

PARTIE A

ETUDE DE LA COGENERATION

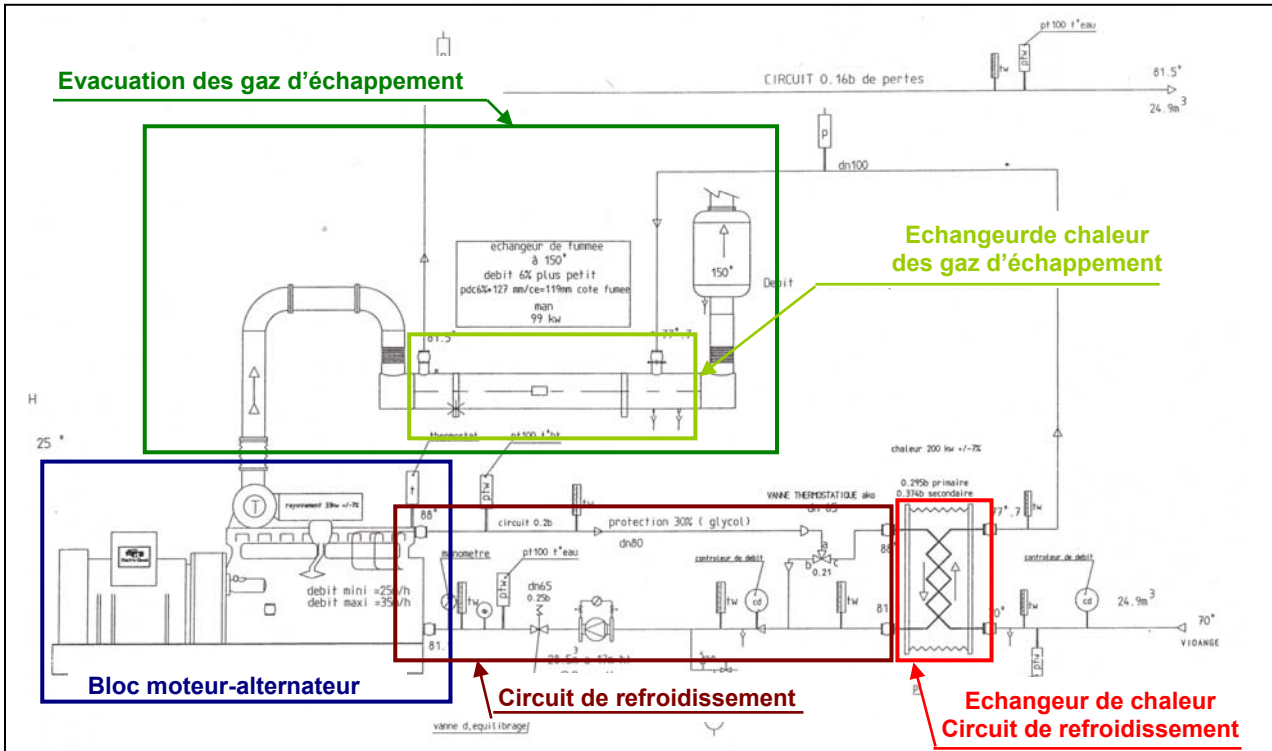
- Mise en évidence de l'amélioration du rendement par récupération de chaleur
- Etude de l'alternateur

Ce dossier est constitué :

- 5 pages numérotées de A1 correction à A5 correction [Correction]

A.I. Mise en évidence de l'amélioration du rendement par récupération de chaleur

A.I.1. Repérer sur le schéma du module de cogénération



A.I.2. Calculer la puissance apparente de l'alternateur (cf PR6).

$$S = P / \cos\phi \text{ donc } S = 170000 / 0,93 = 182 \text{ kVA}$$

A.I.3. En déduire son rendement (cf. D.T. A1).

D'après les caractéristiques : $\eta = 94,8\%$ environ

A.I.4. Calculer alors la puissance mécanique (notée P_m) à fournir par le moteur.

$$P_m = P_e / \eta \text{ donc } P_m = 179 \text{ kW}$$

ELEMENTS DE REPONSE PARTIE A

A.I.5.

A.I.5.a. Calculer le pourcentage de charge du moteur (Cf. DT A2).

$$P_m = a(x-75) + b \text{ avec } x \text{ charge du moteur}$$

$$a = (208-156)/(100-75) = 2,08 \text{ et } b = 156$$

$$\text{Donc } x = (179-156 + 2,08 \cdot 75) / 2,08 = 86,2$$

La charge du moteur est de 86,2%

De même que précédemment, les calculs de la puissance thermique récupérée sur le circuit de refroidissement (notée P_{th1}) et celui de la puissance thermique récupérée sur les gaz d'échappement (notée P_{th2}), ont donné :

$$P_{th1} = 181 \text{ kW et } P_{th2} = 106 \text{ kW}$$

Comment retrouver P_{th1} et P_{th2} :

$$P_{th1} = a(x-75) + 164 \text{ avec } a = (202-164)/(100-75) = 1,52 \quad \text{Donc pour } x=86,2 \quad P_{th1} = 181 \text{ kW}$$

$$\text{De même } P_{th2} = a(x-75) + 92 \text{ avec } a = (125-92)/(100-75) = 1,32 \quad \text{Donc pour } x=86,2 \quad P_{th2} = 106 \text{ kW}$$

A.I.5.b. Déduire la puissance équivalente produite par la combustion du gaz (notée P_{gaz}) (Cf. DT A2).

$$P_{gaz} = a(x-75) + 473 \text{ avec } a = (610-473)/(100-75) = 5,48$$

$$\text{Donc pour } x=86,2 \quad P_{gaz} = 534 \text{ kW}$$

A.I.6. Calculer le rendement η_1 du groupe moteur alternateur sans récupération thermique.

$$\eta_1 = P_{elec} / P_{gaz} = 170 / 534 = 31,8\%$$

A.I.7. Calculer le rendement η_2 du groupe moteur alternateur avec récupération thermique

$$\eta_2 = (P_{elec} + P_{th1} + P_{th2}) / P_{gaz} = 457 / 534 = 85,6\%$$

A.I.8 Conclure sur l'intérêt du module de cogénération

Pour une même consommation de gaz, l'énergie récupérée est plus grande, donc le rendement est augmenté.

A.I.9.

A.I.9.a. Dans le premier échangeur

$$P_e = \mu Q_c \Delta\theta \text{ donc } \Delta\theta = P_e / (\mu Q_c) \text{ donc } \Delta\theta_1 = 6,39^\circ\text{C}$$

A.I.9.b. Dans l'échangeur de fumée

$$\text{De même } \Delta\theta_2 = 3,8^\circ\text{C}$$

A.I.9.c. Vérifier que la température de l'eau sort du deuxième échangeur à 80°C environ si l'eau entre dans le premier à 70°C.

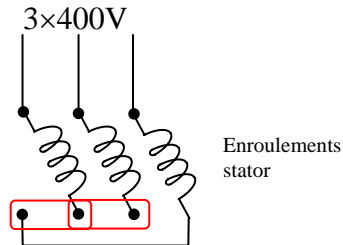
$$\Delta\theta_{total} = \Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 = 10,19^\circ\text{C} \text{ donc si l'eau entre à } 70^\circ\text{C} \text{ elle sort à } 80,2^\circ\text{C}$$

A.II. Etude de l'alternateur (DT A3, DT A4)

A.II.1.

$$p = \frac{f}{N} = \frac{50 \times 60}{1500} = 2 \quad \text{paires de pôles}$$

A.II.2.



A.II.3.

$$I = \frac{P}{U \times \sqrt{3} \times \cos \varphi} = \frac{170000}{400 \times \sqrt{3} \times 0,93} = 264 \text{ A}$$

A.II.4.

