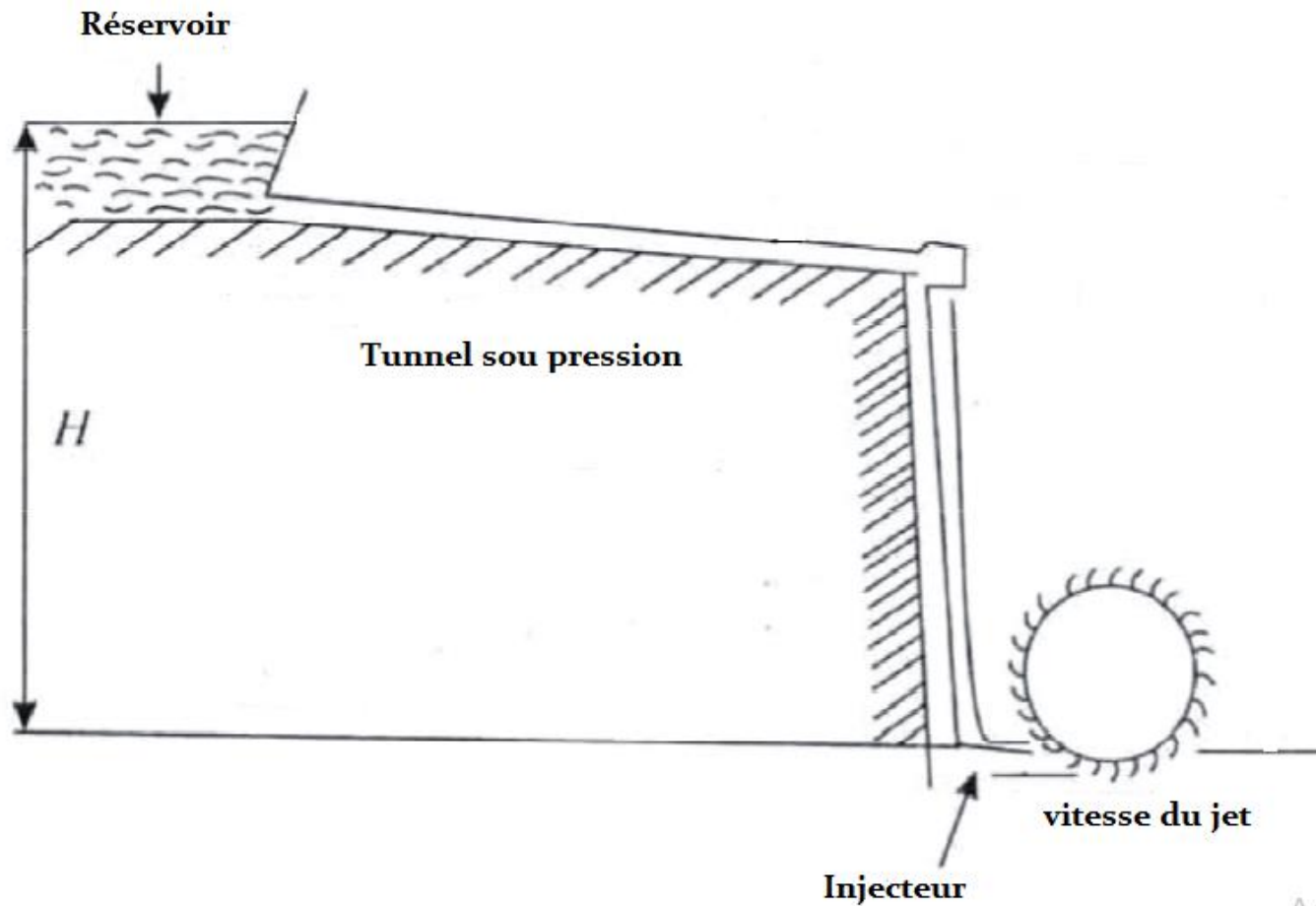


(c) injecteur



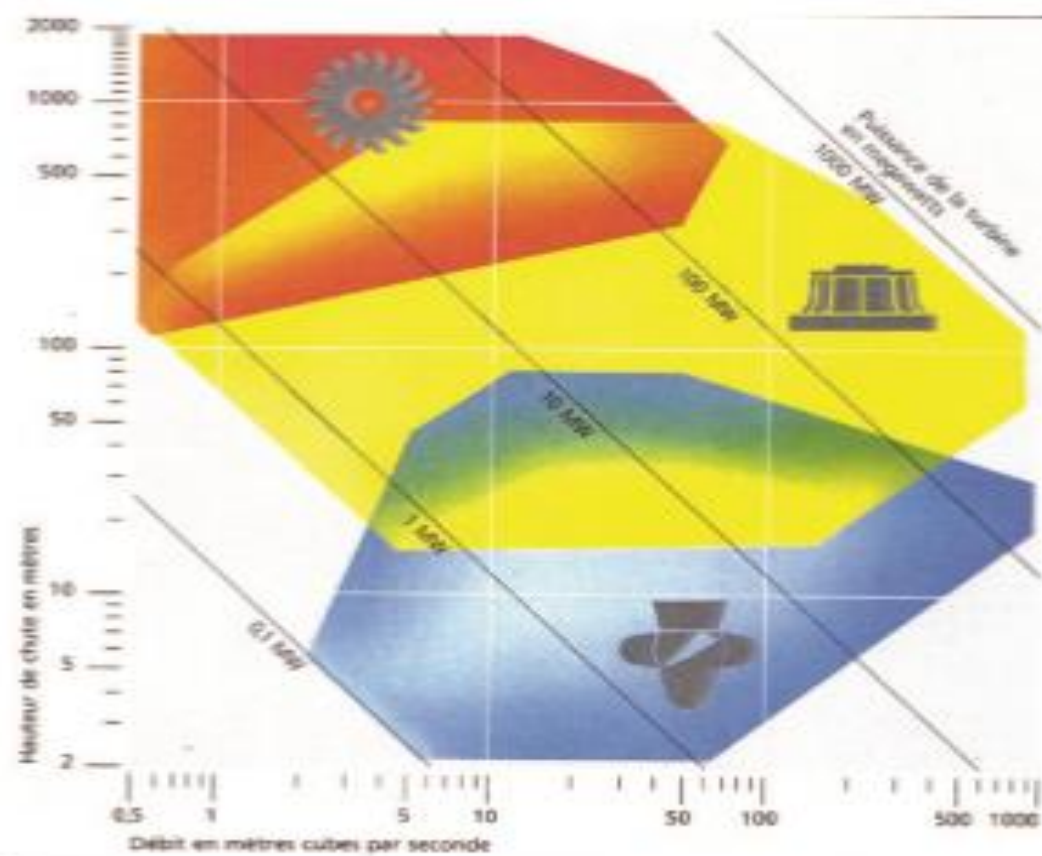
(d) roue

Installation de turbine pelton



GAMME D'UTILISATION DES TURBINE PELTON

La turbine Pelton se caractérise par rapport aux autres turbines par l'exploitation de débits relativement faibles et de grandes chutes. En effet pour l'exploitation industrielle les valeurs de chutes des turbines Pelton varient entre 100 et 2000 mètres alors que les débits varient de 0.5 à 50m³/s. Les puissances associées à ces turbines vont de moins de 1MW à plus de 400MW. Une centrale électrique est généralement composée de plusieurs turbines. Ainsi la centrale de Bieudron, la plus puissante au monde, est composée de trois turbines d'environ 420MW chacune, ce qui représente ainsi une puissance totale de 1.26 GW.



