

NGCC *TERRY FOX*

EXIGENCE EN MATIÈRE DE REMPLACEMENT DU COMPRESSEUR DU SYSTÈME À BULLES D'AIR

1.0 PORTÉE

- 1.1.1.1 Le navire de la Garde côtière canadienne *Terry Fox* est un brise-glace lourd de classe 1200 qui déplace 4 234 tonnes. Le navire navigue dans le golfe du Saint-Laurent pendant les mois d'hiver et dans l'Extrême-Arctique canadien en été et en automne. Pour aider à briser la glace, le navire utilise un système à bulles d'air qui souffle de l'air à basse pression à travers des buses placées à l'intérieur de la coque, sous la ligne de flottaison, pour aider à réduire la friction de la glace ou chasser la glace de la coque. Le système à bulles d'air comporte plusieurs zones qu'il est possible d'isoler et qui peuvent servir de propulseur d'étrave pour réaliser des manœuvres précises.
- 1.1.1.2 Le système à bulles d'air se compose d'un compresseur (décrit ci-dessous), d'une tuyauterie de distribution d'air et de soupapes de régulation de zone pour la tuyauterie connexe. Les soupapes sont actionnées hydrauliquement par une unité de puissance hydraulique indépendante et commandées à partir du tableau de commande principal (TCP) du système.
- 1.1.1.3 La machinerie existante du compresseur de système à bulles d'air est composée de deux (2) unités distinctes, une à bâbord et l'autre à tribord. Les deux unités présentent :
- un compresseur de type Cord KA 22S;
 - une capacité nominale de 11 018 pi³/min standard;
 - une pression de refoulement absolue de 26,376 lb/po²;
 - une soufflante tournant à une vitesse de 11 596 tr/min.
- 1.1.1.4 Chaque compresseur est couplé par l'entremise d'un réducteur à un moteur électrique de 600 HP (441 kW), 460 V c.a., 60 Hz.
- 1.1.1.5 Les compresseurs sont contrôlés localement à l'intérieur du compartiment du système à bulles d'air au niveau des tableaux de commande locaux (TCL), soit un sur chaque compresseur, et à distance, dans la salle de commande des machines (SCM) à partir d'un TCP et d'un des quatre tableaux de commande de passerelle.
- 1.1.1.6 Les unités existantes ont 40 ans, de sorte que leur fiabilité et la capacité de leur prise en charge deviennent problématiques. La Garde côtière est à la recherche d'équipements appropriés qui seront utilisés pour remplacer dans leur intégralité les compresseurs de système à bulles d'air, les équipements auxiliaires et les tableaux de commande existants. L'équipement devra répondre aux exigences minimales qui sont énoncées dans le document ci-dessous et sera évalué en conséquence.
- 1.1.1.7 Le but de cette demande de propositions est de fournir des compresseurs, des

moteurs, des TCL, un TCP, des tableaux de commande de passerelle et des équipements auxiliaires neufs et approuvés en fonction de leur catégorie tel qu'il est défini dans ce document, ainsi que les commandes d'interconnexion. Cela ne comprend PAS les démarreurs de moteur, les soupapes de zone ou le groupe hydraulique de commande de soupape.

2.0 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

2.1 Équipement existant qu'on doit remplacer :

- 2.1.1.1 Soufflante turbo Cord de type KA22S, numéros de série 1797 et 1798, capacité de 11 018 pi³/min standard à une pression absolue de 26 376 lb/po² (qté 2)
- 2.1.1.2 Moteur d'entraînement du compresseur Brown Boveri, type Q0XY 355 M2 B 10, 600 HP, 3 570 tr/min, 460 V c.a., triphasé, 60 Hz (qté 2)
- 2.1.1.3 Soupape de surpression du compresseur (qté 2)
- 2.1.1.4 Clapet antiretour de refoulement du compresseur (qté 2)
- 2.1.1.5 Tableaux de commande locaux (qté 2)
- 2.1.1.6 Tableau de commande principal (qté 1)
- 2.1.1.7 Tableau de commande de passerelle (qté 4)

2.2 Normes

- 2.2.1.1 Les exigences à l'égard des normes suivantes doivent être respectées relativement en ce qui concerne la fourniture et l'installation du compresseur et des systèmes de commande. Les éditions à jour des documents en date de l'appel d'offres doivent être utilisées.
 - a) Règles et règlements sur la classification des navires (Lloyd's Register ou l'équivalent)
 - b) *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* (LMMC 2001)
 - c) *Règlement sur les machines de navires*
 - d) Publications de Transports Canada
 - e) TP127 – Normes d'électricité régissant les navires
 - f) IEEE 45 : Recommended Practice for Electric Installations on Shipboard (en anglais seulement)

2.3 Dessins et documents

- 2.3.1.1 Tableau 2-1 : Liste des dessins et des documents applicables.

| Numéro de dessin/document | Description |
|------------------------------|---|
| T13-1051-001 | General Arrangement Profile and Main deck |
| 60-00-01 | Machinery Arrangement |
| 07-82-21 | Air Bubblers Control System Block Diagram |
| 07-82-22 | Air Bubbler System Connection Diagram |
| 07-82-23 | Air Bubbler System Connection Diagram Equipment in Air Bubbler Compartment |
| 15-00-03 | Seat 88 air Bubbler Compressors |
| 1 ^{er} octobre 1971 | Air Bubbler System Diagram |
| 3 octobre 1971 | Arrangement of Air Bubbler System in Machinery Space |
| Référence 1 | Existing Compressors – Footprint Dimension Sketches |
| Référence 2 | Compressor Space 3D Scan link; http://truview.epco.ca/ (Username: DFOTFScans, Password:DFOTF01) |
| Référence 3 | Hydraulically Operated Air Discharge Valve System |
| Référence 4 | Cord Compressor Specifications |
| Référence 5 | Cord Drawing #CA50-0191, HV Turbo Compressor Mod "KA22S" |

3.0 TECHNIQUE

3.1 Généralités

- 3.1.1.1 Le but de ce devis est de fournir de nouveaux compresseurs, moteurs, tableaux de commande, équipements auxiliaires et commandes d'interconnexion, tel qu'il est défini ci-dessous, pour remplacer les compresseurs et les systèmes de commande du système à bulles d'air existant du navire.
- 3.1.1.2 L'entrepreneur doit fournir, tester et s'assurer du fonctionnement satisfaisant de deux (2) compresseurs centrifuges à palette unique entraînés par un moteur électrique, à engrenages intégrés, des TCL, un TCP du système à bulles d'air et quatre tableaux de commande de passerelle à distance.
- 3.1.1.3 Tout le nouveau matériel doit être approuvé selon sa catégorie en vue d'une utilisation marine et répondre à toutes les exigences détaillées dans les caractéristiques techniques présentées dans ce document.
- 3.1.1.4 Toutes les références à l'approbation qu'on retrouve dans ce devis sont définies comme une approbation de classe par un des organismes reconnus (OR) approuvés par Transports Canada dans le cadre du Programme de délégation des inspections obligatoires (PDIO) et du *Règlement sur les machines de navires* (LMMC 2001).
- 3.1.1.5 Les dimensions du compresseur actuel sont présentées dans la trousse de documents. L'entrepreneur doit fournir des dessins montrant les dimensions complètes permettant de voir que les nouveaux compresseurs et l'équipement auxiliaire conviendront à l'intérieur du compartiment du compresseur du système à bulles d'air existant à la satisfaction du responsable technique.

- 3.1.1.6 Le système de remplacement doit présenter toutes les fonctionnalités d'origine, en plus de respecter ou de dépasser les critères de rendement qu'on retrouve dans le devis technique du compresseur ci-joint. Le système doit être compatible avec l'actuel système d'alarme et de surveillance des machines du navire et être relié à la tuyauterie d'alimentation et de refoulement existante. Il sera de la responsabilité de l'entrepreneur de fournir du nouveau matériel pour relier les nouveaux compresseurs à la tuyauterie d'alimentation et de refoulement actuelle.
- 3.1.1.7 Les compresseurs, les instruments, les commandes et tout autre équipement doivent être fournis tel qu'il est indiqué dans ce document pour un système de compresseur complet. Tout l'équipement indiqué doit être conçu et fourni par l'entrepreneur, qui doit assurer la pertinence et la compatibilité de tout l'équipement compris.
- 3.1.1.8 Les nouveaux systèmes doivent être montés de manière résiliente et faire appel à l'actuel système de commande hydraulique de la soupape de zone de refoulement.
- 3.1.1.9 L'alimentation en électricité principale doit être de 460 V c.a. par l'entremise d'un variateur de fréquence pour le moteur principal, de 460 et 120 V c.a. pour répondre aux besoins en équipement auxiliaire.
- 3.1.1.10 Les systèmes de commande doivent être de type à contrôleur programmable utilisant des contrôleurs programmables Siemens S7 1500 ou l'équivalent. Le système de commande doit être capable d'entraîner les soupapes de refoulement d'air existantes dans le système actuel.
- 3.1.1.11 Tous les composants mécaniques du compresseur d'air doivent provenir d'un seul entrepreneur qui possède l'expérience, la réputation et des compétences dans la fourniture de l'équipement indiqué. Les ateliers d'usinage et d'assemblage du fabricant doivent être certifiés ISO 9001 pour assurer la conformité aux normes de qualité les plus élevées de l'industrie.
- 3.1.1.12 Le matériel du nouveau compresseur doit avoir une représentation du fabricant d'équipement d'origine (FEO) au Canada. L'organisme de services désigné du fabricant doit détenir un stock de pièces de rechange essentielles et être en mesure d'affecter des représentants détachés qualifiés, d'offrir un soutien approfondi de la documentation des composantes, ainsi qu'un soutien technique pour la révision normalisée et la réparation. L'organisme de service doit être en mesure de fournir ces services et des pièces à St. John's (T.-N.-L.) dans les 24 heures après avoir reçu un avis de la GCC.
- 3.1.1.13 Le fabricant doit disposer d'installations d'équipement de compresseurs centrifuges monoétagés à engrenages intégrés de taille de châssis similaire en Amérique du Nord sur au moins trois (3) navires hauturiers marins avec un succès opérationnel prouvé. Le Constructeur doit fournir des références pour valider ces exigences.
- 3.1.1.14 Après l'attribution du contrat, l'entrepreneur doit prévoir une visite des lieux par deux (2) personnes à bord du navire afin de prendre correctement toutes les mesures et de déterminer la disposition des soufflets et des tuyaux d'entrée et de sortie. Le navire sera situé à la base de la Garde côtière à St. John's (T.-N.-L.), Canada.

