


 DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 1/16
	Référence : 140 ELECT PZR SPE 09000348	Indice B

Titre du document : Spécification technique pour les transformateurs HTA/BT de type sec.	CEA/DEN/CAD/DPIE/SMCP/GE DO 213 11/09/09  09PPZR000348 diffusé le : 11/09/09
--	---

Champ d'application et résumé :
Ce document décrit les spécifications techniques des transformateurs de type sec HTA/BT utilisés sur le site du CEA Cadarache.

Destinataires internes CEA	Destinataires externes CEA


Historique des évolutions d'indice		
Indice	Date	Commentaires / Objet de l'évolution d'indice
A		Edition originale
B	26/05/2009	Mise à jour – Contrat Global de Services (annule et remplace le document N° 112 ELECT PFS SPE 05001631)

Nom	Contrat Global de Services	DPIE/SMCP/GE
Visa	 Contrat Global de Services CGS – CEA Cadarache	
	RÉDACTION	APPROBATION

En l'absence d'accord ou de contrat, la diffusion des informations contenues dans ce document auprès d'un organisme tiers extérieur au CEA est soumise à l'accord du Directeur de la Direction de l'Énergie Nucléaire.

Cadre de réalisation du document.
Durée d'archivage : voir tableau de gestion

CLASSIFICATION				
DR	CC	CD	SD	sans
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

 DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 2/16
	Référence : 140 ELECT PZR SPE 09000348	Indice B

SOMMAIRE

1	OBJET	3
2	CARACTERISTIQUES	3
2.1	Normes et réglementation applicables	3
2.2	Type et constitution	3
2.3	Nature des enroulements	4
2.4	Caractéristiques électriques	4
2.5	Puissance assignée	4
2.6	Environnement et classes caractéristiques	4
2.7	Pertes et niveau de bruit	5
2.8	Caractéristiques dimensionnelles	5
2.9	Sondes thermiques	5
2.10	Accessoires	5
3	RACCORDEMENTS	6
3.1	Raccordements HTA	6
3.2	Raccordements BT	6
3.3	Limiteur de surtension	7
4	ESSAIS	7
4.1	Essais de type	7
4.2	Essais individuels	8
4.3	Essais optionnels	8
5	RECETTE USINE	8
6	DOCUMENTATION	8
7	ANNEXE 1	9
8	ANNEXE 2 : SCHEMAS TYPE PROTECTION TRANSFORMATEUR	11
8.1	Disjoncteur de protection générale	11
8.2	Relais de surveillance de température	12
8.3	Relayage interface HTA	13
8.4	Signalisation	14
8.5	Relayage interface GTC	15
8.6	Contrôle – commande des extracteurs	16



1 OBJET

Ce document a pour objectif de formaliser les spécifications techniques des transformateurs secs de puissance $160 \text{ kVA} \leq S \leq 2500 \text{ kVA}$ installés dans le cadre de création d'ouvrages HTA/BT.

D'une manière générale, la réalisation des transformateurs est placée sous la responsabilité directe de l'Entreprise Titulaire du marché. Dans tous les cas, se référer aux documents du marché (CCTP, Projet de Marché, etc.) qui prévalent.

2 CARACTERISTIQUES


2.1 Normes et réglementation applicables

Les transformateurs doivent satisfaire aux normes, décrets et réglementations en vigueur. Le tableau ci-après résume les documents applicables, en particulier :

Correspondances Publications - Normes	CEI 726	CEI 76-1	CEI 76-2	CEI 76-3	CEI 76-4	CEI 76-5	CEI 905	CEI 270	CEI 551	NF C 52-526	NF C 52-100	NF C 52-115
Transformateurs de puissance de type sec	X											
Transformateurs de puissance : généralités		X										
Transformateurs de puissance : Echauffements			X									
Transformateurs de puissance : niveaux d'isolement et essais				X								
Transformateurs de puissance : prises et connexions					X							
Transformateurs de puissance : tenue aux court-circuits						X						
Guide de charge pour transformateurs de type sec							X					
Mesure des décharges partielles								X				
Détermination des niveaux de bruit des transformateurs									X			
Transformateurs de puissance de type sec	X									X		
Transformateurs de puissance		X	X	X	X	X					X	
Transformateurs triphasés, sec 50 Hz de 100 à 2500 kVA et $U_p \leq 36 \text{ kV}$												X

2.2 Type et constitution

Transformateur triphasé de type sec à bobinages enrobé ou encapsulé en matériau garantissant l'absence de dégagements toxiques, l'ininflammabilité et la non-contamination en cas d'incendie.

 DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 4/16
	Référence : 140 ELECT PZR SPE 09000348	Indice B

2.3 Nature des enroulements

- Cuivre ou Aluminium

2.4 Caractéristiques électriques

Désignation	Valeur	Commentaires
Tension primaire assignée à $\pm 5\%$	15 kV	Réglage par prises de $\pm 2,5\%$ à $\pm 5\%$ (5 positions). Sélection hors tension par barrettes boulonnées.
Tension la plus élevée pour le matériel	24 kV	
Tension de tenue de courte durée à 50 Hz	50 kV	Pendant 60 secondes
Tension de tenue au choc de foudre 1.2 μ s	125 kV	
Tension secondaire à vide	410 - 236 V	Neutre sorti, couplage Dyn11
Tension de court circuit	$\leq 6\%$	
Décharges partielles	≤ 10 pC	
Fréquence	50 Hz	

2.5 Puissance assignée


La puissance assignée est spécifiée dans le CCTP.

