

Éléments de correction « Les Rouliers »

Partie A. ALIMENTATION EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

A.1. PUISSANCE DE COURT-CIRCUIT DU RÉSEAU AMONT

Description de la ligne d'alimentation du site :

13,8 km de ligne aérienne Almélec 54², (R = 0,6 Ω/km, X = 0,35 Ω/km),

2,3 km de ligne souterraine Aluminium 95², (R = 0,32 Ω/km, X = 0,1 Ω/km).

Solution:

$$R = 13,8 \times 0,6 + 2,3 \times 0,32 = 9,02 \Omega$$

$$X = 13,8 \times 0,35 + 2,3 \times 0,1 = 5,06 \Omega$$

$$P_{cc} = 3 \times \frac{V^2}{Z} = \frac{U^2}{Z} = \frac{U^2}{\sqrt{(R^2 + X^2)}} = \frac{20000^2}{\sqrt{9,02^2 + 5,1^2}} = 38,7 \text{ MVA}$$

A.2. CHOIX du TRANSFORMATEUR HTA / BTA

A.2.1. Calcul du cosφ global du poste « Traitement du lisier »

	Marque	N ^{bre}	P _n	I _n	cosφ	φ	tgφ	P _{abs}	Q _{abs}
			kW	A	cosØ	rd	tgØ	kW	kVAR
Traitement du lisier									
Agitateur de la fosse de décantation	Flygt	1	5,0	16,0	0,68	0,82	1,078	7,54	8,13
Pompe de vidange de la fosse de décantation	Bockwoldt	1	2,2	5,2	0,81	0,63	0,724	2,92	2,11
Machine de séparation de phase	Leroy Somer	1	3,0	7,0	0,78	0,68	0,802	3,78	3,03
Agitateur de la petite lagune	Flygt	1	13,5	44,0	0,65	0,86	1,169	19,81	23,17
pompe de vidange des lagunes	Flygt	1	13,0	27,5	0,85	0,55	0,620	16,19	10,04
Total					0,73	0,75	0,925	50,25	46,48
Circuit eau haute pression	Eltebeck	1	9,0	16,8	0,87	0,52	0,567	10,13	5,74
Système d'alimentation liquide (Machines à soupe)				66,4	0,82	0,61	0,698	37,72	26,33
Système d'alimentation sèche				6,8	0,81	0,63	0,724	3,82	2,76
Alimentation en eau				9,7	0,83	0,59	0,672	5,58	3,75
Atelier				28,0	0,86	0,54	0,593	16,68	9,90

A.2.2. Bilan de puissance

Bilan de la puissance totale installée, détermination du cosφ global de l'installation :

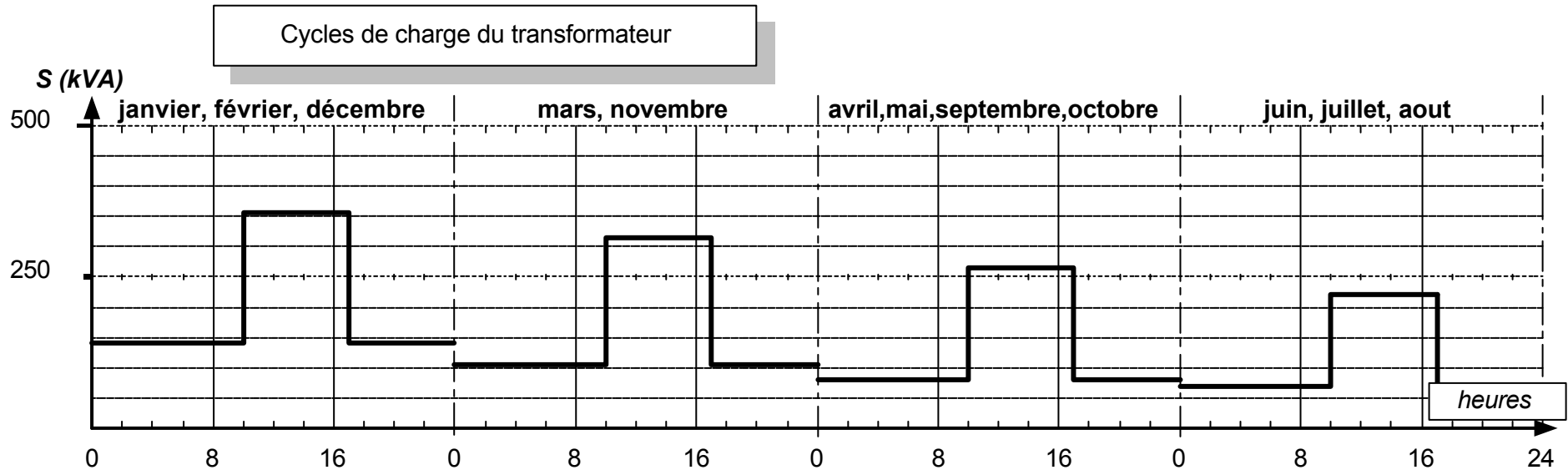
	S _n	U _n	η	P _n	I _n	cosφ	φ	tgφ	P _{abs}	Q _{abs}	P _{min}	Q _{min}	ku*ks	P _{max}	Q _{max}	ku*ks
											Décembre, janvier, février					
unités	kVA	V		kW	A		rd		kW	kVAr						
Ventilation			0,95	47,2		0,9	0,45	0,484	49,7	24,1						
Chauffage				250,6		1	0	0,000	250,6	0,0						
Eclairage						0,96	0,28	0,291	15,2	4,4						
Prises	173,2					0,87	0,52	0,567	150,7	85,4						
Traitement du lisier									50,3	46,5						
Nettoyeur haute pression									10,1	5,7						
Système d'alimentation liquide									37,7	26,0						
Système d'alimentation sèche									3,8	2,8						
Alimentation en eau									5,6	3,7						
Atelier									16,7	9,9						
Total									590	208						
Total général en kVA									626							

A.2.3. Détermination des cycles de charge du transformateur

- A partir du bilan de puissance installée et des indications fournies par le dossier technique au chapitre « utilisation de l'énergie électrique », déterminer les cycles de charge auxquels le transformateur est soumis au cours de l'année.

	Pabs	Qabs	Pmin	Qmin	ku*ks	Pmax	Qmax	ku*ks	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	
			Décembre, janvier, février						Mars, novembre		Avril, mai, sept, oct.		Juin, juillet, Août								
unités	kW	kVAr	kW	kVAr		kW	kVAr														
Ventilation	49.7	24.1	7.46	3.61	0.15	15.90	7.70	0.32													
Chauffage	250.6	0.0	112.8	0	0.45	220.5	0	0.88													
Eclairage	15.2	4.4	1.52	0.44	0.1	12.01	3.50	0.79													
Prises	150.7	85.4	0	0	0	9.04	5.12	0.06													
Traitement du lisier	50.3	46.5	14.07	13.01	0.28	34.17	31.61	0.68													
Nettoyeur haute pression	10.1	5.7	0	0	0	5.07	2.87	0.50													
Système d'alimentation liquide	37.7	26.0	0	0	0	37.70	26.00	1.00													
Système d'alimentation sèche	3.8	2.8	0	0	0	3.80	2.80	1.00													
Alimentation en eau	5.6	3.7	4.54	3.00	0.81	1.06	0.70	0.19													
Atelier	16.7	9.9	0	0	0	5.01	2.97	0.30													
Total	590	208	140	20		344	83		105	21	303	85	75	25	248	91	62	30	198	95	
Total général en kVA	626		142			354			107	315		79		264		69		220			

- Représenter ces cycles de charge sur le graphe du document réponse. Graduer les axes.



A.2.4. Détermination de la puissance assignée du transformateur

Déterminer la puissance assignée du transformateur en tenant compte des conditions d'échauffement de celui-ci.

	cos φ	φ	tg φ	Pabs	Qabs	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax
						Déc, janvier, février				Mars, novembre				Avril, mai, sept, oct				Juin, juillet, Août			
				kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR
puissances appelées	0,943	0,34	0,3542	590	209	140	20	344	83	105	21	303	85	75	25	248	91	62	30	198	95
Total général en kVA				626		141		354		107		315		79		264		69		220	
Utilisation des abaques de détermination de la puissance du transformateur																					
P2									354				315				264				220
P1									141				107				79				69
K2/K1 = P2/P1									2,5				2,9				3,3				3,2
t									7				7				7				7
K2									1,213				1,207				1,170				1,148
K1									0,483				0,410				0,350				0,360
P = P2/K2									291,9				261				225,7				191,7
P = P1/K1									291,9				261				225,7				191,7
t°a									25				25				25				25
a									1,04				1,04				1,04				1,04
Pn = P*a									304				271				235				199

C'est le cycle de charge journalier de « décembre, janvier, février » qui est le plus défavorable pour l'échauffement propre du transformateur.

La température moyenne journalière calculée sur l'année est de 24,3° C. On retient alors 1,04 pour le coefficient de correction.

La puissance de 315 kVA sera donc retenue comme puissance **normalisée** assignée du transformateur.

- *Justifier les possibilités de surcharge du transformateur.*

Pour le cycle de charge journalier de la période « décembre, janvier, février »,

la charge initiale du transformateur est de $142/315 = 0,45$. La surcharge est de $354 / 315 = 1,12$.

