

Pompes à rotation inverse Formation continue ASF 2017

Animateur:

Reto Baumann

Häny AG – Pompes, turbines et systèmes

Lieu:

□ Les grandes lignes

⇒ De quoi s'agit-il?

⇒ Technologies et applications

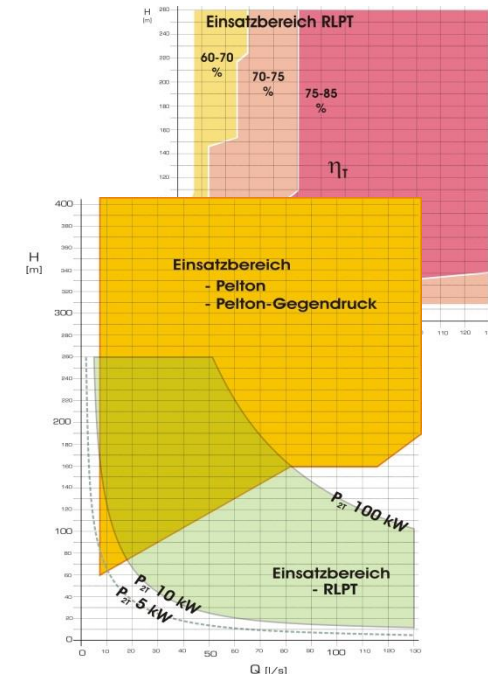
⇒ Production d'énergie

⇒ Pompe à rotation inverse (turbinage)

□ Les grandes lignes

⇒ De quoi s'agit-il?

- ⇒ Technologies et applications
- ⇒ Production d'énergie
- ⇒ Pompe à rotation inverse (turbinage)



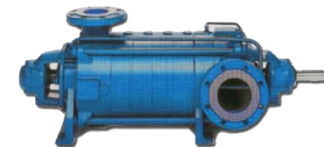
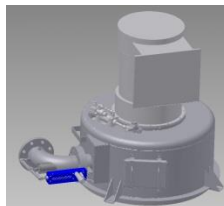
□ Typologie des pompes

Il y a trois types de pompes principaux pour l'eau potable:

- ⇒ **Turbine Pelton.** Turbine de construction classique, à jets forcés, sortie à écoulement libre, installée en général au sommet du réservoir.
- ⇒ **Turbine Pelton à contre-pression.** Nouvelle technologie exploitant la marge de rendement supplémentaire des installations à contre-pression.
- ⇒ **Pompe à rotation inverse.** Système simple et bon marché pour les installations à contre-pression, en principe à régime constant. Abréviations: **PAT.**

□ Comparatif - (débit 10-40 l/s, chute 100-200m)

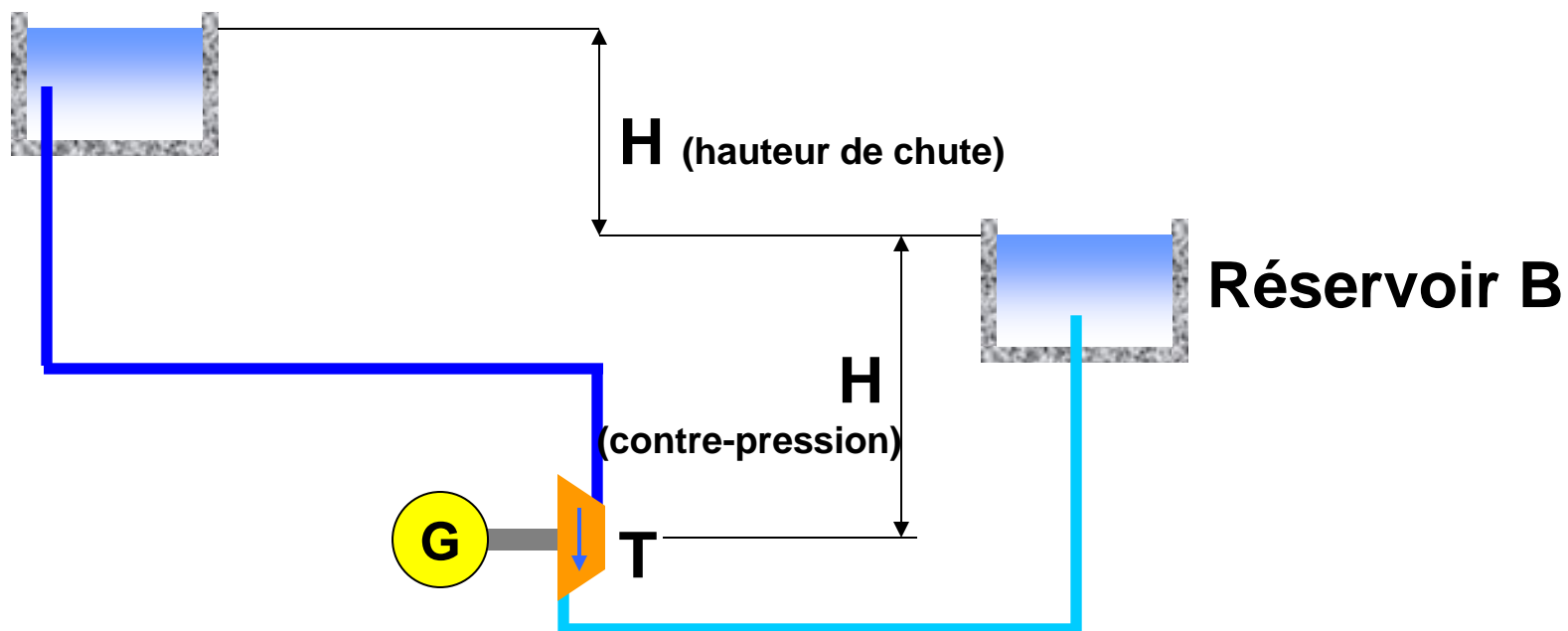
Type	Pelton	GDPT	PAT
Rendement	75 – 92 %	70 – 90 %	65 – 85 %
Investissement	100 %	140 %	30-60 %
Régime	variable	variable	fixe
Contre-pression	impossible	< 10 bar	< 25 bar



HÄNY

□ Le principe de la « contre-pression »