Pour mémoire, les puissances normalisées sont les suivantes : 160, 250, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 et 2500 kVA.

2.6 Environnement et classes caractéristiques

Désignation	Caractéristique
Conditions d'installation	Installation intérieure, altitude ≤ 1000 m
T°C de l'air de refroidissement	$- 5^{\circ}\text{C} \leq T^{\circ}\text{C} \leq + 40^{\circ}\text{C}$
T°C moyenne journalière sur 24 h	$\leq 30^{\circ}\text{C}$
T°C moyenne annuelle	$\leq 20^{\circ}\text{C}$
Hygrométrie relative	$30\% \leq \text{HR} \leq 90\%$
Mode de refroidissement	AN
Classe d'échauffement	F
Classe d'environnement	E2
Classe climatique	C2
Classe de comportement au feu	F1

Nota : le degré de protection requis est spécifié dans le CCTP.

 DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 5/16
	Référence : 140 ELECT PZR SPE 09000348	Indice B

2.7 Pertes et niveau de bruit

Sauf spécification contraire du CCTP, les pertes à vide et en charge ainsi que le niveau de bruit seront réduits au minimum et ne devront pas dépasser les valeurs du tableau 2 de la NF C 52115.

2.8 Caractéristiques dimensionnelles

Les dimensions ne devront pas dépasser les côtes du tableau 3 de la NF C 52115.

2.9 Sondes thermiques

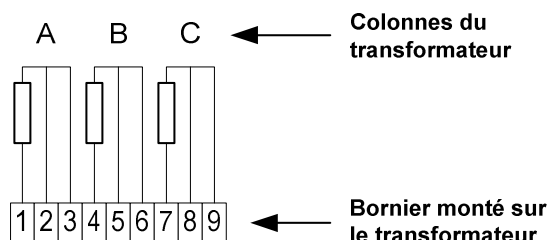
2.9.1 Caractéristiques

Le transformateur sera équipé de 3 capteurs de température type PT100 « 3 fils » (1 sonde par bobine) :

- Les caractéristiques de ces sondes seront compatibles avec les relais de protection TEC System type NT935 utilisés généralement sur les installations du CEA Cadarache.
- En cas de défaut, le remplacement des sondes défectueuses doit pouvoir être effectué sur place par le personnel de maintenance du CEA Cadarache.

2.9.2 Raccordements des sondes


Les sondes seront raccordées sur un bornier spécifique avec connecteur débrochable sur le transformateur comme représenté ci-après :



2.10 Accessoires

Le transformateur est fourni assemblé avec les accessoires suivants :

- 4 points d'élingage pour les opérations de levage et de manutention.
- 4 galets de roulement orientables avec dispositif de blocage des galets.
- Plaque signalétique normalisée
- Etiquette de danger électrique, type T10 sur chaque colonne et sur les 2 faces
- Goujon de mise à la terre.

 DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 6/16
	Référence : 140 ELECT PZR SPE 09000348	Indice B

3 RACCORDEMENTS

3.1 Raccordements HTA

L'alimentation HTA est prévue pour s'effectuer sur des plages de raccordements permettant le raccordement direct (*) de câbles HTA unipolaires.

En fonction de la configuration du local électrique et des impératifs d'installation, les arrivées HTA par le bas ou par le haut doivent être possibles ; ce point est précisé dans le CCTP.

Nota (*) : le CEA Cadarache n'utilise pas de connecteurs séparables pour ces transformateurs.

Les plages de raccordement HTA sont en cuivre et pré-percées en usine. Pour information, les caractéristiques des câbles utilisés sont données ci-après :

- Fabrication selon NF C 33-226, non propagateur de la flamme selon NF C 32-072/C2
- Tension spécifique 12/20 (24) kV avec âme cuivre ou aluminium de section appropriée à la puissance du transformateur,
- Equipés d'extrémités d'intérieur préfabriquées intérieures de type « courtes », rétractables à froid, pour atmosphère non polluée, avec déflecteur et cosses cuivre.

Les couples de serrages maximum autorisés sur les plages de raccordement HTA devront être précisés dans les notices d'installation et de maintenance du transformateur.

3.2 Raccordements BT

Les raccordements sont prévus directement sur plages verticales disposées sur le haut du transformateur et ce, à l'opposé des connexions HTA.


Les plages de raccordements, cuivre ou aluminium selon la nature du bobinage, sont pré-percées en usine. La section de la plage du neutre sera égale à celle des phases.