3.2 Exigences techniques

3.2.1 Généralités

- 3.2.1.1 Les compresseurs seront utilisés pour fournir un volume d'air variable aux parties désignées de la coque du navire en fonction de l'opération requise. Tous les éléments indiqués dans cette section doivent être fournis par l'entrepreneur afin de procurer un système de compresseur fonctionnant correctement. Tous les composants doivent être neufs et adaptés aux environnements marins, ainsi qu'aux conditions environnementales générales énoncées dans la section 3.2.3. Il est important de comprendre que les composants indiqués répondent uniquement à des exigences minimales et ne libèrent pas l'entrepreneur de sa responsabilité de fournir un système qui fonctionne correctement.
- 3.2.1.2 Les compresseurs doivent être munis d'un moteur électrique, en plus d'être centrifuges à un étage, de type à division verticale, équipés d'une boîte de vitesses intégrée, d'un système d'alimentation en huile de lubrification autonome, de TCL spécialisés et des accessoires décrits dans ce document.

3.2.2 Conditions du concept :

- 3.2.2.1 Les nouveaux compresseurs doivent satisfaire ou dépasser les exigences de rendement suivantes :
- | | |
|---|--------------------------------------|
| a) Capacité nominale minimale : | 11 018 pi ³ /min standard |
| b) Pression d'entrée de service à l'entrée du ventilateur (P0) : | 14,6 lb/po ² (absolue) |
| c) Pression de refoulement de service à la sortie du ventilateur (P1) | 26,4 lb/po ² (absolue) |
| d) Variation du compresseur, % de capacité : | 100 % à 45 % |
| e) Niveau de bruit maximal des compresseurs : | 100 dB |
- 3.2.2.2 Les compresseurs doivent être capables de fournir un débit d'au moins 11 018 pi³/min standard à des conditions ambiantes allant de -40 °C à 35 °C.
- 3.2.2.3 Les compresseurs ne doivent pas entraîner une augmentation rapide de la pression ou dépasser la puissance nominale du moteur indiquée sur la plaque signalétique sur toute la plage de fonctionnement. Les compresseurs ne doivent pas présenter une puissance totale dépassant 485 kW par unité.
- 3.2.2.4 Les nouveaux compresseurs doivent présenter une puissance nominale de 16 168 Nm³/h à une pression de refoulement indiquée sur la jauge de 0,811 bar et des conditions d'admission de 1,013 bar (absolue), 0 % HR, 0 °C.

3.2.3 Conditions environnementales générales

- 3.2.3.1 L'équipement doit être conçu pour les conditions de service suivantes :

- a) Plage de température de l'air de -40 °C à 35 °C et fonctionnement sans détérioration aux températures maximales de l'air atteignant 55 °C;
- b) Température de l'eau de -2 °C à 30 °C;
- c) Inclinaison dans toutes les directions par rapport à la position de montage 22,5 degrés, roulement 22,5 degrés, période complète de 10 secondes; et accélération verticale linéaire de $\pm 1,0$ g;
- d) Une gîte permanente de 15 degrés à bâbord ou à tribord, non cumulative avec le roulis;
- e) Tangage du navire, ± 12 degrés, fréquence de cycle de 6 secondes;
- f) Une assiette permanente de 5 degrés au-dessus ou en-dessous de l'horizontale, non cumulative avec le tangage;
- g) Dans les conditions d'humidité relative (HR) suivantes : -95 % HR à des températures atteignant 35 °C; et -70 % HR à toutes les autres températures pertinentes;
- h) Charge de choc : 2,5 g à l'horizontale, 1,5 g à la verticale;
- i) Dans les conditions de vibrations suivantes : – 2,0 à 13,2 Hz, amplitude de déplacement $\pm 1,0$ mm; – 13,2 à 80,0 Hz, amplitude d'accélération $\pm 0,7$ g, accélération maximale 0,7 g. Les fréquences naturelles au niveau des supports d'équipement et des pièces d'équipement ne doivent pas être comprises entre 0 et 80 Hz, sauf si, lorsqu'elles ne peuvent pas se trouver en dehors de cette plage par des méthodes de conception structurelle, la vibration doit être amortie afin d'éviter une amplification exagérée.

3.2.3.2 Toutes les conditions non mentionnées doivent être conformes à la version la plus récente de la norme TP127F ou IEEE45-2002.

3.2.3.3 Tous les câbles d'alimentation, les dispositifs de protection; les disjoncteurs/fusibles, les câbles d'alarme et de surveillance et les câbles de commande doivent être des câbles approuvés par SMTTC, classés marine, recouverts d'une gaine de PVC, blindés, adaptés à l'utilisation prévue.

3.2.4 Compresseur et carter de boîte de vitesses intégré

3.2.4.1 Le carter de compresseur doit être fabriqué de fonte à grains fermés. Un raccord flexible fourni par l'entrepreneur doit permettre un raccordement direct à la tuyauterie d'admission d'air existante. La bride de refoulement doit être revêtue et percée de la manière décrite dans la norme ANSI 16.1, classe 125. Un orifice doit être prévu au point le plus bas du carter pour le drainage. Le carter de compresseur doit être muni d'anneaux de levage capables de soutenir le compresseur/la boîte de vitesses. Il doit être possible d'enlever la roue du côté admission sans enlever le carter.

3.2.4.2 Le carter d'entraînement par engrenages doit être fabriqué de fonte à grains fins, fendu sur le plan horizontal ou vertical et suffisamment rigide pour maintenir les positions de l'arbre sous des charges maximales. Deux orifices d'inspection, munis de couvercles boulonnés, doivent être prévus dans la partie supérieure du carter de la boîte de vitesses. Les orifices doivent permettre l'accès aux composants internes de la boîte de vitesses à des fins d'inspection. Une plaque boulonnée située sur l'axe de l'arbre à haute vitesse, à l'autre extrémité de la roue, doit être amovible. Cette

plaque amovible doit faciliter l'inspection et le remplacement de l'arbre à haute vitesse vis-à-vis le tourillon d'extrémité et le palier de butée de la roue sans devoir démonter la boîte de vitesses.

- 3.2.4.3 Les ensembles de compresseur et de carter d'engrenages doivent être usinés à des tolérances strictes en ce qui concerne l'ajustement des roulements, l'alignement des engrenages, l'étanchéité à l'air et à l'huile.
- 3.2.4.4 La boîte de vitesses doit être de taille et de puissance suffisantes pour répondre aux exigences maximales de couple et de puissance d'entrée au niveau du compresseur à un régime continu dans toutes les conditions de marche.
- 3.2.4.5 Des anneaux de levage doivent être prévus pour faciliter l'accès et le retrait des composants, au besoin, afin de procéder au remplacement ou à l'entretien. Les anneaux de levage et les points de levage doivent être identifiés dans le manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien (IUE) ainsi que les poids des composants compris.

3.2.5 Roues

- 3.2.5.1 La roue doit être du type à écoulement radial ouvert, fabriquée d'un matériau léger, à haute résistance et à l'épreuve de la corrosion, capable de résister aux forces dynamiques qu'on retrouve en service. La roue doit être équilibrée sur les plans statique et dynamique conformément à la norme ISO 1940.
- 3.2.5.2 L'écart axial entre la roue et le carter de compresseur doit pouvoir s'ajuster au moyen de cales pour assurer l'écart prescrit. Il est interdit d'ajuster l'écart en procédant par usinage des carters ou des arbres.

3.2.6 Arbres, engrenages et joints

- 3.2.6.1 Les arbres de transmission du compresseur doivent être usinés à partir d'acier forgé traité thermiquement et rectifiés comme il se doit. Toute vitesse critique latérale sensible de l'ensemble rotatif doit équivaloir au moins à quinze (15) pour cent de la vitesse de fonctionnement normale. Toute résonance de torsion de l'ensemble doit équivaloir au moins à dix (10) pour cent de la vitesse de fonctionnement normale. Tous les arbres doivent être conformes au document « Design and Selection of Components for Enclosed Gear Drives » (AGMA 6001-D97).
- 3.2.6.2 Les engrenages augmentant la vitesse doivent être constitués de pièces forgées en alliage d'acier cémenté et les dents des engrenages doivent être rectifiées avec précision. Tous les engrenages doivent être évalués de la manière décrite dans le document « Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth » (AGMA 2101-C95). Les engrenages doivent être fabriqués conformément à la cote de qualité minimale de douze (12) de l'AGMA de la manière décrite dans le document « Gear Classification and Inspection Handbook » AGMA 2000-A88.
- 3.2.6.3 Les joints d'arbre doivent être des joints à labyrinthe multipoints sans contact et

fonctionner à sec. Un espace de mise à l'air libre entre les joints d'air et les joints d'huile doit être prévu. Toute fuite doit être minimisée en prévoyant de faibles jeux entre les parties femelles et mâles. La partie femelle doit être fabriquée d'aluminium ou de bronze pour ne pas endommager l'arbre en cas de frottement d'un joint. De nombreuses bagues de projection d'huile (changements de diamètre) sur l'arbre doivent être fournies dans la zone d'étanchéité pour assurer que l'huile est projetée par centrifugation hors de l'arbre. Un diamètre d'arbre uniforme sans plusieurs bagues de projection d'huile à l'intérieur de chaque zone d'étanchéité ne sera pas acceptable.

3.2.7 Paliers

- 3.2.7.1 Les paliers lubrifiés par la pression d'huile hydrodynamique doivent être utilisés avec une pellicule d'huile d'une épaisseur suffisante dans toutes les conditions de fonctionnement.
- 3.2.7.2 Les paliers radiaux d'arbre à vitesse lente doivent être du type à tourillon cylindrique. Les paliers de butée d'arbre à basse vitesse doivent présenter une conception à segments multiples pour exercer une poussée dans les deux sens.
- 3.2.7.3 Les roulements radiaux d'arbre à haute vitesse doivent être du type à segments multiples, avec régule et conçus pour supprimer les instabilités hydrodynamiques et fournir un amortissement suffisant afin de limiter les vibrations du rotor. Les paliers de butée d'arbre à haute vitesse doivent être munis de segments multiples, de type plat conique et conçus pour exercer une poussée dans les deux sens.
- 3.2.7.4 Les roulements doivent être munis d'une résistance détectrice de température (RDT) pour surveiller la température. Les capteurs de la RDT doivent être reliés directement à une carte d'entrée de RDT dans le système de contrôleur programmable du TCL.

3.2.8 Aubes directrices d'entrée

- 3.2.8.1 Les compresseurs doivent comprendre un agencement d'aubes directrices d'entrée et un système de commande. Le système d'aubes directrices d'entrée doit avoir pour but de faciliter la réduction de débit de chaque compresseur de 100 % à 50 % de sa capacité, tout en maximisant l'efficacité sur toute la plage de réduction.
- 3.2.8.2 Un ensemble d'aubes directrices d'entrée ajustables doit être prévu pour assurer une rotation préalable de l'air entrant et maximiser ainsi l'efficacité. Les aubes directrices d'entrée doivent être fabriquées selon un concept aérodynamique, profilées sur le plan transversal et situées de manière radiale autour de l'orifice d'admission annulaire pour minimiser les sillages en aval. Les aubes d'entrée ne doivent pas servir à contrôler la capacité.
- 3.2.8.3 La position des aubes directrices d'entrée doit être contrôlée à partir du TCL.
- 3.2.8.4 Les plaques d'acier planes ne doivent pas être utilisées pour les aubes directrices d'entrée.