Comment retrouver $\alpha \cdot I$ et $L \cdot \omega \cdot I$ (pour le jury)

- (Déwatté) Reporter sur la caractéristique $E_o = f(I_e)$, le point **P (230V, 3.5A)**
- (Court-circuit) $k = \frac{I_{cc}}{I_e} = \frac{250}{1.35} = 185.2$

Valeur de I_e correspondant à la valeur de I ($I_{\text{fonctionnement}}$) de l'essai en déwatté

$$I_e = \frac{I_{\text{déwatté}}}{k} = \frac{264}{185.2} = 1.42$$

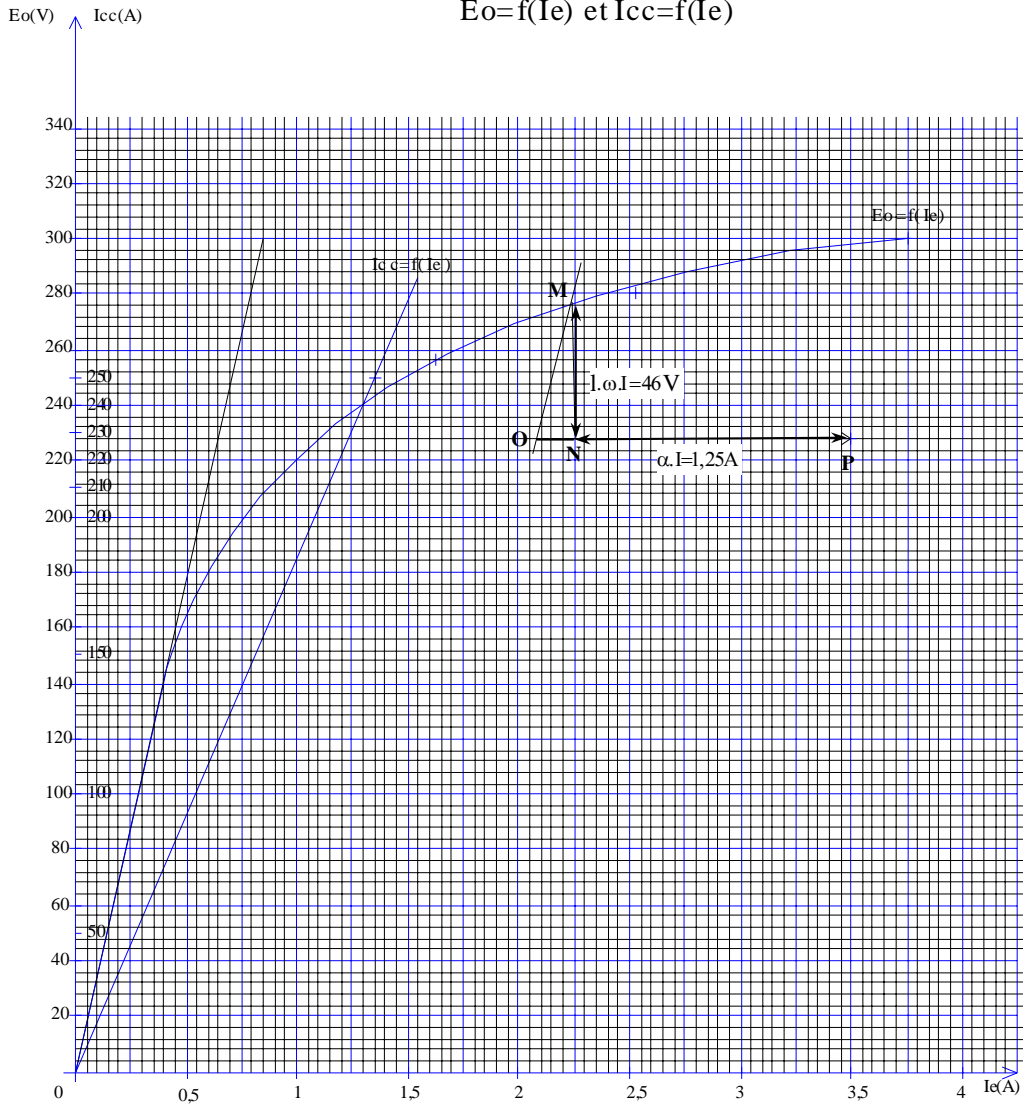
le point **O** : la distance OP est égale à la valeur de I_e qu'on vient de calculer.

- Détermination du point M.
- Projection point M en N.
- On alors peut lire :
 $NM = L \cdot \omega \cdot I = 46 \text{ V}$.
 $NP = \alpha \cdot I = 1.25 \text{ A}$

ELEMENTS DE REPONSE PARTIE A

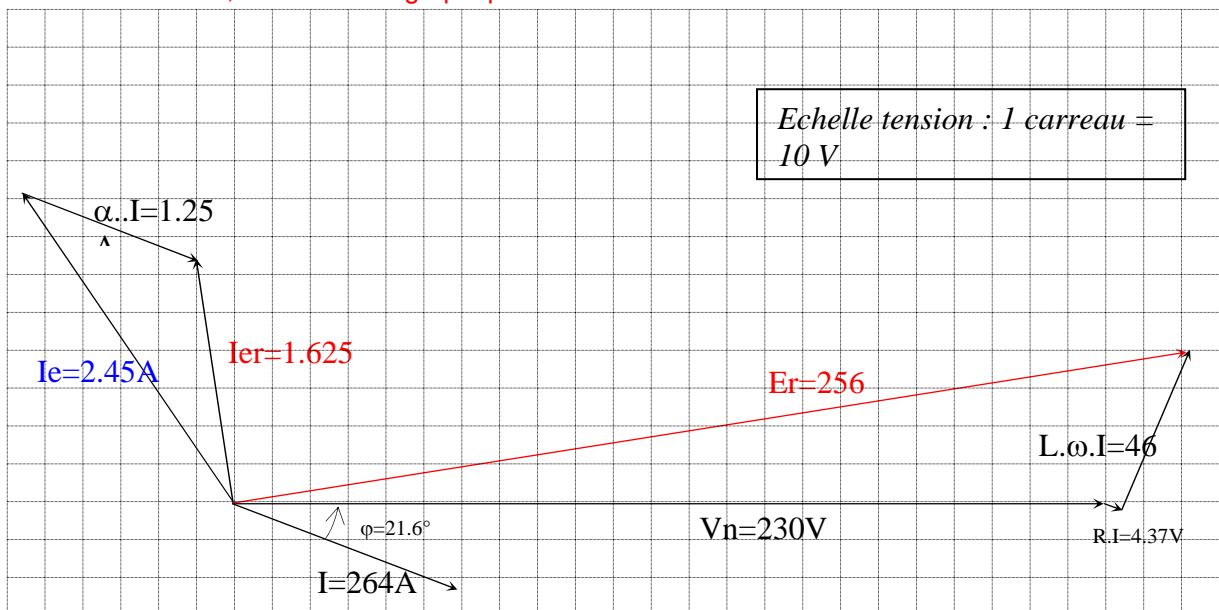
CARACTERISTIQUES DE L'ALTERNATEUR

$$E_o = f(I_e) \text{ et } I_{cc} = f(I_e)$$



Déterminer le courant I_e correspondant à notre point de fonctionnement.

- A partir de V_n , $R.I$ et $L.\omega.I$, on détermine graphiquement E_r (fem résultante) **$E_r = 256V$** .
- A partir de la valeur E_r mesurée et $E_o = f(I_e)$ (en prenant $E_r = E_o$), on détermine **$I_{er} = 1.625A$** .
- La nouvelle valeur I_{er} est orthogonale à E_r . Connaissant I_{er} , $\alpha.I$ et la relation vectorielle $\vec{I}_{er} = \alpha.\vec{I} + \vec{I}_e$, on détermine graphiquement **$I_e = 2.45A$** .



A5 correction

PARTIE B

ETUDE DE LA DISTRIBUTION ELECTRIQUE

- Etude de la protection des personnes : régime de neutre.
- Détermination du courant de court circuit.
- Dimensionnement du câble de la cogénération.

Ce dossier est constitué :

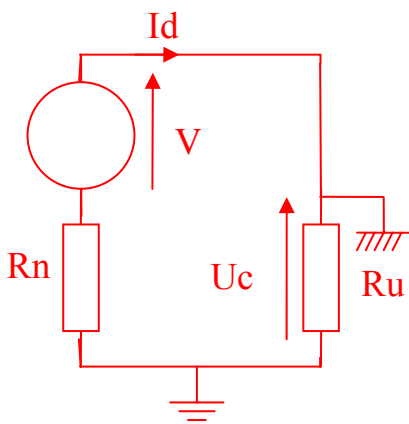
- 6 pages numérotées de B1 correction à B6 correction [Correction]

B1 Etude de la protection des personnes : Régime de neutre.

B1 1 :

Ce régime de neutre est simple à mettre en œuvre, il ne nécessite que peu de calculs, il n'est pas très onéreux et les courants de défaut sont faibles. En revanche il y a coupure dès le premier défaut et la continuité de service est donc médiocre.

B1 2 :



Calcul de \$U_c\$: non obligatoire

$$U_c = \frac{V \cdot R_u}{R_u + R_n} = \frac{230 \cdot 22}{22 + 22} = 115V$$

A la lecture du tableau 41A donné en annexe ce défaut devra être éliminé moins de 0.2 seconde.

B1 3 :

$$I_d = \frac{V}{R_n + R_u} = \frac{230}{22 + 22} = 5.2A$$

B1 4 :

Le DDR D11 à un \$I_{\Delta n}\$ de 300mA et le courant de défaut est de 5.2A, son déclenchement est donc certain.

