

ROYAUME DU MAROC
COMMUNE URBAINE DE CASABLANCA,
MOHAMMEDIA ET AIN HARROUDA
SOCIETE LYDEC

**APPEL D'OFFRES OUVERT
INTERNATIONAL
AOOI N°18 2011 - E/F**

Fourniture et installation de

- Deux transformateurs 70 MVA 225 kV / 21,5 kV,
- Cinq transformateurs 40 MVA 61,5 kV / 21,5 kV

PIECE N° 2

CAHIER DES PRESCRIPTIONS SPECIALES (CPS)

PIECE N° 2.2 - Lot n°1

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES
PARTICULIERES (C.C.T.P)

LOT N°1 : 2 Transformateurs 70 MVA 225KV/21,5KV

- un au poste source SIDI OTHMAN LIVRAISON
- un au poste source DAR BOUAZZA



Résumé

La spécification technique se présente sous la forme d'un Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) et d'un Cahier de Clauses Techniques Particulières (CCTP).

Le présent CCTP fixe les prescriptions particulières applicables aux deux transformateurs triphasés de puissance 70 MVA des postes source LYDEC, destinés à assurer à partir du réseau 225 kV, l'alimentation des réseaux HTA de distribution de la ville de Casablanca.

Il complète et précise le CCTG qui fournit les prescriptions communes à tous les types de transformateurs de puissance.

SOMMAIRE

1. DOMAINE D'APPLICATION :	4
2. HYPOTHESES CLIMATIQUES :	4
3. MODE DE REFROIDISSEMENT ET PUISSANCE ADMISSIBLE AVEC REFRIGERATION REDUITE :	4
4. CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES :	4
4.1. PUISSANCE ASSIGNEE (S_R)	4
4.2. TENSIONS ASSIGNEES (U_R)	5
4.3. MODE DE CONNEXION ET DEPHASAGE ENTRE ENROULEMENTS	5
4.4. REGLAGE DE LA TENSION	5
4.5. PUISSANCES DE PRISES - PRISE POUR L'ESSAI D'ECHAUFFEMENT	5
4.6. IMPEDANCE DE COURT-CIRCUIT	5
4.7. NIVEAUX D'ISOLEMENT	6
4.8. COURANT A VIDE	6
4.9. PERTES	7
4.10. IMPEDANCES HOMOPOLAIRES - CIRCUIT MAGNETIQUE	7
4.11. TRAVERSEES	8
4.12. TRANSFORMATEURS DE COURANT	8
4.13. PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA TENUE AU COURT-CIRCUIT	8
4.14. FONCTIONNEMENT EN PARALLELE	8
5. NIVEAUX DE BRUIT :	9
6. DISPOSITIONS PARTICULIERES DIMENSIONNELLES, DE CONSTRUCTION ET D'INSTALLATION :	9
6.1. INSTALLATION	9
6.2. DISPOSITIFS DE ROULEMENT ET D'APPUI	9
6.3. APPUIS DE VERIN	9
6.4. CHANGEUR DE PRISES	9
6.5. DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT	10
6.6. PROTECTION " IMAGERIE THERMIQUE AVEC CONTROLE DE TEMPERATURE "	10
6.7. DISPOSITIF DE DETECTION INCENDIE	10
6.8. CIRCUITS BASSE TENSION DES AUXILIAIRES	10
7. TOLERANCE – PENALITES TECHNIQUES – REFUS :	10
7.1. PERTES :	10
7.2. IMPEDANCE DE COURT-CIRCUIT	11
7.3. COURANT A VIDE	11
7.4. RAPPORT DE TRANSFORMATION A VIDE	11
7.5. ECHAUFFEMENT	11
8. LIMITES PARTICULIERES DE FOURNITURE :	11
9. LISTE DES PIECES DE RECHANGE :	11

1. Domaine d'application :

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) la spécification technique s'applique aux deux transformateurs triphasés 225/21,5kV de puissance assignée 70 MVA. Ces deux transformateurs seront installés dans des postes 225 kV/20 kV de LYDEC.

L'enroulement haute tension est raccordé au réseau 225 kV et l'enroulement basse tension alimente un réseau de distribution de tension 20kV.

Le rapport de transformation de ces transformateurs peut être modifié au moyen d'un changeur de prises en charge.

Ce CCTP complète et précise le Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) qui fournit les prescriptions communes aux transformateurs de puissance, immergés dans l'huile, du type extérieur.

2. Hypothèses climatiques :

Les conditions climatiques générales à prendre en compte sont :

- Vent : zone de vent fort (100 km/h en pointe enregistrée),
- Température de 40°C au maximum relevé,
- Taux d'humidité de 98% au maximum relevé,
- Pollution marine et industrielle très forte correspondant au niveau 4.

Les prescriptions techniques (hypothèses climatiques) à prendre en compte sont identiques à celle retenue par l'ONE pour la réalisation de leurs ouvrages.

3. Mode de refroidissement et puissance admissible avec réfrigération réduite :

Les transformateurs sont à circulation d'huile forcée et dirigée dans les enroulements et refroidie dans une batterie d'aéroréfrigérants par circulation forcée d'air (ODAF).

En cas de réfrigération réduite, pour une température ambiante de 30°C, et sans que la température des enroulements dépasse les limites définies dans le CCTG – partie 2, la puissance admissible dans les cas suivants doit être de :

- 53 MVA en cas de mise hors service d'un élément de réfrigération
- 8 MVA en cas d'arrêt des pompes huile seules

Le transformateur pourra fonctionner après l'arrêt complet du dispositif de réfrigération pendant :

- 4 heures en fonctionnement à vide
- 0,25 heures pour le fonctionnement à pleine charge

4. Caractéristiques électriques :

4.1. Puissance assignée (S_r)

La valeur de la puissance assignée des enroulements raccordés aux réseaux 225 kV et HTA est de 70 MVA sur la prise principale.

4.2. Tensions assignées (U_r)

Les valeurs des tensions assignées des enroulements sont les suivantes:

- Enroulement haute tension: 225 kV,
- Enroulement basse tension: 21,5 kV

4.3. Mode de connexion et déphasage entre enroulements

L'enroulement haute tension destiné à être raccordé au réseau 225 kV est toujours connecté en étoile avec neutre sorti.

