

**NGCC LOUIS S. ST. LAURENT  
REPLACEMENT DES COMPRESSEURS DU SYSTÈME À  
BULLES D'AIR**



**GARDE CÔTIÈRE CANADIENNE  
RÉGION DE L'ATLANTIQUE**

**À quai, St John's, T.-N.-L. – Automne 2017**

**DEVIS**  
**COMPRESSEURS PNEUMATIQUES CENTRIFUGES MONOÉTAGÉS À AUBES DIRECTRICE**  
**D'ADMISSION ET PIGNONS INTÉGRÉS**  
**(ENTRAÎNEMENT PAR MOTEUR ÉLECTRIQUE)**

**PARTIE 1 : GÉNÉRALITÉS**

**1.01 Résumé du projet**

Le navire de la Garde côtière canadienne *Louis S. St. Laurent* est le brise-glace le plus lourd du Canada. Il pèse 14 504 tonnes. Le navire est exploité dans le golfe du Saint-Laurent au cours de l'hiver et dans le Haut-Arctique du Canada à l'été et à l'automne. Pour aider aux opérations de déglacage, le navire utilise un système à bulles d'air qui souffle de l'air à basse pression par des buses montées dans la coque, sous la ligne de flottaison, afin de réduire le frottement de la glace ou de l'écarter de la coque par soufflage. Le système à bulles d'air comprend différentes zones que l'on peut isoler, ce qui permet de l'utiliser également comme propulseur d'étrave pendant les manœuvres de précision.

Le système à bulles d'air existant est constitué de deux (2) unités distinctes, l'une à bâbord et l'autre à tribord. Ces deux unités comprennent les éléments suivants : un compresseur Compair Reavell Type 9006 CH, d'une capacité nominale de 6 m<sup>3</sup>/sec, pression de 1,61 bar, régime de soufflante de 11 800 tr/min, accouplé au moyen d'un réducteur à un moteur électrique de 6 600 V c.a. Les compresseurs sont commandés sur place dans le compartiment du système à bulles d'air et à distance à partir des consoles sur la passerelle bâbord et tribord.

Les unités et systèmes de commande actuels sont âgés de plus de 25 ans et leurs fiabilité et capacité de soutien deviennent un problème. La Garde côtière canadienne est à la recherche d'un système adéquat qui sera utilisé pour remplacer la disposition existante en entier. Les systèmes devront répondre aux exigences minimales énoncées dans le document ci-dessous, et seront évalués en conséquence.

**1.02 LISTE DES FOURNITURES**

- A. L'entrepreneur doit fournir, mettre à l'essai et assurer le bon fonctionnement de deux (2) compresseurs centrifuges monoétagés entraînés par moteur électrique, à aube unique et pignons intégrés avec panneaux de commande locaux, un panneau principal du système à bulles d'air, et deux postes de commande à distance de la passerelle.
- B. Les compresseurs, les instruments, les commandes et tout autre équipement doivent être conformes aux schémas fournis par l'entrepreneur, comme l'indique le présent document pour un système de compresseur complet. L'ensemble de l'équipement spécifié dans la présente section doit être conçu et livré par l'entrepreneur, qui est responsable de la conformité et de la compatibilité de tous les composants fournis.
- C. Le système de remplacement devra offrir toutes les fonctions d'origine, répondre aux critères de rendement d'origine ou les dépasser comme il est indiqué à la section 2.02 et 2.03 de la spécification technique jointe au présent document. Le système doit être compatible avec le système actuel d'alarme et de surveillance de la machinerie du navire, et devra s'adapter aux conduites d'aspiration et de refoulement existantes.

- D. Le nouveau système doit être monté sur supports élastiques et enfermé dans une enceinte acoustique afin de réduire la transmission de bruit à la structure adjacente. Il doit aussi être en mesure d'utiliser le système de commande de vannes de zone actuellement en place.
- E. Le compresseur doit pouvoir s'insérer dans un espace de 1,5 m x 1,7 m (61 po x 65 po), ce qui correspond au point d'entrée le plus petit du compartiment du compresseur. Si c'est nécessaire pour que le compresseur puisse entrer dans son compartiment, l'entrepreneur peut le démonter en composants de taille adaptée et aider à l'assembler une fois les composants livrés dans le compartiment connexe.
- F. Les systèmes doivent être approuvés par la Lloyd's pour une utilisation maritime et être conformes à toutes les exigences détaillées dans les spécifications techniques jointes au présent document.
- G. Les systèmes de commande doivent fonctionner à même un automate programmable du modèle Siemens S7 série 1500. Le système de commande doit être en mesure de faire fonctionner les vannes existantes dans le système actuel.
- H. Le circuit électrique, notamment les fusibles, la protection contre les surcharges et les câbles, doit correspondre à ceux des compresseurs actuels ou doivent être remplacés par du neuf. L'équipement d'alimentation électrique existant est composé de fusibles 3GA2121, 7,2 KV, 63 KA courant nominal de 250 A; câble 3C 1/0 15 KV. Si l'équipement existant ne convient pas, l'entrepreneur doit fournir des détails sur les matériaux requis.

### **1.03 FABRICANT/FOURNISSEUR**

- A. Tous les composants mécaniques du compresseur d'air doivent être fournis par un seul entrepreneur chevronné, réputé et qualifié pour la fourniture de l'équipement spécifié. Le fabricant doit avoir au minimum réalisé l'installation de six (6) compresseurs centrifuges monoétagés à pignons intégrés de mêmes dimensions de carcasse en Amérique du Nord; ces compresseurs doivent être en service depuis au moins dix ans.
- B. Les ateliers d'usinage et de montage du fabricant doivent être certifiés ISO 9001 afin d'en garantir la conformité avec les normes de qualité les plus strictes de l'industrie.
- C. L'entrepreneur doit fournir des services locaux dans l'Est du pays et doit être capable d'intervenir en moins de 24 heures en cas de problèmes d'entretien.
- D. L'équipement détaillé est identifié par une dénomination spéciale, un nom commercial et/ou le nom d'un seul fabricant, sans qu'apparaisse la mention « ou équivalent », ou d'autres expressions de ce type. Ces éléments sont ainsi spécifiés dans le présent document pour des raisons de fonctionnalité et de compatibilité.

### **1.04 PRODUITS LIVRABLES**

**REMARQUE :** Toute la documentation du fabricant doit être fournie en format PDF électronique, avec signets et fonction de recherche. En plus du format électronique, trois copies de la version finale du manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien doivent être fournies, avec des schémas « conformes à l'exécution ».

**A. Proposition de conception préliminaire (doit faire partie de la soumission technique à la clôture des soumissions) –** La proposition de conception fournie doit rassembler tous les renseignements et les détails de conception nécessaires pour déterminer la conformité de l'équipement avec l'application et les exigences spécifiées. Les renseignements spécifiques suivants doivent également être inclus dans la proposition de conception.

