

AO N°72/2022/E

**FOURNITURE, INSTALLATION, RACCORDEMENT ET MISE EN SERVICE DU NOUVEAU
TRANSFORMATEUR T3 AU POSTE 225/20 KV RIAD**

PIECE N°3

CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

C.P.T

N.B. : Le présent cahier de charges, Visé par le Soumissionnaire doit Accompagner l'Offre

SOMMAIRE

ARTICLE 1 – PRESCRIPTIONS TECHNIQUES COMMUNES.....	4
ARTICLE 2 – SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES TRANSFORMATEURS.....	13
ARTICLE 3 – DISPOSITIONS GENERALES DE CONSTRUCTION DES TRANSFORMATEURS (DGC).....	15
ARTICLE 4 – SPECIFICATIONS TECHNIQUES GENERALES DES TRANSFORMATEURS (STG)	43
ARTICLE 5 – SPECIFICATIONS TECHNIQUES PARTICULIERES (STP) DES TRANSFORMATEURS 225/21.5 kV-70MVA	69
ARTICLE 6 – FICHES TECHNIQUES DES VALEURS GARANTIE (FTVG)	77

AVERTISSEMENT

Les fournitures et travaux réalisés en exécution du présent Appel d'offres seront conformes aux normes marocaines, internationales ISO, CEI ou européennes en vigueur et aux spécifications RTE 76 (dernière mise à jour). Les travaux seront réalisés conformément aux plans types de l'ONEE et aux Cahier des Spécifications Techniques Générales (CSTG) de l'ONEE (dernières mises à jour).

Ces derniers sont disponibles chez l'ONEE et peuvent être acquis auprès de cet organisme.

Les normes citées dans le présent appel d'offres sont les normes les plus fréquemment utilisées au Maroc.

L'Entrepreneur est toutefois autorisé à livrer des produits et matériels conformes à toutes autres normes internationalement reconnues de qualité équivalente ou supérieure à celle assurée par les normes mentionnées.

Le matériel devra répondre aux normes de la CEI en vigueur et devra avoir subi avec succès les tests de conformité par l'un des laboratoires internationaux tel que : KEMA; EDF; CESI; LABORELEC etc...

Le matériel devra être déjà avoir été utilisé dans des installations similaires et aux conditions dans lesquelles il sera destiné.

Une liste de références d'utilisation devra être jointe à la livraison de tout matériel non encore installé sur le réseau de Redal. En plus le constructeur devra garantir la pérennité de la maintenance de son matériel durant une période de dix (10) ans, à compter de la date de mise en service.

ARTICLE 1 – PRESCRIPTIONS TECHNIQUES COMMUNES

1.1. DISCRIPTION DU POSTE SOURCE

Le poste source 225/20kV RIAD, se situant au quartier Guich Oudaya à Témara, est équipé d'un poste 225kV blindé type HEXABLOC9 de marque Merlin Gerin et de trois transformateurs de puissance T1 et T2 avec simple seconde 20kV d'une puissance de 70MVA chacun et un transformateur T3 avec double secondaire 20kV d'une puissance de 80MVA, les trois transformateurs sont équipés de traversées Huile/SF6 connectées directement au poste blindé.

1.2. CONSISTANCE DE LA REALISATION DES TRAVAUX

Les travaux objet du présent appel d'offres, consistent en :

- La fourniture d'un transformateur 225/20 kV de 70 MVA à refroidissement de type ODAF, équipé par des traversés THT type Huile/SF6 avec la même disposition des instrumentations que le transformateur existant, équipé d'un système de mesure directe de température par fibre optique, qui sera livré sur site, à pieds d'œuvre, prêts à être raccordés aux installations du poste 225/20KV RIAD.

✓ Offre de base, obligatoire : refroidissement de type ODAF

✓ Variante, optionnelle : refroidissement de type ONAN(70%)/ODAF

- Les câbles et accessoires nécessaires à la mise à la terre des nouveaux équipements objet du cahier des charges.
- La mise en cellule, le raccordement et la mise en service du transformateur sur site.
- La fourniture des pièces de rechange listées ci-après.
- L'équipement du nouveau transformateur par un système de monitoring transfo à neuf gaz.
- Adaptation de la grille 20kV pour le raccordement avec un TR simple secondaire.
- Adaptation de la tranche BT existante.
- Adaptation de la tuyauterie et essai de la protection incendie existante.
- Travaux de fourniture, d'installation et de mise en service du matériel de Télécommande centralisée (TC et commutateur d'injection) de marque Itron.

L'entrepreneur fournira tout le matériel complémentaire à celui fournis par Redal et nécessaire à la bonne marche des installations à sa charge.

1.3. DOCUMENTS DE BASE DU PROJET

Les plans guides et documents suivants donnent une description sommaire des installations à réaliser :

- Plan coupe du poste blindé HEXABLOC9 (à titre indicatif)
- Plan guide GC Bâtiment 225kV (à titre indicatif)
- Plan guide GC Loges TR (à titre indicatif)

1.4. HYPOTHESES CLIMATIQUES ETENVIRONNEMENT

Les conditions climatiques citées ci-après doivent être respectées par l'entrepreneur pour le dimensionnement de tout le matériel du poste :

- Altitude <1000 m

- Température ambiante : Les limites extrêmes entre la nuit et le jour sont les suivantes :
 - ✓ En hiver : -8°C à +25°C à l'ombre
 - ✓ En été : +10°C et +50°C à l'ombre
- Taux d'humidité de 98% au maximum relevé,
- le niveau d'isolement des chaînes d'ancrage doit être adapté à la zone de bord de mer (niveau 4),
- Vent : zone de vent fort (240 daN/m² en pointe enregistrée).

1.5. PRESTATIONS A LA CHARGE DE L'ENTREPRENEUR

1.5.1. Fourniture, mise en œuvre, contrôle, protection et essais

L'Entrepreneur doit assurer les travaux suivants :

L'étude générale du transformateur, encombrement, jeu de barres, raccordement, matériels et accessoires à la base des plans fournis par Redal.

Les études concernant les équipements objet du présent appel d'offres.

Les études et l'établissement des plans d'exécution et des équipements permettant une parfaite intelligence du projet et de l'exécution des travaux

Toutes les études complémentaires nécessaires à l'exécution des travaux.

Les études concernant l'organisation du chantier et la conduite des travaux suivant un planning à faire agréer par Redal ;

Toutes les formalités nécessaires pour l'importation des fournitures ;

La remise en état des voies publiques d'accès au chantier utilisé par l'Entrepreneur ;

La fourniture, le transport à pied d'œuvre et la pose, des équipements (transformateurs et autres), matériels et des accessoires ;

La fourniture, le transport et la pose de tous les appareillages et accessoires électricité nécessaires au bon fonctionnement.

L'exécution des ouvrages annexes tels que les regards, les bornes de signalisations, les traversées, réfections de trottoir, etc, s'il y en a.

Les travaux spéciaux d'étalement et de protection des autres canalisations et câbles touchés par les travaux ;

Les contrôles et les épreuves des matériaux et fournitures en usine et sur le chantier ;

Tous les essais complémentaires, et mettre au point, en vue de l'obtention des garanties figurant dans le présent appel d'offres;

Les raccordements des équipements fournis en bon état de marche ;

Les nettoyages et les désinfections des ouvrages et des câbles suivant les prestations du présent appel d'offres;

L'établissement des plans de recollement, certifiés conformes à l'exécution.

L'entretien des installations pendant le délai de garantie.

L'énumération des prestations indiquées ci-dessus et dans les divers chapitres du présent appel d'offres n'est nullement limitative. En fait, l'Entrepreneur s'engage à fournir et à mettre en service un ensemble en parfait état de marche.

Dans certains chapitres du présent appel d'offres le mot « client » est le maître d'ouvrage (Redal).

1.5.2. Vérification des documents

L'Entrepreneur est tenu de vérifier, que les spécifications du Cahier des Prescriptions Techniques du présent appel d'offres et les dispositions techniques présentées dans les plans des ouvrages sont concordantes.

Il doit signaler les erreurs ou omissions qui auraient pu se produire, ainsi que les changements qu'il

croirait utile d'apporter. Il doit provoquer tous les renseignements complémentaires pour tout ce qui lui semble douteux ou incomplet.

Faute de se conformer à ces prescriptions, l'Entrepreneur devient responsable de toutes les erreurs relevées en cours d'exécution ainsi que des conséquences qui pourraient en résulter.

Dans le cas où les spécifications techniques du présent appel d'offres ne correspondraient pas à celles des plans, notamment en ce qui concerne le tracé et les dimensions, l'Entrepreneur est tenu d'en informer l'ingénieur et de lui soumettre une nouvelle solution qu'il jugerait correcte. De ce fait, il ne pourra réclamer aucun supplément lors des travaux en s'appuyant sur le fait que les désignations indiquées sur les plans, d'une part, et sur le présent appel d'offres, d'autre part, pourraient présenter des inexactitudes ou des contradictions.

Aucune mesure ne doit être prise à l'échelle métrique sur les plans. En cas d'erreur d'impression ou de manque de côte, l'Entrepreneur doit le signaler à l'ingénieur qui fournira les précisions nécessaires.

Tous les travaux préparatoires ou de finition qui n'auront pas fait l'objet d'une description détaillée, mais qui sont conformes aux règles de l'Art, sont dus par l'Entrepreneur.

En cas d'erreur, d'oubli ou de mauvaise interprétation des côtes au cours de l'exécution, l'Entrepreneur sera tenu pour responsable et devra à ses frais réaliser les modifications qui en résulteraient.

1.5.3. Etudes, dessins d'exécution et autres documents

Les plans des ouvrages, documents et pièces joints au présent Appel d'offres concernent le dossier de consultation établi par Redal.

L'Entrepreneur est tenu :

De contrôler la validité des plans, documents et pièces du dossier de consultation.

De réaliser tous les plans complémentaires ou modificatifs qui seraient nécessaires à la bonne exécution des travaux. Ces plans concernent essentiellement les détails de construction et de montage des pièces et équipements et les modifications nécessaires à l'adaptation du projet d'exécution à un éventuel changement de l'état des lieux.

D'établir les notes de calculs, les notes techniques et les plans d'exécution de l'ensemble des ouvrages lui incombant.

1.5.4. Prestations associées à la fourniture

Les Plans liées aux Equipements :

L'Entrepreneur devra établir des plans individuels pour chaque tranche et spécifiques à chaque ouvrage.

Les documents et les informations à soumettre après ordre de service de commencer les travaux (liste non limitative) :

Les plans d'installation des équipements à sa charge THT, HTA, charpente (Format A1) et basse tension (Format A3 et A4).

Le schéma unifilaire (format A1) montrant les détails suivants :

Les valeurs de courant de court-circuit, les courants nominaux.

Les caractéristiques des appareils électriques.

Les détails des équipements de protections et contrôle commande (schéma de block).

S'il y en a, l'essentiel des éléments de génie civil, tels que le taux de travail du terrain, les charges des pistes lourdes, les dimensions des bâtiments, etc...

Les différentes vues en plan et en coupe sur les différents appareillages Haute et basse tension.

Les schémas électriques montrant les contrôles depuis la salle de commande, les signalisations, les mesure, les systèmes de verrouillage, les circuits de protection, téléprotection, téléaction et télésignalisation, les logigrammes des automatismes ;

La présentation des schémas électriques en particulier des schémas de câblage sera conforme à la norme DIN 40719 (format A3) ;

Carnet des câbles.

Les rapports ou les comptes rendus d'essais après la réalisation des travaux d'installations (disjoncteurs, sectionneurs, TC, TT, combinés de mesure) en liaison avec les constructeurs ;

Les rapports des essais et les mesures réalisées aux ateliers des fabricants ou sur site en présence des représentants de Redal ;

1.6. APPROBATION DES DOCUMENTS

Parmi la documentation qui sera élaborée, l'Entrepreneur devra envoyer pour approbation, 5 exemplaires accompagnés de la liste des plans correspondants. La livraison de la dite documentation qui s'effectuera par l'intermédiaire d'une fiche indiquant la référence correspondante.

Tous les plans que l'Entrepreneur remettra à Redal devront porter l'un des cachets suivants :

Plans Pour approbation	:	POUR APPROBATION
Plans d'exécution	:	BON POUR EXECUTION

Une fois les plans approuvés par Redal, l'Entrepreneur devra remettre les jeux de plans suivants :

- 8 Dossiers d'exploitation et maintenance, dans lesquels seront inclus tous les plans du projet plans généraux, schémas électriques, diagramme de câblage, carnet de câbles et instruction de service.

Le Nombre de copies à fournir :

	Copies de travail	Copies définitives
Les copies sur papier blanc	5 copies	8 copies
Les transparents		2 copies
Les rapports, les descriptions, les instructions, etc.	5 copies	8 copies
Les instructions de service		

Redal mettra à la disposition du contractant, après la notification de l'OS, tous les plans de principe (de génie civil et d'appareillage THT, HTA et BT des installations) dont elle disposera et jugés nécessaires pour les études des ouvrages objet du présent appel d'offres.

Le déroulement des approbations des documents sera comme suit :

- L'Entrepreneur adresse au Maître d'Ouvrage en cinq (05) exemplaires les plans, échantillons, modèles, spécifications, plannings ou informations requis dans le appel d'offres et documents et pièces qui complètent ou modifiant les caractéristiques du projet. Les plans et documents, etc... doivent porter la mention "POUR APPROBATION".

NB : Tous les plans sont faits sous Autocad.

- En cas d'observations du Maître d'Ouvrage formulées par écrit à l'Entrepreneur, ce n'est qu'après intégration des modifications prenant en compte ces observations et la remise d'une réponse point par point aux remarque de Redal que les documents sont revêtus de la dite mention. Les documents doivent porter avec indice, la date et les raisons des modifications sur la cartouche.

Etant entendu, que si les annotations ou modifications sont majeurs, Redal se limitera à exprimer les plus importantes en signalant en terme général les autres remarques.

Une fois les plans approuvés, ou si l'ingénieur fait connaître par écrit à l'Entrepreneur qu'il n'a pas d'observations à formuler, l'Entrepreneur doit alors envoyer à l'ingénieur dans un délai de huit (8) jours un jeu de 8 plans avec la mention "BON POUR EXECUTION". L'ingénieur retourne dans un délai de vingt et un (21) jours. Sans réponse écrite de l'ingénieur dans le délai précité, les documents sont considérés bons pour exécution. Trois exemplaires des documents revêtus de la mention "BON POUR EXECUTION" suivie de la date d'approbation de la dite mention doivent être retournés au maître d'ouvrage.

Les documents revêtus de cette mention sont seuls valables et ne peuvent être modifiés qu'après l'autorisation écrite du Maître d'Ouvrage.

Il est bien entendu que l'approbation des plans par Redal ne dégage en rien la responsabilité de l'Entrepreneur étant entendu que l'approbation des plans s'entend y compris ceux constituant le dossier de consultation. Redal aura le droit de réclamer tous oubli d'équipement ou travaux de la part de l'Entrepreneur et faisant partie de l'appel d'offres.

Tout travail effectué par l'Entrepreneur à partir de plans non encore approuvés par l'ingénieur est aux risques et périls de l'Entrepreneur.

Dans le cas où les dimensions ou les dispositions d'ouvrages ou d'équipements ne seraient pas conformes aux prescriptions du Maître d'Ouvrage, l'Entrepreneur peut être tenu, sur l'ordre écrit d'ingénieur et dans le délai qui lui est alors prescrit, de remplacer les équipements ou de reconstruire à ses frais les ouvrages concernés.

L'Entrepreneur fait sur place tous les relevés nécessaires et demeure responsable des conséquences de toute erreur de mesure. S'il reconnaît quelques erreurs dans les plans fournis par Redal, il doit les signaler immédiatement par écrit.

Tous les dessins doivent être complets, entièrement cotés, établis d'une façon parfaitement lisible et doivent porter toutes les indications permettant une identification rapide et sûre de leur objet.

Chacun d'eux doit indiquer entre autres :

- Redal;
- Le nom de l'Entrepreneur (et éventuellement de son sous-traitant)
- La nature des ouvrages
- La désignation précise de la ou des échelles utilisées
- La nature des modifications, s'il y a lieu. Tout plan modifié devant obligatoirement porter un nouvel indice et la date de modification.

Les tirages doivent être pliés aux dimensions standards de 210 x 297 mm, l'entête devant apparaître sur la face visible du plan plié.

Chaque envoi de documents doit être accompagnée d'un bordereau d'expédition en deux exemplaires portant le numéro et la désignation précise et complète de chacun des documents adressés.

1.6.1. Documents techniques à fournir par l'Entrepreneur :

Dans un délai de vingt (20) jours à partir de la notification de l'ordre de service de commencer les travaux, l'Entrepreneur soumet à l'approbation au Maître d'Ouvrage le programme d'exécution des travaux, détaillé par opération. Il doit notamment signaler la liste et le programme de fourniture des études et plans de détail d'exécution. Les dits plans comportent entre autres les indications relatives à la date de fourniture, la date d'approbation, les indices et dates des modifications etc...

NB : Tous les plans de génie civil, s'il y en a, doivent être obligatoirement quadrillés en coordonnées Lambert et rattachés au Nivellement Général Marocain (NGM).

1.6.2. Renseignements divers :

En application des dispositions prévues ci avant, l'Entrepreneur doit fournir tous renseignements qui lui sont demandés concernant le matériel et les ouvrages faisant l'objet de l'appel d'offres et dont la connaissance est utile pour l'exécution des travaux n'en faisant pas partie, afin que celles-ci soient établies en harmonie avec les travaux dont il a la charge.

Si les documents d'un autre constructeur ou Entrepreneur relatifs à une fourniture ayant des relations avec ses prestations sont soumis à son acceptation, l'Entrepreneur doit, dans les limites de sa compétence, formuler son avis sur ces documents dans les vingt jours qui suivent leur réception. En cas de retard dans la remise des documents mentionnés ci avant et qui intéresserait des ouvrages dont l'exécution n'incombe pas à l'Entrepreneur ou si celui-ci ne fait pas connaître dans le délai imparti son acceptation, Redal peut engager, après mise en demeure restée sans effet à l'expiration d'un délai de quinze jours, l'exécution de ces ouvrages d'après les indications en sa possession.

L'Entrepreneur aura à sa charge toutes modifications de ces ouvrages qui seraient ultérieurement demandées par lui ou qui seraient la conséquence d'erreurs ou d'omissions contenues :

- Dans les plans remis et admis comme "BON POUR EXECUTION"
- Dans les plans de Redal, d'un autre constructeur ou Entrepreneur, plans qu'il aurait antérieurement acceptés.

Les représentants du Maître d'Ouvrage peuvent prendre connaissance dans les bureaux de l'Entrepreneur des plans de détails d'exécution et lui demander communication des notes de calculs prédéterminant :

- Le comportement des ouvrages et des équipements en fonction de la nature des terrains ou des surcharges
- Le comportement des matériels sous divers régimes de fonctionnement

Avant de commencer l'exécution des travaux et la fabrication du matériel, l'Entrepreneur est tenu de soumettre, en cinq exemplaires, pour approbation par l'ingénieur, tous les dessins de construction et les calculs essentiels de sa fourniture. L'Entrepreneur est tenu de leur apporter dans la mesure où cela est possible, les corrections et les modifications désirées par Redal, ceci dans un délai de quatre semaines. Redal s'engage à tenir secrets les documents de l'Entrepreneur (à l'exclusion de ceux concernant la partie constructive ou l'assemblage avec des fournitures de tiers).

1.6.3. Vérifications techniques

L'Entrepreneur est assujéti à des contrôles internes réalisés à différents niveaux :

Au niveau des fournitures quel que soit leur degré de finition : Il doit s'assurer que les produits commandés et livrés sont conformes aux normes et spécifications de l'appel d'offres.

Au niveau du stockage : Il doit s'assurer que les fournitures sensibles aux agressions des agents atmosphériques et aux déformations mécaniques sont convenablement protégées.

Au niveau de l'interface entre corps d'état : Il doit vérifier que les ouvrages à réaliser par d'autres corps d'état permettent une bonne exécution de ses propres prestations.

Au niveau de la fabrication et de la mise en œuvre : Il doit vérifier que la réalisation est faite conformément aux normes, textes et règles de référence.

Au niveau des essais : Il doit réaliser les vérifications et les essais imposés par les règles professionnelles et les prescriptions du présent appel d'offres.

1.6.4. Essais et analyses

L'Entrepreneur est tenu de produire toutes les justifications de provenance et de qualité de matériels et des matériaux et de fournir tous les échantillons qui lui seront demandés en vue des essais obligatoires ou ceux réclamés par Redal ou le bureau de contrôle, qui se réservent le droit d'assister aux essais demandés.

Les frais de ces essais sont à la charge de l'Entrepreneur.

1.7. INSTALLATIONS DU CHANTIER

L'Entrepreneur doit soumettre au Maître d'Ouvrage dans un délai de deux semaines à partir de l'entrée en vigueur de l'appel d'offres un projet d'installation de chantier définissant notamment :

Les principales installations de chantier comportant un plan général de leurs implantations.

Les installations générales composées des bureaux, des ateliers, des aires de circulation, de l'aire de stockage, de l'alimentation en eau et en énergie.

Les installations fixes de bétonnage, s'il y en a.

Les panneaux d'information des travaux dont les dimensions et renseignements qu'ils porteront seront fixés par l'ingénieur.

La signalisation du chantier conformément aux exigences de l'administration responsable de circulation routière.

Si le délai prévisionnel des travaux d'installation des transformateurs devra dépasser 2 semaines, un bureau de chantier équipé sera obligatoirement mis par l'Entrepreneur à la disposition des agents du Maître d'Ouvrage couvrant une surface utile de 30 m² environ. Cette construction étant équipée en eau, électricité, téléphone et tout le mobilier nécessaire aux réunions de chantier (table, chaises, panneaux d'affichage, etc.).

L'eau et l'électricité de chantier sont à la charge de l'Entrepreneur.

A la fin des travaux, l'Entrepreneur doit, dans le délai de deux (2) semaines à compter de la date de notification de la décision de réception provisoire avoir fini de procéder au repliement du matériel, dégagement, nettoyage et remise en état des emplacements qui auront été occupés par le chantier dans le même état qu'ils étaient avant le début des Travaux.

1.7.1. Lieux d'emprunts et de dépôts

S'il y en a, l'Entrepreneur doit définir et soumettre au Maître d'Ouvrage pour approbation les lieux d'emprunts et de dépôts de matériels et des matériaux, provisoires et définitifs, nécessaires à la réalisation des travaux.

Les lieux de dépôts provisoires seront remis en leur état initial en fin de chantier.

1.8. PROGRAMME D'EXÉCUTION ET MÉMOIRE TECHNIQUE

L'Entrepreneur doit remettre au Maître d'Ouvrage le programme d'exécution accompagné du mémoire technique dans un délai de vingt (20) jours après la date de notification de l'appel d'offres.

Le programme doit identifier dans le cadre du délai contractuel l'échelonnement détaillé dans le temps des principales opérations élémentaires que comporte l'exécution de l'appel d'offres et les liaisons entre ces opérations qui comportent :

- Planning des travaux.
- Fabrication des transformateurs et du matériel complémentaire et essais en usine
- Préparation, installation et repli de chantier,
- Elaboration d'un plan d'installation général du projet détaillant notamment les zones de stockage des transformateurs et ces accessoires, ainsi que les
- Implantation des ouvrages
- Approvisionnement des matériaux et matériels
- Aménagement des pistes d'accès nécessaire au transport des équipements jusqu'au site,
- Assistance au montage et raccordement
- S'il y en a, exécution des terrassements et évacuation des boues et des déblais excédentaires à une décharge autorisée par Redal et les autorités compétentes, s'il y en a
- Mise en service
- Remise en état des lieux
- Fourniture des plans de recollement
- Réception provisoire des travaux.
- Le mémoire technique doit identifier et définir d'une manière précise les principales installations de chantier et plus spécialement :
 - Le plan général d'implantation ;
 - Un programme général d'implantation des installations ;
 - Le programme général d'exécution des travaux exposant notamment les différentes phases des travaux, l'encadrement prévu et les effectifs de main d'œuvre locale utilisée ;
 - Un descriptif technique détaillé des fournitures et des matériels que l'Entrepreneur s'engage à utiliser ou à installer ainsi que la provenance, les références des fournisseurs et les fiches techniques ;
 - Le calendrier d'approvisionnement de ce matériel ;
 - Les procédés d'exécution que l'Entrepreneur compte employer ;
 - Les notices, références, analyses, brevets et d'une manière générale, toutes pièces justificatives du mode d'exécution ;
 - les ouvrages complémentaires ou modifiés du projet ;
 - Les plans d'exécution des ouvrages complémentaires au projet ;
 - La convention liant l'Entrepreneur à un laboratoire agréé qui sera chargé des analyses et des essais nécessaires au cours de l'exécution des travaux ;

Cette liste n'étant pas exhaustive, si l'ingénieur a des observations à formuler, elle les fait connaître à l'Entrepreneur dans les quatorze (14) jours à partir de la réception de ces documents.