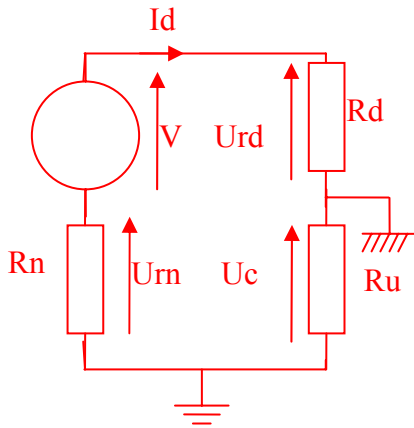
Au regard de la norme NFC 15-100 (tableau 41A donné en annexe) la protection des personnes contre les contacts indirects est bien assurée.

En effet le DDR n'est pas retardé.

B1 5 :

D11 déclenche dès que I_d est égal à 300mA, ici cela correspond à une tension $U_c = R_u \cdot I_{\Delta n} = 22 \cdot 0,3 = 6.6V$

Ceci correspond à une résistance de défaut maxi de :



$$I_d = 0,3A = \frac{V}{R_d + R_u + R_n}$$

$$R_d = \frac{V}{I_d} - R_u - R_n$$

$$R_d = \frac{230}{0,3} - 22 - 22 = 722\Omega$$

B1 6 :

Dans le cas présent la sélectivité des protections différentielles est assurée car lors d'un défaut franc ($R_d=0$) le courant de défaut I_d est de 5.2A donc seul le DDR de D11 déclencherà, le DDR du disjoncteur MASTERPACT de l'armoire AGBT qui est situé en amont ne déclencherà pas car sa sensibilité est de 7A.


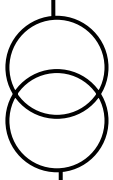





B2 Calcul du courant de court circuit.

B2 1 :

Dans une installation électrique il est nécessaire de connaître le courant de court-circuit en différents points car ceci permet de déterminer le pouvoir de coupure des appareils de protection et de vérifier leur sélectivité.

PARTIE B ELEMENTS DE REponses

B2 2

Schéma	Partie de l'installation	Résistances (mΩ)	Réactances (mΩ)
	Réseau amont	0,1	0,7
	Transformateur	2.88	9
	Câble de liaison Transformateur / AGBT	$R = \rho \frac{L}{s} = 36 \cdot \frac{4}{4.185}$ $R = 0.19m\Omega$	$X = 4 \cdot \frac{0.15}{4}$ $X = 0.15m\Omega$
	Disjoncteur AGBT 4x1250A	$R = 0m\Omega$	$X = 0,15m\Omega$
	Cable de liaison AGBT / TGBT	$R = \rho \frac{L}{s} = 36 \cdot \frac{35}{4.240}$ $R = 1,31m\Omega$	$X = 35 \cdot \frac{0.15}{4}$ $X = 1,31m\Omega$
	Disjoncteur TGBT D12 4x400A	$R = 0m\Omega$	$X = 0,15m\Omega$
	Câble de liaison TGBT/ Armoire Pompe Filtration 1	$R = \rho \frac{L}{s} = 36 \cdot \frac{55}{240}$ $R = 8,25m\Omega$	$X = 55 \cdot 0,15$ $X = 8.25m\Omega$

Courant de court-circuit au point A

$$R_{ta} = 0,1 + 2,88 + 0.19 = 3.17m\Omega$$

$$X_{ta} = 0.7 + 9 + 0.15 + 0.15 = 10m\Omega$$

$$I_{cctria} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{ta}^2 + X_{ta}^2}} = \frac{410}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,17^2 + 10^2}}$$

$$I_{cctria} = 22,56kA$$

Courant de court-circuit au point B

$$R_{tb} = R_{ta} + 1.31 = 4.48m\Omega$$

$$X_{tb} = X_{ta} + 0,15 + 1.31 = 11,46m\Omega$$

$$I_{cctrib} = \frac{410}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{4,48^2 + 11,46^2}}$$

$$I_{cctrib} = 19.24kA$$

Courant de court-circuit au point C

$$R_{tc} = R_{tb} + 8.25 = 12,73m\Omega$$

$$X_{tc} = X_{tb} + 8.25 = 19,71m\Omega$$

$$I_{cctrib} = \frac{410}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{12,73^2 + 19,71^2}}$$

$$I_{cctrib} = 10.08kA$$

B2 3

Le pouvoir de coupure du disjoncteur MASTERPACT de l'armoire AGBT devra être $\geq 22,56kA$

Le pouvoir de coupure du disjoncteur D11 de l'armoire TGBT devra être $\geq 19,24kA$

B3 Dimensionnement du câble de la cogénération.

B31

L'intensité qui circule dans le câble est de :

$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \rho} = \frac{170 \cdot 10^3}{400 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,93} = 264A$$

Ce calcul n'est pas obligatoire, en

effet on dimensionne le câble en prenant I_z = courant supportable par la canalisation = I_n du disjoncteur et qui ici est déjà choisi : I_n de D6 = 270A. La lettre de sélection nous est donnée par le tableau H1-12, c'est la lettre F (câble mono conducteur sur échelle de câble)

Le coefficient K1 qui mesure l'influence du mode de pose nous est donné par le tableau H1-13.

On trouve $K1=1$ (B, C, D, E, F, autres cas).

Le coefficient K2 qui mesure l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte nous est donné par le tableau H1-14.

On trouve $K2=1$ (1 seul circuit)

Le coefficient K3 qui mesure l'influence de la température ambiante nous est donné par le tableau H1-14.

On trouve $K3=0.93$ (température ambiante $\leq 35^\circ$)

$$K = K1 \cdot K2 \cdot K3 = 1 \times 1 \times 0,93 = 0,93$$

Le câble sera donc dimensionné pour une intensité $I'_z = I_n \text{ disj}/K$ soit $270/0,93=290A$

Le tableau H1-17 nous donne (lettre F, câble PVC3,298A) $S=185mm^2$ en aluminium.

Vérification de la chute de tension :

Le tableau H1-29 nous donne (section 150mm² en aluminium, circuit triphasé équilibré service normal) une chute de tension de 0,42V/A/km.

La chute de tension dans ce câble sera donc égal au plus à :

$0,42 \times 270 \times 0.015 = 1,7V$ ce qui représente un Δu de $1,7/400=0,004$ soit 0,4%, cette chute de tension est très faible en regard des valeurs permises (ici 8%) mais il faudrait la vérifier à l'extrémité de l'installation c'est-à-dire aux différents points d'utilisation.

Nous constatons que la section installée est inférieure (valeur juste en dessous 150mm²), le câble a donc été dimensionné « au plus juste », (en effet une telle section supporte 261A) par souci d'économie ou bien le critère de la température ambiante n'a pas été pris en compte (dans ce cas là 150mm² suffisent), ou bien encore on a considéré que la cogénération ne fournirait pas en permanence sa puissance maximale.

B32

Bien que le câble installé entre l'armoire AGBT et l'armoire TGBT véhicule une intensité plus faible que le câble installé à la sortie du transformateur de distribution sa section est plus importante car il est bien plus long et ne satisferait certainement pas aux contraintes de chute de tension.

PARTIE C

***ETUDE DE LA COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE
DE L'INSTALLATION***

- Bilan de puissance de l'installation
- Détermination de la puissance réactive à compenser
- Choix de l'armoire de compensation
- Schéma de raccordement des batteries de condensateur

Ce dossier est constitué :

- 4 pages numérotées de C1 correction à C4 correction [Correction]

CI Bilan de puissance de l'installation

C.I.1.

Armoires	Puissances actives P (kW)	Cos φ	φ (°)	Puissances réactive Q (kVAR)
CTA Bassin	80	0,75	41,41	70,5
CTA Vestiaire	20	0,8	36,87	15
Pompe filtration 1	150,7	0,76	40,5	128,87
Pompe filtration 2	181,35	0,8	36,87	136

Formule utilisée pour déterminer φ : $\varphi = \arccos(\cos \varphi)$

Formule utilisée pour déterminer Q : $Q = P \times \tan \varphi$

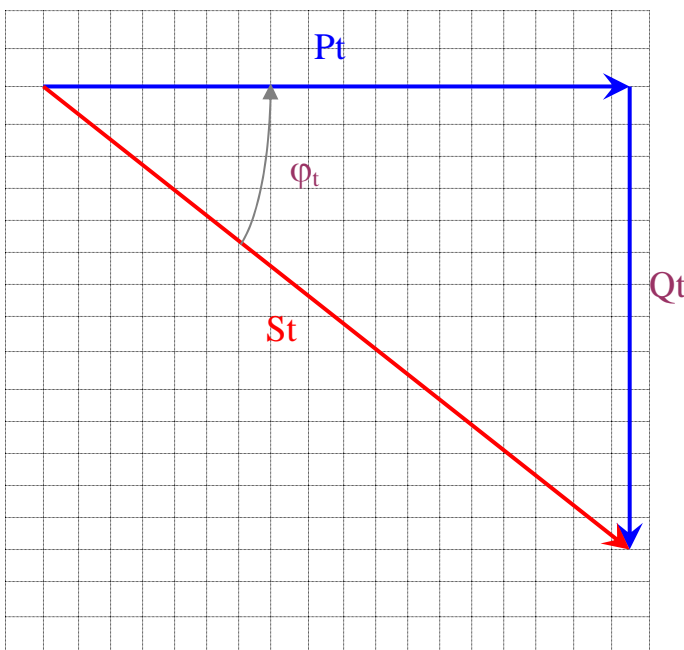
C.I.2.

$$P_t = \sum P = 80 + 20 + 150,7 + 181,35 = 431,7 \text{ KW}$$

C.I.3.

$$Q_t = \sum Q = 70,5 + 15 + 128,87 + 136 = 350,37 \text{ KVAR}$$

C.I.4.