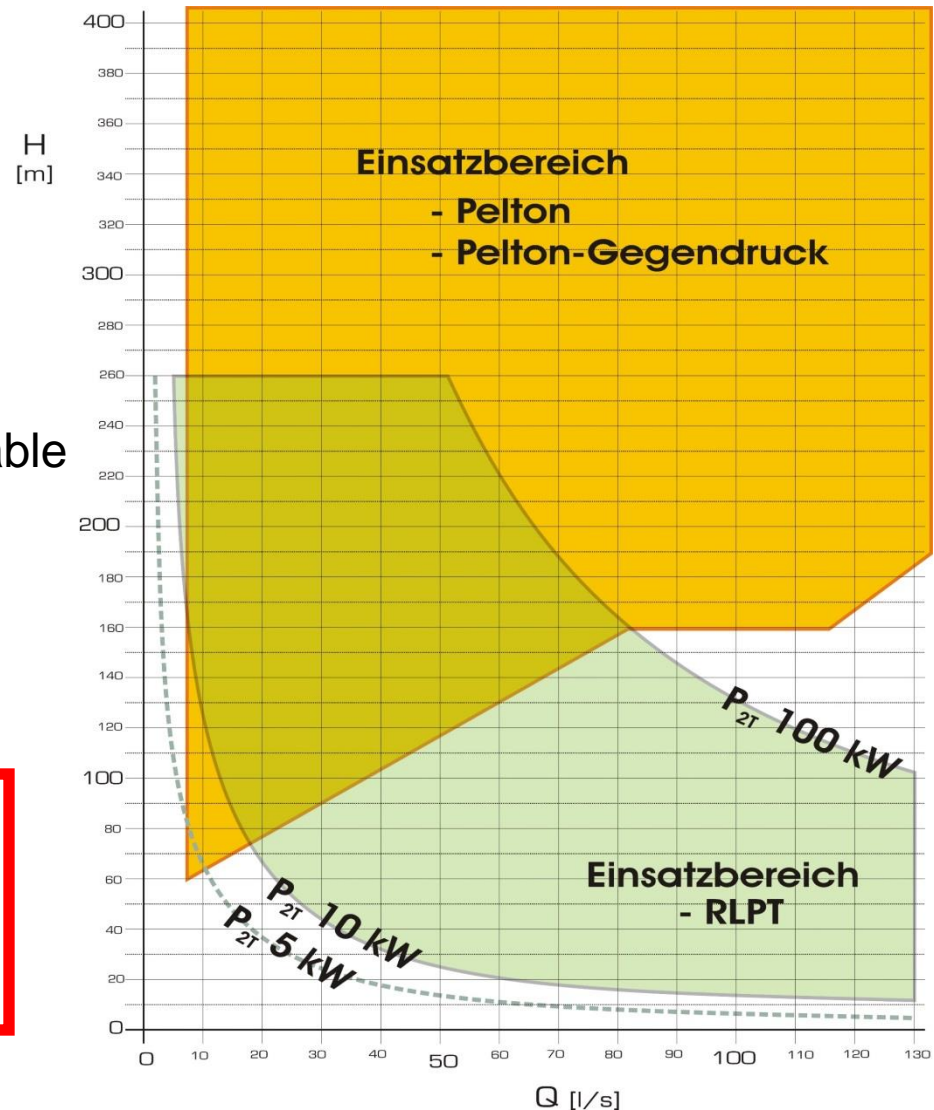
Réservoir A



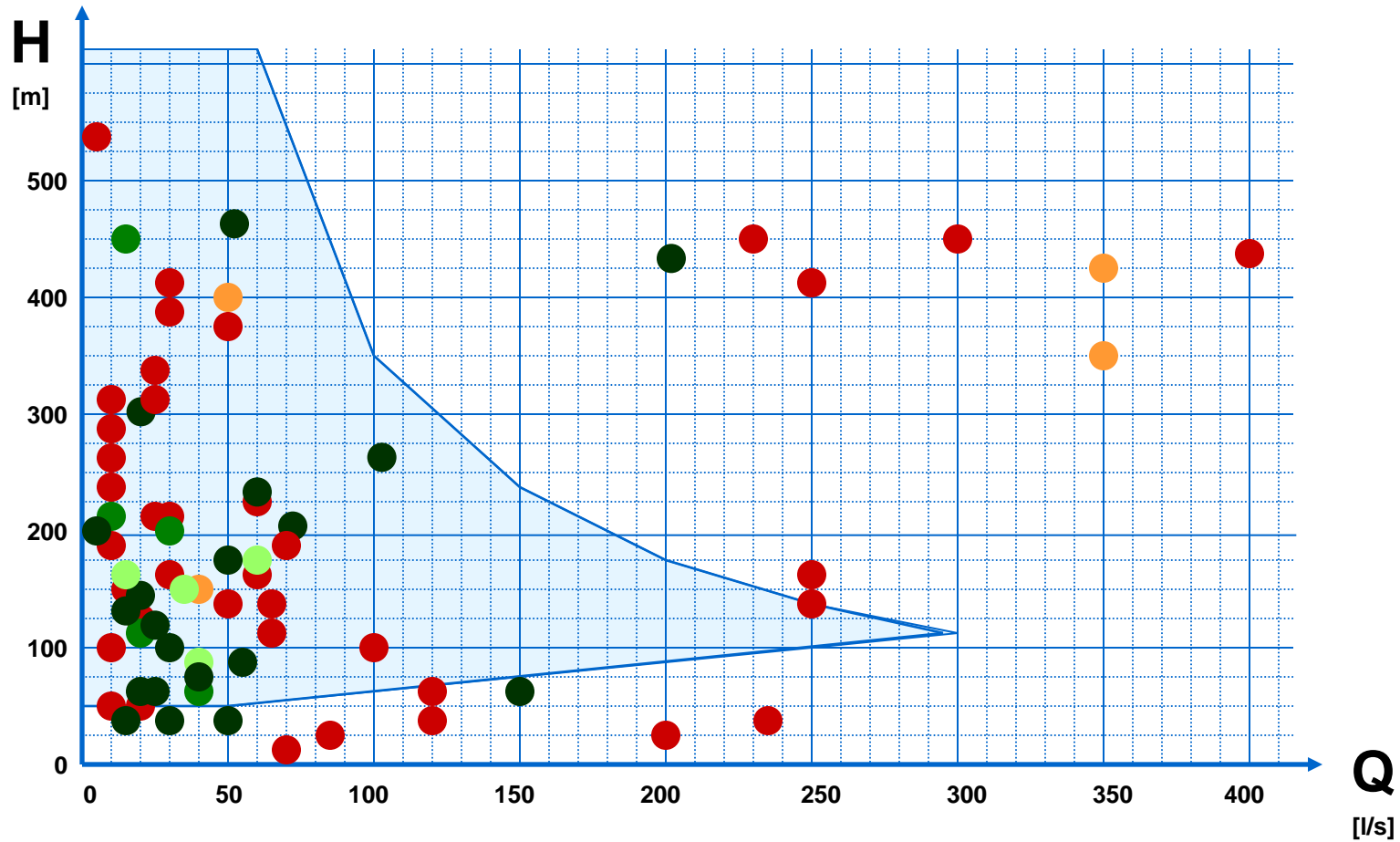
Comparatif

- Secteurs hydrauliques
- Conditions
 - Adduction constante/variable
 - Implantation, espace
 - Critères économiques
 - Type d'injection

Le type de pompe doit toujours être sélectionné par rapport à un projet spécifique.



☐ «Installations suisses»



□ Les grandes lignes

⇒ De quoi s'agit-il?

⇒ Technologies et applications

⇒ **Production d'énergie**

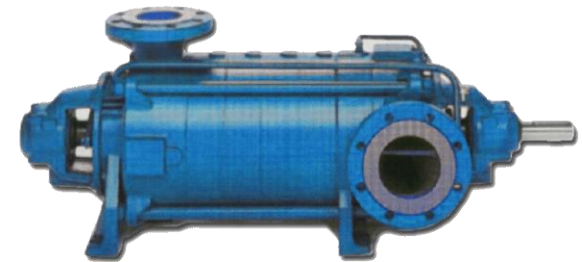
⇒ **Pompe à rotation inverse (turbine)**

□ Généralités

- ⇒ La production d'énergie au moyen d'une pompe centrifuge n'est pas nouvelle.
- ⇒ Les premières installations suisses de pompage-turbinage datent des années 1950.
- ⇒ Toutes les pompes centrifuge peuvent être utilisées pour le turbinage pratiquement sans modification.
- ⇒ Pompe à rotation inverse (turbine) = PAT (pour simplifier).

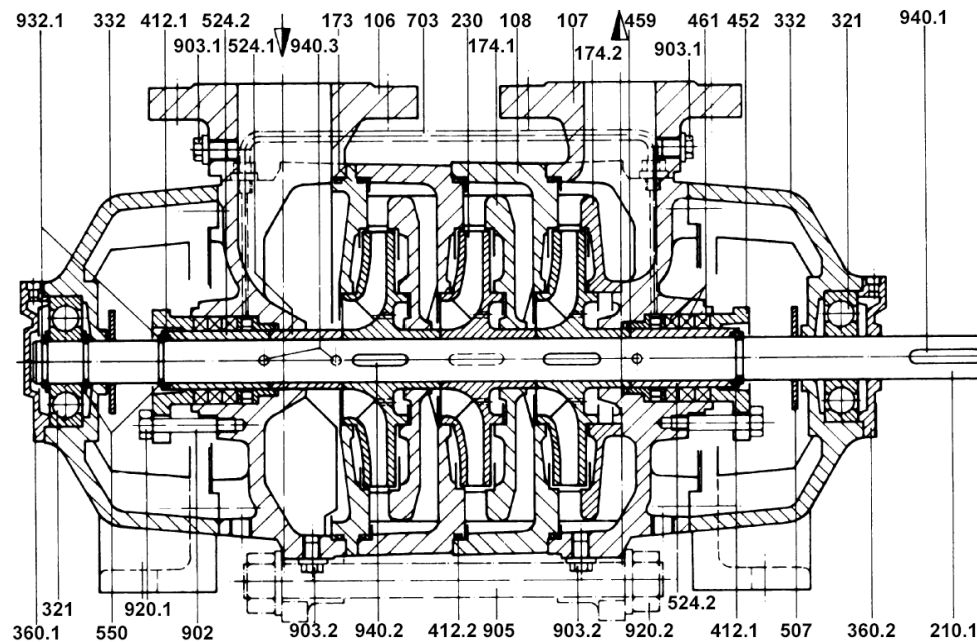
□ Principe de fonctionnement

- ⇒ La pompe standard est alimentée en sens inverse (du côté pression vers le côté aspiration), elle tourne donc en sens inverse et génère ainsi un couple mécaniquement exploitable sur l'arbre.
- ⇒ Comparaison hydraulique: similitudes avec les turbines Francis. Seule différence: la pompe-turbine n'a pas de dispositif d'injection orientable, ce qui rend le point de fonctionnement très peu adaptable.