A la fin de chaque mois d'exécution de l'appel d'offres, l'Entrepreneur doit adresser au Maître

d'Ouvrage :

- Un état indiquant le degré d'avancement de ces opérations, et s'il y a lieu, les modifications qu'il propose d'apporter au programme d'exécution ;
- Un planning prévisionnel mensuel ;
- L'Entrepreneur doit permettre au Maître d'Ouvrage de procéder, à son gré, aux vérifications de ces états et ceux-ci peuvent donner lieu, à tout moment, sur la demande de l'une ou de l'autre partie, à un examen commun.
- Si au cours de l'exécution, l'ingénieur constate que les délais prévus au programme d'exécution ne sont pas respectés, l'Entrepreneur doit lui proposer immédiatement un nouveau programme permettant l'achèvement dans les délais contractuels.
- Ce nouveau programme est considéré comme accepté tacitement par Redal si dans un délai de quatorze (14) jours ouvrables à dater de la proposition qui lui est faite par pli recommandé, l'ingénieur n'a émis aucune observation. Dans le cas contraire, l'Entrepreneur doit lui proposer immédiatement un nouveau programme permettant l'achèvement dans les délais contractuels.
- Les conséquences de ce remaniement sont aux frais de l'Entrepreneur. Les difficultés que pourrait rencontrer l'Entrepreneur pour effectuer ce remaniement ne peuvent en aucun cas justifier une demande de prolongation de délai, ni l'autoriser à demander un supplément de prix.

1.9. RECEPTION EN USINE - DELAI DE GARANTIE - RECEPTION DEFINITIVE

1.9.1. Réception en usine

Les essais individuels seront effectués dans l'usine du constructeur sur chaque appareil et en présence de 6 représentants de Redal.

Dans le cas d'impossibilité d'assistance de Redal à ces essais, l'entrepreneur désignera à sa charge un laboratoire international accrédité qui assistera à la réalisation des essais sur les transformateurs de puissance (KEMA, CESI, CERDA, RENARDIERE, etc...) et transmettra le rapport à Redal pour validation.

1.9.2. Délai de garantie - réception définitive

Le délai de garantie de l'ensemble des fournitures et travaux faisant objet du présent appel d'offres est fixé à douze (12) mois à partir de la date de déclaration de la réception provisoire à l'**exception du transformateur** qui sera garanti par l'Entrepreneur pendant deux ans (24 mois) à partir de la mise en service. Toutefois, conformément au chapitre DGC, la durée du revêtement est garantie par le constructeur pour une durée de 6 ans.

Cette garantie comprendra le remplacement par l'Entrepreneur du matériel fourni par lui-même dont la détérioration serait le résultat de défauts de construction ou de montage et ce dans le plus bref délai ne dépassant pas un (01) mois.

A l'expiration de la période de garantie mentionnée ci-dessus, la réception définitive des installations pourra être prononcée, sous réserve que l'Entrepreneur ait bien effectué :

- le remplacement du matériel détérioré et les réparations signalées par les représentants de Redal,
- les essais, à sa charge, des huiles diélectriques du transformateur et du régleur. Ces essais devront être effectués par un laboratoire privé après accord de Redal :
 - ✓ Parties actives : Analyse des gaz dissous et des dérivés furaniques

✓ Fluides diélectriques : Teneur en eau, indice d'acidité, rigidité diélectrique, tangente DELTA

ARTICLE 2 – SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES TRANSFORMATEURS

Les spécifications Techniques des transformateurs à livrer se présente sous la forme de trois chapitres, en plus du présent, ci-après, l'un décrit les Dispositions Générales de Construction des transformateurs (DGC), le second contient les Spécifications Techniques Générales (STG) et l'autre, les Spécifications Techniques Particulières (STP).

Le chapitre sur les Spécifications Techniques Générales (STG) fixe les prescriptions communes applicables aux transformateurs triphasés de puissance immergés dans l'huile, destinés à assurer l'alimentation des réseaux de distribution moyenne tension de Redal. Il complète et modifie les normes internationales CEI 60076.

Le chapitre concernant les Spécifications Techniques Particulières (STP), complète et précise le chapitre concernant les spécifications techniques Générales (STG), qui fournit les prescriptions communes aux autotransformateurs et transformateurs de puissance, immergés dans l'huile, du type extérieur.

2.1. ACCESSOIRES DE CONNEXION ET STRUCTURES

2.1.1. Câbles BT :

Les câbles seront acheminés par Redal et emprunteront les caniveaux arrivés jusqu'aux coffrets de regroupements fileries des transformateurs, et ce, à partir des bâtiments de commande Redal.

Les fils doivent être manchonnés et repérés conformément aux directives du SCTG BT de l'ONEE.

Les câbles seront du type armé en cuivre isolés à 1000V et ils seront constitués de :

- 2x10 mm² et 4x10mm² pour les courants,
- 2x6mm² et 4x6mm² pour les tensions
- 4x2, 5mm² pour les signalisations.

2.1.2. Connexions 20 et 225kv :

Si c'est nécessaire et en fonction de l'encombrement du transformateur, sont à la charge de l'entrepreneur les modifications des connexions 20 et 225kV, les connexions 225KV seront réalisées conformément aux directives du SCTG BT de l'ONEE.

Toutes les dispositions devront être prises pour éviter les vibrations ou oscillations qui peuvent survenir.

Les connexions en tube devront être montées de telle façon qu'elles n'exercent que des efforts limités sur les bornes des appareils auxquels elles sont raccordées. En particulier les connexions droites et les connexions coudées. Elles devront obligatoirement comporter un raccord souple à l'une de leurs extrémités.

Toutes les précautions devront être prises pour éviter l'introduction de l'eau à l'intérieur des tubes et évacuent celle résultant des condensations éventuelles en obstruant les tubes et en perçant des trous de diamètre suffisant aux parties inférieures.

Mise en Œuvre des connexions courbées :

Toute précaution utile sera prise afin d'éviter l'écrasement du tube lors du cintrage. On peut évaluer le rayon de courbure minimal à environ 10 fois le diamètre du tube.

2.1.3. Structures

S'il y en a, les châssis - supports d'appareillage seront métalliques, soit du type caisson soit constituées en poutrelle.

Ils seront réalisés en acier galvanisé à chaud, d'usage courant, nuance A42 (Charge de rupture unitaire minimale garantie de 42x9,81 N/mm²).

2.1.4. Mise à la terre des masses métalliques :

L'entrepreneur doit prévoir dans le cadre de ce appel d'offres, l'extension du réseau maillé conformément aux prescriptions du paragraphe correspondant du présent cahier des charges, constitué par des boucles en câble cuivre 116,2 mm² enterrées à une profondeur minimale de 0,80m.

2.1.5. Les Raccords :

L'entrepreneur aura à sa charge la fourniture, l'installation de tous les raccords (fixes, souples, cuivre, aluminium ou bimétalliques) sur appareillage THT et HTA, tendues des conducteurs, raccords etc..., pour réaliser les différentes connexions entre les conducteurs d'une part, et entre les conducteurs et l'appareillage d'autre part.

La valeur du courant de court-circuit à tenir pour les raccords sera de 40 kA/1sec pour la partie THT et 12,5 kA/1sec pour la partie HTA.

Compte tenu des efforts de vent fort et permanent pouvant entraîner des vibrations sur les tubes et les raccords, l'entrepreneur doit prévoir des raccords qui résistent à tous les efforts qui peuvent engendrer leur rupture ou desserrage. Il est à rappeler que l'effort du vent à considérer pour le poste RIAD est de 240 daN/m² et que ces raccords seront conçus pour fonctionner dans ces conditions climatiques.

Les raccords et les dispositifs de fixation qui sont soumis à des contraintes mécaniques auront une résistance à la rupture qui sera deux fois plus grande que les contraintes maximales calculées.

Les raccords sur les appareils seront de type boulonné, et les raccords ou manchons d'ancrage pour les tendues seront de type à sertir.

Avant le montage, les surfaces seront nettoyées et graissées par un produit de contact et recouvertes après leur montage d'une couche de graisse neutre.

ESSAIS :

Le fabricant présentera une documentation complète sur les essais de type réalisés sur les pièces de caractéristiques électriques similaires à la spécification, incluant dans la dite documentation les résultats des essais et leurs protocoles correspondants.

A la réception du matériel, on effectuera dans tous les cas une inspection de :

- ✓ Degré de finition des surfaces.
- ✓ Vérification des dimensions en accord avec les croquis présentés par le fabriquant.
- ✓ Analyses de l'alliage employé dans la fabrication.
- ✓ Le jeu et le parallélisme résultants après l'application des couples de serrage indiqués sur les raccords correspondants.
- ✓ Les dits essais sont prévus dans la norme NEMA CC1. De même, Redal pourra demander à l'Entrepreneur les analyses qu'il juge convenables, afin de déterminer la composition des alliages employés dans la construction du matériel de connexion. Les protocoles des essais réalisés, ainsi que les résultats des analyses, seront envoyés à Redal préalablement à la réception du matériel de connexion.

L'entrepreneur remettra à Redal en quatre copies les plans et les informations complémentaires suivantes :

- ✓ Caractéristiques électriques, thermiques, mécaniques et des données concernant les surintensités thermiques et dynamiques que les raccords peuvent supporter.
- ✓ Caractéristiques chimiques des graisses nécessaires à utiliser.
- ✓ Les instructions de montage, avec indication des outils nécessaires à utiliser à chaque phase de montage, ainsi que les précautions à prendre, couples de serrage à utiliser dans la totalité de la boulonnerie, etc...

ARTICLE 3 – DISPOSITIONS GENERALES DE CONSTRUCTION DES TRANSFORMATEURS (DGC)

Le transformateur visé par la présente spécification répond aux dispositions générales de construction précisées ci-après.

3.1. TRANSPORT

Le constructeur doit, à partir des gabarits et des masses de différents colis, déterminer l'itinéraire du transport depuis l'usine de fabrication jusqu'au site de livraison définie dans le présent appel d'offres.

Tous les appareils doivent pouvoir être transportés par route, par bateau et éventuellement par chemin de fer (Transport éventuel entre l'usine et le port d'embarquement) avec le démontage du minimum d'accessoires et dans la mesure du possible avec leur huile de remplissage. En cas de dépassement de la masse indivisible autorisée pour le transport, l'huile doit être remplacée par un gaz inerte (généralement de l'azote).

Lorsqu'un appareil est transporté plein d'huile, cette dernière doit être celle qui a été utilisée lors des essais individuels.

Des conditions de gabarits et de masses peuvent être imposées dans le chapitre STP. Dans tous les cas, le constructeur doit soumettre à l'approbation du maître d'ouvrage, au stade de l'étude, les masses et les plans des colis à transporter.

Enfin, le constructeur s'assurera auprès des autorités Marocaines que le transport routier répond aux conditions de délivrance des autorisations de transport exceptionnel et que les engins de transport utilisés répondent aux conditions fixées par la masse et le gabarit du colis principal à transporter.

3.2. INSTALLATION ET PRESCRIPTIONS DE SÉCURITÉ POUR LES INTERVENTIONS

3.2.1. Type d'Installation

Les transformateurs sont généralement installés en extérieur. Toutefois ils peuvent être exceptionnellement installés ou en enceinte d'insonorisation, ou en bâtiment.

Dans tous les cas, l'encombrement du transformateur équipé de ses accessoires doit être compatible avec les plans d'installation indiqués dans le présent appel d'offres. De plus, les distances de sécurité par rapport au sol des parties sous tension doivent être respectées.

3.2.2. Prescriptions de sécurité pour les Interventions

De manière générale, les transformateurs doivent intégrer des dispositifs de nature à faciliter les interventions sur l'appareil, et prévenir les risque (électrique, confusion d'ouvrage, de chute de hauteur, opérations de manutention, etc.)

3.3. DISPOSITIFS DE ROULEMENT ET D'APPUI

Tous les transformateurs doivent être équipés de galets à boudin, orientables permettant leur roulement suivant les deux axes principaux : dans le sens longitudinal, sur la voie de desserte éventuelle et dans le sens transversal, sur la voie de repos. L'écartement des rails est précisé dans le chapitre STP.

Les caractéristiques dimensionnelles des galets de roulement à boudin, ainsi que celles des chapes correspondantes et des dispositifs de blocages, doivent être déterminées par le constructeur. Ces galets sont isolés de la cuve pour garantir le fonctionnement normal de la protection de cuve du transformateur. Cette isolation doit être conçue pour tenir une tension d'essai à fréquence industrielle de 5 KV (valeur efficace) pendant 1 min et pouvant être vérifiée selon les modalités précisées au paragraphe 171.10 b ; elle doit permettre néanmoins le déplacement de l'appareil sans modification du système de fixation des galets.

Tous les transformateurs doivent pouvoir également reposer, soit sur une simple dalle, soit sur des longrines dont le nombre et les écartements sont définis dans les plans joints au chapitre STP. Le déplacement de l'appareil lors des opérations de manutention est réalisé en installant des rouleaux de manutention aux emplacements prévus pour recevoir les galets de roulement.

Des plaques isolantes, dont le nombre et les dimensions sont précisés par le constructeur, doivent être intercalées entre les points de repos de la cuve et les longrines. L'isolation est assurée par ces plaques doit être équivalente à celle définie pour les galets.

Quatre appuis, disposés sur la cuve permettent de soulever le transformateur au moyen de vérins. Ces appuis doivent être suffisamment larges pour permettre un décentrement des vérins de 150 mm vers l'intérieur. Leur face inférieure doit se trouver au minimum à 300 mm au-dessus du fond de la cuve.

3.4. CUVE

La cuve est soit de type cloche (partie active maintenue en fond de cuve), soit du type classique (partie active fixée au couvercle), à condition toutefois que la masse à décuver soit inférieure à 30 T. Elle doit être en tôle d'acier à joints soudés ; l'emploi de la fonte est interdit. Les éléments éventuellement boulonnés doivent comporter des shunts électriques.

La cuve doit porter de façon lisible le numéro d'identification du transformateur

Elle doit supporter sans déformation permanente un vide interne (≤ 1 mbar) pour le traitement de l'huile et une pression statique relative correspondant à la hauteur de l'axe du conservateur d'huile par rapport au plan de pose de l'appareil.

La cuve doit assurer le calage de la partie active de manière à éviter tout déplacement de cette dernière en cas de choc pendant les opérations de manutention et de transport de l'appareil (en particulier pour le transport maritime).

La cuve, les vannes et tous les joints doivent être parfaitement hermétiques à l'air, l'eau et l'huile jusqu'à une température de 120°C, ces joints seront conçus de tel façon, que leur remplacement ne s'impose pas en dehors des décuverges des transformateurs et des démontages des bornes et des tuyauteries.

Des précautions doivent être prises pour assurer l'évacuation de l'eau de pluie ou éventuellement de l'huile de fuite dans les ceintures de renforcement de la cuve et sur le couvercle et les piétements des traversées doivent être conçus pour assurer l'arrivée au relais Buchholz du gaz pouvant éventuellement être produit dans la cuve.

Le remplacement de l'ensemble complet du chargeur de prises en charge doit être réalisé après une vidange partielle de l'huile ne découvrant pas la partie active du transformateur

La cuve du transformateur doit être munie :

- De pattes permettant le lavage de l'appareil complet plein d'huile ; les charges supportées par ces pattes doivent être équilibrées
- Des pattes ; crochets, tourillons ou anneaux permettant la manutention de la partie à soulever avec un dispositif de guidage pour faciliter le décuverge ou la mise en place de la cloche.
- De deux points d'ancrage de câbles de halage sur chaque face, en partie inférieure de la cuve, permettant la traction de l'appareil dans les deux directions prévues
- De deux points d'arrimage sur chaque face pour le transport disposés de façon à ce que aucun obstacle ne se trouve sur le trajet des câbles de fixation ; de préférence, les points d'arrimage sur les grandes faces doivent être situés dans le tiers supérieur de la cuve tandis que ceux des petites faces doivent être dans le tiers inférieur ; toutefois, d'autres emplacements peuvent être proposés par le constructeur lorsque les transformateurs sont transportés entièrement équipés
- De consoles éventuelles pour le transport
- D'une borne de mise à la terre en cuivre à la partie inférieure de la cuve, de dimensions 60mm x 60mm d'épaisseur au moins égale à 5 mm, et percée d'un trou de diamètre 14 mm ; la borne de mise à la terre doit être identifiée
- A proximité de la borne de mise à la terre précédemment définie, d'un support permettant la fixation d'un transformateur de courant de type tore, de protection masse-cuve tel que ce dernier soit électriquement isolé de la cuve et que l'axe du tore soit vertical
- De support de fixation pour les transformateurs de courant de traversées
- De deux, trois ou quatre doigts de gant, disposés à la partie supérieure de la cuve (couvercle) et destinés à :
 - La sonde du thermostat de mise en route du deuxième stade de la réfrigération, uniquement dans le cas d'aéroréfrigérants (voir paragraphe 170.13)
 - La sonde du thermostat « alarme » (voir paragraphe 170.13)
 - La sonde thermique associée à l'image thermique avec contrôle de température lorsqu'elle est prévue dans le chapitre STP
 - Une réserve à l'usage ; ce doigt de gant doit être muni d'un bouchon d'obturation
- Sur chaque tubulure allant de la cuve du transformateur vers les aéroréfrigérant, d'un doigt de gant.

- De deux vannes de traitement d'huile, de diamètre 40mm avec raccord système Guillemin ; ces deux vannes sont disposées respectivement en haut et en bas de la cuve, de manière à permettre le traitement du transformateur dans les meilleures conditions
- D'une vanne de vidange avec raccord système Guillemin, de diamètre 40mm, qui doit permettre éventuellement la vanne inférieure de traitement indiquée ci-dessus
- D'un robinet de prise d'échantillon d'huile, ce robinet pouvant être combiné avec la vanne de vidange indiquée ci – dessus.

Note d'applicable aux vannes :

L'emploi de la fonte n'est pas admis pour la construction des vannes. Les positions d'ouverture et de fermeture, ainsi que le sens des manœuvres correspondant de toutes les vannes doivent être parfaitement repérées. De plus une plaque rappelle la position normale en service, soit « ouverture en service », soit « fermée en service » à proximité de chaque vanne. Pour les vannes manœuvrables par volant de diamètre inférieur à 90 mm qui ne comporteraient pas d'indicateur de position, la notice de montage doit préciser le nombre de tours nécessaires pour obtenir à partir de la position opposée l'ouverture ou la fermeture complète ce nombre de tours est rappelé par une plaque gravée fixée à la vanne elle- même.

- A la partie la plus basse de la cuve, d'un orifice de purge de faible section, fermé par un bouchon fileté ;
- D'une soupape de sûreté pour protection contre les surpressions internes, éjectant l'huile hors de la cuve en évitant les traversées et les armoires de commande.

3.5. CIRCUIT MAGNETIQUE

Le type de circuit magnétique, à flux libre ou à flux forcé, est laissé au choix du constructeur, sauf spécification contraire dans le chapitre STP.

Le circuit magnétique est constitué de tôles au silicium à cristaux orientés de faible épaisseur à pertes réduites et choisie dans les qualités prévues à la norme NF C 28-290 ou équivalent. Elles doivent être isolées sur les deux faces avec une isolation minérale parfaitement adhérente de type « carlite ». Le type de tôle doit être soumis à l'accord du maître d'ouvrage, en précisant la norme à laquelle il fait référence.

Le circuit doit offrir toutes garanties d'inaltérabilité avec le temps et de résistance à l'action de la chaleur, de l'huile et de vibrations propres. Le maintien des tôles et le calage du circuit magnétique doivent être prévus pour diminuer au maximum le bruit à sa source et éviter sa propagation.

Les connexions de mise à la terre du circuit magnétique doivent être largement dimensionnées, soigneusement réalisées et reliées à une borne de terre à laquelle sont raccordées les autres parties métalliques qui doivent également être mises à la terre. Cette borne de terre doit être accessible après simple décufrage sans démontage, ou par une vidange partielle de l'huile.

3.6. ENROULEMENTS - CARTONS ISOLANTS

3.6.1. Enroulements.

Les conducteurs des enroulements doivent être en cuivre.

Les contrôles effectués sur les fils de bobinage lors des opérations d'approvisionnement et /ou de fabrication doivent être conformes aux normes internationale à laquelle ils se rapportent et qui doit être précisée par le constructeur dans le paragraphe « Identification du matériel » du dossier technique.

Les enroulements doivent être conçus et construits pour résister sans dommage, quelle que soit la prise de réglage utilisée, aux effets de court-circuit survenant sur les réseaux auxquels les

transformateurs sont raccordés. Pour les mêmes raisons les connexions allant aux bornes et au régleur doivent être parfaitement maintenues.

Toutes dispositions doivent être prises pour conserver dans le temps un effort de serrage sur les enroulements, tel que leur tassement éventuel ne compromette pas leur tenue au court - circuit.

3.6.2. Cartons Isolants

Les cartons isolants doivent être conformes aux normes françaises de classe C en vigueur (ou équivalente).

3.7. HUILE ISOLANTE

L'huile isolante doit être une huile minérale non inhibée, conforme à la CEI 60296-Annexe A, et dispositions légales.

L'huile d'imprégnation et l'huile de remplissage sont à la charge du constructeur, de même que le traitement éventuellement nécessaire pour éliminer toute humidité prise en cours de stockage ou de transport.

3.8. TRAVERSEES HUILE/SF6 - TRANSFORMATEURS DE COURANT

3.8.1. Traversées Huile/SF6

Les traversées de tension assignée égale ou supérieure à 1000V doivent répondre à la publication CEI 137. De plus, le niveau de décharges partielles des traversées, mesuré selon la publication 270 de la CEI, ne doit pas, pour les traversées de tension assignée égale ou supérieure à 52 KV, dépasser 10 pC à 1, 5 UN /V3, UN étant la tension assignée de la traversée.

Elles doivent être conçues et maintenues en place de façon à résister aux contraintes mécaniques résultant des efforts statiques et dynamiques auxquelles elles sont soumises, notamment aux forces électrodynamiques agissant sur les conducteurs en cas de court-circuit.

Elles doivent également être facilement remplaçables sans qu'il soit nécessaire de soulever le couvercle de la cuve du transformateur. Pour ces opérations, il n'est admis qu'une vidange d'huile très réduite ne découvrant pas la partie active du transformateur. En particulier, dans le cas de traversées raccordées en partie inférieure au câble de liaison au bobinage, des accès doivent être prévus à cet effet.

Ces traversées doivent pouvoir supporter, sans endommagement thermique ni réduction de la tenue diélectrique, les conditions de surcharge définies au paragraphe 171.4 (b) du chapitre STG partie 1, complétées par les surcharges spécifiées dans le chapitre STP propre à chaque type d'appareil.

Les enveloppes isolantes des traversées doivent satisfaire aux prescriptions fixées par les normes. Le niveau de pollution des traversées est de niveau III définis dans la publication 815 de la CEI. La ligne de fuite minimale ainsi que les caractéristiques du profil des enveloppes sont celles données dans cette publication. Toutefois, un rapport entre ligne de fuite et distance dans l'air I/d compris entre 4 et 5 peut être accepté sur la base d'un dossier argumentaire fourni par le constructeur s'appuyant soit sur des références d'exploitation du matériel en réseau, soit sur des essais sous pollution artificielle réalisées selon la publication 507 de la CEI.

En plus des marques d'identification définies dans la norme, le niveau de pollution doit être mentionné sur la plaque de chaque traversée.