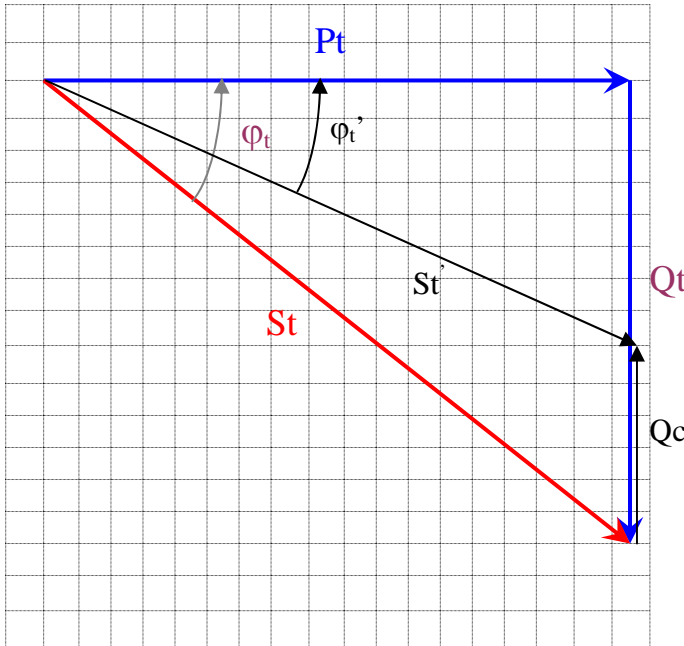
$$\tan \varphi_t = \frac{Q_t}{P_t} = 0,812$$

$$S_t = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} = 556,4 \text{ KVA}$$

$$I_t = \frac{S_t}{\sqrt{3} \times 410} = 803 \text{ A}$$

CII Détermination de la puissance réactive à compenser

C.II.1.



$$\tan \varphi_t' = 0,4 = \frac{Q_t - Q_c}{P_t}$$

$$\Rightarrow Q_c = -(0,4 \times P_t - Q_t)$$

$$Q_c = 177,69 \text{ VAR}$$

$$S_t' = \sqrt{P_t^2 + (Q_t - Q_c)^2}$$

$$S_t' = 464,9 \text{ KVA}$$

$$I_t' = \frac{S_t'}{\sqrt{3} \times 410} = 671 \text{ A}$$

C.II.2.

S_t' et I_t' par rapport à S_t et I_t sont plus faibles.

Cette diminution entraîne au niveau :

- des câbles : section plus faible ;
- de l'appareillage : calibre plus faible ;
- du transformateur : puissance apparente plus faible ;
- de la tarification : évite des pénalités en tarif vert (trop de consommation de réactif).

Bref des économies.

CIII Choix de l'armoire de compensation

C.III.1.

$$\frac{Q_c}{S_n} = \frac{180}{800} = 0,225 \text{ soit } 22,5\% \quad \rightarrow \quad \text{Compensation automatique}$$

$$\frac{G_h}{S_n} = \frac{150}{800} = 0,1875 \text{ soit } 18,75\% \quad \rightarrow \quad \text{Type H}$$

C.III.2.

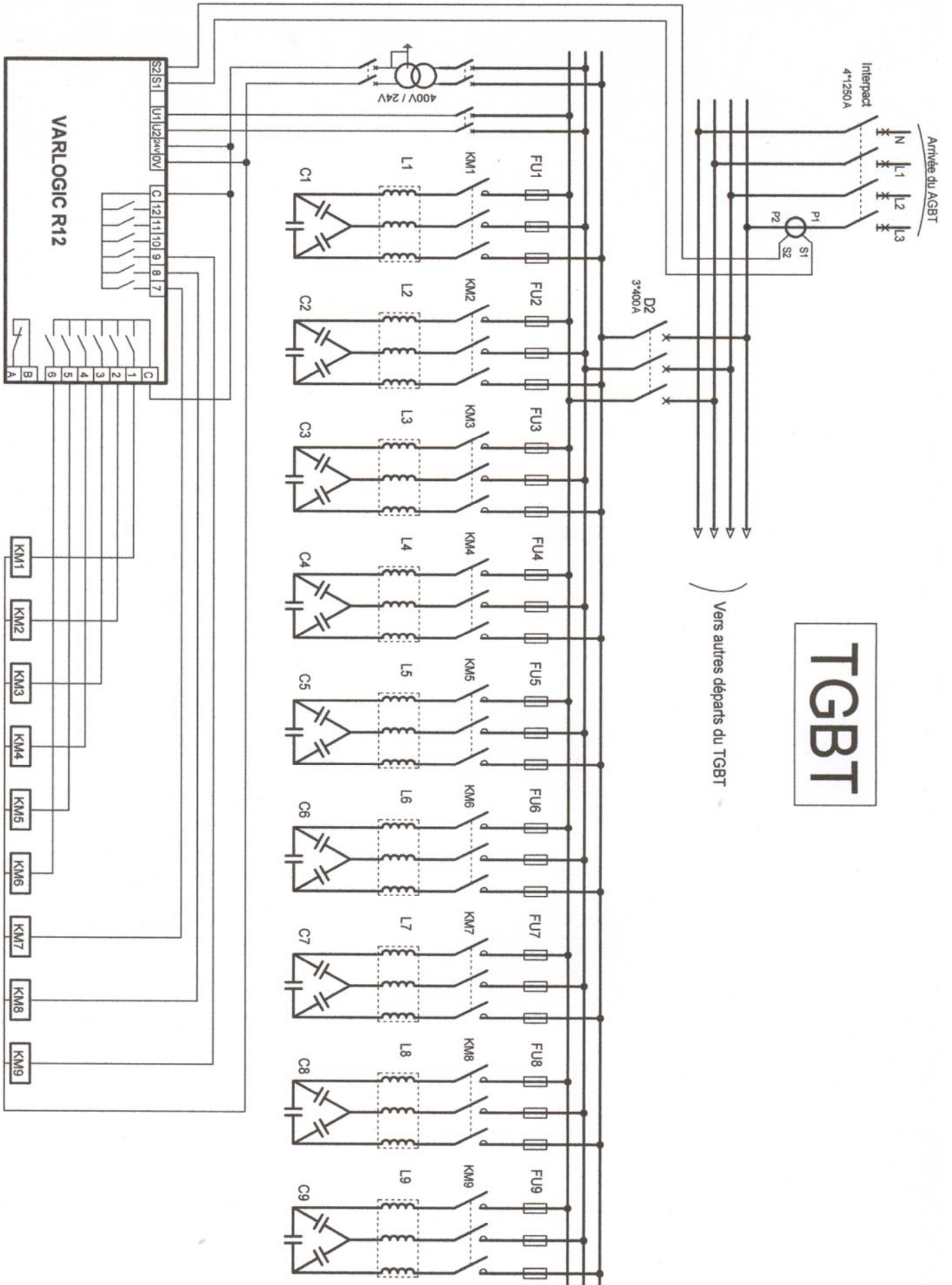
Choix : 400V, type H, 180KVAR → Réf : 52642 et NS400
 Nombre de gradin : 9 gradins de 20 KVAR

C.III.3.

$$Q_g = P_g \times \tan \varphi_g = 170 \times \tan 21,6^\circ = 67,3 \text{ KVAR}$$

$$\% \text{ de fonctionnement des batteries} = 1 - \frac{67,1}{180} = 0,626 \text{ soit } 62,6\%$$

CIV Schéma de raccordement des batteries de condensateur



C4 correction

PARTIE D

***AUTOMATISATION DU LEVAGE DES FILTRES A SABLE
DU CIRCUIT RIVIERE***

- Lavage des filtres : Mode opératoire en fonctionnement manuel
- Lavage des filtres : Automatisation
- Schéma de commande
- Programmes liés à l'automatisation

Ce dossier est constitué :

- 4 pages numérotées de D1 correction à D4 correction [Correction]

D1 Lavage des filtres : Mode opératoire en fonctionnement manuel

Combien d'interventions humaines sont elles nécessaires pour effectuer une procédure complète de lavage sur le circuit hydraulique d'une pompe ?

