

Cahier Des Clauses Techniques Générales Relatives Aux Équipements Hydro-Électromécaniques

Volet : Groupes De Pompage & Moteurs Électriques

TABLE DES MATIÈRES

PREAMBULE.....	4
CHAPITRE I : GROUPES ELECTROPOMPES.....	5
ARTICLE 1. TYPE DE POMPES CONCERNEES	5
ARTICLE 2. DISPOSITIONS COMMUNES	5
ARTICLE 3. NORMES APPLICABLES	6
ARTICLE 4. VITESSE CRITIQUE.....	7
ARTICLE 5. EQUILIBRAGE, VIBRATION ET NIVEAU SONORE.....	7
ARTICLE 6. PIECES SOUS PRESSION	7
ARTICLE 7. PALIERS, LUBRIFICATION ET REFROIDISSEMENT	8
ARTICLE 8. ROUES	9
ARTICLE 9. JEUX DE FONCTIONNEMENT	9
ARTICLE 10. ARBRE	9
ARTICLE 11. DISPOSITIFS D'ETANCHEITE D'ARBRE.....	9
ARTICLE 12. ACCOUPLEMENT ET TRANSMISSION	10
ARTICLE 13. CHASSIS	10
ARTICLE 14. LIGNAGE ET EQUILIBRAGE.....	10
ARTICLE 15. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT ET D'UTILISATION, CARACTERISTIQUES D'INSTALLATION	11
ARTICLE 16. COURBE CARACTERISTIQUE DU GROUPE.....	11
ARTICLE 17. MATERIAUX DE CONSTRUCTION	12
ARTICLE 18. PROTECTION CONTRE LA CORROSION	14
ARTICLE 19. LIMITE DE FOURNITURE ET DES PRESTATIONS	15
ARTICLE 20. PIECES DE RECHANGE.....	16
ARTICLE 21. CONTROLES ET ESSAIS EN USINE.....	16
21.1 Essais des matériaux.....	17
21.2 Epreuve hydraulique des pièces soumises à pression.....	17
21.3 Etalonnage des instruments de mesure.....	17
21.4 Essai de fonctionnement hydraulique.....	17
21.5 Liste des mesures à relever / calculer.....	18
21.6 Contrôle du revêtement anticorrosion.....	19
ARTICLE 22. ESSAIS SUR SITE APRES MONTAGE DES GROUPES.....	19
22.1 Essais de performances et critères d'acceptation :.....	19
ARTICLE 23. ESSAIS D'ENDURANCE	20
ARTICLE 24. MARQUAGE	20
ARTICLE 25. PREPARATION POUR L'EXPEDITION	20
ARTICLE 26. DOCUMENTATION CONTRACTUELLE.....	20
CHAPITRE II : MOTEURS.....	21
MOTEURS BASSE TENSION ASYNCHRONES TRIPHASES.....	21
ARTICLE 27. DEFINITION DU TYPE DE MOTEURS	21
ARTICLE 28. CONDITIONS D'UTILISATION	22
ARTICLE 29. CONSTRUCTION DU MOTEUR.....	22
ARTICLE 30. MATERIAUX	23
ARTICLE 31. DEGRES DE PROTECTION MINIMA.....	23
ARTICLE 32. MODE DE REFROIDISSEMENT.....	23
ARTICLE 33. BOBINAGE.....	23
ARTICLE 34. PALIERS.....	23
ARTICLE 35. ROULEMENTS	24
ARTICLE 36. CONCEPTION DU CORPS DE PALIER.....	24
ARTICLE 37. DISPOSITIFS D'ETANCHEITE.....	24
ARTICLE 38. LUBRIFICATION	24
ARTICLE 39. TENSION D'ALIMENTATION	24
ARTICLE 40. VITESSE NOMINALE.....	24
ARTICLE 41. RENDEMENT	25
ARTICLE 42. DEMARRAGE	25
ARTICLE 43. PUISSANCE DU MOTEUR	26
ARTICLE 44. LIMITE D'ECHAUFFEMENT DES BOBINAGES	26

ARTICLE 45.	SERVICE DE FONCTIONNEMENT	26
ARTICLE 46.	RESISTANCE D'ISOLEMENT	26
ARTICLE 47.	COURANTS DE PHASE	26
ARTICLE 48.	SENS DE ROTATION - MARQUAGE DES BORNES	27
ARTICLE 49.	SONDES DE TEMPERATURE	27
ARTICLE 50.	INDICATEURS DE VIBRATIONS DANS LES PALIERS	27
ARTICLE 51.	VIBRATIONS	27
ARTICLE 52.	PEINTURE	27
ARTICLE 53.	REVETEMENT ANTICORROSION	28
ARTICLE 54.	PIECES DE RECHANGE.....	28
ARTICLE 55.	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES.....	28
ARTICLE 56.	CONTROLES ET ESSAIS EN USINE.....	28
ARTICLE 57.	EQUILIBRAGE DYNAMIQUE ROTORS	28
ARTICLE 58.	ESSAI DE FONCTIONNEMENT A VIDE	28
ARTICLE 59.	ESSAI DE FONCTIONNEMENT EN CHARGE.....	29
ARTICLE 60.	ESSAI D'ECHAUFFEMENT	29
ARTICLE 61.	CONTROLE DU REVETEMENT ANTICORROSION	29
ARTICLE 62.	ESSAIS ET CONTROLES SUR SITE	29
ARTICLE 63.	MARQUAGE	29
ARTICLE 64.	PREPARATION POUR EXPEDITION	30
ARTICLE 65.	DOCUMENTATION CONTRACTUELLE.....	30

Préambule

Le Cahier des Clauses Techniques comporte deux parties : les clauses générales (CCTG) et les clauses particulières (CCTP).

Le présent Cahier des Clauses Techniques concerne les clauses générales (CCTG) relatives aux marchés de travaux d'eau potable, Tome 1 : Equipements hydro-électromécaniques et électriques.

Le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) développe, complète ou modifie ce CCTG.

Dans le cas de divergence entre les clauses des deux documents, celles du CCTP prévaudront sur les premières.

Les articles de ce CCTG qui ne sont pas modifiés par le CCTP s'appliquent de plein droit aux marchés qui y se réfèrent.

CHAPITRE I : GROUPES ELECTROPOMPES

Article 1. Type de pompes concernées

La présente spécification s'applique aux pompes centrifuges et aux groupes électropompes suivants :

- **Pompes centrifuges de surface**

Il s'agit de pompes centrifuges à volute, à roue à une entrée ou double entrée avec corps de pompe à plan de joint et aux pompes multicellulaires.

Elles peuvent être de construction horizontale ou verticale.

- **Pompes centrifuges verticales à corps immergé**

Il s'agit de pompes centrifuges verticales à corps immergé.

- **Groupe électropompes submersibles**

Il s'agit de groupes électropompes submersibles monoblocs verticaux à volute, pour installation immergée permanente, semi-permanente et/ou transportable. Ces groupes peuvent aussi être installés en fosse sèche.

- **Groupes électropompes submersibles verticaux à refoulement concentrique**

Il s'agit de groupes électropompes submersibles monoblocs verticaux à refoulement concentrique, pour installation immergée permanente, installés dans des fûts métalliques ou en béton.

- **Groupes électropompes immergés**

Il s'agit de groupes électropompes immergés verticaux pour installation immergée permanente, installés dans des puits ou forages

Domaine D'utilisation :

Les pompes et groupes électropompes sont utilisés pour le pompage d'eaux potables ou brutes (eau de barrage, eau de rivière, eau de mer, eau souterraine, eau de rejet, eau de recirculation...)

Article 2. Dispositions communes

Les termes et définitions sont ceux définis dans la norme ISO 5199.

Les spécifications de l'offre de l'entreprise doivent respecter dans l'ordre toutes les spécifications du cahier des clauses techniques particulières (CCTP) et du cahier des clauses techniques générales (CCTG). Toute divergence avec les spécifications du CCTP et du CCTG doit être clairement signalée par l'entreprise.

Le fournisseur garantit que tous les groupes de pompage proposés sont neufs, sont du modèle le plus récent, incluent toutes les dernières améliorations en matière de conception, robustes et fiables et ont une durée de vie minimale de 15 ans pour un fonctionnement 20h/24h.

Le type de pompe objet de la fourniture, indiqué au niveau du CCTP doit être respecté. Toute modification doit être proposée en option en plus de la solution administrative. L'entreprise confirme que son offre variante inclut toutes les modifications liées à cette solution variante (adaptations, ajout d'autres équipements ...). Le maître d'ouvrage se réserve le droit de la refuser. Sauf indication contraire du CCTP, les groupes de surface seront du type à roues entre deux paliers. Ils seront du type à plan de joint pour les débits supérieurs à 150m³/h et hauteurs inférieures à 80 m pour les simples étage et 160 m pour les doubles étages.

Les pompes centrifuges à roue en porte à faux ne sont acceptables que pour les puissances inférieures ou égales à 30 kW.

Les pompes monoblocs ne sont admises que pour les pompes auxiliaires de puissance inférieure ou égale à 4 kW

Les performances hydrauliques et côtes fonctionnelles de raccordement des pompes centrifuges autres que les pompes à roues entre deux paliers ($P \leq 30 \text{ kW}$) seront normalisées ISO 2858 ou EN 733 pour permettre une interchangeabilité sans modification de l'installation. La conception des pompes sera toujours normalisée ISO 5199.