Le transport et le stockage de courte durée des traversées, placées dans leur emballage d'origine, doivent pouvoir s'effectuer à l'horizontale, sans risque pour l'imprégnation et sans fuite d'huile. Par ailleurs, si la partie intérieure destinée à être immergée dans l'huile du transformateur ne

comporte pas d'enveloppe hermétique, des dispositions doivent être prises pour la protéger de l'humidité, par exemple par un boîtier étanche rempli d'huile.

Pour toutes les traversées, un étiquetage informatif doit être prévu sur la tête si dispositions particulièrement sont nécessaires pour le stockage et la manutention.

Tout suintement entraînera le refus des traversées et obligatoirement le remplacement par le constructeur et cela même pendant la période de garantie.

NB : Prévoir la possibilité de raccorder une traversée Huile/Air au niveau de la borne 225kV du transformateur.

3.8.2. Transformateurs de Courant pour traversées Huile/SF6.

Ces transformateurs de courant, lorsqu'ils sont prévus dans les chapitres, doivent être installés de façon à avoir la face P2 tournée vers le transformateur ; les extrémités des enroulements secondaires de ces transformateurs doivent être ramenées sur le bornier « client » situé dans l'armoire des auxiliaires au moyen de conducteurs de section 6 mm^2 minimum.

A l'intérieur du boîtier du transformateur de courant pour la traversée, les extrémités 1S2, 2 S2, ... doivent être isolées entre elles et de la masse du boîtier, elle-même mise au potentiel de la cuve. Ces extrémités doivent être reliées à une borne de mise à la terre par l'intermédiaire d'une connexion très accessible et facilement démontable pour les contrôles périodiques, sur le bornier le plus proche des transformateurs de courant.

Pour permettre le montage de ces transformateurs de courant à la base de la partie extérieure des traversées sans avoir à les démonter, les traversées doivent avoir un diamètre maximal de l'enveloppe isolante inférieur au diamètre intérieur des transformateurs de courant. De plus, la hauteur disponible au-dessus de la bride de fixation doit être suffisante pour garantir un accès facile à la vis de purge et à la prise capacitive de la traversée, le transformateur de courant restant en place. Par ailleurs, le TC ne doit pas réduire la ligne de fuite de l'enveloppe isolante.

3.9. CHANGEURS DE PRISES

3.9.1. Changeurs de prises en charge

L'enroulement haute tension des transformateurs comporte un enroulement de réglage avec disposé sur chaque phase, côté neutre. Ces prises sont raccordées à un changeur de prises en charge conforme à la norme CEI 60214, manœuvrable électriquement sur place et à distance, et manuellement sur place.

Le compartiment du changeur de prises doit être indépendant de la cuve principale, ce compartiment doit comporter une soupape de sûreté.

Le changeur de prises en charge doit être du type rotatif et devra commuter suivant le principe Janssen, équipé d'interrupteurs sous vide pour être libre de maintenance jusqu'à 300 000 manœuvres. Cet intervalle étant indépendant des conditions et du temps de service.

Une vanne avec bouchon d'étanchéité autorisant le raccordement d'une tuyauterie souple doit être disposée sur le changeur de prises pour permettre la vidange partielle du compartiment du commutateur en cas de dépose.

3.9.2. Alimentation du changeur de prises en charge

Le moteur du changeur de prises en charge pourra être alimenté soit par une alimentation triphasée 230/400V avec neutre à la terre ou par une alimentation 230V monophasé. Toutefois, le choix de la tension du moteur du changeur sera précisé dans le chapitre STP.

Le choix de la tension continue pour la partie relayage de la commande du régleur sera précisé dans le chapitre STP. La tension 125V est la tension préférentielle. Toutefois, l'adaptation à une tension continue de 48 V doit s'effectuer par changement de relais embrochables.

3.9.3. Circuit de Commande du chargeur de prises en charge

Les ordres de commande sont donnés par l'émission d'une polarité positive « augmente » ou d'une polarité positive « diminue ». Ces ordres seront donnés soit en mode distance (bouton poussoir ou par un régulateur) soit en mode local par l'armoire (bouton poussoir)

Pour le passage d'un gradin de tension au gradin voisin, un seul ordre est donné même s'il est prévu de l'exécuter par le passage de plusieurs prises (positions répétées). L'ordre est enregistré par le dispositif de commande qui poursuit sa manœuvre jusqu'à exécution complète, que l'ordre soit maintenu ou non (auto - alimentation des ordres).

L'utilisation du dispositif de commande automatique de la tension nécessite trois boucles sèches :

- Une boucle fermée pendant une manœuvre. Cette boucle doit rester fermée depuis le moment où s'est produit l'auto-alimentation de la commande jusqu'à la fin de la manœuvre (y compris le passage des positions répétées s'il y a lieu).
- Deux boucles se fermant pour chacune des positions extrêmes (indépendantes des interrupteurs de fin de course utilisés dans le fonctionnement de la commande électrique elle-même).

La commande électrique doit être condamnée (coupure de deux phases d'alimentation du moteur) par la mise en place de la manivelle amovible servant à la commande manuelle locale.

La disparition momentanée de la tension d'alimentation de la commande du changeur de prises en charge lors d'une tentative de manœuvre ne doit pas empêcher la reprise ultérieure du fonctionnement normal de cette commande.

Le changeur de prise en charge doit être équipé d'un compteur de manœuvre.

3.9.4. Signalisation et protection de la commande du chargeur de prises en charge

La numération des positions de 1 à n est faite de telle sorte que la progression de 1 à n corresponde à une diminution du rapport de transformation.

La position de chaque prise du changeur de prises doit être disponible localement ainsi sur le bornier " client " de l'armoire des auxiliaires (une signalisation pour chaque dizaine et une pour chaque unité afin d'être traitée numériquement).

Toutes les protections internes nécessaires au bon fonctionnement du changeur de prises en charges doivent être prévues par le constructeur.

3.9.5. Protection du chargeur de prises en charge

Un relais de contrôle surveillant le flux d'huile doit être installé entre le commutateur du changeur de prises et son volume d'expansion. Ce relais doit être encadré par deux vannes d'isolement, la vanne amont étant étanche, du type opercule par exemple.

Le contact de ce relais doit être mis à disposition sur le " client " de l'armoire des auxiliaires.

3.9.6. Protection des personnes

Une protection contre les contacts accidentels avec les pièces en mouvement du mécanisme de commande doit être mise en place.

3.10. CONSERVATEUR D'HUILE

Le conservateur doit pouvoir être directement monté sur la cuve. Il comprend une cellule d'air en caoutchouc synthétique résistant à l'action de l'huile chaude.

Il doit être équipé d'un indicateur de niveau d'huile lisible depuis le sol. Cet indicateur doit préciser le niveau normal pour une température moyenne de l'huile 0 °C et 20 °C. L'indicateur doit être à

déviations magnétiques et doit comporter un contact de signalisation " niveau bas " ramené à l'armoire des auxiliaires.

Le volume contrôlé par l'indicateur de niveau du conservateur doit être tel que les indications min. et max. ne soient pas atteintes lorsque la température de l'huile du transformateur se trouve à des températures comprises entre 0 °C et la valeur maximum de l'échauffement de l'huile.

Le conservateur doit comporter une tubulure de vidange avec une vanne accessible à partir du sol. Il doit communiquer avec l'atmosphère par l'intermédiaire d'un assécheur d'air libre d'entretien. L'orifice de remplissage de l'assécheur doit être situé à environ 1,30m du niveau zéro du poste. Un dispositif (joint d'huile, clapet) doit éviter le contact permanent du produit absorbant avec l'air ambiant.

A la partie supérieure du conservateur est ménagé un office de remplissage, fermé par un joint boulonné sur une bride, avec une vanne et interposition d'un filtre pour raccorder à une pompe à vide pendant les opérations de remplissage.

Afin que l'évacuation des gaz du commutateur des changeurs de prises en charge s'effectue sans pollution de l'huile du conservateur, celui-ci doit comporter un compartiment distinct, un relais de protection étant placé sur la tuyauterie reliant ce compartiment et l'enceinte du commutateur. Ce compartiment spécialisé :

- Peut communiquer avec l'huile du conservateur principal que par liaison avec interposition d'un filtre et vanne by-pass.
- Peut communiquer avec l'atmosphère qu'au travers un autre assécheur d'air ramené à hauteur d'homme.
- Doit comporter un indicateur de niveau lisible depuis le sol et doit comporter également un contact de signalisation " niveau bas " ramené à l'armoire des auxiliaires.
- Doit comporter une tubulure de vidange avec une vanne accessible à partir du sol.

Caractéristiques de l'Assécheur d'air libre d'entretien :

- L'assécheur libre d'entretien doit être monté sur le conservateur du transformateur et du régleur en charge. L'humidité doit être contrôlée par un capteur d'humidité interne. Le boîtier de l'appareil, la bride de montage, l'unité de commande et les fixations doivent être fabriqués en aluminium anodisé ou en acier inoxydable. L'unité de commande doit être équipée d'une résistance chauffante.
- L'assécheur d'air libre d'entretien doit être pourvu d'un relais défaut (indicateur de défaillance), de 3 LEDs pour indiquer l'état de fonctionnement (vert, jaune et rouge), d'un bouton de test pour l'autotest des fonctions.
- L'air entrant par le bas de l'assécheur doit être filtré à travers un filtre en acier inoxydable.
- Une ouverture de remplissage d'huile, fermée par un joint plein boulonné sur une bride.

3.11. RELAIS BUCHHOLZ - CLAPET AUTOMATIQUE

Sur la tuyauterie, entre cuve et conservateur, sont disposés, dans l'ordre :

- Un relais Buchholz à deux contacts, alarme et déclenchement, accessibles sur le bornier « client » dans l'armoire des auxiliaires. Ce relais doit être muni d'un dispositif de prélèvement de gaz et d'un dispositif de vidange de l'huile ; ces dispositifs sont ramenés à environ 1,50m du niveau zéro du poste.
- Un clapet automatique, avec un dispositif de réamorçage manuel ramené à environ 1,50m du niveau du poste, destiné à interdire la vidange du conservateur en cas de fuite importante sur la cuve.

Sur cette tuyauterie sont prévues des vannes permettant l'isolement et le retrait du Buchholz et du clapet automatique.

La vanne placée en amont des Buchholz et clapet automatique doit être étanche dans les conditions de service.

Le relais Buchholz doit être conforme à la norme NF C 52-108 (ou équivalente). Les contacts devront répondre aux prescriptions suivantes :

- Les contacts doivent permettre l'alimentation permanente d'un circuit d'une consommation de 10 w sous une tension continue de 48 V ou 125 V (-20 % + 10 %). Ils sont capables d'assurer 1000 coupures et fermetures de ce circuit, dont la constante de temps est de 10 ms.
- Les contacts doivent pouvoir supporter sans détérioration, dans la position « circuit fermé », le passage d'un courant continu de 10 A pendant 30 ms.
- Les essais d'isolement doivent être effectués

Le relais ne doit pas fonctionner intempestivement suite à des vibrations mécaniques, aux échanges d'huile rapide et violent entre la cuve et le transformateur et aux champs électromagnétiques qui peuvent apparaître lors de défauts de court-circuit proches du transformateur (par exemple sur les jeux de barre HTA).

3.12. DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT

Le refroidissement des transformateurs peut être réalisé :

- Par circulation d'huile forcée et dirigée dans les enroulements et refroidie dans une batterie d'aéroréfrigérant avec circulation forcée d'air (ODAF) ;
- Naturelle d'huile refroidie dans des radiateurs avec circulation naturelle d'air naturel (ONAN). Par circulation d'huile forcée et dirigée dans les enroulements et refroidie dans un radiateur avec circulation naturelle d'air (ODAN) ;
- Par circulation naturelle d'huile refroidie dans des radiateurs avec circulation naturelle d'air naturel et/ ou forcée d'air en fonction du seuil de température de l'huile (ONAN/ONAF).

Le mode de refroidissement est indiqué dans le chapitre STP propre à chaque type d'appareil.

Les éléments du dispositif de refroidissement (aéroréfrigérant ou radiateurs) sont raccordés en haut et en bas de la cuve par des tuyauteries munies de vannes d'isolement solidaires de la cuve.

Lorsque le transformateur est transporté tout monté avec son dispositif de refroidissement, seules les vannes inférieures doivent être fermées.

Ces éléments sont généralement placés sur la grande face cotée « Haute Tension » du transformateur et doivent pouvoir être supportés par la cuve. En cas de disposition particulière, elle sera mentionnée dans le chapitre STP.

Les aéroréfrigérant et radiateurs doivent être parfaitement hermétiques (à l'air, l'eau et l'huile chaude) ainsi que les tuyauteries et joints, chaque élément démontable comportant un bouchon de dégazage et un bouchon de vidange.

Les raccordements doivent être faits préférentiellement par soudure ; toute autre disposition doit être soumise à l'accord du client.

3.12.1. Aéroréfrigérant

L'utilisation d'aéroréfrigérant pour refroidir le transformateur correspond à une circulation forcée d'air.

Un défaut d'isolement au niveau d'une motopompe ou d'une moto ventilateur ne doit pas provoquer un fonctionnement intempestif de la protection masse cuve du transformateur.

Lorsque la batterie d'aéroréfrigérant est isolée de la cuve, elle doit être munie d'une borne de mise à la terre en cuivre, de dimensions identiques à celle prévue pour la cuve.

3.12.2. Pompes et indicateurs de circulation d'huile

La circulation de l'huile dans chaque aéroréfrigérant est assurée par une pompe conforme à la norme NF C 52-121 (ou équivalente) et est contrôlée par un indicateur conforme à la norme NF C 52-122 (ou équivalente). L'emploi de la fonte n'est pas autorisé. La pompe doit permettre, en cas d'arrêt, la libre circulation de l'huile par thermosiphon.

La puissance des pompes de circulation d'huile doit être suffisante pour garantir leur démarrage et leur fonctionnement normal avec une température d'huile de -2°C.

3.12.3. Motoventilateurs

En vue de nettoyages ultérieurs des aéroréfrigérant à la lance, les moteurs des ventilateurs doivent répondre au degré de protection IP 55 défini dans la norme CEI 60529. Un degré de protection inférieur peut être admis pour les moteurs sous réserve que le constructeur propose, soit un dispositif de protection des moteurs pour ces opérations, soit d'autres procédés de nettoyage que la lance à eau.

3.12.4. Alimentation des moteurs et de la commande de la réfrigération

Les moteurs des pompes de circulation d'huile et des ventilateurs doivent pouvoir être alimentés en courant alternatif triphasé, soit de tension 400 V, soit de tension 230 V, moyennant une modification du couplage de leurs enroulements.

Une partie des circuits de commande de la réfrigération est alimentée sous tension continue 125 V ou 48 V, l'autre partie étant alimentée sous une tension alternative monophasée de 230 V.

Pour l'alimentation sous tension continue 48 V ou 125 V, l'adaptation doit s'effectuer par changement de relais embrochables ;

3.12.5. Commande de la réfrigération

La mise en route de l'ensemble de la réfrigération doit pouvoir être effectuée, soit automatiquement, soit manuellement au moyen d'un commutateur « réfrigération » à deux positions seulement (il ne doit pas y avoir de position « arrêt ») repérées « Manuel » et « Automatique ». Ce commutateur est situé dans l'armoire des auxiliaires.

La mise en route du premier stade de réfrigération (voir définition ci-après) est asservie à la réception d'une polarité positive.

Dans le cas de commande automatique, cette polarité est émise à la fermeture du disjoncteur alimentant le transformateur. En fonctionnement manuel, cette polarité est imposée par le commutateur.

En cas d'interruption de la tension alternative auxiliaire ou de disparition de la tension continue de commande, une interruption momentanée de fonctionnement de la réfrigération est admise. L'équipement doit revenir au repos et reprendre le service lors du retour de la tension.

3.12.6. Prescriptions concernant la mise en route de la réfrigération

La mise en route des moteurs utilisés pour la réfrigération, doit être échelonnée dans le temps de façon à ce que la pointe de courant à un instant quelconque du démarrage ne dépasse pas 150 A, en particulier dans les cas suivants :

- à la mise sous tension du transformateur, lorsque sa température est telle que tous les stades de réfrigération doivent être en service ;
- à la remise sous tension des moteurs consécutive au retour de la tension alternative auxiliaire ou de la tension continue après une interruption momentanée.

3.12.7. Définition des stades de la réfrigération ODAF

La réfrigération du transformateur par aéroréfrigérant comporte deux stades :

- Le premier stade, à la mise sous tension du transformateur, comprend le démarrage successif des moteurs de toutes les pompes de circulation d'huile et de la moitié des ventilateurs ($n/2$ ou $(n+1)/2$), répartis sur tous les aéroréfrigérant.
- Le deuxième stade, correspond au démarrage successif de la seconde moitié des moteurs de ventilateurs ; il est asservi au fonctionnement d'un thermostat réglé à une température ($\Delta\theta_0$) °C, correspondant à l'échauffement maximal de l'huile à la partie supérieure pour une température ambiante de 10°C, déterminé à partir de l'essai défini dans la partie 2 du présent document. Ce stade doit pouvoir également être mis en service manuellement au moyen d'un commutateur à deux positions (sans position "arrêt ") repérées " Manuel " et " Thermostat " situé dans l'armoire des auxiliaires.

3.12.8. Définition des stades de la réfrigération ONAF

La réfrigération du transformateur par aéroréfrigérant comporte deux stades :

- Le premier stade, à la mise sous tension du transformateur, comprend le démarrage successif de la moitié des ventilateurs ($n/2$ ou $(n+1)/2$), répartis sur tous les aéroréfrigérant.
- Le deuxième stade, correspond au démarrage successif de la seconde moitié des moteurs de ventilateurs ; il est asservi au fonctionnement d'un thermostat réglé à une température ($\Delta\theta_0$) °C, correspondant à l'échauffement maximal de l'huile à la partie supérieure pour une température ambiante de 10°C, déterminé à partir de l'essai défini dans la partie 2 du présent document. Ce stade doit pouvoir également être mis en service manuellement au moyen d'un commutateur à deux positions (sans position "arrêt ") repérées " Manuel " et " Thermostat " situé dans l'armoire des auxiliaires.

Notes :

Dans le cas d'appareils munis d'une protection de surcharge avec imagerie thermique et contrôle de température, toute la réfrigération doit pouvoir être mise en route par cette protection lorsque le courant dépasse la valeur assignée. Pour cela, une polarité émise par la protection est envoyée sur le bornier " client " situé dans l'armoire des auxiliaires.

3.12.9. Traitement des incidents de réfrigération

Tout relais ou contacteur excité en permanence doit occasionner une information "alarme " en cas d'avarie (position de ces contacts différente de la position en fonctionnement normal).

L'élaboration de cette information doit être temporisée de façon qu'il n'y ait, en aucun cas, de signalisation intempestive, même fugitive. Cette signalisation doit être intitulée " défaut réfrigération ".

Une défaillance unique au niveau de la commande de réfrigération (défaillance de composant, contact défectueux, défaut d'isolement, etc.) ne doit pas provoquer la perte de plus d'un aéroréfrigérant (une seule pompe et les ventilateurs associés).

En outre, une autre signalisation intitulée « arrêt total des pompes » doit être émise en cas d'apparition d'une avarie affectant l'ensemble des aéroréfrigérant, le transformateur étant en service (par exemple, disparition de l'alimentation auxiliaire alternative). Pour des raisons de sûreté, l'élaboration de cette information doit être temporisée d'environ une minute de façon à éviter des fonctionnements intempestifs lors des séquences de mise en route de la réfrigération.

Chaque moteur doit être protégé contre les surcharges ou coupures de phases par un discontacteur.

Des disjoncteurs doivent être installés pour la protection des circuits en amont des discontacteurs, ces derniers n'ayant pas un pouvoir de coupure suffisant par rapport à la puissance de court-circuit des sources d'alimentation auxiliaires. Un disjoncteur peut être commun à plusieurs discontacteurs ; toutefois, le déclenchement d'un disjoncteur ne doit pas se traduire par la perte de plus d'une pompe et des ventilateurs correspondant à un aéroréfrigérant. Dans le cas où le transformateur est équipé d'un aéroréfrigérant unique, seuls les ventilateurs doivent être protégés par un disjoncteur au niveau de l'armoire.

3.12.10. Radiateurs

L'utilisation de radiateurs pour refroidir le transformateur correspond à une circulation de l'huile, soit forcée et dirigée dans les enroulements, soit naturelle et à une circulation naturel de l'air.

Les radiateurs doivent être généralement supportés par la cuve du transformateur (sauf dispositions particulières indiquées dans le chapitre STP). L'acier utilisé pour les radiateurs doit être conforme à la classe 1 de la norme NF A 35-503 (ou équivalent), de façon à être apte à la galvanisation à chaud.

3.13. SYSTÈME DE SURVEILLANCE DE LA TEMPÉRATURE DES ENROULEMENTS - MESURE DIRECTE DE TEMPÉRATURE PAR FIBRE OPTIQUE

- La mesure des points chauds des bobinages et de la température supérieure de l'huile doit être effectuée avec une fibre optique directement en contact. Les capteurs à fibres optiques doivent être placés en contact direct avec l'isolation des conducteurs des enroulements. La technologie utilisée doit être éprouvée en arséniure de gallium (GaAs) et utiliser des fibres optiques en silice de 62,5 microns de diamètre protégées par des gaines de PTFE avec des fentes transversales dans la gaine extérieure pour permettre un remplissage complet de l'huile. Une gaine enveloppante en PTFE en spirale clairement visible (c'est-à-dire jaune) doit être utilisée comme enveloppe extérieure de la sonde pour une protection mécanique accrue et une visibilité optimale.
- Pour les transformateurs à enroulements concentriques et entretoises horizontales entre disques ou tours, les capteurs doivent être montés au centre de l'entretoise. Pour éviter les erreurs de lecture, le mouvement de l'huile autour de la tête du capteur ne doit pas être gêné par la manière dont la sonde est insérée dans le disque. L'embout de la sonde qui détecte la température doit être protégée par un disque circulaire en matériau Nomex qui est imbriqué dans la gaine extérieure de la sonde. Aucun époxy ne devrait être utilisé comme méthode principale de fixation de la sonde dans l'entretoise. Les sondes et les espaceurs utilisés sur l'extrémité des sondes doivent avoir été testés par un laboratoire de test reconnu conformément aux normes ASTM-D-3426 et ASTM D-149.
- Les sondes doivent pouvoir être complètement immergées dans l'huile de transformateur chaude et doivent résister à l'exposition aux vapeurs de kérosène chaudes au cours du processus de séchage d'isolation du transformateur (VPD). Les sondes doivent être installées conformément aux normes IEEE et / ou aux exigences de la norme IEC60076-2 Annexe E. En règle générale, les sondes sont installées dans des emplacements haute tension (HV), basse tension (BT) et huile de base. La pratique standard consiste à installer des sondes à deux endroits dans chaque phase des enroulements HT et deux endroits dans

chaque phase des enroulements BT, puis deux dans la région supérieure, à deux dans la région du coeur ou la région inférieure.