7 + 5 + 5 = 17

Combien d'interventions humaines sont elles nécessaires pour effectuer une procédure complète de lavage pour les pompes du circuit rivière ?

4 x 17 = 68

D2 Lavage des filtres : Automatisation

Hexadécimale 12 bits IW1,0	Is Capteur débit (mA)	Débit (m3/h)	
000	4	200	
7FE	12	400	colmatage
BFD	16	500	nominal
FFF	20	600	

Détail de calcul pour I :

Taux d'augmentation : $(20 - 4) / (600 - 200) = 40 \text{ uA} / \text{m3/h}$

Pour + 200 m3/h : + 8 mAa => 4 + 8 = 12 mA pour 400 m3/h

Pour + 300 m3/h : + 12 mA => 4 + 12 = 16 mA pour 400 m3/h

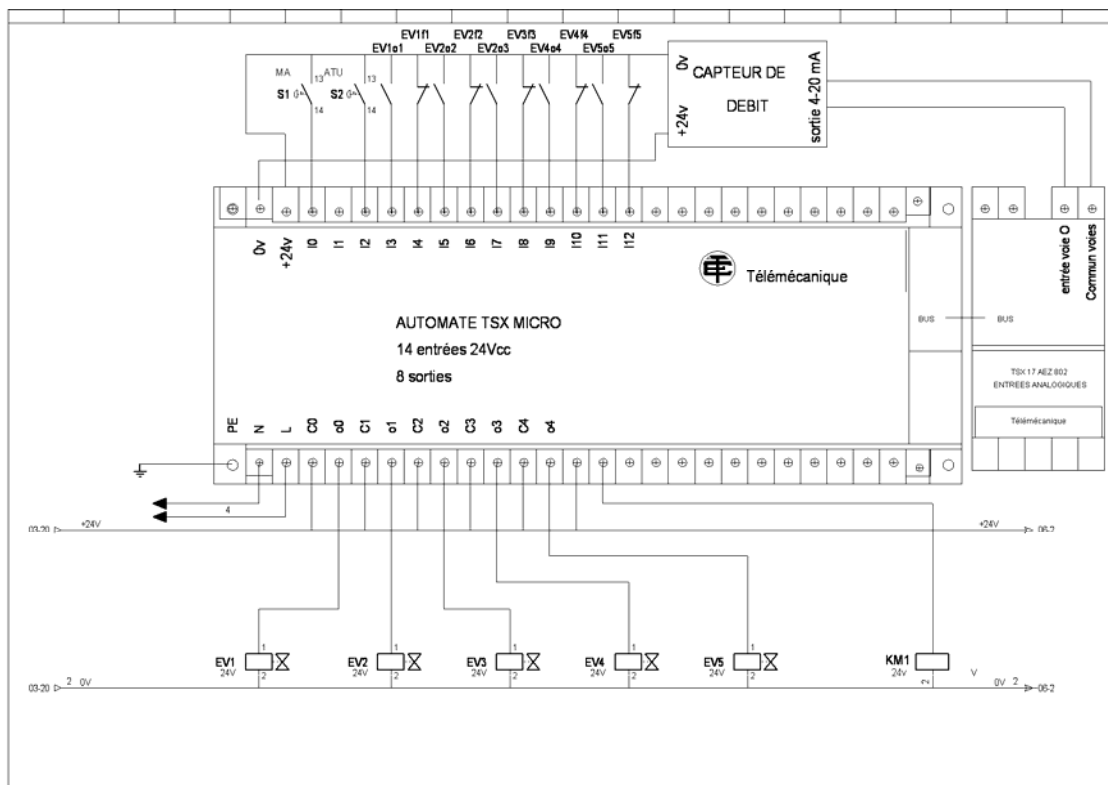
Détail pour le calcul de la valeur de IW1,0 :

LSB = $16 \text{ mA} / 4096 = 3.91 \text{ uA}$

$8 \text{ mA} / 3.91 \text{ uA} = 2046 = 7FE$

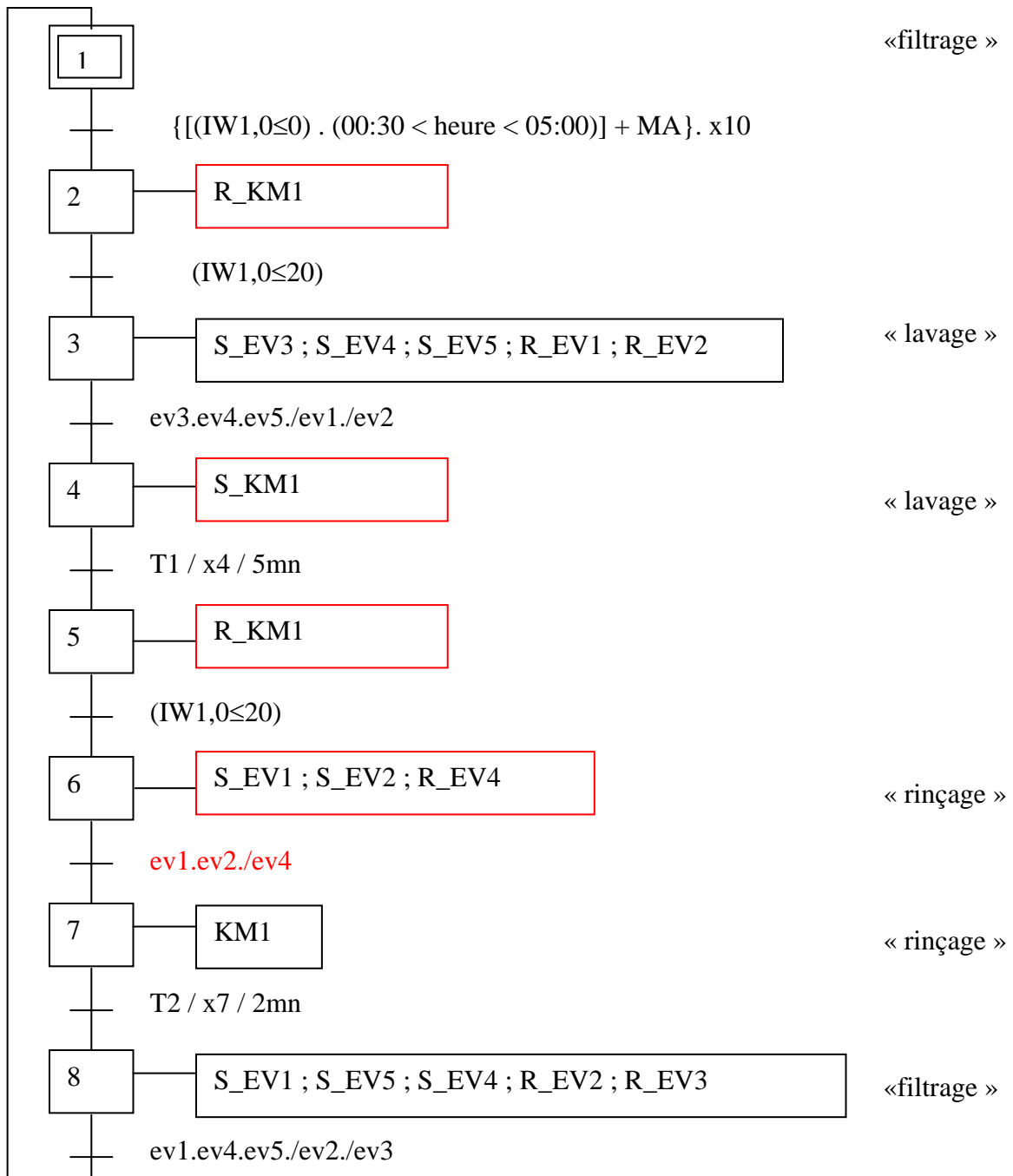
$12 \text{ mA} / 3.91 \text{ uA} = 3069 = BFD$