L'enroulement basse tension est connecté en étoile avec neutre sorti.

L'indice horaire de couplage par rapport à l'enroulement haute tension est 0.

Le symbole de couplage est donc YNyn0 .

4.4. Réglage de la tension

L'enroulement haute tension est muni, côté neutre, de prises de réglage dont l'étendue totale est égale à ± 16 % de la tension assignée. La tolérance sur cette plage de réglage sera de $\pm 0,3$ %. Les prises sont raccordées à un changeur de prises en charge.

Le mode de réglage de la tension est à flux constant (RFC).

Le nombre de positions électriques est fixé à 25 et l'échelon de réglage à $\frac{4}{3}$ % de la tension assignée.

La prise principale est la prise moyenne 13.

La tolérance sur le rapport de transformation entre les deux enroulements doit être de $\pm 0,5$ % du rapport spécifié pour la prise principale.

Pour les autres prises, la tolérance doit être de $\pm 0,5$ % du rapport théorique obtenu en considérant un échelon de réglage entre prises de $\frac{4}{3}$ %.

4.5. Puissances de prises - Prise pour l'essai d'échauffement

Pour toutes les prises additives, la puissance de prise est égale à la puissance assignée correspondant à la prise moyenne.

Pour les prises soustractives, la puissance de prise est définie de la manière suivante:

- Pour les prises comprises entre la prise moyenne et la prise 17, la puissance de prise est égale à la puissance assignée
- Décroissance linéaire entre la prise 17 à courant maximal ($- 5$ % de la tension assignée) et la prise 25 ($- 16$ % de la tension assignée) en passant par la prise limite d'échauffement (prise 21).

La prise utilisée pour l'essai d'échauffement est la prise limite d'échauffement comme indiqué dans le CCTG.

4.6. Impédance de court-circuit

La valeur de l'impédance de court-circuit entre les deux enroulements, sur toutes les prises pour la puissance de référence de 70 MVA, doit être égale à 20,5 %.

Ce qui correspond à une impédance, en ohms par phase, rapportée à l'enroulement basse tension de 1,354 Ω .

La tolérance par rapport à ces valeurs est de:

- $\pm 7,5$ % sur la prise moyenne;
- ± 15 % sur toutes les autres prises.

Au stade de la revue de conception du transformateur, le constructeur doit soumettre à l'accord de LYDEC, la variation de la valeur de l'impédance de court-circuit en fonction de la prise.

4.7. Niveaux d'isolement

4.7.1. Mise à la terre et protection des neutres

Le point neutre de l'enroulement 225 kV est relié ,en permanence, directement à la terre.

La mise à la terre du point neutre de l'enroulement HTA tension est réalisée par une résistance de fourniture prévue pour limiter le courant de terre à 1000 A.

4.7.2. Protection des extrémités ligne des enroulements

Les extrémités ligne de l'enroulement raccordé au réseau 225 kV doivent être protégées entre phase et terre par des éclateurs de traversées dont les caractéristiques dimensionnelles et d'installation doivent être définies par le constructeur.

Les extrémités ligne des enroulements raccordés aux réseaux HTA de distribution ne sont, en principe, protégées ni par parafoudres ni par éclateurs.

4.7.3. Tensions de tenue assignées

L'enroulement haute tension est à isolation graduée.

Les tensions de tenue des extrémités ligne de cet enroulement doivent être conformes aux prescriptions du tableau II du CCTG- partie3 de la spécification technique.

Les tensions de tenue de l'extrémité neutre de l'enroulement haute tension doivent être conformes aux prescriptions du tableau II du CCTG- partie 3 de la spécification technique. Elles correspondent à la tension la plus élevée, U_m de 100 kV.

L'enroulement basse tension est à isolation uniforme. Les tensions de tenue de cet enroulement doivent être conformes aux prescriptions du tableau II du CCTG - Partie 3.

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble des tensions de tenue assignées pour tous les enroulements.

Tension du réseau	U_r , (kV)	225	21
Tension la plus élevée pour le matériel	U_m , (kV)	245	24
Tension de tenue au choc de foudre côté ligne, valeur crête	(kV)	1050	125
Tension de tenue au choc de manoeuvre côté ligne, valeur crête	(kV)	850	-
Tension de tenue à fréquence industrielle côté ligne, valeur efficace • entre phase et terre	(kV)	460	50
Tension de tenue au choc de foudre côté neutre, valeur crête	(kV)	450	-
Tension de tenue à fréquence industrielle côté neutre, valeur efficace	(kV)	185	50

4.8. Courant à vide

La valeur efficace du courant à vide ainsi que l'amplitude des harmoniques exprimée en pour-cent de la composante fondamentale doivent être précisées par le constructeur pour la tension assignée U_r et à $1,1 U_r$ dans les Eléments Techniques Garantis par le Constructeur (document ETGC).

Conformément aux prescriptions du paragraphe 10.5 du CCTG de la spécification technique Partie 1, la mesure doit être effectuée à la tension assignée ainsi qu'à $1,1$ fois cette tension. Dans tous les cas le courant à vide ne doit pas dépasser $0,4\%I_r$ pour $U=U_r$ et $0,6\%I_r$ pour $U=1,1U_r$.

4.9. Pertes

Les valeurs des pertes à vide P_{ov} , des pertes dues à la charge P_{oc} et de la puissance absorbée par la réfrigération (toutes les pompes et les tous les ventilateurs en service) P_{aux} doivent être garanties par le constructeur dans le document ETGC.

P_v est la valeur mesurée en watts des pertes à vide du transformateur Dans tous les cas le niveau des pertes à vide ne doit pas dépasser 41 kW (pour $U=U_r$).

P_c est la valeur mesurée en watts des pertes dues à la charge. Dans tous les cas le niveau des pertes en charge P_c ne doit pas dépasser les valeurs suivantes :

	Prise +16%	Prise principale	Prise -16%
P_c (kW)	240	250	330

P_{aux} est la valeur mesurée de la consommation de toutes les pompes de circulation d'huile et de tous les ventilateurs en service. P_{aux} doivent être garanties par le constructeur dans le document ETGC. Dans tous les cas le niveau de la puissance totale absorbée par la réfrigération ne doit pas dépasser 25 kW.