- La plage de température du système à fibres optiques doit aller jusqu'à + 225 ° C sans nécessiter d'étalonnage. Les sondes doivent être connectées à la plaque murale du réservoir avec un traversée de paroi à fibre optique industriel normalisé de type ST / PC pour éliminer tout risque de desserrement. Le système doit résister à une pression de 10 Bar (150 psi). La traversée de paroi doit être boulonnée sur le réservoir de manière à éviter toute fuite d'huile / pénétration d'humidité. Les traversées doivent être filetées sur les plaques murales en utilisant le filetage reconnu de type NPT de manière à éviter toute fuite d'huile / pénétration d'humidité. Les rallonges de fibres optiques externes doivent être connectées à la plaque à l'aide d'un connecteur à fibres optiques industriel normalisé de type ST / PC et acheminées vers une armoire de commande principale, acheminées dans des conduits appropriés avec des rayons de courbure adéquats.
- La précision totale du moniteur et de la sonde doit être de +/- 2 ° C. Le moniteur doit inclure une sortie analogique pour chaque canal de mesure. La résolution en température des sorties analogiques doit être de +/- 0,1 ° C.
- Toutes les entrées et sorties du moniteur doivent satisfaire aux exigences des tests de surtension selon IEEE C37.90.1-2002 dans lesquelles une surtension de 4000 V est appliquée à toutes les entrées et sorties sans endommager de façon permanente l'instrument.
- Le système doit permettre le diagnostic intégré du moniteur et des sondes. Le moniteur doit permettre la communication avec le système SCADA à l'aide du protocole Modbus ou de l'un des protocoles Ethernet suivants: Modbus TCP-IP, IEC 61850, IEC 60870-5-104 ou DNP3.0.
- Des connexions série locales doivent également être disponibles pour permettre la configuration à distance du moniteur. Le moniteur doit pouvoir conserver les données de température de la durée de vie du transformateur (au moins 30 ans) à raison d'une (1) lecture par minute par canal et doit conserver la température maximale de chaque canal jusqu'à la réinitialisation.
- Lors des essais d'élévation de température, les mesures doivent être effectuées avec les sondes à fibre optique. Le système doit être opérationnel durant des essais d'élévation de température et faire l'objet d'une démonstration lors de ces essais. Lors de la ces essais, les sondes les plus chaudes pour chaque phase doivent être identifiées et les données de température de toutes les sondes enregistrées et consignées dans le rapport d'essai.

3.14. SYSTÈME DE MONITORING TRANSFO

Afin de permettre au personnel exploitant de Redal d'anticiper sur les problèmes qui peuvent atteindre un transformateur de puissance, L'Entrepreneur devra prévoir la fourniture, l'installation et la mise en service d'un système de surveillance de chaque transformateur de puissance qui permet la surveillance en continue, ce système sera conforme à la dernière spécification ONEE :

- Des neuf (9) gaz dissouts,
- De l'humidité,

- De l'analyse des points chauds.

Toutes les informations recueillies seront remontées et enregistrées au PC de qualimétrie (PC industriel de dernière configuration matériel et logiciel).

Tous les équipements nécessaires (capteurs, pièces mécaniques, câbles, etc.) et les travaux relatifs pour assurer les fonctions précitées sont à la charge de l'Entrepreneur.

3.15. SYSTÈME DE TÉLÉCOMMANDE CENTRALISÉE

Le poste source RIAD est équipé actuellement d'un système de télécommande centralisée de marque Itron. Ce système permet la télécommande de l'allumage et de l'extinction de l'éclairage public dans la zone desservie par le poste source RIAD. Les signaux de télécommande à la fréquence d'émission 175 Hz sont injectés sur le réseau HTA par l'intermédiaire deux T.C d'injection 40 MVA branchés en série dans les liaisons entre les transformateurs T3 et le jeu de barres du poste

Le système de télécommande est composé des éléments suivants :

- Un générateur statique de 123 KVA.
- Un circuit Schunt résonnant de 1200 A.
- Une baie de commande.
- Deux commutateurs d'injection 40 MVA pour le T3.

- Des neuf (9) gaz dissouts,
- De l'humidité,
- De l'analyse des points chauds.

Toutes les informations recueillies seront remontées et enregistrées au PC de qualimétrie (PC industriel de dernière configuration matériel et logiciel).

Tous les équipements nécessaires (capteurs, pièces mécaniques, câbles, etc.) et les travaux relatifs pour assurer les fonctions précitées sont à la charge de l'Entrepreneur.

NB : Le système de détection des points chaud par fibre optique sera connecté au PC qualimétrie.

3.16. SYSTÈME DE TÉLÉCOMMANDE CENTRALISÉE

Le poste source RIAD est équipé actuellement d'un système de télécommande centralisée de marque Itron. Ce système permet la télécommande de l'allumage et de l'extinction de l'éclairage public dans la zone desservie par le poste source RIAD. Les signaux de télécommande à la fréquence d'émission 175 Hz sont injectés sur le réseau HTA par l'intermédiaire deux T.C d'injection 40 MVA branchés en série dans les liaisons entre les transformateurs T3 et le jeu de barres du poste

Le système de télécommande est composé des éléments suivants :

- Un générateur statique de 123 KVA .
- Un circuit Schunt résonnant de 1200 A .
- Une baie de commande.
- Deux commutateurs d'injection 40 MVA pour le T3.

Le passage d'un transformateur double secondaire 20kV à un transformateur simple secondaire, entraîne le changement des équipements suivants :

- Dépose des TC d'injection 40MVA avec leur commutateur.
- Fourniture et installation d'un TC d'injection 70MVA.
- Fourniture et installation d'un commutateur d'injection adapté au TC d'injection.

N.B. : Les équipements proposés seront :

- De marque ITRON ou équivalent et doivent être compatibles avec l'installation existante.
- Conformés à la spécification EDF HN 96-S-65 Décembre 1999.

3.17. ADAPTATION DE LA GRILLE 20KV POUR LE RACCORDEMENT AVEC UN TRANSFORMATEUR SIMPLE SECONDAIRE

Le transformateur existant étant doté de deux secondaires 20kV, soit deux grilles HTA, l'Entreprise réalisera les adaptations nécessaires pour lier les deux grilles à la sortie 20kV du nouveau transformateur, elle :

- Réalisera la liaison Transformateur de Puissance – Grille HTA en jeu de barre cuivre pouvant supporter un transit de régime normal de 2000A.
- étudiera la mise en place d'un dispositif permettant de limiter les contraintes mécaniques sur les traversées HTA du Transformateur.
- Le transformateur existant étant équipé de deux RPN récemment renouvelée par Redal, l'entreprise effectuera la dépose d'une RPN et le raccordement de la deuxième au neutre du transformateur.
- Installera une barre de terre en cuivre nu sur laquelle seront raccordés les écrans de câbles des liaisons HTA.

~~Fourniture d'un sectionneur de neutres 20kV, ainsi que l'adaptation de la charpente secondaire existante~~

3.18. RACCORDEMENT DU NEUTRE 225KV

Le neutre 225kV sera mise directement à la terre, cette prestation sera exécuté selon le CSTG ONEE révisé et comprendra, la fourniture, installation et mise en service, de ce qui suit :

- Un support isolateur 245kV, type C8-1050.
- La charpente support de l'isolateur y compris le massif.
- la connexion et raccords
- La mise à la terre au réseau de terre existant, y compris câble cuivre 147mm² et accessoires de terre.

Le massif de la charpente support sera exécuté en béton armé, dosé à 300 kg/m³, il sera conforme au chapitre 7 du CSTG révisé.

Il appartient à L'Entrepreneur de déterminer les dimensions par calcul en fonction des efforts de la superstructure qui s'y exercent et en fonction des caractéristiques du terrain. La méthode de calcul recommandée, est celle dite du "Réseau d'Etat".

Des gabarits sont à fournir pour pouvoir positionner, fixer et régler les tiges de scellement.

N.B : Le câble de terre ne doit jamais être noyé ou enrobé de béton. Des fourreaux en polyéthylène Ø 40 mm sont à prévoir obligatoirement pour la remontée du câble de terre vers les pieds des supports.

3.19. RACCORDEMENT DU NEUTRE 20KV

Le neutre 20kV sera mis à la terre à travers la résistance du neutre existante, cette prestation sera exécutée selon le CSTG ONEE révisé et comprendra, la fourniture, installation et mise en service, de ce qui suit :

- Un sectionneur de neutres 20kV,
- Adaptation de la charpente secondaire existante
- la connexion et raccords
- La mise à la terre au réseau de terre existant, y compris câble cuivre 147mm² et accessoires de terre.

3.20. ADAPTATION TRANCHE TRANSFORMATEUR 225/20KV EXISTANTE

Le poste RIAD est équipé d'un système contrôle commande de marque Seefox, la tranche BT sur châssis, l'entrepreneur procédera au :

- Raccordement des câbles BT, type HN33-Classe 2, au bornier de l'armoire des auxiliaires du transformateur émanant de la Tranche Transformateur 225/20 KV et toutes sujétions pour mise en service conformément au plan type « ONEE DTR/RE/CC-102 ».
- Fourniture d'un régulateur de tension de marque agréée ONEE
- Fourniture d'une protection différentielle transformateur simple secondaire de marque agréée ONEE.
- La fourniture d'un boîtier dédié pour la protection Max courant homopolaire à temps indépendant à deux seuils chacun (seuil haut et seuil bas), réglables en courant et en temporisation au niveau de l'arrivée 225kV.
- Intégration des relais de protection dans le système CCN existant en local et avec le BCC.
- Essais des protections de la tranche existante suite au changement des TC neutre et masse cuve.

3.21. ACCESSOIRES DIVERS

Outre les accessoires déjà cités, le transformateur doit comporter :

- Un transformateur de courant pour la protection masse cuve et dont le type est indiqué dans le chapitre STP ; les bornes du secondaire de ce transformateur de courant ne sont pas ramenées sur le bornier " client " de l'armoire des auxiliaires ;
- Un ou deux thermostats réglables installés dans une armoire ou un coffret placé sur la cuve du transformateur. La sonde doit pouvoir supporter une température de 115°C. Les températures de consigne des thermostats sont les suivantes :
 - mise en route du deuxième stade de la réfrigération, réglée à ($\Delta\theta_0$) °C, défini au paragraphe 12.1. 4.1 (uniquement dans le cas des aéroréfrigérants),
 - " alarme ", réglée à ($\Delta\theta_0 + 45$) °C ;
 - les bornes du contact du thermostat « alarme » doivent être ramenées sur le bornier « client » situé dans l'armoire des auxiliaires ;

- Une protection de surcharge à imagerie thermique et contrôle de température pour certains appareils (voir chapitre STP) ; pour cette protection, la fourniture du constructeur de transformateur se limite au câble de raccordement (4 x 1,5 mm² minimum) de la sonde thermique installée dans le doigt de gant et le bornier " client " situé dans l'armoire des auxiliaire ;
- Un dispositif de détection d'incendie équipant certains transformateurs (voir chapitre STP) destiné à actionner une signalisation " alarme incendie ", et dans quelques cas particuliers, à provoquer le fonctionnement d'une protection incendie.

Les détecteurs doivent être équipés d'un interrupteur à deux contacts qui établissent respectivement les polarités + et - afin d'éviter un fonctionnement intempestif. Tous les détecteurs doivent être câblés en parallèle. En l'absence de sollicitation, les contacts des détecteurs doivent être maintenus ouverts, " l'alarme incendie " étant obtenue par fermeture des circuits.

La température de fonctionnement des détecteurs : 120 °C à 150 °C.

Les agents corrosifs d'une atmosphère " semi-industrielle " ne doivent pas pouvoir altérer, dans le temps, le fonctionnement des détecteurs ; c'est pourquoi les contacts de ceux-ci doivent être à l'abri de la condensation, de la poussière ainsi que les projections d'eau.

Sur le bornier " client " de l'armoire des auxiliaires, doit être prévu deux bornes pour chaque polarité.

Les câbles doivent cheminer sur les supports de câblage afin d'être protégés d'un éventuel foyer d'incendie.

Le nombre de détecteurs et leur implantation sont indiqués dans le chapitre STP. Les détecteurs doivent être disposés à environ 150 mm au-dessus du couvercle du transformateur, légèrement inclinés (20°) par rapport à l'horizontale, la partie détectrice tournée vers l'extérieur du transformateur et pointant faiblement vers le haut.

3.22. PRINCIPES DE RÉALISATION DES CIRCUITS BASSE TENSION DES AUXILIAIRES

3.22.1. Principes généraux

Lorsque cela est nécessaire, le constructeur peut prévoir la répartition du matériel auxiliaire dans plusieurs armoires ou coffrets, le bornier « client » pouvant lui-même être réparti dans les différentes armoires.

L'armoire des auxiliaires doit être fixée sur la cuve du transformateur, cette armoire doit être placée le plus près possible du transformateur de courant masse cuve. Il en est de même pour l'armoire du changeur de prises.

La position de l'armoire doit être telle que son accès soit ramené à environ 1,50 m du niveau du sol.

Les bornes des circuits de contrôle, de commande et de signalisation doivent être munies d'alvéoles de 4 mm de diamètre.

Chaque borne de puissance doit être munie d'un capot de protection et d'un cloisonnement entre phases.

3.22.2. Caractéristiques des alimentations

En régime permanent, les tolérances des tensions assignées 48 V et 125 V sont de : -20 % + 10 %. Valeurs nominales du courant de court-circuit aux bornes de l'équipement :

- en 48 V : 200 A/25 ms et 100 A/1 s ;
- en 125 V : 1000 A/25 ms et 100 A/1 s ;

Les caractéristiques de l'alimentation à courant alternatif correspondent à celles des auxiliaires poste avec les précisions suivantes :

- Tension alternative triphasée : 400 V ou 230 V pour les moteurs ;
- Tension alternative monophasée : 230 V (selon la tension du réseau triphasé, cette tension est prise entre phases ou entre phase et neutre).

En régime permanent, les tolérances des tensions assignées 230 V et 400 V sont de : - 20% + 10%.

3.22.3. Influence électrique

En 48 V continu, le matériel du constructeur ne doit pas dépasser un transit permanent de 0,4 A pour chaque circuit de commande.

Le matériel du constructeur ne doit pas imposer, pour le matériel extérieur à sa fourniture, un pouvoir de fermeture supérieur à 30 A en 48 V = ou 12A en 125V et un pouvoir d'ouverture supérieur à 1, 5A en 48V ou 0, 5A sous 125 V.

3.22.4. 170.14.4 Armoires, coffrets

Conception mécanique

Les armoires et coffrets sont réalisés avec des enveloppes métalliques assurant un blindage efficace contre les parasites radioélectriques. Dans le cas où ces enveloppes seraient réalisées avec des matériaux non métalliques, celles-ci doivent être armées de façon à assurer un blindage efficace.

L'armature doit elle - même être raccordée à la prise de terre. Les formes sont étudiées pour qu'aucune stagnation d'eau de pluie ne soit possible (par exemple couvercle en pente ou en pointe de diamant).

Les serrures sont proscrites. Le cadénassage n'est pas demandé. Aucun outillage ne doit être nécessaire pour la fermeture ou l'ouverture des portes. Les portes doivent pouvoir s'ouvrir à 120° au minimum et être bloquées en position ouverte.

Les entrées de câble doivent se faire à l'aide de presse-étoupe par la face inférieure. A cet effet, les fonds des armoires comportent une ou plusieurs plaques amovibles métalliques inoxydables dans la masse, qui sont percées au moment du montage, compte tenu des presse-étoupe à y fixer.

Conditions climatiques

Le constructeur doit prendre toutes dispositions pour que, lorsque la température extérieure à l'armoire de commande se trouve dans les domaines indiqués ci-après, ces composants basse tension soient dans les domaines de température prévus par leur norme propre, même lors d'une coupure des circuits de chauffage de l'armoire ne dépassant pas deux heures.

Conditions de température :

- Domaine nominal de fonctionnement : -8°C à + 50°C ;
- Stockage : -25°C à + 50°C.

L'humidité relative peut atteindre 100 % pour la température de + 25 °C dans chacun des deux domaines de température définis ci-dessus.

Protection des enveloppes

Le degré de protection retenu pour les enveloppes des coffrets et armoires est : IP 43 conformément à la norme NF EN 60529, et choc de 6 joules.

Des garnitures d'étanchéité doivent être ajoutées au niveau des portes des armoires et coffrets.

Toutes les pièces extérieures en matériaux ferreux non inoxydables dans la masse, sont galvanisées à chaud avec une épaisseur minimale de zinc de 70 µm (équivalent à 500 g/m²). L'exécution de la galvanisation doit être conforme aux normes ISO.

Les pièces ne pouvant pas être galvanisées à chaud de part leurs caractéristiques dimensionnelles doivent être métallisées au zinc et peintes.

Par ailleurs :

- La boulonnerie $\varnothing > 10$ mm en matériaux ferreux non inoxydables dans la masse doit être galvanisée à chaud avec une épaisseur minimale de 50 μm ;
- La boulonnerie $\varnothing \leq 10$ mm est en matériaux inoxydables dans la masse.

Toutes les précautions doivent être prises pour que les matériaux en contact ne donnent pas lieu à des corrosions électrolytiques inacceptables (limite théorique du couple galvanique : 300 mv).

Ventilation et éclairage

Une ventilation efficace de l'intérieur des armoires et coffrets doit être assurée par des ouvertures hautes et basses, convenablement grillagées et de surface suffisante.

Pour les armoires et coffrets contenant de l'appareillage, la ventilation est complétée par un dispositif de chauffage qui comprend obligatoirement un dispositif de chauffage « anticondensation » de faible consommation, alimenté en permanence appareil en marche ou non, été comme hiver, connecté aux auxiliaires, sans interrupteur et sans fusible.

Dans les armoires contenant des organes de manœuvre, il doit être prévu un dispositif d'éclairage commandé par un contact de porte. Il est alors demandé d'équiper le circuit d'éclairage de douille à vis de type E27.

3.22.5. Câbles de raccordement et filerie

Les câbles assurant les liaisons entre armoires ou coffrets et l'appareillage auxiliaire sur le transformateur doivent être fixés sur des chemins de câbles prévus sur la cuve des appareils.

Ces câbles doivent être blindés pour les appareils dont l'enroulement haut tension est raccordé au 225 KV.

Dans le cas d'appareils dont l'enroulement haut tension est raccordé au réseau 90 KV ou 63 KV, ces liaisons sont réalisées par des câbles non blindés constitués d'une âme en cuivre d'au moins 7 brins isolé d'une gaine en polychlorure de vinyle (PVC) ou en polyéthylène réticulé (PR),

La filerie des circuits d'alimentation des moteurs est dimensionnée par le constructeur en fonction de l'utilisation prévue, selon les prescriptions de la norme NF C 15-100 (ou équivalent).

Ces câbles doivent être repérés distinctement par une étiquette inamovible. Ce repérage doit figurer également sur les schémas développés.

3.22.6. Eléments de connectique

Les dispositifs de raccordement ne doivent pas être montés sur des panneaux mobiles. Pour permettre l'épanouissement des câbles, la partie inférieure des bornes de raccordement doit être placée à une distance minimale de 15 cm des entrées de câbles.

Les bornes de raccordement de la filerie sont toutes repérées, et, affectées d'un numéro.

Les borniers sont constitués par des bornes au pas minimum de 8 mm.

Le bornier " client " doit comprendre deux parties distinctes :

- Un ensemble pour les polarités de puissance (alternatif ou continu) ;
- Un ensemble pour les polarités de contrôle commande.

Afin de permettre l'alimentation en feston des matériels équipant une travée, il est prévu sur le bornier " raccordement client " des bornes doubles ou triples.

La filerie doit être réalisée en conducteurs à âme câblée cuivre d'au moins 7 brins. La section des conducteurs doit être déterminée de façon à permettre un fonctionnement correct en 125 V ou 48V courant continu et 400/230 V en courant alternatif. Elle ne doit pas être inférieure à 1,5 mm².

Pour se protéger des phénomènes d'induction, le câblage des circuits à courant alternatif et celui des circuits à courant continu sont physiquement séparés. La disposition des borniers ou connecteurs de raccordement doit tenir compte de cette séparation. Les circuits de commande et de signalisation ne devront comporter aucun point commun.

La filerie interne est repérée par étiquettes ou manchons inamovibles.

La connexion par vissage et normalement utilisée dans les équipements basse tension du matériel haut tension. Tout autre système de connexion est soumis à l'accord préalable du maître d'ouvrage.

3.22.7. Règles concernant les relais, contacteurs et interrupteurs

L'utilisation de résistance d'économie ou dispositif analogue d'insertion est prohibée.

Dans le cas des équipements 48 V, toutes les informations issues des armoires de commande et de contrôle doivent être données par la manœuvre de contacts de relais avec un courant minimal de ces circuits 10 mA.

Dans le domaine nominal de la tension d'alimentation et de la température ambiante, la dispersion du temps de fonctionnement des relais temporisés ne doit pas excéder $\pm 15\%$ du temps de fonctionnement nominal. Les relais temporisés doivent répondre aux normes internationales en vigueur.

3.22.8. Mise à la terre

Protection contre les surtensions à haute fréquence

De façon à protéger le matériel auxiliaire contre les surtensions à haute fréquence qui peuvent apparaître lors de manœuvre, la gaine des câbles de liaison, lorsque ces derniers sont blindés, doit être mise à chaque extrémité à la masse de l'élément raccordé. Toutes précautions doivent être prises pour que la mise à la masse des gaines ne modifie pas l'isolement de la cuve.

Mise à la terre des armoires, coffrets et moto réducteurs des matériels à haute tension

La prise de terre extérieure est constituée par une patte sur champ, de 40 mm x 40 mm et de 4 mm d'épaisseur, percée en son centre d'un trou de diamètre 14 mm. La prise de terre est de préférence en cuivre, sa boulonnerie (boulon, écrou, contre-écrou, rondelles) est en bronze.

Toutes les précautions doivent être prises pour éviter les phénomènes de corrosion intermétalliques avec les éléments constituant l'armoire.

Le symbole correspondant à la mise à la terre est placé latéralement.

Aucune partie amovible de l'enveloppe ne doit pouvoir, lorsqu'elle est en place, se trouver isolée de la partie sur laquelle la prise de terre est connectée ; des connections équipotentielles entre armoires et portes assurent cette fonction. La section de ces connexions est de 25 mm² cuivre.

Pour la mise à la terre des écrans des câbles basse tension dans les armoires, coffrets et moto réducteurs, on doit réaliser une connexion massive aussi courte que possible entre les gaines de cuivre des câbles basse tension et le collecteur de terre interne à l'armoire.

Sauvegarde de la protection de cuve

Le constructeur doit prendre toutes les dispositions nécessaires afin de ne pas court-circuiter la protection de cuve du transformateur par la gaine des câbles des organes auxiliaires au potentiel de la cuve. Toutes les liaisons externes aux armoires destinées à assurer une mise au potentiel de la terre ou de la cuve doivent être réalisées par un conducteur de cuivre isolé de section minimale 70 mm².

Les câbles partant d'un coffret ou d'une armoire au potentiel de la cuve vers le bâtiment de relaying (ou éventuellement vers l'armoire des auxiliaires) doivent traverser le transformateur de courant type tore de masse cuve dans le même sens que le conducteur de mise à la terre locale de



la cuve du transformateur. De même, les câbles venant du bâtiment de relaying vers un coffret ou une armoire au potentiel de la cuve doivent traverser le tore de masse cuve dans le sens inverse que le conducteur de mise à la terre locale de la cuve.

Les écrans de ces câbles doivent être raccordés à une portion particulière de la barre commune de terre facilement isolable. Cette disposition est destinée à permettre la vérification de l'isolement de la cuve par rapport à la terre.

Les constructeurs qui souhaitent adopter le principe du " tout à la cuve " c'est-à-dire fixer toutes les armoires et coffrets au potentiel de la cuve et passer tous les câbles par le tore de cuve doivent au préalable avoir reçu l'accord du maître d'ouvrage.

3.22.9. Principes généraux d'établissement des schémas

Les schémas doivent être réalisés en représentation " développées " des circuits des auxiliaires suivant les normes CEI 113-1 à 113-6, en folios au format A3. Le graphisme doit être conforme aux normes CEI 617-1 617-13.

Il est admis que, pour un même appareil, la totalité des auxiliaires fasse l'objet de plusieurs schémas distincts ; les protections éventuelles inhérentes à la présence du changeur de prises doivent cependant être représentées sur le même schéma que les protections du transformateur proprement dit.

En règle générale, les appareils sont repérés conformément au schéma développé, par un symbole littéral fixé sur chaque appareil et répété éventuellement sur le capot de protection, lorsque celui-ci empêche la lecture de l'indication portée sur l'appareil lui-même ;

3.23. PROTECTION CONTRE LA CORROSION

La protection contre la corrosion des transformateurs doit satisfaire aux conditions définies ci-dessous.

3.23.1. Protection des appareils par peinture

Les systèmes de protection par revêtement de peinture (ou produit assimilé) appliqués aux appareils doivent être réalisés avec des matériaux et selon des procédés d'application permettant de constituer, dans les conditions de service où ils trouvent placés, un revêtement efficace et durable de ces appareils.

Le constructeur doit réaliser un système de protection multicouche dont la constitution (définition des épaisseurs notamment) doit être soumise au maître d'ouvrage pour avis.