Sauf indication contraire du CCTP, la vitesse de rotation des groupes sera limitée à 1500 tr/mn, sauf pour les groupes à hautes pressions (Pression supérieure ou égale à 30 bars) et les groupes immergés pour lesquels la vitesse sera limitée à 3000 tr/mn.

Le fournisseur est tenu de fournir toute la documentation technique nécessaire sur le groupe, en langue Française, permettant la compréhension de la conception, le fonctionnement, la composition, l'installation, l'exploitation et maintenance du groupe

Article 3. Normes applicables

- **ISO 5199- 2002** : Spécifications Techniques pour pompes Centrifuges- Classe II et les normes qui y sont citées
- **ISO 2858** : En ce qui concerne les côtes fonctionnelles de raccordement
- **EN 733** : En ce qui concerne les côtes fonctionnelles de raccordement
- **ISO 3661- 1977** : Pompes centrifuges à aspiration en bout- Dimensions relatives aux socles et à l'installation
- **FD CEN/TR 13930 Mars 2009 (E 44 203)** : Pompes rotodynamiques - Conception des ouvrages d'aspiration - Recommandations d'installation des pompes
- **ISO 9906- 2012** : Pompes rotodynamiques - Essais de fonctionnement hydraulique pour la réception- Niveaux 1 et 2.
- **E 44-165- 1990** : Pompes Industrielles- Pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices- Niveau de vibrations mécaniques acceptable
- **ISO 21049- 2004** : Pompes- Dispositifs d'étanchéité de l'arbre pour pompes centrifuges et rotatives
- **ISO 3069:2000 Novembre 2000** : Pompes centrifuges à aspiration en bout - Dimensions des logements de garnitures mécaniques et de tresses
- **NF EN 12756 Avril 2001** : Garnitures mécaniques d'étanchéité - Dimensions principales, désignation et codes matériaux
- **ISO 1940-1** : Vibrations mécaniques- Exigences en matière de qualité dans l'équilibrage des rotors rigides- Partie1 : Détermination du balourd résiduel admissible

Normes matériaux applicables :

- **EN 1561 Décembre 2011** : Fonderie - Fontes à graphite lamellaire
- **EN 1563 Février 2012** : Fonderie - Fonte à graphite sphéroïdal
- **EN 1982 Juillet 2008** : Cuivre et alliages de cuivre - Lingots et pièces moulées
- **EN 10213 Décembre 2007** : Pièces moulées en acier pour service sous pression
- **EN 10088-1 Septembre 2005** : Aciers inoxydables - Partie 1 : liste des aciers inoxydables
- **EN 10025-1 Mars 2005** : Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 1 : conditions techniques générales de livraison

- **EN 10027-1 Novembre 2005** : Systèmes de désignation des aciers - Partie 1 : désignation symbolique

Article 4. Vitesse critique

La première vitesse latérale critique réelle du rotor couplé à l'entraînement agréé doit se trouver à au moins 10% au-dessus de la vitesse maximale admissible en continu, y compris, dans le cas d'entraînement par turbine, la survitesse de déclenchement.

Toute disposition contraire doit avoir l'accord préalable du maître d'ouvrage.

Article 5. Equilibrage, vibration et niveau sonore

Les parties tournantes ou glissantes doivent être parfaitement équilibrées. A l'intérieur des plages de fonctionnement garanties par l'entrepreneur elles ne donnent pas lieu à vibrations et bruits excédant les limites autorisées par les normes.

Elles sont protégées contre tout échauffement anormal.

Le niveau de puissance sonore du groupe mesuré en usine à (Q_{max}, N_{max}) selon ISO 3744 effectuée à 1 m de distance, ne doit pas excéder 80 dB (A).

Un capteur de vibration 4-20 mA à placer du côté opposé du moteur est à prévoir pour les pompes de surface de puissance absorbée supérieure à 200 kW.

Article 6. Pièces sous pression

L'entrepreneur doit préciser la pression maximale admissible (PMA) de la pompe en fonction de la température.

La PMA doit dépasser la pression à débit nul (vanne de refoulement fermée) et la PN de la tuyauterie et robinetterie au refoulement.

Le dimensionnement des pièces sous pression doit prendre en considération les exigences minimales suivantes :

- Une pression effective minimale de 10 bars à 20°C
- Un coefficient de sécurité minimum de 2
- Une surépaisseur de corrosion minimale de 3 mm

Le corps de pompe doit présenter une bonne rigidité aux contraintes des tuyauteries et préserver l'alignement de l'accouplement et des paliers.

La pompe doit être de construction robuste et totalement modulaire permettant d'inter changer les composants de la pompe.

La conception de la pompe doit permettre une facilité de maintenance avec possibilité de démontage rapide sans débrider le corps de pompe ni déplacer le moteur notamment pour les pompes de surface à axe horizontal.

Les pattes support seront moulées dans le corps de la pompe.

L'entreprise devra prendre les mesures qui s'imposent afin que les forces et moments appliquées par la tuyauterie sur les brides d'aspiration et de refoulement de la pompe soient admissibles et n'ont aucun impact le fonctionnement de la pompe.

Un diamètre minimal de 12 mm est exigé pour la boulonnerie et tirants externes, toute disposition contraire doit avoir l'accord préalable du maître d'ouvrage.

Article 7. Paliers, lubrification et refroidissement

Les paliers seront très robustes et largement dimensionnés. La conception, tant des paliers proprement dits, que de leurs fixations et de leurs supports sur la machine, devra conduire à des répartitions des pressions ou des charges aussi régulières que possible de manière à réduire les pertes par frottement d'une part, et les risques de grippage, d'autre part.

Quelle que soit l'installation des pompes (à axe horizontal ou à axe vertical) le palier côté moteur sera dimensionné pour reprendre la poussée axiale de la pompe.

Suivant le type d'accouplement si une poussée résiduelle subsistait elle serait communiquée au constructeur de moteur pour vérifier la capacité de la butée moteur à reprendre cet effort.

Le fabricant doit préciser le détail de l'opération de maintenance des paliers qui doit être aisée.

Il sera prévu sur les paliers des pompes et moteurs de surface de plus de 100 KW des bossages pour positionner des capteurs mobiles de vibration

On préférera les paliers à roulements sauf pour les pompes importantes à haute vitesse de rotation ou le palier lisse ne peut être évité.

Dans le cas d'une pompe à axe vertical, les paliers en caoutchouc doivent être de meilleure qualité dans les cannelures duquel la section de passage de l'eau est égale à la section de caoutchouc.

Les roulements doivent être choisis et calculés suivant les normes ISO76 et ISO281-1.

Leur durée de vie nominale L10 dans les conditions extrêmes devra être, au moins 30 000 heures.

Les roulements seront protégés par des couvercles et des déflecteurs.

Les groupes immergés disposent des paliers lisses radiaux avec une chemise d'arbre tournant dans un coussinet et d'une butée dans la partie inférieure du moteur absorbant la poussée axiale.

Pour des installations à axe vertical le palier guide inférieur des pompes à volute à double entrée et des pompes multicellulaires est à coussinets, lubrifiés à l'eau.

L'entreprise devra préciser le type de lubrifiant à utiliser et les conditions de lubrification.

Les emplacements de remplissage et ou de vidange d'huile et/ou de graisse seront facilement accessibles.

Les paliers devront être étudiés pour assurer une lubrification rationnelle, assurant complètement les propriétés du film hydrodynamique dans les deux sens de rotation, ils devront être facilement accessibles de façon à permettre leur visite régulière et leur entretien. Leurs dimensions et leurs dispositions devront être prévues de façon à éviter tout échauffement anormal et aussi toutes vibrations et projections de lubrifiant quelque charge que ce soit.

Pour l'huile, la température ne devra pas dépasser de 30° C la température ambiante en marche normale.

Les paliers des pompes de surface seront munis de sondes de température de type PT100 pour les puissances absorbées supérieures à 110 kW.

En cas de nécessité de refroidissement ou de réchauffage des paliers, l'entreprise devra détailler ce système et préciser la plage admissible de température. Dans ce cas la possibilité de réguler la température est exigée.

Les roulements seront graissés à vie pour les faibles hauteurs d'axes.

Les roulements regraissables seront équipés d'un graisseur avec possibilité d'évacuation de la graisse usée.

Les paliers lisses radiaux des groupes immergés seront lubrifiés par l'eau pompée ou par le liquide de remplissage du moteur qui doit être alimentaire.

Le système d'étanchéité doit assurer une étanchéité parfaite du palier.

Article 8. Roues

Les roues seront réalisées en une pièce de construction moulée de fonderie de précision avec une géométrie optimale, un excellent état de surface, moyeu rallongé et ailettes usinées.

Toute autre forme de construction notamment mécano-soudée doit être clairement précisée par l'entreprise avec toutes les justifications cruciales ; le maître d'ouvrage peut ne pas l'accepter.

Le diamètre de roue doit être adapté aux caractéristiques de fonctionnement et doit permettre un rognage de roue autorisant une diminution de débit d'au moins 10%.

Il doit être possible d'utiliser d'autres roues afin d'augmenter la hauteur de charge d'environ 5%.