Les tolérances sur les pertes indiquées au tableau III du CCTG partie 1, s'appliquent aux valeurs mesurées sur chaque appareil par rapport aux valeurs garanties par le constructeur dans le document ETGC.

Pour le calcul des pertes valorisées , les formules suivantes seront utilisées :

Pertes à vide :

Pertes fournies par le fabricant en kW (P_0 désigne les pertes à vide P_v additionnées aux pertes de réfrigération P_{aux})	P_0
Disponibilité	D_t
Prix considéré	P_{rm}
Heures / An	8 760
Pertes valorisées en kWh $P_{vi} = P_0 \times D_t \times P_{rm} \times 8\,760$	P_{vi}

Pertes dues à la charge :

Pertes fournies par le fabricant en kW	P_{cu}
Disponibilité	D_t
Prix considéré	P_{rp}
Coefficient P_{mp}/P_i année n (Puissance moyenne/ Puissance installée pour l'année n)	K_n
Heures / An	8 760
Pertes valorisées en kWh $P_{cn} = P_{cu} \times D_t \times P_{rp} \times K_n^2 \times 8\,760$	P_{ch}

4.10. Impédances homopolaires - Circuit magnétique

Sur toutes les prises, l'impédance homopolaire par phase entre les bornes de l'enroulement haute tension et la borne de neutre, l'enroulement basse tension étant à vide, doit être comprise entre 50 % et 150 % de l'impédance de référence $Z_{réf}$; $Z_{réf} = \frac{U_r^2}{S_r}$, U_r et S_r étant les grandeurs assignées de l'enroulement haute tension;

Les valeurs des réactances du schéma homopolaire du transformateur tel que défini au paragraphe 10.7 du CCTG - Partie 1, doivent être indiquées par le constructeur et figurer dans le document ETGC.

Le type de circuit magnétique, à flux libre ou à flux forcé, est laissé au choix du constructeur.

4.11. Traversées

Les traversées doivent être du type à répartition capacitive et doivent répondre à la norme CEI 60137. Leurs caractéristiques assignées sont indiquées dans le tableau ci-après.

Traversée	Tension assignée U_T kV	Courant assigné I_T A
Extrémité raccordée au réseau 225 kV	245	630
Extrémité raccordée au neutre du réseau 225 kV	100	630
Extrémités raccordées au réseau 20 kV et extrémité raccordée au neutre du réseau HTA	24	2 500

Les traversées 245 kV et 100 kV doivent être à partie intérieure courte.

4.12. Transformateurs de courant

4.12.1. Transformateurs de courant pour traversées huile / air

Les traversées de phase de l'enroulement basse tension doivent être équipées, au pied de la partie extérieure, de transformateurs de courant à double enroulement, conformes à la CEI 60044-1 et 60044-6 avec un enroulement mesure 2500/5-5A 15 VA classe 0,5 et un enroulement protection 2500/5-5A 15 VA classe 5P 10.

Les traversées de phase de l'enroulement à 225 kV sont équipées au pied de la partie extérieure, de transformateurs de courant, conformes à la CEI 60044-1 et 60044-6 avec un enroulement protection 1500/5A 20 VA classe 5P20. Des supports pour ces transformateurs de courant doivent être prévus sur la cuve au pied des traversées 245 kV. Des bornes pour leur raccordement doivent être prévues sur le bornier "client" situé dans l'armoire des auxiliaires.

4.13. Prescriptions concernant la tenue au court-circuit

Les prescriptions relatives à la tenue au court-circuit sont celles définies dans le CCTG-Partie 5.

4.14. Fonctionnement en parallèle

Pour des raisons d'exploitation et pour assurer une continuité d'alimentation les enroulements secondaires du transformateur seront amenés à fonctionner momentanément (en général durée inférieure à 10 minutes) en parallèle avec des enroulements secondaires soit d'un transformateur identique ou bien d'un transformateur 2x40 MVA dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

Type de transformateur		ABB (2x40 MVA)	ACEC (2x 40 MVA)
Tensions assignées	<i>U secondaire MT</i>	21 500 V	21 511 V
	<i>U primaire (pos 1)</i>	189 000 V	260 600 V
	<i>U primaire (pos 13)</i>	225 000 V	225 000 V
	<i>U primaire (pos 25)</i>	261 000 V	189 400 V
Impédances de court circuit en % ramenée à la puissance 40 MVA	<i>Position 1</i>	13, 64	14,8
	<i>Position 13</i>	12, 85	14,4
	<i>Position 25</i>	12, 96	14,7

Le constructeur devra faire part de ses restrictions éventuelles pour ce mode de fonctionnement.

5. Niveaux de bruit :

Les niveaux pondérés de puissance acoustique (A), mesurés conformément au paragraphe 10.A du CCTG - Partie 1, doivent être inférieurs à 90 dB.

6. Dispositions particulières dimensionnelles, de construction et d'installation :

6.1. Installation

L'installation des deux transformateurs est de type extérieur.

6.2. Dispositifs de roulement et d'appui

La cuve doit pouvoir reposer sur quatre groupes de galets permettant le roulement du transformateur suivant deux axes principaux correspondant aux voies de desserte et de repos.

L'écartement des rails de la voie de desserte (déplacement dans le sens longitudinal) est de 2,2m.

L'écartement des rails de la voie de repos (déplacement dans le sens transversal) est de 3 m.

NOTE : Les cotes des voies s'entendent entre les bords intérieurs des champignons des rails; le constructeur doit déterminer la cote d'écartement des galets pour que le roulement soit correctement assuré.

6.3. Appuis de vérin

En partie inférieure de la cuve se trouvent quatre plaques d'appui permettant de soulever le transformateur pendant le changement d'orientation des galets. Les axes des ces plaques devront correspondre aux axes des rails de la voie de repos.

6.4. Changeur de prises

Le changeur de prises en charge est manœuvrable électriquement, sur place et à distance. En secours, il doit pouvoir être manœuvré manuellement sur place.

Le moteur du changeur de prises est alimenté en courant alternatif.

Des dispositions particulières au niveau de la cuve (par exemple, compartiment indépendant) doivent être prévues pour permettre le remplacement de l'ensemble complet du changeur de prises avec seulement une vidange partielle de l'huile ne découvrant pas la partie active du transformateur.

