

A. POMPAGE DE L'EAU ENTRE LES DEUX STATIONS

A.1. $W = mgh$

$m = 30 \times 1000 = 30\,000 \text{ kg}$

$g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

$h = 600 - 400 = 200 \text{ m}$

A.N.

$W = 30\,000 \times 9,81 \times 200 = \underline{5,886 \times 10^7 \text{ J}}$

$W \approx 58,9 \times 10^6 \text{ J} = \underline{58,9 \text{ MJ}}$

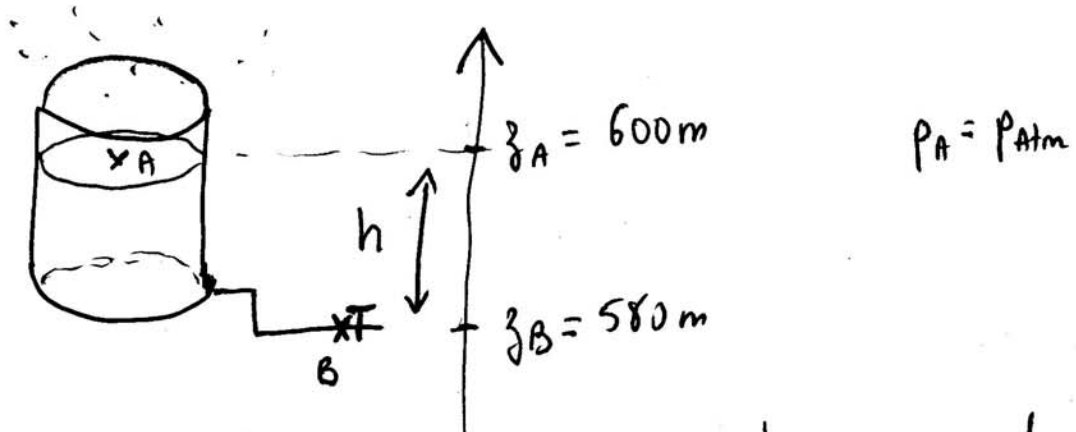
A.2. $P = \frac{W}{\Delta t}$

$\Delta t = 1 \text{ h} = 60 \times 60 = \underline{3600 \text{ s}}$

A.N.

$P = \frac{5,886 \times 10^7}{3600} = \underline{16\,350 \text{ W}} \approx \underline{16,3 \text{ kW}}$

A.3.



$P_B - P_A = \rho gh \Rightarrow P_B = P_A + \rho gh = P_{\text{atm}} + \rho gh$

A.N.

$$P_B = 1,0 \times 10^5 + 1,0 \times 10^3 \times 9,81 \times (600 - 580)$$

$$P_B = 296\,200 \text{ Pa} \approx 2,96 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 3,010 \text{ Pa} \approx \underline{3,0 \text{ bars}}$$

remarque: La pression augmente de 1 bar tous les 10 m d'eau, il y a donc en B : 1 bar de pression atmosphérique + 2 bars pour 20 m = 2 x 10 m d'eau soit en tout 1 + 2 = 3 bars.

B. ETUDE ELECTRIQUE DE LA STATION DE POMPAGE

1.1 * Moteur M_1 : $(690V)/1200V$

On regarde la plus petite des deux tensions, soit ici 690V - C'est la tension aux bornes de chaque enroulement du moteur. Par exemple pour M_1 , chaque enroulement doit être soumis à 690V. On regarde ensuite notre réseau triphasé : 400V/690V. On remarque que 690V est la tension composée de notre réseau. Par conséquent, chaque enroulement du moteur M_1 doit être soumis à la tension composée du réseau. Par conséquent, le couplage de M_1 est un couplage triangle.

* Moteur M_2 : $(400V)/690V$

Chaque enroulement de M_2 doit être soumis à 400V, tension simple de notre réseau.

Par conséquent, le couplage de M_2 est un couplage étoile.