- 3.2.8.5 L'ensemble des aubes directrices d'entrée doit être monté intégralement avec chaque compresseur. Elles doivent être du type à lames multiples et pivoter. Toutes les aubes doivent être montées à l'intérieur de paliers lisses lubrifiés en permanence. Les tringleries de commande des aubes directrices d'entrée doivent être situées à l'intérieur du compresseur. Les compresseurs dotés d'ensembles d'aubes variables situés à l'extérieur du carter du compresseur et/ou munis de tringleries à rotule ou d'autres pièces mobiles devant faire l'objet d'une lubrification périodique sont inacceptables.
- 3.2.8.6 Chaque ensemble d'aubes variables doit comprendre un actionneur électrique monté sur le carter du compresseur, des interrupteurs de fin de course et un indicateur d'ouverture/fermeture sur le TCL. Le montage indépendant de l'actionneur ou de ses mécanismes de commande sur le caisson doit être interdit.
- 3.2.8.7 La position des aubes, de complètement ouvertes à complètement fermées, doit être transmise au TCL. La position des aubes doit être indiquée au moyen d'un bras de levier manuel ajustable et d'un cadran calibré sur le carter du compresseur. La position des aubes directrices d'entrée doit être indiquée sur le TCL.

3.2.9 Système de lubrification à l'huile

- 3.2.9.1 Un système d'huile de lubrification complet doit être fourni avec chaque compresseur, installé intégralement avec la base du compresseur et agencé pour permettre une accessibilité aisée pour le fonctionnement, l'entretien, l'inspection et le nettoyage. Le système doit être assemblé en usine et comprendre les pompes à huile principale et auxiliaire, un filtre à huile, un refroidisseur d'huile, une soupape de détente et la tuyauterie nécessaire pour créer un système complet.
- 3.2.9.2 Une pompe à huile principale entraînée par l'arbre de la boîte de vitesses et une pompe à huile auxiliaire entraînée par un moteur électrique (pour la pré-lubrification et la post-lubrification) doivent être prévues, chacune étant capable de fonctionner à plein rendement et sous une pression maximale pour lubrifier le compresseur d'air/la boîte de vitesses lorsque l'ensemble est en marche et lors du démarrage/arrêt. La pompe à huile entraînée par le moteur électrique doit fonctionner lors du démarrage/arrêt du compresseur et, lorsque la pression d'huile est basse, elle doit être activée par le système de commande situé dans le TCL. Le moteur doit être triphasé, 60 Hz, de type blindé avec ventilateur extérieur, présenter une efficacité supérieure d'après la National Electrical Manufacturer Association (NEMA) et être suffisamment puissant pour pomper l'huile au même débit que la pompe à huile à entraînement mécanique. Le moteur doit être muni d'un appareil de chauffage anti-condensation.
- 3.2.9.3 Pendant les périodes d'inactivité de l'équipement, alors que le navire fonctionne sans le système à bulles d'air (c.-à-d. lorsque le compresseur ne fonctionne pas), la pompe à huile électrique doit fonctionner pour assurer que les composants porteurs sont correctement lubrifiés afin d'éviter l'usure due aux vibrations et au mouvement du navire.
- 3.2.9.4 Le réservoir d'huile doit être intégré à la base du compresseur et l'intérieur du

réservoir doit être détartré et protégé contre la rouille par l'application d'un revêtement d'époxy permanent à l'épreuve de l'huile. Le revêtement du réservoir doit être certifié pour contenir l'huile de lubrification. Les réservoirs doivent être munis de chicanes pour réduire la quantité d'air emprisonné et isoler la mousse, être munis d'un filtre d'aération et d'un reniflard de taille appropriée, ainsi que d'une jauge de niveau d'huile et présenter une capacité de travail minimale de trois (3) minutes de temps de rétention basé sur un débit normal. Le réservoir doit être muni de plusieurs points d'accès qui permettent de le nettoyer.

- 3.2.9.5 Le filtre à huile doit être de type à plein débit, muni d'un élément remplaçable, de type duplex avec soupape de transfert intégrée, et capable d'éliminer les particules de plus de dix (10) microns avec une chute de pression maintenue au minimum au niveau de l'élément de filtre à huile propre. Une jauge visuelle et un interrupteur électrique reliés au TCL doivent indiquer le moment où un filtre est sale et doit être remplacé. Les filtres à huile doivent être conçus de manière à ce qu'il soit possible de les changer pendant le fonctionnement.
- 3.2.9.6 Un refroidisseur d'huile par air servant à maintenir l'huile à une température constante doit être compris et placé sur chaque châssis mobile de compresseur.
- 3.2.9.7 Un réchauffeur d'huile servant à chauffer l'huile si la température ambiante autour du compresseur chute à moins de 10 °C (50 °F) doit être prévu. Le réchauffeur d'huile doit être conçu de manière à chauffer de l'huile légère avec un maximum de quinze (15) watts par pouce carré. Le fonctionnement du réchauffeur doit être commandé par le TCL en fonction de la lecture du transmetteur de température du réservoir d'huile. Le compresseur ne doit pas démarrer à moins que l'huile ne dépasse une limite minimale autorisée. Une indication d'avertissement de basse température d'huile doit être prévue sur chaque TCL.

3.2.10 Réduction du bruit

- 3.2.10.1 Les extrémités d'air du compresseur et les cônes de refoulement d'air doivent être munis de couvertures insonorisantes.
- 3.2.10.2 Les niveaux sonores de l'ensemble de compresseur doivent être limités et réduits dans la mesure du possible sans utiliser d'enceinte insonorisante spécifique.

3.2.11 Accouplement

- 3.2.11.1 Un accouplement d'écartement flexible de type sec doit être fourni avec chaque compresseur pour relier le compresseur et le moteur. On ne doit pas autoriser les accouplements qu'on doit lubrifier au moyen de graisse. L'accouplement et l'entretoise doivent être équilibrés et dimensionnés avec un facteur de service d'au moins 1,5. La construction de l'accouplement doit être telle qu'il soit possible d'enlever un des arbres de l'équipement sans perturber le réglage de l'autre. Un protecteur en acier doit être installé sur l'accouplement.
- 3.2.11.2 Le choix de l'accouplement doit être confirmé par une analyse de la vitesse critique de torsion. Toutes les vitesses critiques de torsion doivent varier de +10/-15 % par

rapport aux vitesses de l'arbre d'entraînement du compresseur.

3.2.12 Moteurs électriques

- 3.2.12.1 Chaque compresseur doit être muni d'un moteur à induction à cage d'écureuil horizontal, à vitesse constante, totalement fermé et refroidi à l'air (TEAACI) conçu conformément aux normes NEMA, ANSI et IEEE en vigueur. Le moteur doit présenter une puissance nominale continue égale ou supérieure à la charge maximale qui sera imposée en tout point de la plage de fonctionnement des conditions de régime indiquées. Chaque moteur doit présenter un facteur de service de 1,15 avec une augmentation de la température de classe « B » à la charge nominale et une isolation minimale de classe « F ». Les moteurs doivent être munis d'anneaux de levage.
- 3.2.12.2 Les moteurs d'entraînement doivent convenir pour un fonctionnement sur une alimentation triphasée de 460 volts/60 Hertz à une température de l'air ambiant atteignant 40 °C et adaptés à une application avec un mécanisme d'entraînement à fréquence variable.
- 3.2.12.3 Les moteurs doivent être conçus pour être munis d'un variateur de vitesse tel qu'il est défini dans la norme NEMA MG 1.
- 3.2.12.4 Les moteurs doivent être équilibrés avec précision pour respecter les limites de vibrations non filtrées prévues dans la norme NEMA MG 1, grade B pour un montage rigide.
- 3.2.12.5 Les moteurs doivent être munis de mécanismes d'entraînement à fréquence variable (MEFV) adaptés à l'application. Les MEFV doivent être refroidis à l'eau. Le raccord de refroidissement par eau sera fourni par d'autres.
- 3.2.12.6 L'ensemble moteur/MEFV doit être conçu de manière à empêcher les courants de circulation et les courants capacitifs de passer entre l'arbre du moteur et les paliers du moteur électrique et du compresseur entraîné. L'installation doit comprendre les bons câbles, les bonnes pièces de mise à la terre, des roulements de moteur isolés et/ou des bagues collectrices de mise à la terre au niveau des roulements de moteur du côté entraînement.
- 3.2.12.7 Les moteurs doivent être munis d'un radiateur. Le radiateur doit être relié au moteur au moyen de câbles et commandé par le moteur.
- 3.2.12.8 Les boîtes à bornes principales du moteur doivent être surdimensionnées de manière à présenter un espace suffisant pour les connexions, ainsi que pour tout accessoire indiqué qui est monté sur la boîte à bornes. La boîte à bornes doit être construite en fonte ou en acier fabriqué, fendue en diagonale ou sur le plan vertical, munie d'un joint d'étanchéité en néoprène et boulonnée. Les fils du moteur doivent être marqués de façon permanente conformément au schéma de connexion.
- 3.2.12.9 Les boîtes à bornes principales et auxiliaire du moteur doivent être fixées sur le côté gauche des moteurs lorsqu'on regarde du côté opposé au dispositif d'entraînement.

- 3.2.12.10 Les moteurs doivent être munis d'une protection d'enroulement à sécurité intégrée installée en usine au niveau de chaque phase. Cette protection doit être composée de deux capteurs de température RDT de 100 ohms en platine (PT100) avec trois fils intégrés par phase (un opérationnel, un de rechange). Les RDT de la température d'enroulement doivent se brancher au TCL pour les fonctions de surveillance et d'alarme.
- 3.2.12.11 Les moteurs doivent être munis de roulements à billes de type antifriction.
- 3.2.12.12 Les moteurs doivent permettre l'installation de vélocimètres au niveau de chaque roulement du moteur.
- 3.2.12.13 Le niveau de pression acoustique à vide, en champ libre, pondéré A mesuré dans quatre (4) quadrants à un (1) mètre de distance du moteur doit être en moyenne de 90 ± 3 dB(A) ou moins.

3.2.13 État du raccord d'admission d'air

- 3.2.13.1 Chaque compresseur doit être fourni avec un raccord flexible d'admission d'air adapté de manière à permettre de relier les nouveaux compresseurs aux silencieux d'admission d'air existants qu'on doit conserver et réutiliser.