1. Le document de conception soumis doit inclure au minimum un paragraphe commentaires et exceptions pour chaque paragraphe de spécification technique. Il convient de fournir des renseignements détaillés sur les modifications structurales, mécaniques, électriques ou autres nécessaires afin d'adapter des matériaux non spécifiés à l'ensemble ou aux détails illustrés.
2. Schémas de disposition générale illustrant les dimensions de base des compresseurs, la plate-forme de montage, la tuyauterie du châssis, les dégagements nécessaires pour l'entretien, les poids hors-tout avec et sans huile et le poids des plus gros composants dont la dépose est requise pour l'entretien
3. Schémas des procédés et des instruments préliminaires
4. Description générale des compresseurs accompagnée de schémas en coupe expliquant la conception et le fonctionnement
5. Ventilation des coûts pour les pièces de rechange énumérées à la section 1.05 Outils et les pièces de rechange, section B
6. Analyse du coût de possession pour une période de 10 ans, sur une base de 2 000 heures par année
  - i. Pièces et les articles de consommation utilisés pour l'entretien périodique et l'entretien prévu recommandé
  - ii. Coût du représentant détaché pour superviser les inspections obligatoires ou les remises en état pendant cette période
7. Données sur le rendement des compresseurs
8. Courbes de rendement préliminaires
9. Fournir les courbes régime-couple des compresseurs et des moteurs d'entraînement. La courbe régime-couple des compresseurs doit être établie avec les aubes directrices en position de démarrage et à la température d'admission minimale spécifiée.
10. Fournir une description détaillée du fonctionnement de l'aube directrice.
11. Spécifications et quantité de lubrifiant des compresseurs
12. Liste des principaux composants et schémas/fiches techniques pour chacun. Cette liste doit comprendre les éléments suivants :
  - i. Moteurs
  - ii. Actionneurs et vannes
  - iii. Composants mécaniques
  - iv. Instruments
  - v. Automate programmable
  - vi. Interface opérateur/moniteurs de la machine

13. Description d'opération préliminaire des panneaux de commande locaux, du panneau principal du système à bulles d'air et des commandes à distance de la passerelle. Fournir au minimum une description plus détaillée que celle du présent devis, incluant notamment toute la logique et les séquences de fonctionnement. Les écrans typiques d'interface de l'opérateur doivent être fournis avec des descriptions détaillées.
14. Schémas électriques de tous les panneaux de commande, qui doivent comprendre ce qui suit :
  - i. Interconnexion à tous les composants expédiés démontés
  - ii. Disposition de la porte
  - iii. Disposition intérieure
15. Préparation de la surface et procédures de revêtement
16. Procédure d'essai préliminaire de rendement des compresseurs : Soumettre un plan d'essai intégrant un schéma de configuration complet des conduites et des instruments conformément à la norme ASME PTC-10, avec mention du diamètre de la conduite d'essai d'aspiration et de refoulement de l'air. Conformément aux exigences de la norme ASME PTC-10, il faut indiquer l'emplacement, le type et le nombre de tous les principaux instruments nécessaires pour recueillir les données de rendement, notamment celles qui concernent l'air et l'huile de lubrification, avec les distances correspondantes à partir des points de référence. Le plan d'essai détaillé doit inclure au minimum les éléments suivants :
  - i. Procédures de contrôle de la qualité
  - ii. Résultats de la procédure d'essai ASME PTC-10 des compresseurs et méthode de calcul
17. Procédures d'essai fonctionnel de l'ensemble des composants, y compris le circuit d'huile de lubrification, les instruments, les composants auxiliaires et les panneaux de commande
18. Points de consigne de déclenchement des alarmes et d'arrêt des instruments
19. Procédure d'analyse torsionnelle préliminaire de la chaîne cinématique. Les résultats de cette analyse doivent être intégrés au manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien pour confirmer qu'il n'y a pas de vitesses critiques torsionnelles dans la plage de fonctionnement de l'unité.

- B. Version préliminaire du manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien** – doivent être présentés avec le dossier de la soumission. La version préliminaire du manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien doit contenir l'index complet qui sera utilisé pour la version finale du manuel. Le manuel doit être complet, à l'exception des rapports d'essai final et des schémas conformes à l'exécution. Le manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien doit inclure les renseignements spécifiques suivants :
1. Renseignements sur la réception et la manutention, avec un schéma illustrant la méthode de levage recommandée.
  2. Calculs préliminaires d'alignement de l'accouplement entre les moteurs et les compresseurs.
  3. Exigences d'entreposage
  4. Instructions d'installation mécanique pour les composants expédiés démontés :
    - a. Châssis du compresseur
    - b. Composants d'aspiration des compresseurs et instruments
    - c. Composants de refoulement des compresseurs et instruments
  5. Instructions d'installation électrique
  6. Instructions de remplissage de l'huile lubrifiante
  7. Procédure de mise en service
    - a. Liste de contrôle d'installation avant démarrage des compresseurs
    - b. Description de l'essai sur place
    - c. Pièces de rechange recommandées pour la mise en service
  8. Instructions d'utilisation et d'entretien
    - a. Guide de dépannage des compresseurs
    - b. Pièces de rechange recommandées
    - c. Suggestion de programme d'entretien préventif
    - d. Manuels d'utilisation pour tous les principaux composants des compresseurs et du système de commande
  9. Schémas complets et nomenclature des pièces de rechange pour
    - a. Les compresseurs et les boîtes d'engrenages, y compris les pompes, capteurs, accouplements et instruments associés
    - b. Moteurs d'entraînement électriques (compresseur principal)
    - c. Tous les composants auxiliaires (ensembles de pompes, moteurs, jeux de filtres, refroidisseurs)
    - d. Tout l'équipement de commande électrique intégré au panneau de commande local, et aux panneaux d'interface
- C. Analyse de vitesse critique torsionnelle** – exécutée pour vérifier la conception des compresseurs, des moteurs et des accouplements. Toutes les vitesses critiques torsionnelles doivent se trouver hors de la plage de régimes d'arbre des compresseurs, +10/-15 %.
- D. Rapports des essais effectués en usine** – Les essais du compresseur, du moteur d'entraînement et du panneau de commande doivent se faire en présence d'un représentant de la Garde côtière. Les rapports d'essai doivent être transmis et approuvés avant l'expédition de l'équipement sur le chantier.

- E. **Soumission finale de conception détaillée** – une version finale révisée et détaillée sur la proposition de conception initiale indiquant tout changement ou toute modification apportée.
- F. **Version finale du manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien** – doit être transmise après essai et construction des compresseurs. La version préliminaire du manuel, après avoir été approuvée, doit être mise à jour à l'aide de tous les rapports d'essai final et les schémas conformes à l'exécution, ainsi que les données d'alignement final des accouplements entre les moteurs et les boîtes d'engrenages, définies d'après les mesures prises après l'installation.
- G. **Portée des travaux du retrait et de l'installation.** – doit inclure les dessins techniques et les spécifications techniques pour le retrait de l'équipement existant et l'installation des nouveaux systèmes à bulles d'air et des systèmes de contrôle. Ce document doit être rédigé conformément à la disposition des spécifications des travaux de radoub de la Garde côtière. Un modèle sera fourni par la Garde côtière aux fins de références.