Conclusion :

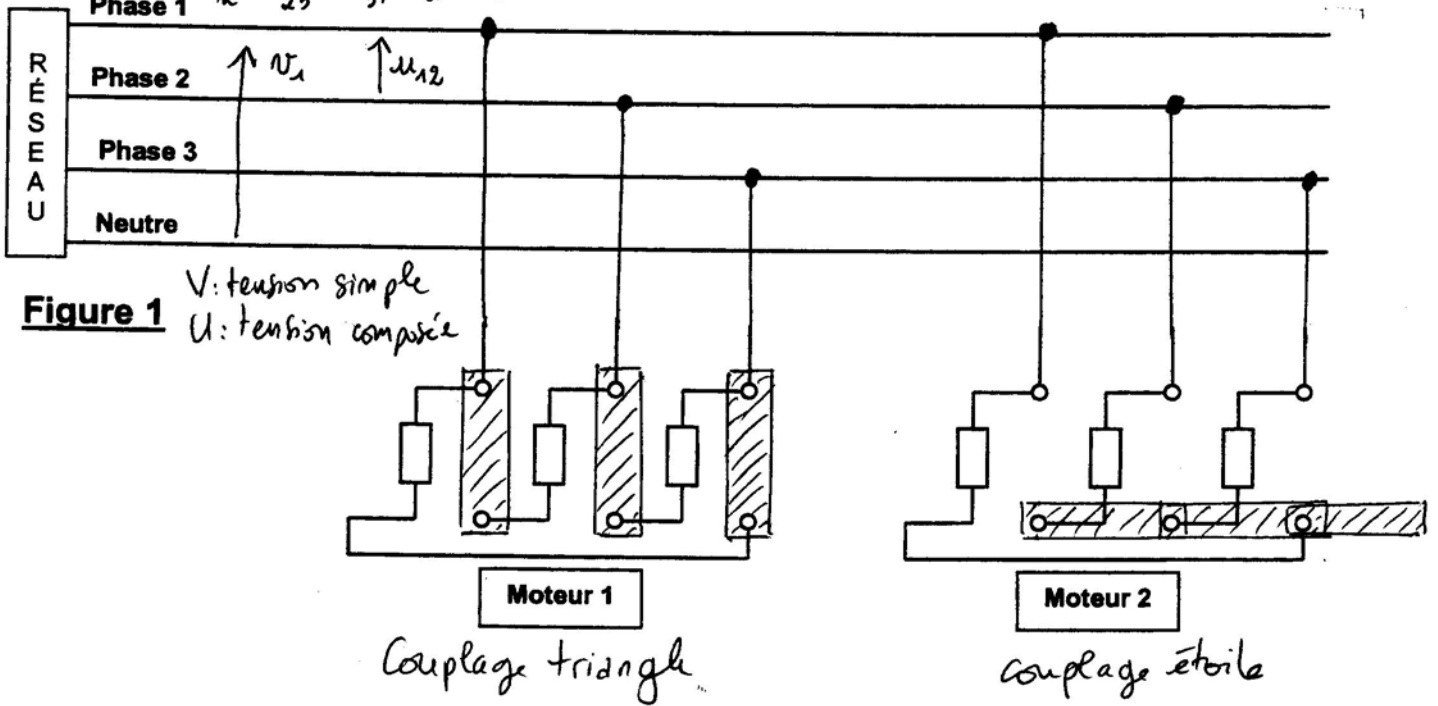
{	M_1	→	couplage triangle Δ
	M_2	→	couplage étoile Y

1.2. Voir figure 1 document réponse.

1.3. Voir figure 1 document réponse.

**DOCUMENT RÉPONSE
À RENDRE AVEC LA COPIE**

$V_1 = V_2 = V_3 = V = 400V$
 $U_{12} = U_{23} = U_{31} = U = 690V$



Tu (N.m)