6.5. Dispositif de refroidissement

Les aéroréfrigérants pourront être montés indifféremment soit du côté 225kV ou du côté 20kV.

Ils doivent pouvoir être fixés soit sur le transformateur lui-même ou à l'extérieur des la loge transformateurs séparés de ces derniers par un mur. Le contractant doit prévoir les éléments nécessaires (canalisations et pièces de fixation etc.) pour les deux types de montage.

Le corps du transformateur pouvant être installé dans une enceinte fermée, le contractant devra préciser le cas échéant les caractéristiques des extracteurs d'air du local.

Chaque aéroréfrigérant sera doté de deux pompes, une normal et une secours munie chacune d' un clapet anti - retour. Le contrôle des pompes se fera via l'armoire des auxiliaires.

Le conservateur d'huile doit être doté d'une vessie.

6.6. Protection “ imagerie thermique avec contrôle de température ”

Cette protection doit être installée. Un transformateur de courant 2500/5A 15VA classe 1, conforme à la CEI 60044-1 doit être installé sur la phase médiane de l'enroulement HTA ; Il est destiné à la protection “ imagerie thermique ”.

6.7. Dispositif de détection incendie

Ce dispositif doit équiper les deux transformateurs. Il comporte cinq détecteurs implantés comme indiqués ci-après:

- ✓ Quatre sur deux rangées parallèles à l'axe longitudinal, à environ 0,5 m du bord extérieur du couvercle. Ils doivent diviser, dans sa longueur, le couvercle de l'appareil en trois intervalles sensiblement égaux; ceci implique l'installation des détecteurs entre les traversées des bornes de ligne 225 kV et 24 kV;
- ✓ Un sur l'un des petits côtés du couvercle de la cuve à proximité du changeur de prises.

Les caractéristiques des dispositifs de désenfumage et d'extinction sont à préciser dans l'Offre.

6.8. Circuits basse tension des auxiliaires

La tension continue pour la partie relaying de la commande du régleur et de la réfrigération sera de 127 V ou 48V, LYDEC communiquera la valeur de la tension au moment de la phase étude après signature du Marché.

7. Tolérance – Pénalités techniques – Refus :

Le non-respect des caractéristiques de fonctionnement spécifiées dans le tableau III du CCTG – partie 1 et dans le présent CCTP donnera lieu à pénalités ou même à refus dans les conditions et sous réserve des tolérances ci-après précisées.

7.1. Pertes :

Le coefficient de charge n, pour chacun des enroulements, étant de 0,6 la pénalité (applicable au-delà d'une tolérance de 10%) sera défini par la formule :

$$\text{Pénalité} = \left(\frac{P}{P_0} - 1,10 \right) \frac{Px}{2}$$

dans laquelle :

P_0 = $P_{0V} + n^2 (P_{0c} + P_{0aux})$ représentant les pertes totales garanties en Watts au taux de charge n,

P_{0V} = désignant les pertes actives à vide garantie par le constructeur dans le document ETGC.

P_{0c} = désignant les pertes actives due à la charge garantie par le constructeur dans le document ETGC.

P_{aux} = désignant la puissance absorbée par la réfrigération (toutes les pompes et les tous les ventilateurs en service) garantie par le constructeur dans le document ETGC .

P = P_v + n² (P_c + P_{aux}), P_v, P_c et P_{aux} étant les valeurs de ces pertes effectivement mesurées,

P_x = étant le prix du transformateur avant l'application de toutes pénalités.

Le refus sera de droit si :

$$P_v > 1,25 P_{o_v}$$

$$P_o > 1,25 P_{o_c}$$

7.2. Impédance de court-circuit

La pénalité sera de 0,7% P_x par % d'écart au-delà de la tolérance précisée au paragraphe 4.6 du présent CCTP et le refus de droit au-delà de $\pm 20\%$.

7.3. Courant à vide

La pénalité sur la valeur du courant magnétisant à vide sera de 0,35% de P_x par % d'écart au-delà de la tolérance (30%) et le transformateur pourra être refusé pour un dépassement de 50%.

7.4. Rapport de transformation à vide

La pénalité sur la valeur du rapport de transformation à vide sera de 1,4% de P_x par 0,1 % d'écart au-delà de la tolérance (+/- 0,5 % du rapport spécifié) et le refus sera de droit si le rapport diffère de plus de +/- 1 % du rapport garanti.

7.5. Echauffement

La pénalité sera de 0,75% P_x par degré de dépassement de l'échauffement prescrit dans le CTTG – partie 2 et le refus de droit pour un dépassement de 5°C.

L'essai d'échauffement est exigé au moins pour un transformateur, qui sera précisé par LYDEC lors de la phase essais en usine.

8. Limites particulières de fourniture :

En complément des limites définies au paragraphe S.16 du CCTG partie 1, le constructeur du transformateur doit fournir:

- ✓ Les transformateurs de courant pour les traversées huile/air (voir paragraphe 4.12.1) et pour la protection " imagerie " thermique.
- ✓ Un jeu de vérins de soulèvement pour les deux appareils.

9. Liste des pièces de rechange :

Bornes de raccordement

- une borne phase THT complète
- une borne neutre THT complète
- une borne phase MT complète
- une borne neutre MT complète

Système de refroidissement

- une motopompe complète
- un moteur de ventilateur (sans ventilateur)
- un jeux complet de relais et contacteurs

Régleur en charge

- un moteur
- une série de contacts de puissance fixes et mobiles
- deux contacts fin de course
- un Contacteur de freinage
- un jeux complet de relais comprenant :

- Un relais de sélection du sens de fonctionnement
- Un relais de commande automatique
- Un relais auxiliaire de commande " augmenter"
- Un relais auxiliaire de commande " diminuer"
- Un relais auxiliaire cran par cran

Protection, commande et signalisation

- une soupape de sûreté (surpression)
- une sonde pour indicateur de température
- un indicateur de température
- un thermostat mise en marche aéroréfrigérants
- un thermostat mise en marche motopompe
- un thermostat alarme
- un thermostat déclenchement
- 20 kg gel de silice

Divers

- un jeu complet de joints

Fait à Casablanca le :