3.2.14 État du joint d'expansion de refoulement

- 3.2.14.1 Chaque compresseur doit être muni d'un joint d'expansion de refoulement capable de résister au vide, à la pression et à la température élevée de l'air de refoulement dans toutes les conditions de fonctionnement. Le joint d'expansion doit être calibré pour une température de refoulement de 150 °C. Le joint d'expansion doit être adapté de manière à ce qu'on puisse l'installer entre des brides percées pour un modèle de boulon standard ANSI, classe 150.
- 3.2.14.2 Lorsque des joints d'expansion à soufflet métallique sont fournis, ils doivent comprendre des enveloppes d'insonorisation lors de l'installation.

3.2.15 Cône/silencieux de refoulement

- 3.2.15.1 Un cône/silencieux de refoulement doit être fourni avec chaque compresseur pour augmenter les dimensions de sortie des deux compresseurs vers la tuyauterie de refoulement d'air de plus grand diamètre (20 po). L'augmentation maximale de l'angle des parois doit être de 7 degrés par côté (14 degrés en tout). Des raccords d'instruments doivent être prévus pour les composants fixés sur le cône/silencieux. Une plaque d'acier au carbone peinte d'au moins 1/4 doit être utilisée.
- 3.2.15.2 L'intérieur du cône/silencieux de refoulement doit être recouvert de couches épaisses de matériau insonorisant, qui résiste aux températures élevées, en plus d'être recouvert d'un tissu en fibre de verre et d'une plaque perforée en acier inoxydable (épaisseur minimale de calibre 10), pour former des couches en sandwich de la surface extérieure du cône/silencieux, incluant un matériau acoustique et une plaque d'acier perforée interne.

3.2.16 Soupape de surpression (dérivation)

- 3.2.16.1 Chaque compresseur doit être muni d'un robinet à papillon à siège résilient gaufré avec corps en fonte de 10 po à commande électrique pour permettre d'évacuer l'air dans l'atmosphère. Celui-ci doit pouvoir se brancher au TCL pour permettre le démarrage et l'arrêt à vide. Les matériaux du clapet doivent être adaptés pour un service d'air à basse pression de $< 50 \text{ lb/po}^2$ et une température maximale de 121°C . L'actionneur de soupape doit être motorisé, 460/60/3, NEMA 4X, s'ouvrir et se fermer en 15 secondes ou moins en plus d'être muni d'un démarreur d'inversion intégré et d'interrupteurs de fin de course ouverts/fermés. Les commandes de la soupape de surpression doivent être montées à l'intérieur de chaque TCL.
- 3.2.16.2 Les soupapes de surpression et les actionneurs doivent être configurés de manière à ne pas revenir en position fermée.

3.2.17 Clapet antiretour

- 3.2.17.1 Chaque compresseur doit être équipé d'un clapet antiretour de refoulement du type à double plaque avec articulation centrale, fermeture à ressort, corps gaufré en fonte, siège BUNA-N, plaques et ressorts résistants à la corrosion et conçus pour des températures allant jusqu'à 205°C . Le clapet antiretour doit être placé dans une conduite horizontale.

3.2.18 Écrous, boulons et joints d'étanchéité

- 3.2.18.1 Le fournisseur doit fournir tous les écrous, boulons et joints requis pour l'assemblage des soupapes et des silencieux fournis. Tous les écrous et les boulons doivent être de grade 8 ou plus et tous les joints doivent être adaptés au service prévu.

3.2.19 Tableau de commande local

- 3.2.19.1 Chaque compresseur doit être muni d'un TCL qui assure le contrôle, la surveillance et le séquençage basés sur un contrôleur programmable.
- 3.2.19.2 Le tableau de commande doit être monté sur des supports antivibratiles afin de résister aux mouvements sur les plans vertical et horizontal. Tous les instruments et les commandes sur le châssis mobile du compresseur doivent être reliés en usine au TCL. Toutes les commandes et tous les instruments doivent être du type à sécurité intégrée. Les commandes doivent être conçues de manière à ce que le compresseur ne puisse fonctionner à moins que les commandes ne soient sous tension ou si des commandes sont défectueuses. Les supports antivibratiles doivent être conçus de manière à résister aux vibrations et aux forces indiquées au paragraphe 3.2.3 dans ce devis.
- 3.2.19.3 Les enceintes du TCL doivent être classées IP55 et être munies d'une porte articulée permettant un accès par l'avant. Tout le câblage à l'intérieur du tableau doit être regroupé en faisceaux et fixé à la structure. Le TCL doit être assemblé et câblé en usine de manière à ce que le câblage sur le terrain effectué par l'installateur du système se limite à effectuer le raccordement aux bornes. Le tableau doit présenter

un éclairage interne et une prise duplex 120/60/1. Chaque tableau de commande assemblé doit arborer le sceau de l'ULC pour une utilisation au Canada certifiant que le tableau de commande industriel assemblé est conforme à la norme UL 508A.

- 3.2.19.4 Chaque TCL du compresseur doit surveiller l'état de tous les paramètres de fonctionnement du compresseur, de tous les périphériques du compresseur comme les soupapes de décharge, la position de la porte d'admission d'air du compresseur, la position de la porte de refoulement d'air et tout autre élément exigé pour favoriser un système fonctionnel complet et entièrement fonctionnel.
- 3.2.19.5 Chaque TCL du compresseur doit surveiller et contenir les commandes de démarrage du moteur du compresseur, de détection de surpression et de surcharge, de contrôle et de séquence d'arrêt, des systèmes d'alarme et d'arrêt d'urgence, des aubes directrices d'entrée, de la soupape de surpression, de position de la porte d'admission d'air, de position de la porte de refoulement d'air et de fonctionnement du système de lubrification à l'huile.
- 3.2.19.6 Le TCL du compresseur doit être capable de communiquer de manière transparente avec les nouveaux systèmes de TCP du système à bulles d'air et du tableau de commande de la passerelle.
- 3.2.19.7 L'étendue complète des fonctionnalités des commandes doit répondre aux besoins généraux du compresseur et du système à bulles d'air, comme l'exige le fabricant du compresseur. Les exigences minimales sont les suivantes.
- 3.2.19.8 Chaque TCL doit :
 - a) Comprendre un sectionneur d'alimentation principal, qui se verrouille avec la porte de l'enceinte;
 - b) Comporter des démarreurs pour les commandes à aubes variables, le refroidisseur d'huile par air, la pompe à huile et le réchauffeur d'huile, tous ces éléments étant montés à l'intérieur du tableau;
 - c) Comporter un système de distribution du courant électrique pour alimenter les contrôleurs de moteurs des vannes motorisées situées au niveau des soupapes;
 - d) Comporter un transformateur avec un secondaire de 120 V et une source d'alimentation électrique régulée séparée de 24 V c.c.;
 - e) Isoler tous les signaux de puissance variable à basse tension entrant dans le TCL.
- 3.2.19.9 Toute protection d'un circuit de branchement doit être conforme aux exigences du *Code national de l'électricité*, ainsi qu'aux exigences en matière de protection de l'alimentation des instruments, de la prise duplex (120/60/1), de l'interface de l'opérateur et du contrôleur programmable.

- 3.2.19.10 Un contrôleur programmable doit démarrer et arrêter le compresseur dans un ordre permis, recevoir les commandes d'entrée, surveiller et contrôler les variables de fonctionnement. Le contrôleur programmable doit également contenir un programme d'optimisation continue de l'efficacité du compresseur en fonction des changements de capacité, de température d'admission et de pression différentielle à travers le compresseur. Le contrôleur programmable doit être de marque Siemens S7, série 1500 ou l'équivalent.
- 3.2.19.11 Une fonction de suppression des pointes de pression transitoires doit être prévue pour une alimentation de 460 V.
- 3.2.19.12 Le câblage du TCL doit être muni d'un isolant et d'une gaine en PVC.
- 3.2.19.13 Des limiteurs de surpression doivent être fournis pour protéger contre le « bruit » électrique et pour supprimer les pics transitoires sur toutes les charges inductives.
- 3.2.19.14 Des amplificateurs d'isolement, des émetteurs R/I, des émetteurs RDT/de vibration et d'autres commandes doivent être prévus, au besoin, pour assurer un contrôle complet du système.
- 3.2.19.15 Chaque extrémité de chaque fil doit être identifiée par un numéro de fil unique imprimé sur un marqueur indélébile pour manchon thermorétractable.
- 3.2.19.16 Une interface de l'opérateur tactile (IOT), en couleur, mesurant au moins 9 pouces et regroupant l'ensemble des commandes, des alarmes et des indicateurs sur des écrans faciles à interpréter, doit être fournie.
- 3.2.19.17 Le TCL doit inclure un ensemble de base de boutons et de voyants pour le contrôle de sauvegarde du système en cas de défaillance du matériel de communication Ethernet (commutateur Ethernet) entre les interfaces homme-machine (IHM) et les contrôleurs programmables.
- 3.2.19.18 Les écrans d'affichage sur l'IOT doivent permettre un accès facile à toutes les fonctions dont le personnel d'exploitation de l'usine aura besoin pour assurer le fonctionnement et l'entretien du compresseur. Les commandes/affichages doivent être regroupés généralement de manière fonctionnelle en opérations, service, alarmes/déclenchements ou configuration. L'accès à ces fonctions de commande distinctes doit être toujours affiché sous forme d'un bouton/onglet de sélection de point d'écran tactile sur chaque écran d'interface de l'opérateur et être accessible en appuyant sur une seule touche. Le protocole de conception général suivant doit être suivi :
- 3.2.19.19 Une page des opérations principale doit être prévue. Cette page doit regrouper les fonctions de contrôle de base sur un même écran, soit : contrôle de démarrage et d'arrêt, sélection du mode de fonctionnement local et à distance, affichage des messages d'état de fonctionnement importants, contrôle d'augmentation et de diminution de la capacité, indication de la capacité en % et indication de l'ampérage du moteur. Tous les paramètres de fonctionnement et les valeurs des transmetteurs doivent être accessibles à partir de la page principale des opérations. Si plusieurs

pages sont nécessaires pour afficher les données de fonctionnement, la navigation entre les pages doit s'effectuer de manière simple et évidente pour l'opérateur, sous forme de boutons de sélection à une touche ou d'onglets. Les données d'exploitation doivent être organisées et clairement identifiées pour faciliter une visualisation rapide et facile par l'opérateur.

