

Equivalent hydraulique

Généralités

Les dessins représentant une résistance, un condensateur et une inductance en équivalent hydraulique permettent de montrer les comportements de ces éléments électriques sur une base connue de pression, débit et particule d'eau plutôt que les insaisissables tension, courants et électrons.

Pour que l'équivalence soit correcte, il faut considérer les tuyaux toujours pleins d'eau, l'inertie de l'eau comme négligeable (ou comme self parasite) et les tuyaux comme infiniment rigides (capacité parasite).

Condensateur

Les ressorts du condensateur ont une caractéristique force/déplacement linéaire (ressorts normaux). Cela correspond à la caractéristique $U=I \cdot t / C$ des condensateurs qui est également linéaire. Ils ne sont pas en pression au repos, ils touchent le galet coulissant sans force d'appui. Le galet coulissant du condensateur est muni d'un joint de sorte que l'étanchéité doit totale et qu'aucune goutte ne puisse passer d'un côté à l'autre du condo (comme le diélectrique du condensateur électrique).

On fait varier la valeur du condensateur en faisant varier son volume intérieur et la force du ressort. ($C= I \cdot t / u$)

On voit ici que le condensateur équivalent a le même comportement que le vrai. Si on met des ressorts très « mous », on pourra avoir une grande valeur de C pour un volume relativement faible, mais sa tension (pression) maximum sera petite. Par contre un condensateur à ressorts « durs » verra sa capacité diminuée pour un même volume mais avec une tension d'utilisation plus grande.

Inductance

L'inductance est une turbine volumétrique, c'est à dire qu'il faut que pour qu'une goutte d'eau puisse passer d'un côté à l'autre, il est nécessaire qu'elle tourne. (pas de fuites entre pales et corps de pompe).

On peut varier la valeur de L en faisant varier la masse d'inertie.

Ces deux éléments doivent être considérés comme sans frottements pour qu'ils s'approchent d'éléments L et C idéaux.

Résistance

Variation de la pression en fonction du débit dans une résistance (caractéristique U/I)

On peut illustrer cette variation en comparant la situation « pas de courant » où le fluide est au repos dans le corps de la résistance avec la situation inverse où la résistance provoque une différence de pression entre l'entrée et la sortie de celle-ci.

Source

La source de pression doit être présentée comme telle, qui permet par exemple d'assurer 2 bars quel que soit le débit dans la conduite (pompe centrifuge).

jean-francois.pochon@cpnv.ch

Sujets :

Cette analogie **peut être utilisée** dans les problèmes d'électrocinétique, pour mettre en évidence les phénomènes suivants :

- Parcours des électrons dans un circuit fermé.
- Circuit pris comme un système (modification en tout point influence l'entier du circuit).
- Courant.
- Notion de potentiel et de masse.
- Lois de Kirchoff (loi des mailles et des nœuds).
- Loi d'Ohm.
- Charge et décharge de condensateur à tension constante.
- Fermeture et ouverture d'un circuit inductif.
- Circuit RC, RL et RLC en alternatif, résonance.
- Redressement et lissage de l'alternatif.
- Fonctionnement d'alimentations à découpage.

Cette analogie montre en revanche ses limites et **ne peut pas être utilisée** dans l'illustration des phénomènes suivants :

- Electrostatique, Electromagnétisme.
- Electronique autre que diode (transistor bipolaire, Jfet, Eléments à 4 couches, etc.)

Présentation de l'analogie.

Les tuyaux et leurs propriétés :

- Les tuyaux sont pleins d'eau
- L'eau est incompressible

- Débrancher un tuyau ne permet pas à l'eau de couler.
- Lorsque l'eau coule, on parle de débit, nombre de " gouttes " qui passe par seconde

La pompe :

- Une pompe centrifuge " pousse " l'eau vers le tuyau de sortie et "aspire " l'eau du tuyau d'entrée.
- Une pompe crée ainsi une différence de pression qui reste stable quel que soit le débit qui en sort.

Une résistance hydraulique :

- Une résistance est une chicane, elle gêne le passage de l'eau, plus la gêne est importante, moins l'eau peut passer facilement.
- Le fait de gêner le passage du débit crée une différence de pression entre l'amont et l'aval de la résistance.

Un circuit d'eau :

- Si l'on branche le tuyau " de sortie " de la pompe sur le tuyau " d'entrée ", on crée un circuit d'eau. On peut mettre un débitmètre pour observer l'eau qui passe.

Parallèle avec un câble :

- Un câble est plein d'électrons
- On ne peut " stocker " des électrons dans un câble.
- Débrancher un fil ne le vide pas de ses électrons.
- Lorsque les électrons circulent, on parle de courant, proportionnel au nombre d'électrons qui passe par seconde.

Parallèle avec la source de tension.