Pour une t_a ° moyenne de 20°C, la surcharge admissible est de 120% pendant plus de 7 heures.

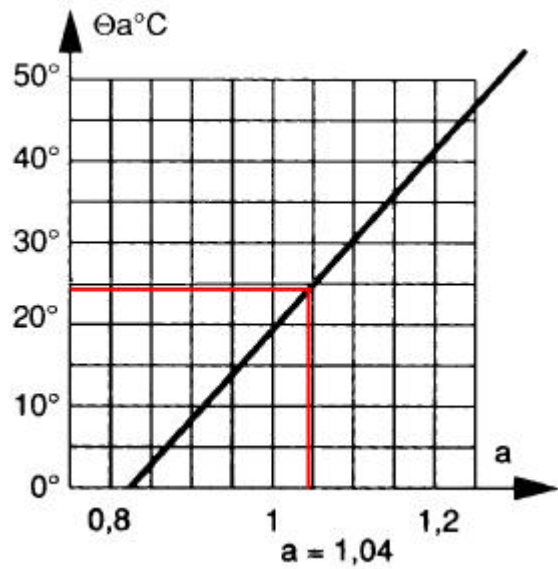
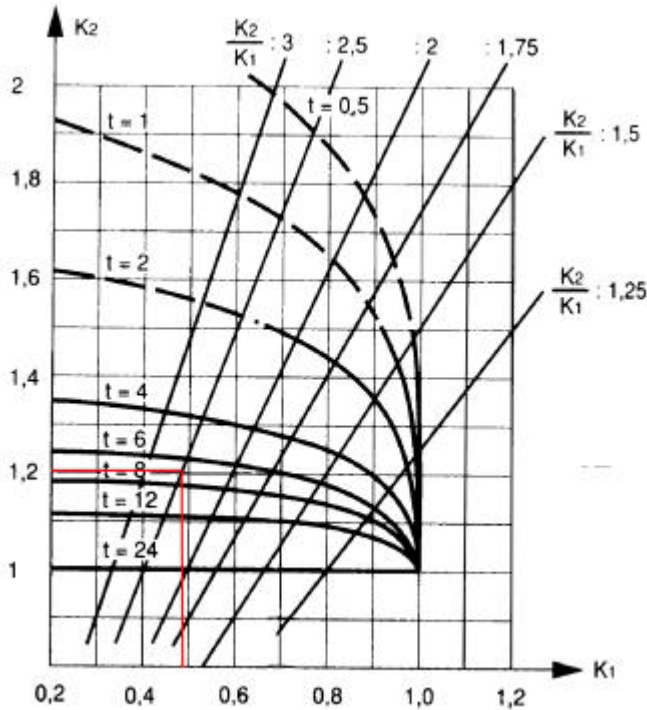
Pour une t_a ° moyenne de 30°C la surcharge admissible est de 110% pendant 7 heures.

Donc, à une t_a ° moyenne de 24,3°C, une surcharge de 112% pendant 7 heures semble admissible.

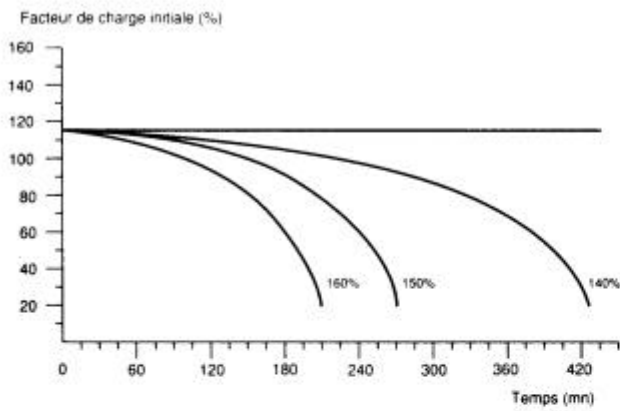
- *Reporter vos tracés sur les abaques du document réponse.*

A.2.4. Détermination de la puissance assignée du transformateur (suite)

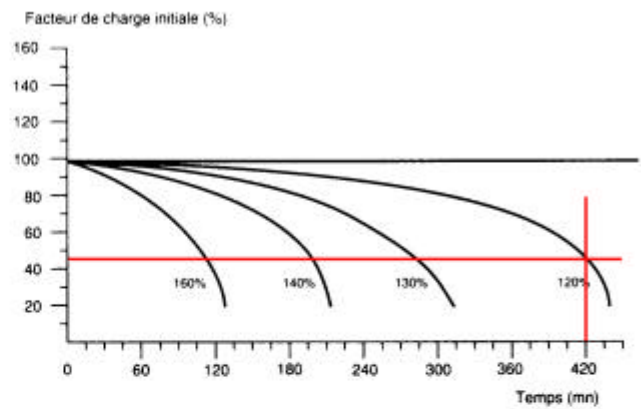
- Compléter les abaques suivants afin de justifier la détermination de la puissance assignée du transformateur.



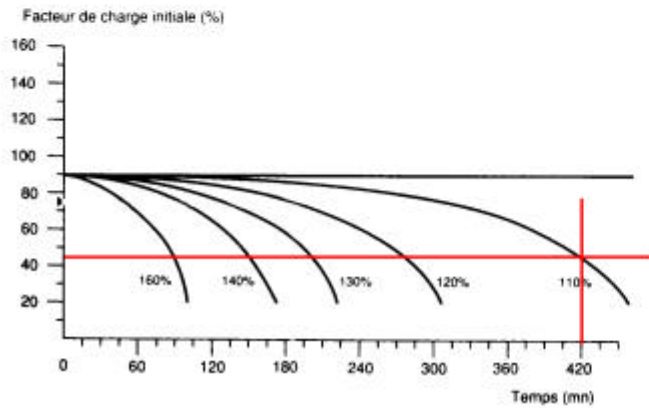
■ Température ambiante : 0 °C



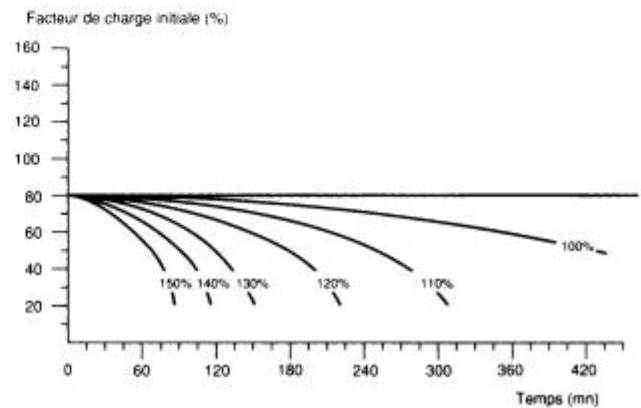
■ Température ambiante : 20 °C



■ Température ambiante : 30 °C



■ Température ambiante : 40 °C



A.3. TARIFICATION EDF et ENERGIE REACTIVE :

A.3.1. Les tarifs EDF

- Le tarif « vert A5 ». Donner la gamme de puissance et la catégorie de tension d'alimentation auquel il se rapporte.

Pour une puissance souscrite $S > 250$ kVA. L'abonné est alimenté en HTA.

A.3.2. Comptage de l'énergie en mode de livraison HTA

- Dans cette installation, le comptage de l'énergie est effectué côté B.T. Justifier le mode de comptage côté HT ou côté BT selon les règles de la norme C13-100.

Sauf cas particuliers, les postes sont à comptage en basse tension lorsqu'ils comportent un seul transformateur dont le courant secondaire assigné est au plus égal à 2000 A. Dans les autres cas, les postes sont à comptage en haute tension.

A.3.3. Facturation de l'énergie réactive

- Citer les règles qui régissent la facturation, par le distributeur, de l'énergie réactive en fonction : des périodes (été ou hiver), des heures (pleines et pointes ou creuses), et de la tangente ϕ globale de l'installation.

L'énergie réactive n'est jamais facturée pour la période d'été (d'avril à octobre).

Pour la période d'hiver, l'énergie réactive n'est prise en compte que pendant les heures pleines ou de pointes. Elle est facturée si la tangente $\Phi = \text{Énergie réactive} / \text{Énergie active}$, au primaire, est $> 0,4$.

Lorsque le comptage est effectué en BT, la tangente Φ calculée est majorée forfaitairement de 0,09 pour déterminer la tangente Φ primaire.

