

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2018

ÉPREUVE E4.2

### L'ÉCLUSE D'AVIGNON



### CORRECTION

Les quatre parties de l'épreuve sont indépendantes.

PARTIE A. Analyse du réseau électrique de la centrale et de l'écluse d'Avignon.....	2
PARTIE B. ....	3
PARTIE C Conception technique des commandes des portes amont et aval .....	4
PARTIE D. Quelles recommandations suite aux incidents de mise en service ? .....	6
DREP1 : document réponse relatif aux questions A1.2 et A.1.3.....	7
DREP2 : document réponse relatif à la question A.1.5.....	7
DREP3 : document réponse relatif à la question B.2.2.....	8
DREP5 : Document réponse relatif à la question C2.1 .....	9

## PARTIE A. Analyse du réseau électrique de la centrale et de l'écluse d'Avignon

### A.1. Analyse du réseau de distribution et de sa conduite

A.1.1. **Indiquer**, sur votre copie, les repères des sources d'énergies permettant d'alimenter les équipements.

Les sources d'énergie possibles sont au nombre de 4 : le groupe d'alternateurs « GA1 et GA2 », le groupe alternateurs « GA3 et GA4 », l'usine de Sauveterre et le groupe électrogène.

A.1.2. **Entourer**, sur DREP1, le réseau BT 400 V en le notant « Réseau BT 400 ».

voir DREP1

A.1.3. **Entourer**, sur DREP1, le réseau HT 5,5 kV en le notant « Réseau HT 5,5 ».

voir DREP1

A.1.4. **Indiquer**, sur votre copie, quels sont les équipements alimentés lorsque la source d'énergie est l'un des groupes d'alternateurs et ceux alimentés lorsque la source d'énergie est le groupe électrogène.

Lorsqu'un groupe d'alternateurs est la source d'énergie les équipements alimentés sont : les **pompes de vidange**, le **TGBT RG**, le **TGBT RD** et **l'alimentation du poste écluse**.

Lorsque le groupe électrogène est la source d'énergie, les équipements alimentés sont : le **TGBT RG**, le **TGBT RD** et **l'alimentation du poste écluse**. Les pompes de vidange ne sont pas alimentées

A.1.5. **Compléter**, sur DREP2, les états (OUVERT ou FERMÉ) des disjoncteurs et des interrupteurs selon les deux cas proposés.

voir DREP2

A.1.6. **Justifier**, en fonction de l'enjeu général, la présence de toutes les sources d'énergie.

La CNR doit assurer une navigation 24h/24 tous les jours de l'année. Si les deux groupes d'alternateurs et l'Usine de Sauveterre ne peuvent plus alimenter le poste écluse, le groupe électrogène assure la continuité de service voulue. Seule la pompe de vidange n'est plus alimentée. On dispose ainsi de quatre sources d'énergie.

### A.2. Justification de la puissance apparente du transformateur « TA12 »

A.2.1. **Déterminer** la puissance apparente nécessaire à l'alimentation du poste Écluse.

On somme les puissances actives puis les puissances réactives disponibles sur DTEC3

$$S = \sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2} = 277 \text{ kVA}$$

A.2.2. **Calculer** la puissance apparente nécessaire à l'alimentation d'une pompe de vidange.

DTEC2 : on calcule la puissance électrique  $P_e = \frac{P_m}{\eta} = 273,7 \text{ kW}$  puis la puissance apparente

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = 318,24 \text{ kVA}$$

A.2.3. **Estimer** alors la puissance apparente au niveau du transformateur « TA12 ».

Pour estimer la puissance demandée par les différentes charges au transformateur TA12, nous n'avons pas d'autre choix que d'additionner les puissances apparentes demandées par l'alimentation du poste écluse, les auxiliaires RG, les auxiliaires RD et une pompe de vidange.

$$S_{demandée} = S_{pompe} + S_{TGBTRG} + S_{TGBTRD} + S_{écluse} = 318,24 + 150 + 150 + 277 = 895,24 \text{ kVA}$$

Le correcteur ne pénalisera pas ici le candidat qui aura compté deux fois la puissance apparente d'une pompe de vidange ( $S_{demandée} = 1213,48 \text{ kVA}$ ). La question suivante demande une compréhension fine de la conduite de la distribution afin de justifier la puissance du transformateur TA12.