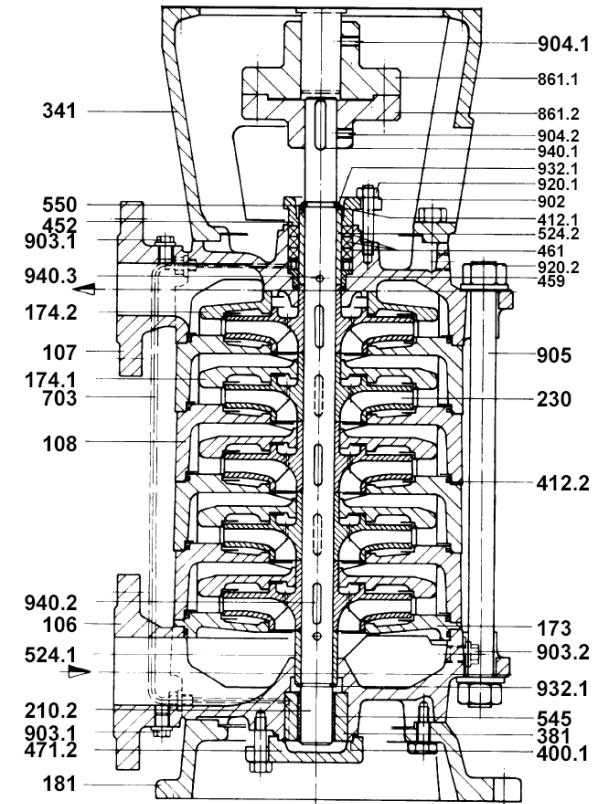


Types de pompe

⇒ Pompes HP multiétagées



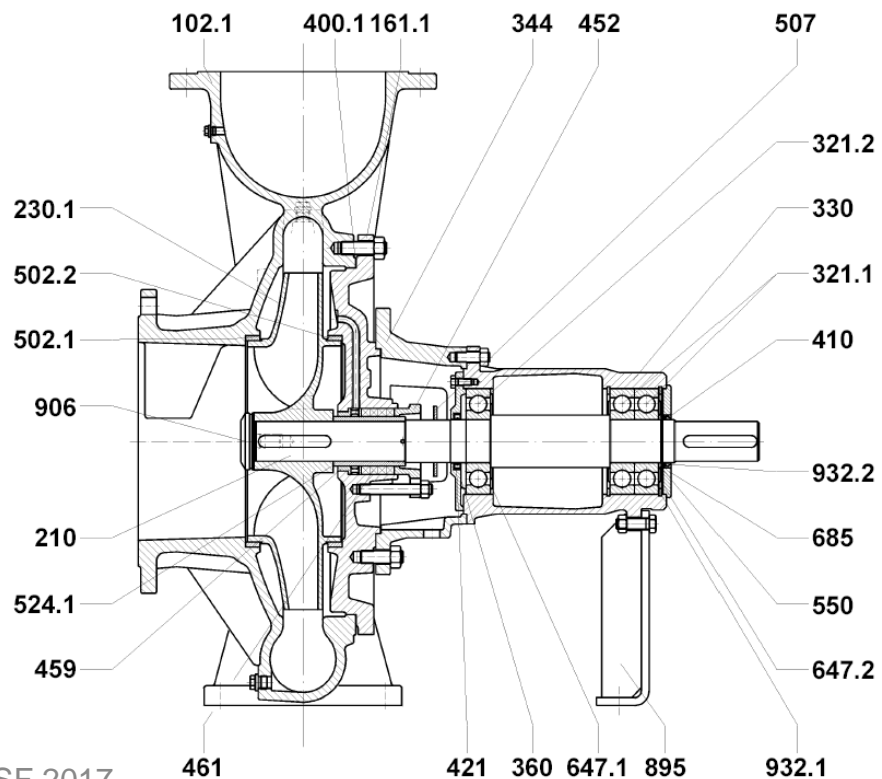
horizontal



vertical

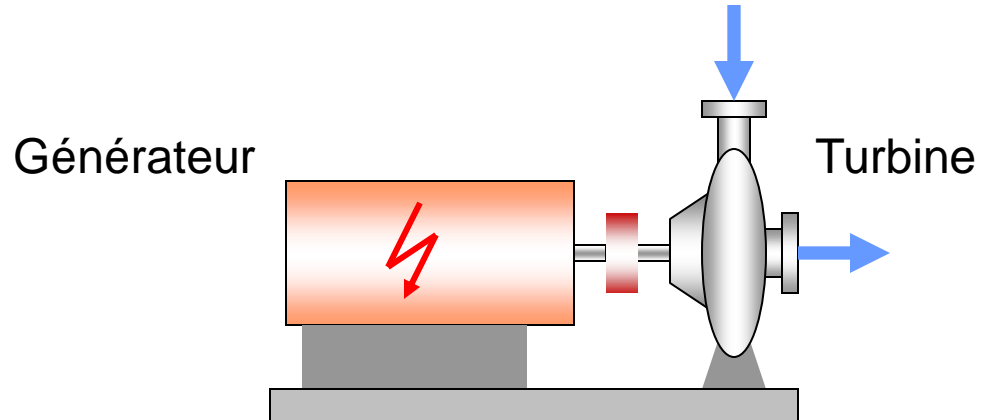
Types de pompes

⇒ Pompes à basse pression monoétagées



□ Applications

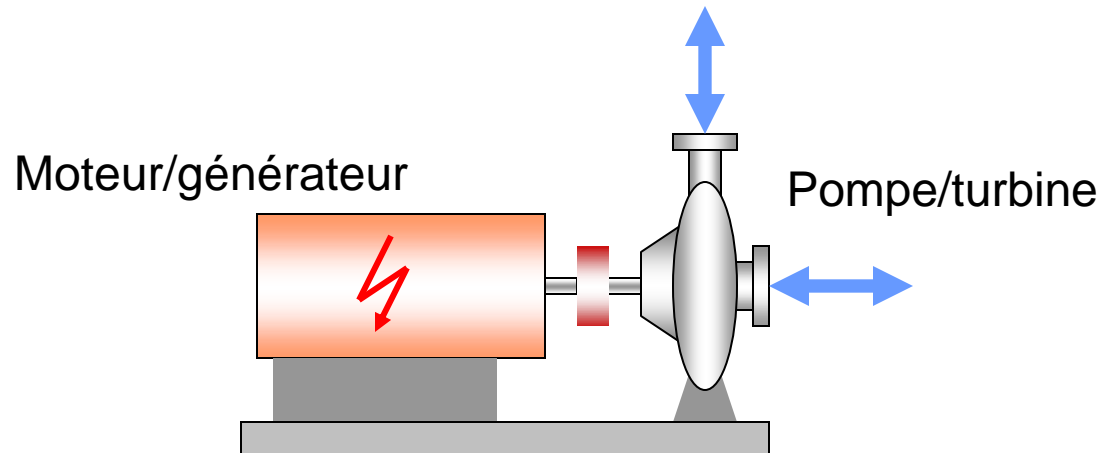
⇒ 1. Pompe-turbine couplée directement au générateur



C'est l'application-type la plus fréquente.