A.3.4. Compensation de l'énergie réactive

Si les puissances totales mises en jeu pendant les 4 cycles de charge journaliers (7 h d'activité, 17 h d'inactivité) se répartissent ainsi que le donne le tableau ci dessous,

déc., jan., fév.				mars, novembre				avr., mai, sept., oct.				juin, juillet			
Inactivité		Activité		Inactivité		Activité		Inactivité		Activité		Inactivité		Activité	
P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q
150	40	410	144	100	20	300	100	80	30	250	90	60	30	200	100

- Déterminer l'utilité ou non d'une batterie de condensateurs.

	cos ϕ	ϕ	Igr	Pabs	Qabs	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax	Pmin	Qmin	Pmax	Qmax				
						Déc., janvier, février				Mars, novembre				Avril, mai, sept., oct.				Juin, juillet, Août							
				kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR				
				Inactivité				Inactivité				Inactivité				Inactivité									
				puissances appelées	0,9426	0,34	0,3542	590	209	150	40	410	144	100	10	300	100	80	30	250	90	60	30	200	100
				Total général en kVA				626		155	435	100	316	85	266	67	224								
				Hiver		Été		Heures pleines et de pointe d'hiver								Heures pleines d'été									
				Énergie active consommée, aux HP., en kWh		7220		4410		1350		2870		900		2100		720		1750		540		1400	
				Énergie réactive consommée, aux HP., en kVAh		2158		1870		360		1008		90		700		270		630		270		700	
				tangente ϕ		0,299		0,424																	

- Si la batterie de condensateurs s'avère utile, calculer sa puissance.

La tangente Φ calculée pour la période d'hiver est de 0,299. Après majoration forfaitaire de 0,09, la tangente Φ primaire est évaluée à 0,389. Ceci est $< 0,40$. Donc il n'y a pas lieu d'installer une batterie de condensateur en regard de la facturation d'énergie.

La tangente Φ pour la période d'été est évaluée à 0,514, mais le réactif n'est pas facturé dans cette période.

L'énergie réactive n'étant pas facturée pendant les heures creuses, la période de comptage du réactif est de 9 heures pendant la phase d'inactivité et de 7 heures pendant la phase d'activité.

A.4. MISE EN ŒUVRE DU COMPTEUR D'ÉNERGIE

A.4.1. Mesure du courant

Critères de choix du TI :

Courant nominal au secondaire du transformateur : 563 A \Rightarrow I_p du transformateur \geq 563 A,

Dimensions d'un passe-barre : 63x10 \Rightarrow ouverture \geq 63x10,

Classe du transformateur pour comptage : 0,5,

Température ambiante \leq 35°C \Rightarrow appareil tropicalisé non nécessaire.

\Rightarrow référence : **16524**

Caractéristiques du TI choisi :

Rapport $I_p/5 = 600/5$, ouverture 64 x 11, S \leq 4 VA pour obtenir une classe de précision égale à 0,5.

Section du câble :

Consommation d'une entrée du compteur : 1 VA

\Rightarrow Consommation maximale du câble pour garder une classe égale à 0,5 : $4-1 = 3$ VA

\Rightarrow 3 VA / 9 m = 0,33 VA/m maximum

\Rightarrow Section du câble de liaison = **4 mm²** (consommation $0,254 \times 1,06 = 0,27$ VA/m, augmentation de 6% car la température ambiante est de 35°C au lieu de 20°C)

A.4.2. Configuration du compteur

Valeur du paramètre #62 – (Coefficient de transformation TC. TT.)

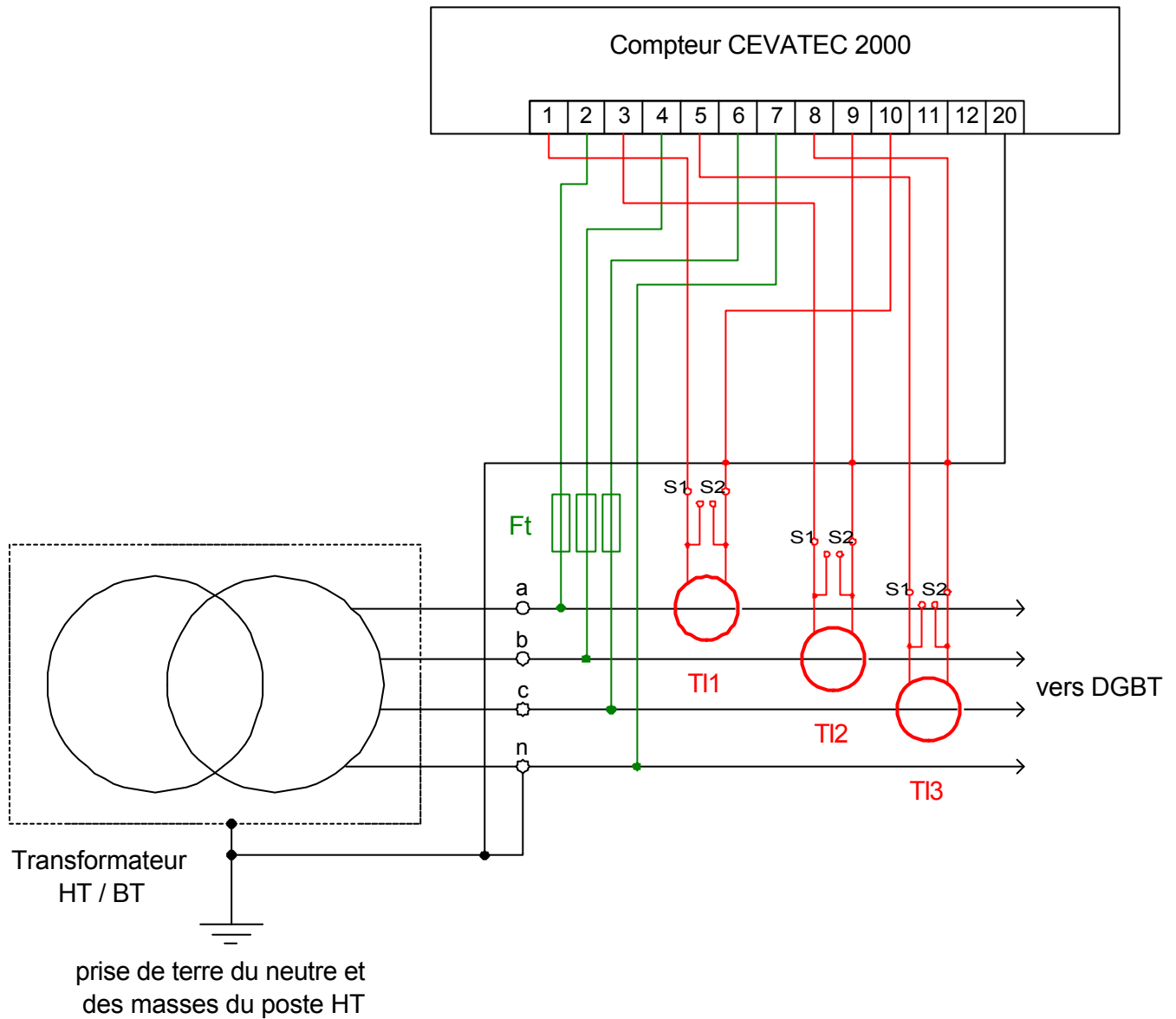
#62 = TC = $1000/5 = 200$ (TT=0 en comptage BT)

Valeur du paramètre #76 – (Tension de mesure)

#76 = **0** (tension de mesure = 220 /380 V)

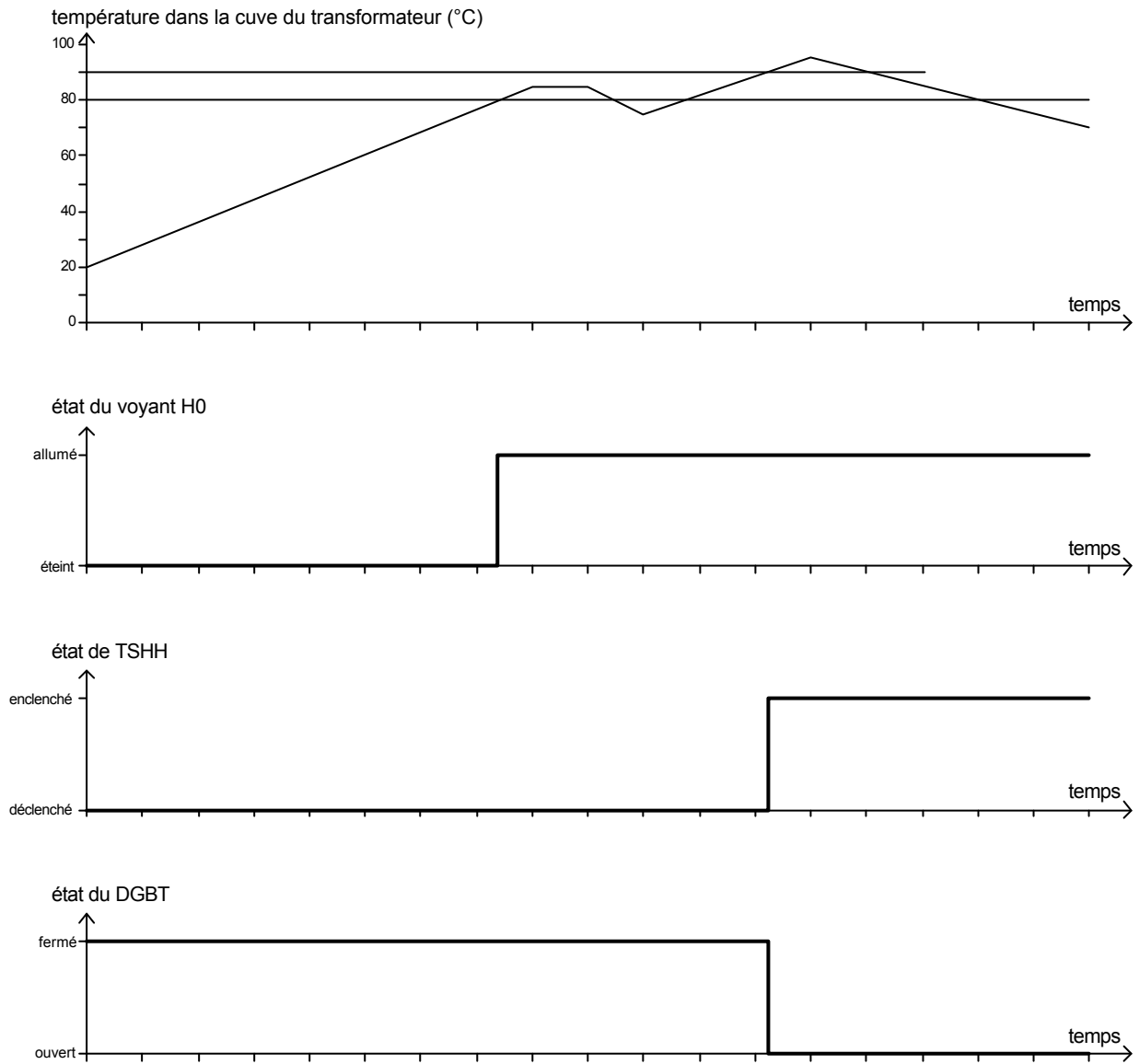
Position de la carte d'alimentation : **Position 2**, pas de source auxiliaire et comptage BT.