LES ORGANES DE TURBINE

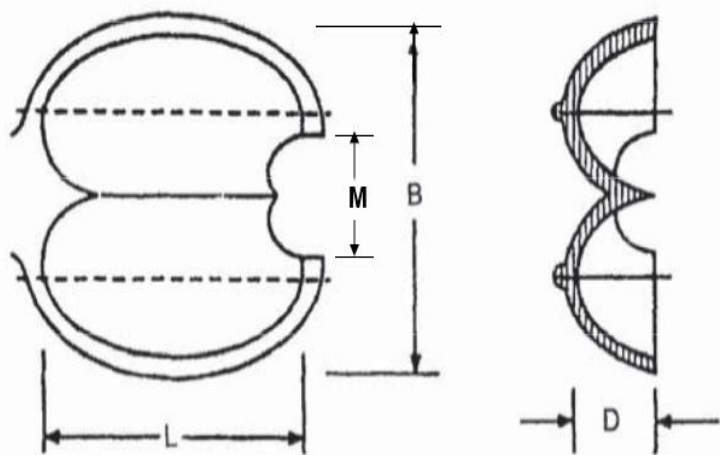
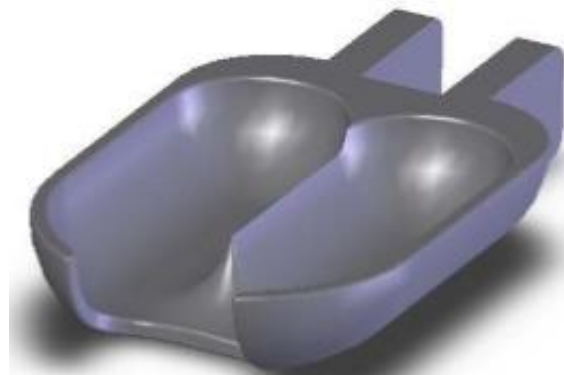
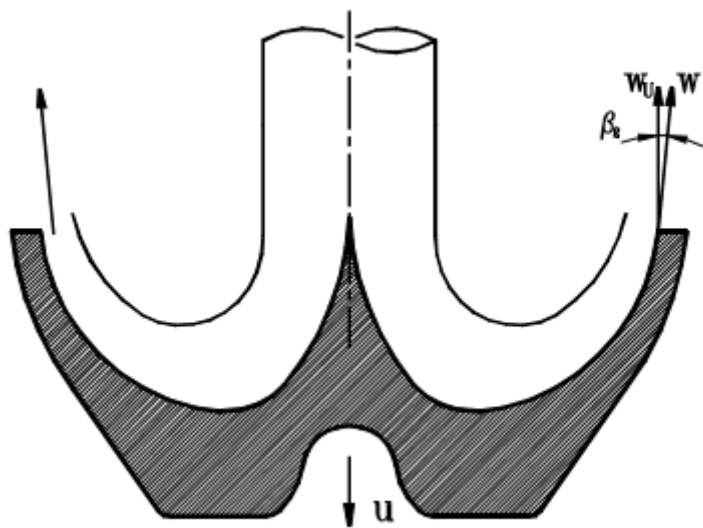
LES AUGET

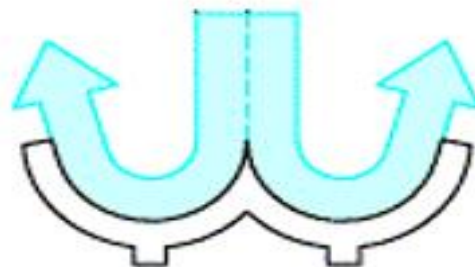
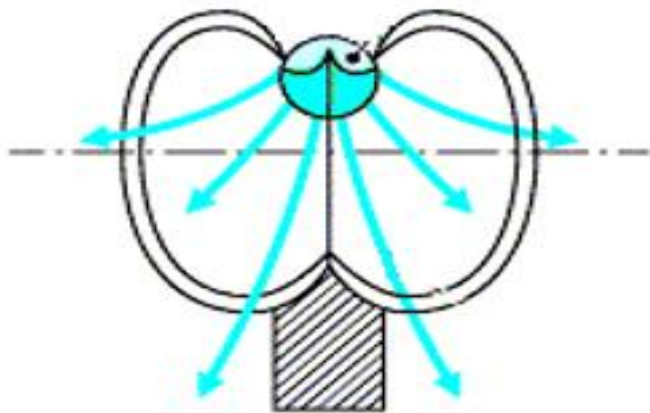
Les turbines Pelton utilisent la roue dite à « augets ». Cette roue ressemble à un disque équipé d'augets ressemblant à des demi-coquilles de noix, placés en circonférence.