D3 Schéma de commande



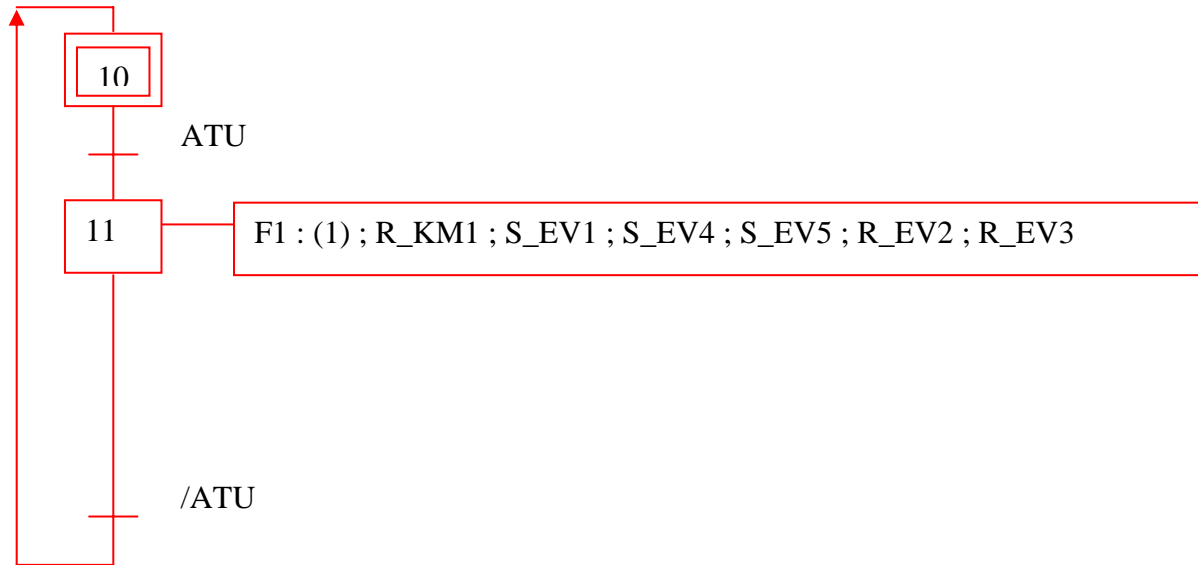
GRAFSET DE NETTOYAGE DU FILTRE N°1 (à compléter)

GPN1



GRAFSET DE SECURITE DE LA POMPE N°1 (à compléter)

GS1



PARTIE E

ETUDE DU CIRCUIT HYDRAULIQUE DE LA RIVIERE CASCADE

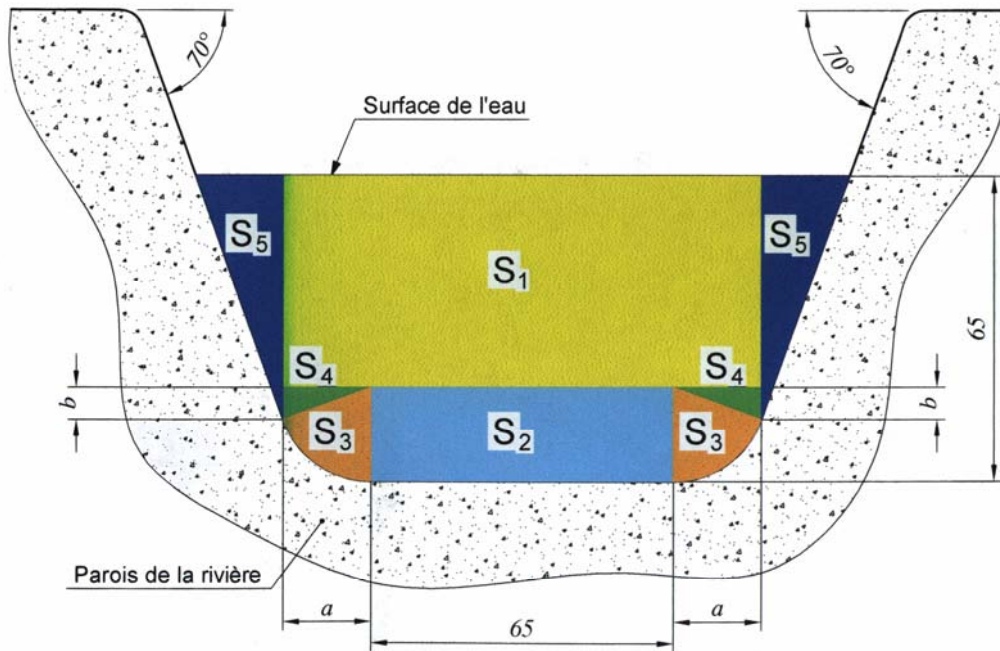
- Mise en situation
- Détermination du débit d'eau dans le lit de la rivière cascade
- Etude du circuit d'alimentation hydraulique de la rivière cascade
- Dimensionnement de la pompe d'un des quatre réseaux hydrauliques

Ce dossier est constitué :

- 10 pages numérotées de E1 correction à E10 correction [Correction]

E.1 Détermination du débit d'eau dans le lit de la rivière cascade :

E.1.1 On décompose la surface en surfaces élémentaires.



Coupe transversale de la section droite du lit de la

On décompose la section droite de la rivière cascade en surfaces élémentaires définies ci-avant et nous obtenons la relation suivante :

$$S = S_1 + S_2 + 2.S_3 + 2.S_4 + 2.S_5$$

Avec:

$$S_1 = (0,65 - 0,2) \times (0,65 + 2.a)$$

Où :

$$a = 0,2 \times \cos 20^\circ$$

Donc :

$$S_1 = 0,45 \times [0,65 + (0,4 \times \cos 20^\circ)]$$

Et :

$$S_2 = 0,2 \times 0,65 = 0,13$$

$$2.S_3 = (140/360) \times (\pi \times R^2) = 140 \times \pi \times 0,2^2 / 360$$

$$2.S_4 = a \times b$$

Où :

$$b = 0,2 \times \sin 20^\circ$$

Donc :

$$2.S_4 = (0,2 \times \cos 20^\circ) \times (0,2 \times \sin 20^\circ) = 0,04 \times \cos 20^\circ \times \sin 20^\circ$$

$$2.S_5 = [0,65 - 0,2 + b]^2 \times \tan 20^\circ = [0,45 + (0,2 \times \sin 20^\circ)]^2 \times \tan 20^\circ$$

Soit alors :

$$S = 0,45 \times [0,65 + (0,4 \times \cos 20^\circ)] + 0,13 + [140 \times \pi \times 0,2^2 / 360] + (0,04 \times \cos 20^\circ \times \sin 20^\circ) + [(0,45 + (0,2 \times \sin 20^\circ))^2 \times \tan 20^\circ]$$

$$S = 0,751 \text{ m}^2$$

E.1.2

Nous avons :

$$Q_v = S \times v_{\text{moy}}$$

$$Q_v = 0,751 \times 0,75$$

$$Q_v = 0,563 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :

$$Q_v = 2028 \text{ m}^3/\text{h}$$

E.1.3

L'inclinaison (ou la pente) de la rivière cascade ne modifiera en rien le débit.

Plus l'inclinaison sera importante, plus la vitesse d'écoulement de l'eau augmentera et la section occupée par l'eau dans le lit de la rivière cascade (la hauteur du niveau de l'eau dans le lit de la rivière cascade) diminuera.

E.2 Etude du circuit d'alimentation hydraulique de la rivière cascade :

E.2.1

Nous avons :

$$Q_{vr} = S \times v_{\text{Tuyau}} ; \text{ avec : } Q_{vr} \text{ en m}^3/\text{s}, S \text{ en m}^2 \text{ et } v_{\text{Tuyau}} \text{ en m/s.}$$

$$\text{Si : } v_{\text{Tuyau}} < 3 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow Q_{vr} / S < 3 \text{ m/s} \Rightarrow Q_{vr} / (\pi \cdot D^2 / 4) < 3 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow D > [4 \times Q_{vr} / (3 \times \pi)]^{1/2}$$

$$D > 2 \times [Q_{vr} / (3 \times \pi)]^{1/2}$$

E.2.2

Nous savons que :

$$D > 2 \times [Q_{vr} / (3 \times \pi)]^{1/2} \text{ si toutes les grandeurs sont exprimées en MKSA.}$$