***L'entrepreneur doit transmettre les documents à la Garde côtière canadienne selon l'échéancier type suivant :***

<u>Description du document</u>	<u>Date d'échéance</u>
Proposition de conception préliminaire	transmettre avec la soumission
Version préliminaire du manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien	transmettre avec la soumission
Rapport d'analyse de vitesse critique de torsion	4 semaines ASA (Après approbation de la proposition)
Manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien	4 semaines ASA (Après approbation de la proposition)
Rapports des essais effectués en usine	2 semaines AT (Après l'essai)
Portée des travaux du retrait et de l'installation.	12 semaines ARO (Après réception de la commande)
Version finale du manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien	2 semaines ASP (Après expédition)

ARO = Après réception de la commande; ASA = Après approbation de la proposition;  
 AT = Après l'essai;  
 ASP = Après expédition

### **1.05 OUTILS ET PIÈCES DE RECHANGE (Indiquer séparément dans la proposition)**

- A. L'entrepreneur doit fournir tous les outils spéciaux et tous les appareils nécessaires pour désassembler, entretenir, réparer et régler l'équipement et les accessoires.
- B. Les pièces de rechange suivantes doivent être fournies :
1. Deux ensembles d'éléments de filtre à huile pour chaque unité
  2. Un ensemble de roulements et de joints d'étanchéité de compresseur pour chaque unité
  3. Un ensemble de roulements de moteur pour chaque unité
  4. Un actionneur d'aubes directrices d'admission
  5. Une pompe à huile mécanique
  6. Une pompe à huile auxiliaire complète
  7. Un automate programmable d'appoint
  8. Un (1) ordinateur portable équipé du programme et des licences logicielles liés à l'automate programmable.
  9. Cartes d'E/S de l'automate programmable
    - i. Deux cartes d'entrée analogique
    - ii. Deux cartes d'entrée numérique
    - iii. Deux cartes de sortie numérique
    - iv. Deux cartes de DTR
  10. Deux blocs d'alimentation d'appoint pour l'automate programmable
  11. Une interface opérateur d'appoint
  12. Une alimentation d'appoint de 24 V pour panneau de commande local
  13. Un accouplement de moteur/compresseur
  14. Un moteur de ventilateur pour le refroidisseur d'huile
  15. Deux transmetteurs de pression de rechange pour chaque plage de pression.
  16. Deux sondes de température de rechange pour les RTD pour chaque plage de température.
- C. Toutes les pièces de rechange doivent être convenablement emballées pour les milieux marins et pour un entreposage à long terme. L'emballage doit être clairement identifié par un marquage indélébile sur les contenants. Les outils et pièces de rechange (à l'exception des filtres à air et à huile) doivent être fournis dans un coffre à outils en bois pour l'entreposage à long terme, portant le nom d'équipement, ainsi qu'une description du contenu et des pièces, ou leur numéro d'identification.

## **PARTIE 2 : SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES**

### **2.01 GÉNÉRALITÉS**

- A. Les compresseurs doivent fournir un volume variable d'air aux sections désignées de la coque du navire selon l'opération requise. Tous les éléments indiqués dans la présente section doivent être fournis par l'entrepreneur afin d'avoir un fournisseur unique responsable du bon fonctionnement du système de compresseur. Tous les composants doivent être neufs et adaptés pour les milieux marins, en plus d'être conformes aux Conditions environnementales générales indiquées au paragraphe 2.03 de la présente section. La fabrication et l'exécution doivent être de la meilleure qualité possible en plus d'être conformes à toutes les sections applicables du présent devis. Il est entendu que les composants mentionnés définissent uniquement les exigences minimales et n'exonèrent pas l'entrepreneur de la responsabilité de fournir un système en bon état de fonctionnement.
- B. Les compresseurs doivent être de type centrifuge, monoétagés, entraînés par un moteur électrique, à boîtier fractionné à la verticale, munis d'une boîte d'engrenages, d'une réserve d'huile de graissage autonome, de panneaux de commande locaux dédiés et des accessoires décrits dans le présent document. Chaque compresseur doit être muni d'une aspiration axiale et d'un refoulement radial. L'orientation du refoulement doit pouvoir être sélectionnée par intervalles de quinze (15) degrés.

### **2.02 CONDITIONS DE SERVICE**

A. Conditions de service :

1. Capacité nominale :	6 m <sup>3</sup> /s
2. Pression ambiante de service :	1,014 bar
3. Pression de service à l'aspiration de la soufflante (P0) :	1,002 bar absolu
4. Température maximale de service à l'aspiration :	35 °C
5. Humidité relative maximale de service :	60 %
6. Température minimale de service à l'aspiration :	-40 °C
7. Pression de refoulement maximale de service (P2) :	1,9 bar absolu
8. Débit moyen du compresseur, en % de sa capacité :	100 % à 45 %

- B. Les compresseurs doivent être capables de fournir un débit d'au moins 6 m<sup>3</sup>/s à une température ambiante allant de -40 °C à 35 °C.
- C. Les compresseurs ne doivent pas fonctionner en surpression, ni dépasser la plage de régime nominal du moteur indiquée sur la plaque signalétique, sur l'ensemble de la plage de fonctionnement.

### **2.03 CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES : GÉNÉRALITÉS**

L'équipement doit être conçu pour fonctionner dans les conditions suivantes :

- A. Plage de température de l'air variant de -40 °C à 35 °C; l'équipement doit fonctionner et ne subir aucune détérioration lorsque la température de l'air s'élève jusqu'à 55 °C.
- B. Température de l'eau : -2 °C à 30 °C.
- C. Inclinaison dans toutes les directions à 22,5 par rapport à la position de montage, roulis à 22,5°, période complète de 10 secondes et accélération linéaire verticale de ± 1,0 g.

- D. Une inclinaison permanente de 15°, bâbord ou tribord, sans compter le roulis.
- E. Tangage du navire,  $\pm 12^\circ$ , fréquence du cycle : 6 secondes.
- F. Assiette permanente de 5° au-dessus ou en dessous de la ligne d'horizon, sans compter le tangage.
- G. Selon les conditions suivantes d'humidité relative : humidité relative de 95 % à des températures allant jusqu'à 35 °C; humidité relative de 70 % à toutes les autres températures pertinentes.
- H. Charge de choc : 2,5 g à l'horizontale, 1,5 g à la verticale.
- I. Selon les conditions de vibration suivantes : – 2,0-13,2 Hz, amplitude de déplacement de  $\pm 1,0$  mm; – 13,2 à 80 Hz, amplitude d'accélération de  $\pm 0,7$  g, accélération maximale de 0,7 g. Les fréquences naturelles des supports d'équipement ou des parties de l'équipement ne doivent pas se situer dans la plage de 0 à 80 Hz, sauf s'il est impossible de les maintenir à l'extérieur de cette plage malgré les méthodes de conception de la construction; les vibrations doivent être amorties afin d'éviter une amplification excessive.
- J. Pour ce qui est des conditions non mentionnées, l'entrepreneur doit suivre la version la plus récente des normes TP 127F ou IEEE45-2002.
- K. Tout câble d'alimentation, dispositif de protection; disjoncteur/fusible, câble d'alarme et de surveillance et câble de commande doit être approuvé par la Lloyd's et pour une utilisation maritime, avec une gaine en PVC et une armure en bronze, adaptés à l'usage prévu. Séparés et fixés conformément à la réglementation de la Lloyd's et à la norme TP127.

#### 2.04 ESSAI EN USINE

- A. Chaque moteur d'entraînement doit faire l'objet d'un essai de routine sans témoin en usine conformément aux normes ANSI C50.41-2000, NEMA MG1-1998-Rév.1, Section 20.16 et IEEE 112-1996 pour s'assurer qu'il est exempt de tout défaut électrique et mécanique. Un rapport d'essai certifié pour chaque moteur doit figurer dans le manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien final.
- B. Chaque compresseur doit faire l'objet d'essais conformément à la norme ASME Power Test Code for Centrifugal Compressors and Exhausters, PTC-10-1974 (réitérée en 1992). Les essais peuvent être effectués à l'aide du moteur de l'emploi ou d'un moteur de contrôle en usine. Dans les deux cas, la puissance d'entrée sur l'arbre de boîte d'engrenages/compresseur doit être déterminée par la méthode du bilan thermique, selon le paragraphe 4.43 de la norme ci-dessus, avec une tolérance de  $\pm 4$  %. La consommation de puissance à l'arbre doit inclure une pompe à huile en service. Les essais doivent inclure la détermination de la limite de surpression et la vérification des points de garantie.
  1. Le débit net et la pression de refoulement fournis par le compresseur doivent être mesurés, enregistrés et garantis sans tolérance négative.
  2. La capacité du compresseur doit être définie selon le paragraphe 4.26 de la norme ASME PTC-10. Plus précisément, la capacité est définie comme « le débit net compressé et fourni, exprimé en pieds cubes par minute à la pression d'admission et à la température d'entrée qui prévalent. La capacité doit être mesurée selon les modalités appropriées de manière à exclure efficacement toutes les pertes de 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 en appliquant une tolérance de zéro pour cent.