A.2.4. **Justifier**, sur votre copie, la valeur de 1 MVA de la puissance apparente du transformateur « TA12 ».

Le transformateur présente une puissance apparente nominale de 1000 kVA ce qui permet de répondre à la demande des différentes charges qui est de 895,24 kVA.

$$S_{TA12} > S_{demandée}$$

## PARTIE B.

### B1. Canalisation C1

B1.1 **Justifier**, par le calcul, que nous pouvons choisir pour le disjoncteur un courant assigné  $I_N$  de 1000 A.

$$I_b = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 909 \text{ A} \quad \text{Puis la valeur normalisée indiquée dans le contexte est } 1000 \text{ A}$$

B1.2 **Rechercher** la valeur de  $I'_z$  en complétant le document réponse DREP3.

Voir DREP3 en fin de texte

B1.3 **Déterminer**, en vous justifiant, la section S du câble..

La méthode de référence est la méthode F, L'isolant est du PR, l'âme est en cuivre et il s'agit d'un circuit triphasé. D'après le tableau du document ressource DRES1, la section minimale est de  $630 \text{ mm}^2$  car le courant admissible est  $1088 \text{ A} > I'_z$ .

B2. **Choisir** les références du disjoncteur et de ses accessoires en complétant le document réponse DREP5.

Voir DREP4 en fin de texte

B3. Réglage de l'unité de contrôle associé au disjoncteur

B3.1 **Donner**, en vous justifiant, les positions des commutateurs pour régler les seuils,  $I_r$ ,  $I_{sd}$ ,  $I_i$ .

Le seuil long retard  $I_r$  doit être réglé à 909 A et le calibre du disjoncteur est égal à 1000A. On a  $I_r = I_N \times \text{Réglage long time}$  donc  $\text{Réglage long time} = \frac{I_r}{I_N} = 0,909$ . On réglerà le commutateur sur le cran 0,95.

Le seuil court retard doit être réglé à 5000A et le courant de réglage  $I_r = 1000 \times 0,95 = 950$  A. On a  $I_{sd} = I_r \times \text{Réglage short time}$  donc  $\text{Réglage short time} = \frac{I_{sd}}{I_r} = 5,3$ . On réglerà le commutateur sur le cran 6.

Le seuil instantané  $I_i$ , doit être réglé à 12000A. On a  $I_i = I_n \times \text{Réglage instantané}$ , ce qui correspond à  $\text{Réglage instantané} = \frac{I_i}{I_N} = \frac{12000}{1000} = 12$ . On réglerà le commutateur sur le cran 12.

B3.2 **Donner**, en vous justifiant, les positions des commutateurs pour régler les temporisations,  $t_r$ ,  $t_{sd}$ .

On souhaite un déclenchement en 300s pour un courant de 1360 A. Cette valeur correspond à  $1360/909 = 1,5 I_r$ . Un retard au déclenchement de 300s à  $1,5 I_r$  correspond à une temporisation de 12s à 6I<sub>r</sub> (voir tableau DRES3). On réglerà le commutateur  $t_r$  sur le cran 12.

Remarque : le  $t_r$  est donné en référence à 6xI<sub>r</sub>.

La temporisation de déclenchement relative au seuil court retard doit être comprise entre 0,14s et 0,2s. On réglerà le commutateur  $t_{sd}$  sur le cran 0,2.

## PARTIE C Conception technique des commandes des portes amont et aval

C1. Étude de l'architecture de la commande de déplacement des portes amont et aval

C.1.1 **Donner** en vous justifiant la référence des variateurs qui piloteront les moteurs.

La référence du moteur nous indique (DRES7)  $P_N = 5,5$  kW et  $I_N = 11,5$  A ;

La documentation variateur (DRES6) nous conduit vers la référence ATV71HU55N4 pour la puissance de 5,5 kW et pour un courant disponible de 14,3 A.