- Une source de tension crée un excès d'électrons sur une des bornes et un manque sur l'autre
- Une source de tension crée une différence de tension stable, quel que soit le courant de sortie

Parallèle avec la résistance électrique :

- Une résistance électrique est constituée d'un matériau qui possède peu d'électrons libres " à échanger " pour permettre la circulation de ceux-ci.
- Le fait de gêner le passage du courant crée une différence de tension entre les bornes de la résistance.

Parallèle du circuit électrique :

- Si l'on branche le fil + de la source de tension sur le fil -, on crée un circuit d'électrons. On peut mettre un ampèremètre pour observer le courant (à réaliser à faible tension, avec une source qui possède une limitation de courant).

Analogie hydraulique - électrique

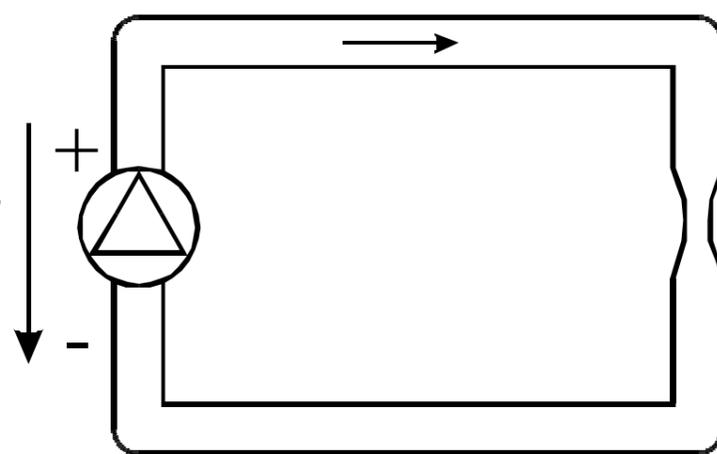
Circuit hydraulique

Débit d'eau dans le circuit

q

Pression
entre l'entrée
et la sortie de
la pompe

ΔP



Pression entre
l'entrée et la
sortie de la
chicane

ΔP

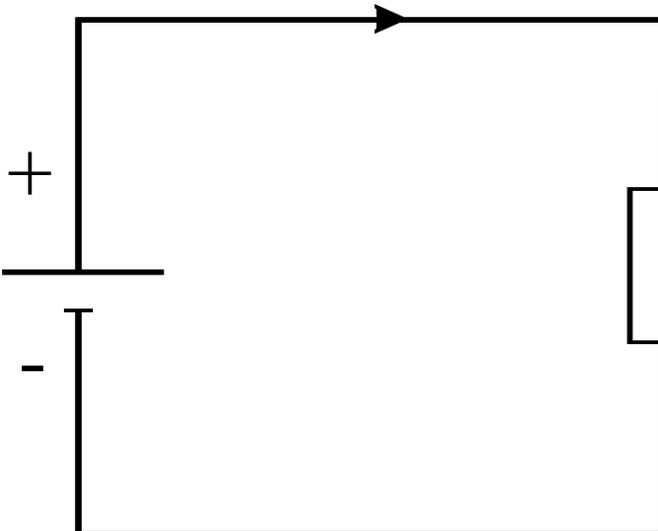
Circuit électrique

Courant dans le circuit

I

Tension aux
bornes de
la source

U



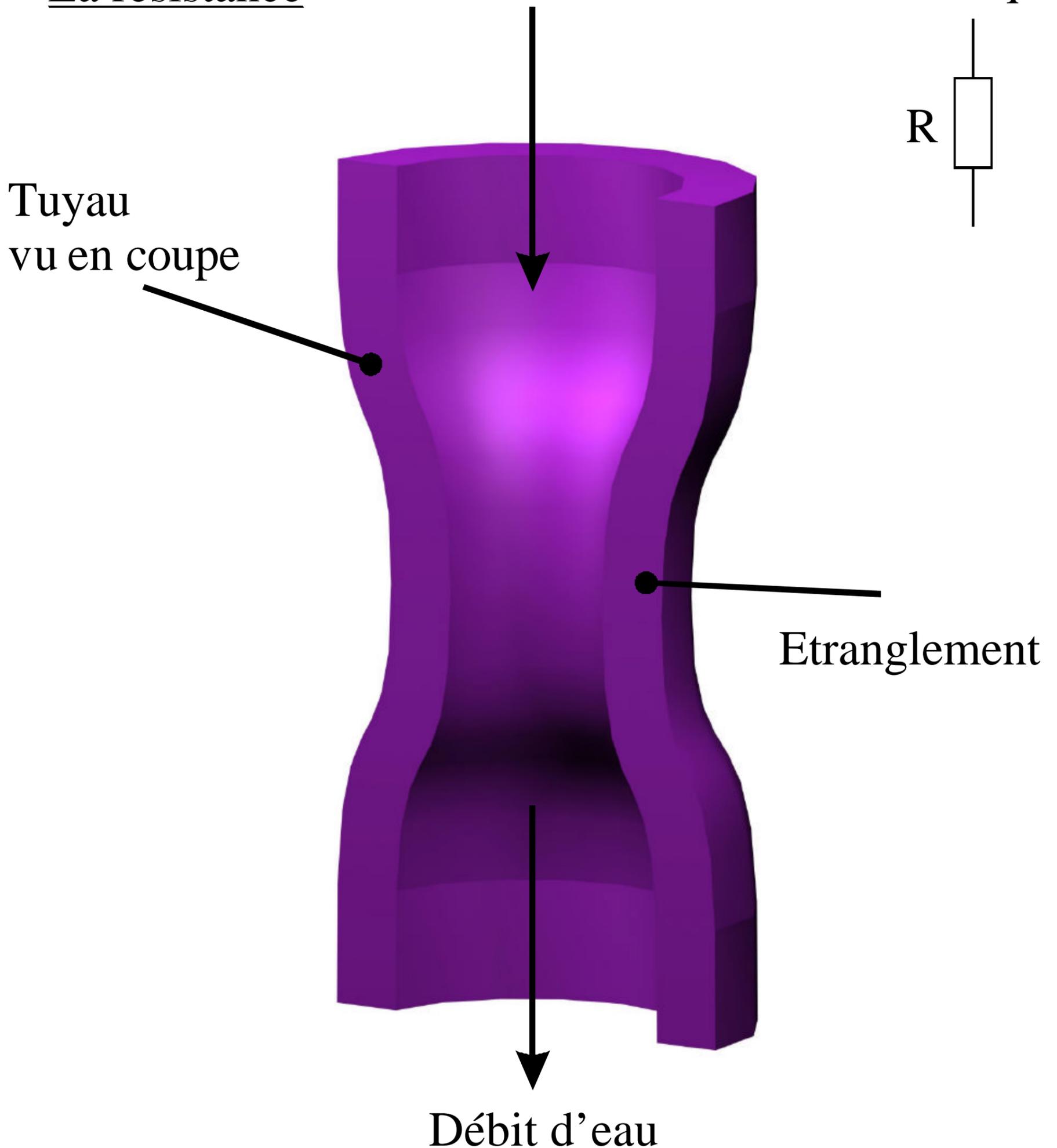
Tension
aux bornes
de la
résistance

U

Analogie hydraulique

La résistance

Symbole électrique

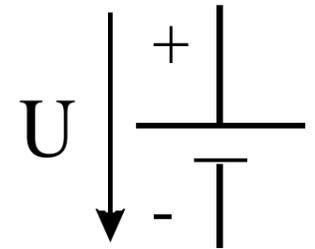


Il va apparaître une différence de pression de part et d'autre de l'étranglement

Analogie hydraulique

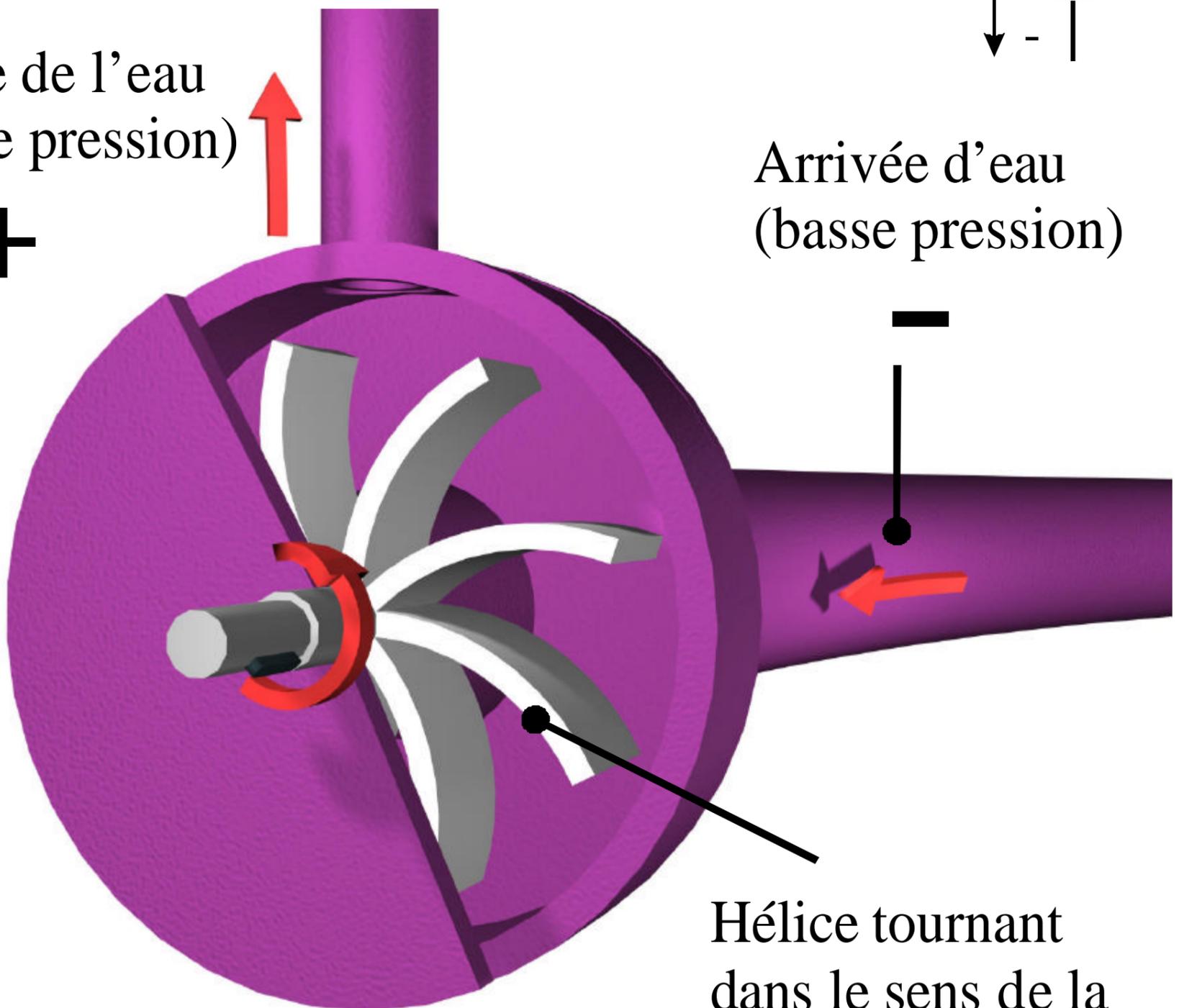
La source de pression (tension)