Les roues seront équilibrées dynamiquement et hydrauliquement.

La fixation de la roue sur l'arbre sera assurée par obstacle mécanique, de préférence du type clavetage, et l'ajustage du rotor doit être effectué de façon à ce qu'aucun desserrage accidentel de la roue ou un déplacement axial du rotor ne soit possible même en cas de dévirage.

Des bagues d'usure remplaçables seront fixées solidairement sur le corps pour éviter son usure et maintenir les caractéristiques hydrauliques de la pompe pendant sa durée de vie.

Article 9. Jeux de fonctionnement

L'entreprise devra indiquer les jeux de fonctionnement sur un plan côté de montage définissant les ajustements et confirmer que les pièces fixes et tournantes ne sont pas en contact lors du fonctionnement.

L'entreprise devra préciser les combinaisons de matériaux utilisés et confirmer qu'ils permettent de diminuer les risques de grippage et d'érosion.

Article 10. Arbre

L'arbre doit être très rigide et dimensionné pour une flexion inférieure à 0,05 mm dans les conditions les plus défavorables notamment en cas d'utilisation d'une roue de diamètre maximal.

L'arbre doit être protégé par une chemise ou un coussinet d'arbre au droit des garnitures d'étanchéité.

Article 11. Dispositifs d'étanchéité d'arbre

Le type de garnitures d'étanchéité, leur disposition de montage et les configurations de tuyauteries pour garnitures seront précisées par le constructeur.

Les dispositifs d'étanchéité d'arbre pouvant être utilisés sont démontables du type presse-étoupe ou garniture mécanique.

Les presses étoupes seront équipées des meilleures tresses sur le plan de longévité et de performance (tresse graphitée au carré des sections bien net et tressés en croix à l'intérieur)

La presse étoupe doit être facilement accessible pour pouvoir enlever et mettre les tresses avec une bonne position de l'opérateur et une possibilité de recul suffisant pour le fouloir

Les tresses seront de qualité alimentaire, du type graphite, pour avoir de meilleures qualités de frottement tout en assurant une bonne évacuation de la chaleur de frottement. Elles devront être de section parfaitement carrée, à angles vifs, et un tressage assurant une bonne cohésion de la tresse malgré une usure superficielle. La lanterne d'arrosage du presse-étoupe sera réalisée avec quatre trous d'extraction taraudés DN 6 S.I et en deux parties assemblées par ergots, de façon à pouvoir la sortir entièrement sans démonter l'arbre. Le fouloir sera réalisé en deux parties assemblées par boulons. Le tuyau d'évacuation des eaux de presse-étoupe aboutira au niveau du sol dans les caniveaux d'évacuation des eaux, et sera démontable. Le raccordement des tuyauteries d'arrosage et d'évacuation sera réalisé sur le corps de pompe par raccord union trois pièces à emmanchement conique avec ruban Téflon.

La garniture mécanique doit résister aux conditions spécifiées de fonctionnement. On doit choisir les éléments de garniture un matériau apte à résister à la corrosion, à l'érosion, à la température, aux contraintes mécaniques, etc. Les garnitures mécaniques doivent être réglées sur place lors de la mise en service de la pompe. Il ne doit pas y avoir de frottement tel qu'il provoque un échauffement anormal entre les parties fixes et mobiles.

Les couples de matériaux généralement utilisés dans les garnitures mécaniques sont :

- Stellite/ carbone
- Carbure de tungstène/ carbone
- Céramique / carbone
- Carbure de tungstène/ carbure de tungstène

Article 12. Accouplement et transmission

Pour les groupes de surface, l'accouplement entre la pompe et le moteur doit être flexible avec une pièce d'espacement permettant la possibilité de démontage de l'arbre de la pompe sans démontage du moteur, dont les spécifications techniques sont conformes à la norme ISO5199. L'accouplement doit être étudié de façon à éviter les vibrations ou efforts anormaux sur les bouts d'arbre l'accouplement est suffisamment dimensionné pour permettre la transmission du couple maximal du système d'entraînement prévu et autorise le fonctionnement à la vitesse maximale possible du système d'entraînement prévu. Un protecteur d'accouplement répondant aux dispositions réglementaires concernant la sécurité doit être fourni.

Les plateaux d'accouplement seront exécutés en acier, pour éviter tout risque de rupture en cas d'enlèvement par arrache- moyeu. Leur surface extérieure sera parfaitement perpendiculaire à l'axe et leur couronne extérieure rigoureusement concentrique à l'axe.

Article 13. Châssis

Les châssis supports sont conformes aux normes dimensionnelles en vigueur (notamment la norme EN 23661).

Dans le cas d'utilisation de presse-étoupe, la mise en place d'un système de récupération des fuites est obligatoire.

Les pompes et les moteurs seront livrés fixes sur un châssis commun suffisamment rigide de manière à ce que les forces externes admissibles indiquées par le fabricant de la pompe n'entraînent pas un désalignement des bouts d'arbre supérieur aux tolérances indiquées par le fournisseur de l'accouplement. Le châssis sera de préférence en fonte, correctement scellé au sol par des ancrages suffisamment répartis dans le béton. Les châssis en construction mécano soudée seront alourdis par du béton coulé sur place.

La vérification par l'installateur de l'alignement, après scellement, est indispensable.

Les dimensions des socles seront conformes à la norme ISO 3661.

L'entreprise précisera la consistance du socle en béton et prévoira pour les groupes nécessitant de grands volumes de béton, la mise en place d'un agglomérat de liège expansé au niveau des supports des groupes.

Article 14. Lignage et équilibrage

Dans le cas d'un Groupe de surface à axe horizontal, l'entrepreneur procédera à la livraison de l'ensemble pompe- moteur monté sur châssis pré assemblé dans l'usine du constructeur. Le fournisseur procédera à l'alignement rigoureux au 1/100° de millimètre entre la pompe et le moteur et à l'équilibrage dynamique de l'ensemble de la ligne d'arbre, le relevé des vibrations après lignage et équilibrage sera fourni au maître d'ouvrage pour servir de point de référence pour les relevés ultérieurs.

Les cales d'épaisseurs mises en place sous les pattes pour le réglage en hauteur seront suffisamment solides, plates, fixées entre eux par un point de soudure ou de brasure.

Article 15. Conditions de fonctionnement et d'utilisation, caractéristiques d'installation

Les caractéristiques d'installation doivent respecter les recommandations d'installation de la norme E 44 203.

L'entreprise doit confirmer que la pression maximale à l'aspiration dans les conditions d'installation est admissible par la pompe sans influence sur la durée de vie de ses composants.

Pour les groupes électropompes submersibles, trois possibilités d'installation sont possibles :

1. Installation immergée permanente :

- a. moteur toujours immergé
- b. moteur tantôt immergé, tantôt dans l'air

2. Installation immergée semi-permanente, transportable (Facilement démontable)

- a. moteur toujours immergé
- b. moteur tantôt immergé, tantôt dans l'air
- c. type de guidage :

3. Installation en fosse sèche

Les groupes électropompes submersibles et immergés verticaux à refoulement concentriques.

Les groupes submersibles sont posés selon deux possibilités :

- a. moteur toujours immergé
- b. moteur tantôt immergé, tantôt dans l'air à l'arrêt

Les groupes électropompes immergés sont en permanence immergés dans l'eau.

Article 16. Courbe caractéristique du groupe

Les caractéristiques du réseau hydraulique, le point de fonctionnement nominal à garantir, les caractéristiques de l'eau à pomper et de la tension d'alimentation électrique ainsi que les différentes possibilités de mise en parallèle des pompes sont définis par le maître d'ouvrage au niveau du CCTP. L'entreprise est tenue de fournir la courbe caractéristique $H(Q)$, rendement (η) et du NPSH (Q) requis par la pompe pour ces conditions de fonctionnement définis par le maître d'ouvrage et de vérifier les caractéristiques du réseau hydraulique.

Le point de fonctionnement à garantir (Q_n, H_n, ρ_n) est celui qui concerne une pompe en fonctionnement seule, deux, trois ou plus selon le phasage des besoins en production d'eau (le fonctionnement le plus probable à moyen terme).

Le fabricant devra garantir des performances hydrauliques durables et une fiabilité à long terme.

Toute consommation d'énergie et perte d'eau notamment en cas de nécessité de refroidissement ou réchauffage des paliers doit être précisée par l'entreprise et prise en compte dans le rendement du groupe.