□ Applications

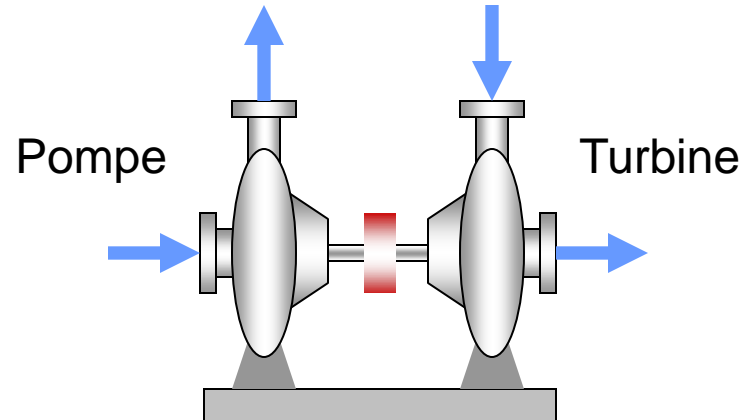
⇒ 2. Installation de pompage-turbinage combiné



Exemple: installation de pompage d'eau de secours servant à alimenter la zone de pression la plus élevée en situation d'urgence. En service normal, l'excédent d'eau de source est turbiné (installation avec convertisseur de fréquence).

□ Applications

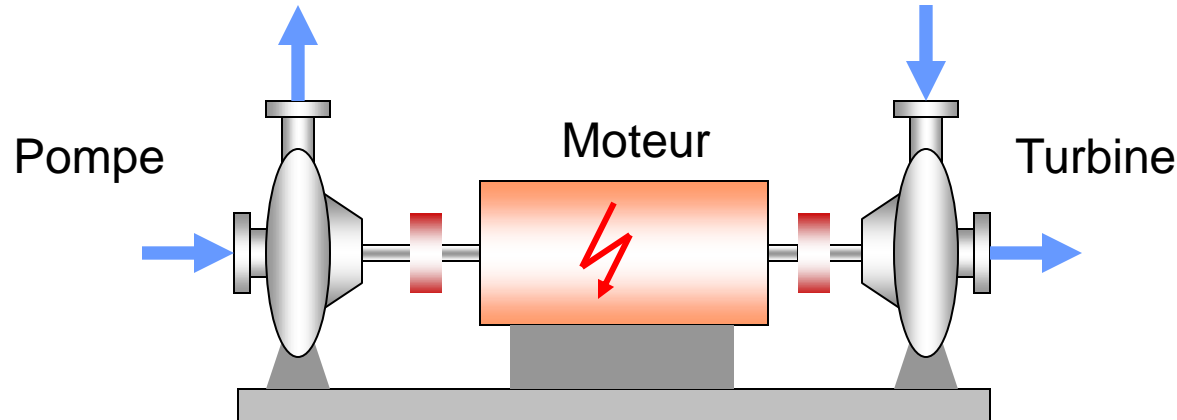
⇒ 3. Pompe-turbine jumelée avec une pompe



Application essentiellement utilisée lorsque le site de pompage est sans connexion au réseau électrique, mais qu'il a en revanche un potentiel hydraulique utilisable.

□ Applications

⇒ 4. Pompe et pompe-turbine couplées à un moteur



Application essentiellement utilisée lorsque le site de pompage a un potentiel hydraulique suffisant, ce qui réduit d'autant la puissance électrique à installer.

□ Conditions d'utilisation

- ⇒ **Les conditions d'utilisation dépendent essentiellement des paramètres suivants**
 - ⇒ **Analyse globale du coût de revient** d'une installation PAT, comparée à la solution fréquente de la turbine Pelton, énergétiquement plus efficace (coût de production de l'électricité)
 - ⇒ **Profil d'exploitation** de l'installation: régime à éclusées à débit constant ou régimes à forte variation.
 - ⇒ **Possibilités d'installation**: la PAT nécessite peu de place et peut être ajoutée dans un local technique existant. La variété des formes de pompe rend l'installation après-coup encore plus facile.

□ Conditions d'utilisation

⇒ Avantages/inconvénients d'une PAT pour l'eau potable

- ⇒ **Débit constant.** La PAT est construite pour un seul point de fonctionnement optimal. Le turbinage de l'eau de source n'est judicieux que si la chambre de captage dispose d'un volume utile suffisant pour un régime par écluse. Cette solution est idéale sur l'alimentation d'un réservoir principal à partir d'une conduite collective.
- ⇒ **Contre-pression de sortie.** La PAT convient aussi aux contre-pressions élevées en sortie (< PN25, voire < PN40 en assortiment standard).
- ⇒ **Système fermé.** La PAT est construite de telle sorte qu'il n'y a pas d'inclusion d'air dans le système (aucun problème pour les installations UV, la qualité de l'eau potable, ...)

□ Conditions d'utilisation

⇒ Mesures de protection à prévoir pour les PAT

- ⇒ **Sécurité d'approvisionnement.** La production d'énergie est secondaire par rapport à la distribution d'eau. La sécurité d'approvisionnement prime: chaque installation doit être pourvue d'un bypass avec détendeur classique pour garantir la sécurité d'approvisionnement même si la turbine est bloquée.
- ⇒ **Panne d'électricité (chute de tension à zéro).** En cas de panne de réseau, la PAT risque d'accélérer jusqu'à la limite de surchauffe à cause du manque de charge (réseau d'électricité). Mesures préventives possibles: freins à disque précontraints, volants d'inertie.

□ Conditions d'utilisation

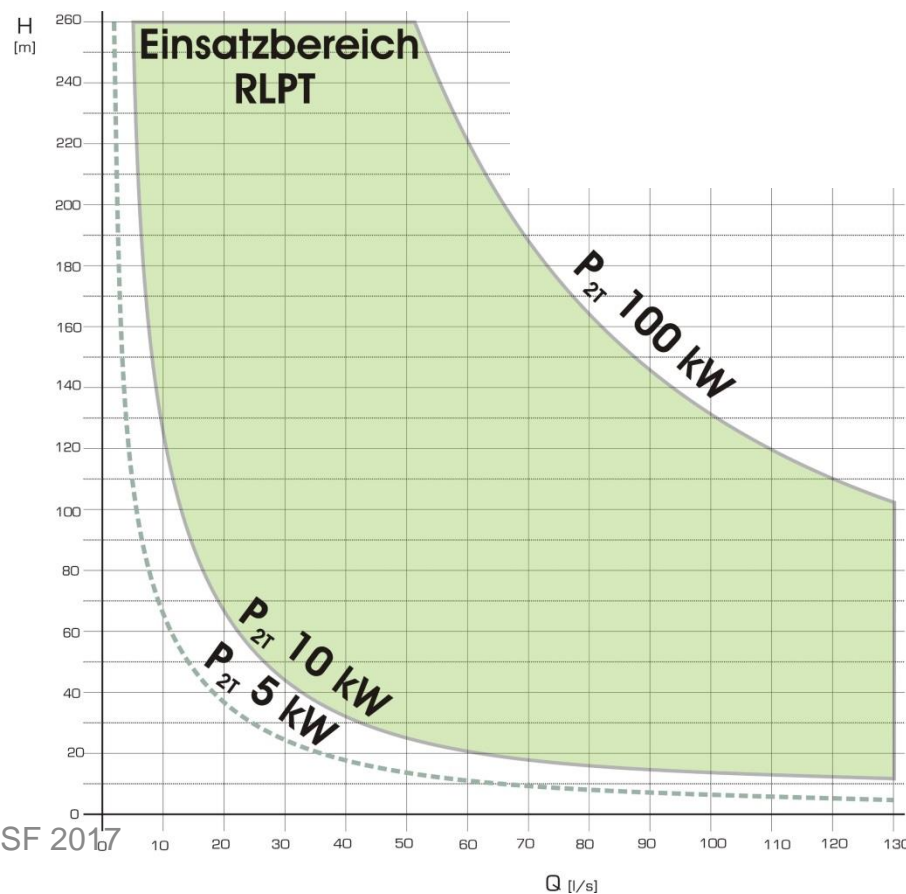
⇒ **Production d'électricité, générateur synchrone ou asynchrone?**

⇒ **Exploitation réseau en parallèle.** Ce mode d'exploitation simple, bon marché, est le plus fréquent: le **générateur asynchrone** est un rotor à court-circuit synchronisé automatiquement par la fréquence du réseau et est maintenu au régime correspondant. Puissance réactive: la nécessité d'une installation de compensation doit être évaluée. Jusqu'à environ 100 kW de puissance réinjectée, cette solution est nettement plus économique dans la plupart des cas.

