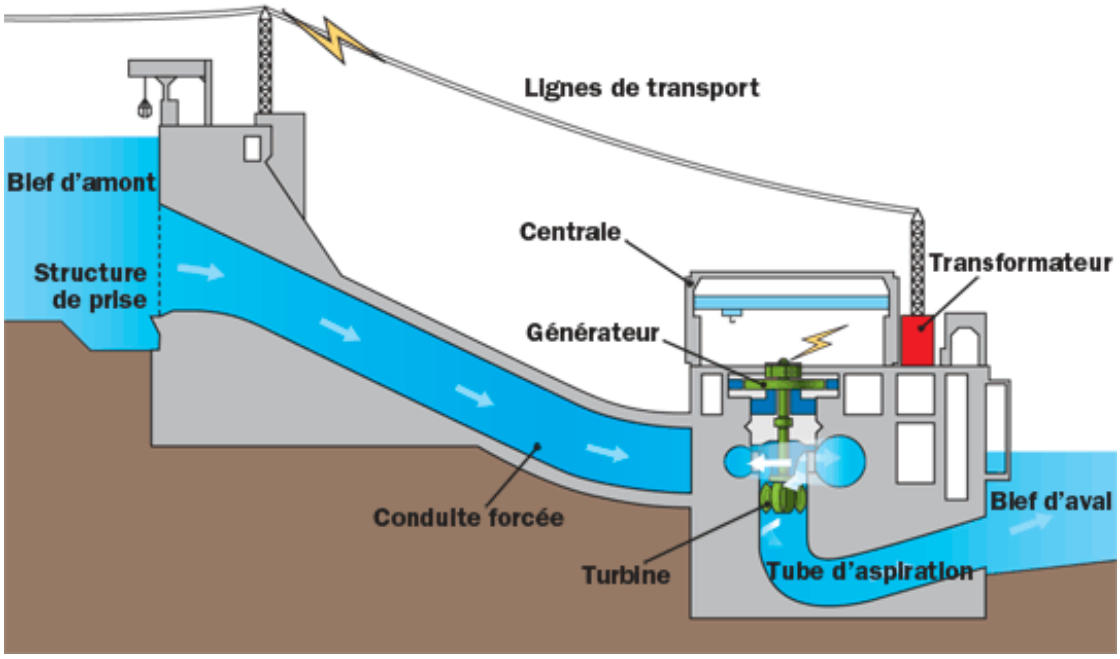
Exercice 1 : CENTRALE HYDRAULIQUE.



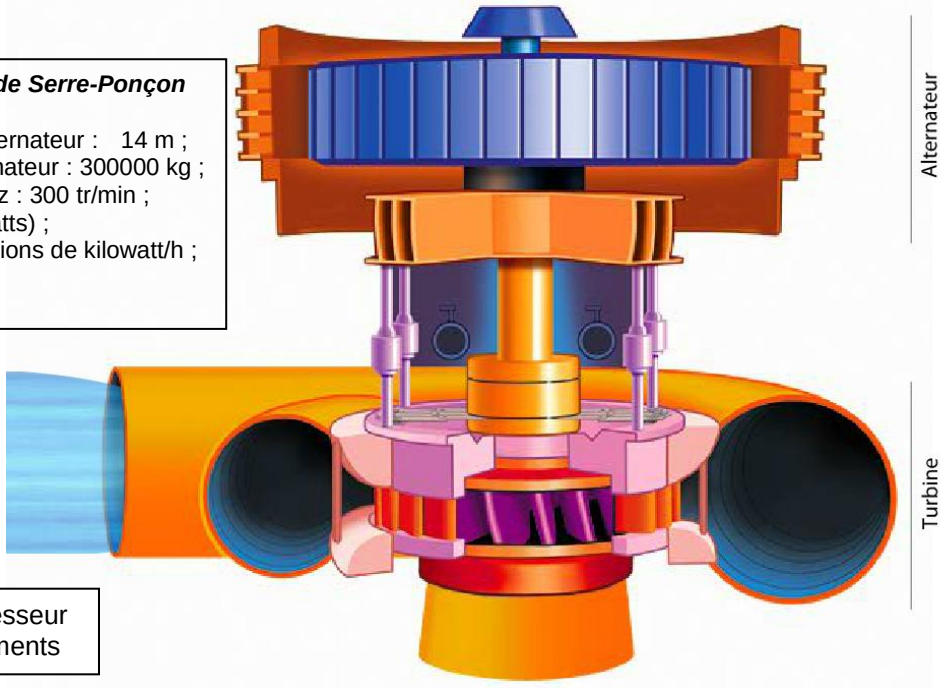
L'hydroélectricité est produite dans des usines hydrauliques couplées avec des barrages. La force motrice de l'eau est captée pour produire de l'électricité.