Symbole
électrique



Sortie de l'eau
(haute pression)

+



Arrivée d'eau
(basse pression)

-

Hélice tournant
dans le sens de la
flèche

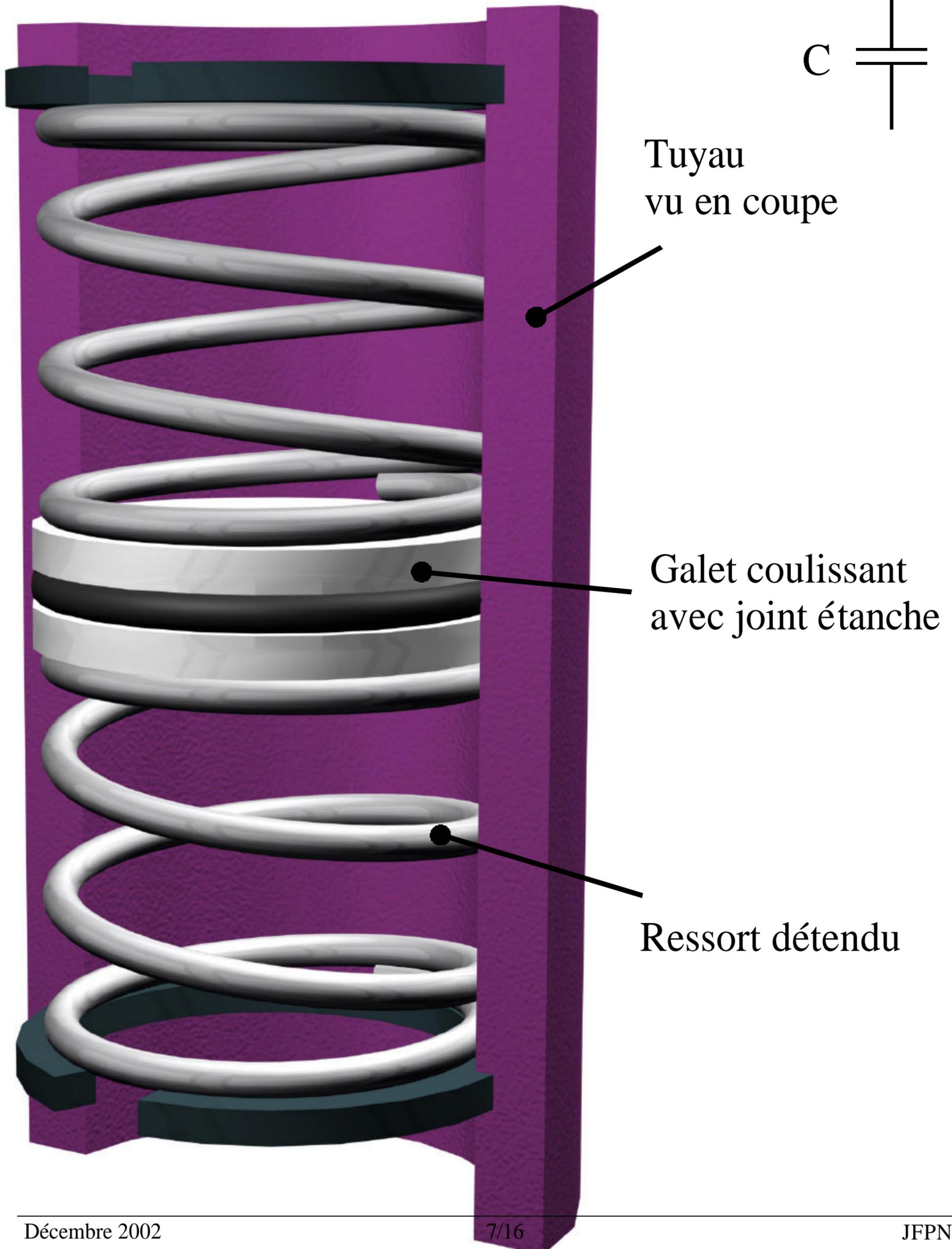
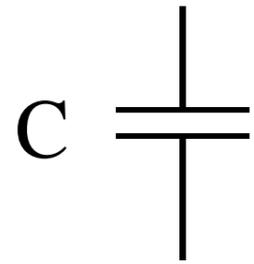
Il va apparaître une différence de pression entre l'arrivée d'eau et la sortie de l'eau.