Le nombre de perçages et diamètres sont adaptés à la puissance du transformateur afin de permettre le raccordement :

- de 1 à 4 câbles unipolaires par phase (ou neutre) jusqu'à 630 mm² unitaires,
- de liaisons souples de type « clinquant » dans le cas de Canalisations Electriques Préfabriquées (CEP) pour les fortes puissances (*)

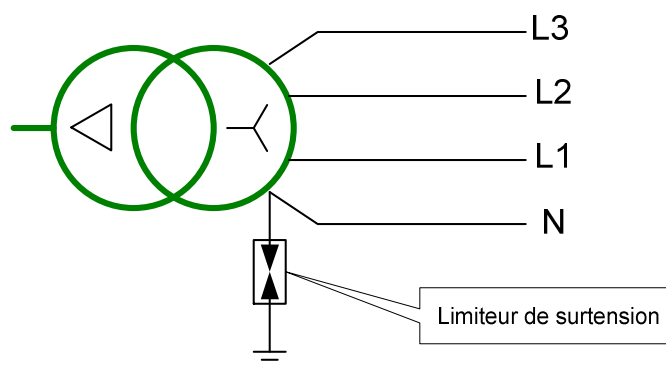
Les couples de serrages maximum autorisés sur les plages de raccordement HTA devront être précisés dans les notices d'installation et de maintenance du transformateur.

Remarque (*) : la norme C 15.100 recommande de ne pas dépasser 4 câbles par phase et pour une puissance ≥ 1250 kVA, le CEA Cadarache impose l'utilisation de CEP. Dans tous les cas, ce choix est validé par une note de calcul à soumettre pour accord du CEA Cadarache.

 DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 7/16
	Référence : 140 ELECT PZR SPE 09000348	Indice B

3.3 Limiteur de surtension

Obligatoire en schéma IT, isolé ou impédant, pour tout transformateur HT/BT, il est branché au secondaire et assure l'écoulement à la terre des surtensions issues de la haute tension.



Caractéristiques :

- Tension nominale : $380\text{ V} < U \leq 660\text{ V}$
- Tension d'amorçage : $700\text{ V} < U \leq 1100\text{ V}$
- Tenue typique : 40 kA / 2 secondes
- Références utilisées :
 - Cardew – Merlin Gerin ref. 50171 + socle ref. 50169
 - Socomec ref. 4700 8044 + socle ref. 4700 8000


4 ESSAIS

Les essais doivent répondre aux exigences spécifiées au paragraphe 2.1.

4.1 Essais de type

Sur simple demande du CEA Cadarache, le Titulaire doit impérativement pouvoir fournir les certificats (ou rapports d'essais de type) relatifs à la qualification de ses transformateurs Essais de comportement au feu (essai F1)

- Essais climatiques et environnement (essais C2a, C2b, E2a)
- Essais diélectriques
- Essais d'échauffement

 DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 8/16
	Référence : 140 ELECT PZR SPE 09000348	Indice B

4.2 Essais individuels

En accord avec les normes, les essais individuels (ou essais de routine) en usine sont effectués systématiquement, ils comprennent (modèle de PV en annexe 1) :

- Mesure de la résistance des enroulements,
- Mesure du rapport de transformation et contrôle du couplage,
- Mesure de la tension de court-circuit et des pertes dues à la charge,
- Mesure des pertes et du courant à vide
- Essais diélectriques individuels
- Essai de tenue au Choc de Foudre (*)

Remarque importante : l'essai au choc foudre (CF125 kV) est exigé par le CEA Cadarache au titre des essais individuels.

4.3 Essais optionnels

Selon les exigences du CCTP et documents du Marché, les essais suivants pourront être réalisés :

- Mesure des décharges partielles (dans le cas d'un SLT de type IT par exemple)
- Essais d'échauffement,
- Mesure du niveau de bruit.

5 RECETTE USINE


Elle est facultative. Le CEA Cadarache se réserve le droit d'assister ou non aux essais individuels en usine (se reporter aux exigences du CCTP et documents du Marché).

A cet effet, le CEA Cadarache, ou son représentant, doit avoir libre accès aux ateliers et plateformes d'essais du Titulaire ou de ses sous-traitants, et ce, pendant toute la période de fabrication et de contrôles. Il doit être prévenu par convocation avec un délai minimum de 15 jours ouvrés avant la date prévue des essais.

6 DOCUMENTATION

Avec chaque transformateur, la documentation suivante est exigée :

- Plans d'encombrements et masses
- Détails du bornier de raccordements des sondes PT100
- Documents de mise en œuvre (notices Constructeur pour l'installation et la maintenance)
- Compte-rendu et résultats d'essais individuels
- Compte-rendu et résultats d'essais optionnels (selon exigences du CCTP)
- Certificat de conformité aux normes.

 DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 9/16
	Référence : 140 ELECT PZR SPE 09000348	Indice B

Remarque 1 : concernant les essais, la remise des certificats ne suffit pas. Les comptes rendus et résultats d'essais individuels sont exigés.

Remarque 2 : dans le cas de raccordement par CEP, les plans de détails de la construction, du positionnement des plages de raccordements et des pré-perçages en XYZ devront être fournis.

7 ANNEXE 1

Le tableau ci-après résume les exigences minimales du CEA Cadarache en matière de conformité, qualification et d'essais avec tous les renseignements demandés. Les champs grisés devront être renseignés.