A la vitesse de rotation à préciser et à justifier par le fabricant obtenue selon les caractéristiques du moteur d'entraînement proposé par l'entreprise, les caractéristiques de l'alimentation électrique (tension, fréquence) et la qualité d'eau (masse volumique, viscosité cinématique ...) définie par le maître d'ouvrage, la courbe caractéristique $H(Q)$ de la pompe doit répondre aux exigences suivantes :

- La courbe caractéristique passe par le point de fonctionnement nominal (Q_n, H_n) garanti pour la vitesse garantie : la droite $H=H_n$ coupe la courbe caractéristique de la pompe au débit Q_n pour la vitesse garantie fixée par le soumissionnaire obtenue dans les mêmes conditions du site d'installation
- La pompe peut fonctionner de manière continue sans risque dans une large plage de débit autour du débit nominal Q_n notamment en cas de fonctionnement en parallèle ou de fluctuation des caractéristiques du réseau hydraulique. Dans tous les cas de fonctionnement possibles, les points de fonctionnement doivent être éloignés de la limite de la courbe caractéristique de chaque pompe.
- Le NPSH requis ne pourra pas entraîner de cavitation dans toute la plage de fonctionnement de la pompe.
- Le point de meilleur rendement devra être très proche du point de fonctionnement nominal garanti (Q_n, H_n)
- La courbe de la pompe est suffisamment plongeante pour permettre la détection de variation de pression, assurer la régulation et réduire la variation du débit en cas de fluctuation des caractéristiques du réseau hydraulique
- la forme de la courbe caractéristique du groupe est telle que le fonctionnement soit stable du débit nul (Q_0) au débit maxi (Q_{max}).
- La hauteur (H_0) à débit nul (Q_0) doit correspondre à une pression (P_0) telle qu'en y ajoutant la pression maximum à l'aspiration (P_{aspmax}), la somme ($P_0 + P_{aspmax}$) conduite à une pression inférieure à la pression maximale pour laquelle les tuyauteries et appareils sont conçus.
- Pour la pompe immergée, l'entreprise doit préciser dans son offre la hauteur minimale d'eau à maintenir au-dessus de la crépine d'aspiration et ce, pour le débit maximum de fonctionnement.

Pour un fonctionnement à vitesse variable, l'entreprise doit garantir que la pompe proposée répond à la régulation définie par le maître d'ouvrage sans aucun risque sur toute la plage de fonctionnement. Le constructeur devra :

- Préciser la plage admissible de variation de la vitesse de rotation [N_{min}, N_{max}] pour les différentes caractéristiques du réseau hydraulique
- Fournir les courbes caractéristiques $H(Q)$ et rendement(Q) pour cette plage de vitesse de rotation
- Le débit nominal garanti sera fourni pour la fréquence du réseau d'alimentation électrique

A faibles débits, l'entreprise est tenue de communiquer la zone de débit où il est préférable d'utiliser la pompe et la zone où le fonctionnement continu n'est pas autorisé. Il est de la responsabilité de l'entreprise de vérifier la compatibilité de ces zones avec les zones de fonctionnement prévues au CCTP.

➤ **Attestation de conformité sanitaire :**

Le constructeur devra apporter une preuve de conformité sanitaire, délivrée par un organisme habilité et reconnu, pour tous les matériaux métalliques et organiques qui sont susceptibles d'être normalement ou occasionnellement en contact avec l'eau potable ou l'eau servant à la production d'eau potable.

➤ **Certification Qualité ISO 9001**

Le constructeur de pompe doit être sous système ISO 9001- Version en vigueur

Article 17. Matériaux de construction

Le choix de matériaux des éléments constitutifs d'une pompe doit être effectué en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques de l'eau pompée, de sa température, de la pression de service et de l'environnement de fonctionnement.

La composition chimique et les caractéristiques mécaniques minimales, doivent être en accord avec les normes correspondantes des matériaux.

La composition et les principales caractéristiques mécaniques de tous les matériaux doivent être précisées par le fournisseur.

Le tableau ci-après donne les matériaux qui doivent être utilisés :

Nature du liquide pompé	Éléments concernés	Nuances exigées
Eau claire non agressive	Corps et éléments connexes	Fonte à graphite sphéroïdale : GJS-400-15 ou JS1030 selon EN1563
	Roue(s)	- Bronze sans zinc : CuSn8 ou CuSn10 selon norme EN 1982 - Acier inox austénitique chrome (≥18%)-nickel (≥10%)-molybdène (≥2,5%) Exemple : 1.4408 selon EN 10088-3 ou AISI 316
	Arbre	- Acier inoxydable martensitique : à plus de 13% de chrome Exemples : Acier inoxydable : GX2CrNiMo19-11-2 Acier inoxydable : X20Cr13 ou X17CrNi16-22
Eau chargée non agressive	Pièces soumise à pression, Roue(s) et Arbre	Acier inox austénitique : chrome (≥18%)-nickel (≥10%)-molybdène (≥2,5%) : Exemples : 1.4408 selon EN 10088-3 ou AISI 316 X5CrNiMo17-12-2
Eau saumâtre et eau agressive	Pièces soumise à pression, Corps, Roue(s) et Arbre	Acier inoxydable duplex (chrome de 24 à 27%, Nickel de 4,5 à 7%, Molybdène de 2 à 6%) de PREN≥40 (PREN= %Cr+16x%N+3,3x%Mo) Exemples : Acier inoxydable duplex : X2CrNiMoN 22-5-3
Bague d'usure de roue		Acier inoxydable ou bronze ou cupro-aluminium compatible pour éviter tout grippage
Coussinets des paliers matériau de la garniture Chemises éventuelles sous coussinets		à préciser par le constructeur
Boulonnerie		Acier inoxydable austénitique
Crépine		Acier inoxydable X2CrNi19-11
Carter moteur support paliers couvercle de fond		Fonte lamellaire EN-GJL
Jupe de refroidissement moteur		Acier inoxydable X2CrNi19-11
Arbre moteur		Acier inoxydable martensitique X20Cr13

Chemises d'arbre éventuelles Garniture du palier de butée Garniture des coussinets des paliers de guidage	à préciser par le constructeur
Accessoires de fermeture	Acier inoxydable
Garniture(s) mécanique(s)	Carbure de silicium/ carbure de silicium ou équivalent
Clapet anti-retour	
Corps de clapet	Acier inoxydable (G) X2CrNi19-11 Fonte lamellaire EN-GJL pour une eau claire non agressive
Clapet	Acier inoxydable X2CrNi19-11 Bronze sans zinc
Siège :	Acier inoxydable X2CrNi19-11 Elastomère

➤ **Nota important :**

- Les différents types d'eau :
 - Eau pur (eau potable) : c'est une eau ayant un PH avoisinant 7 et ne contenant pas de charges
 - Eau de saumâtre : eau saturée en NaCl
 - Eau brute : eau chargée en matières solides
- Des matériaux équivalents ou de qualités supérieures peuvent être proposés en option en plus de la solution administrative, sur justificatifs. Le maître d'ouvrage se réserve le droit de les refuser.

➤ **Pour les pompes centrifuges de surface :**

- L'arbre sera chemisé au droit de(s) la garniture(s) d'étanchéité (à tresses ou mécaniques).
- Les pièces d'usure (bagues d'usure fixes au droit des roues, chemises d'arbre) :
- Le matériau choisi évitera tout risque de grippage au montage et démontage ou en cas de contact accidentel et transitoire roue/bagues.
- La dureté et l'état de surface des chemises d'arbre au droit des garnitures d'étanchéité devront être choisis en conséquence.
- Boulonnerie :
- La nuance des matériaux choisis et/ou son traitement de surface devront éviter la corrosion nuisant au démontage des pièces
- Pièces d'usure : Le matériau constituant les organes susceptibles d'abrasion par les eaux sera choisi pour offrir une bonne résistance à l'usure. La liste des pièces de rechange tiendra compte de leur durée de vie, déterminée statistiquement par expérience.

Article 18. Protection contre la corrosion

A. Pour les pompes centrifuges de surface et verticales à corps immergé :

Les surfaces internes des pièces statoriques en fonte, soumises à la pression, les supports de paliers de ligne d'arbre en fonte et les colonnes de refoulement en acier inoxydable ne sont pas revêtus.

Les surfaces externes et les surfaces internes des colonnes de refoulement en acier au carbone seront revêtues.

Le système suivant sera appliqué :

- Sablage SA 2.5
- Epoxy-brai ou époxy 2 composants- 2 couches
- Finition : polyuréthane

L'épaisseur totale sera de 250 microns

Il sera de qualité alimentaire pour les surfaces en contact avec l'eau potable.

B. Quant aux groupes électropompes submersibles et immergés, il sera appliqué un revêtement de protection :

Préparation de surface : Grenailage des pièces en fonte ou sablage pour les pièces en acier : SA 2 ½ suivant ISO 8501-1 et ISO 12944-4

Système : Résine époxy à 2 composants ou époxy-brai ou équivalent

Epaisseur totale du film sec : 250 microns ou suivant les recommandations du fabricant.

Article 19. Limite de fourniture et des prestations

La fourniture et les prestations concernant les groupes de pompage et leurs accessoires comprennent en particulier :

- Les essais en usine
- L'emballage, le calage, le transport jusqu'au lieu de livraison
- La pompe complète avec son corps, arbre, roues, paliers, roulements, accouplement, dispositifs d'équilibrage des poussées hydrauliques, garnitures d'étanchéités, brides de montage sur les tuyauteries amont et aval au perçage normalisé, joints d'étanchéités, boulons de fixation, huile et graisse du premier remplissage, outils spéciaux pour le réglage, l'assemblage et le démontage
- Le moteur d'entraînement
- Le câble d'alimentation électrique notamment pour les groupes submersibles.
- Les pièces de rechange.