Le barrage retient l'écoulement naturel de l'eau. En s'accumulant, celle-ci forme un lac de retenue.
Il suffit alors d'ouvrir des vannes (lâcher d'eau) pour amorcer le cycle de production. Suivant l'installation, l'eau s'engouffre dans une conduite forcée ou dans une galerie creusée dans la roche et se dirige vers la centrale hydraulique.

En France, EDF exploite 267 km de conduites forcées. A la sortie de la conduite, la force de l'eau entraîne la rotation de la turbine. Celle-ci entraîne à son tour l'alternateur (générateur) qui produit l'électricité. L'eau turbinée rejoint ensuite la rivière par un canal de fuite (voir vidéos sur site du professeur).

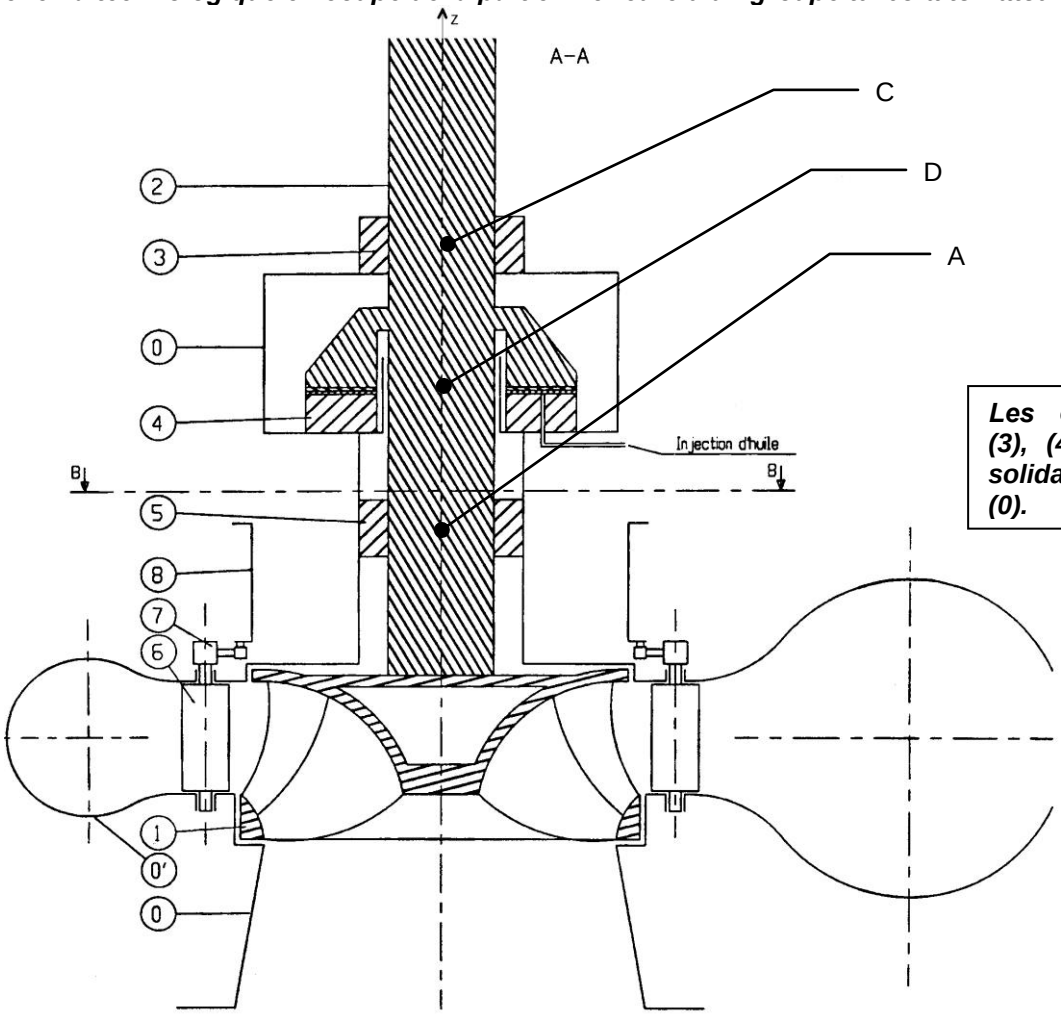
Zoom sur un groupe turbo-alternateur (turbine +alternateur)