Toutefois, les spécifications demandent au variateur de pouvoir délivrer un courant transitoire de  $2,5 \times I_N$  soit 28,5 A alors que le variateur ne peut délivrer que 23,6 A en phase transitoire de 2 secondes. Il est nécessaire de choisir la référence **ATV71HU75N4** qui peut délivrer jusqu'à 29 A en phase transitoire de 2 secondes.

C.1.2 **Indiquer** la longueur de câble blindé maximale admissible sans filtre entre le variateur et le moteur. **Choisir et justifier** la référence d'un filtre qui pourrait éventuellement être installé entre un variateur et un moteur.

Le document DRES7 précise que la longueur maximale de câble moteur est de 50 mètres pour un câble blindé.

Dans le cas où la distance entre le variateur et le moteur serait supérieure à 50 m, il conviendrait d'installer un filtre de sortie. Le document DTEC4 et la solution n°2 fait apparaître

une distance de 90 m entre les coffrets et les moteurs. Les filtres de référence **VW3A5103** permettent l'installation d'une longueur de câble blindé allant jusqu'à 160 m.

- C.1.3 **Rédiger** un message électronique destiné à votre chef de projet pour lui rendre compte de votre analyse des deux solutions proposées sur le document DTEC4 et pour lui proposer un choix argumenté. Votre message comprendra une introduction pour exposer le problème qui vous a été soumis. Un paragraphe dans lequel vous comparerez les deux solutions du point de vue du matériel installé, du point de vue de la longueur des câbles et de l'installation éventuelle de filtres et du point de vue de la continuité de service et un paragraphe dans lequel vous préciserez la solution que vous souhaitez voir retenue.

Madame,

Vous m'avez demandé d'étudier les deux propositions d'architecture de pilotage des moteurs de portes du sas de l'écluse.

La solution n°1 propose deux armoires situées au plus près des moteurs amont et aval. Chaque armoire comprend deux coffrets variateurs pour assurer une continuité de service en cas de panne d'un des coffrets. Les deux armoires sont alimentées par une canalisation BT qui est à dimensionner. Cette solution met en œuvre un total de quatre ensembles variateurs et accessoires satellites. La solution n°2 permet de ne mettre en œuvre que deux ensembles variateurs qui piloteront alternativement la porte amont et la porte aval puisque la conduite de l'écluse ne demande pas un pilotage simultané des portes. Cette solution demande toutefois l'installation de filtres en sortie de variateur. Les deux solutions assurent de la même manière une redondance des systèmes de commande qui répond à l'enjeu de continuité de service 24h/24.

Je préconise la solution n°2 en vous suggérant d'installer l'armoire principale à une distance inférieure à 50 m de l'une des portes. Cette solution nous évite l'installation d'un filtre de sortie sur le câble moteur pour la porte la plus proche. L'autre départ nécessitera un filtre de sortie pour une longueur maximale de 160 m pour un câble blindé.

Cordialement,

xxxx

## C2. Automatisme

- C.2.1 **Déterminer** la puissance demandée par l'ensemble des cartes installées en complétant le document DREP5.

voir DREP5

- C.2.2 **Choisir et justifier** la référence de la carte alimentation 5 V<sub>DC</sub>.

Le besoin en puissance est de 25 575 mW sous 5 V. Le module alimentation de référence TSX5500 peut délivrer une puissance de 35 000 mW (> 25 575 mW demandé) et il est alimenté sous 230 V

- C.2.3 **Choisir et justifier** la référence du commutateur.

La référence TCSESM083F2CU0 dispose de 6 ports Ethernet pour 5 utilisés et de 2 ports fibre optique pour 2 utilisés

- C.2.4 **Indiquer** la plage d'adresses disponibles pour le sous-réseau « Gestion technique centralisée ».

L'adresse du serveur Scada est 172.108.22.010/28 ce qui correspond à un masque d'adresse 255.255.255.240.

L'adresse du sous-réseau est alors 172.108.22.0 et l'adresse de « broadcast » est 172.108.22.15. Il y a donc 14 adresses disponibles : de 172.108.22.1 à 172.108.22.14

## PARTIE D. Quelles recommandations suite aux incidents de mise en service ?

### D1. Scénario 1

D.1.1 **Indiquer**, en vous justifiant, l'hypothèse que vous considérez la plus probable :

Le scénario indique qu'un objet a entravé pendant quelques secondes le mouvement de la porte ce qui a obligé le moteur à fournir un couple et donc un courant plus important pour maintenir la vitesse constante : l'hypothèse 2 me semble la plus probable.