Ce document est utilisable comme check-list au moment de la revue de lancement de Projet.



DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE
Département des projets d'installation et d'emballage
Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité

Classement :

Page
10/16

Référence :

140 ELECT PZR SPE 09000348

Indice
B

Fiche de vérification et d'exigences d'essais de routine - Transformateur sec triphasé

Spécification générale	Exigences	Vérifications
Type transformateur	Sec - enrobé	✓
Norme	NF EN 60076	✓
Refroidissement	AN	✓
Classe d'échauffement	F	✓
Degré de protection	IP00	✓
Ambiance max selon IEC 76	40 °C	✓
Echauffement moyen maxi enroulements	100 °K	✓
Fréquence assignée	50 Hz	✓

Puissance assignée	kVA	
Tension primaire assignée	15 kV	✓
Tension isolement primaire	24 kV	✓
Courant primaire assigné	A	
Tension secondaire assignée	410 V	✓
Courant secondaire assigné	A	
Masse totale	kg	
Décharges partielles	≤ 10 pC à 1,30 Un	✓

Références	
Constructeur / usine	
Référence / N° de série	
Client	
Ordre de vente N°	
Projet N°	
Lieu des essais	
Nom Essayeur en charge	
Nom Responsable plateforme d'essais	
Date des essais	

Prises de réglages	%	HT (V)
	- 5%	15 750
	- 2,5%	15 375
	0%	15 000
	+ 2,5%	14 625
	+ 5%	14 250
Symbole de couplage	Dyn11	

Mesure de la résistance des enroulements à 20 °C

Enroulements primaires (valeurs en Ω)				Enroulements secondaires (valeurs en Ω)			
HT 1	HT 2	HT 3	HT moy.	BT 1	BT 2	BT 3	BT moy.

Mesure du rapport de transformation assigné et vérification du symbole de couplage

plot - 5%	plot - 2,5%	plot 0%	plot + 2,5%	plot + 5%	Dyn11

Mesure des pertes et du courant à vide

Valeurs d'essais						Résultats
Hz	U (V)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	IV (A)	P ₀ (W)

Mesure de la tension de court-circuit et des pertes dues à la charge à 20 °C

Valeurs d'essais				Résultats à 20°C	Résultats à 120°C	
U (V)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	PCC (W)	PCC (W)	UCC en %

Rendements en %	
à cos phi = 0,8	
à cos phi = 1,0	

Chute de tension en %	
à cos phi = 0,8	
à cos phi = 1,0	

Essais diélectriques par tension induite

Valeurs d'essais			Résultats
Tension (V)	Durée (s)	F (Hz)	

Essais diélectriques par tension appliquée

Enroulements primaires (50 kV - 60 s)			Enroulements secondaires (10 kV - 60 s)		
HT 1	HT 2	HT 3	BT 1	BT 2	BT 3

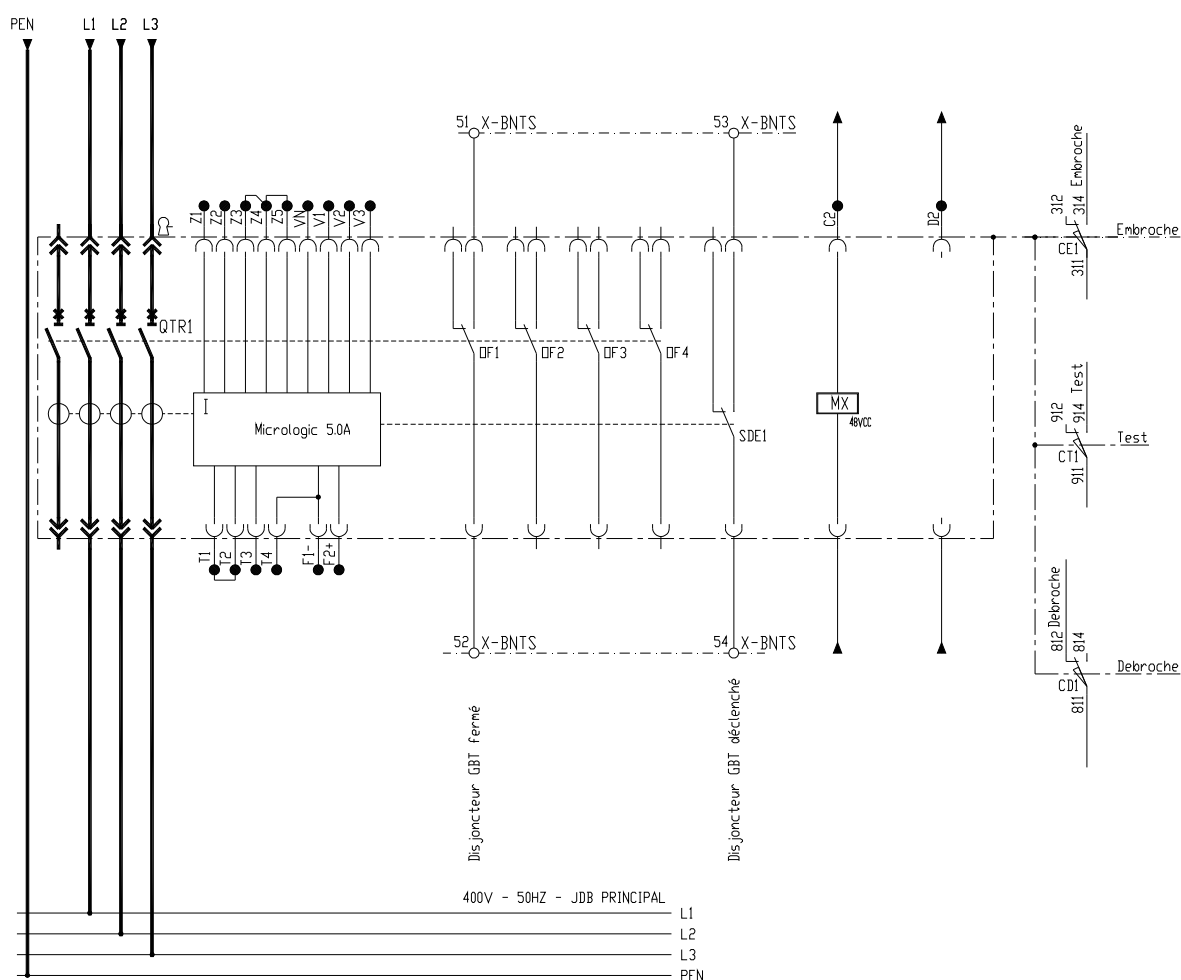
Essais au choc de foudre 125 kV		Temps mesuré (en µs)		
Type	Forme théorique (en µs)	Phase B	Phase A	Phase C
Temps de montée				
Temps de queue				