3. Tout l'équipement d'essai doit être étalonné et certifié par un organisme d'essai indépendant au maximum douze (12) mois avant la date d'essai. Les certificats doivent indiquer la stabilité de l'étalonnage sur une période d'au moins un an conformément à la norme ISO 9001, paragraphe 4.11.
  4. Les niveaux de vibrations induites par la vitesse par rapport aux niveaux de fréquence doivent être enregistrés dans la gamme de fréquences de 10 à 1 000 Hz et de 10 à 10 000 Hz.
  5. L'ingénieur responsable des essais doit signer chaque exemplaire du journal de données pour certifier que les essais requis ont été réalisés en stricte conformité avec ces spécifications et avec la norme ASME PTC-10, paragraphe 4.43, Heat Balance Tests.
  6. Le rapport d'essai du compresseur doit présenter les calculs en exacte conformité avec les sections 5, 6 et 7 de la norme ASME PTC-10, ainsi que les courbes de rendement montrant les entrées de capacité, de pression et de puissance. Les résultats des essais qui ne sont pas entièrement conformes au format de présentation des résultats d'essai, conformément à la norme ci-dessus, sont une cause de rejet des essais.
- C. Une fois assemblé, chaque compresseur, moteur et système de lubrification à l'huile doit faire l'objet d'un essai de fonctionnement avec le panneau de commande local. L'essai de fonctionnement doit être effectué à l'aide du poste de commande du système à bulles d'air et des commandes à distance de la passerelle branchés à tous les instruments montés sur châssis, aux actionneurs électriques de vannes et à l'équipement auxiliaire. Toutes les séquences de démarrage et d'arrêt et tous les systèmes de sécurité et d'alarme doivent être testés, afin de simuler le démarrage du moteur d'entraînement de chaque compresseur.

## 2.05 CARTER DU COMPRESSEUR ET CARTER DE LA BOÎTE D'ENGRENAGES

- A. Le carter de compresseur doit être fabriqué en fonte à grain serré. Un raccord souple fourni par l'entrepreneur doit permettre une connexion directe à la tuyauterie d'air d'aspiration. La bride de refoulement doit être dressée et percée conformément à la norme ANSI 16.1, classe 125. Il faut fournir un orifice au point le plus bas du carter aux fins de drainage. Le carter du compresseur doit être pourvu d'oreilles de levage capables de soutenir le poids du compresseur et de la boîte d'engrenages. Le rotor doit pouvoir être retiré par le côté de l'admission sans enlever le carter.
- B. Le carter de la boîte d'engrenages doit être fabriqué en fonte à grain serré, fractionné à la verticale ou à l'horizontale, et il doit être suffisamment rigide pour maintenir les positions de l'arbre sous des charges maximales. Deux hublots d'inspection, munis de couvercles vissés doivent être prévus dans la partie supérieure du carter de la boîte d'engrenages. Les hublots doivent permettre de voir l'intérieur de la boîte d'engrenage aux fins d'inspection. Une plaque boulonnée et amovible doit être prévue sur la ligne d'axe de l'arbre rapide, à l'opposé de l'extrémité du rotor. Cette plaque doit faciliter l'inspection et le remplacement de l'arbre rapide situé de l'autre côté du tourillon placé à l'extrémité du rotor et du palier de butée sans démonter la boîte d'engrenages.
- C. Le carter du compresseur et le carter de la boîte d'engrenages doivent être usinés à une tolérance serrée afin d'assurer l'ajustement des paliers, l'alignement des engrenages, et l'étanchéité à l'air et à l'huile.

- D. La boîte d'engrenages doit être de taille suffisante et elle doit pouvoir transmettre au compresseur le couple et la puissance maximaux en service continu dans toutes les conditions d'utilisation.
- E. Des oreilles de levage doivent être incluses pour faciliter l'accès aux composants et leur dépose pendant le remplacement ou l'entretien. Les oreilles de levage et les points de levage doivent figurer dans le manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien, et le poids des composants doit être inclus.

## 2.06 ROTORS

- A. Le rotor doit être de type ouvert à flux radial, fabriqué de matériaux légers et de résistance élevée, résistant à la corrosion et aux forces dynamiques applicables en service. Le rotor doit faire l'objet d'un équilibrage statique et dynamique conformément à la norme ISO 1940.
- B. Le jeu axial entre le rotor et le carter du compresseur doit être réglable au moyen de cales afin d'obtenir le jeu prescrit. L'ajustement du jeu par usinage du carter ou des arbres n'est pas acceptable.

## 2.07 ARBRES, ENGRENAGES ET JOINTS D'ÉTANCHÉITÉ

- A. Les arbres de transmission du compresseur doivent être usinés en acier forgé traité thermiquement, puis convenablement rectifié. La vitesse critique latérale recevable de l'ensemble rotatif doit équivaloir à au moins quinze (15) pour cent la vitesse de fonctionnement normale. Les résonances en torsion de l'ensemble doivent équivaloir à au moins dix (10) pour cent la vitesse de fonctionnement normale. Tous les arbres de transmission doivent être conformes aux spécifications mentionnées dans la norme AGMA 6001-D97 « Design and Selection of Components for Enclosed Gear Drives ».
- B. Les engrenages multiplicateurs doivent être des forgeages en acier allié cémenté et les dents doivent être rectifiées avec précision. Le régime nominal de tous les engrenages doit être conforme à la norme AGMA 2101-C95 « Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth ». Les engrenages doivent être fabriqués selon une valeur minimale de qualité de douze (12), conformément à la norme AGMA 2000-A88 « Gear Classification and Inspection Handbook ».
- C. Les joints d'arbres doivent être de type labyrinthe sans contact, multipoint et doivent fonctionner à sec. Un espace ventilé entre les joints étanches à l'air et à l'huile doit être prévu. Toutes les fuites doivent être minimisées grâce à de petits jeux entre les pièces mâles et femelles. La pièce femelle doit être fabriquée en aluminium ou en bronze pour ne pas endommager l'arbre en cas de frottement de la garniture. Plusieurs anneaux défecteurs d'huile (à changement de diamètre) glissés sur l'arbre doivent être prévus dans la zone d'étanchéité afin que l'huile soit projetée de l'arbre par la force centrifuge. Un arbre de diamètre uniforme sans plusieurs anneaux défecteurs d'huile dans chaque zone d'étanchéité ne sera pas acceptable.

## 2.08 ROULEMENTS ET PALIERS

- A. Les paliers lubrifiés par la pression hydrodynamique de l'huile doivent obligatoirement être lubrifiés par une pellicule d'huile suffisante dans toutes les conditions de fonctionnement. Tous les paliers doivent être fabriqués en bronze.