L'hypothèse 1 ne tient pas compte de l'incident et considère que le variateur ne serait pas convenablement dimensionné du point de vue du courant nominal à fournir au moteur.

D.1.2 **Analyser**, afin d'établir un diagnostic, les causes du dysfonctionnement, à partir de la mesure et du défaut (revoir contexte), pour confirmer votre hypothèse.

Nous pouvons vérifier que le courant durant la phase 2, DTEC5, est de 11,3 A ce qui correspond au courant nominal du moteur (voir contexte, 11,5A). Le variateur est capable de délivrer 20,3 A sous 400 V.

Le variateur est capable de supporter 23,6 A pendant 2s. Selon l'hypothèse 2, le courant a augmenté transitoirement à cause de l'obstacle ce qui pourrait être la cause du problème.

D.1.3 **Faire** une proposition cohérente par rapport à votre diagnostic.

Je propose de changer le variateur en le choisissant afin qu'il puisse supporter un courant transitoire plus important pendant 2s. On fait ainsi l'hypothèse que les objets de petite taille seront refoulés et ne bloqueront pas la porte.

Remarque : les parties sont indépendantes, C et D, notamment. Cette situation est décrite dans la partie C puisque on a choisi le variateur, avec une indication dans les spécifications électriques, qui précise que le courant transitoire est 2,5 fois le courant nominal pendant 2 secondes.

C'est l'analyse et la cohérence des réponses qui guideront l'évaluation globale de cette partie.

### D2. Scénario 2 : l'ouverture de la porte aval semble plus lente que prévu

D.2.1 **Analyser** la situation afin d'établir un diagnostic

. La valeur mesurée 157s doit être détaillée avec un temps d'accélération ACC et un temps de décélération de 19s ce qui fait 128s pour la durée de la phase 2. 128s est plus grande que 92s (voir contexte) pour ouvrir la porte ce qui traduit bien une vitesse trop lente. Le paramètre HSP

est mal configuré.