Pour l'Entreprise
Lu et approuvé (mention manuscrite)

Par en qualité de :

Date, cachet et signature

ROYAUME DU MAROC
COMMUNE URBAINE DE CASABLANCA,
MOHAMMEDIA ET AIN HARROUDA
SOCIETE LYDEC

**APPEL D'OFFRES OUVERT
INTERNATIONAL
AOOI N°18 2011 - E/F**

Fourniture et installation de

- Deux transformateurs 70 MVA 225 kV / 21,5 kV,
- Cinq transformateurs 40 MVA 61,5 kV / 21,5 kV

PIECE N° 2

CAHIER DES PRESCRIPTIONS SPECIALES (CPS)

PIECE N° 2.2 – Lots n°2 et 3

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES
PARTICULIERES (C.C.T.P)

LOTS N°2 et 3 : 5 Transformateurs 40 MVA-
61,5KV/21,5KV

- deux au poste source ZENATA,
- un au poste source CAMIRAN,
- un au poste source CHAVIGNE
- un au poste source ADE





Résumé

La spécification technique se présente sous la forme d'un Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) et d'un Cahier de Clauses Techniques Particulières (CCTP).

Le présent CCTP fixe les prescriptions particulières applicables aux transformateurs triphasés de puissance 40 MVA des postes source ZENATA, CAMIRAN, CHAVIGNE et ADE, destinés à assurer à partir du réseau 60kV, l'alimentation des réseaux HTA de distribution de la ville de Casablanca.

Il complète et précise le CCTG qui fournit les prescriptions communes à tous les types de transformateurs de puissance.

SOMMAIRE

1. DOMAINE D'APPLICATION	4
2. HYPOTHESES CLIMATIQUES	4
3. MODE DE REFROIDISSEMENT ET PUISSANCE ADMISSIBLE AVEC REFRIGERATION REDUITE	4
4. CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES	4
4.1. PUISSANCE ASSIGNEE (SR)	4
4.2. TENSIONS ASSIGNEES (UR).....	4
4.3. MODE DE CONNEXION ET DEPHASAGE ENTRE ENROULEMENTS	5
4.4. REGLAGE DE LA TENSION	5
4.5. PUISSANCES DE PRISES - PRISE POUR L'ESSAI D'ECHAUFFEMENT.....	5
4.6. IMPEDANCE DE COURT-CIRCUIT	5
4.7. NIVEAUX D'ISOLEMENT	5
4.8. COURANT A VIDE	6
4.9. PERTES.....	6
4.10. IMPEDANCES HOMOPOLAIRES - CIRCUIT MAGNETIQUE.....	7
4.11. TRAVERSEES.....	8
4.12. TRANSFORMATEURS DE COURANT	8
4.13. PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA TENUE AU COURT-CIRCUIT	8
4.14. FONCTIONNEMENT EN PARALLELE	8
5. NIVEAUX DE BRUIT	9
6. DISPOSITIONS PARTICULIERES DIMENSIONNELLES, DE CONSTRUCTION ET D'INSTALLATION	9
6.1. INSTALLATION.....	9
6.2. LE CONSERVATEUR D'HUILE	9
6.3. DISPOSITIFS DE ROULEMENT ET D'APPUI.....	9
6.4. APPUIS DE VERIN.....	10
6.5. CHANGEUR DE PRISES	10
6.6. DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT ET DIMENSIONS DES TRANSFORMATEURS.....	10
6.7. PROTECTION “ IMAGERIE THERMIQUE AVEC CONTROLE DE TEMPERATURE ”	10
6.8. CIRCUITS BASSE TENSION DES AUXILIAIRES.....	10
7. TOLERANCE – PENALITES TECHNIQUES – REFUS.....	10
7.1. <i>PERTES</i>	10
7.2. <i>IMPEDANCE DE COURT-CIRCUIT</i>	11
7.3. <i>COURANT A VIDE</i>	11
7.4. <i>RAPPORT DE TRANSFORMATION A VIDE</i>	11
7.5. <i>ECHAUFFEMENT</i>	11
8. LIMITES PARTICULIERES DE FOURNITURE	11
9. LISTE DES PIECES DE RECHANGE.....	11

1. Domaine d'application

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) définit la spécification technique qui s'applique aux transformateurs triphasés 61,5/21,5 kV de puissance assignée 40 MVA.

- Deux transformateurs seront installés au poste source ZENATA,
- Un transformateur sera installé au poste source CAMIRAN,
- Un transformateur sera installé au poste source CHAVIGNE,
- Un transformateur sera installé au poste source ADE.

L'enroulement haute tension est raccordé au réseau 60kV et l'enroulement basse tension alimente un réseau de distribution de tension 20kV.

Le rapport de transformation de ces transformateurs peut être modifié au moyen d'un changeur de prises en charge.

Ce CCTP complète et précise le Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) qui fournit les prescriptions communes aux transformateurs de puissance, immergés dans l'huile, du type extérieur.

2. Hypothèses climatiques

Les conditions climatiques générales à prendre en compte sont :

- Température de 40°C au maximum relevé,
- Taux d'humidité de 98% au maximum relevé,
- Pollution marine et industrielle très forte correspondant au niveau 4.

3. Mode de refroidissement et puissance admissible avec réfrigération réduite

Les transformateurs seront à circulation d'huile forcée et dirigée dans les enroulements et refroidie dans une batterie d'aéroréfrigérants par circulation forcée d'air (ODAF).

En cas de réfrigération réduite, pour une température ambiante de 30°C, et sans que la température des enroulements ne dépasse les limites définies dans le CCTG – partie 2, la puissance admissible dans les cas suivants doit être de :

- 30 MVA en cas de mise hors service d'un élément de réfrigération
- 4 MVA en cas d'arrêt des pompes huile seules

Les transformateurs pourront fonctionner après l'arrêt complet du dispositif de réfrigération pendant :

- 4 heures en fonctionnement à vide
- 0,25 heures pour le fonctionnement à pleine charge

4. Caractéristiques électriques

4.1. Puissance assignée (Sr)

La valeur de la puissance assignée des enroulements raccordés aux réseaux 60kV et HTA est de 40 MVA sur la prise principale.