Exemple : Caractéristiques du barrage de Serre-Ponçon dans les Alpes.
Hauteur de l'ensemble arbre, turbine et alternateur : 14 m ;
Poids de l'ensemble arbre, turbine et alternateur : 300000 kg ;
Vitesse de rotation de la turbine pour 50 Hz : 300 tr/min ;
Puissance (4 groupes) : 360 MW (Mégawatts) ;
Production moyenne (4 groupes) : 720 millions de kilowatt/h ;
Débits (4 groupes) : 300 m^3/s ;
Débit d'évacuation des crues : 3 440 m^3/s.



Voir animation sur site du professeur pour repérer les différents éléments

Schéma technologique en coupe de la partie inférieure d'un groupe turbo-alternateur.



Les éléments (0'), (3), (4) et (5) sont solidaires du bâti (0).

$\overrightarrow{AC} = L.\vec{z}$

Rôle et fonction des éléments d'un groupe turbo-alternateur.

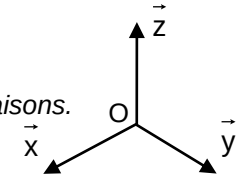
Le groupe est constitué des éléments suivants :

- Une tuyère (**0'**) de diamètre 2,5m qui canalise le flux d'eau amont.
- 27 pales directrices (**6**) qui orientent ce flux sur les aubes de la turbine (**1**) suivant différentes incidences.
- Un ensemble de bielles (**7**) et (**8**) qui permettent l'orientation des 27 pales (**6**).
- Une turbine Francis (**1**) de diamètre 3m qui transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique.
- Un arbre (**2**) de diamètre 75cm qui transmet cette énergie mécanique de la turbine vers l'alternateur.
- Un alternateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.
- Un régulateur de fréquence qui, à partir des données comme la fréquence de rotation en sortie du groupe, la position des pales directrices, et la consigne de fréquence, génère la consigne d'orientation des pales directrices.

Analyse des liaisons entre le bâti (0) et l'arbre de transmission (2).
L'objectif est de déterminer le modèle de la liaison équivalente entre ces deux ensembles.

Question 1 : *Compte tenu de la nature du contact, donner le nom des liaisons* $L_{2/0}^{LA}$, $L_{2/0}^{LC}$ *et* $L_{2/0}^{LD}$.

Question 2 : *La nature du contact des liaisons en A et C est supposée maintenant comme « cylindrique courte ». Donner le nouveau nom de la modélisation de chacune des liaisons suivantes :* $L_{2/0}^{LA}$ *et* $L_{2/0}^{LC}$.

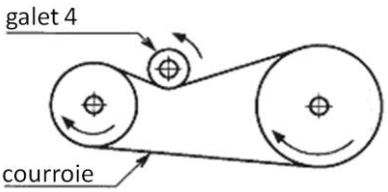


Question 3 : *Dessiner le graphe de structure, puis le schéma d'architecture 3D de ces trois liaisons.*