Le constructeur devra présenter une évaluation des performances de son système de peinture selon des essais d'évaluation similaires à ceux présentés dans le tableau suivant :

	Norme(s) référence	de	Critère d'acceptation	Observations
Adhérence	ISO 4624		≥ 2 MPa	Ø pastilles = 20 mm résultat réalisé sur la moyenne des différentes valeurs.
Brouillard salin	NFX 41-002 (ou équivalent)	(ou	Cliché Ri1 de la norme ISO 4628/3 (NFT 30071)	Exposition 1000 heures

Vieillessement artificiel	NFT 30-049 (ou équivalent)	Idem brouillard salin	50 cycles
Résistance à l'abrasion	ASTM D 968	Quantité de sable pour user le revêtement > 75 litres	-

Ce système doit comporter au moins :

- au contact de la surface, une couche de " primaire " approprié à la nature du subjectile ;
- au contact du milieu ambiant une couche de finition appropriée à la nature de milieu.

Les surfaces à recouvrir doivent être mises en état par le procédé de nettoyage, mécanique ou chimique, le plus valable, au choix du constructeur.

Les surfaces préparées doivent être recouvertes du système de protection retenu et traitées avec le même soin quelles que soient leur forme, leurs dimensions et leur position dans l'ensemble du matériel considéré (par exemple ailettes de radiateurs de transformateur).

Lorsque l'appareil nécessite des opérations de montage sur le site, le constructeur doit exécuter toutes les retouches nécessaires du revêtement après installation de l'appareil à destination, afin que celui-ci satisfasse aux conditions de réception et de garantie.

Les diverses couches appliquées doivent être de teintes différentes, la teinte de la dernière couche sera soumise à l'approbation du maître d'ouvrage.

La durée du revêtement est garantie par le constructeur pour une durée de 6 ans ; elle vise à lui assurer la protection, en atmosphère polluée, de tout matériel sans distinction et indépendamment des conditions d'installation de ce matériel. A l'issue de la période de garanti, une constatation des éventuelles altérations sera effectuée par Redal en présence du constructeur.

Cette garantie est assortie à l'échelon de référence Ri2 dans la norme ISO 4628/3. Si des altérations sont constatées des travaux de réfection, limités aux zones altérées, peuvent être exigés par Redal Les dépenses afférentes à ces travaux incomberaient en totalité au fournisseur.

3.23.2. Protection de la boulonnerie et de la visserie

Les métaux employés pour la visserie et la boulonnerie doivent être stables et inaltérables par nature ou par suite du traitement. En particulier, les pièces en acier non inoxydable doivent être soigneusement protégées soit par galvanisation à chaud, shérardisation, thermonisation, cadmiage, etc... , étant entendu que le procédé adopté doit être tel que les pièces traitées satisfassent d'une part, à l'essai de type et d'autre part, aux contrôles de réception.

Cette protection doit être exécutée après usinage et d'une façon particulièrement soignée sur les parties filetées de manière qu'elles puissent être montées facilement et sans jeu ou avec un jeu très faible (cas de galvanisation) sur les parties taraudées elles-mêmes protégées.

Le constructeur doit définir nettement les modes de protection prévus, notamment par la désignation du procédé et l'épaisseur minimale du revêtement ou le poids du métal déposé par unité de surface.

Le constructeur devra justifier de l'exécution des essais de réception et des essais de type et du contrôle des caractéristiques du mode de revêtement, applicables à la protection contre la corrosion et la boulonnerie et de la visserie.

3.23.3. Protection des radiateurs

Tous les radiateurs doivent être galvanisés avec finition peinture conformément aux prescriptions ci-après.

Galvanisation des radiateurs

Les radiateurs doivent, au préalable, être présentés par les fabricants au galvanisateur pour s'assurer de la faisabilité de la galvanisation.

Les radiateurs à galvaniser doit être fermés de manière étanche. Leur surface doit ensuite être préparée comme indiqué dans l'annexe II de la norme UTE C 66-400 (ou équivalente).

La galvanisation est exécutée à chaud en atelier, l'immersion des radiateurs dans le bain doit être totale. Les spécifications à respecter, les caractéristiques du bain et du revêtement obtenu sont conformes aux normes UTE C 66-400, NF A 91-121 et NF A 91-122.

Peinture des radiateurs après galvanisation

La peinture doit répondre aux conditions fixées ci-après. De plus les règles suivantes sont à respecter :

- Il y a lieu de veiller à la compatibilité entre couches de métal d'apport et de peinture, ainsi qu'entre les différentes couches de peinture.
- L'apposition de peinture doit se faire après traitement préliminaire de la surface galvanisée. Le constructeur doit justifier du respect des temps d'attente entre les différentes phases de traitement.
- L'attention est attirée sur le fait que cette préparation de surface conditionne en grande partie la tenue du revêtement, qui fait l'objet des clauses de garantie définies au paragraphe 15.3.4 ci-après.
- Le stockage hors humidité, effectué entre ces deux opérations (galvanisation et peinture) doit permettre d'éviter tout contact avec des solutions acides et toute exposition aux intempéries.
- La manutention et le transport des pièces ne peuvent se faire qu'après la durée optimale de séchage précisée sur les fiches techniques du fabricant de peinture, afin d'éviter toute détérioration de la peinture.
- Le choix du système de peinture doit être soumis à l'approbation du maître d'ouvrage;

Contrôles de la protection

Les contrôles au cours des opérations et sur les pièces terminées sont effectués conformément aux normes UTE C 66-400.

Les contrôles à effectuer concernant l'épaisseur de la couche de zinc, l'aspect du revêtement de zinc et l'épaisseur des couches de peinture.

Les pièces traitées étant volumineuses, seuls ces contrôles peuvent être effectués comme précisé dans la norme UTE C 66-400.

La mesure de l'épaisseur du revêtement se fait, en principe, par la méthode électromagnétique après tarage de l'appareil. L'épaisseur de la couche de zinc doit être, au minimum, de 56 µm.

Le revêtement doit être continu, uniforme et dépourvu de tout ce qui peut nuire à l'emploi prévu de la pièce.

La mesure de l'épaisseur des couches de peinture se fait de la même façon que la mesure de l'épaisseur de zinc ; elle doit être effectuée sur chaque couche, après respect du temps de séchage de chaque couche et avant l'application de la suivante.

Garantie

La durée du revêtement de peinture des radiateurs doit être garantie par le constructeur pour une durée de 6 ans ; elle vise à lui assurer la protection des radiateurs ainsi traités. La garantie est assujettie à l'échelon de référence des dégradations dénommé Ri 2 dans la norme ISO 4628/3.

3.24. LIMITES DE PRESTATIONS ET DE FOURNITURES

3.24.1. Limites de fournitures

Le constructeur s'engage à livrer le transformateur complet, en parfait ordre de marche. L'appareil comprendra tous les organes annexes nécessaires à leur bon fonctionnement, à la sécurité de conduite et à leur utilisation industrielle. En particulier, la fourniture du constructeur du transformateur comprend :

- Vidange et remplissage du SF6 ainsi que remplacement des joints toriques de la sortie du poste blindé pendant la phase de mise en service du transformateur et toute autre sujétion nécessaire ;
- La cuve contenant la partie active du transformateur munie de tous ses accessoires tels que robinets, vannes, bornes de mise à la terre, etc. . ainsi que le changeur de prises et l'huile de remplissage ;
- Les traversées huile/SF6 correspondant à chaque enroulement ;
- Le conservateur d'huile équipé de ses accessoires et des dispositifs d'accès ;
- Les matériels de protection telle que soupapes de sûreté, thermostats et relais Buchholz ;
- L'isolant interposé entre cuve et chapes à galets ou surfaces de repos dans le cas d'une installation sur longrines ;
- Les 4 galets de roulement isolés avec un dispositif permettant l'immobilisation de l'appareil sur la voie de repos ;
- Le système de refroidissement, y compris les motos ventilateurs pour les appareils munis d'aéroréfrigérant ;
- L'appareillage de mesure de la température réglé à " température alarme " et " température danger " et réglé pour la mise en route automatique de la réfrigération ainsi que l'appareillage de signalisation de défaut de cette réfrigération, pour les appareils munis d'aéroréfrigérant ;
- Les coffrets et armoires ;
- La filerie entre l'appareillage basse tension, les moteurs, les armoires et le bornier " client " ;
- Les transformateurs de courant pour traversées huile/air lorsqu'ils sont prescrits dans le chapitre STP ;
- Le transformateur de courant pour la protection masse cuve,

La liste des accessoires n'est pas limitative. Le constructeur s'engage à fournir un transformateur en parfait état de marche en offrant toute les garanties.

Les éléments suivants ne font pas partie de la fourniture du constructeur du transformateur :

3.24.2. Prestations associées à la fourniture

On distingue cinq phases concernant les prestations du constructeur associées à la fourniture des matériels :

- Les études,
- La fabrication,

- Le transport
- L'installation et le raccordement sur site
- Les essais de mise en service

La chronologie des différentes prestations du constructeur telle que présentée ci-après dans le cadre de la fourniture de matériels doit être respectée. La version définitive du dossier technique doit être en possession de Redal au moment de la livraison de l'appareil.

3.24.3. Phase Appel d'Offre

Le soumissionnaire doit joindre avec son offre les éléments suivants :

- Le Manuel d'Assurance Qualité, et certifications ISO 9001, 14001 et 18001 délivrées par l'organisme international IQNET en cours de validité ;
- Les certificats de satisfaction authentiques justifiant une expérience en fabrication des transformateurs THT/MT d'une puissance supérieure ou égale à 70 MVA pendant 20 ans minimum, mentionnant clairement l'usine de fabrication du transformateur proposé, le lieu d'installation et la date de mise en service ;
- La liste globale des sociétés exploitant des transformateurs identiques (225/20kV) ou éventuellement de grandeurs nominales (puissance et tension primaire) supérieures ou égales à celles demandées dans le présent cahier des charges, de la marque proposée pendant les 20 dernières années ;
- Les certificats de satisfaction authentiques délivrés par des organismes tel que ONEE, RTE, REE, ENEL, SONELGAZ, STEG, etc. attestant qu'un transformateur de grandeurs nominales (puissance et tension primaire) supérieures ou égales à celles demandées dans le présent cahier des charges, est installé sur leur réseau depuis dix (10) ans au moins et ayant donné satisfaction. Ces attestations doivent mentionner clairement l'usine de fabrication du transformateur proposé ;
- Agreement ONEE ou EDF ;
- Le PV d'essai de tenue au courant de court-circuit sur un appareil identique ou éventuellement sur un transformateur de grandeurs nominales (puissance et tension primaire) supérieures ou égales à celles demandées dans le cahier des charges, délivré par un laboratoire de renommée internationale et accrédité (KEMA, CESI, CERDA, RENARDIERE, etc.), et qui fait référence au pays d'origine (usine de fabrication) des transformateurs qui seront fournis dans le cadre du présent cahier des charges. Le fabricant du transformateur doit avoir effectué aux cours des 10 dernières années au moins 3 essais de court-circuit sur transformateurs ou autotransformateur de puissance supérieure à 70MVA - 220KV. Le fabricant présentera les rapports de tests ;
- Les rapports des essais de type, effectués sur un appareil identique ou éventuellement de grandeurs nominales (puissance et tension primaire) supérieures ou égales à celles demandées dans le cahier des charges, ces rapports doivent indiquer l'usine de fabrication du transformateur proposé ;
- Liste des déviations à la présente spécification ;
- Croquis d'encombrement du transformateur, incluant le détail : des bornes, des efforts maximum supportés par les bornes, poids de l'huile, poids total, poids du colis de transport, les entraxes entre rails, etc.. ;
- Description du procédé de conception et de fabrication des transformateurs, peinture et tous les accessoires (Buchholz, thermostat, radiateur, etc...) ;
- Description du système de calage des enroulements ;

- La fiche technique des valeurs garanties dûment remplie par le Constructeur qui contient l'ensemble des caractéristiques garanties contractuellement ;
- Courbe de magnétisation des transformateurs de courant (standard) ;
- Liste des outillages spéciaux nécessaires au montage et à la maintenance des transformateurs ;

3.24.4. Phase d'études et de conception

Revue de conception :

A la fin des études détaillées de développement et préalablement à la mise en fabrication des équipements, une revue de conception portant sur les principaux matériels doit être réalisée avec Redal. Cette revue de conception a donc pour objectif de vérifier que le dimensionnement du Transformateur et les études de développement des matériels ont pris en compte les différentes exigences des spécifications avant le lancement de la fabrication. Pour cela le constructeur doit fournir dans un délai de deux mois à partir de la notification de l'appel d'offres les documents définis ci-après :

- Des vues détaillées, en élévation à l'échelle 1/20, de l'encombrement du transformateur :
- Les plans à l'échelle 1/20 de l'encombrement du transformateur et de ses équipements
- Des vues en élévation permettant de situer les modes de raccordements des traversées. En particulier, les positions des traversées doivent être précisées suivant les trois axes.
- Les plans définitifs de transport des différents colis.
- Un document descriptif de la technologie des aéroréfrigérant,
- Un document descriptif de la technologie des traversées,
- Un document descriptif de la technologie des chargeurs de prises.
- Ces plans doivent comporter une liste répertoriée des accessoires,

Les vues doivent prendre en compte les remarques éventuelles de Redal sur les premiers plans remis avec l'offre.

Un projet de dossier Technique :

Le contenu de ce dossier est détaillé dans l'annexe A du chapitre STG. Il comprend notamment :

- Une description détaillée du circuit magnétique avec un schéma côté d'une coupe longitudinale et du noyau. Le maintien du circuit magnétique dans la cuve doit également être précisé,
- Une description détaillée des différents enroulements (norme de spires, type et section des conducteurs, isolement des conducteurs en parallèle, masse de cuivre par bobines ou des galettes, coupe cotée des enroulements, position des écrans),
- Une description détaillée des connexions et de leurs supports,
- Une description détaillée des systèmes de calage des enroulements, de leur traitement et des forces de précontrainte qui leur sont appliquées.

Une étude de l'armoire de commande des régulateurs en charge

L'étude de conception de l'armoire doit comprendre en particulier une description fonctionnelle sur le comportement de l'armoire sur les principales défaillances ou anomalies externes et internes (discordance régulateur, baisse tension d'alimentation).

Une étude de commande de la réfrigération

L'étude de conception de l'armoire doit comprendre en particulier une description fonctionnelle sur le comportement de l'armoire sur les principales défaillances ou anomalies externes et internes (défaillance d'un relais, d'une pompe...)

e) Une étude de dimensionnement thermique comprenant :

- Un calcul des pertes dans le circuit magnétique,
- Un calcul des pertes dans les enroulements par RI^2 et par courants Foucault,
- Un tracé de champ électromagnétique pour montrer comment les pertes dues aux flux de fuite sont contrôlées,
- Un calcul de l'échauffement moyen du cuivre et de la température du point chaud pour les prises extrêmes, la prise limite d'échauffement,
- Un calcul de la température de l'huile moyenne et de l'huile au sommet,
- Un calcul de la capacité de surcharge en régime de secours exceptionnel défini dans le paragraphe 171.4 (a) du STG partie 1.
- Un calcul de la capacité de surcharge en fonction du temps pour les différents cycles de charge défini dans le paragraphe 171.4 (b) du chapitre STG partie 1,
- Un calcul de la capacité de charge du transformateur en fonction de la perte partielle de la réfrigération,

f) Une étude de dimensionnement diélectrique comprenant :

- Un calcul des contraintes dans les enroulements aux bornes du changeur pour les ondes appliquées lors des essais diélectriques, ceci pour différentes prises incluant les prises extrêmes et médiane,
- Un calcul des contraintes des extrémités de l'enroulement par rapport à la cuve,
- Un calcul des contraintes internes au bobinage (entre spires / couches / galettes),
- Un résumé des contraintes dans les régions les plus critiques pour chaque essai.

g) Une étude de dimensionnement mécanique comprenant :

- Un calcul des courants de court-circuit pour les différents types de défaut possibles,
- Un calcul des forces axiales et radiales sur les enroulements pour les différentes prises de réglage dans les cas de défauts les plus contraignants,
- Un calcul des contraintes axiales et radiales sur les conducteurs des différents enroulements et une comparaison de ces contraintes aux limites définies par vos règles de conception ainsi qu'aux valeurs de référence obtenues lors d'essais d'appareil similaire à la tenue au court-circuit.
- Une présentation des dispositions prises au niveau des enroulements pour tenir ces efforts (valeurs de précontrainte, principe de calage des enroulements, moyens de contrôle de la symétrie axiale, ...)

h) Les programmes détaillés des essais de type sur les matériels en fin de fabrication.

Un choix des prises pour les essais diélectriques doit être proposé en fonction des résultats de l'étude de dimensionnement en tension.

i) Un plan d'assurance qualité pour la fabrication des appareils et pour le montage sur site

Un mois après l'approbation par Redal de l'ensemble des documents constituant la revue de conception, le constructeur doit fournir l'ensemble de ces documents corrigés suite aux remarques.

3.24.5. Phase de réalisation

Lors de cette phase le constructeur doit effectuer :

- La fabrication des matériels,
- La rédaction de la version définitive des dossiers Technique et Exploitation dont le contenu est défini dans l'annexe A du chapitre STG.
- La réalisation d'essais pour l'armoire de commande des changeurs de prises,

- La réalisation d'essais pour l'armoire de commande des aéroréfrigérant
- La réalisation des essais de types et individuels

Les essais de type et individuels sont réalisés chez le constructeur avec ses moyens d'essais propres, Redal doit être prévenu, au moins un mois à l'avance, de la date des essais afin de pouvoir y assister.

3.24.6. Phase de transport

Le constructeur prend à sa charge toutes les opérations de transport (chargement, transbordement, déchargement) depuis l'usine de construction jusqu'à l'installation dans les cellules du poste définies dans le chapitre STP. Tous les autres colis (équipements, traversées, conservateurs, charge d'huile, ...) doivent être également acheminés et déchargés au poste par le constructeur.

Dans le cas où les ouvrages GC nécessaires à la mise en cellules des transformateurs ne sont pas disponibles au moment de livraison, les transformateurs et leurs accessoires seront stockés par l'entrepreneur dans la plateforme provisoire qui sera réalisé par Redal sur site selon les exigences de l'entrepreneur et à ses risques.

Il est à noter que l'acheminement des équipements depuis la rocade de Rabat jusqu'au poste se fera via un accès provisoire qui sera réalisé par Redal selon les exigences de l'entrepreneur et à ses risques.

3.24.7. Phase d'installation et de montage sur site

Sauf prescriptions particulières dans le chapitre STP, les limites de prestations sont généralement les suivantes :

- Le raccordement de toutes les traversées (Haute tension, HTA, neutre) du transformateur.
- Les raccordements basse tension entre les borniers « client » du transformateur et le BR abritant la tranche basse tension du transformateur ;
- Faire la mise en cellules des transformateurs, avant montage des équipements
- Effectuer le montage de l'appareil et de ses équipements (traversées, réfrigération, conservateurs, armoires régleurs...)
- Effectuer les raccordements basse tension entre les borniers clients et les différentes armoires et équipements du transformateurs.

3.24.8. Phase d'essai et de mise en service :

Les essais de mise en service ont pour objectif de vérifier le bon comportement du transformateur après son raccordement sur site. La conduite des essais sera effectuée par Redal sous la responsabilité du constructeur en ce qui concerne les conséquences éventuelles vis à vis du transformateur. Un programme d'essais sera communiqué le constructeur avant le début programmé des essais de mise en service, ce programme doit inclure aussi les travaux à réaliser au niveau de la sortie du compartiment blindé (vidange SF6, remplissage SF6, changement des joint torique...Etc).

Prestations Constructeur :

Le constructeur doit avoir effectué les vérifications, mesures et essais des sous-ensembles préalablement aux essais de mise en service et avoir notifié à Redal que le matériel est prêt à fonctionner. Le constructeur doit également avoir donné son accord sur le programme des essais transmis par Redal. A ce titre il reste donc responsable du matériel pendant les essais, même s'ils sont réalisés par Redal, pour autant que ces derniers se déroulent conformément à la séquence définie dans le programme. Le programme des essais doit être définitivement arrêté entre le constructeur et Redal avant leur début.

Les prestations du constructeur pendant le déroulement des essais consistent à participer à leur préparation et à intervenir en cas d'anomalie qui nécessiterait l'interruption des essais pour une action corrective rapide.

Dans l'hypothèse où le constructeur est amené à intervenir sur son matériel pendant cette période, toute modification effectuée doit faire l'objet d'un rapport par le constructeur expliquant l'origine de l'anomalie et décrivant le contenu des modifications. Ces modifications doivent être intégrées à la documentation du dossier technique.

Les résultats des essais sur site sont interprétés immédiatement par Redal et le constructeur. Toutefois la sanction globale sur la totalité des essais ne sera prononcée qu'au vu du compte-rendu dont le projet sera transmis à Redal par le constructeur quinze jours après qu'ils soient terminés. Redal pourra faire part de ses remarques en vue d'établir le compte rendu officiel des essais de mise en service.

NB : L'entrepreneur proposera en concertation avec le fabricant la liste des essais avant MES, en plus de la proposition du fabricant l'entrepreneur procédera à un essai d'isolement du transformateur après son raccordement à la borne SF6 de la travée blindée.

3.24.9. Formation:

Le constructeur doit proposer un plan de formation pour le personnel de Redal qui aura en charge la maintenance des équipements du transformateur.

La formation du personnel doit avoir lieu pendant la période de montage ou des essais de mise en service. Toute la documentation relative aux interventions de dépannage de premier et deuxième niveau (notamment les dossiers exploitants) doit être disponible préalablement au premier stage de formation.

ARTICLE 4 – SPECIFICATIONS TECHNIQUES GENERALES DES TRANSFORMATEURS (STG)

Le présent chapitre sur les Spécifications Techniques Générales (STG) fixe les prescriptions communes applicables aux transformateurs triphasés de puissance immergés dans l'huile, destinés à assurer l'alimentation des réseaux de distribution moyenne tension de Redal. Il complète et modifie les normes internationales CEI 60076.

Le présent chapitre des Spécifications Techniques Générales (STG), est composé des cinq parties suivantes :

- Première partie :** Généralités (basée sur la CEI 60076 - Partie 1).
- Deuxième partie :** Echauffement (basée sur la CEI 60076 - Partie 2).
- Troisième partie :** Niveau d'isolement et essais diélectriques (basée sur la CEI 60076-Partie3).
- Quatrième partie :** Prises et connexions (basée sur la CEI 60076 - Partie 4).
- Cinquième partie :** Tenue au court-circuit (basée sur la CEI 60076 - Partie 5).

Ce chapitre est basé sur la norme internationale CEI 60076, Transformateurs de puissance, qui correspond aux Publications CEI 60076-1, 60076-2, 60076-3, 60076-4 et 60076-5. Il est composé, comme cette norme, de cinq parties.

Le présent chapitre complète, précise ou modifie les articles de cette norme et reprend, voir étend, la numérotation des paragraphes.

En particulier, les dispositions générales de construction concernant les transformateurs de puissance qui ne sont pas définies dans la norme, figurant dans le chapitre du présent appel d'offres sont rappelés dans la première partie du présent chapitre STG : 'Généralités'.

En ce qui concerne les caractéristiques techniques propres à chaque type d'appareil, ce document fait référence aux chapitres des spécifications Techniques Particulières (STP) ci-après, dispositions générales de construction (DGC) et Eléments Techniques Garantis par le Constructeur.

Pour le présent chapitre du présent appel d'offres, la règle de rédaction suivante a été adoptée :

- Lorsqu'un article ou un paragraphe de la norme CEI 60076 s'applique sans aucune modification, seuls le numéro et le titre de cet article ou de ce paragraphe sont repris dans le présent document.
- Le texte d'un article ou d'un paragraphe de la norme CEI 60076 figure dans ce document lorsqu'il remplace en le modifiant celui de la norme tout en portant le même numéro et dans toute la mesure du possible, le même titre. Cette modification est signalée par un trait vertical dans la marge de gauche. Dans les cas où aucune divergence n'est apportée, c'est-à-dire que ce texte complète ou précise celui de la norme, ou que des choix sont effectués parmi plusieurs possibilités, aucun trait vertical ne figure dans la marge.
- Les articles, paragraphes ou alinéas de la norme internationale CEI 60076 non applicables sont signalés. Dans les cas où ils concernent des matériels non visés par le présent document, aucun trait ne figure dans la marge. Par contre, si c'est, par exemple, un essai qui n'est pas demandé, cette divergence est signalée par un trait vertical dans la marge de gauche.
- Lorsque des articles ou des paragraphes supplémentaires sont introduit, leur numérotation fait appel à des lettres pour ne pas perturber celle des articles ou paragraphes de la norme de référence. Pour les annexes supplémentaires, il est fait appel à des doubles lettres.