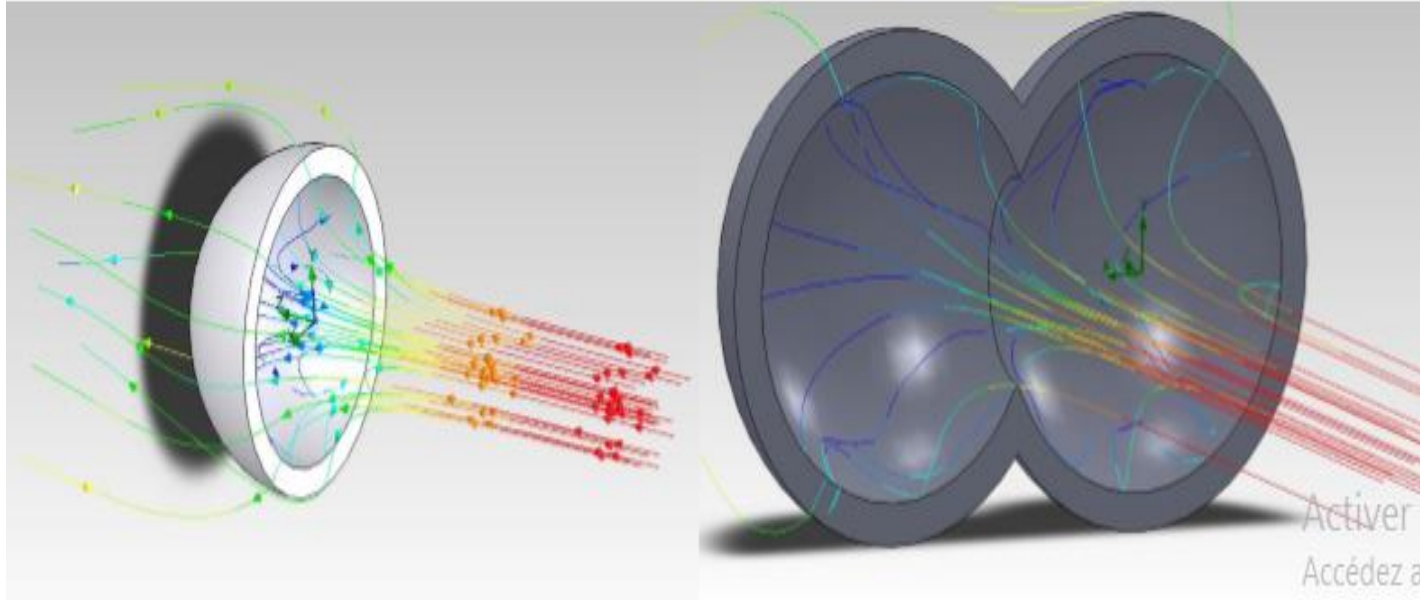
LES AUGET

L'auget constitue la partie la plus importante de la turbine. Les performances, l'acoustique et la longévité de la machine dépendent de son bon dimensionnement et de sa forme. Réalisé en acier inoxydable moulé, la vingtaine d'aubes qui constitue la roue sont rapportées après fabrication sur le corps de la turbine par soudage en général. La forme idéale est une double cuillère qui fend le jet d'eau en son milieu. La face de l'auget en contact avec l'eau doit être particulièrement lisse afin de favoriser l'évacuation de l'eau par effet centrifuge. L'énergie cinétique est donc transformé en énergie mécanique lors du l'impact de l'eau sur l'auget.





Retour des jets sur les côtés avec un angle proche de 180° dans la pratique environ 165°



Nombre de Reynolds pour l'écoulement dans les
augets $Re = 100000$. Régime turbulent.

Les augets sont les pièces de la turbine qui demande le plus haut degré de technicité. Réalisé par moulage, il nécessite la maîtrise des techniques de fonte de l'acier.

LE MOULAGE SABLE

Cette technique de moulage est traditionnellement utilisée pour les petites et moyennes séries de pièce. Elle nécessite un modèle de la pièce pour inscrire son empreinte dans le sable dans lequel on viendra ensuite couler l'acier.

LE MOULAGE EN COQUILLE

L'autre solution consiste à réaliser un moule permanent en acier de la pièce dans le quelle le métal est coulé à la pression atmosphérique. Ce type de moulage garantit un état de surface incroyablement lisse et une vitesse de production plus importante.

COMPOSITION DE L'ACIER

L'auget est réalisé en en acier inoxydable fortement allié afin de résister à la corrosion. Traditionnellement, les roues Peltons sont réalisées en G – X5 CrNi 13.4 . Cela signifie qu'il s'agit d'un acier :

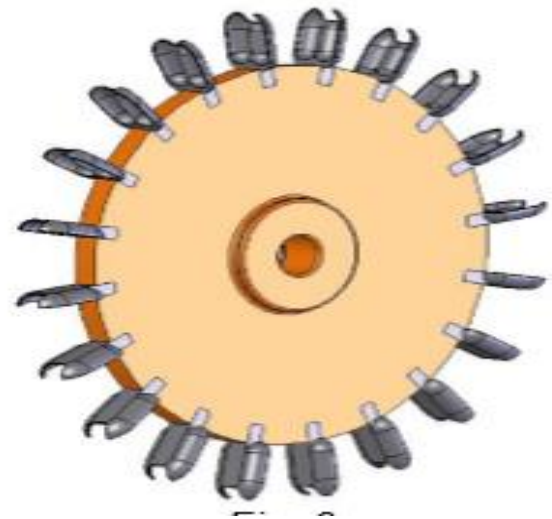
- Moulé (G)
- Fortement allié (X)
- Comportant 0,05% de carbone
- 13% de chrome et 4% de nickel

La teneur des éléments d'additions peut varier un peu, mais dans une plage limité. En effet ce type d'acier n'est pas excessivement difficile à souder et permet des soudures de bonne qualité. Afin de rendre un état de surface encore plus lisse pour la face interne de l'auget, on pourra utiliser une rectifieuse afin de d'avoir un état de surface poli.