- 3.2.19.20 Une page de service doit être prévue pour permettre l'entretien et le dépannage des commandes du compresseur et des appareils auxiliaires. À partir de la page de service, des boutons de sélection à une touche doivent être prévus pour choisir le mode de fonctionnement normal ou le mode de fonctionnement de service. En mode normal, les pages de service doivent présenter l'état de fonctionnement individuel de tous les appareils lorsque le compresseur est en marche. En mode de service, le moteur principal doit être désactivé. Le mode de service doit permettre un fonctionnement indépendant de tous les appareils. Lorsque le mode de service est activé, une bannière doit s'afficher pour alerter l'opérateur que le compresseur est en mode de service. De plus, le démarrage du compresseur doit être interdit lorsque le compresseur est en mode de service.
- 3.2.19.21 Si une alarme ou un déclenchement est détecté, un message doit être affiché et/ou une indication visuelle doit aviser de la présence d'une alarme sur la page principale des opérations. Une page d'état d'alarme/déclenchement doit être accessible à partir d'une page ou d'un mode de fonctionnement quelconque avec un bouton-poussoir de sélection. La page d'état des alarmes/déclenchements doit comporter une liste de toutes les alarmes ou de tous les déclenchements actifs et une description détaillée de chacun incluant l'heure de leur apparition. Toutes les alarmes, une fois corrigées, peuvent être effacées automatiquement sans qu'on ne doive les reconnaître. Cependant, lors de toute condition de déclenchement, un opérateur doit reconnaître la condition de déclenchement après qu'elle a été corrigée au moyen un bouton de sélection à une touche sur la page d'alarme/déclenchement. Le démarrage du compresseur doit être bloqué s'il y a des alarmes actives. Le système de commande doit également empêcher un redémarrage du compresseur jusqu'à ce que tous les déclenchements aient été corrigés et reconnus. Un avertisseur doit retentir (et une balise doit s'allumer) lorsqu'une condition d'alarme ou de déclenchement se produit pour alerter le personnel d'exploitation de l'usine. Un bouton de sélection à une touche sur la page d'alarme/déclenchement doit être prévu pour interrompre l'avertisseur d'alarme.
- 3.2.19.22 Une page de configuration comportant les paramètres de mise sous tension par défaut doit être fournie. Ces paramètres détermineront le mode de commande du compresseur lors de la mise sous tension du TCL. La page de configuration doit également comporter un mode d'essai qui détourne le signal de démarrage du démarreur du moteur principal vers une logique d'essai qui simule le démarrage du moteur pour faciliter l'essai du système de commande sans démarrer le moteur d'entraînement.
- 3.2.19.23 Les autres sélecteurs, boutons-poussoirs et témoins lumineux doivent comprendre :
- a) Un bouton d'arrêt d'urgence en forme de champignon sur la porte du tableau;
 - b) Un compteur horaire séparé et non réinitialisable sur la porte du tableau.

- 3.2.19.24 En plus des témoins lumineux de l'IOT, des boutons-poussoirs doivent être prévus afin de permettre le fonctionnement et la surveillance du compresseur si l'IOT est hors d'usage ou si l'opérateur préfère ne pas l'utiliser.
- 3.2.19.25 L'interface de l'opérateur doit afficher et surveiller tous les signaux analogiques, y compris, entre autres :
- a) l'intensité du courant du moteur;
 - b) la position des aubes directrices d'entrée;
 - c) les signaux de température;
 - d) les signaux de pression;
 - e) les signaux de vibrations.
- 3.2.19.26 Les compresseurs doivent démarrer dans un ordre automatique enclenché par le signal de démarrage local ou le signal de démarrage à distance (c'est-à-dire le TCP du système à bulles d'air) lorsqu'ils sont commandés à distance ou en mode automatique. Au signal de démarrage, le contrôleur programmable doit confirmer que les aubes directrices d'entrée sont placées à la position minimale, que la soupape de surpression (dérivation) est ouverte et que les portes d'admission d'air du système à bulles d'air sont ouvertes. Toutes les aubes et les soupapes doivent être munies d'interrupteurs de fin de course aux positions ouverte et fermée pour indiquer la position. Les portes d'admission d'air du système à bulles d'air doivent être munies de contacteurs de proximité pour indiquer la position ouverte ou fermée des portes.
- 3.2.19.27 Le système de pré-lubrification à l'huile doit s'activer et fonctionner pendant au moins deux (2) minutes pour assurer la pré-lubrification. Une fois toutes les autorisations de pré-démarrage confirmées, le moteur du compresseur doit démarrer. Un signal de réaction du démarreur du moteur principal doit confirmer que le démarreur du moteur d'entraînement principal a été placé sous tension. Lorsque le compresseur atteint la vitesse de fonctionnement déterminée par la séquence de démarrage du moteur, le contrôleur programmable doit arrêter la pompe à huile électrique, déclencher le contrôle des aubes directrices d'entrée au mode de contrôle local/à distance et lancer l'indication d'état « Prêt ». Si les composants ne sont pas bien placés, les dispositifs de verrouillage doivent empêcher le compresseur de fonctionner après un délai prédéfini. Une alarme d'échec de séquence et un processus déclenchement, si des parties de la séquence de démarrage, d'exécution ou d'arrêt ne se déroulent pas correctement, doivent être prévus. L'interface de l'opérateur doit annoncer la fonction ayant provoqué le déclenchement.
- 3.2.19.28 Une fois l'état « Prêt » indiqué, le contrôle du compresseur peut être transféré à la télécommande où il doit être accepté par l'opérateur qui se trouve à distance.
- 3.2.19.29 Le système de détection de surpression doit détecter les conditions de déséquilibre/surpression à l'aide de dispositifs de détection de pression. La détection des conditions de surpression doit déclencher le compresseur pour le placer hors ligne.
- 3.2.19.30 Un logiciel de protection contre les surcharges du moteur doit être fourni pour

contrôler le réglage maximal des aubes sur le compresseur, afin que le courant du moteur ne dépasse pas un niveau prédéfini.

3.2.19.31 La puissance du compresseur doit être affichée dans un format graphique et numérique sur l'interface de l'opérateur en pourcentage de la capacité maximale, de 45 % à 100 %.

3.2.19.32 Il doit être possible d'arrêter le compresseur de trois façons :

- a) Arrêt normal – Provoqué en appuyant sur le bouton d'arrêt de l'interface de l'opérateur ou sur le bouton d'arrêt à distance. L'unité s'arrête normalement pour éviter qu'une surpression ne se produise. À la fin de la séquence d'arrêt, la soupape de surpression doit être en position fermée et y rester jusqu'à la demande de démarrage suivante.
- b) Arrêt progressif – L'arrêt progressif doit désactiver le moteur d'entraînement principal huit (8) secondes après le déclenchement de l'alarme pour permettre à la soupape de surpression de s'ouvrir partiellement. La post-lubrification normale et d'autres fonctions d'arrêt normales viennent ensuite. Provoquées par :
 - i. Une température d'huile élevée;
 - ii. Une température d'air d'admission élevée (recirculation/surpression);
 - iii. Une température élevée de l'enroulement du moteur;
 - iv. Une température élevée des roulements (compresseur ou moteur);
 - v. La soupape de surpression ne s'est pas complètement ouverte dans les deux (2) minutes après que le contrôleur programmable a reçu le signal de réaction du démarreur du moteur principal;
 - vi. La soupape de surpression ne s'est pas fermée dans les cinq (5) minutes après que le contrôleur programmable a reçu le signal de réaction du démarreur du moteur principal;
 - vii. Une température ou une pression de refoulement élevée;
 - viii. Un courant élevé au niveau du moteur;
 - ix. Une surpression.
- c) Arrêt d'urgence – L'arrêt d'urgence doit mettre immédiatement le moteur d'entraînement principal hors tension. La post-lubrification normale et d'autres fonctions d'arrêt normales viennent ensuite. Provoquées par :
 - i. L'appui du bouton d'arrêt d'urgence;
 - ii. Une pression d'huile très basse;
 - iii. Des vibrations élevées;
 - iv. L'absence de signal de réaction provenant du démarreur principal pendant la séquence de démarrage;
 - v. La perte du signal de réaction du démarreur du moteur principal pendant le fonctionnement normal;
 - vi. Un échec de la séquence lors du démarrage;

- vii. Une défaillance du contrôleur programmable;
- viii. Un échec de la séquence d'arrêt pendant l'arrêt (les aubes ne se trouvent pas à la position minimale, la soupape de refoulement n'est pas fermée, la soupape de surpression ne s'est pas ouverte dans les 120 secondes suivant l'émission d'une commande d'arrêt);
- ix. L'alarme de température d'air d'admission élevée (recirculation) et le commutateur de vitesse zéro doivent être actifs lorsqu'il n'y a pas de réaction de la part du moteur principal présent sur le TCL à partir du démarreur du moteur principal. Le but de ces capteurs est de détecter la circulation d'air inverse à travers le compresseur et la rotation inverse de la roue.

3.2.19.33 Le TCL doit être capable d'effectuer la communication de données avec le nouveau TCP du système à bulles d'air et les contrôleurs de passerelle. Cette interface compatible doit être un protocole de communication de données standard industriel basé sur Ethernet et compatible avec le type de contrôleur programmable sélectionné.

3.2.19.34 La communication des données en direction et en provenance du TCL doit se faire de la manière suivante par l'interface du contrôleur programmable :

a) Vers le TCP du système à bulles d'air et les contrôleurs de passerelle

- i. Compresseur prêt à démarrer
- ii. Compresseur en marche
- iii. Débit d'air maximal
- iv. Débit d'air minimal
- v. Alarme commune
- vi. Emplacement de la commande du compresseur présentement actif – TCL, TCP ou un des quatre tableaux de commande de passerelle

b) En direction et en provenance du démarreur du moteur principal (signaux numériques câblés par l'installateur du système)

c) Signal de marche du moteur vers le démarreur du moteur principal (signal numérique du TCL vers le démarreur du moteur principal)

d) Signal de réaction du moteur (confirmation de marche) (signal numérique du démarreur moteur principal vers le TCL)

e) Pour contrôler les processus de l'usine (afin de surveiller les compresseurs)

- i. Toutes les données surveillées et affichées qui sont gérées par le contrôleur programmable du TCL doivent être disponibles pour le système centralisé de commande, d'alarme et de surveillance (SCCAS) du navire pour assurer directement l'affichage, la surveillance et l'annonce des alarmes de l'IHM du SCCAS. Le contrôleur programmable du TCL doit être configuré de manière à faciliter la communication avec le SCCAS par l'entremise d'un protocole de communication de données industriel standard tel que Modbus, Profinet ou l'équivalent. Toutes les identifications de chaînes de données du contrôleur

programmable du TCL doivent être disponibles pour faciliter l'intégration au SCCAS.

- 3.2.19.35 Le TCL doit comporter les options de sélection de « mode normal », « mode de service » et « mode d'essai » comme suit.
- a) En « mode normal », le compresseur doit fonctionner alors que toutes les séquences et les alarmes sont activées.
 - b) En « mode de service », il doit être possible d'activer et de désactiver manuellement les composants suivants à partir de l'interface de l'opérateur :
 - i. Démarrage/arrêt manuels de la pompe à huile auxiliaire
 - ii. Ouverture/fermeture manuelles de la soupape de surpression
 - iii. Ouverture/fermeture manuelles des aubes directrices d'entrée
 - iv. Démarrage/arrêt manuels du moteur du ventilateur du refroidisseur d'huile
 - c) En « mode d'essai », la fonction de démarrage du moteur principal doit être simulée. Le signal de démarrage du moteur principal doit être contourné et un signal de réaction simulé du démarreur du moteur principal doit être produit afin qu'une procédure de démarrage puisse être simulée sans mettre le moteur en marche. Le reste de la fonctionnalité du compresseur doit rester le même qu'en « mode normal ».
- 3.2.19.36 Les options de sélection du mode de service et du mode d'essai doivent être désactivées lorsque le compresseur est en séquence de démarrage ou en ligne.