4.1. GENERALITES

(Modifications et compléments à la norme CEI 60076 - Partie 1)

4.1.1. Domaine d'application et conditions de service

a) Domaine d'application

Le présent document s'applique aux transformateurs triphasés de puissance immergés dans l'huile, de type extérieur, destinés à assurer l'alimentation des réseaux de distribution moyenne tension à partir des réseaux 225 KV, 90 KV et 63 KV tous réseaux de fréquence assignée 50 Hz.

b) Conditions de service

Condition normales de services

Le paragraphe s'applique avec en complément les dispositions pour conditions de service exceptionnelles définies au paragraphe 1.2.2.

Disposition pour conditions de services exceptionnelles :

Pression du vent : 240 daN/m^2

c) Forme d'onde de la tension d'alimentation

Le paragraphe 1.2.1 alinéa de la CEI 60076 s'applique.

d) Symétrie des tensions d'alimentation

Les transformateurs seront conçus pour fonctionner en régime déséquilibrés (absence d'une phase pendant un temps inférieure à 1 minute) sans qu'il résulte d'altérations des caractéristiques du transformateur.

e) Environnement

Le niveau de pollution retenu : niveau IV définis dans la publication CEI 60815 (Très forte, pollution marine et industrielle) avec une valeur nominale de la ligne de fuite ≥ 31 mm/KV.

Le degré hygrométrique est très élevé : plus de 90%.

La pluviométrie est faible : 300 à 500 mm par an.

4.1.2. Référence normatives

Le paragraphe de la norme s'applique avec les références normatives complémentaires suivantes :

Documents CEI et ISO

CEI 60076-1 : 1997, Transformateurs de puissance - Partie 1 Généralité

CEI 60076-2 : 1996, Transformateurs de puissance - Deuxième Partie : Echauffement

CEI 60076-3 : 2000, Transformateurs de puissance - Troisième Partie : Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distance d'isolement dans l'air.

CEI 60076-4 : 1996, Transformateurs de puissance - Quatrième Partie : Prises et Connexions.

CEI 60076-5 : 2000, Transformateurs de puissance - Cinquième Partie : Tenue au court - circuit

CEI 60270 : 1981, Mesure des décharges partielles.

CEI 60354 : 1991, Guide de charge pour transformateurs de puissance immergés dans l'huile.

CEI 60507 : 1991, Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension aux réseaux à courant alternatif.

CEI 60606 : 1978, Guide d'application pour les transformateurs de puissance.

CEI 60815 : 1986, Guide pour le choix des isolateurs sous pollution.

CEI 60446 : 1974 et CEI 152 et 391 Repérage des conducteurs.

CEI 60085 : 1984, Evaluation et Classification thermiques de l'isolantes électrique.

CEI 60296 : 1982 et mod. 1 : 1986 Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion - Règles.

CEI 60214 : 1989, Changeurs de prises en charge.

CEI 60542 : 1976, Guide d'application pour changeurs de prises en charge.

CEI 60137 : 1984, Traversées isolées pour tensions alternatives supérieurs à 1000V.

CEI 60279 : 1969, Mesure de la résistance des enroulements d'une machine à courant alternatif en fonctionnent sous tension alternatives.

CEI 1181 : 1993, Matériaux isolants imprégnés - application de l'analyse des gaz dissous (DGA) lors d'essais en usine de matériels électriques.

CEI 60445 : 1988, Identification des bornes de matériels et de extrémités de certains conducteurs désignés et règles générales pour système alphanumérique.

CEI 60529 : 1989, Degrés de protection procurés par les enveloppes (Codes IP).

CEI 60551 : 1987, Détermination des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductances.

CEI 1065 : 1991, Méthode d'évaluation des propriétés d'écoulement, à basses températures, des huiles minérales isolantes, après vieillissement.

CEI 60060-1 : 1981, Techniques des essais à haute tension - Première partie : Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.

CEI 60071-1 : 1993, Coordination de l'isolement - Définitions, principes et règles.

ISO 4624 : Peintures et vernis - Essais de traction.

ISO 2178, Revêtements métalliques (Emaux vitrifiés) Mesure de l'épaisseur par méthode magnétiques - Spécifications Générales.

NEQ - ISO 3768, Essai au brouillard Salin.

ISO 1460 et 1461 : Revêtement métalliques - Galvanisation par immersion dans le zinc fondu (Galvanisation à chaud) - Produits finis en fer - acier - fonte.

Normes Européennes

NF EN 22063, Revêtements métalliques - Métallisation au pistolet Zinc - Aluminium et alliages de ces métaux - propriétés caractéristiques et méthode d'essai de revêtements.

Documents de normalisation français

NF A 35-503 : 1984, Aciers pour galvanisation par immersions à chaud.

NF C 15-100 : 1991, Installations électriques à basse tension - Règles.

NF C 28-920 : 1996, Produits sidérurgiques - Bande et Tôles magnétiques en aciers à grains orientés livrées à l'état fini.

NF C 52 -103 : 1975, Doigts de gant pour transformateurs de puissance immergés.

NF C 52-108 : 1969, Dispositif de protection par détection d'émission de gaz à deux contacts (Buchholz) - Caractéristiques et règles de construction.

NF C 52-122 : 1968, Indicateurs de Circulation de liquide diélectriques.

NF T 30-049: Peintures et Vernis - Revêtements à usage extérieur - Essai de vieillissement artificiel.

4.1.3. Définitions

Les définitions de la publication CEI s'appliquent en prenant en compte le chapitre du présent appel d'offres : « Dispositions générales de construction » (DGC) et les définitions complémentaires suivantes :

a) Relais Buchholz

Dispositif de protection à deux contacts pour transformateurs immergés dans l'huile, situé entre la cuve et le conservateur. Il détecte :

- La génération de gaz à l'intérieur de l'appareil
- Un brusque mouvement d'huile vers le conservateur ;
- Une absence totale d'huile dans le conservateur

b) Radiateur

Echangeur thermique destiné au refroidissement de l'huile par circulation naturelle de l'air ambiant. Cet échangeur est composé de plusieurs éléments plans raccordés en parallèle sur des collecteurs. Des canaux sont ménagés à l'intérieur de chaque élément pour la circulation de l'huile.

c) Aéroréfrigérant

Echangeur thermique destiné au refroidissement de l'huile par circulation forcée de l'huile et ventilation forcée de l'air. Cet échangeur est composé de faisceaux de tube reliés aux deux extrémités à des boîtes à huile, d'un groupe motopompe, de motoventilateurs et d'un coffret de raccordement électrique.

d) Circuit magnétique à flux libre

Circuit magnétique offrant un chemin de retour à faible réluctance pour les flux homopolaires.

e) Circuit magnétique à flux forcé

Circuit magnétique ne comportent pas de chemin pour les flux homopolaires.

4.1.4. REGIME ASSIGNE

a) Puissance assignée

Le paragraphe de la norme s'applique avec la précision suivante :

Les transformateurs répondant à la présente spécification doivent, en régime de secours exceptionnel mais pouvant durant plusieurs jours consécutifs, être utilisés en surcharge de 15% avec une température ambiante comprise de 30°C à 50°C.

b) Cycle de charge

Le paragraphe de la norme s'applique avec les précisions suivantes :

Les transformateurs répondant à la présente spécification peuvent, en régime de surcharges passagères se répétant une fois par jour à heures régulières être utilisés dans les conditions de surcharge suivantes.

Température ambiante	Condition Initiale avant la surcharge	Surcharge en % de la charge nominale	
		Pendant une durée de 30 mm	Pendant une durée de 2h
30°C	- Pleine charge	20	18
	- $\frac{3}{4}$ Charge	35	22
	- $\frac{1}{2}$ Charge	40	25
20°C	- Pleine charge	35	25
	- $\frac{3}{4}$ Charge	45	30
	- $\frac{1}{2}$ Charge	50	35
10°C	- Pleine charge	45	35
	- $\frac{3}{4}$ Charge	55	40
	- $\frac{1}{2}$ Charge	60	43

Des indications sur des possibilités de surcharges plus importantes pendant une durée limitée figurent éventuellement dans l'article STP propre au transformateur objet du présent appel d'offres.

Les accessoires des transformateurs doivent être garantis pour toutes ces conditions.

c) Valeurs préférentielles de la puissance assignée

Les valeurs retenues de la puissance assignée sont indiquées dans les CCTO fixant les caractéristiques électriques particulières des transformateurs triphasés.

d) Fonctionnement à une tension supérieure à la tension assignée

Le transformateur doit pouvoir fonctionner à sa puissance assignée pendant trois heures consécutives, avec une tension de spire supérieure de 10% à celle correspondant à la tension assignée sans qu'il en résulte d'inconvénients, tels d'échauffements locaux, vibrations et bruits anormaux.

4.1.5. Prescriptions pour les transformateur possédant un enroulement à prises

Le paragraphe de la norme s'applique. Les prescriptions spécifiques et les caractéristiques particulières des transformateurs (entendue de prise, catégorie standards de réglage de tension de

prise, puissance de prise, impédance de court-circuit et les pertes dues à la charge et à l'échauffement) sont indiquées dans le chapitre STP.

4.1.6. Symbole des couplages et des déphasages pour les transformateurs triphasés

Le paragraphe de la norme s'applique. Les couplages et les déphasages retenus sont indiqués dans le chapitre STP.

4.1.7. Plaques signalétiques

La plaque signalétique doit être libellée en français

a) Informations à donner dans tous les cas

- 1 Type du transformateur
- 2 Numéro de la norme et de la présente spécification
- 3 Nom du constructeur
- 4 Numéro de série du constructeur
- 5 Année de constructeur
- 6 Nombre de phases
- 7 Puissance assignée (en KVA ou MVA)
- 8 Fréquence assignée (Hz)
- 9 Tension assignées (en V ou en KV) et étendue de prises
- 10 Courants assignés (en A ou en KA)
- 11 Symbole du couplage.
- 12 Impédance de court-circuit, valeur mesurée en pourcentage, pour les transformateurs à plus de deux enroulements principaux, on donnera plusieurs impédances correspondant à différentes combinaisons de deux enroulements avec les valeurs de puissance de référence respectives.
- 13 Mode de refroidissement (si le transformateur à plusieurs modes assignées de refroidissement, les puissances correspondantes qui diffèrent de la puissance assignée peuvent être exprimées en pourcentage de celle - ci par exemple ONAN/ONAF 70/100%.
- 14 Masse totale et masse de la partie active
- 15 Masse de l'huile isolante
- 16 Schéma électrique triphasé du transformateur faisant apparaître les connexions internes, y compris les raccordements aux traversées. Ce schéma électrique doit être accompagné d'un repérage des bornes sur la cuve.
- 17 Niveaux d'isolement (tension de tenue) de tous les enroulements sous forme de notation abrégée telle que décrite à l'article 3 de la troisième partie de la présente spécification ou en faisant figurer en toutes lettres le libellé des tensions de tenue. le niveau d'isolement du neutre doit également figurer pour un enroulement à isolation non uniforme.
- 18 Masse pour le transport
- 19 Masse à soulever pour décuvage
- 20 Référence de la norme qui s'applique à l'huile isolante de remplissage.
- 21 Détails concernant les prises :
- 22 Indication, sur le schéma électrique, de l'enroulement qui est muni de prise ;
- 23 Tableau donnant pour chaque prise : la tension de prise de chaque enroulement, sans indication concernant le courant et puissance de prise;
- 24 Valeur de l'impédance de court - circuit sur les prises extrêmes et sur la prise moyenne, avec indication de l'enroulement auquel l'impédance est rapportée ;
- 25 Type et constructeur de chargeur de prises et nombre de prises électriques ;

- 26 En plus des informations inscrites ci-dessus, le transformateur doit être muni, fixées sur sa cuve :
- 27 D'une plaque indiquant pour chaque traversée : le nom du constructeur, le type, le numéro de fabrication et le niveau de pollution ;
- 28 D'une plaque indiquant le schéma hydraulique général du transformateur (tuyauteries avec leurs vannes) et mentionnant les positions normales en services des vannes ;
- 29 Résistance au vide de la cuve, du conservateur, des radiateurs ou des aéroréfrigérant
- 30 Si le transformateur a plus d'un régime assigné selon les différentes connexions d'enroulements qui ont été prévus à la construction, les régimes assignés supplémentaires doivent être tous indiqués sur la plaque signalétique principale

b) Informations supplémentaires à donner dans certains cas

Informations éventuelles sur proposition du constructeur après accord de Redal.

4.1.8. Dimensionnement de la connexion de neutre

a) Système de préservation d'huile

Le système de préservation d'huile est un système à diaphragme dans lequel un volume d'expansion plein d'air à pression atmosphérique est au-dessus de l'huile mais étant isolé de l'huile par une membrane (Type caoutchouc synthétique résistant à l'action de l'huile chaude).

b) Déclenchement de la charge sur les transformateurs de groupe

Sans objet pour la présente spécification.

4.1.9. Tolérances

Tableau III-Tolérances

Articles	Tolérance
a) Pertes totales (voir note)	+5% des pertes totales (au-delà de +5% pénalités applicables) le montant de la pénalité est indiqué dans le chapitre : STP +15% sur l'une des pertes partielles, refus du transformateur
b) Pertes Partielles (voir note)	
Rapport de transformation à vide <ul style="list-style-type: none"> ○ Transformateurs à deux enroulements <ul style="list-style-type: none"> - Rapport de transformation assigné (prise principale) - Rapport de transformation sur d'autres prises ○ Transformateurs à plus de deux enroulements <ul style="list-style-type: none"> - Rapport de transformation entre une paire d'enroulements principaux - Rapport de transformation entre un enroulement principal et l'enroulement de stabilisation (tertiaire) 	La tolérance est indiquée dans le chapitre : STP La tolérance est indiquée dans le chapitre : STP Même tolérance que pour les transformateurs à deux enroulements +/- 0,5% du rapport spécifié ou garanti par le constructeur après accord du maître d'ouvrage
Impédance de court-circuit pour : un transformateur à deux enroulements séparés ou une première paire spécifiée d'enroulements d'un transformateur à plus	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ de deux enroulements ➤ Prise principale ➤ Toute autre prise de la paire 	<ul style="list-style-type: none"> ○ La tolérance est indiquée dans le chapitre : STP ○ La tolérance est indiquée dans le chapitre : STP
<ul style="list-style-type: none"> Impédance de court - circuit pour : une paire d'enroulement auto-connecté, ou une seconde paire spécifiée d'enroulements séparés d'un transformateur à plus de deux enroulements ▪ Prise principale ▪ Toute autre prise de la paire ▪ Paire supplémentaire d'enroulements 	<ul style="list-style-type: none"> ○ La tolérance est indiquée dans le chapitre : STP ○ La tolérance est indiquée dans le chapitre : STP ○ La tolérance est indiquée dans le chapitre : STP
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Courant à vide 	+30% du courant à vide spécifié (au-delà pénalité applicables). le montant des pénalités est indiqué dans le chapitre (STP) +50% refus
<ul style="list-style-type: none"> ➤ niveau de puissance acoustique 	Pas de tolérance au-delà de la valeur spécifiée
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Echauffement 	Les limites acceptables et le montant des pénalités sont indiqués dans le chapitre (STP)
<p>NOTE - Dans le cas des transformateurs à plus de deux enroulements les tolérances sur les pertes s'entendent pour chaque paire d'enroulements à moins que la garantie ne précise qu'elles se rapportent à une combinaison de charge déterminée.</p>	

4.1.10. Essais

a) Conditions générales pour les essais de type essais individuels et essais spéciaux

Le paragraphe de la norme est applicable. Il est précisé que quand les résultats d'essais doivent être ramenés à une température de référence il faut prendre 75°C.

Essais individuels

- Mesure de la résistance des enroulements (paragraphe b)
- Mesure du rapport de transformation et contrôle du couplage (paragraphe c)
- Mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes dues à la charge sur les prises extrêmes et la prise principale (paragraphe d)
- Mesure des pertes et du courant à vide sur les prises extrêmes et la prise principale (paragraphe e)
- Essais diélectriques (présente spécification - partie 3)
- Essais sur les changeurs de prise de réglage en charge (paragraphe h)

Essais de type

- Essais d'échauffement (présente spécification - Partie 2)
- Mesure de la puissance absorbée par les moteurs des pompes à huile et des ventilateurs alimentés à la tension assignée des auxiliaires du poste. La mesure est effectuée pour chacun des stades de réfrigération définis au paragraphe 12. 1. 4. 2 de la présente partie avec de l'huile à 70°C
- Mesure des impédances homopolaires sur les prises extrêmes, la prise principale

(paragraphe 10. 7)

- Mesure du niveau de bruit (norme CEI 60551)

Essai Spéciaux

- Essai de court-circuit (présente spécification - partie5)
- Mesure des harmoniques du courant à vide (paragraphe)
- Vérification de la tenue diélectrique des isolants interposés entre la cuve et la terre ou entre la cuve et les dispositifs devant être isolés électriquement de la cuve (paragraphe 8.B)

b) Mesure de la résistance des enroulements

Généralités

Transformateurs du type sec (sans objet pour la présente spécification)

Transformateurs immergés dans l'huile

c) Mesure du rapport de transformation et contrôle du couplage

On mesure du rapport de transformation et contrôle du couplage.

On mesure le rapport de transformation sur chaque prise. On contrôle les sens relatifs du bobinage et le schéma des connexions entre enroulements et bornes.

d) Mesure de l'impédance de court - circuit et des pertes dues à la charge

Ajouter en tête du paragraphe la phrase suivante :

Ces mesures doivent être effectuées sur la prise principale et les deux prises extrêmes.

e) Mesures des pertes et du courant à vide

Remplacer le texte du premier alinéa du paragraphe par le suivant [paragraphe 10.5 de la Publication 76-1 (1997) dont le premier alinéa est modifié] :

Les pertes à vide et le courant à vide doivent être mesurés sur un des enroulements à la fréquence industrielle assignée et sous tension égale :

- à la tension assignée ainsi qu'à 1,1 fois cette tension si l'essai est effectué sur un enroulement sans prise ou sur un enroulement avec prises connectées sur la prise principale,
- ou à la tension de prise appropriée ainsi qu'à 1,1 fois cette tension si l'essai est effectué sur une autre prise que la prise principale.

Le ou les enroulements doivent être laissés à circuit ouvert et le ou les enroulements qui peuvent être connectés en triangle, doivent avoir leur triangle fermé.

f) Mesure des harmoniques des courants à vide

g) Mesure d'impédance(s) homopolaire(s) sur des transformateurs triphasés

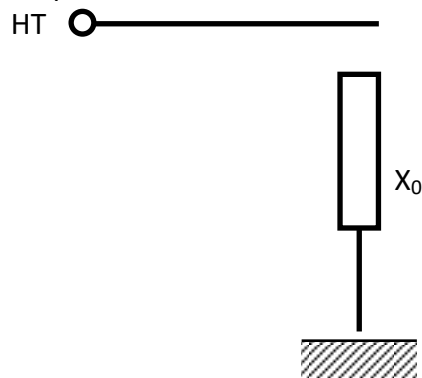
Ajouter en tête du paragraphe le texte suivant :

Ces mesures doivent être effectuées sur la prise principale et les deux prises extrêmes. Les valeurs exprimées en ohms avec une décimale, sont ramenées à la haute tension (enroulement primaire).

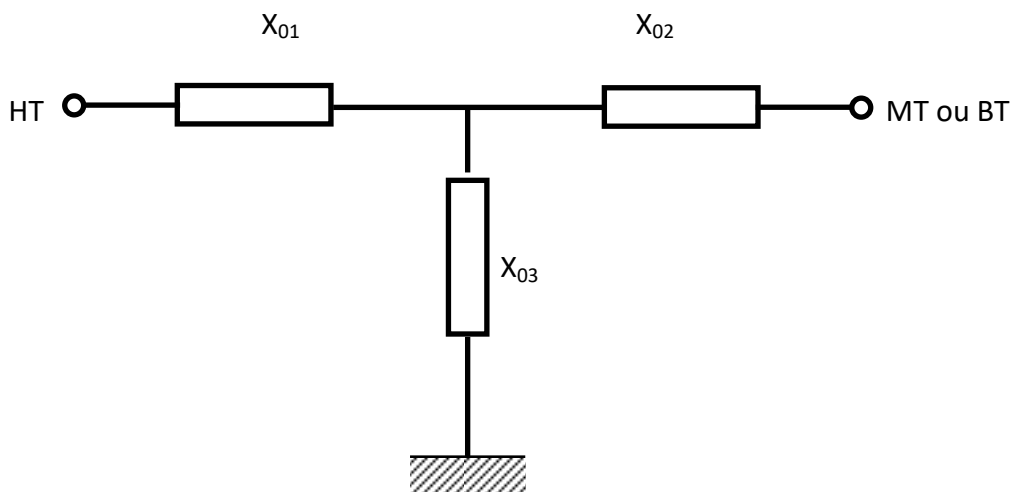
En fonction du couplage et de la disposition du neutre (sorti ou non), le constructeur doit indiquer les réactances suivantes :

- pour les transformateurs à couplage : Y_{ny} - Y_{nd} - $Y_{n\ddot{d}d}$ - Y_{nyy} , la réactance X_0 , en régime

homopolaire, correspondant au schéma ci-dessous :



- pour les transformateurs à couplages : Ynyn - Ynynd, les réactances X_{01} , X_{02} , X_{03} en régime homopolaire, correspondant au schéma ci-dessous :



La méthode de détermination de ces réactances doit être soumise à l'approbation du client

h) Essais sur les changeurs de prises en charge

Essai de fonctionnement

Essais diélectriques des circuits auxiliaires

Détermination des niveaux de bruit

La détermination des niveaux de bruit s'effectue conformément à la norme NF EN 60551

Vérification de la tenue diélectrique des isolants interposés entre la cuve et la terre ou entre la cuve et les dispositifs devant être isolés électriquement de la cuve

Chacune de ces isolants doit être conçue pour tenir à sec une tension d'essai à sec une tension d'essai à fréquence industrielle de 5 KV (valeur efficace) pendant une minute. La vérification de cette tension de tenue peut être effectuée sur des maquettes représentatives des différents types d'interface permettant d'isoler le potentiel de la cuve. En aucun cas, cette tension de 5kv ne peut être appliquée sur l'appareil entièrement équipé et, après montage sur site pour vérifier l'isolation

de la cuve par rapport à la terre, certains accessoires tels que les moteurs ayant des niveaux d'isolement inférieurs.

4.1.11. Compatibilité électromagnétique (CEM)

Annexe A : Renseignements à fournir à l'appel d'offre et à la commande

(Normative)

A.3 Documents à fournir par le constructeur

Les documents à fournir par le constructeur définis ci-après ne sont pas exhaustifs, on distingue les deux documents suivants :

Dossier technique : il a pour objectif de permettre le suivi (revue de conception, fabrication, essais d'un appareil. Il comprend les parties distinctes

- Caractéristiques fonctionnelles
- Partie descriptive,
- Le compte rendu des essais de type,
- La Fiche Technique des valeurs Garanties par le Constructeur (FTVG) qui comprend l'ensemble des caractéristiques garanties par le constructeur.

Dossier exploitant : il contient toutes les informations nécessaires à l'exploitation et à l'entretien du matériel.

Tous ces documents doivent être rédigés en Français et fournis en 4 exemplaires.