Cette différence dépend de la vitesse de rotation et reste fixe pour n'importe quel débit.

Analogie hydraulique

Le condensateur (capacité) déchargé

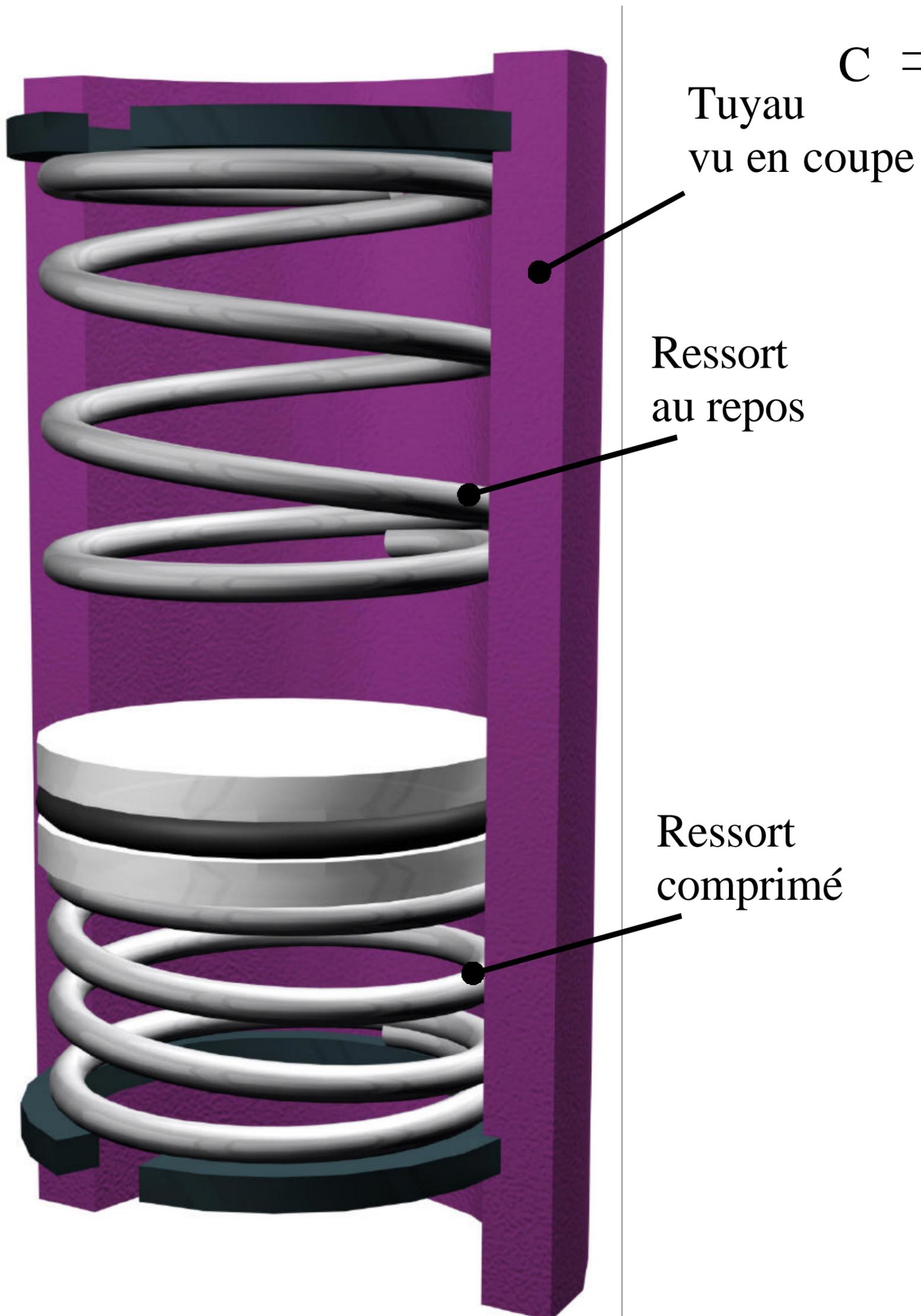
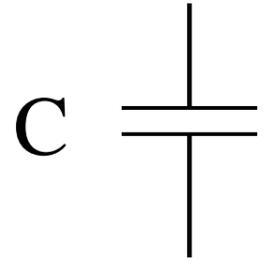
Symbole
électrique