Nota : Oscillogrammes (par phase et par choc) à joindre au rapport d'essais

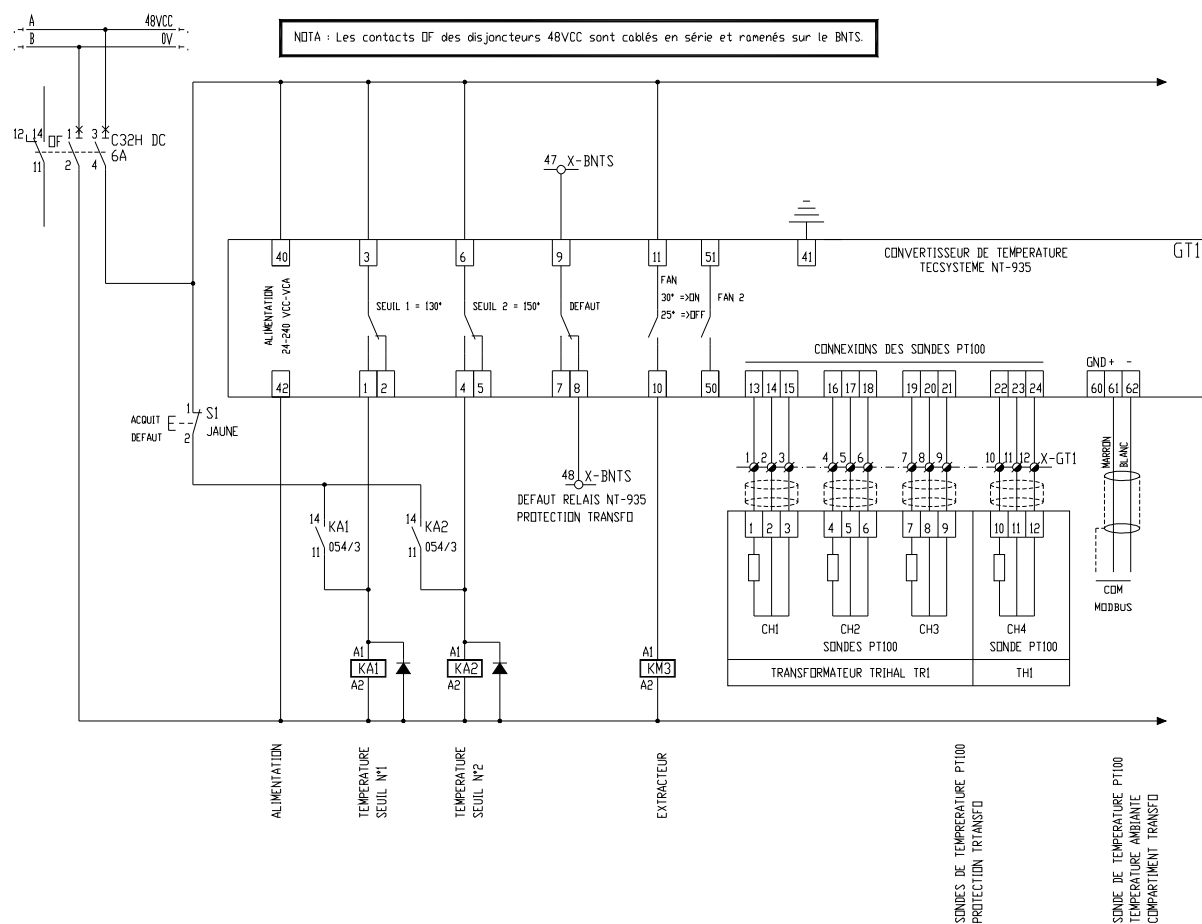
8 ANNEXE 2 : SCHEMAS TYPE PROTECTION TRANSFORMATEUR

Les schémas décrits ci-après doivent être considérés comme exemples. Ils permettent d'assurer au CEA Cadarache des installations homogènes et cohérentes entre-elles tant sur le plan de l'exécution que sur celui de la maintenance et de la gestion des pièces de rechanges.