Il sera prévu en plus pour les groupes de surface :

- Les tuyauteries et accessoires, pour vidange (large orifice de vidange avec bouchon au point bas), purge des corps de pompes (bouchon de purge au point haut de la volute), prises de pression équipées de manomètres qui seront précisées au niveau de CCTP, etc...
- Les tuyauteries démontables et accessoires nécessaires pour l'alimentation en eau et évacuation d'eau de refroidissement des garnitures d'étanchéités.
- Le châssis, les entretoises et cales
- L'adaptation à la tuyauterie d'aspiration et de refoulement
- Les masques ou carters de protection.
- Les deux manomètres amont et aval.
- Les organes ou appareillage de sécurité comprenant un contrôleur de circulation d'eau d'arrosage du joint, et deux manomètres pour chaque pompe.
- Les sondes de température et capteur de vibration.

En cas d'installation par l'entreprise il sera prévu :

- Les opérations d'alignement des arbres de la pompe et du moteur.
- Les socles à sceller dans les massifs en béton, avec leurs tiges de scellement.
- Le dimensionnement et les spécifications nécessaires aux travaux d'exécution du massif de fondation en BA du socle.
- Les travaux de scellement du socle et le montage du groupe
- Raccordement à l'installation électrique
- Les essais sur site ainsi que la mise en service

Article 20. Pièces de rechange

L'entrepreneur doit présenter un engagement du fabricant pour assurer la disponibilité des pièces de rechange pendant toute la durée de vie de la pompe (au moins pendant 15 ans) ; si le matériel correspondant n'est plus fabriqué, il s'engage à proposer une solution de remplacement.

Les pièces détachées devront être livrées protégées contre la corrosion atmosphérique, sous emballage étanche avec sachet de SILICAGEL absorbant d'humidité

Le lot de pièces de rechange devra comprendre :

- Les consommables d'entretien : tresses de presse étoupe, huiles, graisses, matériaux d'étanchéité, chiffons et produits de nettoyage, boulonnerie ...
- Les pièces d'usure : éléments de paliers tels que les roulements obligatoirement fournis dans leur emballage protecteur d'origine, bagues revêtues de matériau anti- friction pour les paliers lisses, blocs amortisseurs d'accouplements, manchons d'usure sous presse étoupe, roues de pompe, jeux complets de joints toriques, bagues d'usures ...

Toutes les pièces de rechange devront être rigoureusement interchangeables avec celles installées sur les pompes. Toute pièce ne respectant pas cette clause sera refusée. De même que toutes les pièces installées sur une pompe devront être interchangeables avec celles installées sur une autre pompe de même type.

L'entrepreneur fournira un lot de pièces de rechange comportant au minimum :

Pour une pompe :

- Un jeu de roues
- Un jeu de roulements, butées et coussinets
- Un jeu de joints de chaque type
- Un jeu de garniture d'étanchéité complète (boîte à tresse/garniture mécanique)
- Un jeu de chemises d'arbres
- Un jeu de bagues et douilles d'usures
- Une membrane de compensation pour les groupes immergés

Cette liste n'est pas limitative le maître d'ouvrage a la possibilité de demander des pièces de rechange qui seront précisées dans le CCTP et dont l'entrepreneur doit tenir compte dans son offre.

Article 21. Contrôles et essais en usine

L'entreprise doit solliciter l'accord préalable du maître d'ouvrage sur la date et consistance des essais et contrôles à effectuer en usine un mois au moins avant la réalisation des essais.

Le maître d'ouvrage est libre d'assister ou de se faire représenter à ces essais.

Le maître d'ouvrage se réserve le droit de procéder à tout essai pour s'assurer que les groupes répondent parfaitement à l'usage auquel ils sont destinés.

L'entreprise est tenue de fournir les certificats de tous les contrôles et essais en usine prévues par la norme ISO 5199 notamment :

21.1 Essais des matériaux

- Attestations de conformité sanitaire (ACS) pour les matériaux en contact avec l'eau potable
- Attestations de conformité matière pour les pièces statoriques, roues, arbres et pièces d'usure.

21.2 Epreuve hydraulique des pièces soumises à pression

Toutes les pièces sous pression seront soumises à une pression d'épreuve hydraulique avec de l'eau propre conformément à la norme ISO 5199 avant application du revêtement anticorrosion :

- Pression d'essai : 1,5 fois la pression maximum admissible de la pompe
- Durée de maintien : au moins 10 minutes
- Critères d'acceptation : Aucune fuite visible

Un procès-verbal d'essai sera établi

21.3 Etalonnage des instruments de mesure

Les appareils servant à mesurer notamment :

- Le débit
- La pression
- La hauteur d'élévation
- Les grandeurs électriques (puissance, courant, tension ...)
- La vitesse de rotation
- La température, vibration etc...

Doivent disposer d'un certificat d'étalonnage établi depuis moins de deux ans par un organisme officiel.

Une copie de ces certificats est envoyée en même temps que la demande de réception.

21.4 Essai de fonctionnement hydraulique

Pour les pompes de série de puissance absorbée inférieure à 55 kW et de HMT inférieure à 20 bars, le constructeur peut présenter les résultats de l'essai de type.

Pour les autres cas un essai sur chaque pompe sera réalisé sur la plateforme d'essais du constructeur ou sur une autre plateforme d'essais proposée par celui-ci et acceptée par le maître d'ouvrage.

Dans les deux cas la plateforme doit être certifiée ISO 9001.

La pompe sera essayée obligatoirement avec son moteur d'entraînement s'il s'agit de l'acquisition d'un groupe de pompage et avec un autre moteur étalonné similaire compatible aux caractéristiques de la pompe à mobiliser par le fabricant si la fourniture concerne la pompe sans moteur d'entraînement.

Les essais de fonctionnement hydrauliques seront conduits conformément aux recommandations de la norme ISO 9906 (la version la plus récente):

Les valeurs maximales admissibles de l'erreur de mesure et de fabrication sont les suivantes :

- **Niveau 2B** pour les puissances inférieures ou égales à 10 kW
- **Niveau 1E** pour les puissances supérieures à 10 kW.

Tableau des tolérances appliquées pour les mesures sur plateforme (ramenées à la vitesse garantie)

Tolérances par rapport aux valeurs garanties	Niveau de réception sur plateforme	
	1E	2B
τ_Q	$\pm 5\%$	$\pm 8\%$
τ_H	$\pm 3\%$	$\pm 5\%$
τ_P	$+4\%$	$+8\%$
τ_η	$\geq 0\%$	-5%
$\tau_{\eta_g(*)}$	$-3\% (*)$	$-7\% (*)$

(*) : Tolérance fixée par le maître d'ouvrage sur le rendement global du groupe (pompe + moteur)

Un essai de NPSH conforme à l'ISO 9906 est à prévoir pour chaque type de pompe de surface.

21.5 Liste des mesures à relever / calculer

- U : tension
- Q : débit - Q_n : débit nominal (point de meilleur rendement) - Q_G : débit garanti
- H : hauteur d'élévation - H_n : hauteur d'élévation nominale (point de meilleur rendement) - H_G : hauteur garantie - H_0 : hauteur à débit nul)
- P : puissance électrique absorbée (P_p : par la pompe, P_g : par le groupe)
- η : rendement (η_{Gp} : rendement garantie de la pompe - η_{Gg} : rendement garantie du groupe)
- N : vitesse de rotation (N_G : vitesse de rotation garantie correspondant à la courbe caractéristique fournie par le constructeur selon les mêmes conditions du site d'installation)

Pour chaque point garanti et pour une alimentation électrique identique à celle du site (tension et fréquence) et à la vitesse garantie, un minimum de six points d'essai doivent être considérés :

- Point près de la hauteur maximale admissible (H_{max})
- Point à 50% du débit garanti (Q_G)
- Point entre -5% et 0% du Q_G
- Point à la hauteur garantie (H_G)
- Point entre 0% et +5% du Q_G
- Point près du débit maximal admissible (Q_{max} admissible)

Deux autres points maximum peuvent être testés éventuellement à la demande du maître d'ouvrage.

Pour chaque point d'essai considéré, on mesure les pressions (H), débit Q, puissance (P) et courant absorbée (I) par le groupe, tension (U), $\cos\phi$, vitesse de rotation (N).

On calcule la HMT, le rendement et la puissance absorbée par la pompe en ces différents points

- On trace les courbes H, P et $\eta = f(Q)$.
- On vérifie que ($Q_G - H_G$), H_0 , P_G , η_G sont dans les limites admissibles (Cf. Tableau des tolérances).
- On vérifie que P_n du groupe est inférieur à la valeur maximale (puissance disponible au niveau du site) fixée au niveau de CCTP.

Au cours des essais de fonctionnement, les points complémentaires suivants peuvent être vérifiés pour les puissances supérieures à 100 kW :

- Vibrations
- Niveau sonore
- Température palier
- Fuite garniture

21.6 Contrôle du revêtement anticorrosion

Les contrôles suivants peuvent être effectués à la demande du maître d’ouvrage :

- Préparation de la surface avant revêtement
 - grade SA2.5 doit être atteint (ISO 8501-1)
- Contrôle visuel du revêtement :
 - uniformité de la couleur et de l’aspect
 - absence de défauts visibles : Trous d’épingle, bulles et soufflures, criques et crevasses
- Contrôle de l’épaisseur ;

Un certificat de contrôle sera établi

Article 22. Essais sur site après montage des groupes.

Les essais de réception sur site sont à la charge de l’entreprise qui fournit les appareillages de mesure nécessaire accompagnés de leurs certificats d’étalonnage.