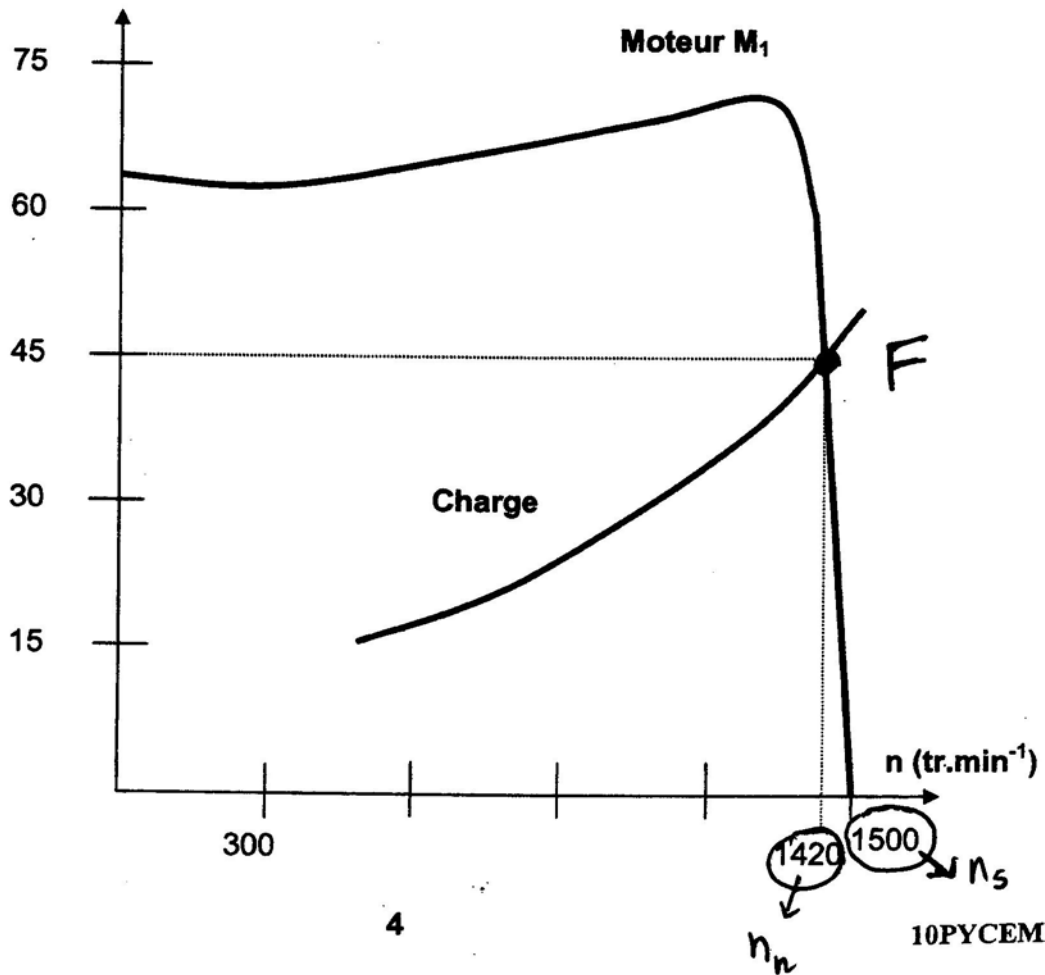


Figure 2

2.1. Le point d'intersection des caractéristiques mécaniques du moteur et de la charge correspond au point de fonctionnement F du moteur. (4)

En régime permanent, on a $T_u = T_r$, ce qui correspond au point F, la vitesse du moteur est constante, ainsi que le couple utile qu'il développe.

La vitesse du moteur correspond à l'abscisse du point de fonctionnement, c'est à dire :

$$n = n_F = \underline{1420 \text{ tr.min}^{-1}}$$

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} \quad \text{et} \quad n_s = \frac{f}{p} \quad \text{avec } f = 50 \text{ Hz}$$