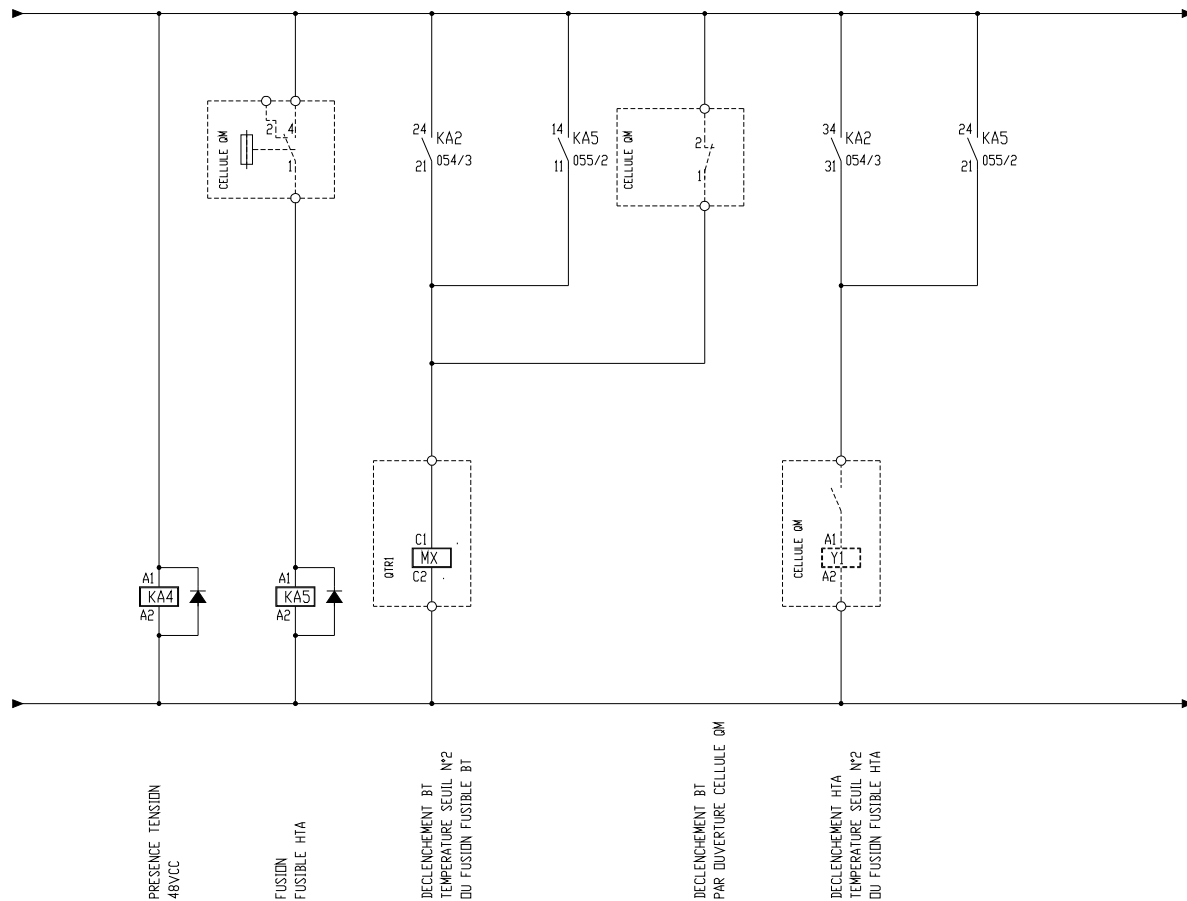
8.1 Disjoncteur de protection générale



8.2 Relais de surveillance de température

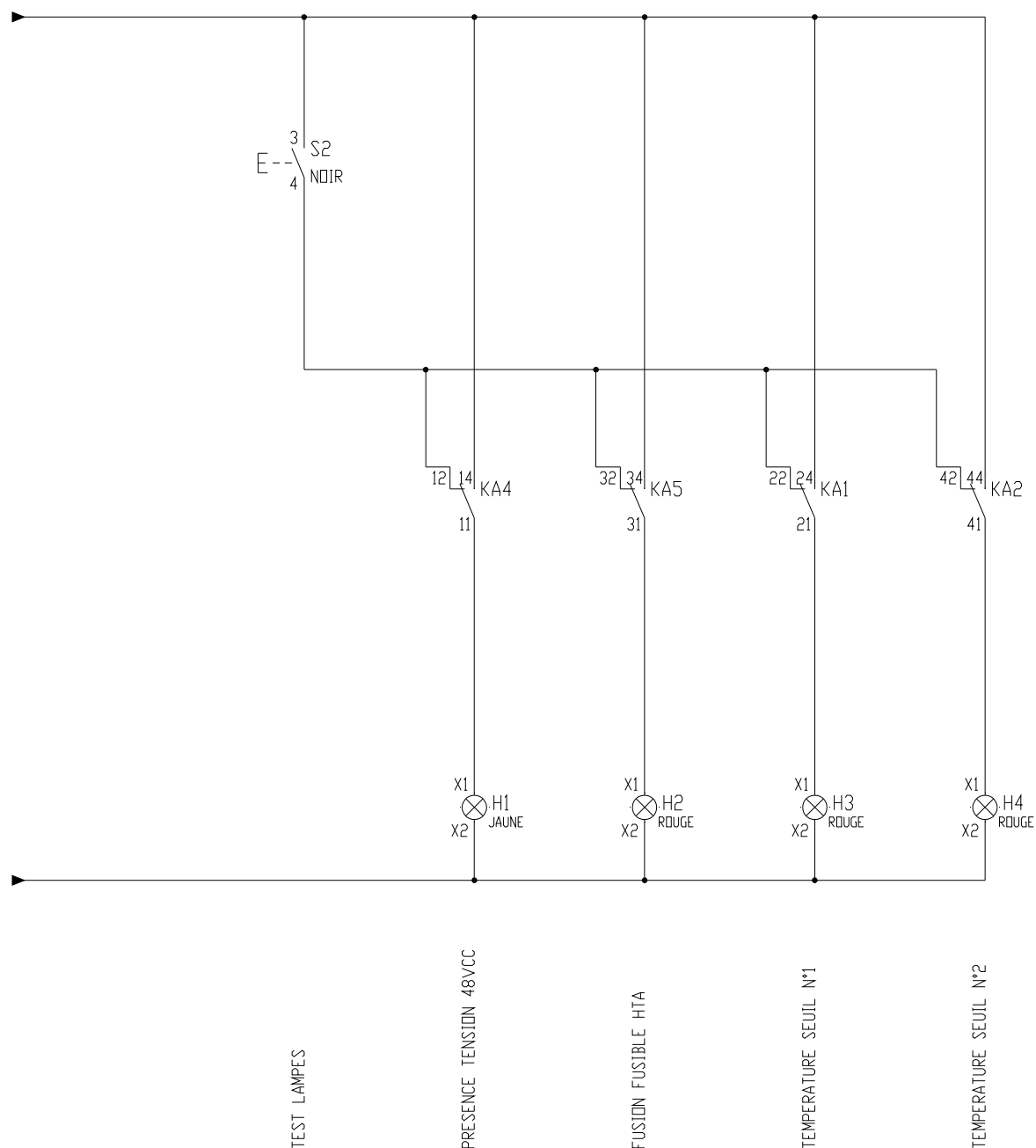


8.3 Relayage interface HTA





8.4 Signalisation





DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE
Département des projets d'installation et d'emballage
Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité

Classement :