Cette campagne d’essais est menée conformément à la procédure d’essais de l’ONEE -Branche Eau en vigueur.

Le maître d’ouvrage peut confier à sa charge la réalisation de la campagne d’essais à un organisme agréé.

22.1 Essais de performances et critères d’acceptation :

Si les valeurs mesurées sur site conduisent à des écarts supérieurs aux tolérances appliquées pour les mesures sur site (voir tableau ci-dessous) par rapport aux valeurs garanties, une expertise conjointe avec l’entrepreneur associant un laboratoire national agréé et éventuellement le constructeur de pompes sera mené pour déterminer les causes de ces écarts.

Si la responsabilité de l’entreprise était engagée il appliquerait les actions correctives pour mettre le matériel en conformité et prendre en charge tous les frais liés y compris les frais d’expertise.

**Tableau des tolérances appliquées pour les mesures sur site
(ramenées à la vitesse garantie) par rapport aux valeurs garanties**

Tolérances par rapport aux valeurs garanties	Niveau de réception sur site	
	P > 10 kW	P ≤ 10 kW
τ_Q	$\pm 6\%$	$\pm 9\%$
τ_H	$\pm 4\%$	$\pm 6\%$
$\tau_{\eta g}$	-4%	-8%

On applique les règles suivantes :

On trace la courbe $H = f(Q)$ sur base des relevés effectués.

Le groupe est refusé pour l’un des cas suivant :

- 1) Une des tolérances applicables pour les mesures sur plateforme n'est pas respectée
- 2) Une des tolérances applicables pour les mesures sur site n'est pas respectée et responsabilité engagée de l'entreprise
- 3) La vitesse mesurée sur site ou sur plateforme selon les mêmes conditions du site s'écarte de plus de 5% de la valeur garantie
- 4) La hauteur à débit nul (H_0) est supérieure à la pression maximale admissible par l'installation.
- 5) La puissance absorbée par le groupe est supérieure à la puissance installée disponible du site
- 6) Une des attestations de conformité sanitaire ou de conformité matière n'est pas valide
- 7) L'épreuve hydraulique des pièces sous pression n'est pas valide

Article 23. Essais d'endurance

Après 24h de marche continue de chaque groupe au voisinage du point de fonctionnement garanti, il sera contrôlé avant l'arrêt des groupes la température de surface, des paliers et foudoirs des presses étoupes, les vibrations et bruits anormaux, les fuites aux presse-étoupes, les grandeurs électriques et hydrauliques. Aucun échauffement, ni usure, ni vibration, ni fuite anormale ne devront être constatés.

Article 24. Marquage

Le marquage sera conforme à la norme marocaine NM 02.4.002 et sera de préférence gravé sur le corps de la pompe.

La plaque signalétique solidaire au corps doit préciser notamment la marque, l'adresse du fabricant, le numéro de série, le type, le poids, le débit nominal, la hauteur nominale, la vitesse de rotation, le diamètre des roues, la pression maximale admissible, la température

Le sens de rotation doit être gravé sur le corps de la pompe

Article 25. Préparation pour l'expédition

Suivant les recommandations de la norme ISO 5199 ou conforme à la norme marocaine NM 02.4.002 ou instructions spécifiques du maître d'ouvrage précisées à la commande.

Article 26. Documentation contractuelle

La documentation contractuelle sera rédigée en **langue française** et sera constituée selon les recommandations de la norme ISO 5199 par :

- La Feuille de Spécifications Particulières conforme à la réalisation
- Le plan d'installation côté
- Le plan de coupe et le plan d'encombrement
- Le rapport de fin de fabrication comportant l'ensemble des documents exigés au chapitre (**Contrôles et essais en usine**)
- Un Manuel d'Instructions
- La liste des pièces de rechange.

Trois exemplaires des documents sous format papier seront fournis avec une version électronique.

CHAPITRE II : MOTEURS

MOTEURS BASSE TENSION ASYNCHRONES TRIPHASES

Article 27. Définition du type de moteurs

La présente spécification s'applique aux moteurs basse tension, asynchrones triphasés fermés et ouverts pour l'entraînement de pompes centrifuges.

Les moteurs ouverts peuvent être installés à axe horizontal (moteurs à pattes) ou à axe vertical (moteurs à bride)

Les moteurs seront de classe de rendement (IE3) « rendement Premium », tel que défini par la norme CEI 60034-30 pour les moteurs entraînant les pompes et IE2 pour les moteurs entraînant les autres auxiliaires (ventilateurs, vannes, compresseurs ...)

La construction du moteur sera déterminée pour une utilisation d'au moins quinze (15) ans pour un fonctionnement 20 h/jour.

Normes applicables :

- **CEI 60034-1- 1999** : Machines électriques tournantes : caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement
- **CEI 60034-2- 2007** : Machines électriques tournantes : détermination des pertes et du rendement
- **CEI 60034-5- 2000** : Machines électriques tournantes : classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines tournantes
- **CEI 60034-6- 1993** : Machines électriques tournantes : modes de refroidissement
- **CEI 60034-7- 2000** : Machines électriques tournantes : symboles pour les formes de construction et les dispositions de montage
- **CEI 60034-8- 2001** : Machines électriques tournantes : marques d'extrémités et sens de rotation
- **CEI 60034-9- 1997** : Machines électriques tournantes : limites de bruit
- **CEI 60034-12-1999** : Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse pour des tensions d'alimentation inférieures ou égales à 660 V
- **CEI 60034-14- 1996** : Machines électriques tournantes : vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56mm. Mesure, évaluation et limites d'intensité vibratoire
- **CEI 60034-30- 2008** : Classes de rendements des moteurs asynchrones.
- **CEI 60038 1999** : Tensions normales de la CEI
- **CEI 60072-1 1991** : Dimensions et séries de puissances des machines électriques tournantes : désignation des carcasses entre 56 et 400 et des brides entre 55 et 1080
- **CEI 60085 1984** : Evaluation et classification thermique de l'isolation électrique
- **CEI 60721-2-1 1987** : Classification des conditionnements d'environnement dans la nature. Température et humidité
- **CEI 60892 1987** : Effets d'un système de tensions déséquilibré, sur les caractéristiques des moteurs asynchrones triphasés à cage
- **CEI 61000 1999** : Compatibilité électromagnétique (CEM) : environnement 2-10/11 et 2-2
- **Guide 106 CEI 1989** : Guide pour la spécification des conditions d'environnement pour la fixation des caractéristiques de fonctionnement des matériels

- **ISO 281 2000 – Roulements** : Charges dynamiques de base et durée nominale
- **ISO 1680 1999** : Acoustique - code d'essai pour la mesure de bruit aérien émis par les machines électriques tournantes : méthode d'expertises pour les conditions de champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant
- **ISO 8821 1999** : Vibrations mécaniques- Equilibrage. Conventions relatives aux clavettes d'arbre et aux éléments rapportés

Normes matériaux citées au chapitre matériaux ci-après

Certification Qualité ISO 9001

Le constructeur de moteur doit être certifié suivant la norme ISO 9001- 2000

Article 28. Conditions d'utilisation

Le CCTP mentionne les valeurs de grandeurs suivantes en fonction du site d'installation des groupes. Sauf indication contraire du CCTP, le moteur sera conçu pour un fonctionnement dans une température ambiante de -10°C à 45°C, une humidité relative supérieure à 90% et une altitude inférieure à 1000 m

Article 29. Construction du moteur

Les moteurs sont constitués par :

- une carcasse à ailettes de refroidissement avec pattes monobloc ou bride rapportée qui comporte des anneaux de levage et une borne de masse.
- un stator réalisé avec des tôles magnétiques, assemblées, à faible taux de carbone pour garantir la stabilité des caractéristiques dans le temps.
- Bobinage en cuivre, système d'isolation classe F selon EN 60085, à double imprégnation, sous vide et pression ou équivalent technique
- un rotor réalisé avec des tôles magnétiques à faible taux de carbone, cage rotorique coulée sous pression ou brasée en cuivre. Le rotor est monté fretter à chaud sur l'arbre ou claveté ; L'ensemble est équilibré dynamiquement (avec ½ clavette) suivant classe N (normale)
- Deux paliers à roulements étanches avec flasques graissés à vie pour les faibles hauteurs d'axe (inférieurs à 132) et regraissables pour les tailles supérieures.
- Chicane(s) et joint(s) d'étanchéité : disposition suivant hauteur d'axe
- Un ventilateur à pales droites permettant les 2 sens de rotation ou unidirectionnel suivant indications du constructeur. il peut être équipé en cas de besoin d'une tôle parapluie pour les fonctionnements en position verticale pour une installation extérieure.
- Un capot de ventilation. Il peut être équipé sur demande d'une tôle parapluie pour les fonctionnements en position verticale.
- Une boîte à bornes, IP55, placée suivant position standard indiquée sur le plan d'encombrement orientable, équipée de presses- étoupes étanches, plaque à bornes 6 à 12 bornes suivant la taille et une borne de masse.
- Le constructeur du moteur vérifiera que le couple moteur est satisfaisant compte tenu du couple résistant de la charge et des conditions de démarrages et d'alimentation

Pour les moteurs verticaux à bride, si une poussée axiale résiduelle est générée à travers l'accouplement semi-élastique, la valeur et l'orientation de celle-ci est communiquée par le constructeur de la charge afin que le constructeur de moteur vérifie la compatibilité avec le dimensionnement de sa butée moteur.