A.4.3. Schéma de mise en œuvre du compteur



Mesure des tensions, l'ordre des phases doit être respecté et les départs doivent être protégés.
 Mesure des courants : 3 TI doivent être utilisés, les bornes de leur secondaire doivent être repérées et l'ordre et le sens des phases doivent être respectés.

A.5. INTERPRÉTATION DU SCHÉMA DE MISE EN ŒUVRE DU DMCR



Partie B. TABLEAU GÉNÉRAL BASSE TENSION (TGBT)

B.1. EFFORT MAXIMAL SUR LE JEU DE BARRES

B.1.1. Court-circuit biphasé

Liaison transformateur – TGBT :

15 + 4 + 20 = **39 m** avec une section de **300²** en cuivre

(Transformateur – DGBT : 15 m, DGBT - normal / secours : 4 m, normal / secours – TGBT : 20 m)

$$\text{Réseau amont : } R_r = \frac{410^2}{40000} \times 0,1 = 0,42\text{m}\Omega \text{ et } X_r = \frac{410^2}{40000} \times 0,995 = 4,2\text{m}\Omega$$

Transformateur : Sn = 400kVA, U20 = 410V, Ucc = 4%, Pcu = 4600W

$$\Rightarrow R_t = \frac{4600 \times 410^2 \times 10^{-3}}{400^2} = 4,8\text{m}\Omega \Rightarrow X_t = \sqrt{\left(\frac{4}{100} \times \frac{410^2}{630}\right)^2 - 4,8^2} = 16,1\text{m}\Omega$$

Liaison transformateur – jeu de barres :

$$\Rightarrow R_l = \frac{18,51 \times 39}{300} = 2,4\text{m}\Omega \text{ et } X_l = 0,09 \times 39 = 3,5\text{m}\Omega$$

$$\Rightarrow \text{Courant de court circuit triphasé : } I_{cc_3} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_r + R_t + R_l)^2 + (X_r + X_t + X_l)^2}} = 9,5\text{kA}$$

$$\Rightarrow \text{Courant de court circuit biphasé : } I_{cc_2} = \frac{U_{20}}{2 \times \sqrt{(R_r + R_t + R_l)^2 + (X_r + X_t + X_l)^2}} = \mathbf{8,2\text{kA}}$$

B.1.2. Effort maximal

Courant maximal :

D'après la courbe de limitation du disjoncteur, pour un courant présumé de 8,2kA, on a **Î = 15,5kA** (valeur maximale du courant dans les deux barres).

Entraxe de deux barres voisines : $d = \sqrt{75^2 + 28^2} = 80\text{mm}$

Effort électrodynamique F sur une barre

$$F = B \times I_1 \times L$$

I₁ est le courant qui parcourt la barre1, L est la longueur de la barre1 et B est le champ magnétique produit par le courant I₂ dans une barre2 et soumis à la barre1.

$$B = \frac{2 \times 10^{-7} \times I_2}{d} \quad (2 \times 10^{-7} = \mu_0 / 4\pi)$$

$$\mathbf{P} \quad F = \frac{2 \times 10^{-7} \times \hat{I}^2 \times L}{d} = \frac{2 \times 10^{-7} \times (15,5 \times 10^3)^2 \times 1,7}{0,08}$$

$$\mathbf{F = 1020N}$$

B.2. BILAN DE L'ÉCHAUFFEMENT DU TGBT

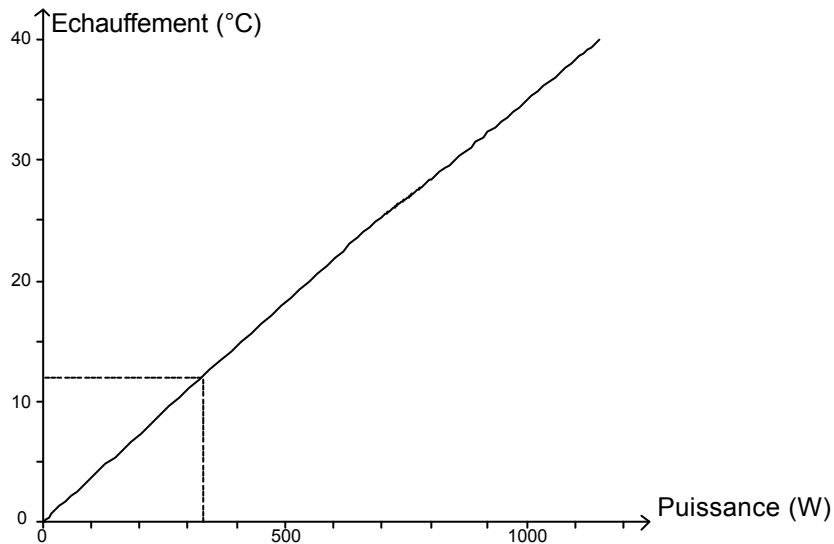
Bilan des dissipations :

Repère	In (A)	Dissipation (W)
SG	630	$16,7 \times 3 = 50,1$
Q11	50	$4,8 \times 3 = 14,4$
Q12	100	$10 \times 3 = 30$
Q13	100	$10 \times 3 = 30$
Q14	80	$8 \times 3 = 24$
Q15	80	$8 \times 3 = 24$
Q16	32	$3,9 \times 3 = 11,7$
Q17	32	$3,9 \times 3 = 11,7$

Repère	In (A)	Dissipation (W)
Q18	32	$3,9 \times 3 = 11,7$
Q19	32	$3,9 \times 3 = 11,7$
Q20	10	$1,8 \times 3 = 5,4$
Q21	32	$3,9 \times 3 = 11,7$
Q22	20	$2,8 \times 3 = 8,4$
Q23	32	$3,9 \times 3 = 11,7$
connexions + jeu de barres		+30% = 77
total	632	334

La température ambiante maximale du local électrique où est installé le TGBT est de 35°C.

Caractéristique échauffement en fonction de la puissance dissipée d'une armoire Prisma P profondeur 400mm et largeur 900mm



La température dans l'armoire du TGBT s'élève de 12°C, elle est donc égale à **47°C** au maximum.

B.3. CHOIX des DISJONCTEURS Q1 à Q16

B.3.1. Problématique due à la source

- *Exposer la problématique due à cette possibilité et son influence sur le choix des disjoncteurs.*

Les appareils de protection des circuits prioritaires doivent être **adaptés aux caractéristiques des 2 sources**. Pour une même puissance, **les courants**, en cas de défaut proche **d'un alternateur, seront 5 à 6 fois plus faibles que ceux que l'on aurait avec un transformateur**. Cette différence est encore accentuée par le fait que le groupe électrogène a, ici, une puissance inférieure à celle du transformateur.

B.3.2. Courant de court circuit dû à l'alternateur

- *Donner la relation qui lie l'intensité I_{cc} du courant de court-circuit triphasé, en période transitoire aux bornes de l'alternateur avec le courant nominal I_G et la réactance transitoire $X''d$.*

$$I_{cc \text{ tri}} = I_G / X''d$$

- *Donner la formule de calcul de la réactance transitoire exprimée en ohms $X'd$ par rapport à sa valeur $X''d$ en %.*

$$X'd = U_n^2 \cdot X''d / P_n$$

Avec U_n et P_n étant respectivement la tension et la puissance nominale de l'alternateur.

B.3.3. Caractéristiques des disjoncteurs

- *Donner le nom et définir les paramètres caractéristiques (selon CEI 947-2) suivants :*

Ue - la tension assignée de service : c'est la tension maximale d'emploi du disjoncteur.

In - le courant assigné du disjoncteur : c'est le courant efficace que peut supporter, en permanence, le disjoncteur sans échauffement anormal.