Or :

$$Q_{vr} = 500 \text{ m}^3/\text{h} = 500 / 3600 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc :

$$D > 2 \times [(5/36) / (3 \times \pi)]^{1/2}$$

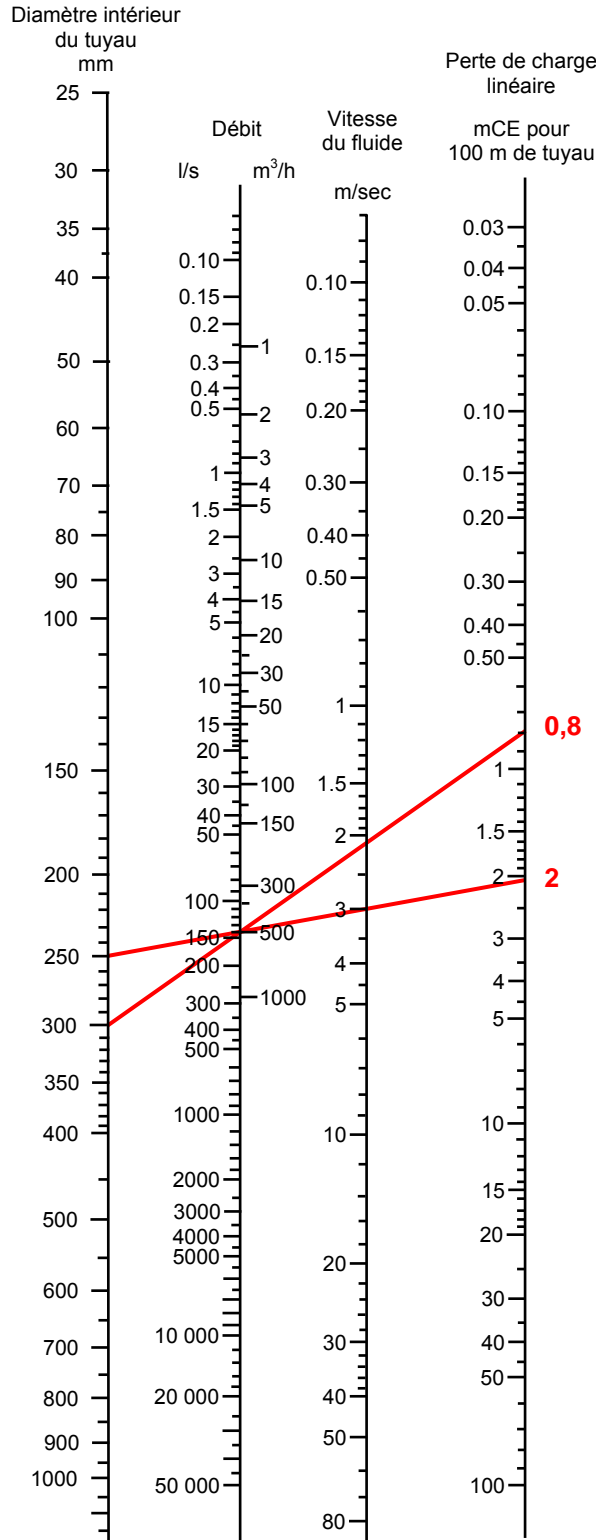
$$D > 242,7 \cdot 10^{-3} \text{ m} \approx 243 \text{ mm}$$

E.2.3

Nous savons que le diamètre du tuyau de refoulement de chaque réseau hydraulique doit être supérieur à 243 mm donc nous pourrions choisir un tuyau de type DN 250. Ce qui vérifie le document DT E1.

E.3 Dimensionnement de la pompe de chacun des quatre réseaux hydrauliques :

E.3.1 Détermination de la hauteur manométrique totale dans un des quatre réseaux hydrauliques.



PARTIE E ELEMENTS DE REPONSES

E.3.1.1

Pour le tuyau d'aspiration :

D'après le diagramme, pour 100 m de tuyau les pertes de charges linéaires sont de 0,8 mCE.

Donc pour 3 m de tuyau nous aurons :

$$(\Delta p_{lin})_{Aspiration} = (3 \times 0,8) / 100 = 0,024 \text{ mCE}$$

Pour la Tuyau de refoulement :

D'après le diagramme, pour 100 m de tuyau les pertes de charges linéaires sont de 2 mCE.

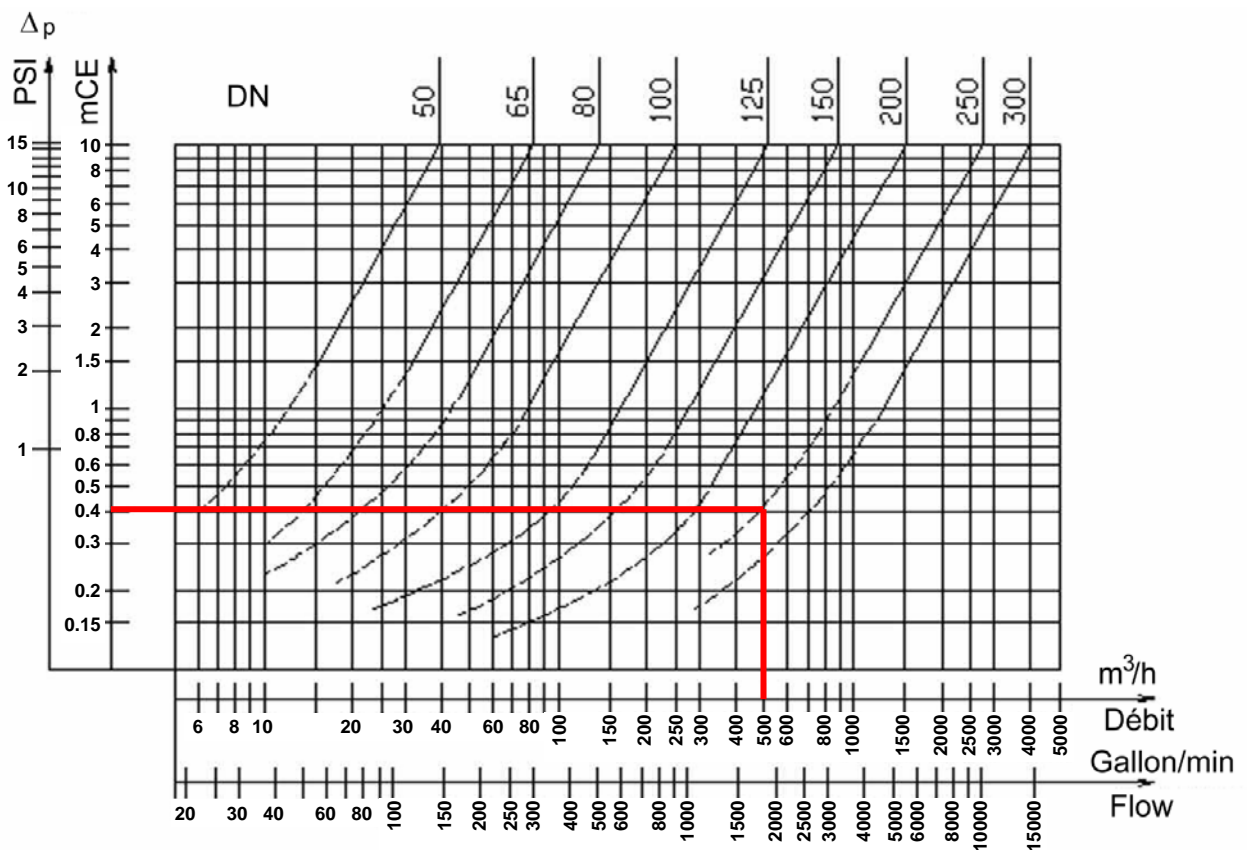
Donc pour 5,8 m de tuyau nous aurons :

$$(\Delta p_{lin})_{Refoulement} = (5,8 \times 2) / 100 = 0,116 \text{ mCE}$$

Donc les pertes de charge linéaires totales sont égales à :

$$(\Delta p_{lin})_{Totales} = (\Delta p_{lin})_{Aspiration} + (\Delta p_{lin})_{Refoulement} = 0,024 + 0,116 = 0,14 \text{ mCE}$$

E.3.1.2



On trouve d'après l'abaque ci-dessous : $(\Delta p_{sin})_{Clapet} = 0,42 \text{ mCE}$

E.3.1.3

Pour le circuit d'aspiration nous avons :

$$(\Delta p_{sin})_{Aspiration} = (\Delta p_{sin})_{Vanne\ 1a} + (\Delta p_{sin})_{Préfiltre} + (\Delta p_{sin})_{Manchon\ 3a} = 0,52 + 4,7 + 0,34$$

$$\boxed{(\Delta p_{sin})_{Aspiration} = 5,56\ mCE}$$

Pour le circuit de refoulement nous avons :

$$(\Delta p_{sin})_{Refoulement} = (\Delta p_{sin})_{Manchon\ 3b} + (\Delta p_{sin})_{Clapet} + (\Delta p_{sin})_{Piquage} + (\Delta p_{sin})_{Vanne\ 1b} \\ = 0,44 + 0,42 + 0,07 + 0,65$$

$$\boxed{(\Delta p_{sin})_{Refoulement} = 1,58\ mCE}$$

E.3.1.4

Pour les pertes de charge singulières totales nous avons :

$$(\Delta p_{sin})_{Totales} = (\Delta p_{sin})_{Aspiration} + (\Delta p_{sin})_{Refoulement}$$

$$(\Delta p_{sin})_{Totales} = 5,56 + 1,58$$

$$\boxed{(\Delta p_{sin})_{Totales} = 7,14\ mCE}$$

E.3.1.5

Nous avons :

$$(H_m)_{Totale} = H_G + (\Delta p_{lin})_{Totales} + (\Delta p_{sin})_{Totales} + (p_2 - p_1)$$