⇒ **Exploitation en îlot.** Ce mode d'exploitation est prévu pour une alimentation en autarcie et nécessite un **générateur synchrone**. Cette solution permet d'atteindre de meilleurs rendements. Cette installation est toutefois plus complexe au plan technique et donc aussi nettement plus onéreuse.

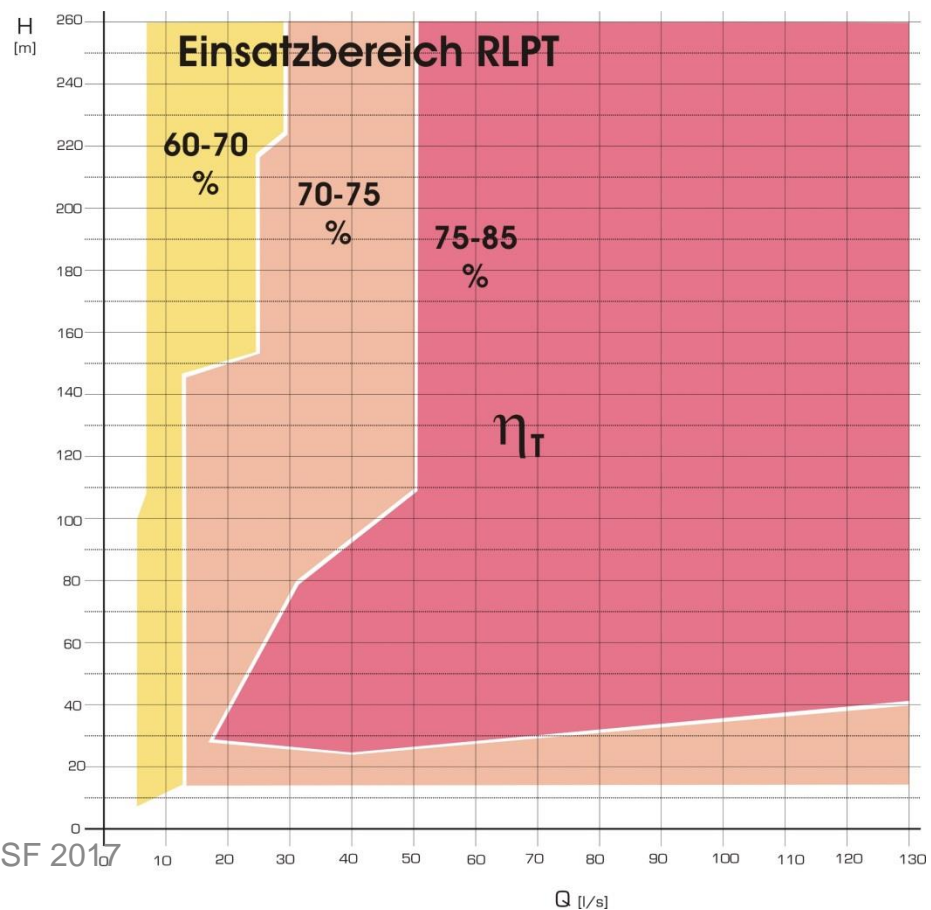
□ Secteurs hydrauliques

⇒ Secteur idéal pour les PAT (RLPT)



□ Secteurs hydrauliques

⇒ Rendements hydrauliques possibles



□ Conditions d'utilisation

⇒ **Durée de vie***

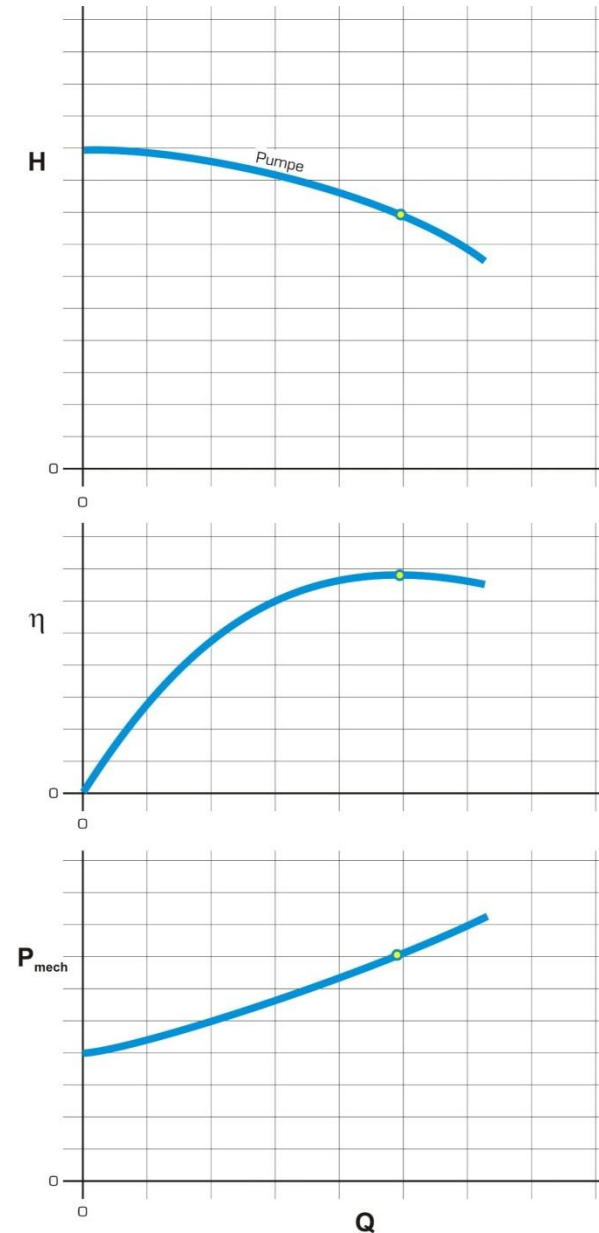
Taille d'installation P_{2G} [kW]	100	10	5	3
Durée moyenne de vie [années]	30	25	20	20

* référence: pompe standard eau potable 4 pôles (1500 min⁻¹).

□ Courbes caractéristiques

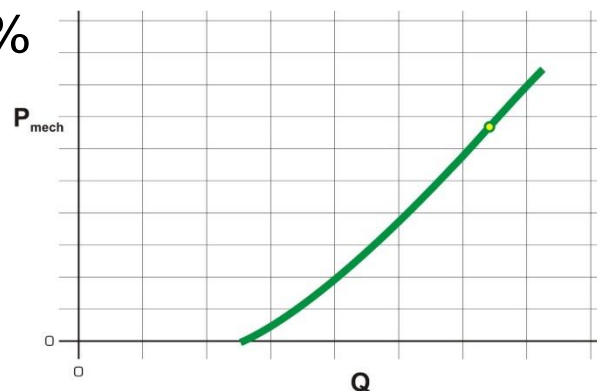
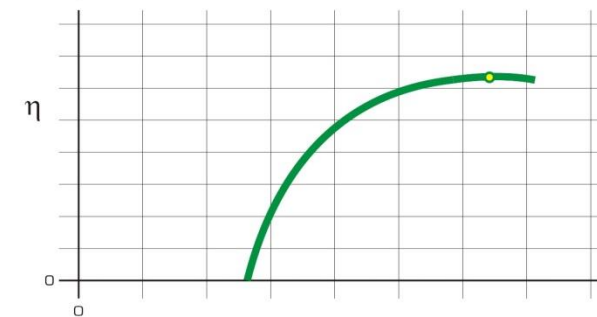
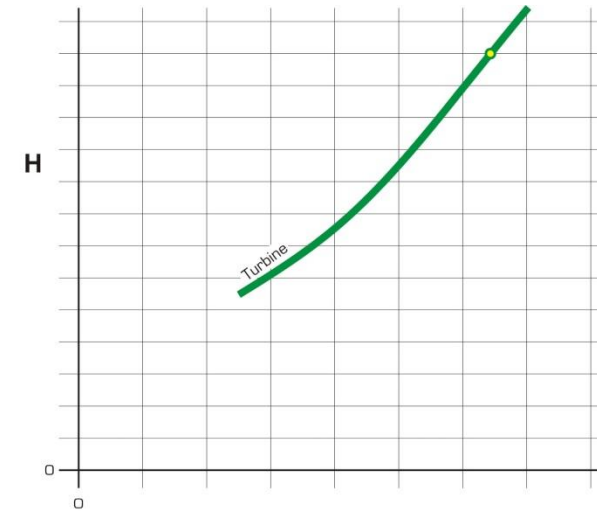
⇒ Régime de pompage