Ics - le pouvoir assigné de coupure de service : c'est le courant efficace de court circuit maximal que le disjoncteur peut couper tout conservant son aptitude à assurer un service normal après la coupure.

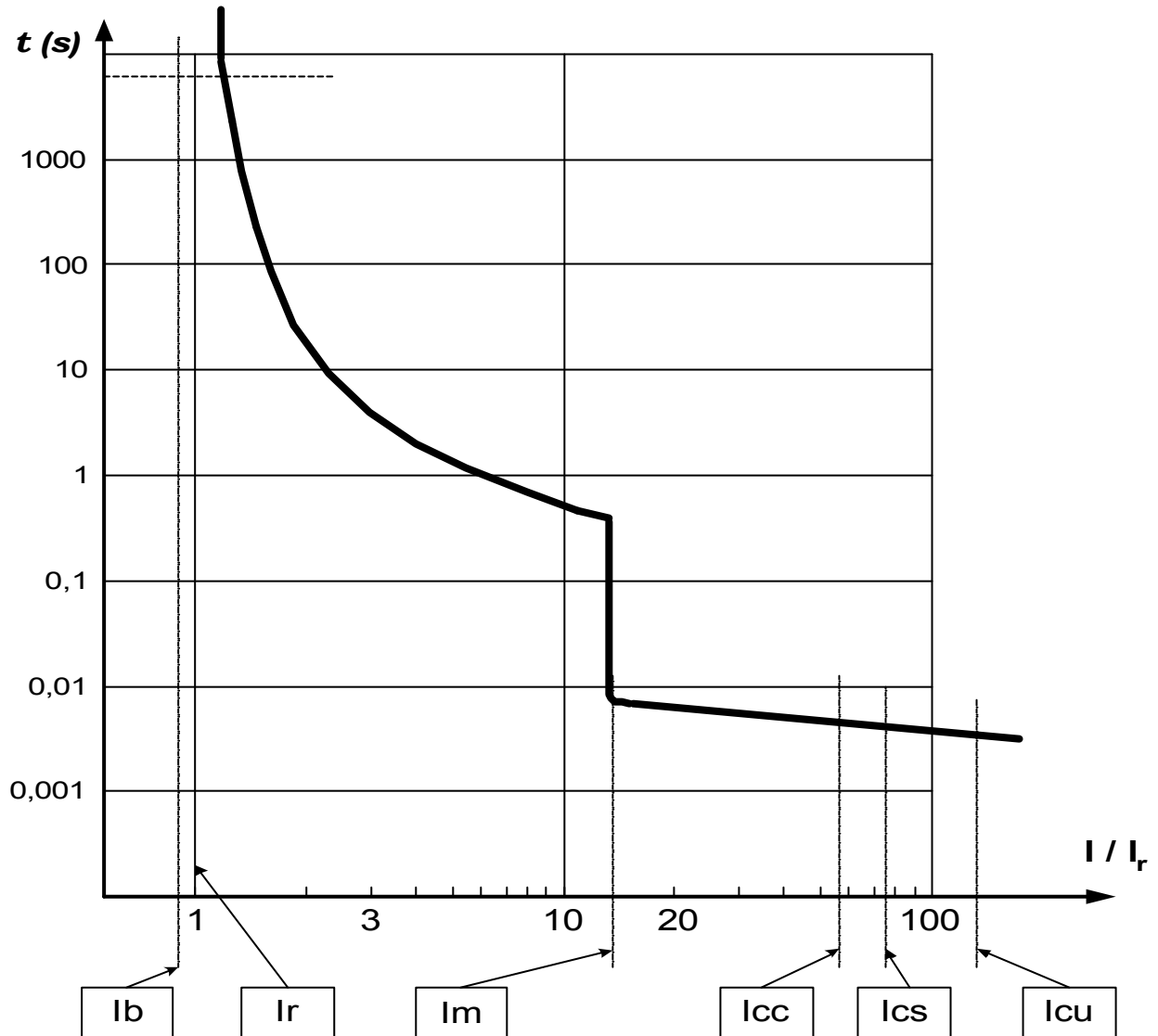
Icu - le pouvoir assigné de coupure ultime en court circuit : c'est le courant efficace de court circuit maximal (courant présumé) que le disjoncteur peut couper sous une tension donnée et dans des conditions spécifiées.

- Mettre en relation ces paramètres avec les paramètres du circuit à protéger pour montrer leur influence sur le choix des disjoncteurs.

- **Ue** – la tension maxi d'emploi, elle doit être **supérieure à la tension d'alimentation**,
- **Icc** – l'intensité de court-circuit au point d'implantation du disjoncteur doit toujours être **inférieure au pouvoir de coupure de service Ics** de cet appareil,
- **I_B** – l'intensité prévue pour le circuit à protéger doit être \leq **In** du disjoncteur.

B.3.4. Comportements des disjoncteurs

- Tracer sur un graphe une courbe caractéristique (générique) du comportement des disjoncteurs à déclencheurs magnétothermiques. Faire apparaître les grandeurs caractéristiques suivantes : I_r , I_{cc} , I_{cu} , I_b , I_m , I_{cs} . Graduer les axes et quantifier les points spécifiques.



- Citer les trois principaux types de courbes retenus par les constructeurs et donner les paramètres de leurs déclencheurs magnétiques.

Courbe B : $3 I_r \leq I_m \leq 5 I_r$

Courbe C : $5 I_r \leq I_m \leq 10 I_r$ ou $7 I_r \leq I_m \leq 10 I_r$ selon la norme considérée.

Courbe D : $10 I_r \leq I_m \leq 20 I_r$ ou $10 I_r \leq I_m \leq 14 I_r$ selon la norme considérée.

- Quelle est la tolérance sur la valeur du courant des déclencheurs magnétiques ?

La valeur du magnétique standard fixe est garantie pour $I_m \pm 20\%$.

B.3.5. Choix des disjoncteurs

- Remplir le tableau et reporter les tracés nécessaires sur l'abaque du dossier réponse.

Disjoncteurs	Q12	Q16
Calibre en A	100	32
Longueur en m	112	100
Type de câble (mm ²)	3x35 +1x16	4x16
m_N	1	1
R _L en mΩ	75	128
I _r /I _G	0,28	0,09
X'd en mΩ	131,2	131,2
R _L /X'd	0,57	0,97
I _d / I _G	2,23	1,55
I _d en A	805	559
I _d / I _r	8,05	17,2
I mag < k x I _r	8 I _r	14 I _r
Type de courbe	B	C
Références	pas de référence chez HAGER	NF432

résistivité	1.72E-08
Sn (kVA)	250
Un (V)	400
In (A)	361
X''d (%)	20.5

Les valeurs des calibres, les longueurs de lignes et les sections des câbles sont relevées sur les schémas dans le dossier technique.

Le coefficient $m_N = S_{ph} / S_N$ en schéma TT.

Donc $m_N = 35/16 \approx 2$ pour Q12 et $m_N = 16/16 = 1$ pour Q16.

$$R_L = \rho \lambda / s + 20 \cdot 10^{-3} \Omega.$$

I_r : le courant de réglage est égal au calibre du déclencheur thermique du disjoncteur.

I_G courant nominal du groupe alternateur = $S_n / \sqrt{3} \times U_n$.

$$X'd = (U_n^2 / S_n) \times X''d = ((400)^2 / 250) \times 0.205 = 131.2 \text{ m}\Omega$$