- B. Les paliers radiaux de l'arbre lent doivent être de type tourillon cylindrique. Les paliers de butée de l'arbre lent doivent être constitués de plusieurs segments conçus pour pousser dans les deux sens.
- C. Les paliers radiaux de l'arbre rapide doivent être constitués de plusieurs segments, enduits de métal antifriction, conçus pour supprimer les instabilités hydrodynamiques et pour fournir un amortissement suffisant pour limiter les vibrations du rotor. Les paliers de butée de l'arbre rapide doivent être constitués de plusieurs segments à portée chanfreinée, conçus pour pousser dans les deux sens.
- D. Les roulements doivent être munis de DTR pour la surveillance de la température. Les détecteurs de DTR doivent être connectés directement à une carte d'entrée de DTR dans le système d'automate programmable du panneau de commande local. Les lectures doivent être disponibles au système d'alarme et de surveillance par le port Ethernet.

## 2.09 AUBES À INCIDENCE VARIABLE

- A. Le but du système d'aubes directrices d'admission doit être d'assurer le débit moyen de chaque compresseur de 100 % à 50 % de sa capacité, tout en maximisant l'efficacité sur toute la plage de débit.
- B. Un ensemble d'aubes directrices d'admission à incidence variable doit être prévu pour faire tourner l'air d'admission, ce qui en maximise l'efficacité. Les aubes directrices d'admission doivent être fabriquées selon un modèle de ligne de flux aérodynamique en coupe transversale et elles doivent être placées selon un axe radial autour de l'entrée annulaire afin de réduire au minimum les sillages en aval. Les aubes d'admission ne doivent pas servir pour le contrôle de la capacité.  
  
La position des aubes directrices d'admission doit être commandée à partir du panneau de commande local.
- C. Il est interdit d'utiliser des plaques d'acier méplates comme aubes directrices d'admission.
- D. L'ensemble des aubes directrices d'admission doit être monté intégralement dans chaque compresseur, il doit être mobile et doit pivoter. Toutes les aubes doivent être montées dans des manchons à graissage permanent. La tringlerie de commande des aubes directrices d'admission doit être logée dans le compresseur. Les compresseurs munis d'aubes à incidence variable à l'extérieur du carter, ou d'une tringlerie à rotule sphérique, ou de toute autre pièce mobile nécessitant une lubrification périodique ne seront pas acceptés.
- E. Chaque aube à incidence variable doit comprendre un actionneur électrique intégré dans le carter de chaque compresseur, des interrupteurs de fin de course et un témoin d'indication ouvert/fermé sur le panneau de commande local. Le montage indépendant de l'actionneur ou de ses mécanismes sur le plancher ne sera pas autorisé.
- F. La position des aubes doit être transmise au panneau de commande locale, de complètement ouverte à complètement fermée. La position des aubes doit être indiquée par un levier manuel réglable et par un cadran calibré sur le carter de chaque compresseur. La position des aubes directrices d'admission doit être indiquée sur le panneau de commande local.

## 2.10 SYSTÈME DE LUBRIFICATION À HUILE

- A. Un système d'huile de lubrification complet doit être fourni avec chaque compresseur; il doit être installé sur le socle de chaque compresseur et disposé de manière à permettre un accès facile pour le fonctionnement, l'entretien, l'inspection et le nettoyage. Le système doit être assemblé en usine, et il doit comprendre les pompes à huile principale et auxiliaire, le filtre à huile, le refroidisseur d'huile, la vanne de surpression et les conduites requises pour l'ensemble du système.
- B. Une pompe à huile principale entraînée par l'arbre de la boîte d'engrenages et une pompe à huile auxiliaire entraînée par moteur électrique (pour la pré-lubrification et la post-lubrification) doivent être fournies; chacune doit pouvoir fournir la pleine capacité et la pleine pression pour lubrifier chaque compresseur d'air et sa boîte d'engrenages pendant le fonctionnement et au cours du démarrage et de l'arrêt. Chaque pompe à huile entraînée par moteur électrique doit fonctionner au démarrage et à l'arrêt de chaque compresseur et, à basse pression d'huile, elle doit être activée par le système de commande situé dans le panneau de commande local. Le moteur doit être de type TEFC (blindé avec ventilateur extérieur) triphasé, 60 Hz, et son efficacité doit être conforme à la norme NEMA; il doit suffire à pomper l'huile au même débit que celui de la pompe à huile mécanique. Chaque moteur doit être doté d'un réchauffeur anticondensation.
- C. Au cours des périodes d'inactivité de l'équipement, lorsque le navire fonctionne sans le système à bulles (c.-à-d. que le compresseur ne fonctionne pas), chaque pompe à huile électrique doit fonctionner afin que les éléments porteurs de charge soient suffisamment lubrifiés pour éviter l'usure due aux vibrations et aux mouvements du navire.
- D. Le réservoir d'huile doit être intégré au socle de chaque compresseur, et l'intérieur du réservoir doit être décalaminé et protégé contre la rouille par l'application d'un revêtement époxydique permanent résistant à l'huile. Le revêtement du réservoir doit être certifié pour une utilisation dans un système de lubrification à huile. Chaque réservoir doit être muni de déflecteurs afin de minimiser l'entraînement d'air et isoler la mousse, et il doit être équipé d'un évent de diamètre convenable et d'un filtre de reniflard, d'une jauge d'huile, et sa capacité minimum doit équivaloir à trois (3) minutes de fonctionnement au débit normal. Chaque réservoir doit être muni de plusieurs points d'accès pour en faciliter le nettoyage.
- E. Il faut un filtre à huile duplex à plein débit, muni de cartouches remplaçables, avec soupape de transfert intégrale; il doit être capable d'éliminer les particules de plus de dix (10) microns avec chute de pression due à l'élément du filtre à huile propre réduite au minimum. Une jauge visuelle et un interrupteur électrique connecté au panneau de commande local doivent indiquer si le filtre est sale et doit être remplacé. Les filtres doivent être conçus pour qu'il soit possible de passer d'un filtre à huile à l'autre pendant le fonctionnement.
- F. Il faut prévoir un refroidisseur d'air et d'huile monté sur le châssis de chaque compresseur pour maintenir une température d'huile constante.
- G. Installation d'un réchauffeur d'huile pour le chauffage de l'huile si la température ambiante autour du compresseur chute en dessous de 10 °C (50 °F). Le réchauffeur d'huile doit être conçu pour chauffer de l'huile légère avec une puissance maximale de quinze (15) watts par pouce carré. Le fonctionnement du réchauffeur doit être commandé au panneau de commande local en fonction de la lecture indiquée par l'émetteur de température du réservoir d'huile. Les compresseurs ne doivent pas démarrer à moins que la température de l'huile soit supérieure à la limite admissible minimale. Un avertisseur de basse température de l'huile doit être fourni sur chaque panneau de commande local.

## 2.11 ACCOUPLEMENT

- A. Un accouplement à écartement souple et sec doit être fourni pour accoupler chaque compresseur à son moteur. Les accouplements nécessitant une lubrification à la graisse ne sont pas autorisés. L'accouplement et la pièce d'écartement doivent être équilibrés et de la bonne dimension selon un facteur de service minimum de 1,5. L'accouplement doit être fabriqué afin que chaque arbre de l'unité puisse être déposé sans modifier le réglage de l'autre. Un écran en acier doit être installé au-dessus de chaque accouplement.
- B. La sélection de l'accouplement doit être confirmée par une analyse de la vitesse critique torsionnelle. Toutes les vitesses critiques torsionnelles doivent se trouver hors de la plage de régimes d'arbre des compresseurs, +10/-15 %.