4.2. Tensions assignées (Ur)

Les valeurs des tensions assignées des enroulements sont les suivantes :

- Enroulement haute tension: 61,5 kV,
- Enroulement basse tension: 21,5 kV

4.3. Mode de connexion et déphasage entre enroulements

L'enroulement haute tension destiné à être raccordé au réseau 60kV est toujours connecté en étoile avec neutre sorti.

L'enroulement basse tension est connecté en étoile avec neutre sorti.

L'indice horaire de couplage par rapport à l'enroulement haute tension est 0.

Le symbole de couplage est donc YNyn0.

4.4. Réglage de la tension

L'enroulement haute tension est muni, côté neutre, de prises de réglage dont l'étendue totale est égale à $\pm 10 \times \frac{4}{3} \%$ de la tension assignée. La tolérance sur cette plage de réglage sera de $\pm 0,3\%$. Les prises sont raccordées à un changeur de prises en charge.

Le mode de réglage de la tension est à flux constant (RFC).

Le nombre de positions électriques est fixé à 21 et l'échelon de réglage à $\frac{4}{3} \%$ de la tension assignée.

La prise principale est la prise moyenne 11.

La tolérance sur le rapport de transformation entre les deux enroulements doit être de $\pm 0,5 \%$ du rapport spécifié pour la prise principale.

Pour les autres prises, la tolérance doit être de $\pm 0,5 \%$ du rapport théorique obtenu en considérant un échelon de réglage entre prises de $\frac{4}{3} \%$.

4.5. Puissances de prises - Prise pour l'essai d'échauffement

Pour toutes les prises additives, la puissance de prise est égale à la puissance assignée correspondant à la prise moyenne.

Pour les prises soustractives, la puissance de prise est définie de la manière suivante:

- Pour les prises comprises entre la prise moyenne et la prise 15, la puissance de prise est égale à la puissance assignée.
- Décroissance linéaire entre la prise 15 à courant maximal (- 5 % de la tension assignée) et la prise 21 (- 13 % de la tension assignée) en passant par la prise limite d'échauffement.

La prise utilisée pour l'essai d'échauffement est la prise limite d'échauffement comme indiqué dans le CCTG.

4.6. Impédance de court-circuit

La valeur de l'impédance de court-circuit entre les deux enroulements, sur toutes les prises pour la puissance de référence de 40 MVA, doit être égale à 14.8%.

La tolérance par rapport à ces valeurs est de:

- $\pm 7,5 \%$ sur la prise moyenne;
- $\pm 15 \%$ sur toutes les autres prises.

Au stade de la revue de conception du transformateur, le constructeur doit soumettre à l'accord de LYDEC, la variation de la valeur de l'impédance de court-circuit en fonction de la prise.

4.7. Niveaux d'isolement

4.7.1. Mise à la terre et protection des neutres

La mise à la terre du point neutre de l'enroulement HTA est réalisée par une résistance prévue pour limiter le courant de terre à 1000 A.

4.7.2. Protection des extrémités ligne des enroulements

Les extrémités ligne de l'enroulement raccordé au réseau 60 kV doivent être protégées entre phase et terre par des éclateurs de traversées dont les caractéristiques dimensionnelles et d'installation doivent être définies par le constructeur.

Les extrémités ligne des enroulements raccordés aux réseaux HTA de distribution ne sont, en principe, protégées ni par parafoudres ni par éclateurs.

4.7.3. Tensions de tenue assignées

L'enroulement haute tension est à isolation graduée.

Les tensions de tenue des extrémités ligne de cet enroulement doivent être conformes aux prescriptions du tableau II du CCTG - partie 3 de la spécification technique.

Les tensions de tenue de l'extrémité neutre de l'enroulement haute tension doivent être conformes aux prescriptions du tableau II du CCTG- partie 3 de la spécification technique. Elles correspondent à la tension la plus élevée, U_m de 72.5 kV.

L'enroulement basse tension est à isolation uniforme. Les tensions de tenue de cet enroulement doivent être conformes aux prescriptions du tableau II du CCTG - Partie 3.

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble des tensions de tenue assignées pour tous les enroulements.

Tension du réseau	U_r , (kV)	61,5	21,5
Tension la plus élevée pour le matériel	U_m , (kV)	72.5	24
Tension de tenue au choc de foudre côté ligne, valeur crête	(kV)	325	125
Tension de tenue au choc de manoeuvre côté ligne, valeur crête	(kV)	-	-
Tension de tenue à fréquence industrielle côté ligne, valeur efficace • entre phase et terre	(kV)	140	50
Tension de tenue au choc de foudre côté neutre, valeur crête	(kV)	-	-
Tension de tenue à fréquence industrielle côté neutre, valeur efficace	(kV)	-	50

4.8. Courant à vide

La valeur efficace du courant à vide ainsi que l'amplitude des harmoniques exprimée en pour-cent de la composante fondamentale doivent être précisées par le constructeur pour la tension assignée U_r et à $1,1 U_r$ dans les Eléments Techniques Garanties par le Constructeur (document ETGC).

Conformément aux prescriptions du paragraphe 10.5 du CCTG de la spécification technique Partie 1, la mesure doit être effectuée à la tension assignée ainsi qu'à $1,1$ fois cette tension. Dans tous les cas le courant à vide ne doit pas dépasser $0,4\%I_r$ pour $U=U_r$ et $0,6\%I_r$ pour $U=1,1U_r$.

4.9. Pertes

Les valeurs des pertes à vide P_{ov} , des pertes dues à la charge P_{oc} et de la puissance absorbée par la réfrigération (toutes les pompes et les tous les ventilateurs en service) P_{oaux} doivent être garanties par le constructeur dans le document ETGC.

P_v est la valeur mesurée en watts des pertes à vide du transformateur Dans tous les cas le niveau des pertes à vide ne doit pas dépasser 18 kW (pour $U=U_r$).

P_c est la valeur mesurée en watts des pertes dues à la charge. Dans tous les cas le niveau des pertes en charge P_c ne doit pas dépasser les valeurs suivantes :

	Prise +13%	Prise principale	Prise -13%
P_c (kW)	189	193	243

Paux est la valeur mesurée de la consommation de toutes les pompes de circulation d'huile et de tous les ventilateurs en service. Paux doivent être garanties par le constructeur dans le document ETGC. Dans tous les cas le niveau de la puissance totale absorbée par la réfrigération ne doit pas dépasser 15 kW.