3.2.20 Fonction d'essai de soupape locale

- 3.2.20.1 La fonctionnalité d'essai de la soupape de refoulement d'air doit être intégrée au TCL ou accessible par un tableau d'essai de soupape distinct.
- 3.2.20.2 Alors que le TCL est en mode de service, toutes les soupapes de la zone de refoulement d'air à commande hydraulique doivent pouvoir s'ouvrir et se fermer manuellement, localement, depuis l'intérieur du compartiment du compresseur. Une indication de position ouverte/fermée doit être prévue pour chaque soupape.

3.2.21 Commandes et instruments – Généralités

- 3.2.21.1 Les instruments doivent être fournis et montés sur le châssis du compresseur, sauf indication contraire, incluant toutes les connexions électriques externes au châssis, reliées au TCL par l'installateur du système.
- 3.2.21.2 On ne doit pas utiliser les connecteurs bout à bout pour toutes les connexions, puisque seuls les borniers sont acceptables. Tous les fils doivent être marqués aux deux extrémités au moyen des manchons thermorétractés imprimés avec une encre indélébile ou l'équivalent.

- 3.2.21.3 Le TCL doit être conçu pour résister à de fortes vibrations dans des conditions de déglacage et doit être muni d'isolateurs de bornier à ressort et à compression. On ne doit PAS utiliser d'isolateurs vissés.
- 3.2.21.4 Les instruments doivent être conçus pour des environnements marins en plus d'être très résistants aux vibrations.
- 3.2.21.5 Les instruments et les fonctions d'avertissement/état/alarme de chaque compresseur doivent comprendre à tout le moins les éléments suivants. Les signaux numériques et analogiques doivent s'afficher sur l'interface de l'opérateur. L'interface de l'opérateur doit offrir la possibilité de modifier les points de consigne en vue des essais en plus de confirmer la fonctionnalité et la précision.
- a) Jauge de température de l'air d'admission
 - b) Capteur/transmetteur RDT PT100 de température d'air d'admission HART de 4 à 20 mA – Indicateur de température d'admission élevée et de surpression de recirculation
 - c) Commutateur de surpression
 - d) Manomètre de pression d'air de refoulement
 - e) Transmetteur de pression différentielle (admission/refoulement) HART de 4 à 20 mA, avec écran à cristaux liquides
 - f) Capteur/transmetteur de température d'huile PT100 RDT, HART de 4 à 20 mA, installé à l'intérieur du réservoir d'huile
 - g) Jauge de température d'huile (située dans la conduite d'alimentation en huile de la boîte de vitesses)
 - h) Manocontact de basse pression d'huile (situé au niveau du point de refoulement de la pompe à huile principale)
 - i) Manocontact de pression d'huile basse-basse (situé dans la conduite d'alimentation en huile menant à la boîte de vitesses)
 - j) Manomètre de pression d'huile (situé dans la conduite d'alimentation en huile menant à la boîte de vitesses)
 - k) Indicateur/interrupteur de pression différentielle du filtre à huile – avertissement de changement de filtre
 - l) Interrupteur de bas niveau d'huile (situé à l'intérieur du réservoir d'huile)
 - m) Transmetteur de position des aubes directrices d'entrée et interrupteurs de fin de course ouverts/fermés
 - n) Interrupteurs de fin de course de soupape de surpression, intégrés à la soupape de surpression et pouvant être reliés au TCL
- 3.2.21.6 Surveillance de la température
- a) Le système de surveillance de la température doit comprendre des capteurs de température de type RDT à trois fils, 100 ohms en platine (PT100) intégrés aux enroulements du moteur (deux par phase, c'est-à-dire un actif et un de rechange) et dans chaque palier du moteur et du compresseur/boîte de vitesses. Les capteurs de la RDT doivent être reliés directement à une carte d'entrée de RDT dans le système de contrôleur programmable du TCL. Le système doit surveiller

et afficher la température réelle des enroulements et des paliers sur le TCL. Les signaux de surveillance doivent être transmis au SCCAS de la manière décrite dans la section 3.2.18.29. L'interface de l'opérateur du TCL doit afficher une alarme lorsque les niveaux de température en hausse atteignent le point de consigne de l'alarme et arrêter ensuite le compresseur lorsque les niveaux de température continuent d'augmenter jusqu'au point de consigne de déclenchement. Le déclenchement doit être affiché jusqu'à ce que la condition ait été corrigée et qu'on reconnaisse le déclenchement sur l'interface de l'opérateur.

- b) Les capteurs de température de procédé (air d'admission/refoulement, huile de lubrification) doivent être des RDT en platine (PT100) de 100 ohms, à trois ou quatre fils, assemblées sur une tête de terminaison qui abrite le transmetteur de température. Les capteurs de température installés dans le flux d'air comprimé ou le système d'huile de lubrification doivent comprendre un puits thermométrique en acier inoxydable 316. Le capteur et le transmetteur doivent être déjà câblés et configurés. Les transmetteurs de température doivent présenter une puissance de 4 à 20 mA, en plus d'être de marque HART, configurés pour un RDT platine de 100 ohms à trois ou quatre fils.

3.2.21.7 Contrôle de la pression

- a) Les transmetteurs de pression doivent être de marque HART, présenter une puissance de 4 à 20 mA, avec boîtier NEMA 4X et écran ACL. Les transmetteurs de pression doivent être accompagnés d'un bloc en acier inoxydable 316 et d'une soupape de surpression pour l'isolement et le calibrage du processus. Les transmetteurs de pression différentielle doivent être fournis avec un collecteur standard muni de raccords de procédé présentant un filet national.

3.2.21.8 Surveillance des vibrations

- a) Un système de surveillance des vibrations de l'arbre doit être fourni pour chaque compresseur et chaque moteur. Le système doit comprendre :
 - i. Un transmetteur de vibrations qui doit être installé sur le carter de la boîte de vitesses du compresseur pour déclencher l'alarme et l'arrêter en cas de vibrations excessives. Un capteur de type accéléromètre piézoélectrique présentant une plage de détection de vibrations de vitesse de 0 à 2,0 po/s doit être fourni. L'instrument doit être une combinaison de capteur/émetteur de vibrations. Le transmetteur de vibrations doit être le modèle 640B09 d'IMI Sensors ou l'équivalent.
 - ii. Transmetteurs de vibrations de type vitesse du moteur (2 chacun) : Capteur de type accéléromètre piézoélectrique avec une plage de détection de vibrations de vitesse de 0 à 2,0 po/s. L'instrument doit être une combinaison de capteur/transmetteur de vibrations et être monté sur le palier à chaque extrémité du moteur.
- b) Le contrôleur programmable du TCL doit recevoir, et l'interface de l'opérateur doit afficher numériquement, les signaux de vibration. L'interface de l'opérateur doit

comprendre une fonction d'alarme ajustable en fonction des niveaux de vibration croissants qui déclenchent d'abord l'alarme et qui sont suivies par l'arrêt de l'appareil. L'alarme/arrêt doit être affiché jusqu'à la réinitialisation. Prévoir le matériel nécessaire pour assurer une communication directe entre les sondes de vibration, le contrôleur programmable et l'interface de l'opérateur. Tous les composants doivent être conçus de manière à offrir une excellente résistance aux vibrations.

- c) Deux modes de fonctionnement doivent être offerts au choix, le mode brise-glace et le mode propulseur. Pour le mode brise-glace, l'entrepreneur doit coordonner avec la GCC des points de consigne d'alarme et de vibration de déclenchement convenables pour éviter les alarmes intempestives, tout en protégeant l'appareil.

3.2.22 Tableau de commande principal du système à bulles d'air

- 3.2.22.1 Un TCP pour le système à bulles d'air doit être fourni.
- 3.2.22.2 Le TCP doit comporter un programme de séquençage et de contrôle basé sur un contrôleur programmable pour gérer le contrôle global du système à partir de différents emplacements, le démarrage et l'arrêt des compresseurs et le contrôle des soupapes de zone du système à bulles d'air existant, ainsi que pour faciliter le contrôle du point de consigne en fonction des modes de fonctionnement décrits dans la section 3.2.24.8.
- 3.2.22.3 Le contrôleur programmable du TCP doit être de marque Siemens, série S7 1500, ou équivalent. Le nouveau tableau doit remplacer l'actuel TCP du système à bulles d'air.
- 3.2.22.4 L'enceinte du TCP doit être un modèle autonome conforme à la norme IP55 et être munie d'une porte à charnière permettant un accès par l'avant. Tout le câblage à l'intérieur du tableau doit être regroupé en faisceaux et fixé à la structure. Le TCP doit être assemblé et câblé en usine de manière à ce que le câblage sur place par l'installateur du système se limite à effectuer le raccordement aux bornes. Le tableau doit présenter un éclairage interne et une prise duplex 120/60/1. Le tableau de commande doit porter un certificat UL-C pour service canadien certifiant que le tableau de commande industriel assemblé est conforme à la norme UL 508A.
- 3.2.22.5 Le tableau de commande doit être monté sur des supports antivibratiles pour résister aux mouvements sur les plans vertical et horizontal. Les supports antivibratiles doivent être conçus de manière à résister aux vibrations et aux forces indiquées au paragraphe 3.2.3 dans ce devis.
- 3.2.22.6 Le TCP doit être accompagné d'un terminal d'interface opérateur électronique programmable comportant plusieurs écrans en couleur pour afficher les variables de fonctionnement, les positions des soupapes et d'autres données pertinentes. Les écrans de fonctionnement doivent être munis d'un point d'écran tactile pour sélectionner le mode de fonctionnement du système à bulles d'air, ainsi que pour le mode de contrôle local ou à distance. L'opération doit être programmée de manière à être conviviale en présentant une invite suffisante pour qu'un opérateur puisse suivre intuitivement les commandes et faire fonctionner le système de ventilateur.