⇒ Pompe à régime spécifique
régime n_q de 20 à 80



□ Courbes caractéristiques

- ⇒ Régime de turbinage
- ⇒ Pente très raide du rapport Q/H –
- ⇒ Rendement optimal à marge étroite (vs Pelton)
- ⇒ Production de puissance à partir de 30% de Q_{opt} (avant: puissance consommée)



□ Courbes caractéristiques

⇒ Comparatif

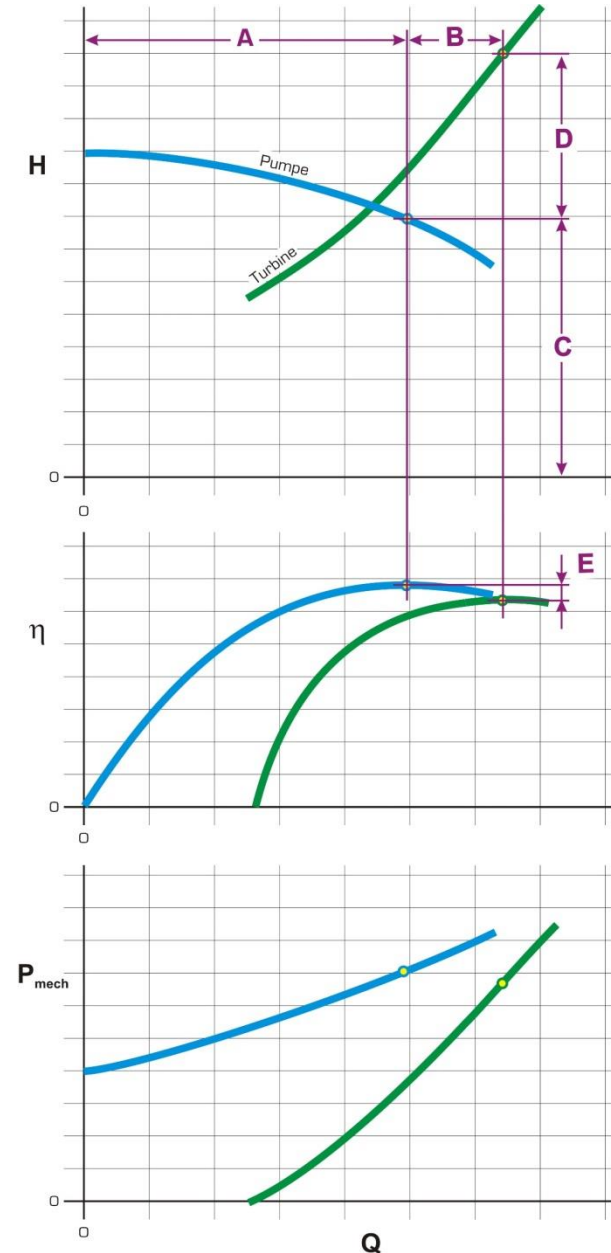
⇒ Déplacement du point optimal*:

$$Q_P = \frac{A+B}{1.3} = A$$

$$H_P = \frac{C+D}{1.4} = C$$

$$E = \eta_P \cdot 0.95$$

*méthode empirique sans garantie



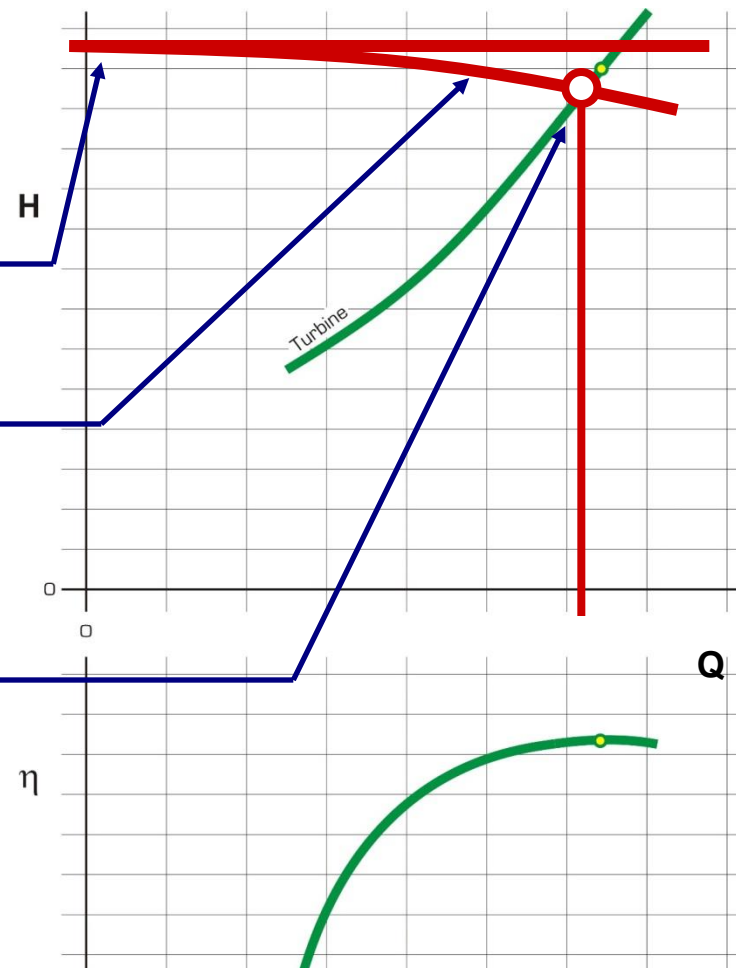
□ Courbes caractéristiques

⇒ Point de fonctionnement:

⇒ Hauteur brute de chute

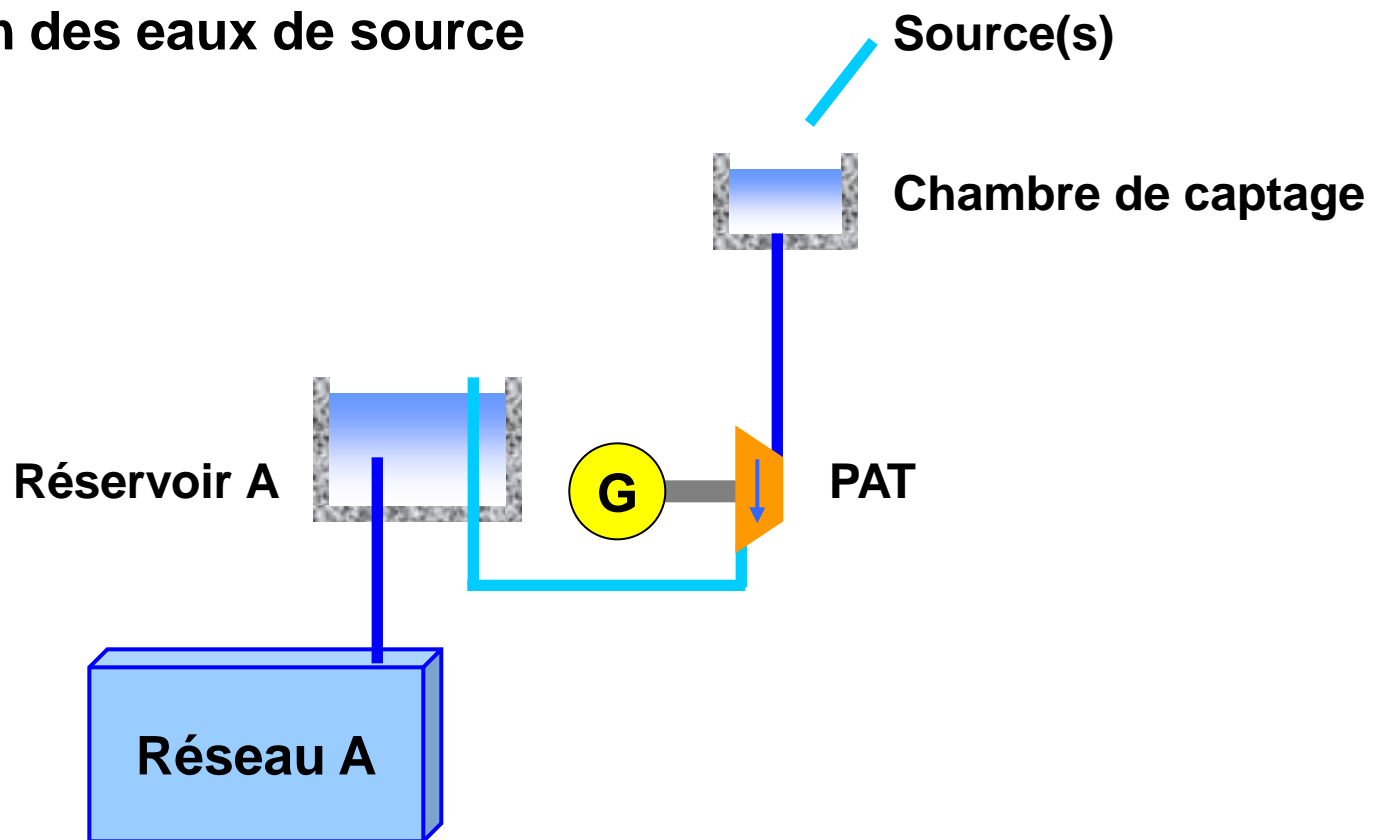
⇒ Courbe de l'installation
(pertes de frottement)

⇒ Point de fonctionnement (fixe)



□ Pompage-turbinage de l'eau potable

⇒ Utilisation des eaux de source



□ Pompage-turbinage de l'eau potable

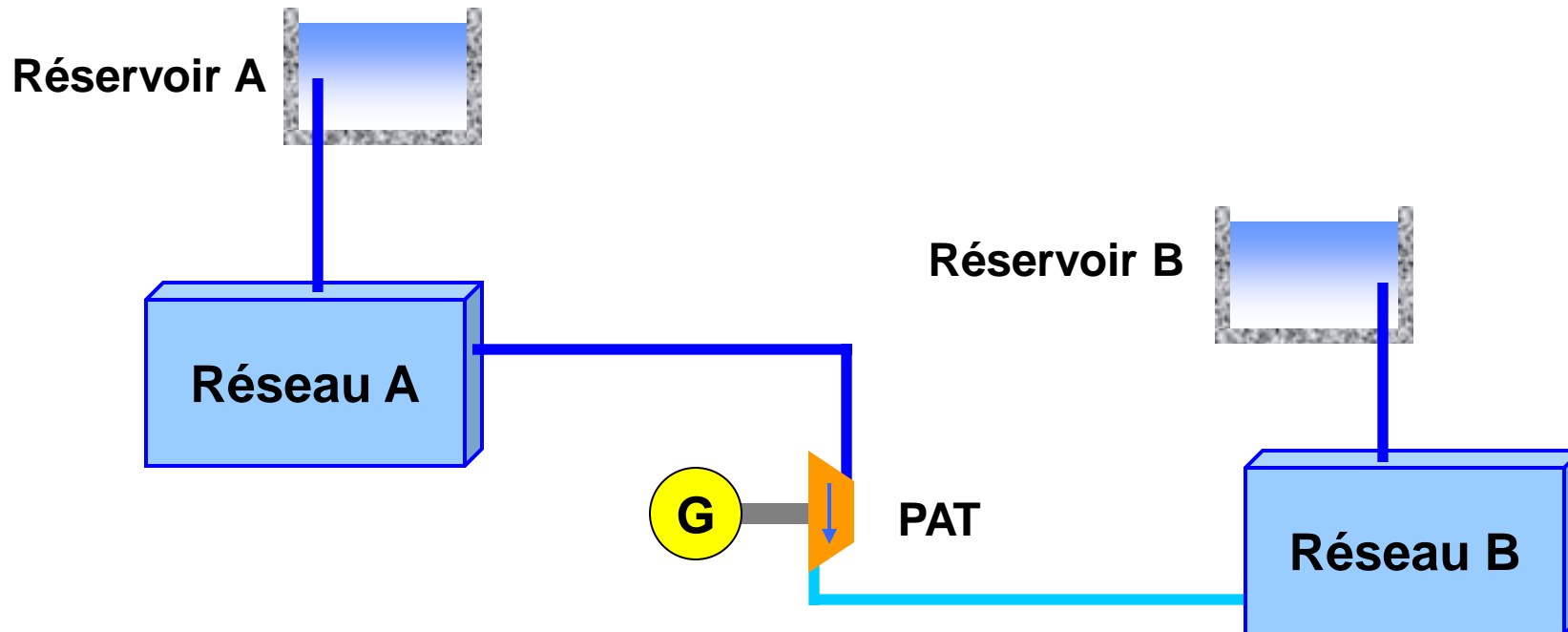
⇒ Utilisation de l'eau de source

⇒ **Adelboden:** 1 grande pompe (P2) et 1 petite pompe (P1). Trois plages de débit possibles: 33% (P1), 66% (P2) et 99% (P1+P2) pour une gestion optimale de la chambre de captage assez petite.



□ Pompage-turbinage de l'eau potable

⇒ Equilibrage des zones de pression
(pompe de secours en «cadeau»)



□ **Pompage-turbinage de l'eau potable**

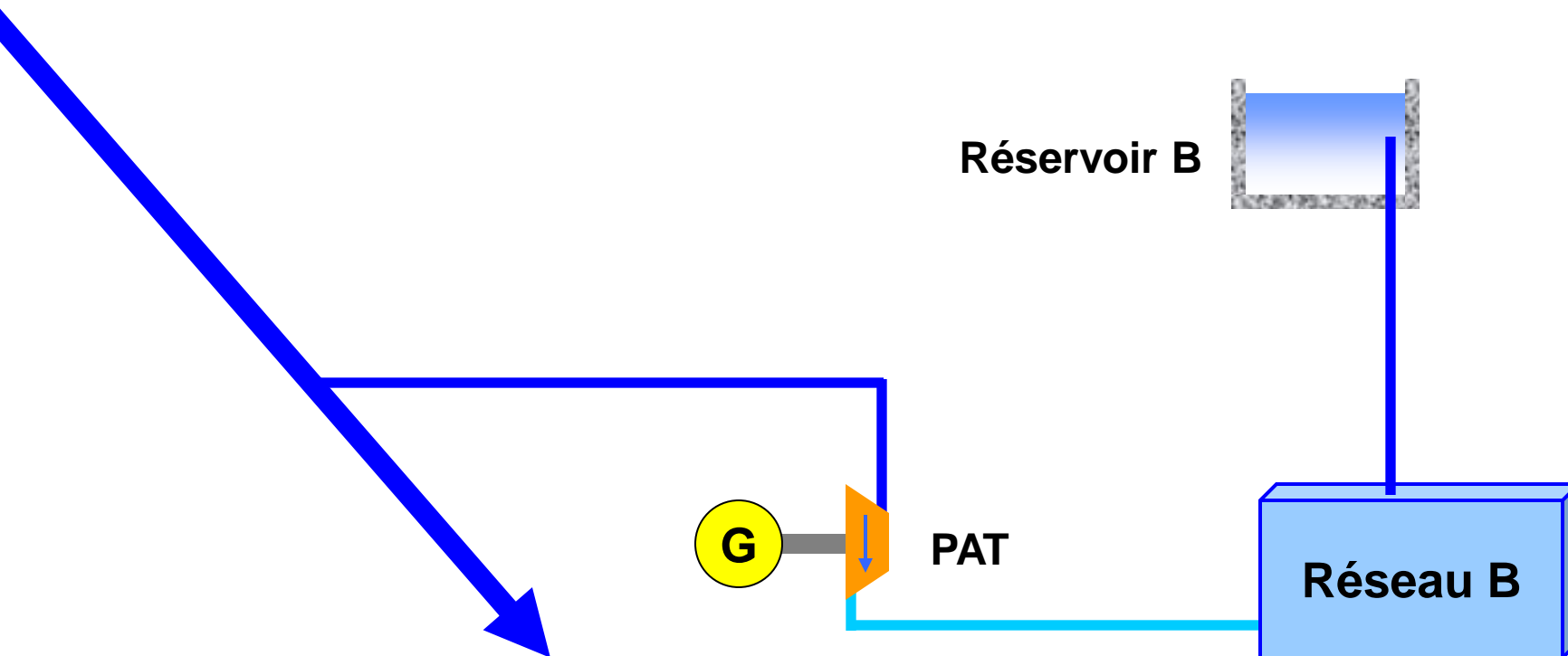
⇒ **Equilibrage des zones de pression**

⇒ **Zurich**, pompes en parallèle, même dimensionnement, production d'énergie utilisant le transport de l'eau vers une zone de pression inférieure.