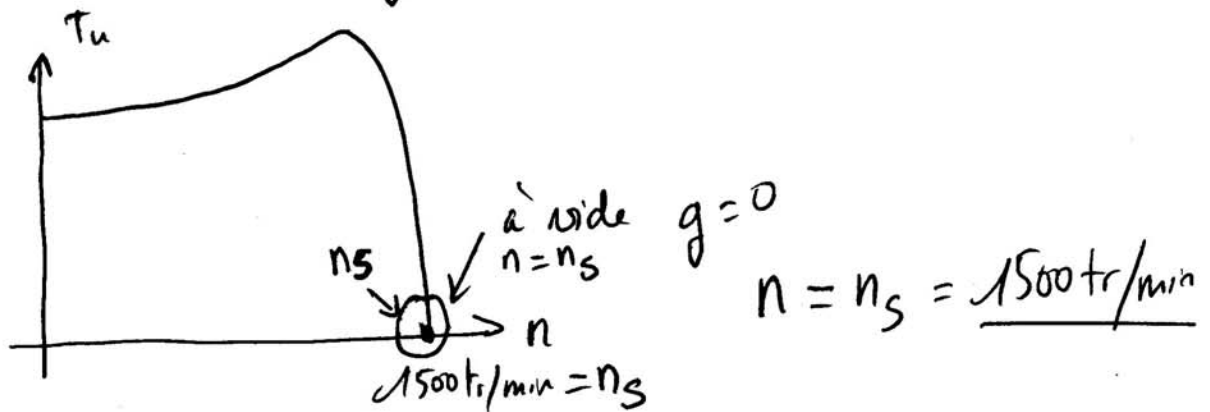
$$f = 50 \text{ Hz} = 50 \cdot \text{s}^{-1} = 50 \times 60 = 3000 \text{ min}^{-1}$$

p	1	2	3
	MAUVAIS	BON	MAUVAIS
$n_s (\text{tr/s}) = \frac{f}{p}$	50	25	16,7
$n_s (\text{tr/min})$	3000	1500	1000
$g = \frac{n_s - n}{n_s}$	$\frac{3000 - 1420}{3000}$	$\frac{1500 - 1420}{1500}$	$\frac{1000 - 1420}{1000}$
g	0,527	0,0533	-0,42
g (%)	52,7%	5,33%	-42%

(5)

Dans notre tableau, le seul résultat correct est $n_s = 1500 \text{ tr/min}$.

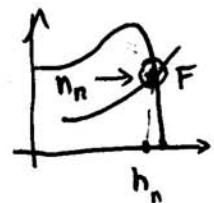
D'ailleurs, on le voit sur le graphique car à vide, on a $g = 0$ donc $n = n_s = \underline{1500 \text{ tr/min}}$



$$2.2. \quad n_s = \frac{f}{p} \Rightarrow p = \frac{f}{n_s} = \frac{50}{1500/60} = \frac{50}{25} = 2$$

Il y a donc 2 paires de pôles.

$$2.3. \quad n_n = \underline{1420 \text{ tr/min}} = n(F)$$



$$2.4. \quad g = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1420}{1500} = 0,0533$$

$$\underline{g = 5,33 \%}$$

$$2.5. \quad P_u = T_u \cdot \Omega$$

$$T_u = T(F) = 45 \text{ N.m}$$

$$1420 \text{ tr/min} = \frac{1420 \text{ tr}}{1 \text{ min}}$$

$$\Omega = \frac{n_n \times 2\pi}{60}$$

$$1420 \text{ tr/min} = \frac{1420 \times 2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}}$$

$$\Omega = \frac{1420 \times 2\pi}{60} = 148,702 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$1420 \text{ tr/min} = \frac{1420 \times 2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}}$$

$$\underline{\text{A.N.}} \quad P_u = 45 \times 148,702 = 6691,59 \text{ W} \approx \underline{6,69 \text{ kW}}$$

$$2.6. \quad \eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{6691,59}{8000} = 0,836449 \quad (6)$$

$$\eta \approx 0,836$$

$$\eta \approx 83,6\% \approx \underline{84\%}$$

Le rendement du moteur est d'environ 84%.

$$3.1. \quad P_{\text{tot}} = 2P_1 + P_2 = 2 \times 8 + 7 = \underline{23 \text{ kW}}$$

(Théorème de Boucherot)

$$3.2. \quad Q_{\text{tot}} = 2Q_1 + Q_2 = 2P_1 \tan \varphi_1 + P_2 \tan \varphi_2$$