ASSEMBLAGE AUGET-ROUE

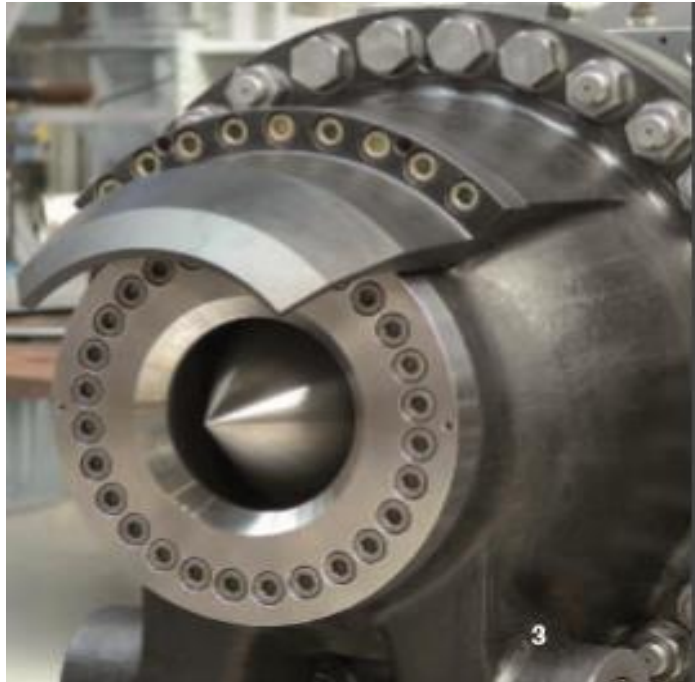
Cet assemblage est un peu délicat puisqu'il nécessite que les augets soient placés de manière strictement identique autour de la roue. Outre les encoches qui peuvent être pratiqué dans la roue à auget pour positionner sous l'angle adéquate les augets, il faut prévoir l'utilisation d'un gabarit pour fixer la vingtaine d'augets radialement à la roue.

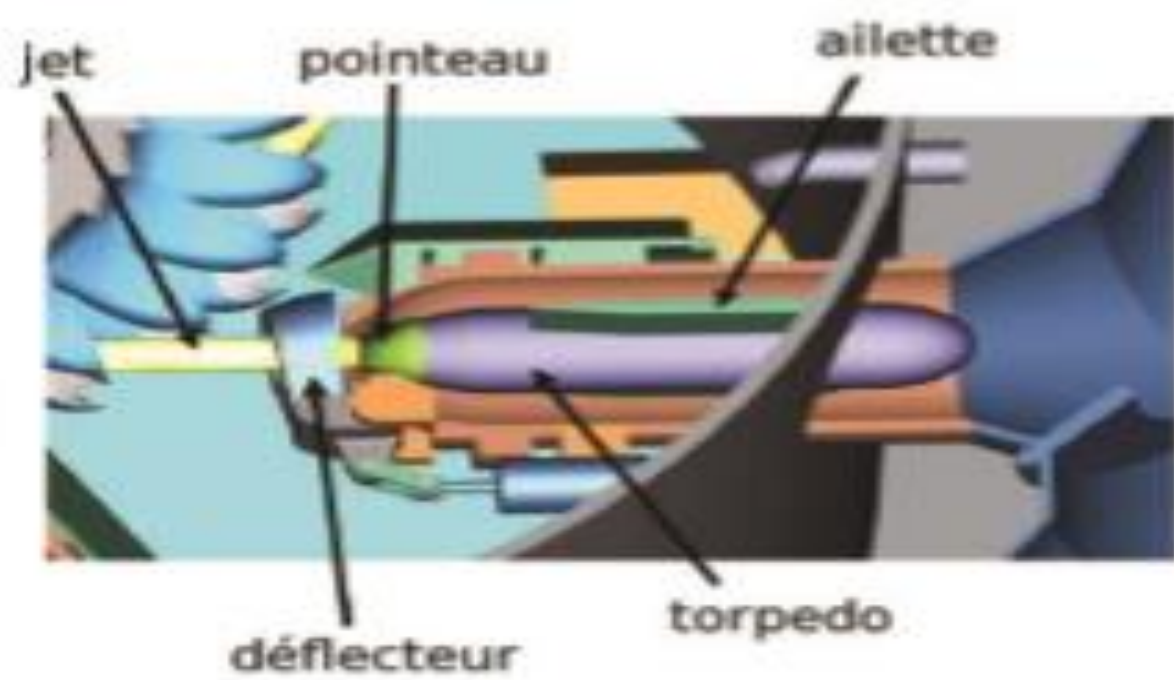
Classiquement, la soudure entre les deux aciers s'effectuent à l'aide d'un soudage MIG TIG ou plus moderne par un soudage par résistance.