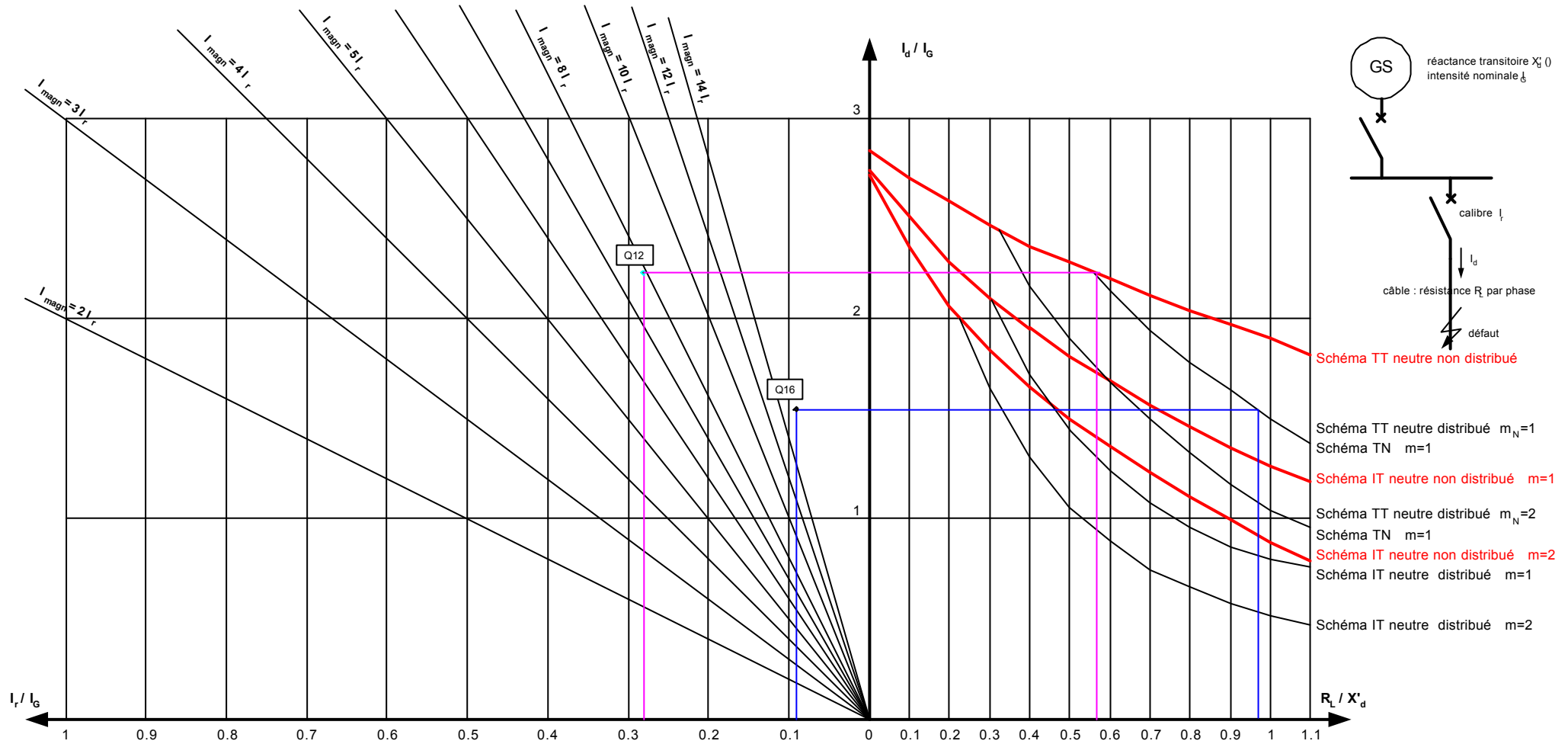
Les valeurs I_d / I_G sont relevées sur les abaques.

Les valeurs minimales des courants de défaut sont calculées par I_d = I_d / I_G x 361.

Les choix des valeurs des déclencheurs magnétiques tiennent compte de la tolérance de 20% sur le courant de déclenchement.

B.3.5.2. Détermination des disjoncteurs (suite)

Reporter sur cet abaque les tracés de détermination.
Identifier chaque tracé avec le repère d'identification du disjoncteur.



B.4. PROTECTION DES PERSONNES

B.4.1. Schéma de liaison à la terre

Régime TTN :

- Le neutre BT est relié à la terre par une première prise de terre Rb.
- Les masses utilisation sont reliées à la terre par une seconde prise de terre Ra.
- Les masses du poste sont reliées à la prise de terre du neutre.

B.4.2. Sélectivité différentielle

Une sélectivité différentielle totale entre un dispositif différentiel amont D1 et un dispositif différentiel aval D2 est assurée si :

1^{ère} règle : $I\Delta n_1 \geq 2 \times I\Delta n_2$ (coupure à partir de $I\Delta n/2$)

2^{ème} règle : $t_{nf1} \geq t_{tc2}$, temps de non-déclenchement de D1 \geq temps de coupure de D2 (y compris le temps dû à l'ouverture de l'organe de coupure)

B.4.3. Alimentation des équipements informatiques

type **si** : Super immunisé, l'immunité est renforcée aux déclenchements intempestifs dans les environnements perturbés, la compatibilité électromagnétique est améliorée.

On emploie aussi l'appellation **Hpi**, haut pouvoir immunitaire.

type **S** : Différentiel sélectif (sélectivité totale) par rapport à un différentiel instantané situé en aval.

Sélectivité entre Q19 et Q191 :

En cas de défaut d'isolement au point B, la sélectivité est totale car Q19 est un différentiel de type **S** (sélectif) et sa valeur de sensibilité est supérieure au double de celle de Q191.

Sélectivité entre le DGBT et Q19 :

rappel :

DGBT : $I\Delta n_1 = 3A$, temporisé à 150ms

Disjoncteur Q19 : $I\Delta n_2 = 300mA$, type S

$I\Delta n_1 \geq 2 \times I\Delta n_2$: la première règle est vérifiée

Cas le plus défavorable : Le courant de défaut à la terre $I\Delta n$ est égal **$I\Delta n_1/2$** (1,5A).

$\Rightarrow I\Delta n = 5 \times I\Delta n_2$

D'après les valeurs normalisées des performances d'un dispositif de type **S**, $t_{tc2} = 150ms$ ($5 \times I\Delta n_2$).

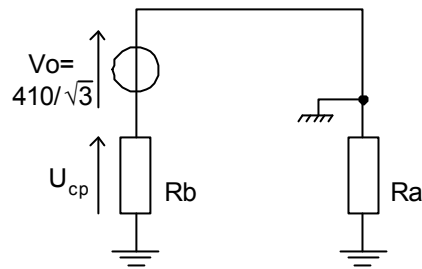
Comme le DGBT est temporisé à 150 ms, la deuxième règle est vérifiée.

En cas de défaut d'isolement au point A, la sélectivité différentielle entre le DGBT et le disjoncteur Q19 est **totale**.

B.4.4. Tension de contact dans le poste de livraison

$$R_a = 0,5\Omega, R_b = 3\Omega$$

$$U_{cp} = \frac{R_b \times U_{20}}{(R_a + R_b)\sqrt{3}} = 203\text{ V}$$



Le temps total de coupure du bloc Vigi du DGBT est égal à 300ms (lorsqu'il est temporisé à 150ms). Le point 203V, 300ms se trouve au-dessus de la caractéristique 'Durée maximale de maintien de la tension de contact', cette situation **présente donc un danger** pour les personnels se trouvant dans le poste.

Partie C. MOTORISATION

C.1. VIDANGE DES LAGUNES

C.1.1. Calcul du diamètre de la canalisation

pour obtenir la vitesse d'écoulement nécessaire à l'auto-curage :

$V \geq (4 \cdot 10^6 / 3600 \cdot \pi) \cdot (\text{débit} / \varnothing^2)$ avec V en m/s, le débit en m^3/h et \varnothing le diamètre de la canalisation en mm.

Débit : $22,5 \times 4 = 90 \text{ m}^3/\text{h}$ (ou 25l/s) et $V \geq 2 \text{ m/s} \Rightarrow \varnothing \leq 126 \text{ mm}$

On retiendra la valeur normalisée de **$\varnothing = 100 \text{ mm}$** .

C.1.2. Calcul de la Hauteur Manométrique Totale

Calcul des pertes de charges :

Longueur des canalisations : $0,5 + 25 + 6 + 4,5 - 0,4 = 35,60 \text{ m}$

Un débit d'eau claire de 25 l/s dans un tuyau en acier de $\varnothing 100 \text{ mm}$ donne des pertes de charges de 0,07 mCE/m.

Un lisier à 14% de MS implique un coefficient correcteur de 0,8. Donc la perte de charge linéique est de $0,07/0,8 = 0,0875 \text{ mCE/m}$.

En négligeant les coudes et le raccordement de la pompe, les pertes de charges totales sont de $35,6 \times 0,0875 = \mathbf{3,115 \text{ mCE}}$.

Calcul de la HMT :

$$\text{HMT} = (h_a + h_r) + P_{ch} + P_u$$

$$\text{HMT} = (4,5 + 6 - 0,4 - 0,5) + 3,115 + (10,33 \times 0,1) = \mathbf{13,748 \text{ mCE}}$$

C.1.3. Calcul du débit corrigé de la pompe

Les courbes de performances des pompes sont données pour le pompage de l'eau claire. Le pompage d'un lisier à 14% de MS implique une correction par un coefficient de 0,8. Le débit corrigé auquel doit satisfaire la pompe est de $90 / 0,8 = \mathbf{112,5 \text{ m}^3/\text{h}}$.

C.1.4. Choix de la pompe d'après les courbes de performances

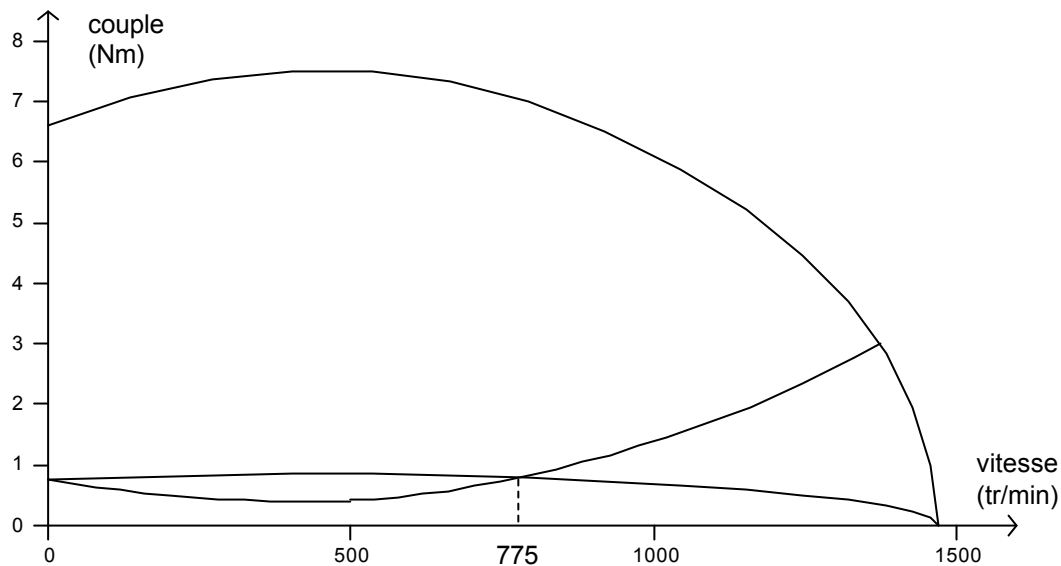
La teneur en MS du lisier étant $> 4\%$, il faut utiliser des pompes hacheuses.