(Théorème de Boucherot)

$$Q_1 = P_1 \tan \varphi_1 = P_1 \tan [\arccos(\cos \varphi_1)]$$

$$Q_2 = P_2 \tan \varphi_2 = P_2 \tan [\arccos(\cos \varphi_2)]$$

A.N

$$Q_1 = 8 \times \tan [\arccos(0,8)]$$

$$Q_1 = 8 \times \tan(36,8699^\circ)$$

$$Q_1 = 8 \times 0,75 = \underline{6 \text{ kVar}}$$

$$Q_2 = 7 \times \tan [\arccos(0,72)]$$

$$Q_2 = 7 \times \tan(43,9455^\circ)$$

$$Q_2 = 7 \times 0,963857 = 6,74697 \approx \underline{6,75 \text{ kVar}}$$

$$Q_{\text{tot}} = 2Q_1 + Q_2 = 2 \times 6 + 6,75 = 18,747 \approx \underline{18,7 \text{ kVar}}$$

$$3.3. \quad S_{\text{tot}} = \sqrt{P_{\text{tot}}^2 + Q_{\text{tot}}^2} = \sqrt{23^2 + 18,74697^2} = 29,6724$$

$$\underline{S_{\text{tot}} \approx 29,7 \text{ kVA}}$$

(7)

$$3.4. \quad S_{tot} = \sqrt{3} UI \Rightarrow I = \frac{S_{tot}}{\sqrt{3} U}$$

$$A.N. \quad I = \frac{29,6724}{\sqrt{3} \times 690} = 0,024828 \text{ kA}$$

$$I = 24,828 \text{ A}$$

$$\underline{I \approx 24,8 \text{ A}}$$

$$3.5. \quad \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{23}{29,6724} = \underline{0,775}$$

C. ANALYSE CHIMIQUE DE LA QUALITE DE L'EAU

$$1.1. \quad c(\text{Ca}^{2+}) = 25,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c(\text{Mg}^{2+}) = 14 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{V}$$

$$c(\text{Mg}^{2+}) = \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{V}$$

$$n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca}^{2+})} = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca})}$$

$$\text{de même } n(\text{Mg}^{2+}) = \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{M(\text{Mg})}$$

Prenons $V = 1 \text{ L}$, alors

$$m(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+}) \times V$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = 25,7 \text{ mg} \cdot \cancel{1 \text{ L}} \times 1 \text{ L}$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = 25,7 \text{ mg} = 25,7 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

$$n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca})} = \frac{25,7 \cdot 10^{-3}}{40} = \underline{6,425 \times 10^{-4} \text{ mol}} \quad (8)$$

$$m(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{Mg}^{2+}) \times V = 14 \text{ mg} \cdot \cancel{\text{L}^{-1}} \times 1 \text{ L}$$

$$m(\text{Mg}^{2+}) = 14 \text{ mg} = 14 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$n(\text{Mg}^{2+}) = \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{M(\text{Mg})} = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{24} = \underline{5,833 \times 10^{-4} \text{ mol}}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V} = \frac{6,425 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1 \text{ L}} = \underline{6,425 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{n(\text{Mg}^{2+})}{V} = \frac{5,833 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1 \text{ L}} = \underline{5,833 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

$$\begin{aligned} 1.2. \quad [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] &= 6,425 \cdot 10^{-4} + 5,833 \cdot 10^{-4} \\ [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] &= 0,0012258 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] &= 1,226 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \end{aligned}$$

En effet $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$ donc dans 1 m^3 , il y a 1000 fois plus d'ions que dans un litre et pour avoir la concentration en moles par m^3 , il faut multiplier la concentration en moles par litres par 1000.

$$\begin{array}{ccc} 0,1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} & \longrightarrow & 1^\circ \text{F} \\ 1,226 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} & \longrightarrow & x^\circ \text{F} \end{array}$$

$$x = \frac{1,226}{0,1} = 12,26^\circ \text{F} \approx \underline{12,3^\circ \text{F}}$$

(9)

La dureté de l'eau est de 12,3 degrés hydrotimétriques français.

1.3. Cette eau n'est pas trop dure car son degré hydrotimétrique français est inférieur à 20°F .

1.4. Une eau dure peut entartrer les canalisations, (donc les boucher).

2.1. $\text{pH} > 7$ donc cette eau est basique

2.2. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$

A.N.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7,9} = \underline{1,26 \cdot 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}}$$

La concentration molaire en ions hydronium de cette eau est égale à $1,26 \times 10^{-8}$ mole par litre.