Analogie hydraulique

Le condensateur chargé

Symbole
électrique

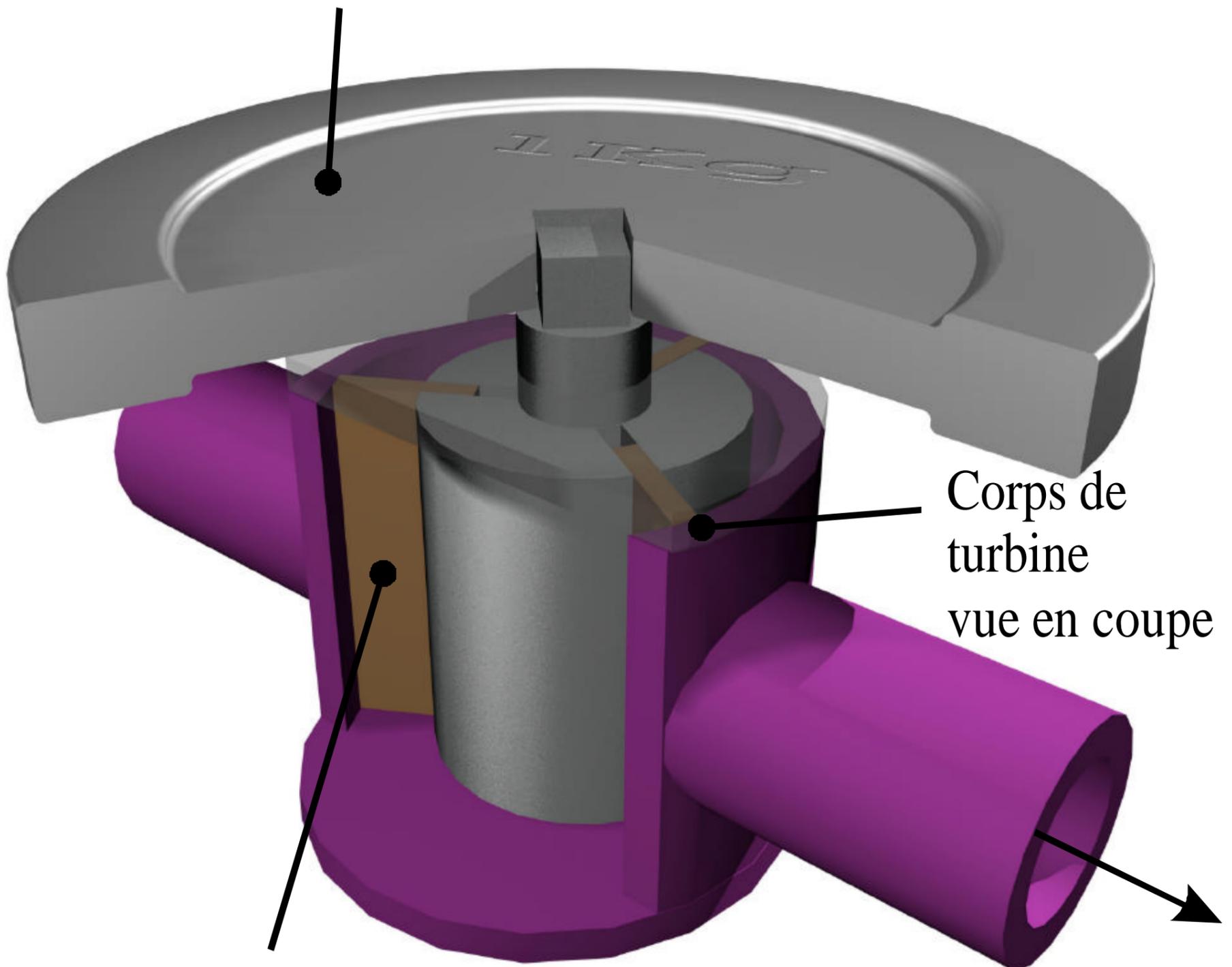
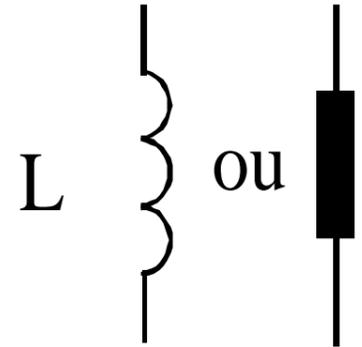


Analogie hydraulique

La self (bobine)

Symbole électrique

Masse d'inertie
vue en coupe

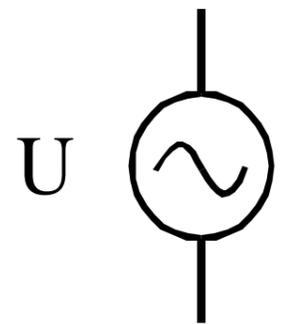


Pales de la turbine, il faut qu'elles tournent pour que l'eau passe à travers la turbine.