## 2.12 SOCLE ET SUPPORTS DE L'ÉQUIPEMENT

- A. Un socle de dimensions suffisantes pour soutenir le compresseur, la boîte d'engrenages, le moteur, le système de lubrification et les accessoires doit être fourni. Le socle doit être fabriqué d'acier Lloyds de classe « A » et soudé en forme de boîte, avec rebords antigoutte, œillets de levage et sa rigidité doit être suffisante pour permettre le levage (à l'aide d'un système de levage à quatre points) avec tout l'équipement monté. Le socle doit servir de réservoir d'huile.
- B. Le socle doit être autoporté et monté sur des supports antivibrations fournis par l'entrepreneur, capables d'absorber le poids et les vibrations de l'ensemble du compresseur sans exercer trop de pression ou de distorsion. Les amortisseurs doivent présenter une transmissibilité de vibration inférieure à deux (2) pour cent.
- C. Chaque ensemble socle et compresseur doit être conçu pour résister aux forces exercées par les mouvements du navire selon les indications du paragraphe 2.03 de la présente section. La proposition doit inclure une déclaration confirmant que l'équipement est conçu pour les conditions de vibration précisées au paragraphe 2.03 de la présente section.
- D. Les appareils doivent être alignés à l'usine avec précision sur le socle avant expédition.

## 2.13 ENCEINTE ACOUSTIQUE

- A. Une enceinte acoustique recouvrant le compresseur complet; comprenant un moteur électrique, pour le niveau moyen de bruit inférieur à 85 dB (A) à 1 mètre de distance de la palette de compresseur selon l'ASME PTC 36-1985 avec une tolérance de  $\pm 3$  dB (A) enceinte
- B. Acoustique doit être fabriqué avec couvercle en acier revêtu alu-zinc, avec des couches de laine minérale, la laine minérale de feutre, une tôle galvanisée perforée, le renforcement des feuilles et des bandes de caoutchouc d'étanchéité. Enceinte doit être résistant à la corrosion et adapté aux environnements marins.
- C. Boîtier doit être une conception modulaire qui permet un démontage pour l'entretien prolongé du compresseur et le moteur et le réassemblage ultérieur de l'enceinte.
- D. Enclosure doit avoir des panneaux d'accès pour permettre un entretien de routine à effectuer sans l'utilisation d'outils. La hotte doit être munie d'une porte pour un accès facile à l'intérieur de l'enceinte, sur la fenêtre de la vue et un ventilateur thermostatique contrôlée. Chaque panneau de l'enceinte doit être munie de poignées faisant l'assemblage de réassemblage facile.

- E. Boîtier doit être incorporé avec le compresseur pour permettre l'entrée et la tuyauterie de sortie, le câblage et les pénétrations applicables sans affecter les propriétés acoustiques de l'enceinte.
- F. Boîtier ne doit pas interférer avec le fonctionnement du panneau de commande local.
- G. Entrepreneur de fournir un ensemble détaillé de dessin avec des instructions sur le montage et le démontage de l'enceinte.

## 2.13 MOTEURS ÉLECTRIQUES

- A. Chaque compresseur doit être équipé d'un moteur horizontal à cage d'écureuil TEAACI, à vitesse constante, conçu conformément aux normes NEMA, ANSI et IEEE applicables. La puissance de chaque moteur doit être égale ou supérieure à la charge maximale qui sera imposée tout au long de la plage de fonctionnement dans les conditions nominales stipulées. Chaque moteur doit présenter un facteur de service de 1,15 avec une élévation de température de classe « B » à la charge nominale, avec isolation de classe « F ». Les moteurs doivent être équipés d'oreilles de levage.
- B. Les moteurs doivent être équipés d'un radiateur électrique portatif. Le radiateur électrique portatif doit être câblé au démarreur du moteur qui doit le commander.
- C. Les moteurs doivent présenter une efficacité supérieure, comme le définit la norme NEMA MG 1.
- D. Les moteurs doivent être équilibrés avec précision pour répondre aux limites de vibration non filtrée de la norme NEMA MG 1 de catégorie B pour les supports rigides.
- E. La boîte à bornes principale doit être surdimensionnée pour assurer un espace suffisant pour les connexions et les accessoires particuliers montés à l'intérieur. La boîte à bornes doit être fabriquée en fonte ou en acier, à châssis fractionné en diagonale ou à la verticale, muni d'un joint en néoprène et boulonnée. Les conducteurs des moteurs doivent porter un marquage permanent conforme au schéma de branchement.
- F. Les boîtes à bornes principales et auxiliaires doivent être montées sur le côté F1.
- G. Tous les moteurs doivent être adaptés à une alimentation triphasée de 6600 volts/60 Hertz, à une température ambiante maximale de 40 °C. Les moteurs doivent être adaptés à une tension de démarrage réduite. Le moteur doit être conçu pour démarrer à partir d'une tension équivalente à 90 % de la tension nominale.
- H. Les moteurs doivent être munis en usine d'une protection de l'enroulement à sécurité intégrée à chaque phase comprenant deux capteurs de température encastrés à DTR en platine de 100 ohms à 3 fils (PT100) par phase (un capteur opérationnel et un capteur d'appoint). Les DTR de l'enroulement doivent être connectés au panneau de commande local aux fins de surveillance et d'alarme.
- I. Les moteurs doivent être munis de roulements à billes sans frottement.
- J. Les moteurs doivent présenter la possibilité d'y installer des vélocimètres sur chaque roulement.

- K. Le niveau de pression sonore indiqué en dBA sans charge et en champ libre et mesuré dans quatre (4) quadrants à un (1) mètre de distance du moteur ne doit dépasser  $90 \pm 3$  dBA en moyenne.

#### 2.14 SÉPARATEUR D'ASPIRATION D'AIR ET SÉPARATEURS D'ADMISSION

- A. Chaque compresseur doit aspirer l'air de l'extérieur à l'aide d'un raccord souple raccordé au séparateur d'aspiration et aux séparateurs d'admission actuels. Le tout doit être fourni conformément à 2.05.A.

#### 2.15 JOINT DE DILATATION DE REFOULEMENT

- A. Fournir avec chaque compresseur un joint de dilatation de refoulement capable de résister à la dépression, à la pression et aux températures de refoulement élevées dans toutes les conditions de fonctionnement. Le joint de dilatation doit pouvoir résister à une température de refoulement de  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  et pouvoir être monté entre des brides percées, de manière à former un cercle de boulonnage standard de classe 150 (ANSI).
- B. Les joints de dilatation de type « soufflets métalliques » doivent être fournis avec des pellicules insonorisantes pour l'installation.

#### 2.16 CÔNE/SILENCIEUX D'ÉCHAPPEMENT

- A. Fournir un cône/silencieux d'échappement, afin de porter les deux tailles de sortie du compresseur à celle du tuyau de refoulement d'air, dont le diamètre est plus grand. L'angle maximal des parois latérales ne doit pas dépasser  $7^{\circ}$  de chaque côté ( $14^{\circ}$  au total). La bride de refoulement et la bride de dérivation doivent avoir la taille indiquée sur les dessins. Des raccords d'instruments doivent être prévus pour les composants installés sur le cône/silencieux. On doit utiliser des plaques d'acier ordinaire peint de  $\frac{1}{4}$  (minimum).
- B. L'intérieur du cône/silencieux d'échappement doit être tapissé de couches épaisses de matériau insonorisant résistant aux températures élevées, recouvertes d'une toile en fibre de verre, à son tour recouverte d'une plaque perforée en acier inoxydable (calibre 10, minimum), de manière à former des couches superposées comprenant la surface externe du cône/silencieux, le matériau acoustique et la plaque perforée intérieure en acier.