- 3.2.22.7 Des affichages et des commandes doivent être présentés pour surveiller toutes les variables du procédé saisies pour la commande principale, ainsi que pour surveiller et modifier les points de consigne, au besoin.
- 3.2.22.8 Le TCP doit inclure un ensemble de base de boutons et de voyants pour le contrôle de sauvegarde du système en cas de défaillance du matériel de communication Ethernet (commutateur Ethernet) entre les IHM et les contrôleurs programmables.
- 3.2.22.9 Toutes les données surveillées et affichées qui sont gérées par le contrôleur programmable du TCP doivent être disponibles pour le SCCAS du navire pour assurer directement l’affichage, la surveillance et l’annonce d’alarme de l’IHM du SCCAS. Le contrôleur programmable du TCP doit être configuré de manière à faciliter la communication avec le SCCAS grâce à un protocole de communication de données industriel standard tel que Modbus, Profinet ou l’équivalent. Toutes les identifications de chaînes de données du contrôleur programmable du TCP doivent être disponibles pour faciliter l’intégration au SCCAS.
- 3.2.22.10 Le TCP doit comprendre et accommoder les modes de fonctionnement suivants :
- a) Système à bulles d’air – Lorsqu’elles sont sélectionnées, les fonctions de compresseur à bâbord et à tribord s’activent.
 - i. Système à bulles d’air – Sortie du compresseur amenée à sa capacité maximale, soupapes de refoulement d’air pour le compresseur concerné ouvertes, soupape de surpression fermée.
 - ii. Ralenti – Sortie du compresseur réduite au minimum, soupape de surpression ouverte, toutes les soupapes de refoulement d’air fermées.
 - b) Propulseur – Lorsqu’elles sont sélectionnées, les fonctions du propulseur deviennent actives :
 - i. Propulseur d’étrave – « Rotation à bâbord » – Dans ce mode, l’air est évacué par les collecteurs avant et du propulseur à tribord, permettant ainsi d’appliquer au quart la poussée maximale de deux compresseurs. La capacité du ventilateur augmente au maximum et la soupape de surpression se ferme.
 - ii. Propulseur d’étrave – « Rotation à tribord » – Dans ce mode, l’air provient des collecteurs avant et du propulseur situé à bâbord, permettant ainsi d’appliquer au quart la poussée maximale de deux compresseurs. La capacité du ventilateur augmente au maximum et la soupape de surpression se ferme.
 - iii. Propulseur d’étrave – « Aucune poussée » – Dans ce mode, la capacité du ventilateur est réduite au minimum, la soupape de surpression s’ouvre et toutes les soupapes de zone de refoulement d’air sont fermées.
- 3.2.22.11 Le TCP doit comprendre au moins :
- a) Un sélecteur local/arrêt/passerelle

- i. Local – Contrôle des compresseurs et des soupapes de refoulement d'air disponibles au niveau du TCP.
 - ii. Arrêt – Contrôle non disponible au niveau du TCP ou sur la passerelle
 - iii. Passerelle – Contrôle disponible sur un des quatre tableaux de commande de passerelle
- b) Boutons de démarrage et d'arrêt pour les deux compresseurs
- c) Indication du tableau de commande de passerelle en service
 - i. Avant
 - ii. Arrière
 - iii. Aile à bâbord
 - iv. Aile à tribord
- d) Indication de position de la soupape de refoulement d'air
 - i. Ouverte
 - ii. Fermée
- e) Indication du robinet d'intercommunication manuel
 - i. Ouvert
 - ii. Fermé
- f) État de la soupape de surpression
 - i. Ouvert
 - ii. Fermé
- g) Indication d'état du compresseur
 - i. Prêt à démarrer
 - ii. Compresseur en marche
 - iii. Position des aubes directrices d'entrée, min. ou max.
 - iv. Indication d'alarme de panne du compresseur
 - v. Position de la porte d'admission d'air, ouverte/fermée
 - vi. Position de la porte de refoulement d'air de surpression ouverte/fermée

*Remarque : En mode normal, il doit être impossible d'utiliser simultanément les modes du système à bulles d'air et du propulseur.

3.2.22.12 Le TCP doit faciliter le fonctionnement d'un seul compresseur alors que le robinet d'intercommunication à commande manuelle est ouvert.

3.2.22.13 Le TCP doit faciliter le fonctionnement manuel des soupapes de refoulement d'air en mode de contrôle local.

3.2.22.14 Le TCP doit s'intégrer au système d'exploitation hydraulique de la soupape de refoulement d'air existante.

3.2.23 Tableaux de commande de passerelle

- 3.2.23.1 Quatre nouveaux tableaux de commande de passerelle (console avant, console arrière, consoles d'aile à bâbord et à tribord) doivent être fournis pour remplacer les tableaux existants. Les nouveaux tableaux doivent permettre d'effectuer les opérations de passerelle du système à bulles d'air. Des témoins lumineux, des sélecteurs et des boutons-poussoirs doivent être prévus pour permettre cette opération, ainsi que le transfert de contrôle entre les quatre tableaux. La commande ne doit être active que sur un tableau à la fois.
- 3.2.23.2 Chaque tableau de commande de passerelle doit comprendre :
- a) Sélection de l'emplacement de commande et indication de la station active;
 - b) Indication de la disponibilité de chaque compresseur pour la commande de la passerelle;
 - c) Capacité d'arrêt pour chaque compresseur;
 - d) Sélection du mode – « système à bulles d'air » ou « propulseur »;
 - e) Demandes de commande de propulseur – « Rotation à bâbord », « Aucune poussée », « Rotation à tribord »;
 - f) Demandes du système à bulles d'air/ralenti pour chaque compresseur;
 - i. Système à bulles d'air – Sortie du compresseur amenée à sa capacité maximale, soupapes de refoulement d'air pour le compresseur concerné ouvertes, soupape de surpression fermée,
 - ii. Ralenti – Sortie du compresseur réduite au minimum, soupapes de refoulement respectives fermées, soupape de surpression fermée.

3.2.24 IHM portable

- 3.2.24.1 Un contrôleur d'IHM portable doit être fourni en tant qu'IHM supplémentaire qu'on doit utiliser pour le contrôle de passerelle et en tant qu'IHM de secours pour les tableaux de TCL et de TCP. Cette unité doit être une IHM mobile de 9 po (min.) munie d'un câble de 5 m, sept (7) ports de connexion pour chaque emplacement de tableau (TCL, TCP, quatre consoles de passerelle). L'IHM mobile doit pouvoir se brancher à n'importe quel TCL, TCP ou console de passerelle pour contrôler à la fois les ventilateurs et le système à bulles d'air. Ce système doit être interconnecté au moyen d'un câble Ethernet et faire appel au même protocole de communication pour le contrôle entre l'IHM et le contrôleur programmable que celui utilisé ailleurs par l'entremise du système de commande.

4.0 LIVRAISON, ENTREPOSAGE, MANUTENTION ET PRÉSERVATION DU PRODUIT

- 4.1.1.1 Tout l'équipement doit être monté sur des châssis mobiles ou placé dans des caisses pour le protéger des dommages pendant le transport. Toutes les pièces doivent être correctement protégées afin qu'aucun dommage ou détérioration ne se produise sur une longue période depuis l'expédition jusqu'à ce que l'installation soit terminée et que les appareils et l'équipement soient prêts à fonctionner.
- 4.1.1.2 Les surfaces finies de toutes les brides exposées doivent être protégées par des brides vierges en panneaux de fibres solidement construites et retenues au moyen de boulons.

- 4.1.1.3 Les caisses d'expédition doivent permettre de raccorder les appareils de chauffage et tout autre dispositif de protection, comme exigé pour un entreposage prolongé, sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir les caisses. L'entrepreneur doit fournir des instructions détaillées sur les méthodes d'entretien prolongé en cours d'entreposage au moment de l'expédition.
- 4.1.1.4 Toutes les surfaces doivent être préparées, apprêtées en atelier et peintes d'une couche de finition du système de peinture époxy et d'uréthane de qualité marine.
- 4.1.1.5 Les surfaces usinées qui ne sont pas peintes doivent être convenablement protégées contre la détérioration pendant une période prolongée.

5.0 PREUVE DE RENDEMENT

5.1 Essai en usine

- 5.1.1.1 Chaque moteur d'entraînement principal doit subir un essai de routine en usine sans témoin de la manière décrite dans les normes ANSI C50.41-2000, NEMA MG1-1998, rév. 1, section 20.16 et IEEE112-1996 pour s'assurer qu'il ne présente aucun défaut électrique ou mécanique. Un rapport d'essai certifié pour chaque moteur doit être compris dans le manuel d'IUE final.
- 5.1.1.2 Chaque compresseur doit faire l'objet d'un essai de la manière décrite dans le document ASME Power Test Code for Centrifugal Compressors and Exhausters, PTC-10-1974 (édition 1992 confirmée). Les essais peuvent être effectués à l'aide du moteur de travail ou d'un moteur d'essai en usine. Dans les deux cas, la puissance d'entrée de l'arbre de la boîte de vitesses ou du compresseur doit être déterminée par la méthode du bilan thermique, de la manière décrite au paragraphe 4.43 du Code avec une tolérance de ± 4 %. La consommation de courant de l'arbre doit comprendre une pompe à huile en marche. L'essai doit comprendre la détermination du point de surpression et la vérification des points de garantie.
- 5.1.1.3 Le débit net produit et la pression de refoulement du compresseur doivent être mesurés, enregistrés et garantis sans tolérance négative.
- 5.1.1.4 La capacité du compresseur doit être définie de la manière décrite au paragraphe 4.26 du document ASME PTC-10 Power Test Code. Plus précisément, la capacité se définit comme étant le débit net comprimé et délivré, exprimé en pieds cubes par minute à la pression d'entrée et à la température d'entrée en vigueur. Elle doit être mesurée de manière appropriée pour exclure efficacement toutes les pertes attribuables aux fuites externes provenant de sources telles que les joints d'arbre. Autrement dit, le débit d'air doit être mesuré du côté refoulement du compresseur avec une tolérance de 0 %.
- 5.1.1.5 Tout l'équipement d'essai doit être calibré et certifié par un organisme d'essai indépendant au plus douze (12) mois avant la date de l'essai. Les certificats doivent confirmer la stabilité du calibrage sur une période d'au moins un an de la manière décrite dans la norme ISO 9001, paragraphe 4.11.

- 5.1.1.6 Les vibrations de vitesse par rapport aux niveaux de fréquences doivent être enregistrées sur une plage de fréquences de 10 à 1 000 et 10 à 10 000 Hz.
- 5.1.1.7 L'ingénieur responsable des essais doit signer chaque copie du journal des données d'essai certifiant que les essais requis ont été effectués en stricte conformité avec ces exigences et le code PTC-10 de l'ASME, paragraphe 4.43, Heat Balance Tests.
- 5.1.1.8 Le rapport d'essai du compresseur doit présenter des calculs en parfaite conformité avec les sections 5, 6 et 7 du code PTC-10 de l'ASME avec des courbes de rendement indiquant les paramètres de capacité, de pression et de puissance utilisés. Les résultats des essais qui ne sont pas totalement conformes au format de présentation prescrit dans le Code justifient le rejet des essais de rendement.