D'après les courbes, la pompe

FP 3152 hT roue de 494 d'une puissance de 13.5 kW satisfait à ces conditions.

C.2. VARIATION DE VITESSE DES VENTILATEURS

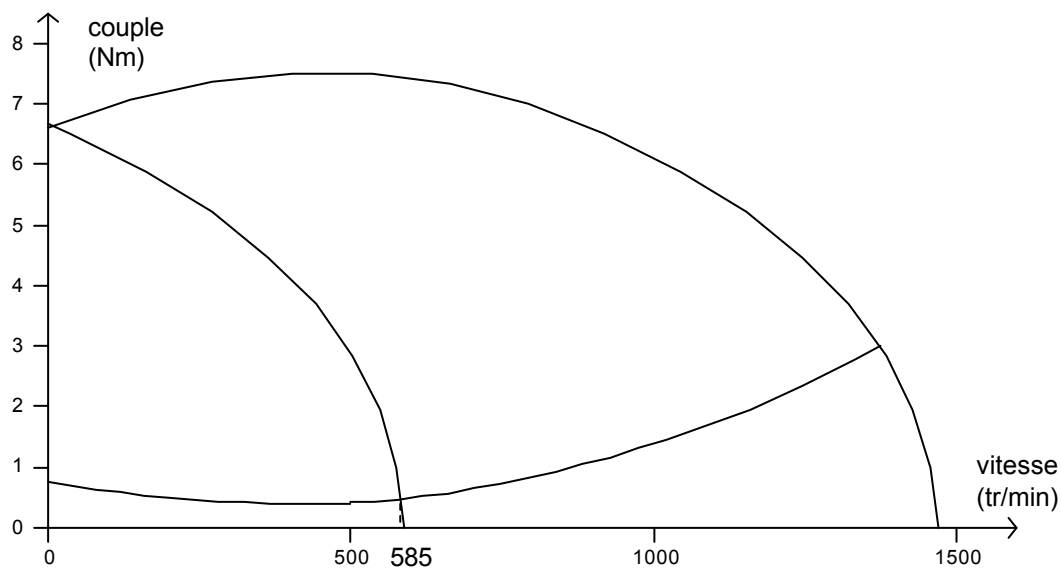
C.2.1. Variation de la tension



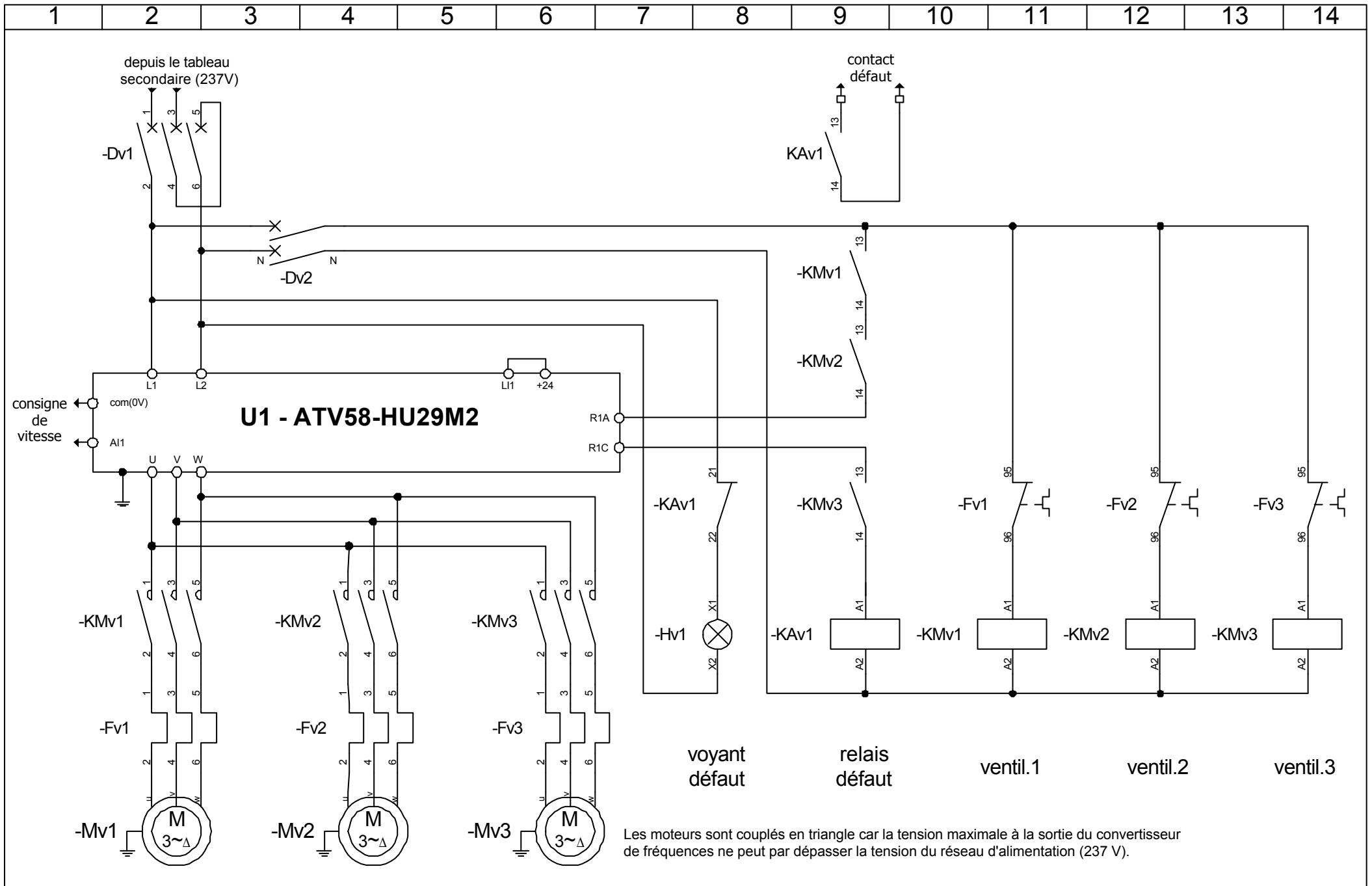
Tension minimale d'alimentation à 50 Hz pour mettre en rotation le ventilateur : **135 V** ($\approx 400/3$).
Le couple au démarrage minimal est égal au couple au démarrage sous 400 volts divisé par 8,8.
Comme le couple est proportionnel à la tension au carré, la tension minimale est égale à 400 volts divisés par la racine carrée de 8,8 (≈ 3).

Vitesse minimale du ventilateur (moteur alimenté en 50 Hz) : **775 tr/min**

C.2.2. Variation de fréquence



Vitesse du ventilateur (moteur alimenté en 20 Hz) : **585 tr/min**



Partie D. AUTOMATISME

D.1. ARRÊT DE LA VIS D'ARCHIMÈDE D'ALIMENTATION DE LA SOUPIÈRE

D.1.1. Masse déversée pendant la phase d'arrêt

Équation du couple résistant en fonction de la vitesse

Vitesse nominale : $\Omega_n = 1430 \text{ tr/min} \Rightarrow \Omega_n = 150 \text{ rad/s}$

Couple nominal : $C_n = 10 \text{ Nm}$

$C_r = 10\% C_n + k\Omega = 1 + 0,06\Omega$ (C_r est en Nm, Ω est la vitesse de l'ensemble moteur + vis en rad/s)

Durée t_0 pour obtenir l'arrêt

$$C_{\text{moteur}} = C_r + J \frac{d\Omega}{dt} \quad \text{à } t = 0, C_{\text{moteur}} = 0 \text{ et } W = W_0$$

d'où l'équation différentielle suivante : $1 + 0,06\Omega + 0,02 \frac{d\Omega}{dt} = 0$

La solution est de la forme : $\Omega = a + b \cdot e^{ct}$

à $t = 0, \Omega = \Omega_n \Rightarrow a + b = 150$

$$\Rightarrow 1 + 0,06a + 0,06b \cdot e^{ct} + 0,02bc \cdot e^{ct} = 0$$

$$1 + 0,06a = 0 \Rightarrow a = -16,7 \Rightarrow b = 166,7$$

$$0,06 + 0,02c = 0 \Rightarrow c = -3$$

$$\Omega = -16,7 + 166,7 \cdot e^{-3t}$$

à $t = t_0, W = 0 \Rightarrow t_0 = 0,77\text{s}$

Masse M_0 qui continue à se déverser

Angle de rotation θ réalisé pendant la phase d'arrêt :

$$q = \int_0^{t_0} \Omega(t) dt = \int_0^{0,77} -16,7 + 166,7 \cdot e^{-3t} dt = \left[-16,7t - 55,6e^{-3t} \right]_0^{0,77} = -(16,7 \times 0,77) - \frac{166,7}{3} (e^{-2,3} - 1) = 37,1$$

