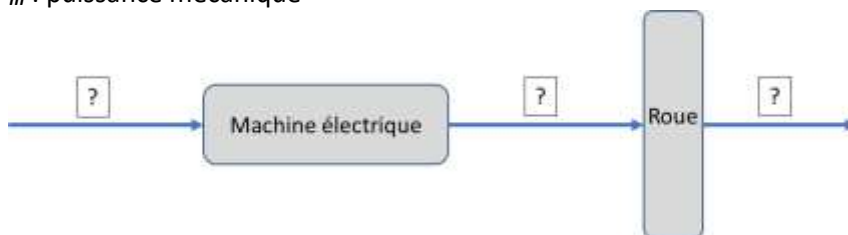


EXAMEN de *Conversion Electro-Mécanique de l'Energie*

Rédacteur : Alexandre LABERGUE

Questions de cours (Répondez seulement à ce qui est demandé):

- Donner l'expression du rendement mécanique d'une pompe hydraulique en fonction de la puissance hydraulique P_h et de la puissance mécanique P_m . Les expressions de P_h et P_m ne sont pas demandées.
- Reproduire le schéma ci-dessous sur votre copie en remplaçant les « ? » par les grandeurs suivantes :
 P_{elec} : puissance électrique
 P_h : puissance hydraulique
 P_m : puissance mécanique



- Dans le schéma ci-dessus, le transfert d'énergie s'effectue de la gauche vers la droite. Préciser alors le nom, ou type, de la roue.
- Rappeler les 3 noms des vitesses composant le triangle des vitesses : $\vec{V}$, $\vec{W}$, $\vec{U}$ ainsi que la relation vectorielle qui les relie.
- Quelle est la définition de la hauteur génératrice H_G ou brute ?
- Citer 2 exemples de turbine les plus adaptées pour des centrales hydroélectriques installées au fil de l'eau.
- Rappeler la définition de la puissance nominale P_N d'une éolienne.
- Rappeler deux hypothèses fondamentales de la théorie de Betz.

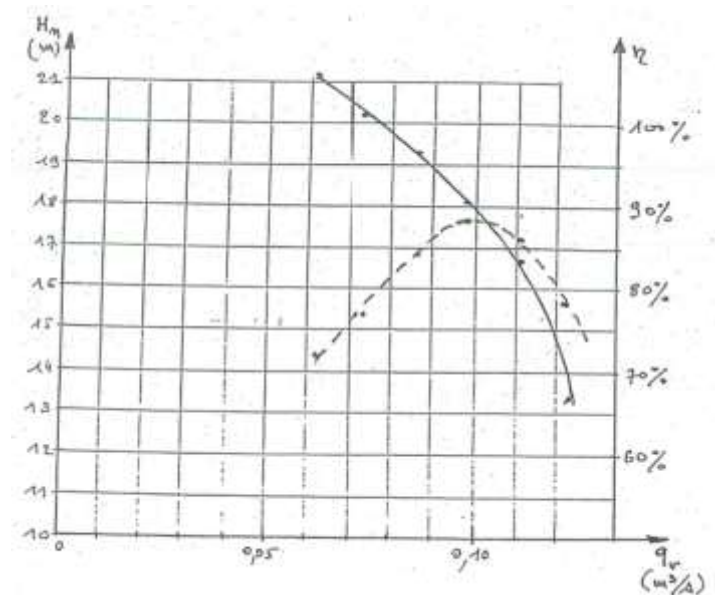
Exercice 1 :

Un producteur de tomates doit pomper ses besoins en eau à partir d'un bassin situé 20 m plus que son champ. Son besoin en eau impose un débit total de $Q_{vt} = 0.24 \text{ m}^3/\text{s}$. Le producteur dispose de pompes centrifuges dont les caractéristiques (hauteur nette H_{n1} et rendement mécanique η_m) sont données à la Figure ci-dessous. Ces pompes tournent à $N_1 = 2000 \text{ tr/mn}$ et ont un diamètre $D_1 = 0.5 \text{ m}$. Enfin, ces pompes sont actionnées par des moteurs électriques de rendement $\eta_e = 0.95$.

1. En négligeant l'ensemble des pertes de charges dans le circuit (conduites, pompes, etc...), quelle est alors la valeur de la hauteur nette H_n que la pompe doit fournir.
2. En déduire le nombre de pompes centrifuges minimales n_p que le producteur doit acheter.
3. Calculer la consommation d'électricité C_e en un an dans l'hypothèse où la ou les pompe(s) fonctionne(nt) en permanence.
4. Le producteur souhaite remplacer ces deux pompes par une seule pompe de géométrie semblable. Calculer le diamètre D_2 de cette nouvelle pompe unique ainsi que la vitesse de rotation N_2 .