INJECTEUR

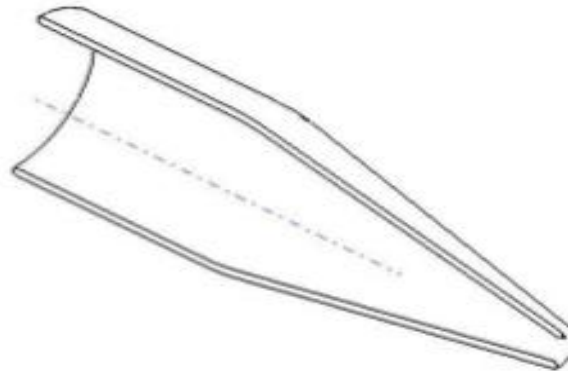
L'injecteur a pour rôle d'alimenter la roue en eau et de permettre le réglage du débit .





- L'eau pénètre dans l'injecteur à faible vitesse et en sort à grande vitesse. Il y a donc dans l'injecteur transformation de l'énergie de pression en énergie cinétique, l'eau agissant essentiellement sur la roue par son énergie cinétique. La vitesse de l'eau à la sortie de l'injecteur ne dépend que de la hauteur de chute, elle est approximativement égale à :

$$\sqrt{2gH}$$



Coupe injecteur de turbine Pelton

DÉFLECTEUR



Le déflecteur a pour rôle de dévier le jet d'eau, en cas d'incident grave sur la turbine ou sur l'alternateur, sans arrêter l'écoulement de l'eau et d'éviter ainsi les coups de béliers dans la conduite amont ou l'emballement de la turbine.

Le déflecteur est composé :

- 1-d'un étrier en acier, pivotant perpendiculairement devant la sortie du jet d'eau de l'injecteur,

- 2-d'un vérin hydraulique de manœuvre.

Après une manœuvre du déflecteur, la roue n'est plus entraînée par le jet, et ce dernier peut être diminué lentement par l'injecteur sans risque. L'efficacité du déflecteur est assurée par sa position tangente au jet d'eau en position normale. Le déflecteur est une pièce le plus souvent forgée, à cause des contraintes importantes qu'il subit.

BÂCHE

La bâche est la partie enveloppant la roue, contenant ainsi la terre d'eau (valable uniquement pour les turbines à axe horizontal)