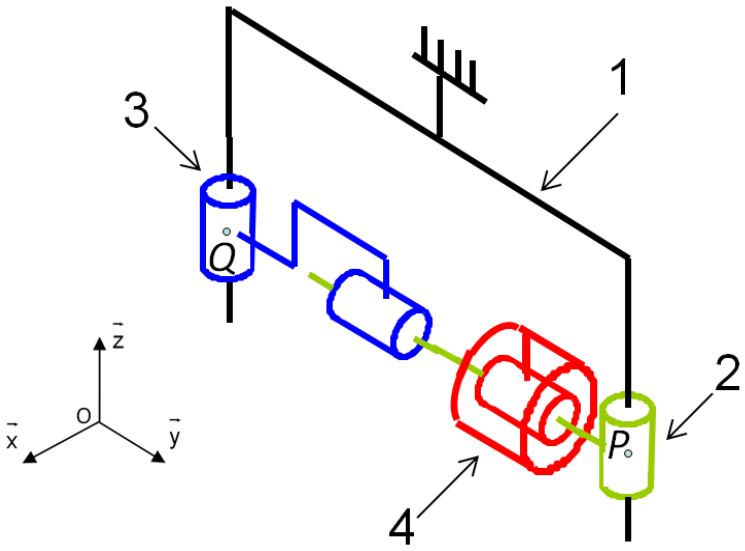
Question 4 : *Donner la liaison équivalente entre le bâti 0 et l'arbre 2.*

Exercice 2 : GALET TENDEUR DE COURROIE.

Pour assurer une meilleure adhérence d'une courroie sur une poulie, il est nécessaire de tendre celle-ci. (exemple d'une courroie d'entraînement d'alternateur d'un moteur ci-contre).
(voir vidéo sur site du professeur)



Sur le schéma d'architecture ci-contre, nous pouvons observer un système permettant de déplacer un galet (4) verticalement (suivant $\vec{z}$) par rapport à un bâti (1), afin de tendre une courroie (qui est non représentée).



Donnée : $\overrightarrow{QP} = b.\vec{y}$

L'objectif est de déterminer le modèle de la liaison équivalente entre la pièce 2 et le bâti 1.

Question 1 : *Dessiner le graphe de structure.*

Question 2 : *Donner la forme du torseur cinématique de la liaison* $L_{2/1}$.

Question 3 : *Donner la forme du torseur cinématique de la liaison* $L_{3/1}$.

Question 4 : *Donner la forme du torseur cinématique de la liaison* $L_{2/3}$.

Question 5 : *Déterminer la forme du torseur cinématique, au point* Q, *de la liaison équivalente* L_{eq} *entre 2 et 1. Préciser son nom.*

Question 6 : *En déduire le schéma cinématique « minimal » 3D en prenant la même orientation que le schéma d'architecture donné ci-dessus.*

Exercice 3 : MACHINE DE TRACTION-TORSION.

Un dispositif anti-rotation présenté figure 1 permet de bloquer en rotation le corps **1** d'un **vérin rotatif** tout en permettant sa translation verticale. Il est constitué d'une plaque **12** solidaire du corps **1** du vérin rotatif et de deux porte galets **a** et **b**. Le porte galets **a** est présenté figure 2 et son plan d'ensemble est donné figure 3. Il est composé d'un support **14a** en liaison pivot d'axe $(P_a,\vec{Z_0})$ avec le bâti **0** et de deux galets **11a** et **13a**.

Attention : On considéra dans cette étude que la plaque **12** est en contact uniquement d'un seul côté (seulement avec le galet **11a**).