A.3.1 Dossier Technique

A.3.1.1 Caractéristiques fonctionnelles

- Les caractéristiques électriques

On doit trouver dans cette partie les valeurs suivantes :

- La puissance assignée,
- Les différents tensions assignées,
- Les couplages,
- Les pertes à vide et le courant à vide,
- Les pertes en court-circuit ramenées à 75°C ,
- La consommation totale des moteurs de la réfrigération
- Les impédances de court-circuit entre enroulements
- Les niveaux d'isolement,
- Les conditions d'isolement du (des) neutre (s),
- Le réglage type, modèle, isolement du changeur de prises en charge, plage de réglage, nombre de positions, commande électrique, etc.,
- L'indication de l'impédance homopolaire,
- Les caractéristiques thermiques
 - Séquence de démarrage de la réfrigération (ONAF),
 - Pertes évacuées par la cuve,
 - Pertes évacuées par les aéroréfrigérant ou les radiateurs,
 - Valeur des échauffements : Moyen de l'huile,
 Maximum de l'huile,

Du cuivre moyen
Maximum du cuivre

- Valeurs de réglages des thermostats,
- Puissance admissible en fonctionnement permettant avec réfrigération réduite dans le cas suivants:

Refroidissement ONAF

- a) Mise hors service d'un élément réfrigérant
- b) Mise hors service de deux éléments
- c) Arrêt des ventilateurs
- d) Mise hors service d'un ventilateur,
- e) Mise hors service de deux ventilateurs,
- f) Mise hors service des moto-pompes seules
- g) Mise hors service d'un aéroréfrigérant complet (pompe et motoventilateurs),

Refroidissement ONAN :

- a) Mise hors service d'un radiateur isolable par des vannes,
 - b) Mise hors service de deux radiateurs.
- Durée de fonctionnement admissible après une perte de réfrigération (ONAF) pour une température ambiante de 30°C dans les cas suivants :

Conditions Initiales	Conditions après incident	
	- I = In - Mise hors service de toute la réfrigération	- I = I0 (fonctionnement à vide) - Mise hors service de toute la réfrigération
1. I = In 2. Toute la réfrigération en service		

Indiquer les températures maximales atteintes pour le cuivre et l'huile.

- Les caractéristiques acoustiques
 - 1) Indiquer le niveau de bruit en puissance sonore pondérée dB (A)
 - Les caractéristiques mécaniques
 - 2) Tenue de la cuve au vide ;
 - 3) Tenue de la cuve à la pression statique ;
 - 4) Charge sur chaque appui ;
 - 5) Masse des principaux constituants du transformateur et masse en état de marche ;
 - 6) Caractéristiques dimensionnelles du transformateur.

A.3.1.2 Partie descriptive

Cette partie doit être aussi précise et détaillée que possible. Elle doit comporter les descriptions suivantes :

- Description du circuit magnétique
 - 7) Schéma coté,
 - 8) Une coupe montrant le noyau et le maintien des tôles,
 - 9) Caractéristiques : (types des tôles, isolement, calage, induction, masse du circuit magnétique, enchevêtrement, masse des shunts magnétiques).
- Description des enroulements

- 10) Schéma d'une phase,
- 11) Une coupe cotée,
- 12) Schéma de circulation de l'huile dans les enroulements,
- 13) Caractéristiques : section des enroulements, nombre de spires, de couches, masse de cuivre, isolement, nombre de conducteurs, composition de la spire, densité moyenne, largeur de la phase, diamètre intérieur de la bobine, hauteur de la bobine.
- 14) Norme de référence pour les fils de bobinage.
 - Description des connexions
 -
 - Références de l'huile de remplissage : (fournisseurs, type), préciser également l'huile de remplissage des traversées.
 - Description de systèmes de calage et d'amortisseurs
 - Description de la cuve en précisant la nuance de l'acier et l'épaisseur avec ses équipements
 - Description des aéroréfrigérant (refroidissement de type ONAF) :
- 15) Nombre d'aéroréfrigérant et constituants d'un aéroréfrigérant,
- 16) Constituant de l'échangeur huile -air : nombre de tubes, caractéristiques dimensionnelles d'un tube, nature du matériau, principe de construction,
- 17) Type de motopompe (en référence à la norme et au catalogue du fournisseur). Rappeler les principales caractéristiques (consommation maximale et intensité du moteur de démarrage, débit de la pompe,...)
- 18) Type de moto ventilateur. Rappeler les principales caractéristiques (consommation maximale et intensité de démarrage du moteur, nombre de pales, inclinaison des pales, vitesse de rotation du moteur, débit nominal,...)
 - Description des radiateurs (refroidissement de type ONAN ou ODAN) :
- 19) Nombre d'éléments,
- 20) Caractéristiques dimensionnelles et constitution d'un élément.
 - Description du système de protection contre la corrosion de la cuve :
- 21) Préparation des surfaces,
- 22) Composition de la peinture,
- 23) Epaisseur des différentes couches.
 - Description du système de protection des radiateurs :
- 24) Préparation des surfaces,
- 25) Méthode de dépôt de la couche de Zinc,
- 26) Composition de la peinture et épaisseur des différentes couches.
 - Description des principes de câblage des auxiliaires basse tension et des éléments au potentiel ou isolés de la cuve.

A.3.1.3 Compte rendu des essais (individuels et de type)

Le dossier technique doit comprendre le type d'appareil, son numéro, son année de fabrication, la référence de l'appel d'offres, etc.

A.3.2 Dossier exploitant

A.3.2.1 Contenu du dossier exploitant

Il contient :

- 1) Une page de garde précisant le type d'appareil, son numéro, son année de fabrication, la référence de l'appel d'offres, etc...
 - 2) Rappel de toutes les caractéristiques fonctionnelles définies dans le dossier technique (voir A.1.2)
 - 3) La liste des accessoires propres à cet appareil avec indication pour chacun d'eux du constructeur, du type, des références, de la valeur des réglages éventuels du numéro de la notice et du numéro du plan lorsque demandé ci-dessous :
 - Traversées de phase et éventuellement de neutre pour tous les enroulements,
 - Aéroréfrigérant ou radiateurs,
 - Groupe motopompes de circulation d'huile,
 - Régleur,
 - Commande électrique du régleur,
 - Transformateurs de courant pour traversées,
 - clapets automatiques (éventuellement sur compartiment régleur),
 - soupape de sécurité,
 - indicateur de circulation d'huile,
 - thermostats,
 - détecteurs d'incendie éventuels,
 - assécheur d'air
 - relais Buchholz,
 - relais de protection du changeur de prises en charge éventuel,
 - indicateur de niveau d'huile du conservateur,
 - transformateur de courant de protection masse-cuve,
 - vannes de filtrage et prise d'échantillon d'huile,
1. Toutes les notices relatives aux accessoires mentionnés ci-dessus. En plus de la partie descriptive, ces notices doivent traiter les aspects montage, exploitation et maintenance de ces accessoires.
 2. Les consignes d'exploitation et d'entretien préconisées par le constructeur (contrôles périodiques à effectuer)
 3. les notices ou modes opératoires concernant les interventions normales ou exceptionnelles sur l'appareil qui ne seraient pas couvertes par les notices des accessoires. On peut citer de manière non limitative :
 - les conditions de prélèvement d'huile,
 - la procédure de pose et dépose des filtres d'aéroréfrigérant,
 - les consignes pour la manutention de l'appareil,
 - le mode opératoire pour la pose et la dépose des traversées,
 - les instructions pour la pose et la dépose du couvercle ou de la cloche (joint de cuve soudé),
 - les instructions pour la pose et la dépose des traversées,
 - les instructions pour le montage du conservateur,
 - les opérations pour le colisage du transformateur par route (liste des accessoires éventuels à démontrer),
 - les opérations pour le montage sur site,
 - la procédure d'entretien et de retouche de peinture pour la cuve ainsi que pour les aéroréfrigérant ou les radiateurs,
 - les recommandations pour le nettoyage des surfaces externes de la cuve et des aéroréfrigérant ou radiateurs.

4. Tous les plans mentionnés ci-dessous :

- Plan d'encombrement du transformateur,
- Plan de transport du transformateur,
- Plan de la plaque signalétique,
- Plan de la plaque schéma unifilaire
- Plan de la plaque schéma hydraulique,
- Plan du schéma électrique de l'armoire d'auxiliaires,
- Plan du schéma électrique de l'armoire de commande du changeur de prise,
- Plan du schéma de mise à la terre des armoires d'auxiliaires,
- Plan d'encombrement des matériels suivants :
- Traversée de tous les enroulements,
- Transformateurs de courant pour traversées et protection masse-cuve.

A.3.2.2 Renseignements devant figurer sur le plan d'encombrement

Le plan d'encombrement est propre à l'appareil. Il représente l'appareil entièrement monté avec tous ses accessoires (y compris les aéroréfrigérant fixés sur la cuve)

De plus, il doit y figurer les indications suivantes :

- 27) Dans la cartouche, on doit rappeler la puissance, les tensions, la fréquence assignée, le couplage, le type d'installation et le mode de refroidissement de l'appareil (ONAN, ONAF,...)
- 28) La répartition du poids de l'appareil sur ses points d'appuis,
- 29) Le repérage et la nomenclature des accessoires relatifs au changeur de prises, aux traversées, aux armoires d'appareillage basse tension et à tous ceux relatifs à l'équipement de la cuve (vannes, Buchholz, doigts de gant, trappes de visite),
- 30) La hauteur de décuvage,
- 31) Des vues cotées de la borne de terre, (vue de face et vue de dessus),
- 32) Une vue cotée du support isolant du transformateur de courant masse-cuve,
- 33) Un tableau ou une vue indiquant les dimensions des voies de roulement sur lesquelles l'appareil peut être libre de tout obstacle,
- 34) Les masses :
 - Totale de l'appareil en état de marche,
 - De l'huile,
 - De la partie active,
 - De décuvage.
 - La hauteur de décuvage et la masse à décuver du corps insérable du CPEC,
 - L'emplacement des appuis de vérins,

A.3.2.3 Renseignements devant figurer sur le plan de transport

Il doit y être mentionné :

- 35) La puissance et les principales grandeurs assignées de l'appareil,
- 36) Le centre de gravité sur les vues de face et de côté (dans le cas d'une possibilité de transport avec ou sans huile, les centres de gravité avec et sans huile doivent être mentionnés),
- 37) Les points d'appuis de vérin,
- 38) Les points d'élingage,

- 39) Les points d'amarrage,
- 40) Les cotes maximales de la masse indivisible (elles doivent intégrer les tolérances de chaudronnerie),
- 41) Les masses de transport avec et sans huile,
- 42) L'effort maximal de traction sur les points d'amarrage ainsi que le diamètre des trous de ceux-ci, l'enroulement haute tension,
- 43) Toutes les restrictions de transport
- 44) Les niveaux d'huile à respecter en cas de transport avec huile,
- 45) Toutes les indications inscrites sur l'appareil relatives à son transport avec l'huile,
- 46) Toutes les restrictions de transport
- 47) Les niveaux d'huile à respecter en cas de transport avec l'huile
- 48) Toutes les indications inscrites sur l'appareil relatives à son transport (élingues, vérins, points d'amarrage, etc...)
- 49) Le niveau du transformateur par rapport au rail,

4.2. ÉCHAUFFEMENT

(Modifications et compléments à la norme CEI 60076 – Partie 2), Désignation suivant le mode de refroidissement.

4.2.1. Limites d'échauffement

Limites normales d'échauffement

Les échauffements des enroulements, des circuits magnétiques et de l'huile des transformateurs destinés à fonctionner à des altitudes ne dépassant pas celles indiqués au paragraphe 2.1 de la Publication 76-1 de la CEI, Première partie : Généralités, et dont les températures du fluide de refroidissement sont conformes aux indications du paragraphe 2.1 de la Publication 76-1 ne doivent pas dépasser les limites spécifiés dans le tableau IV quand ces échauffements sont déterminés conformément à l'article 3 [pour la prise qui est précise dans la présente partie, article 3, note préliminaire].

Dans le cas des transformateurs à plus de deux enroulements, l'échauffement de l'huile à la partie supérieure se rapporte à la combinaison des charges spécifiées pour lesquelles les pertes totales sont les plus élevées. Les échauffements de chacun des enroulements doivent être considérés pour la combinaison des charges spécifiées qui est la plus sévère pour l'enroulement considéré.

Par ailleurs, pour les transformateurs et autotransformateurs de type ODAF, les limites d'échauffement du tableau IV s'entendent avec toute la réfrigération en service mais en majorant les pertes totales de 10 % pour tenir compte d'une perte d'efficacité par encrassement du système de réfrigération.

Tableau III (Sans objet pour la présente spécification)

Tableau IV – Limites d'échauffement pour les transformateurs immergés dans l'huile

1	2
Partie	Echauffement maximal, °C
Enroulements : - Classe de température de l'isolation A (échauffement mesuré par la méthode de variation de résistance) - point le plus chaud pour le cuivre	65, lorsque la circulation d'huile est naturelle ou forcée non dirigée 70, lorsque la circulation d'huile est forcée et dirigée 75
Huile à la partie supérieure (échauffement mesuré par le thermomètre)	60, lorsque le transformateur est muni d'un conservateur ou est étanche à l'air 55, lorsque le transformateur n'est pas muni d'un conservateur ni étanche à l'air
Circuits magnétiques, parties métalliques et autres matériaux adjacents	La température ne doit atteindre, en aucun cas, une valeur susceptible d'endommager le circuit magnétique même ou d'autres parties ou les matériaux adjacents

NOTES

1 - Les limites d'échauffement des enroulements (mesuré par la méthode de variation de résistance) sont choisies de manière à donner le même échauffement du point chaud avec différents modes de circulation d'huile. L'échauffement du point chaud ne peut normalement pas être mesuré directement. Dans les transformateurs à circulation forcée et dirigée de l'huile, la différence entre l'échauffement du point chaud et l'échauffement moyen dans les enroulements est plus petite que celle qui apparaît dans les transformateurs à circulation naturelle de l'huile, ou dans ceux à circulation forcée mais non dirigée de l'huile. C'est pour cette raison que l'on peut admettre pour les enroulements des transformateurs à circulation forcée et dirigée de l'huile des limites d'échauffement (mesuré par la méthode de variation de résistance) supérieures de 5°C à celles des autres transformateurs.

2 – Le constructeur doit fournir des résultats d'essais ou de calculs relatifs à l'échauffement du cuivre au point le plus chaud.

a. Réduction des échauffements dans le cas de transformateurs prévus pour une température élevée de l'agent de refroidissement ou pour des conditions spéciales de refroidissement par air

b. Réduction des échauffements pour des transformateurs prévus pour des altitudes élevées (Sans objet pour la présente spécification).

4.2.2. Essai d'échauffement (essai de type)

Note préliminaire

Quand la catégorie de réglage est le réglage à flux constant, pour les transformateurs à enroulements séparés, la prise à utiliser pour l'essai d'échauffement est la prise limite d'échauffement précisé dans le chapitre STP propre à chaque type d'appareil. Dans le cas où il n'est pas défini de prise limite d'échauffement, l'essai est effectué sur la prise à courant maximaux.

- c. Mesure de la température de l'air de refroidissement
- d. Mesure de la température de l'eau de refroidissement (Sans objet pour la présente spécification)
- e. Détermination de la température des enroulements
- f. Mesure de la température de l'huile à la partie supérieure
- g. Durée de l'essai d'échauffement
- h. (Disponible)
- i. Méthode d'essai pour les transformateurs immergés dans l'huile

Echauffement de l'huile à la partie supérieure

Remplacer le texte du premier alinéa par le suivant :

L'échauffement de l'huile à la partie supérieure doit être déterminé en retranchant de la température de l'huile mesurée à la partie supérieure la température du fluide de refroidissement, Le transformateur étant alimenté de telle façon que les pertes soient égales aux pertes totales Dans le cas des transformateurs de type ODAF, ces pertes doivent être majorées de 10 % pour tenir compte d'une perte d'efficacité par encrassement du système de réfrigération. La puissance de l'alimentation doit maintenue constante.

Echauffement des enroulements

Remplacer le texte du premier alinéa par le suivant :

L'échauffement de chaque enroulement doit être déterminé en retranchant de la température moyenne de l'enroulement, mesurée par la méthode de variation de résistance, la température du milieu refroidissant extérieur au cours de l'essai, les enroulements étant traversés par les courants à la fréquence assignée correspondant aux grandeurs de la prise limite d'échauffement (définies dans le STP).

j. Méthodes de mise en charge

Pour la mise en charge des transformateurs à deux enroulements, la méthode généralement appliquée par le constructeur est celle décrite au paragraphe 3. 8. 3 du CCTP.

Méthode de mise en charge directe (Cette méthode n'est généralement pas appliquée)

Méthode d'opposition (Cette méthode n'est généralement pas appliquée)

Méthode de court-circuit

Remplacer le texte du premier alinéa par le suivant et introduire la note en fin d'alinéa :

Pour déterminer l'échauffement de l'huile, un des enroulements étant en court-circuit, on alimente l'autre enroulement sous une tension telle que les pertes dissipées dans les enroulements en essai soient égales à la somme des pertes à vide, et des pertes dues à la charge, à la température de référence. Dans le cas des transformateurs et autotransformateurs de type ODAF, ces pertes doivent être majorées de 10% pour tenir compte d'une perte d'efficacité par encrassement du système de réfrigération. On détermine l'échauffement de l'huile à sa partie supérieure et son échauffement moyen.

NOTE – Pour la deuxième partie de l'essai (détermination de l'échauffement des enroulements), « les courants assignés » sont ceux qui correspondent aux grandeurs de la prise utilisée pour les essais d'échauffement.

Mise en charge de transformateurs à plusieurs enroulements

La méthode de mise en charge pour l'essai d'échauffement, proposée par le constructeur, doit faire l'objet d'un accord avec le client

k. Correction de température pour tenir compte du refroidissement des transformateurs coupure de l'alimentation

A - Analyse des gaz dissous

On doit procéder à l'analyse des gaz dissous dans l'huile des transformateurs avant et après l'essai d'échauffement, conformément aux modalités définies dans la publication 1181 de la CEI.

Les valeurs admissibles pour les taux d'augmentation des concentrations des gaz sont indiquées dans la revue ELECTRA de la CIGRE, n°82 – mai 1982 – pp. 38-40.

4.3. NIVEAUX D'ISOLEMENT ET ESSAIS DIELECTRIQUES

(Modifications et compléments à la norme CEI 60076 – Partie 3)

4.3.1. Domaine d'application

4.3.2. Référence normative

4.3.3. Définitions

4.3.4. Généralités

Le paragraphe de la CEI s'applique avec les précisions suivantes :

Les essais d'isolement sur le transformateur complet doivent être effectués avec les traversées et le changeur de prise destinée à équiper l'appareil en service.

L'utilisation de résistance non linéaires ou de parafoudres placés à l'intérieur du transformateur n'est pas autorisée.

4.3.5. Tension la plus élevée pour le matériel et niveau d'isolement

4.3.6. Règles pour certains types spéciaux de transformateurs

4.3.7. Prescriptions relatives à l'isolement et essais diélectriques – règles de base

a. Généralités

La publication CEI s'applique. Les règles de base qui permettent de définir les exigences relatives à l'isolement et les essais de tenue diélectrique sont les suivantes (elles sont résumées dans le tableau I suivant).

Tableau I – Exigence et essais pour différentes catégories d'enroulements

Type d'enroulement	Tension d'essais de tenue constituant le niveau d'isolement, paragraphes et tableaux correspondants	Essais et articles correspondants
--------------------	---	-----------------------------------

72,5 < U _m Isolation uniforme	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence industrielle, 7.2, II • Choc de foudre, 5.2, II 	<ul style="list-style-type: none"> • FI : Tension appliquée à fréquence industrielle (essai individuel), 11 • FICD : Tension induite courte durée (essai individuel), 12.2 ou 12.3 • CF : Choc de foudre sur les bornes de ligne (essai individuel), 13 et 14
72,5 < U _m < 170kV isolation uniforme et non uniforme	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence industrielle, 7.2, II • Choc de foudre, 7.2, II 	<ul style="list-style-type: none"> • FI : Tension appliquée à fréquence industrielle (essai individuel), 11 • FICD : Tension induite courte durée (essai individuel), 12.2 ou 12.3 • CF : Choc de foudre sur les bornes de ligne (essai individuel), 13 et 14
170 < U _m < 300kV isolation uniforme et non uniforme	<ul style="list-style-type: none"> • Choc de foudre pour les bornes de ligne, 7.2, II • Choc de manœuvre pour les bornes de ligne, 7.2, II • Fréquence industrielle pour le neutre, 7.5 1. Fréquence industrielle, 7.2, II 	<ul style="list-style-type: none"> • CF : Choc de foudre (essai individuel) sur les bornes de lignes, 13 et 14 • CM : Choc de manœuvre (essai individuel) sur les bornes de ligne, 15 • FI : Tension appliquées à fréquence industrielle (essai individuel), 11, correspondant au niveau d'isolement du neutre • FILD : Tension induite longue durée (essai individuel), 12.4, avec mesure de décharges partielles

Pour chaque type d'appareil, les renseignements concernant les caractéristiques de l'isolation sont fournis dans le STP correspondant.

b. Exigence concernant l'isolement

La publication CEI s'applique. Les tensions de tenue assignées pour les enroulements de transformateur doivent être conformes au tableau II suivant :

Tableau II – Tensions de tenue assignées pour les enroulements de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel U_m est inférieure à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U _m	Tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle	Tension assignée de tenue au choc de manœuvre	Tension assignée de tenue au choc de foudre
(valeur efficace) kV	Entre phase et terre (valeur efficace) kV	Entre phase et terre (crête) kV	(crête) kV

12	28	—	75
17, 5	38	—	95
24	50	—	125
36	70	—	170
52	95	—	250
72, 5	140	—	325
100	185	—	450
123	230	—	550
145	275	—	650
170	325	—	750
245	460	850	1050

c. Essais diélectriques

Les essais diélectrique prévus par la publication CEI s'appliquent en tenant compte des exigences relatives à l'isolement et aux essais de tenue diélectrique (tableau I de la présente spécification) et des niveaux de tensions de tenue assignées (tableau II de la présente spécification).

En plus des essais prévus par la CEI, il est demandé un essai de tenue à fréquence industrielle par tension appliquée à la borne de neutre.

d. Exigence d'isolement et d'essais pour la borne du neutre d'un enroulement

Pour chaque type de transformateur, les tensions assignées de tenue du neutre ainsi que le mode de mise à la terre du neutre sont précisés dans le chapitre STP correspondant.

Généralités

Borne de neutre directement mise à la terre

La publication CEI s'applique. L'essai de tenue à fréquence industrielle par tension appliquée à la borne de neutre doit être réalisé par le constructeur.

Borne de neutre non directement mise à la terre

La publication CEI s'applique. L'essai de choc de foudre et l'essai de tenue à fréquence industrielle par tension appliquée à la borne de neutre doit être réalisé par le constructeur.

4.3.8. Essais sur un transformateur comportant un enroulement à prises

La publication CEI s'applique toutefois les prises utilisées pour la réalisation des essais diélectriques doivent être convenues entre le constructeur et Redal.

4.3.9. Renouvellement des essais diélectriques

4.3.10. Isolement des circuits auxiliaires

4.3.11. Essai par tension appliquées à fréquence industrielle par source séparée

4.3.12. Essai par tension induite en FI (FI CD, FI LD)

La publication CEI s'applique, toutefois le schéma d'essai doit être soumis au client.

4.3.13. Essai au choc de foudre

- a. Généralités
- b. Séquence d'essais
- c. Connexions d'essais

Connexions d'essais pendant les essais sur les bornes de ligne

Essais au choc sur la borne neutre

Lorsque le neutre d'un enroulement a une tension assignée de tenue au choc, on doit appliquer l'essai directement sur celui-ci, toutes les bornes de lignes étant alors reliées à la terre. Dans ce cas, cependant, une plus longue durée du front, pouvant atteindre 13 μ s, est permise.

Méthode de la surtension transmise (Méthode non utilisée.)

- d. Enregistrements à effectuer lors des essais
- e. Sanction de l'essai
- f. Essai au choc de foudre coupé sur la queue

(Essai non prescrit)

4.3.14. Essai au choc de manœuvre

La publication CEI s'applique, toutefois le schéma doit être soumis au client.