$q = 37,1 \text{ rad} = 5,9 \text{ tours}$

Débit de la vis :

$$25 \text{ m}^3/\text{h} = 6,94 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Masse déversée :

$$150 \leftrightarrow 6,94 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (La vitesse nominale de } 150 \text{ rad/s correspond à } 6,94 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s)}$$

$$\Rightarrow 37,1 \text{ rad} \leftrightarrow 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow M_0 = 1,72 \times 0,7 = 1,2 \text{ kg} \text{ (0,7 est la masse volumique de la nourriture sèche transportée).}$$

D.1.2. Masse en suspension

Accélération de la nourriture qui chute = g ($g = 9,81$),

Vitesse de la nourriture : $V = g \times t$ (t : temps ; $V = 0$ pour $t = 0$),

Position de la nourriture = $g \times t^2 / 2$ (position = 0 pour $t = 0$)

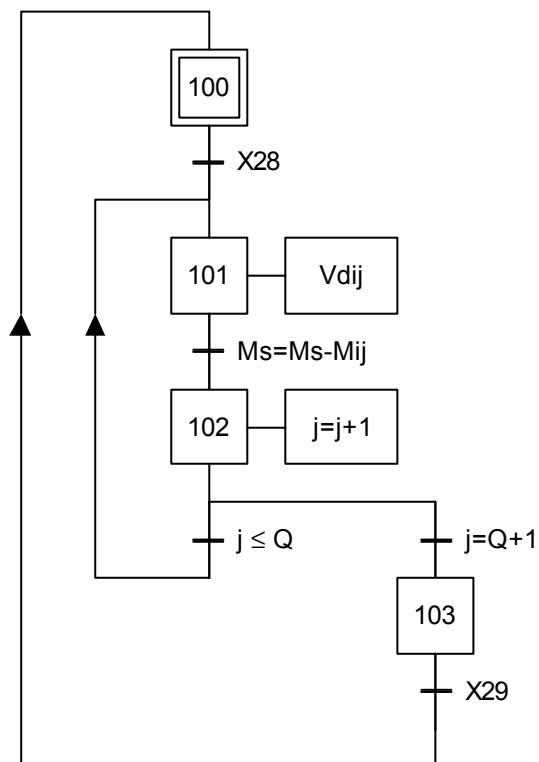
Position = 1,2 m pour $t = t_1$

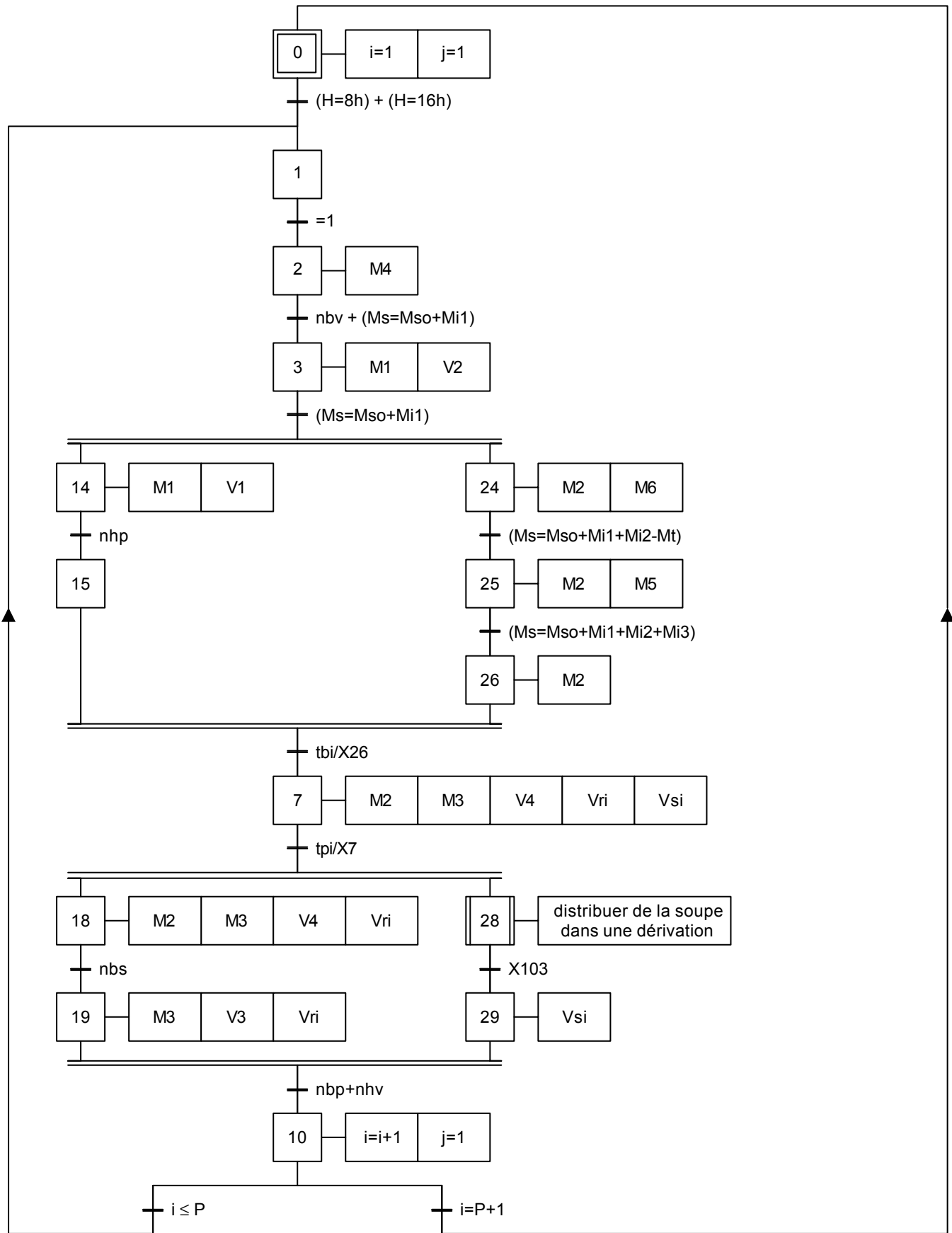
$$\Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2 \times 1,2}{9,81}} = 0,46\text{s}$$

Masse en suspension **M1** = $t_1 \times \text{débit nominal de la vis} \times \rho_m = 0,46 \times 4,86 = \mathbf{2,4 \text{ kg}}$

D.2. GRAFCET DE FABRICATION ET DE DISTRIBUTION DE LA SOUPE

TÂCHE GRAFCET « Distribuer de la soupe dans une dérivation »





D.3. DÉTERMINATION D'UNE CONFIGURATION AUTOMATE

Un bus AS-i accepte 31 esclaves.

Une interface pour sorties TOR avec bus AS-i possède au plus 4 sorties.

On peut donc commander 124 sorties avec un bus.

Une dérivation nécessite :

- Une sortie TOR pour la vanne d'entrée,
- Une sortie TOR pour la vanne de sortie,
- Une sortie TOR par vanne de distribution.

Bilan des sorties TOR déportées nécessaires :

Bâtiment 1A : $225 + 8 + 10 + 2 = 245$ (124 + 121) \Rightarrow **2 bus** AS-i double longueur

Bâtiment 1B : $100 + 4 = 104 \Rightarrow$ **1 bus** AS-i double longueur

Bâtiment 2B : $100 + 4 = 104 \Rightarrow$ **1 bus** AS-i simple longueur

Bâtiment 3A : $100 + 4 = 104 \Rightarrow$ **1 bus** AS-i double longueur

Bâtiment 3B : $84 + 6 = 90 \Rightarrow$ **1 bus** AS-i simple longueur

Les bus doivent être de double longueur lorsque celle-ci est supérieure à 100 mètres.

Configuration TSX PREMIUM :

Désignation	nombre	Référence	Critères de choix
Rack	2	TSX RKY 8EX	16 positions
Processeur	1	TSX P57 302M	6 bus AS-i
Module d'alimentation	1	TSX PSY 2600M	bilan de la consommation
Module d'entrées TOR	2	TSX DEY 16D2	32 entrées 24V _{DC} - bornier
Module de sortie TOR	3	TSX DSY 16R5	48 sorties relais - bornier
Module d'entrées analogiques	1	TSX AEY 810	8 entrées 0.10V isolées
Bornier à vis débrochable	5	TSX BLY 01	6 modules E/S
Coupleur maître AS-i	6	TSX SAY 100	6 bus AS-i
Répéteur	4	XZ MA1	4 bus double longueur
Interface Telefast SB2	163	ABE 8R04S010	31+31+26+26+26+23
Alimentation pour bus AS-i	10	TSX SUP A02	2 simples + 4 doubles