On rappelle les expressions des invariants de Rateau:

$$\delta = \frac{Q_v}{ND^3} \text{ et } m = \frac{gH}{Qv^2N^2} \text{ puis } \tau = \frac{P}{\rho N^3 D^5}$$



Exercice 2 :

Soit une centrale hydroélectrique construite le long d'un fleuve à une altitude de 80 m dans une région chaude tempérée à 30°C et ayant les caractéristiques suivantes :

- Hauteur de pression de vapeur saturante équivalente à 30°C : $H_v = 0.3$ m
- Hauteur de la pression atmosphérique équivalente à 80 m : $H_a = 10$ m
- Hauteur génératrice $H_G = 30$ m
- Débit volumique $Q_v = 3$ m³/s
- Conduite forcée de diamètre $D = 1$ m et de longueur $L = 200$ m
- Rendement global (turbine et machine électrique): $\eta = 0.88$
- Viscosité cinématique de l'eau à 30°C : $\nu = 0.8 \times 10^{-7}$ m²/s

Partie 1

1. Calculer le nombre de Reynolds Re dans la conduite. Déduire le régime d'écoulement.
2. Calculer les pertes de charge régulière dans la conduite.
3. En négligeant les pertes de charges singulières et la hauteur résiduelle, déduire alors la hauteur nette H_n

On rappelle les expressions du coefficient de perte de charge linéique λ :

Régime laminaire : $\lambda = 64/Re$

Régime turbulent : $\lambda = 0.316Re^{-0.25}$

Partie 2

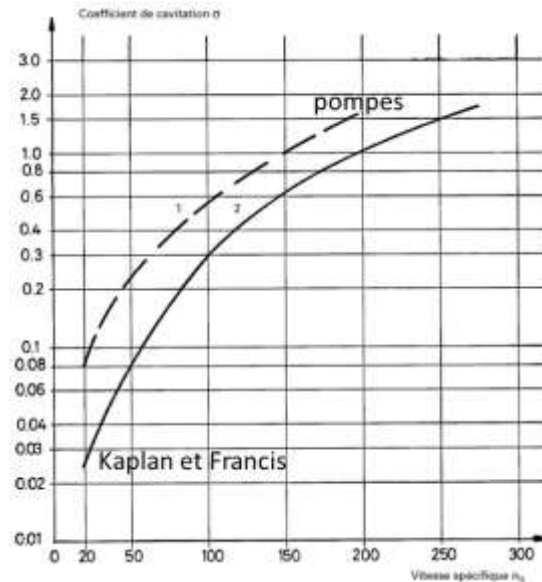
Remarque : ceux et celles qui ont oublié la formule des pertes de charges régulières, ils peuvent alors continuer l'exercice en remplaçant la hauteur nette par la hauteur génératrice H_G

4. Calculer la puissance hydraulique P_h ainsi que le type de turbine adaptée à ce site.
5. En négligeant à nouveau la hauteur résiduelle, calculer la vitesse de rotation limite N de la turbine pour éviter la cavitation en sortie de roue.

On rappelle l'expression du coefficient de Thoma σ et celle de la vitesse spécifique n_s :

$$\sigma = \frac{H_a - H_v}{H_n} \text{ et } n_s = N \frac{Q_v^{1/2}}{H_n^{3/4}}$$

6. Enfin, estimer la production annuelle **Prod** d'électricité.



Exercice 3 :

Soit une éolienne tripale à axe de rotation horizontal ayant un rotor de diamètre $D = 100$ m et de puissance électrique nominale P_N de 1500 kW. Au point nominal, la vitesse spécifique λ_N est de 7. Le tableau ci-dessous donne des mesures temporelles (un relevé toute les 10 heures) de : la vitesse du vent, la puissance électrique réellement produite ($P_{\text{réelle}}$) et de la puissance électrique que devrait fournir l'éolienne en condition normale (P_{design}).

1. A partir de ces mesures, donner la valeur de la vitesse de vent nominale V_N .
2. En déduire la vitesse de rotation nominale N_N de l'éolienne exprimée en tr/mn.

Entre $t = 50$ heures et 80 heures, on observe une baisse de la production électrique réelle. Cette baisse est attribuée à un phénomène de condition météorologique de type givrant.

3. Calculer alors la perte de production électrique **Prod_perte** (en kWh) engendré par ce phénomène givrant.

t(heure)	Vent (m/s)	$P_{\text{réelle}}$ (kW)	P_{design} (kW)
0	6	238	235
10	7	380	383
20	6,5	290	300
30	11	1280	1300
40	12	1480	1500
50	12	1000	1500
60	10	800	1100
70	11	750	1300
80	13	760	1500
90	9	820	830
100	7	380	383
110	8	570	580
120	10	1280	1300