Les tolérances sur les pertes indiquées au tableau III du CCTG partie 1, s'appliquent aux valeurs mesurées sur chaque appareil par rapport aux valeurs garanties par le constructeur dans le document ETGC.

Pour le calcul des pertes valorisées, les formules suivantes seront utilisées :

Pertes à vide :

Pertes fournies par le fabricant en kW (P_0 désigne les pertes à vide P_v additionnées aux pertes de réfrigération Paux)	Po
Disponibilité	Dt
Prix considéré	Prm
Heures / An	8 760
Pertes valorisées en kWh $P_{vi} = P_o \times Dt \times Prm \times 8\ 760$	Pvi

Pertes dues à la charge :

Pertes fournies par le fabricant en kW	Pcu
Disponibilité	Dt
Prix considéré	Prp
Coefficient P_{mp}/P_i année n (Puissance moyenne/ Puissance installée pour l'année n)	Kn
Heures / An	8 760
Pertes valorisées en kWh $P_{cn} = P_{cu} \times Dt \times Prp \times Kn^2 \times 8\ 760$	Pch

4.10. Impédances homopolaires - Circuit magnétique

Sur toutes les prises, l'impédance homopolaire par phase entre les bornes de l'enroulement haute tension et la borne de neutre, l'enroulement basse tension étant à vide, doit être comprise entre 50 % et 150 % de l'impédance de référence $Z_{réf}$, $Z_{réf} = \frac{U_r^2}{S_r}$, U_r et S_r étant les grandeurs assignées de l'enroulement haute tension;

Les valeurs des réactances du schéma homopolaire du transformateur tel que défini au paragraphe 10.7 du CCTG - Partie 1, doivent être indiquées par le constructeur et figurer dans le document ETGC. Le type de circuit magnétique, à flux libre ou à flux forcé, est laissé au choix du constructeur.

4.11. Traversées

Les traversées doivent être du type à répartition capacitive et doivent répondre à la norme CEI 60137. Leurs caractéristiques assignées sont indiquées dans le tableau ci-après.

Traversée	Tension assignée U_r kV	Courant assigné I_r A
Extrémité raccordée au réseau 60kV	72.5	400
Extrémité raccordée au neutre du réseau 60kV	50	400
Extrémités raccordées au réseau 20 kV et extrémité raccordée au neutre du réseau HTA	24	1250

Les traversées 72.5 kV et 50 kV doivent être à partie intérieure courte.

4.12. Transformateurs de courant

4.12.1. Transformateurs de courant pour traversées huile / air

Les traversées de phase de l'enroulement basse tension doivent être équipées, au pied de la partie extérieure, de transformateurs de courant à double enroulement 1500/5-5A, conformes à la CEI 60044-1 et 60044-6 avec un enroulement mesure 15 VA classe 0,5 et un enroulement protection 15 VA classe 5P 10.

Les traversées de phase de l'enroulement à 60kV sont équipées au pied de la partie extérieure, de transformateurs de courant, conformes à la CEI 60044-1 et 60044-6 avec un enroulement protection 500/5A 20 VA classe 5P20. Des supports pour ces transformateurs de courant doivent être prévus sur la cuve au pied des traversées 60 kV. Des bornes pour leur raccordement doivent être prévues sur le bornier "client" situé dans l'armoire des auxiliaires.

4.12.2. Transformateurs de courant pour la protection masse-cuve

Un transformateur de courant, conforme à la CEI 60044-1 et 60044-6 avec un enroulement protection 50-100/5A 20 VA classe 10P30, isolé électriquement de la cuve, assure la protection masse-cuve du transformateur.

4.13. Prescriptions concernant la tenue au court-circuit

Les prescriptions relatives à la tenue au court-circuit sont celles définies dans le CCTG-Partie 5.

4.14. Fonctionnement en parallèle

Pour des raisons d'exploitation et pour assurer une continuité d'alimentation, les enroulements secondaires des transformateurs seront amenés à fonctionner en parallèle avec des enroulements secondaires d'un transformateur dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

<i>Type de transformateur</i>		<i>EFACEC (40 MVA)</i>
<i>Tensions assignées</i>	<i>U secondaire MT</i>	<i>21 500 V</i>
	<i>U primaire (pos 1)</i>	<i>69310</i>
	<i>U primaire (pos 11)</i>	<i>61350</i>
	<i>U primaire (pos 21)</i>	<i>53400</i>
<i>Impédances de court circuit en % ramenée à la puissance 40 MVA</i>	<i>Position 1</i>	<i>15.8%</i>
	<i>Position 11</i>	<i>14.8 %</i>
	<i>Position 21</i>	<i>14.6%</i>

NB. Le constructeur devra faire part de ses restrictions éventuelles pour ce mode de fonctionnement.

5. Niveaux de bruit

Les niveaux pondérés de puissance acoustique (A), mesurés conformément au paragraphe 10.A du CCTG - Partie 1, doivent être inférieurs à 90 dB.

6. Dispositions particulières dimensionnelles, de construction et d'installation

6.1. Installation

L'installation des transformateurs est de type intérieur.

6.2. Le conservateur d'huile

Le conservateur d'huile doit être équipé d'une vessie.

6.3. Dispositifs de roulement et d'appui

La cuve doit pouvoir reposer sur quatre groupes de galets permettant le roulement du transformateur suivant deux axes principaux correspondant aux voies de desserte et de repos.

L'écartement des rails de la voie de desserte (déplacement dans le sens longitudinal) sous réserve de vérification sur site par le Contractant est de 1505 mm.

L'écartement des rails de la voie de repos (déplacement dans le sens transversal) sous réserve de vérification sur site par le Contractant est de 1505 mm.

NOTE : Les cotes des voies s'entendent entre les bords intérieurs des champignons des rails; le constructeur doit déterminer la cote d'écartement des galets pour que le roulement soit correctement assuré.

6.4. Appuis de vérin

En partie inférieure de la cuve se trouvent quatre plaques d'appui permettant de soulever le transformateur pendant le changement d'orientation des galets. Les axes des ces plaques devront correspondre aux axes des rails de la voie de repos.