#### 2.17 CLAPET DE SURPRESSION (DÉRIVATION)

- A. Chaque compresseur doit être doté d'un clapet à papillon sans brides à joint en fonte standard à siège résistant. Pour être en mesure de brancher le câblage du dispositif au panneau de commande local afin de pouvoir procéder au démarrage et à l'arrêt sans charge. Le matériau du clapet doit permettre son utilisation dans des conditions de pression de service faible (moins de 50 psi) et de température allant jusqu'à  $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Le clapet doit être muni d'un actionneur motorisé NEMA 4X, 460/60/3, qui permet une ouverture/fermeture en 15 secondes ou moins et doit être doté d'un démarreur réversible intégré et d'interrupteurs de début et de fin de course. Les commandes du clapet de surpression doivent être installées dans chaque panneau de commande local.

## 2.18 CLAPET ANTIRETOUR

- A. Chaque compresseur doit être doté d'un clapet antiretour d'échappement à deux plaques muni d'une charnière centrale, d'une fermeture à ressort, d'un corps en fonte sans brides, d'un siège en BUNA-N, de plaques et de ressorts résistants à la corrosion, et convenir pour des températures allant jusqu'à 205 °C. Le clapet antiretour doit être installé sur un tronçon de tuyau horizontal.

## 2.19 SILENCIEUX DU CLAPET DE SURPRESSION

- A. Chaque clapet de surpression doit être doté d'un silencieux d'échappement en acier ordinaire. Le silencieux de surpression doit être doté d'une (1) bride, afin de pouvoir le boulonner directement au clapet de surpression.

## 2.20 ÉCROUS, BOULONS ET JOINTS

- A. Le fournisseur doit fournir tous les écrous, boulons et joints d'étanchéité requis pour l'assemblage des clapets et silencieux fournis. Tous les écrous et boulons doivent être de calibre 8 ou de calibre supérieur, et tous les joints doivent convenir aux fins prévues.

## 2.21 INSTRUMENTS

- A. Les instruments doivent être fournis et être installés sur le châssis du compresseur, sauf indication contraire, accompagnés de toutes les connexions électriques externes du châssis, qui doivent être branchées au panneau de commande local par l'installateur du système. Les paramètres de conception suivants s'appliquent :

1. Pour les connexions, on ne doit pas utiliser de manchons connecteurs. Seules les plaques à bornes sont acceptées. Tous les câbles doivent être marqués aux deux extrémités.
2. Le panneau de commande local doit être conçu de manière à supporter les fortes vibrations des opérations de déglacage et être fourni avec des isolateurs de plaques à bornes à ressort de compression. On ne doit pas utiliser des isolateurs à vis.
3. Les instruments doivent être conçus pour le milieu maritime et doivent pouvoir supporter de fortes vibrations.

- B. Les instruments et les fonctions d'avertissement/de statut/d'alarme de chaque compresseur doivent comprendre, au minimum, les éléments suivants : Les signaux numériques et analogiques doivent être indiqués sur l'interface opérateur. L'interface opérateur doit comprendre une fonction permettant de régler les points de consigne pour la mise à l'essai et la confirmation du fonctionnement et de l'exactitude.

1. Jauge de température de l'air d'aspiration
2. Détecteur/transmetteur (DTR) de température de l'air d'aspiration PT100 HART, 4 à 20 mA, avec indicateur de température élevée d'aspiration et indicateur de surpression de l'air de recirculation
3. Interrupteur de surpression
4. Indicateur de pression de refoulement

5. Transmetteur de pression différentielle (air d'aspiration/de refoulement) HART, 4 à 20 mA, avec écran à ACL
  6. Détecteur/transmetteur (DTR) de température d'huile PT100, HART, 4 à 20 mA, installé dans le réservoir d'huile
  7. Indicateur de température d'huile (situé dans la conduite d'alimentation d'huile raccordée à la boîte d'engrenages)
  8. Interrupteur de basse pression d'huile (situé sur la conduite de refoulement de la pompe à huile principale)
  9. Interrupteur de très basse pression d'huile (situé dans la conduite d'alimentation d'huile raccordée à la boîte d'engrenages)
  10. Indicateur de pression d'huile (situé dans la conduite d'alimentation d'huile raccordée à la boîte d'engrenages)
  11. Indicateur/interrupteur de pression différentielle du filtre à huile – alarme « changement de filtre »
  12. Interrupteur de bas niveau d'huile (situé dans le réservoir d'huile)
  13. Transmetteur de position et interrupteurs de début et fin de course des aubes directrices d'admission
  14. Interrupteurs de fin de course du clapet de surpression intégrés au clapet et pouvant être branchés au panneau de commande local
- C. Le système de surveillance de la température doit être muni de détecteurs de DTR en platine de 100 ohms à 3 fils (PT100) intégrés aux enroulements du moteur (deux détecteurs par phase; un opérationnel et un d'appoint) et à chaque palier du moteur et du compresseur/de la boîte d'engrenages. Les détecteurs de DTR doivent être connectés directement à une carte d'entrée de DTR dans le système d'automate programmable du panneau de commande local. Le système doit surveiller la température réelle des roulements et des enroulements et l'afficher sur le panneau de commande local. Les signaux de surveillance doivent être transmis au système d'alarme et de surveillance de la salle de commande, par Ethernet. L'interface opérateur du panneau de commande local doit afficher un signal d'alerte lorsque les températures en hausse atteignent le point de consigne de l'alarme. Si les températures continuent d'augmenter et atteignent le point de consigne de déclenchement, le compresseur s'arrête. Le point de consigne de déclenchement doit demeurer affiché jusqu'à ce que la situation soit corrigée, après quoi on accuse réception du point dans l'interface opérateur.
- D. Les transmetteurs de pression doivent être des transmetteurs HART, 4 à 20 mA, munis d'un boîtier NEMA 4X et d'un écran à ACL. Les transmetteurs de pression manométrique doivent être fournis avec un bloc en acier inoxydable de type 316 et un robinet de purge, pour l'isolement et l'étalonnage. Les transmetteurs de pression différentielle doivent être fournis avec un collecteur standard muni de raccords à filetage NPT.
- E. Les détecteurs de température (air d'aspiration/de refoulement, huile lubrifiante) doivent être des DTR en platine de 100 ohms à 3 ou 4 fils (PT100) montés sur une tête qui renferme le transmetteur de température. Les détecteurs de température installés dans le flux d'air comprimé ou le système d'huile de lubrification doivent être dotés d'un puits thermométrique

en acier inoxydable de type 316. Les détecteurs et les transmetteurs doivent être câblés et configurés au préalable. Les transmetteurs de température doivent être des transmetteurs HART, 4 à 20 mA, configurés pour des DTR en platine de 100 ohms à 3 ou 4 fils.