Article 30. Matériaux

Eléments Constitutifs	Matériaux de construction
Carcasse moteur- flasques paliers	Pour les moteurs fermés : Fonte lamellaire GJL250 (JL1040) suivant norme EN 1561 Pour les moteurs ouverts : Acier mécano-soudé suivant norme EN 10025 ou fonte pour les flasques paliers pour certaines hauteurs d'axe
Stator	Tôles magnétiques isolées à faible taux de carbone- cuivre électrolytique émaillé
Rotor	Tôles magnétiques isolées à faible taux de carbone- cage rotorique coulée sous pression ou brasée en cuivre
Arbre	Acier au carbone suivant norme EN 10025 ou EN 10083-1
Joints d'étanchéité	Caoutchouc de synthèse ou équivalent
Ventilateur	Composite ou acier suivant les hauteurs d'axe
Capot du ventilateur	Tôle d'acier
Boîte à bornes	- Corps en fonte, couvercle en tôle d'acier ou en fonte - Matériau composite ou acier pour les moteurs ouverts

Nota Important :

- Des matériaux équivalents ou supérieurs peuvent être proposés en variante en plus de la solution administrative avec toutes les justifications nécessaires. Le maître d'ouvrage se réserve le droit de ne pas accepter toute proposition variante.
- Les carcasses en alliage d'aluminium coulé ne sont pas autorisées.

Article 31. Degrés de protection minima

Sauf spécification contraire du CCTP :

- Le moteur de surface sera IP 55/ IK 08 ou supérieur selon les conditions d'installation et d'utilisation du site.
- Le moteur immergé doit avoir un IP68 pour la profondeur d'eau du site

Le moteur de surface doit être équipé de trous d'évacuation pour l'élimination des condensats lors du refroidissement, obturés par des bouchons amovibles à la partie inférieure de la carcasse ou des paliers

Article 32. Mode de refroidissement

Sauf spécification contraire, le mode de refroidissement des moteurs fermés sera du type IC 411 selon norme IEC 60034-6 .Le moteur est refroidi par ventilation extérieure. Le flux d'air sera dirigé de l'arrière du moteur vers la machine entraînée. En cas de fonctionnement avec variation de vitesse, une ventilation forcée extérieure peut être nécessaire (IC 416)

Article 33. Bobinage

Le bobinage sera en cuivre, isolation classe F (classe thermique 155°C selon EN 60085), à double imprégnation tropicalisée, sous vide et pression ou équivalent technique.

En cas de fonctionnement avec variateur de vitesse, le système d'isolation doit être renforcé à cause des pics de tension

Article 34. Paliers

L'arbre est supporté par deux paliers à roulements normalisés ou dans certains cas lisses lubrifiés à l'huile.

Article 35. Roulements

Les roulements sont choisis conformément à l'ISO 281/1. Leur durée de vie normale (L_{10h}) minimale est de 30.000 heures pour les roulements graissés à vie et de 200.000 heures pour les roulements regraissables.

Les roulements seront graissés à vie pour les faibles hauteurs d'axe (inférieure à 132) et regraissables pour les tailles supérieures. Les roulements à billes ont un jeu C3.

En cas de charges radiales importantes, les roulements seront à rouleaux

En cas de charges axiales importantes, les roulements seront à billes à contact oblique.

Pour les moteurs de puissance supérieure ou égale à 90 KW, le roulement arrière doit être isolé : la tension d'arbre ou « shaft voltage », rencontrée lors de l'utilisation de variateurs de fréquence, peut devenir suffisamment élevée que pour entraîner la destruction des roulements du moteur.

L'entrepreneur fournit les instructions détaillées de montage et démontage.

Article 36. Conception du corps de palier

Tous les orifices du corps de palier sont conçus de manière à éviter l'introduction d'eau et respecter l'Indice de Protection (IP).

L'évacuation de la graisse usagée est prévue, de sorte qu'il soit facile de maintenir le tout parfaitement propre.

Article 37. Dispositifs d'étanchéité

Les dispositifs d'étanchéité empêchent la pénétration d'humidité. Ils sont sans frottement et comportent au moins une chicane, axiale ou radiale. Les bagues d'étanchéité seront à ressort et double lèvre.

Article 38. Lubrification

La lubrification se fait à la graisse. La graisse employée est une graisse au lithium additionnée d'un produit antirouille. L'entrepreneur renseigne la marque et le type de graisse à employer, ainsi que la quantité de graisse nécessaire pour chaque appoint et l'intervalle de temps entre 2 appoints.

Les orifices de graissage doivent être accessibles de telle manière qu'à n'importe quel moment il sera possible de lubrifier les paliers sans qu'il ne soit procédé à l'arrêt du moteur.

La graisse est chargée via graisseur à bille, au moyen d'une pompe à main.

Article 39. Tension d'alimentation

Sauf spécification contraire du CCTP, la tension d'alimentation triphasée nominale en basse tension est de 400 V entre phases et la fréquence est de 50Hz

Le moteur doit être fabriqué pour pouvoir fonctionner aux conditions de tension et fréquence du réseau électrique du distributeur d'électricité en observant au moins les indications suivantes (norme EN 50160) :

Variation de la tension : $\pm 10 \%$,

Variation de la fréquence : $\pm 2 \%$

Tous les moteurs de puissance supérieure ou égale à 0,75 kW seront du type triphasé. Les vannes motorisées de puissance inférieure à 1,5 kW peuvent être alimentées en monophasé 230 V.

Article 40. Vitesse nominale

Sauf spécification particulière imposée au niveau du CCTP, la vitesse de rotation du moteur doit être inférieure à 1500 tr/mn sauf pour les cas suivants pour lesquels la vitesse de rotation peut être limitée à 3000 tr/mn :

- Moteurs entraînant des pompes à haute pression dépassant 30 bars
- Moteurs submersibles et immergés

Toute autre vitesse de rotation nécessite l'accord préalable du maître d'ouvrage en cas de condition particulière (conditions d'installation limitant l'encombrement du moteur, conditions exigées par le process)

Article 41. Rendement

La norme CEI 60034-30 :2008 définit les classes de rendement des moteurs triphasés basse tension avec une plage de puissance comprise entre 0,75 kW et 375 kW.

La classe de rendement IE3 doit être déterminée à l'aide des nouvelles méthodes de mesure (section 1.3). Selon la norme CEI 60034-2-1 :2007 (Méthodes normalisées pour la détermination des pertes et du rendement à partir d'essais s'appliquent à tous les moteurs décrits par la norme CEI 60034-1.

Pour les moteurs de puissance supérieure à 375 kW, le rendement à 3/4 doit être supérieur ou égal à 96%

Tableau des valeurs de rendements assignés (IE3), 50Hz

P _N en kW	Nombre de pôles		
	2 pôles	4 pôles	6 pôles
0,75	80,7	82,5	78,9
1,1	82,7	84,1	81,0
1,5	84,2	85,3	82,5
2,2	85,9	86,7	84,3
3	87,1	87,7	85,6
4	88,1	88,6	86,8
5,5	89,2	89,6	88,0
7,5	90,1	90,4	89,1
11	91,2	91,4	90,3
15	91,9	92,1	91,2
18,5	92,4	92,6	91,7
22	92,7	93,0	92,2
30	93,3	93,6	92,9
37	93,7	93,9	93,3
45	94,0	94,2	93,7
55	94,3	94,6	94,1
75	94,7	95,0	94,6
90	95,0	95,2	94,9
110	95,2	95,4	95,1
132	95,4	95,6	95,4
160	95,6	95,8	95,6
200 à 375	95,8	96,0	95,8

Article 42. Démarrage

Le moteur doit pouvoir tolérer tout type de démarrage (direct, étoile triangle, démarreur électronique, variateur de fréquence...)

Article 43. Puissance du moteur

La charge du moteur est limitée par son échauffement. D'autre part l'enclenchement du groupe influence également l'échauffement du fait de la pointe de courant.

A vitesse constante, le refroidissement du moteur dépend de la température de l'air ambiant.

Le constructeur de pompe doit fournir la courbe de couple résistant au constructeur du moteur qui vérifiera que le couple moteur est satisfaisant compte tenu des conditions de démarrage et d'alimentation.

L'entreprise précise dans son offre la puissance maximale que la pompe pourra absorber en un point quelconque de sa courbe caractéristique

La puissance nominale du moteur définie par le constructeur de pompe doit être supérieure de 10% par rapport la puissance maximale absorbée par la pompe sur toute la plage de fonctionnement de sa courbe caractéristique.

Cette marge de 10% peut être réduite jusqu'à 1% tant que cette réserve est supérieure ou égale à 30% par rapport à la puissance maximale absorbée par la pompe pour tous les points de fonctionnement qui peuvent être envisagés selon les conditions du réseau et du mode de fonctionnement au niveau du site.

En outre la puissance du moteur entraînant les pompes centrifuges ne doit jamais être inférieure à 1 kW

Dans les cas où la puissance électrique disponible est limitée (remplacement des groupes existants), les spécifications techniques particulières mentionnent la puissance électrique maximale que chaque groupe pourra absorber.