4.3.15. Distance d'isolement dans l'air

Annexe A
(Normative)

Guide d'application pour la mesure des décharges partielles sur un transformateur lors d'un essai par tension induite 12. 2 12. 3 et 12. 4

(Le texte de cette annexe est inchangé)

Annexe B

(Informative)

Surtensions transmises de l'enroulement haute tension à un enroulement basse tension

(Le texte de cette annexe est inchangé)

Annexe C

(Normative)

Prescriptions concernant l'isolement du transformateur et les essais diélectriques à fournir

Les prescriptions pour les enroulements sont précises, soit dans la présente spécification, soit dans les STP correspondant aux différents types d'appareils

Annexe D

(Normative)

Tension d'essai pour l'essai de tenue de tension induite en FI de courte durée (FICD)

Le texte de cette annexe est inchangé, l'annexe D s'applique.

4.4. PRISE ET CONNEXIONS

(Modification et compléments à la norme CEI 60076 – Partie 4)

SECTION UN – PRISES

4.4.1. Domaine d'application

4.4.2. Prescriptions valables pour toutes les catégories de réglage

a. Généralités

b. Prise principale

Ajouter la note suivante à la fin du paragraphe :

NOTE- La prise principale est définie dans le STP propre à chaque type d'appareil.

c. Spécification de l'étendue de prises

d. Spécification de l'impédance de court-circuit

Impédance de court –circuit sur la prise principale

Impédance de court –circuit sur d'autres prises

Remplacer le texte du paragraphe par le suivant :

Les impédances de court-circuit pour les prises autres que la prise principale ainsi que les tolérances sont indiquées dans les STP correspondants.

e. Prescriptions relatives aux pertes dues à la charge

f. Prescriptions relatives à l'échauffement (garanties et essais)

g. Prescriptions relatives au fonctionnement à une tension supérieure à la tension de prise

4.4.3. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage à flux constant

a. Définition du réglage à flux constant (R. F. C)

b. Prescriptions complémentaires pour le réglage à flux constant (R. F. C)

Remplacer le texte de la note 2 du paragraphe b) par le suivant :

- 2- Pour des transformateurs à enroulements séparés, la prise à utiliser pour l'essai d'échauffement est « la prise limite d'échauffement précise dans le STP propre à chaque type d'appareil. Dans le cas où il n'est pas défini de « prise limite d'échauffement », l'essai est effectué sur « la prise à courants maximaux ».

c. Transformateurs à enroulements séparés de puissance nominales au plus égale à 3 150 kVA et d'étendue de prises au plus égale à $\pm 5\%$

(Sans objet pour la présente spécification).

4.4.4. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage à flux variable

(Article sans objet pour la présente spécification)

4.4.5. Définition et prescriptions complémentaires pour le réglage combine

(Article sans objet pour la présente spécification)

SECTION DEUX – CONNEXIONS

4.4.6. Mode de connexion des enroulements de phase

4.4.7. Déphasage entre enroulements

Annexe A : Exemples de spécifications de transformateurs avec prises de réglage

(Informative)

A. 1 Réglage à flux constant

(Le texte de cet article est inchangé)

A. 2 Réglage à flux variable

(Article sans objet pour la présente spécification)

A. 3 Réglage à flux combiné

(Article sans objet pour la présente spécification)

Annexes B : Couplages usuels des transformateurs

(Informative)

(Le texte de cette annexe est inchangé)

Annexes C : Repérage et marquage des bornes et des prises

(Normatives)

C. 1 Généralités

(Le texte de cet article est inchangé)

C. 2 Repérage des bornes

C. 3 Disposition des bornes

(Le texte de cet article est inchangé) Toutefois la disposition des bornes doit être soumise au client.

C. 4 Repérage des prises

(Le texte de cet article est inchangé)

C. 3 Repérage des dispositifs mécaniques de changement de prises

(Le texte de cet article est inchangé)

4.5. TENUE AU COURT – CIRCUIT

(Modifications et compléments à la norme CEI 60076 –Partie 5)

a) Domaine d'application

4.5.1. Reference normatives

4.5.2. Prescriptions relatives à la tenue au court-circuit

a. Généralités

b. Conditions de surintensité

Conditions générales

Transformateurs à deux enroulements principaux séparés

Le domaine d'application de la présente spécification correspond à :

- a) La catégorie II pour les transformateurs dont l'enroulement haute tension est raccordé aux réseaux 90 KV ou 63 KV et l'enroulement basse tension aux réseaux de distribution (HTA)

La catégorie III pour les transformateurs dont l'enroulement haute tension est raccordé aux réseaux 225 KV et l'enroulement basse tension aux réseaux de distribution (HTA)

Le tableau I et les notes 1 et 2 associées ne s'appliquent pas. Remplacer le texte du paragraphe par le suivant :

La valeur de l'impédance de court-circuit de chaque type d'appareil est indiquée dans le chapitre STP correspondant.

Remplacer le paragraphe par :

Le courant de court-circuit maximal et les caractéristiques des réseaux à prendre en compte figurent dans le tableau II.

Tableau II

Tension la plus élevée du réseau (kV)	Courant de court-circuit maximal (kA)
72, 5	20
100	31, 5
245	31, 5

Transformateur à plus de deux enroulement et autotransformateurs

(Sans objet pour la présente spécification)

Transformateurs survolteurs

(Sans objet pour la présente spécification)

Transformateurs directement associés à d'autres appareils

(Sans objet pour la présente spécification)

Transformateurs spéciaux et transformateurs installés dans des réseaux caractérisés par un fort taux de défaut.

Le nombre moyen de court-circuit par an sur les câbles du réseau HTA en sortie du transformateur est compris entre 10 et 20 défauts par an.

Dispositif de changement de prises

Bornes neutres

4.5.3. Démonstration de la tenue au court-circuit

a. Tenue thermique au court-circuit

b. Tenue mécanique au court-circuit

Généralités

La capacité à résister à l'effet mécanique de court-circuit doit être démontré par des calculs et des considérations de conception

Conditions dans lesquelles est présenté le transformateur avant les essais de court-circuit

(Sans objet pour la présente spécification)

Valeur de la première crête \hat{i} du courant de court-circuit

Tolérance sur la valeur asymétrique de crête du courant d'essai de court-circuit

(Sans objet pour la présente spécification)

Conduite des essais de court-circuit

(Sans objet pour la présente spécification)

Procédure d'essai de court-circuit pour les transformateurs avec plus de deux enroulement et autotransformateurs

(Sans objet pour la présente spécification)

Détection des défauts et évaluation des résultats d'essai

(Sans objet pour la présente spécification)

Annexe A : Guide pour l'identification d'un transformateur similaire

(Normative)

(Le texte de cette annexe est inchangé)

Annexe B : Méthode de calcul pour la démonstration de la tenue aux effets dynamiques du court-circuit

(Normative)

(Le texte de cette annexe est inchangé)

ARTICLE 5 – SPECIFICATIONS TECHNIQUES PARTICULIERES (STP) DES TRANSFORMATEURS 225/21.5 kV-70MVA

5.1. DOMAINE D'APPLICATION

Le présent Chapitre s'applique aux différents types de transformateurs triphasés, de puissance assignée **70 MVA**, à refroidissement de type ODAF ou ONAN(70%)/ODAF tout en respectant l'encombrement de la loge existante hors grille 20kV, dont l'enroulement haute tension est raccordé au réseau 225KV et l'enroulement basse tension alimente un réseau de distribution de tension de 20 KV.

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

Ce chapitre complète et précise le chapitre concernant les spécifications techniques Générales, qui fournit les prescriptions communes aux autotransformateurs et transformateurs de puissance, immergés dans l'huile, du type extérieur.

5.2. REFERENCES NORMATIVES

5.2.1. Documents de normalisation française (UTE)

NF C 52-062, 1993, Traversées à répartition capacitive immergées d'extérieur, 52 à 420 KV pour transformateurs ou bobines d'inductance immergés dans l'huile.

5.2.2. Documents de normalisation européenne (EN)

EN 50-180 de 1997 : Traversées de tensions supérieures à 1 KV jusqu'à 36 KV et de 250 A à 31,5 KA pour transformateurs à remplissage de liquide.

5.2.3. Documents EDF

HN 65-S-13 : 1980, Eclateurs de protection des installations à haute et très haute tension (63 à 400 KV).

Spécification technique RTE 76 – Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) de 2001 référencée D NA TSP CNET 01-M2-050, Transformateurs de puissance raccordés aux réseaux de transport.

Spécification d'Entreprise de l'EDF N° 44 – 1 : 1994, Transformateurs de mesure – Partie 1 : Transformateurs de courant.

Spécification technique RTE N° 99-4 : 3^{ème} édition de 2001 référencée D NA TSP CNER 01-M2-001 Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour réseaux de tension nominale supérieure à 63 KV.

Directives Technique pour l'étude et la construction des postes (" Directives Postes ") établis par le Centre National d'ingénierie Réseaux (CNIR) d'EDF.

5.3. MODE DE REFROIDISSEMENT

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

En cas de réfrigération réduite, pour une température ambiante de 30°C, la température des enroulements ne dépasse les limites définies dans le chapitre : STG- partie 2.

5.4. CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

5.4.1. Puissance assignée (Sr)

La valeur de la puissance assignée des enroulements raccordés aux réseaux 225 KV et HTA est de **70 MVA** quel que soit le mode de refroidissement ODAF.

5.4.2. Tensions assignée (Ur)

Les valeurs de la tension assignée des enroulements sont les suivantes :

- enroulement haute tension : 225 KV
- enroulement basse tension : 21,5 KV

5.4.3. Mode de connexion et déphasage entre enroulements

L'enroulement, Très haute tension, destiné à être raccordé au réseau 225 KV est toujours connecté en étoile avec neutre sorti (équipé de TC).

L'enroulement basse tension est connecté en étoile avec neutre sorti (équipé de TC).

Ce neutre sera relié à une résistance de limitation de courant à 1000 A. Cette résistance du neutre du transformateur n'est pas comprise dans le présent appel d'offres.

5.4.4. Réglage de la tension

L'enroulement haut tension est muni, côté neutre, de prises de réglage dont l'étendue totale est égale à $\pm 16\%$ de la tension assignée. La tolérance sur cette plage de réglage sera $\pm 0,3\%$. 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 du réglage est fixé à 25 et l'échelon de réglage à $4/3\%$ 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 $4/3\%$.

La pénalité sera de 1.4% du montant initial du transformateur avant application de la pénalité par 0.1% d'écart au-delà de la tolérance, et le refus sera de droit pour un dépassement de $\pm 1\%$.

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

Pour 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 (prise 21).

La prise utilisée pour l'essai d'échauffement est la prise moyenne qui correspond à 100% de puissance assignée.

5.4.6. Impédance de court-circuit

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

La tolérance, par rapport à la valeur spécifiée est comprise entre $\pm 7,5\%$ sur la prise moyenne.

La pénalité sera de 0.7% du montant initial du transformateur avant application de la pénalité par 1% d'écart au-delà de la tolérance, et le refus sera de droit pour un dépassement de $\pm 10\%$.

5.4.7. Niveau d'isolement

Mise à la terre et protection des neutres

Les points neutres des enroulements 225 KV sont généralement maintenus isolés. Ils peuvent, dans certains cas, être reliés à la terre soit directement, soit par l'intermédiaire d'une bobine d'inductance.

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

Protection des extrémités ligne des enroulements

Les extrémités ligne de l'enroulement raccordé au réseau 225KV doivent être protégées entre phase et terre par des éclateurs de traversées à tiges dont les caractéristiques dimensionnelles et d'installation sont définies dans la spécification technique EDF HN 65-S-13 . Ces éclateurs doivent être déposés dans le cas où les parafoudres sont supportés par la cuve du transformateur.

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

Tension de tenue assignée

L'enroulement haute tension est à isolation graduée.

Les tensions de tenue des extrémités ligne de cet enroulement doit être conforme aux prescriptions du tableau II du chapitre des spécifications techniques générales (STG) - Partie 3.

Les tensions de tenue de l'extrémité neutre de l'enroulement haute tension doivent être conformes aux prescriptions du tableau II du chapitre de la spécification techniques générales (STG) - Partie3.

L'enroulement basse tension est à isolation uniforme. Les tensions de tenue de cet enroulement doivent être conformes aux prescriptions du tableau II du chapitre de la spécifications techniques générales (STG) - Partie 3.

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

Tension assignée de l'enroulement 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 manœuvre 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	125
Tension de tenue à fréquence industrielle côté Neutre, valeur efficace entre phase et terre (KV)	185	50

Prescriptions particulières pour les essais diélectriques

Aucune prescription particulière n'est prévue pour les essais diélectriques.

5.4.8. Courant à vide

La valeur efficace du courant à vide ainsi que l'amplitude des harmoniques exprimées en pour cent de la composante fondamentale doivent être précisées pour chacune des phases par le constructeur dans les Eléments techniques garantie par le constructeur.

Conformément aux prescriptions du paragraphe 171.4 (d) du chapitre STG des spécifications techniques générales – Partie 1, la mesure doit être effectuée à la tension assignée ainsi qu'à 1,1 fois cette tension. Le courant à vide ne doit pas dépasser 0,5 % du courant assigné sous la tension assignée, cette valeur est garantie par le constructeur.

La pénalité sera de 0.35% du montant initial du transformateur avant application de la pénalité par % d'écart au-delà de la tolérance.

5.4.9. Échauffement

Les limites d'échauffement sont spécifiées dans la fiche technique des valeurs garanties (FTVG).

La pénalité sera de 0.75% du montant initial du transformateur avant application de la pénalité par degré de dépassement, et le refus sera de droit pour un dépassement de 5°C.

5.4.10. Pertes

Les valeurs des pertes à vide P_v , des pertes dues à la charge P_c (à la puissance nominale) et de la puissance par la réfrigération (tous les ventilateurs en service) P_{aux} doivent être garanties par le constructeur.

- P_v les pertes à vide (pour $U=U_r$) sont inférieures ou égal à 27kW.
- P_c les pertes en charge à 75°C pour prise médiane (base 70MVA) sont inférieures ou égal à 243kW.

P_{aux} est la valeur mesurée de la consommation de tous les ventilateurs en service. P_{aux} doivent être garanties par le constructeur.

Dans tous les cas le niveau de la puissance absorbée par la réfrigération ne doit pas dépasser 4KW. Les tolérances sur les pertes indiquées au tableau III de la partie 1 du chapitre (STG), s'applique aux valeurs mesurées sur chaque appareil par rapport aux valeurs garanties par le constructeur.

Pour la valorisation des pertes, les valeurs suivantes sont utilisées:

- **160 kDH par kW de pertes à vide**
- **55 kDH par kW de pertes cuivre**

Les pénalités seront calculées à la base du double des valeurs utilisées pour la valorisation des pertes.

5.4.11. Fonctionnement à une tension de spire supérieure à la tension assignée

Le transformateur doit pouvoir fonctionner à sa puissance assignée pendant trois heures consécutives, avec une tension par spire supérieure de 10 % à celle correspondant à la tension assignée sans qu'il en résulte d'inconvénients, tels qu'échauffements locaux, vibrations et bruits anormaux.

5.4.12. Impédances homo polaires - 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 $Z_{réf}$. $Z_{réf} = U_r^2 / S_r$, U_r et S_r étant les grandeurs assignées de l'enroulement haute tension ;

De plus, pour les transformateurs connectés étoile - étoile, l'impédance homopolaire par phase entre les bornes de l'enroulement Très haute tension et la borne de neutre, les bornes de ligne et de neutre de l'enroulement basse tension étant reliées ensemble, doit être inférieure ou égale à l'impédance de court - circuit entre les deux enroulements.

Les valeurs des réactances du schéma homopolaire du transformateur tel que défini au paragraphe X.g dans le chapitre : spécifications techniques générales (STG) - Partie 1.

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

5.4.13. Traversées Huile/SF6

Les traversées 245KV et 100KV doivent être à partie intérieure courte et doivent répondre à la norme CEI 60137. Leurs caractéristiques assignées sont indiquées dans le tableau ci-après.

Traversées	Tension assignée U_r KV	Courant assignée I_r A
Extrémité raccordée au réseau 225 KV	245	630
Extrémité raccordée au neutre 225 KV	100	630
Extrémités raccordées au réseau 20KV et extrémité raccordée au neutre du réseau HTA	24	2500

Les caractéristiques assignées des traversées de l'enroulement basse tension sont indiquées dans le tableau ci-après.

Tension assignée de l'enroulement basse tension du transformateur	Tension assignée U_r	Courant assigné I_r
21 KV	24 KV	2000 A

La disposition et le repérage des traversées sont précisées dans le chapitre : spécifications techniques générales (STG) - Partie 4, annexe C. Les dimensions des prises de courant sont définies dans les normes de référence citées dans les tableaux ci-dessus.

5.4.14. Transformateurs de courant

Transformateurs de courant pour traversées huile/SF6

Les traversées de phase de l'enroulement 225KV doivent être équipées, de transformateurs de courant à trois enroulements 200/5-5A, 20VA, 2x5P20, le neutre avec un transformateur simple enroulement 200/5A conforme à la CEI 60044-1 et 60044-6.

Transformateurs de courant pour l'enroulement 20kv

Les traversées de phase de l'enroulement basse tension doivent être équipées, de transformateurs de courant à trois enroulements 2500/5-5-5A, 20VA, CI 0,5, 2x5P20, le neutre avec un transformateur simple enroulement 500/5A, 5P20, conformes à la CEI 60044-1 et 60044-6.

Transformateurs de courant pour la protection masse - cuve

Un transformateur de courant, conforme à la spécification d'Entreprise (RTE) N°44-1, de type ATOW, isolé électriquement de la cuve, assure la protection masse – cuve du transformateur.

Le rapport du TC masse cuve : 200/1A.

5.4.15. Prescriptions concernant la tenue au court - circuit

Les prescriptions relatives à la tenue au court - circuit sont celles définies dans le chapitre : spécifications techniques générales (STG) – Partie 5.

5.4.16. Niveaux de bruit

La puissance acoustique garantie à vide à la tension nominale avec tous les équipements de réfrigération en fonctionnement doit être inférieure ou égale à 80 dB;

Les ventilateurs doivent être choisis à éviter les « battements » avec l'onde fondamentale du transformateur à 100 Hz.

La pénalité sera de 3 % du prix initial du transformateur par 1 dB d'écart au-delà des valeurs garanties de puissance acoustique.

5.5. DISPOSITIONS PARTICULIÈRES DIMENSIONNELLES, DE CONSTRUCTION ET D'INSTALLATION

5.5.1. Transport

Les transformateurs doivent pouvoir être transportés par route, par chemin de fer et voie maritime jusqu'au poste source RIAD.

Transport par route

Dans le cas des transformateurs à refroidissement de type ODAF, le transport par route doit s'effectuer avec l'appareil plein d'huile et entièrement équipé (traversées, conservateur, aéro-réfrigérant) de manière à être installé sans intervention du constructeur.

La masse et le gabarit de l'ensemble doivent correspondre à la deuxième catégorie définie au paragraphe 170.1 du chapitre DGC.

Transport par chemin de fer ou voie maritime

Pour le transport par chemin de fer ou voie maritime des transformateurs, le wagon surbaissé ou à plateau, défini au paragraphe 170.1 du chapitre : DGC, doit pouvoir être utilisé avec le démontage du minimum d'accessoires et avec leur huile de remplissage.

5.5.2. Installation

Les transformateurs seront de type extérieur installés sous bâtiment, selon CSTG ONEE.

5.5.3. Dispositifs de roulement et d'appui

La cuve doit pouvoir reposer sur quatre chapes à galets permettant le roulement du transformateur suivant deux axes principaux correspondant aux voies de desserte et de repos. Les chapes à galets doivent correspondre au type B défini dans la norme de référence (voir paragraphe 170.3 du chapitre DGC).

L'écartement des rails de la voie de desserte (déplacement dans le sens longitudinal) est de 1,44m.

L'écartement des rails de la voie de repos (déplacement dans le sens transversal) est de 2,94m les transformateurs 225 KV/HTA ;



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.

Note :

La plus grande distance entre l'axe des pièces d'appui et l'encombrement hors tout du transformateur (armoires portes ouvertes, s'il y a lieu) doit faire l'objet d'une confirmation par Redal avant de commencer la fabrication.

5.5.4.Appuis de vérin

En partie inférieure de la cuve se trouvent quatre plaques d'appui permettent de soulever le transformateur au moyen de vérins et situées :

- à l'aplomb des rails de la voie de desserte éventuelle ;
- à l'aplomb des zones de vérinage prévues sur les longrines (voir les plans des massifs de repos dont les références sont indiquées au paragraphe 172.6.2 ci-dessus).

5.5.5.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 prise est alimenté à courant continu.

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

5.5.6.Dispositif de refroidissement

Le raccordement des aéroréfrigérant doit pouvoir être réalisé indifféremment et sans adaptation sur une grande face ou sur l'autre de l'appareil. L'emplacement du montage de ces aéroréfrigérant sera communiqué au contractant après l'établissement de l'ordre de service.

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 fusible. Le contractant doit prévoir les éléments nécessaires (canalisation et pièce de fixation...etc.) pour les deux types de montage.

5.5.7.Protection imagerie thermique avec contrôle de température

Cette protection doit être installée dans la salle de commande. 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 ».

La commande des ventilateurs se fera par thermostats ou thermomètre selon les valeurs limite d'échauffement du transformateur.

5.5.8.Cycle de fonctionnement des ventilateurs

La marche des ventilateurs doit se faire :

- Manuellement par commande directe
- Automatiquement : similaire à la commande des transformateurs existants T1 et T2.

5.5.9. Circuits basse tension des auxiliaires

La numération des bornes du bornier "client" ainsi que la fonction des circuits qui doivent s'y raccorder sont indiquées en annexe A.

De plus, tout défaut électrique au niveau de l'armoire, ne mettant pas en cause de façon immédiate le bon fonctionnement de la réfrigération, doit être signalé et transmis par 2 contacts secs au niveau du bornier "client".

Le réseau auxiliaire à courant alternatif n'est utilisé que pour l'alimentation et le relaiage de commande des moteurs des pompes et des ventilateurs de la réfrigération ainsi que pour le chauffage des armoires contenant de l'appareillage basse tension.

5.5.10. Limites particulières de fourniture

En complément des limites définies au paragraphe 170.16 du chapitre : Dispositions Générales de Construction DES TRANSFORMATEURS (DGC), le constructeur du transformateur doit fournir :

- les galets de roulement.
- Le transformateur de courant de protection masse-cuve
- Les transformateurs de courant pour les traversées 20 KV et pour la protection «imagerie» thermique.
- Le jeu de vérins de soulèvement pour les transformateurs.
- La vérine Type à décade à lampes d'indication de position qui doit être fourni et installé dans la salle de commande. La filerie entre la salle de commande et le transformateur sera à la charge de Redal.

5.5.11. Pièces de rechange

L'Entrepreneur doit fournir les pièces de rechange suivantes:

- Bornes de Raccordement :
 - Une borne phase THT complète
 - Une borne neutre THT complète
 - Une borne phase HTA complète
 - Une borne neutre HTA complète
- Régleur en charge :
 - Un moteur de régleur en charge
 - Une série de contact de puissance fixe et mobile
 - Deux contacts de fin de course
 - Un contacteur de freinage
 - Un jeu complet de relais comprenant :
 - Un relais de sélection de sens de fonctionnement
 - Un relais de cde automatique
 - Un relais auxiliaire de commande « augmenter »
 - Un relais auxiliaire de commande « diminuer »
 - Un relais auxiliaire cran par cran.
- Système de refroidissement :
 - 1 ventilateur
 - 1 pompe complète
- Protection, commande et signalisation :
 - Une soupape de sûreté (suppression)

- Un relais de Buchholz
 - Une sonde pour indicateur de température
 - Un indicateur de température
 - Un thermostat de mise en marche des aéro-réfrigérants
 - Un thermostat de mise en marche des motopompes
 - Un thermostat alarme
 - Un thermostat déclenchement
- Divers :
- Un jeu complet de joints.

ARTICLE 6 – FICHES TECHNIQUES DES VALEURS GARANTIE (FTVG)

La fiche technique correspondant aux éléments Techniques Garanties par le constructeur pour les Transformateurs 225/20 KV-70MVA doit être dûment renseignée.

Toute offre non accompagnée de cette fiche sera automatiquement rejetée.

Le Directeur des Achats

Adil HAMDAN