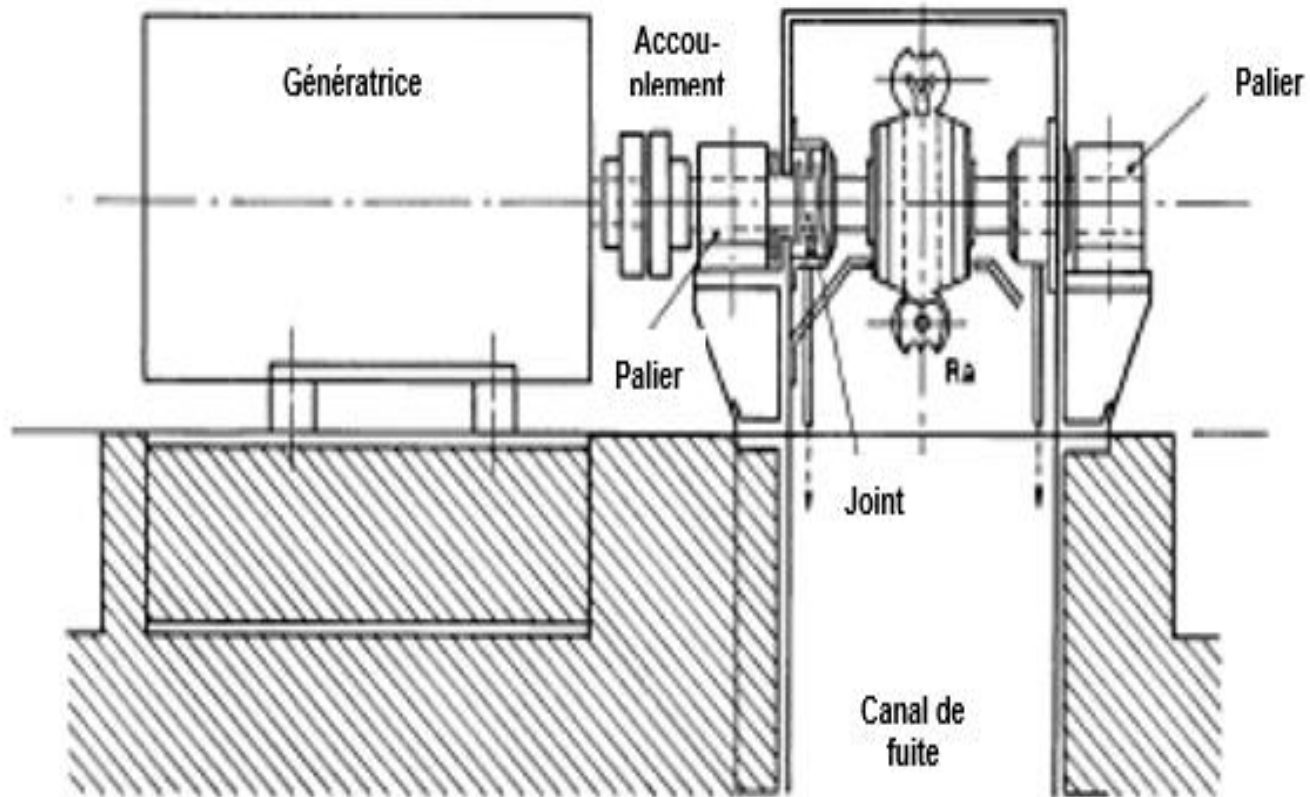
Cette bâche est composée :

- 1- d'un bâti fixe en partie basse, ancré dans le béton,
- 2- d'une capote démontable, permettant l'accès à la roue pour les contrôles et réparations.

Le plan de joint entre le bâti et la capote est donc horizontal et passe par l'axe de rotation de la roue. Après chaque démontage, l'étanchéité de ce plan de joint est refaite, par application de pâte d'étanchéité ou par remplacement du joint torique placé dans une gorge du bâti.

D'autre part, des boucliers métalliques appelés « renvois d'eau » sont fixés dans la partie inférieure du bâti. Ces pièces permettent de récolter l'eau projetée et de la guider vers la fosse d'évacuation.

GROUPE TURBINE ET GÉNÉRATEUR

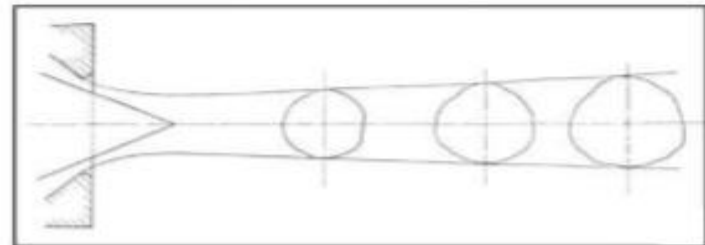
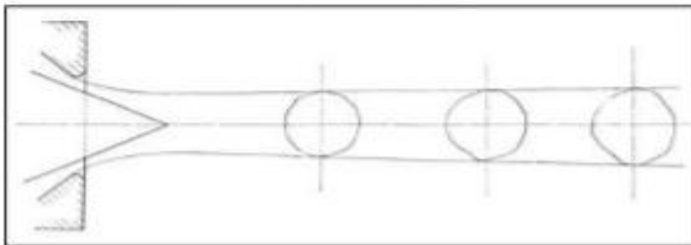
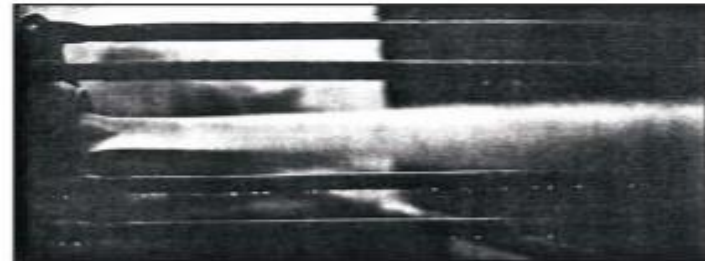
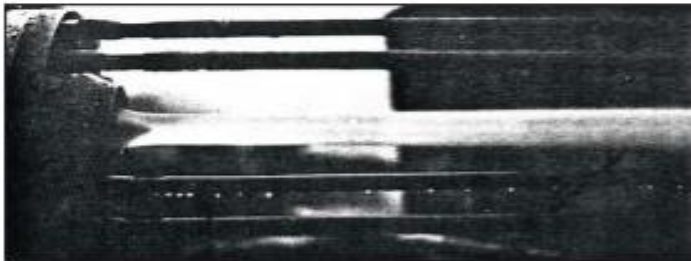