Figure 1 : vue du dispositif anti-rotation

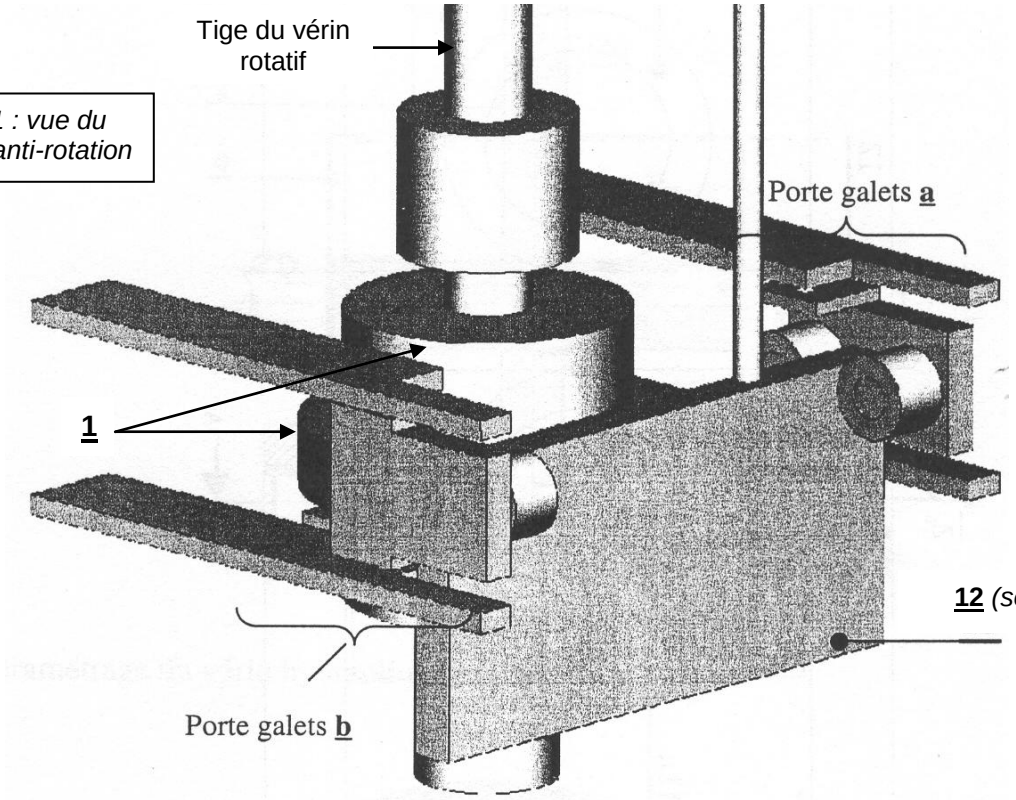


*Figure 2 : vue du porte galets **a***

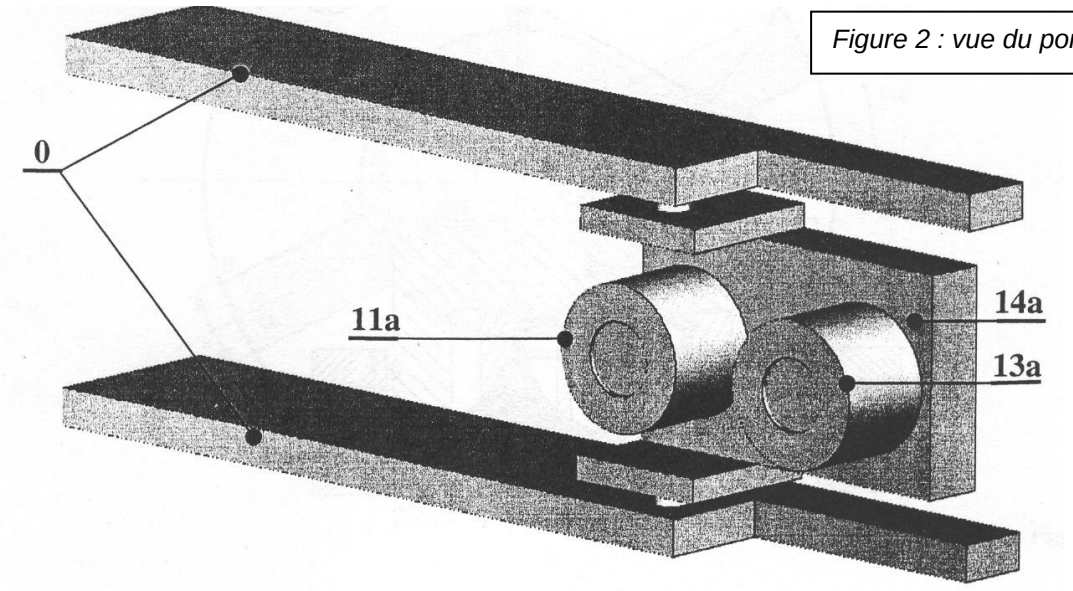
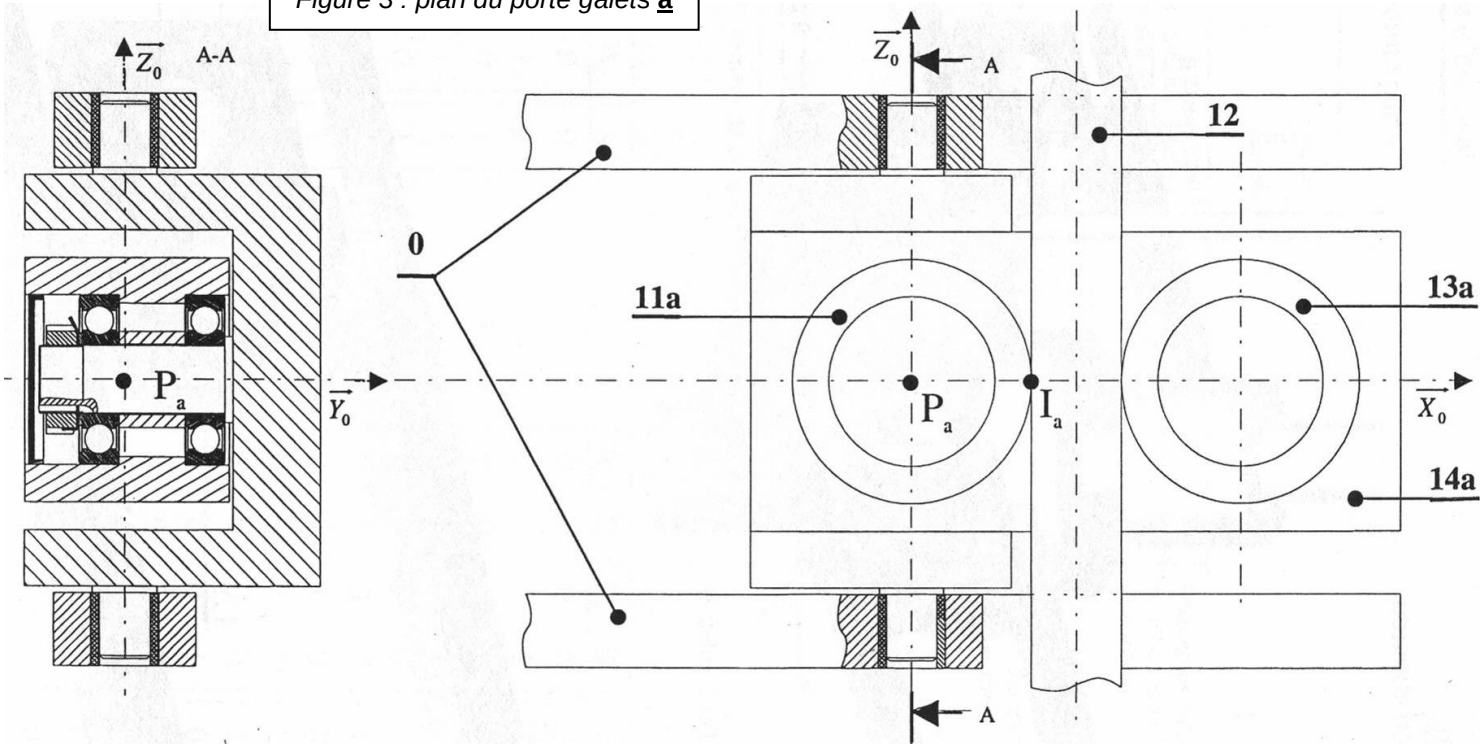


*Figure 3 : plan du porte galets **a***



L'objectif est de déterminer le modèle de la liaison équivalente entre le vérin 1 et le bâti 0.

Dans les questions 1, 2, 3 et 4, nous ferons abstraction du porte galets **b**.

Question 1 : *Donner le graphe de structure entre le galet **11a** et le support **14a**. Puis, donner sans démonstration le graphe de liaison entre ces deux clases d'équivalence.*

Question 2 : *Compléter le graphe partiel de liaison ci-dessous, en indiquant le nom des trois liaisons.*

Question 3 : *Donner (sans justification) le nom de la liaison équivalente entre **11a** et le bâti **0**.*

Question 4 : *Déterminer (en le justifiant) la liaison équivalente entre la plaque **12** et le bâti **0**.*

Maintenant, nous tenons compte des deux portes galets **a** et **b**.

Question 5 : *Tracer le graphe de structure entre la plaque **12** et le bâti **0**.*

On pose $\overrightarrow{P_aP_b} = r.\overrightarrow{Y_0}$

Question 6 : *Déterminer alors (en le justifiant) la liaison équivalente entre la plaque **12** et le bâti **0**.*

Question 7 : *Justifier finalement l'appellation "dispositif anti-rotation du vérin".*