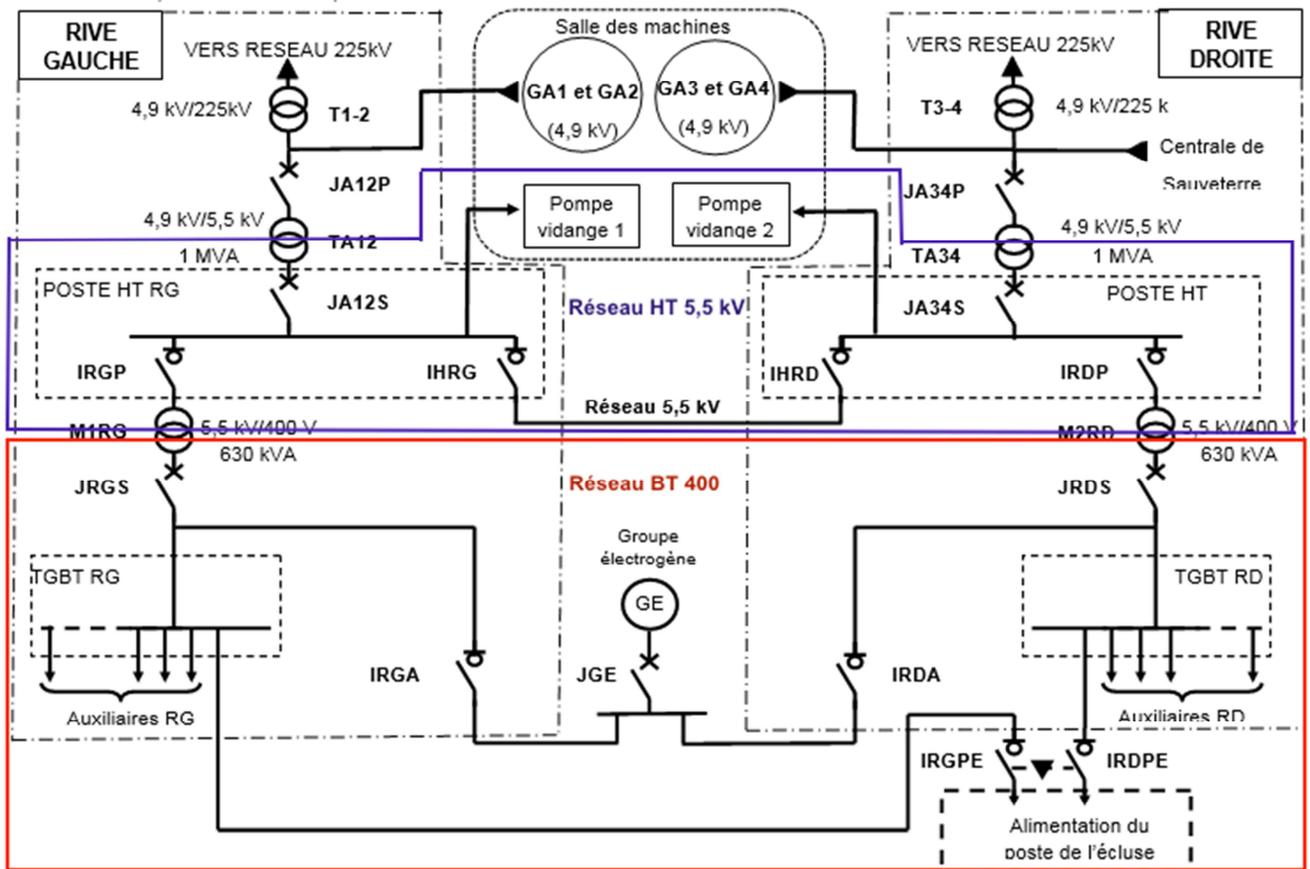
D.2.2 Faire une recommandation au technicien afin qu'il puisse modifier la configuration du variateur

La vitesse lente de la porte est donnée par

$$v_{porte} = \frac{12}{128} = 93,75 \text{ m.s}^{-1}$$

Le paramètre HSP est donné par  $HSP = \frac{117}{93,75} \times 40 \cong 50$

DREP1 : document réponse relatif aux questions A1.2 et A.1.3



DREP2 : document réponse relatif à la question A.1.5

Le groupe d'alternateurs « GA1 et GA2 » est la source d'énergie utilisée

Cas n°1 : alimentation par le poste HT RG et par le TGBT RG

Organe	JA12P	JA12S	JA34P	JA34S
OUVERT ou FERMÉ	FERMÉ	FERMÉ	OUVERT	OUVERT

Organe	IRGP	IHRG	IHRD	IDRP
OUVERT ou FERMÉ	FERMÉ	FERMÉ (non évalué)	FERMÉ (non évalué)	OUVERT

Organe	IRGA	JGE	IRDA
OUVERT ou FERMÉ	FERMÉ	OUVERT	FERMÉ

Organe	IRGPE	IRDPE
--------	-------	-------

OUVERT ou FERMÉ	FERMÉ	OUVERT
-----------------	-------	--------

**Cas n°2 : alimentation par le poste HT RD et par le TGBT RG**

Organe	JA12P	JA12S	JA34P	JA34S
OUVERT ou FERMÉ	FERMÉ	FERMÉ	OUVERT	OUVERT

Organe	IRGP	IHRG	IHRD	IDRP
OUVERT ou FERMÉ	OUVERT	FERMÉ (non évalué)	FERMÉ (non évalué)	OUVERT

Organe	IRGA	JGE	IRDA
OUVERT ou FERMÉ	FERMÉ	OUVERT	FERMÉ

Organe	IRGPE	IRDPE
OUVERT ou FERMÉ	FERMÉ	OUVERT

DREP3 : document réponse relatif à la question B.2.2

	Valeur	Justifications
$I_N$	1000A	Pas de justification
K1	1	Lettre sélection F
K2	0,88	2 circuits / 1 couche / tablettes horizontales perforées
K3	1,08	PR / 20°C
K	0,9504	$K1 \cdot K2 \cdot K3$
$I'z$	1052A	Pas de justification