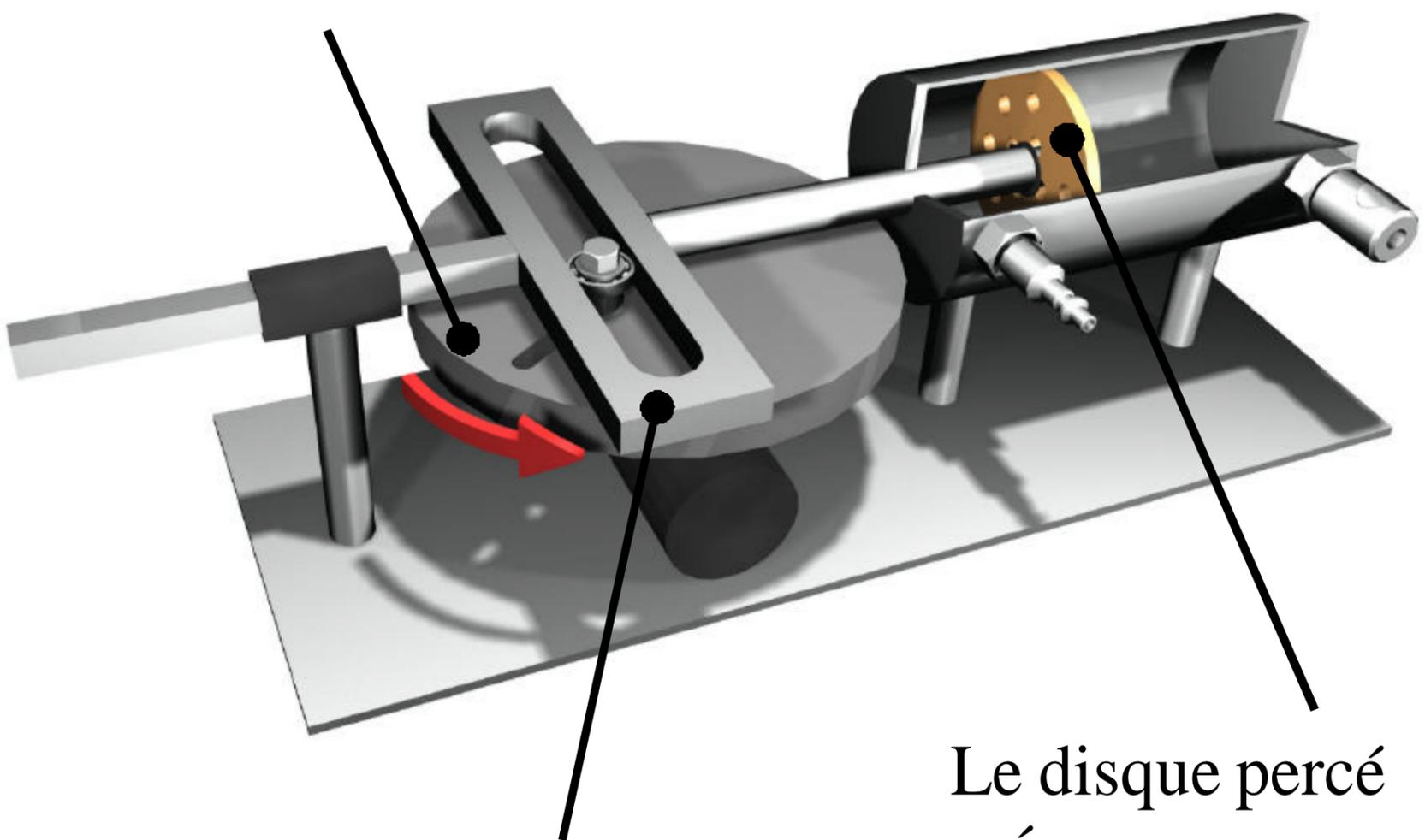
Analogie hydraulique

Symbole électrique

La source alternative



Le disque tourne
dans le sens de la flèche



Le galet dans le fraisage
créé un mouvement sinusoïdal
de l'axe

Le disque percé
créé une surpression
(et une dépression)
à chaque va et vient

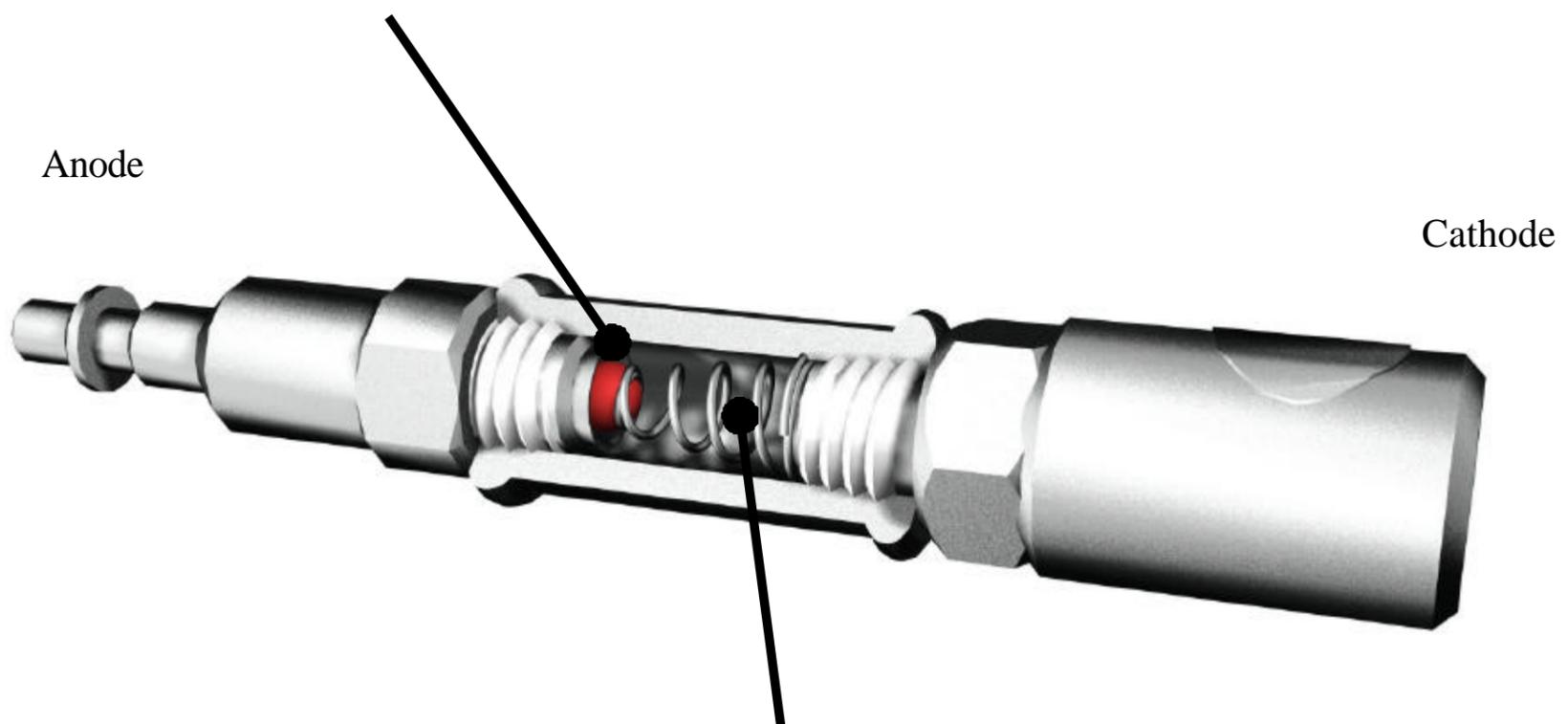
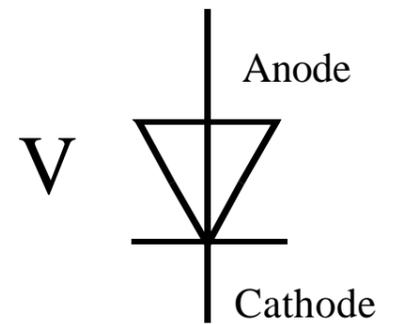
On varie la fréquence en variant la vitesse de rotation
et l'amplitude en variant la position du galet sur le disque

Analogie hydraulique

Symbole électrique

La diode (soupape)

Une sphère bouche le trou
dans le sens de blocage



Un ressort appuie la sphère
pour obtenir une chute de
pression dans le sens passant
de 0.7 bar

On peut voir ici comme dans les vraies diodes que
lors du blocage, il y a un petit mouvement inverse
(remise en place de la sphère) qui simule les charges de
recouvrement.

Analogie hydraulique

La résistance

Tuyau vu en coupe

Etranglement

Débit d'eau

Symbole électrique

R

Il va apparaître une différence de pression de part et d'autre de l'étranglement

Analogie hydraulique

La source de pression (tension)

Sortie de l'eau (haute pression)

Arrivée d'eau (basse pression)

Hélicetournant dans le sens de la flèche

Symbole électrique

U

Il va apparaître une différence de pression entre l'arrivée d'eau et la sortie de l'eau. Cette différence dépend de la vitesse de rotation et reste fixe pour n'importe quel débit.

Analogie hydraulique

Le condensateur (capacité) déchargé

Tuyau vu en coupe

Galet coulissant avec joint étanche

Ressort détendu

Symbole électrique

C

Analogie hydraulique

La self (bobine)

Masse d'inertie vue en coupe

Corps de turbine vue en coupe

Pales de la turbine, il faut qu'elles tournent pour que l'eau passe à travers la turbine.

Symbole électrique

L