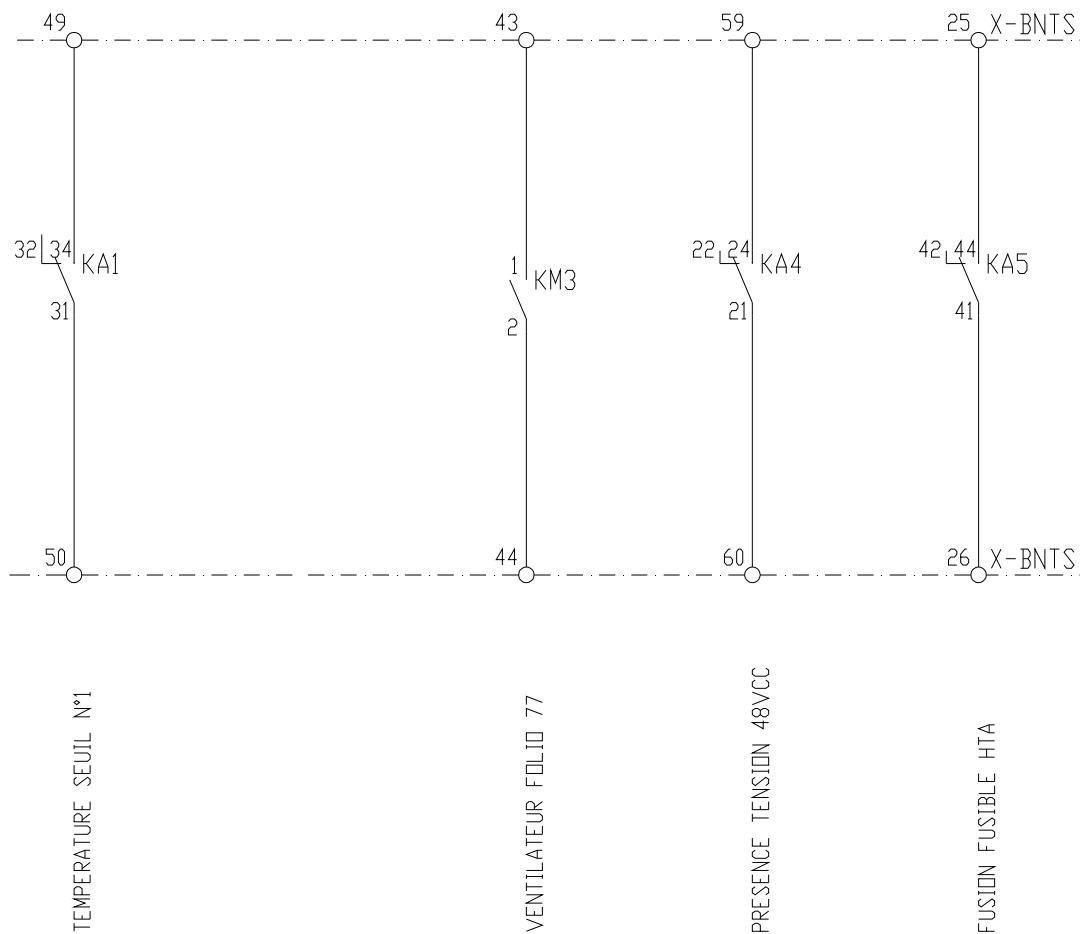
Page
15/16

Référence :

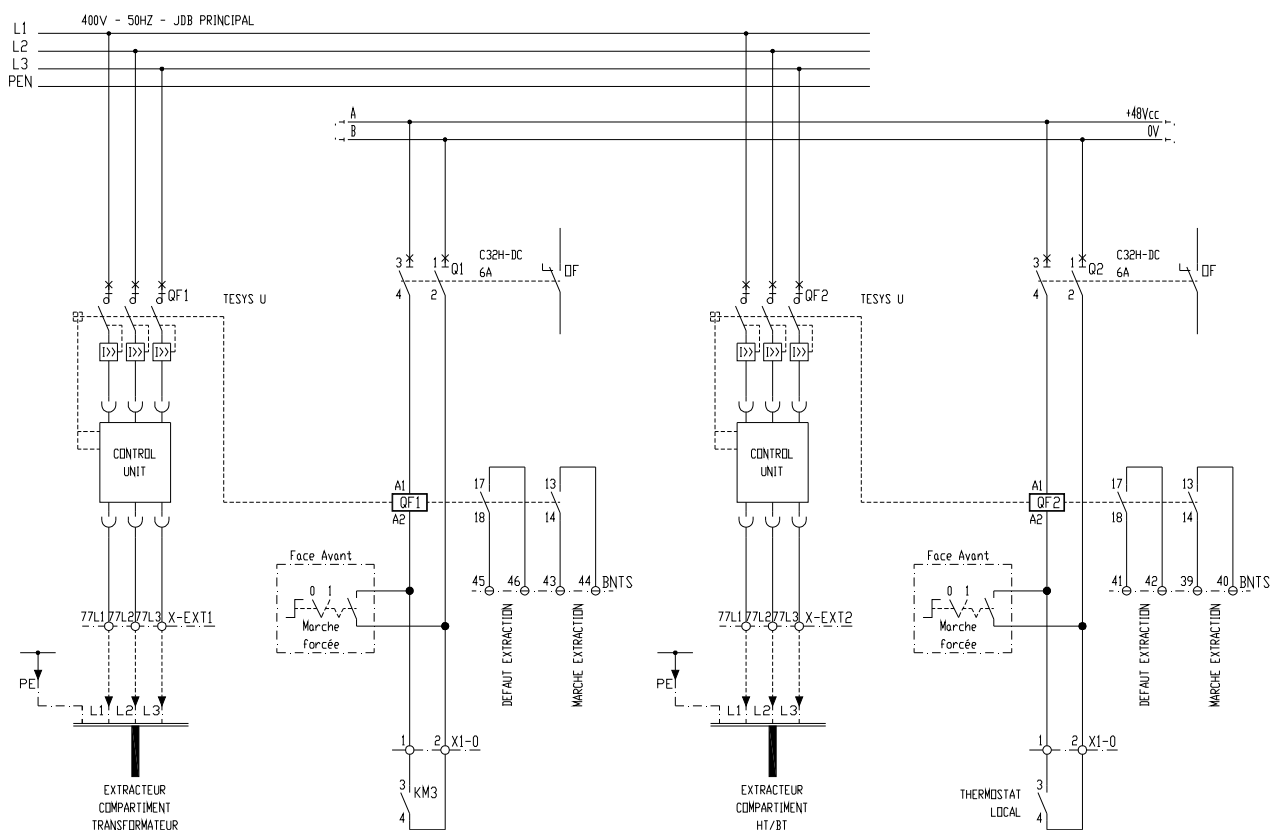
140 ELECT PZR SPE 09000348

Indice
B

8.5 Relayage interface GTC



8.6 Contrôle – commande des extracteurs



NOTA : Les contacts DF des disjoncteurs 48VCC sont câblés en série et ramenés sur le BNTS.