DREP4 : relatif à la question B.2

Appareil	Dénomination	Référence	Justifications
Disjoncteur	NS1000_typeN	33390	Calibre 1000A > $I_n = 909A$ 3 pôles Débrochable à commande électrique $I_{cu} = 50kA > I_{cc \text{ max}} = 22,8kA$
Chassis	630/1250A	33722	Pour NS1000N / 3 pôles
Raccordement	Prise avant Amont	33727	3 pôles
Raccordement	Prise avant Aval	33728	3 pôles
Commande électrique		33838	48V AC / Communicante
Colonne dénomination non demandée dans le doc réponse DREP4			

DREP5 : Document réponse relatif à la question C2.1

Document pour choix  
des modules alimentations  
TSX PSY  
(spécimen à photocopier)

Plate-forme d'automatisme  
Modicon Premium  
Bilan de consommation

La puissance nécessaire à l'alimentation de chaque rack TSX RKY est fonction du type et du nombre de modules implantés dans celui-ci. De ce fait, il est nécessaire d'établir un bilan de consommation rack par rack afin de définir le module alimentation TSX PSY adapté à chaque rack. Le tableau ci-dessous permet d'établir le bilan de consommation sur les trois différentes tensions à fournir (5 V, 24 V, 24 VR).

Mode d'emploi :

- Vérifier et choisir un module alimentation correspondant aux puissances disponibles pour les 3 tensions.
- Vérifier que la somme des puissances absorbées sur ces trois tensions ne dépasse pas la puissance globale du module alimentation.
- Valeurs à renseigner suivant le type de configuration automate Premium.

Rack n°	Référence	Format S : standard D : double	Nombre	Consommation en mA (1)							
				Tension 5 V		Tension 24 VR		Tension 24 V			
				Module	Total	Module	Total	Module	Total		
Processeurs Unity avec carte extension mémoire	TSX P57 0244M	S		850							
	TSX P57 104M	S		850							
	TSX P57 1634M	D		1650							
	TSX P57 154M	S		930							
	TSX P57 204M	D		850							
	TSX P57 2634M	D		1650							
	TSX P57 254M	D		930							
	TSX H5724M	D		1880							
	TSX P57 304M	D		1100							
	TSX P57 3634M	D	1	1900	1900						
	TSX P57 354M	D		1180							
	TSX P57 454M	D		1680							
	TSX P57 4634M	D		1880							
	TSX H5744M	D		1880							
	TSX P57 554M	D		1680							
TSX P57 5634M	D		1680								
TSX P57 6634M	D		1880								
Processeurs PL7 avec carte extension mémoire	TSX P57 103M	S		440							
	TSX P57 153M	S		8530							
	TSX P57 203M	D		750							
	TSX P57 2623M	D		1110							
	TSX P57 253M	D		820							
	TSX P57 2823M	D		1180							
	TSX P57 303AM	D		1000							
	TSX P57 3623AM	D		1360							
	TSX P57 353AM	D		1060							
	TSX P57 353LAM	S		1650							
	TSX P57 453AM	D		1080							
	TSX P57 4823AM	D		1440							
Entrées/sorties "Tout ou Rien"	TSX DEY 08D2	S		55						80	
	TSX DEY 16A2	S		80							
	TSX DEY 16A3	S		80							
	TSX DEY 16A4	S		80							
	TSX DEY 16A5	S		80							
	TSX DEY 16D2	S		80						135	
	TSX DEY 16D3	S		80						135	
	TSX DEY 16FK	S		250						75	
	TSX DEY 32D2K	S		135						160	
	TSX DEY 32D3K	S	5	140	775					275	
	TSX DEY 64D2K	S		155						315	
	TSX DSY 08R4D	S		55			80				
	TSX DSY 08R5	S		55			70				
	TSX DSY 08R5A	S		55			80				
	TSX DSY 08S5	S		125							
	TSX DSY 08T2	S		55							
	TSY DSY 08T22	S		55							
	TSX DSY 08T31	S		55	560						
	TSX DSY 16R5	S		80			135				
	TSX DSY 16S4	S		220							
	TSX DSY 16S5	S		220							
	TSX DSY 16T2	S		80							
	TSX DSY 16T3	S		80							
TSX DSY 32T2K	S		140								
TSX DSY 64T2K	S		155								
TSX DMY 28FK	S		300						75		
TSX DMY 28RFK	S		300						75		
Déport bus X	TSX REY 200	S		500							
Total à reporter en haut de la page suivante			Courant (mA)								