La réserve de puissance exigée est un minimum, le soumissionnaire reste responsable du dimensionnement du moteur qui doit tenir compte du mode d'alimentation électrique, des conditions d'installation et d'utilisation (fluctuation de la charge, qualité de la tension, température ambiante, variateur de fréquence ...) du site.

Article 44. Limite d'échauffement des bobinages

La température des bobinages ne doit pas dépasser la température d'échauffement de Classe B (T_{max} : 130°C) suivant la norme EN 60034-1 même dans le cas le plus défavorable d'installation et d'utilisation du site (température ambiante, puissance absorbée maximale, tension d'alimentation, alimentation par variateur de fréquence ...). L'isolation du bobinage étant de classe F (T_{max} : 155°C), une réserve thermique minimale de 25 K est à garantir dans le cas le plus défavorable.

Article 45. Service de fonctionnement

Sauf spécification contraire du CCTP, le service de fonctionnement des moteurs sera du type S1 (service continu à régime constant) sauf pour les autres cas de configurations nécessitant un service S4 (pompes à démarrages fréquents pour lavage, régulation, ponts roulants...)

Les moteurs devront être dimensionnés pour permettre au moins 3 démarrages consécutifs à l'état froid, 2 démarrages successifs à chaud et 6 démarrages consécutifs par heure à partir de l'état froid

Article 46. Résistance d'isolement

La résistance d'isolement est mesurée suivant la norme EN 60851. Sa valeur minimale doit être de 100 MΩ.

Une résistance de réchauffage est à prévoir en cas d'humidité relative supérieure à 95% et pour les moteurs de surface de puissance supérieure à 110 kW. Les fils d'alimentation 220 Vac monophasé seront ramenés dans un bornier placé dans la boîte à borne.

Article 47. Courants de phase

Le courant dans chacune des phases est mesuré à la réception en usine.

Le déséquilibre des courants est limité à la valeur suivante :

$$\frac{3 \cdot (I_{\max} - I_{\min})}{I_{\max} + I_{\min} + I_i} \leq 0,03$$

Avec : I_{\max} : le plus grand des 3 courants

I_{\min} : le plus petit des 3 courants

I_i : le courant intermédiaire.

Article 48. Sens de rotation - Marquage des bornes

Le sens de rotation ainsi que le marquage des bornes suivront la norme EN 60034-8. En standard, le moteur tourne dans le sens horlogique (face au bout d'arbre moteur) et les phases d'alimentation sont connectées aux bornes suivant l'ordre L1, L2, L3 → U, V, W. Dans le cas d'un sens de rotation anti-horlogique, l'inversion de deux phases est réalisée.

Article 49. Sondes de température

Le moteur de surface doit être équipé de 3 sondes de température de type PTC, pour les puissances supérieures à 15kW, noyées dans les bobinages, et connectées en série dans la boîte-à-borne principale. Pour les puissances supérieures à 110 kW, il sera prévu l'équipement du moteur par 8 sondes PT100 au niveau des paliers et noyées dans les bobinages et seront connectées en parallèle dans la boîte-à-borne principale.

Article 50. Indicateurs de vibrations dans les paliers

Le CCTP peut exiger l'équipement du moteur en indicateurs de vibrations dans les paliers.

Article 51. Vibrations

Les limites des niveaux vibratoires sont conformes à la norme EN 60034-14, hors charge et suivant les données du tableau repris ci-après :

Tableau des limites maximales d'amplitude vibratoire, en vitesse et en accélération suivant les hauteurs d'arbre

Grade Vibratoire	Hauteur d'arbre mm	56 < H ≤ 132		132 < H ≤ 280		H > 280	
		Vitesse mm/s	Accélération m/s ²	Vitesse mm/s	Accélération m/s ²	Vitesse mm/s	Accélération m/s ²
A	Montage						
	Suspension libre	1,6	2,5	2,2	3,5	2,8	4,4
	Montage rigide	1,3	2,0	1,8	2,8	2,3	3,6
B	Suspension libre	0,7	1,1	1,1	1,7	1,8	2,8
	Montage rigide	-		0,9	1,4	1,5	2,4

Article 52. Peinture

La peinture est fonction des conditions d'utilisation adaptées à une ambiance corrosive et agressive. Elle convient au milieu industriel et est conforme au minimum à une classe C3 telle que définie par la norme EN ISO 12944.

Article 53. Revêtement anticorrosion

- Grenaillage des pièces en fonte ou sablage pour les pièces en acier : SA 2 ½ suivant ISO 8501-1 et ISO 12944-4
- Application d'un primaire (20 à 30 microns)
- Application d'une couche d'apprêt (traitement des supports)
- Application d'une couche intermédiaire avant montage (30 à 40 microns)
- Application d'une couche de finition (25 à 40 microns)
- Système complet et épaisseur totale film sec : à préciser par le constructeur
- Tenue au brouillard salin suivant norme NFX 41002 : 350 heures pour les moteurs fermés et 250 heures pour les moteurs ouverts.

Article 54. Pièces de rechange

Le lot de pièces de rechanges comprendra au minimum, sauf spécification contraire du CCTP :

- Un jeu de roulement
- Un jeu de joints d'étanchéité
- Un ventilateur

Article 55. Caractéristiques techniques

L'entrepreneur doit renseigner le tableau des caractéristiques techniques de chaque moteur joint en annexe ou dans le CCTP.

Article 56. Contrôles et essais en usine

Les tolérances des grandeurs mesurées sont conformes à la norme CEI 60034-1 pour les caractéristiques électromécaniques et à la norme CEI 60072-1 pour les dimensions

Pour les moteurs de série de puissance inférieure à 110 kW, le constructeur fournira les certificats des tests individuels effectués sur le moteur.

Pour les autres puissances un essai sur plateforme du constructeur de chaque moteur, en présence du maître d'ouvrage ou de son représentant, est exigé. Le maître d'ouvrage se réserve le droit d'assister ou non aux essais.

L'essai sera conduit conformément aux recommandations de la norme CEI 60034-1 et 60034-14.

Article 57. Equilibrage dynamique Rotors

Les pièces des rotors sont équilibrées dynamiquement. Le balourd résiduel est conforme à la classe N de la norme CEI 60034-14

Un procès-verbal d'essai sera établi.

Article 58. Essai de fonctionnement à vide

Cet essai comportera :

- La mesure de la résistance des enroulements
- La mesure de la rigidité diélectrique
- La vérification de la résistance d'isolement
- Un essai à vide pour l'évaluation des pertes
- Un essai en court-circuit

- Mesure coefficient d'absorption électrique (classe Bon)
- Calcul de l'indice de polarisation (classe bon)
- Mesure du courant homopolaire
- Une vérification des sondes de bobinage, de paliers et de la résistance de réchauffage (si installées)
- Vérification du niveau de vibration (classe N) et de bruit.
- Vérification de la vitesse et du sens de rotation

A la suite de cet essai le rendement sera calculé par la méthode des pertes séparées suivant CEI 60034-2.

Un rapport d'essais sera établi.

Nota important :

Le maître d'ouvrage peut exiger un essai sur tous les moteurs. Cette réquisition est précisée dans le CCTP.

Article 59. Essai de fonctionnement en charge

Un essai de fonctionnement en charge peut être demandé sur un moteur de chaque type ayant une puissance supérieure à 250 kW.

Article 60. Essai d'échauffement

L'échauffement des moteurs fonctionnant à pleine charge et sans interruption, jusqu'à ce que la température atteinte soit constante, ne doit pas dépasser les valeurs de la classe d'échauffement proscrite.

Article 61. Contrôle du revêtement anticorrosion

Les contrôles suivants doivent être effectués :

- Préparation de la surface avant revêtement
 - grade SA2.5 doit être atteint (ISO 8501-1)
- Contrôle visuel du revêtement :
 - uniformité de la couleur et de l'aspect
 - absence de défauts visibles :
 - Trous d'épingle, bulles et soufflures, criques et crevasses
- Contrôle de l'épaisseur ;

Un certificat de contrôle sera établi.

Article 62. Essais et contrôles sur site

- Contrôles de conformité : marque, données de la plaque signalétique, comparaison avec le marché, accessoires ...
- Contrôles mécaniques : aspect extérieur, alignement, balourd, état des roulements, mesures vibrations, bruit, vitesse, sens de rotation...
- Contrôles électriques : mesures d'isolement, mesure de continuité, fixation câbles, grandeurs électriques.

Article 63. Marquage

Suivant les recommandations du maître d'ouvrage.

Article 64. Préparation pour expédition

Suivant les recommandations du maître d'ouvrage

Article 65. Documentation contractuelle

La documentation contractuelle sera rédigée **en langue française**. Elle sera clairement identifiée. Elle sera constituée par :

- Le plan coupe et le plan d'encombrement
- Le rapport de fin de fabrication comportant l'ensemble des documents exigés par le maître d'ouvrage.
- Un Manuel d'Instructions
- La liste des pièces de rechange.

Cahier des clauses techniques générales relatives aux équipements hydro-électromécaniques

Volet : Groupes de Pompage & Moteurs électriques

Version 1 (Novembre 2017)

Approuvé par décision n° 2/01 du 25/12/2017

Le Directeur Général de l'ONEE



Le Directeur Général (PI)
Abderrahim EL HAFIDI
25 DEC. 2017