6.5. Changeur de prises

Le changeur de prises en charge est manœuvrable électriquement, sur place et à distance. En secours, il doit pouvoir être manœuvré manuellement sur place.

Le moteur du changeur de prises est alimenté en courant alternatif.

Des dispositions particulières au niveau de la cuve (par exemple, compartiment indépendant) doivent être prévues pour permettre le remplacement de l'ensemble du changeur de prises avec seulement une vidange partielle de l'huile ne découvrant pas la partie active du transformateur.

6.6. Dispositif de refroidissement et dimensions des transformateurs

Le système de refroidissement doit être constitué par deux groupes aéroréfrigérant.

Les aéroréfrigérants pourront être montés indifféremment soit du côté 60 kV ou soit du côté 20kV.

Ils doivent pouvoir être fixés soit sur le transformateur lui-même soit à l'extérieur de l'alvéole transformateur séparés de ce dernier par un mur. Le contractant doit prévoir les éléments nécessaires (canalisations et pièces de fixation etc) pour les deux types de montage.

Le corps du transformateur étant installé dans une enceinte fermée, le contractant devra préciser le cas échéant les caractéristiques des extracteurs d'air du local. Le transformateur doit pouvoir être logé dans son enceinte sans difficulté tout en respectant les distances de sécurité par rapport au parois de ladite enceinte.

6.7. Protection “ imagerie thermique avec contrôle de température ”

Cette protection doit être installée. Un transformateur de courant 1500/5A 15VA classe 1, conforme à la CEI 60044-1 doit être installé sur la phase médiane de l'enroulement HTA ; Il est destiné à la protection “ imagerie thermique ”.

6.8. Circuits basse tension des auxiliaires

La tension continue pour la partie relayage de la commande du régleur et de la réfrigération pour les quatre postes source est 48V.

7. Tolérance – Pénalités techniques – Refus

Le non-respect des caractéristiques de fonctionnement spécifiées dans le tableau III du CCTG – partie 1 et dans le présent CCTP donnera lieu à pénalités ou même à refus dans les conditions et sous réserve des tolérances ci-après précisées.

7.1. Pertes

Le coefficient de charge n, pour chacun des enroulements, étant de 0,6 la pénalité (applicable au-delà d'une tolérance de 10%) sera définie par la formule :

$$\text{Pénalité} = \left(\frac{P}{P_0} - 1,10 \right) \frac{P_x}{2}$$

dans laquelle :

$P_o = P_{o_v} + n^2 (P_{o_c} + P_{o_{aux}})$ représentant les pertes totales garanties en Watts au taux de charge n ,

P_{o_v} = désignant les pertes actives à vide garantie par le constructeur dans le document ETGC.

P_{o_c} = désignant les pertes actives due à la charge garantie par le constructeur dans le document ETGC.

$P_{o_{aux}}$ = désignant la puissance absorbée par la réfrigération (toutes les pompes et les tous les ventilateurs en service) garantie par le constructeur dans le document ETGC.

$P = P_v + n^2 (P_c + P_{aux})$, P_v , P_c et P_{aux} étant les valeurs de ces pertes effectivement mesurées,

P_x = étant le prix du transformateur avant l'application de toutes pénalités.

Le refus sera de droit si :

$$P_v > 1,25 P_{o_v}$$

$$P_o > 1,25 P_{o_c}$$

7.2. Impédance de court-circuit

La pénalité sera de 0,7% P_x par % d'écart au-delà de la tolérance précisée au paragraphe 4.6 du présent CCTP et le refus de droit au-delà de $\pm 20\%$.

7.3. Courant à vide

La pénalité sur la valeur du courant magnétisant à vide sera de 0,35% de P_x par % d'écart au-delà de la tolérance (30%) et le transformateur pourra être refusé pour un dépassement de 50%.

7.4. Rapport de transformation à vide

La pénalité sur la valeur du rapport de transformation à vide sera de 1,4% de P_x par 0,1 % d'écart au-delà de la tolérance (+/- 0,5 % du rapport spécifié) et le refus sera de droit si le rapport diffère de plus de +/- 1 % du rapport garanti.

7.5. Echauffement

La pénalité sera de 0,75% P_x par degré de dépassement de l'échauffement prescrit dans le CCTG – partie 2 et le refus de droit pour un dépassement de 5°C.

L'essai d'échauffement est exigé pour au moins pour un transformateur, qui sera précisé par LYDEC lors de la phase essais en usine.

8. Limites particulières de fourniture

En complément des limites définies au paragraphe S.16 du CCTG partie 1, le constructeur du transformateur doit fournir:

- ✓ Le transformateur de courant pour les traversées huile/air (voir paragraphe 4.12.1) et pour la protection " imagerie " thermique.
- ✓ Un jeu de vérins de soulèvement pour les cinq appareils.

9. Liste des pièces de rechange



Bornes de raccordement

- Bornes phase HT complètes
- Bornes neutre HT complètes
- Bornes phase MT complètes
- Bornes neutre MT complètes

Système de refroidissement

- Motopompes complètes
- Moteurs de ventilateur (sans ventilateur)
- Jeux complets de relais et contacteurs

Régleur en charge

- Moteurs
- Séries de contacts de puissance fixes et mobiles
- Contacts fin de course
- Contacteurs de freinage
- Jeux complets de relais comprenant chacun:
 - Un relais de sélection du sens de fonctionnement
 - Un relais de commande automatique
 - Un relais auxiliaire de commande " augmenter"
 - Un relais auxiliaire de commande " diminuer"
 - Un relais auxiliaire cran par cran

Protection, commande et signalisation

- Soupapes de sûreté (surpression)
- Sondes pour indicateur de température
- Indicateurs de température
- Thermostats mise en marche aéroréfrigérants
- Thermostats mise en marche motopompe
- Thermostats alarme
- Thermostats déclenchement
- 40 kg gel de silice

Divers

- Deux jeux complets de joints

Les quantitatifs par Lot, de ces pièces de rechange sont précisés dans le Bordereau des Prix. (BPU)

Fait à Casablanca le :

Pour l'Entreprise

Lu et approuvé (mention manuscrite)

Par en qualité de :

Date, cachet et signature