Document pour choix  
des modules alimentations  
TSX PSY

Plate-forme d'automatisme  
Modicon Premium  
Bilan de consommation

(spécimen à photocopier)

Rack n°	Référence	Format S : standard D : double	Nombre	Consommation en mA (1)						
				Tension ∷ 5 V		Tension ∷ 24 VR		Tension ∷ 24 V		
				Module	Total	Module	Total	Module	Total	
Total bas de page précédente		Courant (mA)								
Entrées/sorties analogiques	TSX AEY 414	S		660						
	TSX AEY 420	S		500						
	TSX AEY 800	S		270						
	TSX AEY 810	S		475						
	TSX AEY 1600	S	4	270	1080					
	TSX AEY 1614	S		300						
	TSX ASY 410	S		900						
	TSX ASY 800 (2)	S	4	200	800	300				
Sécurité	TSX PAY 262	S		150				200		
	TSX PAY 282	S		150				200		
Comptage, commande de mouvement, pesage	TSX CTY 2A	S		280				30		
	TSX CTY 4A	S		330				36		
	TSX CTY 2C	S		850				15		
	TSX CCY 1128	S		660				15		
	TSX CAY 21	S		1100				15		
	TSX CAY 41	D		1500				30		
	TSX CAY 22	S		1100				15		
	TSX CAY 42	D		1500				30		
	TSX CAY 33	D		1500				30		
	TSX CFY 11	S		510				50		
	TSX CFY 21	S		650				100		
	TSX CSY 84/164	D		1800						
	TSX ISP Y101	S		150			145			
	Communication	TSX ETY 110 WS (3)	S		800					
TSX ETY 110 WS (4)		S		1200						
TSX ETY 4103/5103		S		360						
TSX IBY 100		S		500						
TSX PBY 100		S		400						
TSX SAY 1000		S		100						
TSX SCY 11601		S		350						
TSX SCY 21601		S		350						
TSX SCP 111		-		140						
TSX SCP 112		-		120						
TSX SCP 114		-		150						
TSX FPP 10		-		330						
TSX FPP 20		-		330						
TSX MBP 100		-		220						
TSX CPP 110		-		60						
TSX P ACC 01		-		150						
Terminal		T FTX 117 ADJ 02	-		310					

Bilan de consommation	Courant total (mA)	5115					Total des 3 puissances
	Puissance (mW)	25575	+		+		=
		≤		≤		≤	≤

				Puissances disponibles en mW			Globale
Choix des modules alimentations	TSX PSY 1610	S	∷ 24 V non isolée	15 000	15 000	-	30 000
	TSX PSY 2600	S	~ 100...240 V	25 000	15 000	12 000	26 000
	TSX PSY 3610	D	∷ 24 V non isolée	35 000	19 000	-	50 000
	TSX PSY 5520	D	∷ 24...48 V isolée	35 000	19 000	-	50 000
	TSX PSY 5500	D	~ 100...120 V ~ 200...240 V	35 000	19 000	19 000	50 000
	TSX PSY 8500	D	~ 100...120 V ~ 200...240 V	75 000	-	38 000	77 000 (5)

(1) Valeur typique donnée pour 100 % des entrées ou des sorties à l'état 1.

(2) Dans le cas d'utilisation d'une alimentation ∷ 24 VR externe, la consommation de 300 mA sur le 24 VR interne n'est pas à prendre en compte pour le choix de l'alimentation du rack.

(3) Sans téléalimentation (R,J45).

(4) Avec téléalimentation (AUI).

(5) 77 000 mW à 60 °C, 85 000 mW à 55 °C ou 100 000 mW à 55 °C avec utilisation des modules ventilation TSX FAN ●●P.