L'axe de l'alternateur peut-être directement raccordé sur l'axe de la turbine. L'échange d'énergie se faisant à pression atmosphérique, il n'y a pas de grosses contraintes d'étanchéifications supplémentaires. Il est cependant nécessaire que l'ensemble soit équilibré dynamiquement en rotation autour de l'arbre et monté sur roulement. L'accouplement mécanique entre la turbine et la génératrice peut être l'occasion d'assurer un renvoi d'angle ou un décrochement dans la transmission.



PHÈNOMENE DE CAVITATION

Une érosion prématurée peut se rencontrer dans l'utilisation d'une turbine, provoquée par la cavitation. Cela peut conduire à l'arrêt prématuré de la turbine concernée, pour pouvoir effectuer de lourds travaux de maintenance et de réparations, et aussi des conséquences économiques importantes (arrêt de production, frais de maintenance sur site, ou de réparation lourde en atelier etc..). La cavitation s'accompagne également d'une chute du rendement de la turbine, ou de la hauteur absorbée, d'une génération de vibrations de la structure mécanique, accompagnées d'un bruit intense.



EQUILIBRAGE

Il est nécessaire d'équilibrer statiquement puis dynamiquement la roue Pelton ainsi que son arbre. Si l'équilibrage statique des pièces ne pose en général pas de problème, l'équilibrage dynamique nécessite un banc d'équilibrage supportant une cinquantaine de kilogrammes, avec un diamètre de roue et une longueur de un mètre comme fig . La vitesse de rotation du banc doit pouvoir varier entre une centaine de tours par minute et 5400 tr.min^{-1} . Cette plage de vitesse correspond celle d'utilisation de la turbine, 5400 tr.min^{-1} étant la vitesse maximum d'emballlement pour une turbine entraînant un alternateur à la fréquence de 50 Hz et n'ayant qu'une paire de pôle sur le rotor.

La technologie d'équilibrage s'approche de celle utilisée pour équilibrer les roues de voiture. Cette étape est indispensable afin d'éviter toutes vibrations au cours du fonctionnement. Les vibrations ont deux conséquences néfastes : elles entraînent des nuisances sonores et participent à l'usure prématurée des roulements.



MAINTENANCE

Type de dommage	cause	Identification/évaluer les hommes	réparations
Débit insuffisant de la buse de pulvérisation	Pierre ou autre matériau coincé dans la buse	Démonter et inspecter l'assemblage de soupape de lance	Retirer le corps étranger sans endommager la buse / surface de lance
	Pas d'ouverture de soupape de lance correctement • Vis pliées • le bourrage dans l'objet étranger bush	- Démonter spear ensemble soupape et inspecter la vis - Tournez la vis pour vérifier la flexion - Retirer l'axe de bush et de lance les surfaces de contact	- Remplacement de la vis si endommagée - Retirer les matériaux étrangers - Retirer les matériaux étrangers - surface propre & remonter
Bon jet ne faisant pas	- Buse end tip endommagé en raison de limon/l'érosion	Mesure de pointe de buse - démanteler dia. interne Et contrôler la rugosité	- Remplacer si endommagé
Fuites du clapet de lance assemblée	- Emballage/joint usé - lance la fusée endommagé - Maintien nur lâche /endommagé	- Démonter l'unité d'étanchéité de soupape de lance - Retirer l'écrou de retenue à l'inspecter la fusée - Vérifier la fusée des dommages	- Remplacer la garniture/Oring - Souder la fusée si dénoyautées et l'enrouleur se - Remplacer l'écrou de retenue si endommagé
Jouer dans la lance fusée	- Filets endommagés	- démonter la fusée & inspecter le filetage sur les deux surfaces	- Remplacer les pièces endommagées (buisson ou broche) - Re-machine le filetage de fusée si endommagé
Déflateur Jet ne fonctionne pas correctement	- Capot tordu - la plaque déflectrice Patinage - Plaque/fusée usée	- démanteler & inspecter en cas de dommages - comme ci-dessus - comme ci-dessus	- Redresser pièce tordue - Welt et re Machine - la soudure et l'enrouleur se ou remplacer