□ Pompage-turbinage de l'eau potable

⇒ Soutirage à partir d'une conduite collective



□ **Pompage-turbinage de l'eau potable**

⇒ **Soutirage à partir d'une conduite collective**

⇒ **Oetwil a.S.,**

Q = 1620 l/min

Hnette = 100 m

Pél = 17.1 kW

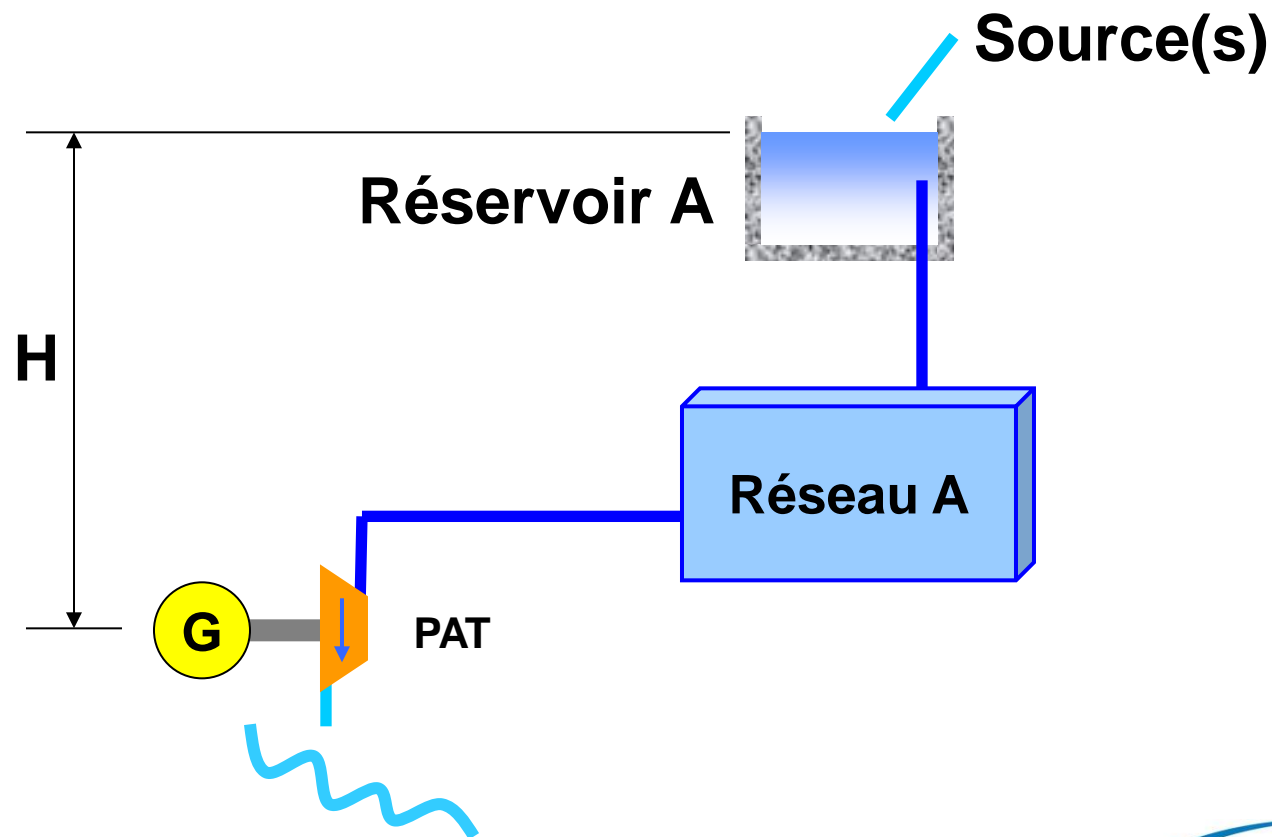
Pnom = 22.0 kW

Production = 75'000 kWh/a



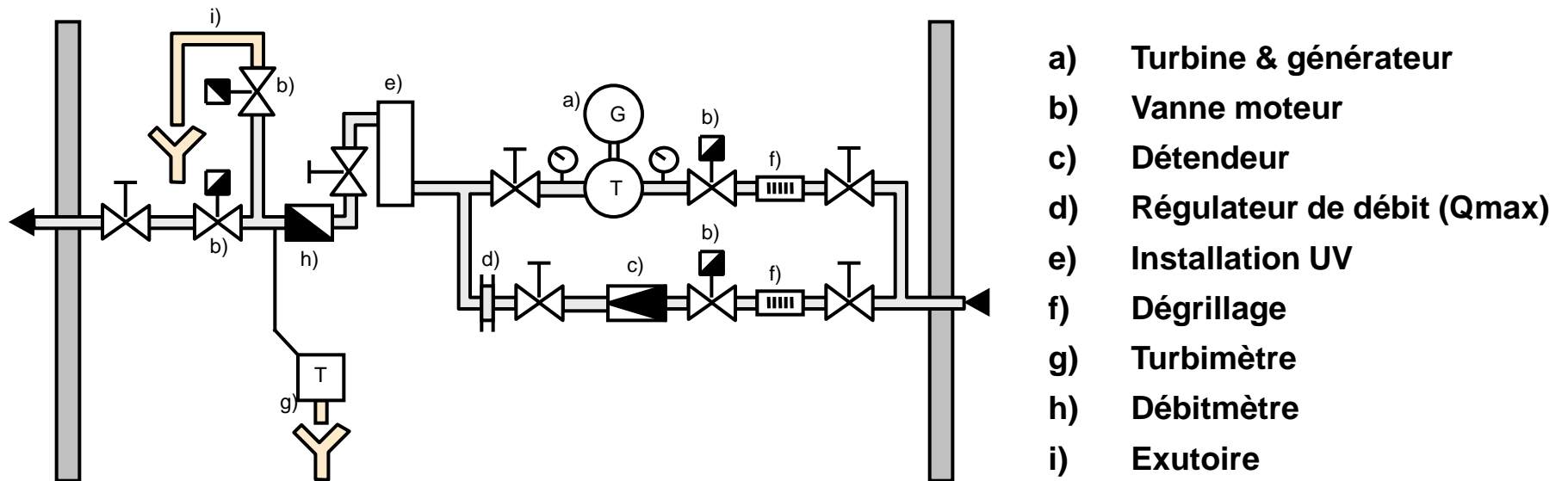
□ Pompage-turbinage de l'eau potable

⇒ Turbinage de l'eau excédentaire



□ Pompage-turbinage de l'eau potable

⇒ Exemple: schéma d'installation dans un réservoir



□ **Pompage-turbinage de l'eau potable**

- **Principes de base pour l'étude des installations**

Premier principe pour l'exploitation énergétique de l'eau potable: la sécurité de l'approvisionnement des consommateurs d'eau est une priorité absolue.

Toute installation de turbinage de l'eau potable doit être équipée d'un bypass assurant un approvisionnement sans perte en cas de défaillance de la turbine.

Merci de votre attention !