Avec :

$$H_G = H_2 - H_1 = 6,9 - 0,5 = 6,4\ mCE$$

$$(\Delta p_{lin})_{Totales} = 0,14\ mCE$$

$$(\Delta p_{sin})_{Totales} = 7,14\ mCE$$

$$p_2 - p_1 = 0$$


D'où :

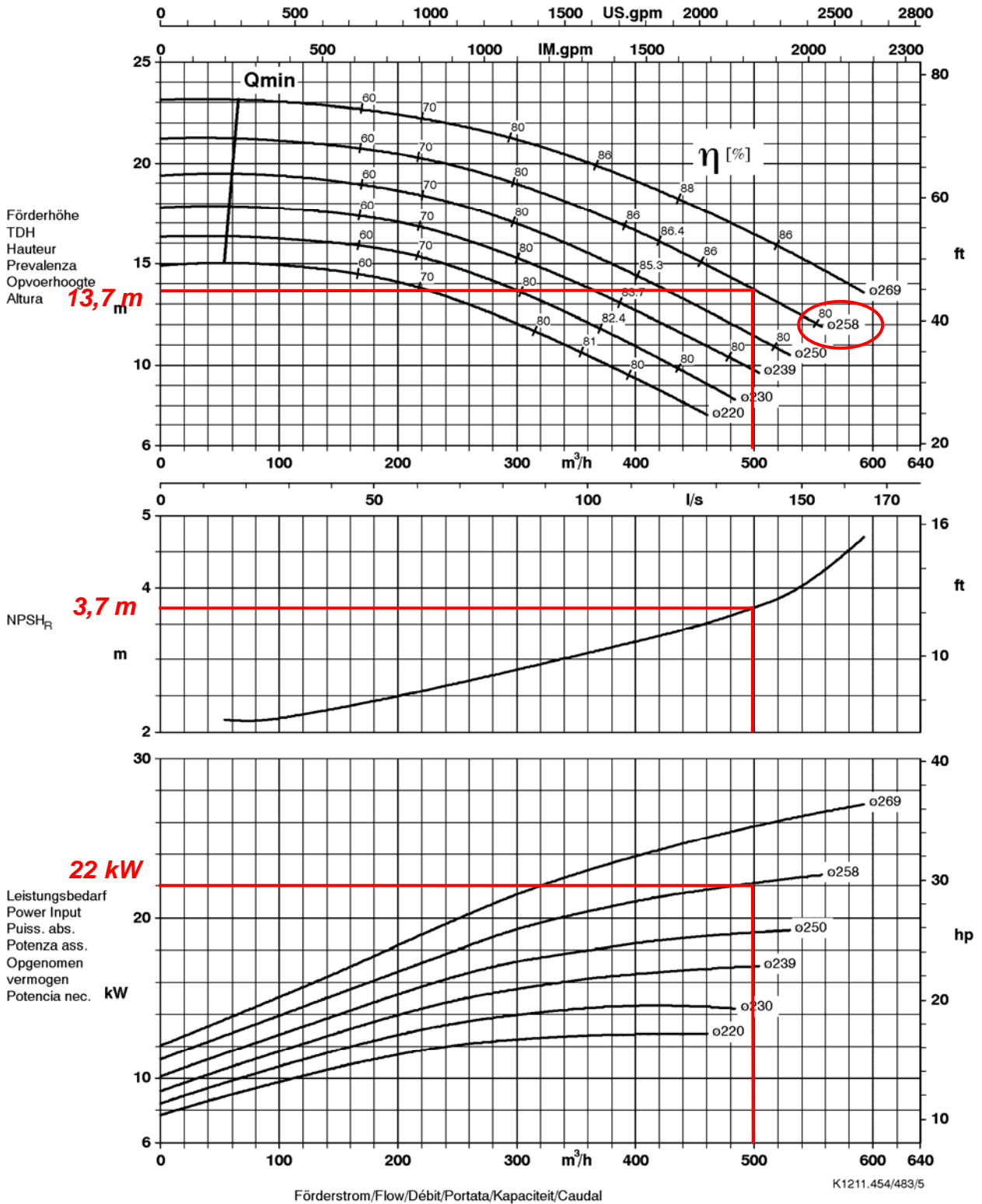
$$(H_m)_{Totale} = 6,4 + 0,14 + 7,14$$

$$\boxed{(H_m)_{Totale} \approx 13,7\ mCE}$$

PARTIE E ELEMENTS DE REPONSES

E.3.2.2 courbiers proposées sur le documents techniques DT E3 :

Baureihe-Größe Type-Size Modèle	Typo Serie Tipo	Nennzahl Nom. speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaler ø Rodete	 KSB KSB Aktiengesellschaft Unternehmensbereich Pumpen Industrie- und Wassertechnik Postfach 1725, 67225 Frankenthal Joh.-Klein-Str. 9, 67227 Frankenthal
Etanorm 150-250 Etabloc		1450 tr/min				
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offerenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positierr. Pos.-Nr.	



Laufradaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 48,8 mm
 Luce della girante/Waaler uittredbreedte/Anchura de salida rodete 48,8 mm

E8 correction

Pour un débit volumique $Q_{vr} = 500\text{m}^3/\text{h}$ et une hauteur manométrique totale $(H_m)_{Totale} \approx 13,7\text{ mCE}$ nous trouvons sur le courcier de la pompe « Etabloc 150-250 » du document technique TD E3 une roue de diamètre :

$$\varnothing = 258\text{ mm}$$

E.3.3 Etude énergétique des pompes.

E.3.3.1

$$p_2 - p_1 = 0$$

$$v_1 = v_2 = 0$$

$$W_{pompe} = \rho_{eau} \cdot g \cdot (H_2 - H_1) + \Delta p_T$$

$$\Delta p_T = \rho_{eau} \cdot g \cdot [(\Delta p_{lin})_{Totales} + (\Delta p_{sin})_{Totales}] \quad \text{avec } \Delta p_T \text{ en Pa et } (\Delta p_{lin})_{Totales} \text{ ainsi que } (\Delta p_{sin})_{Totales} \text{ en mCE}$$

$$H_2 - H_1 = H_G$$

$$\begin{aligned} W_{pompe} &= \rho_{eau} \cdot g \cdot H_G + \rho g \cdot [(\Delta p_{lin})_{Totales} + (\Delta p_{sin})_{Totales}] \\ &= \rho_{eau} \cdot g \cdot [H_G + (\Delta p_{lin})_{Totales} + (\Delta p_{sin})_{Totales}] \\ &= \rho_{eau} \cdot g \cdot (H_m)_{Totale} \end{aligned}$$

$$P_{hyd} = W_{pompe} \cdot Q_{vr}$$

$$P_{hyd} = \rho_{eau} \cdot g \cdot (H_m)_{Totale} \cdot Q_{vr}$$

E.3.3.2

$$P_{hyd} = \rho_{eau} \cdot g \cdot (H_m)_{Totale} \cdot Q_{vr} = 1000 \times 9,81 \times 13,7 \times (500/3600) = 18\,666\text{ W}$$

E.3.3.3

D'après la courbe constructeur (DT E4), pour un débit de $500\text{ m}^3/\text{h}$ la puissance absorbée par la pompe est $P_{abs} = 22\text{ kW}$.

E.3.3.4

$$\eta_{pompe} = P_{hyd} / P_{abs} = 18,7 / 22 = 84,9\%$$

E.3.3.5

$$P_{abs} = C \cdot \omega$$
$$\omega = 1450 \times (\pi/30) = 151,8 \text{ rad/s}$$
$$C = P_{abs}/\omega = 22000/151,8 = 145 \text{ N.m}$$

E.3.4 Etude de la non cavitation des pompes.

E.3.4.1

Il est préférable que l'axe de la pompe soit en dessous de la surface libre du liquide à pomper (pompe en charge).

E.3.4.2

$$NPSH_{dispo} = H_p + H_z - H_f - H_{pv}$$
$$H_p = p_{atm}/(\rho_{eau} \cdot g) = 101300/(1000 \times 9,81) = 10,33 \text{ m}$$
$$H_z = 0,5 \text{ m}$$
$$H_f = \Delta p_{linA} + \Delta p_{sinA} = 0,024 + 5,56 = 5,584 \text{ m}$$
$$H_{pv} = p_v/(\rho_{eau} \cdot g) = 2930/(1000 \times 9,81) = 0,293 \text{ m}$$
$$NPSH_{dispo} = 10,33 + 0,5 - 5,584 - 0,293 = 4,953 \text{ m}$$

E.3.4.3

D'après la courbe constructeur, pour un débit de 500 m³/h le NPSH_{requis} = 3,7 m

E.3.4.4

*Oui, car NPSH_{dispo} > NPSH_{requis} + 0,5.
4,953 > 4,2
La relation de non-cavitation est vérifiée.*