6.0 PRODUITS LIVRABLES

6.1 Manuels/dessins/rapports

6.1.1 Généralités

- 6.1.1.1 Tous les documents doivent être fournis dans le format électronique .pdf, avec signets et consultables. En plus du format électronique, trois copies papier du document d'IUE final accompagné de dessins de « l'ouvrage construit » doivent être fournies.
- 6.1.1.2 L'entrepreneur doit soumettre ces documents à la GCC aux moments prévus dans l'échéancier de présentation type des documents suivants :

| Description du document | Date d'échéance |
|---|----------------------|
| Proposition de concept préliminaire | Soumise avec l'offre |
| Manuel d'installation, d'utilisation et de maintenance préliminaires (manuel d'IUE) | Soumis avec l'offre |
| Rapport d'analyse de vitesse critique de torsion | 4 semaines AAS |
| Manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien (IUE) | 4 semaines AAS |
| Rapports d'essai en usine | 2 semaines AE |
| Manuel final de l'IUE | 2 semaines AE |
| ARC = Après la réception de la commande | |
| AAS = Après l'approbation de la soumission | |
| AE = Après l'essai | |
| AE = Après l'expédition | |

6.1.2 Proposition de concept paquet (doit faire partie de la soumission technique lors de la clôture des offres)

- 6.1.2.1 La paquet de concept doit être publiée sous forme de compilation de tous les renseignements et détails de conception nécessaires pour déterminer ce qui convient à l'application et la conformité aux exigences du devis. Les renseignements spécifiques suivants doivent également faire partie du concept proposé :

- a) Le concept soumis doit comprendre au moins un paragraphe de commentaires et d'exceptions concernant chacun des paragraphes du devis technique. Fournir des renseignements détaillés sur les changements ou les modifications nécessaires sur le plan structurel, mécanique, électrique ou autre pour adapter les matériaux non indiqués à la configuration ou aux détails indiqués.
- b) Dessins d'agencement général montrant les dimensions de la base du compresseur, la plate-forme de montage, la tuyauterie du châssis mobile, les dégagements nécessaires afin de procéder à l'entretien, les poids totaux avec et sans huile, ainsi que les poids des plus gros composants qu'on doit enlever pour effectuer l'entretien.
- c) Schémas du processus préliminaire et des instruments (SPPI).
- d) Description générale du compresseur avec dessins en coupe expliquant le concept et le fonctionnement.
- e) Répartition des coûts des pièces de rechange énumérées dans la section 5.2.2, Outils et pièces de rechange.
- f) Analyse du coût de possession sur une période de 10 ans, sur la base de 2 000 heures/année.
 - i. Pièces et matières consommables utilisées pour l'entretien de routine et l'entretien régulier planifié.
 - ii. Coût du représentant de service sur le terrain qui est chargé de superviser les inspections ou les révisions obligatoires au cours de cette période.
- g) Données de rendement du compresseur.
- h) Courbes de rendement préliminaires.
- i) Fournir des courbes de vitesse-couple pour le compresseur et le moteur d'entraînement. La courbe de vitesse-couple du compresseur doit concerner l'état où les aubes directrices sont placées en position de démarrage et à la température d'admission minimale indiquée.
- j) Fournir une description détaillée du fonctionnement des aubes directrices.
- k) Caractéristiques et quantité de lubrifiant pour le compresseur.
- l) Liste de tous les principaux composants et dessins/fiches techniques pour chacun. La liste doit comprendre :
 - i. Moteurs;
 - ii. MEFV;
 - iii. Actionneurs et soupapes;
 - iv. Composants mécaniques;
 - v. Instruments;
 - vi. Contrôleur logique programmable (CLP);
 - vii. Écrans d'interface de l'opérateur/machine.
- m) Description préliminaire du fonctionnement des TCL, du TCP du système à bulles d'air et des tableaux de commande de passerelle. Fournir au moins une description plus détaillée que celle qu'on retrouve dans ce devis et couvrant toute la logique et les séquences de fonctionnement. Les écrans d'interface de l'opérateur typiques doivent être accompagnés de descriptions détaillées.
- n) Schémas électriques de tous les tableaux de commande, qui doivent comprendre :

- i. Dispositifs d'interconnexion avec tous les composants en vrac expédiés;
 - ii. Configuration de la porte;
 - iii. Configuration intérieure.
- o) Procédures de préparation et de revêtement des surfaces.
- p) Procédure d'essai préliminaire de rendement du compresseur : Soumettre un plan d'essai incluant un schéma de configuration complet de la tuyauterie et des instruments de la manière décrite dans la norme ASME PTC-10 montrant la taille des tuyaux d'essai d'admission et de refoulement d'air. L'emplacement, le type et la quantité de tous les principaux instruments nécessaires aux données de rendement concernant, entre autres, l'air et l'huile de lubrification avec les distances correspondantes des points de référence, doivent être identifiés conformément aux exigences de la norme ASME PTC-10. À tout le moins, le plan d'essai détaillé doit comprendre :
 - i. Méthodes de contrôle de la qualité;
 - ii. Méthode d'essai du compresseur conformément à la norme ASME PTC-10 et méthode de calcul des résultats.
- q) Méthode d'essai fonctionnel de l'ensemble complet, y compris le système de lubrification à l'huile, les instruments, les composants auxiliaires et les tableaux de commande.
- r) Alarme des instruments et seuils de déclenchement.
- s) Méthode préliminaire d'analyse de torsion du système d'entraînement. Les résultats de cette analyse doivent être compris dans le manuel d'IUE pour confirmer qu'il n'y a aucune vitesse critique de torsion dans la plage de fonctionnement de l'unité.

6.1.3 Version préliminaire du manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien

- 6.1.3.1 Un manuel d'IUE préliminaire doit être soumis avec le dossier de présentation de l'offre. Le manuel d'IUE préliminaire doit comprendre l'index complet qu'on doit utiliser pour la version finale du manuel d'IUE. Le manuel doit être complet à l'exception des rapports d'essais finaux et des dessins conformes à l'exécution. Le manuel d'IUE doit comprendre les renseignements précis suivants :
- a) Information au sujet de la réception et la manipulation, incluant un schéma de la méthode de levage recommandée;
 - b) Calculs d'alignement préliminaires au niveau de l'accouplement entre le moteur et le compresseur;
 - c) Exigences en matière d'entreposage;
 - d) Instructions d'installation mécanique des composants détachés expédiés :
 - e) Châssis mobile du compresseur,
 - f) Composants et instruments d'admission du compresseur,
 - g) Composants et instruments de refoulement du compresseur;
 - h) Instructions d'installation du système électrique;
 - i) Instructions de remplissage d'huile de lubrification;
 - j) Procédure de mise en service;
 - k) Liste de vérification d'installation de prédémarrage du compresseur;

- l) Description des essais sur place;
- m) Pièces de rechange recommandées pour la mise en service;
- n) Instructions d'utilisation et d'entretien;
- o) Guide de diagnostic des pannes du compresseur;
- p) Pièces de rechange recommandées;
- q) Calendrier d'entretien préventif suggéré;
- r) Manuels d'utilisation de tous les principaux composants du compresseur et du système de commande;
- s) Dessins et listes des pièces de rechange complets pour :
- t) Les compresseurs et les boîtes de vitesses, y compris les pompes, les capteurs, les accouplements et les instruments connexes,
- u) Les moteurs de propulsion électrique (compresseur principal),
- v) Tous les composants auxiliaires (ensembles de pompes, moteurs, ensembles de filtres, refroidisseurs),
- w) Tous les équipements de commande électrique compris dans le TCL et sur les tableaux d'interface.

6.1.4 Analyse de la vitesse de torsion critique

- 6.1.4.1 Une analyse de la vitesse de torsion critique doit être effectuée pour s'assurer que le compresseur, le moteur et l'accouplement sont correctement conçus. Toutes les vitesses critiques de torsion doivent varier de +10/-15 % par rapport aux vitesses de l'arbre d'entraînement du compresseur.

6.1.5 Rapports d'essai en usine

- 6.1.5.1 Les essais du compresseur, du moteur d'entraînement principal et du tableau de commande doivent se dérouler en présence d'un représentant de la Garde côtière. Les rapports d'essai doivent être soumis et approuvés avant que l'équipement ne soit expédié sur le chantier.

6.1.6 Paquet du concept détaillé final

- 6.1.6.1 Une version finale révisée et détaillée du concept initial paquet indiquant tout changement ou modification qu'on a apporté.

6.1.7 Manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien final

- 6.1.7.1 Le manuel d'IUE final doit être remis à la fin des essais et de la construction du compresseur. Le manuel préliminaire approuvé doit être mis à jour avec tous les rapports d'essai finaux et les dessins conformes à l'exécution, ainsi que les données d'alignement finales au niveau de l'accouplement entre le moteur et la boîte de vitesses, d'après les mesures prises après l'installation.

6.2 Outils et pièces de rechange

6.2.1 Outils

- 6.2.1.1 L'entrepreneur doit fournir tous les outils et appareils spéciaux nécessaires afin de procéder au démontage, à l'entretien, à la réparation et au réglage de l'équipement et des accessoires du compresseur.

6.2.2 Pièces de rechange

- a) Les pièces de rechange suivantes doivent être fournies :
 - b) Deux ensembles d'éléments de filtre à huile pour chaque unité;
 - c) Un ensemble de joints et de roulements de compresseur pour chaque unité;
 - d) Un ensemble de roulements de moteur pour chaque unité;
 - e) Un actionneur d'aubes directrices d'entrée;
 - f) Une pompe à huile mécanique;
 - g) Un ensemble complet de pompe à huile auxiliaire;
 - h) Un contrôleur programmable de rechange;
 - i) Un (1) ordinateur portable comportant le programme du contrôleur programmable et les licences du logiciel;
 - j) Cartes d'E/S du contrôleur programmable :
 - i. Deux cartes d'entrée analogiques,
 - ii. Deux cartes d'entrée numérique,
 - iii. Deux cartes de sortie numérique,
 - iv. Deux cartes de RDT;
 - k) Deux blocs d'alimentation de contrôleur programmable de rechange;
 - l) Une interface de l'opérateur de rechange;
 - m) Une alimentation de 24 V du tableau de commande local de rechange;
 - n) Un couplage moteur/compresseur;
 - o) Un moteur de ventilateur pour le refroidisseur d'huile;
 - p) Deux transmetteurs de pression de rechange pour chaque plage de pression;
 - q) Deux RDT de température de processus de rechange pour chaque plage de températures.
- 6.2.2.1 Toutes les pièces de rechange doivent être emballées convenablement pour les environnements marins et l'entreposage à long terme. L'emballage doit être clairement identifié au moyen de marques indélébiles sur les contenants. Les outils et les pièces de rechange (à l'exception des filtres à air et à huile) doivent être fournis dans un coffre à outils en bois pour un entreposage à long terme arborant le nom de l'équipement, ainsi qu'une description du contenu et de toute pièce ou numéro d'identification applicable.

6.3 Certification

- 6.3.1.1 L'entrepreneur doit fournir la documentation d'approbation de classe des nouveaux

compresseurs et tous les équipements auxiliaires et de commande associés.