- F. Un système de surveillance de vibration des arbres doit être fourni pour chaque compresseur et chaque moteur. Le système doit comprendre :
1. Un transmetteur de vibration qui doit être installé sur le carter de la boîte d'engrenages du compresseur, afin d'émettre une alarme et d'arrêter le système en cas de vibration excessive. Un capteur de type « accéléromètre piézoélectrique » comportant une plage de détection des vibrations (en fonction de la vitesse) de 0 à 2,0 po/s. L'appareil doit être un dispositif combinant un capteur de vibrations et un transmetteur. Le transmetteur de vibration doit être un transmetteur IMI Sensors, modèle 640B09, ou l'équivalent.
  2. Transmetteurs de vibration de type « vitesse du moteur » (2) : capteur de type « accéléromètre piézoélectrique » comportant une plage de détection des vibrations (en fonction de la vitesse) de 0 à 2,0 po/s. L'appareil doit être un dispositif combinant un capteur de vibrations et un transmetteur, et être monté sur le palier à chaque extrémité du moteur.
- G. Le système d'automate programmable du panneau de commande local doit recevoir les signaux de vibration, et l'interface opérateur doit les afficher sous forme numérique. L'interface opérateur doit comprendre une fonction d'alarme réglable qui sert de première alarme lorsque les niveaux de vibration augmentent, après quoi l'unité s'arrête. Le signal d'alarme/d'arrêt doit demeurer affiché jusqu'à la réinitialisation. Fournir le matériel nécessaire à la communication directe entre les sondes de vibration, le système d'automate programmable et l'interface opérateur. Tous les composants doivent être conçus de manière à résister aux fortes vibrations.
- H. On doit pouvoir choisir les deux modes de fonctionnement : le mode « déglçage » et le mode « propulseur ». Pour le mode « déglçage », l'entrepreneur doit consulter la GCC afin de convenir des points de consigne de déclenchement utilisés pour les vibrations et l'alarme, et ainsi éviter les fausses alarmes tout en protégeant les machines.

## 2.22 PANNEAU DE COMMANDE LOCAL

- A. Chaque compresseur doit être équipé d'un panneau de séquençage à automate programmable monté sur châssis. Le panneau de commande doit être monté sur des supports antivibratoires pour résister aux vibrations dans les plans vertical et horizontal. Tous les instruments et toutes les commandes de châssis doivent être câblés à l'usine au panneau de commande local monté sur châssis. Toutes les commandes et tous les instruments doivent comprendre un mode de sécurité intégrée. Les commandes doivent être conçues afin que chaque compresseur ne puisse pas fonctionner si les commandes ne sont pas sous tension, ou si elles sont défectueuses. Les supports antivibratoires doivent être conçus pour résister aux vibrations et aux forces indiquées au paragraphe 2.03 du présent devis.
- B. L'enceinte certifiée IP55 doit être munie d'une porte à charnières pour un accès par l'avant. Tout le câblage intérieur du panneau doit être regroupé en faisceaux fixés à la structure. Le panneau de commande local doit être assemblé et câblé à l'usine afin que le câblage effectué sur place par l'installateur du système se limite au branchement aux bornes. Le panneau doit être muni d'un éclairage intérieur et d'une prise de courant double monophasée de 120 V/60 Hz. Chaque panneau de commande assemblé doit porter la certification UL-C

pour utilisation au Canada attestant que le panneau de commande industriel assemblé est conforme à la norme UL 508A.

- C. Le panneau de commande local de chaque compresseur doit intégrer des commandes pour le démarrage des moteurs de compresseurs, la détection de surtension et de surcharge, la commande et le séquençage d'arrêt, des systèmes d'alarme et d'arrêt d'urgence, les aubes directrices d'admission, le clapet de surpression et le fonctionnement du système de lubrification à huile. Le panneau de commande local du compresseur doit pouvoir communiquer sans problème avec le nouveau système de panneau de commande à bulles d'air principal et celui de la passerelle.
- D. Chaque panneau de commande local doit comprendre un disjoncteur principal interverrouillé avec la porte de l'enceinte. Les démarreurs des commandes d'aubes à incidence variable, des refroidisseurs d'air et d'huile et des pompes à huile doivent être montés à l'intérieur du panneau. Il faut prévoir l'alimentation électrique aux contrôleurs des moteurs de commande des vannes et clapets. Il faut prévoir un transformateur avec une tension secondaire de 120 V et un bloc d'alimentation régulée de 24 V CC séparé. Il faut isoler tous les signaux d'alimentation variable de basse tension vers le panneau de commande local. Les cartes d'E/S du panneau de commande local doivent être compatibles avec la norme du navire.
- E. Tous les dispositifs de protection des circuits de dérivation doivent être conformes aux codes NEC, tout comme la protection de l'alimentation des instruments, la prise de courant double (120 V/60 Hz/monophasée), l'interface opérateur et l'automate programmable.
- F. Un automate programmable doit démarrer et arrêter chaque compresseur suivant une séquence permissive, recevoir les variables de fonctionnement d'entrée, de surveillance et de commande. L'automate programmable doit également comprendre un programme pour l'optimisation continue du rendement des compresseurs en ce qui concerne les changements de capacité, de température d'aspiration et de pression différentielle de l'ensemble du compresseur. L'automate programmable doit être un dispositif de série Siemens S7 1500.
- G. Un limiteur de surtension doit être fourni pour l'alimentation de 460 V.
- H. Le câblage du panneau de commande local doit être doté d'une isolation et d'une gaine en PVC.
- I. Des suppresseurs de surtension doivent être dotés d'un dispositif de protection contre le « bruit » et pour éliminer les pics transitoires pour l'ensemble des charges inductives.
- J. Des amplificateurs d'isolement, des émetteurs de R/I, des émetteurs de DTR et de vibrations et d'autres commandes doivent être fournis, au besoin, pour compléter les commandes du système.
- K. Identifier chaque extrémité de chaque fil par un numéro de fil unique imprimé sur un manchon thermorétractable.
- L. Fournir un moniteur tactile couleur pour l'interface opérateur d'au moins 9 pouces qui intègre toutes les commandes, toutes les alarmes et tous les compteurs dans des écrans faciles à interpréter.
- M. En plus de l'interface opérateur tactile, il faut ajouter au panneau de commande local des témoins lumineux, des commutateurs de sélection et des boutons-poussoirs qui permettent de faire fonctionner et de surveiller le système si l'interface opérateur tactile ne fonctionne

pas ou si l'opérateur préfère ne pas l'utiliser. Chaque compresseur doit pouvoir être surveillé et commandé à l'aide des commutateurs de sélection, des témoins lumineux et des boutons-poussoirs.

- N. Les écrans de l'interface opérateur doivent permettre un accès facile à toutes les fonctions utiles au personnel d'exploitation pour assurer l'exploitation et l'entretien des compresseurs. Les commandes et affichages doivent être regroupés par fonctions, soit les opérations, la maintenance, les alarmes et déclenchements, et la configuration. L'accès à ces fonctions distinctes doit toujours être affiché sous la forme d'un bouton de sélection ou d'un onglet sur chaque écran de l'interface opérateur tactile, en plus d'être accessible par une sélection directe. Le protocole de conception suivant doit être respecté :
1. Il faut prévoir une page des opérations principales qui regroupe les fonctions de commande de base sur un seul écran, y compris : démarrage et arrêt du système, sélection du mode d'exploitation local et distant, affichage des importants messages d'état de fonctionnement, commande d'augmentation et de diminution de la capacité de fonctionnement, affichage de la capacité en % et affichage de l'intensité du moteur. Tous les paramètres de fonctionnement et toutes les valeurs de l'émetteur doivent être accessibles à partir de la page des opérations principales. Si plusieurs pages sont nécessaires pour afficher les données d'exploitation, la navigation entre les pages doit être simple et intuitive, sous forme d'onglets ou de simples boutons de sélection. Les données de fonctionnement doivent être organisées et clairement identifiées pour en faciliter la consultation par l'opérateur.
  2. Une page d'entretien doit être prévue pour permettre l'entretien et le dépannage des commandes des compresseurs et des appareils auxiliaires. Dans la page d'entretien, des boutons de sélection simple doivent être prévus pour sélectionner le mode de fonctionnement normal ou le mode d'entretien. En mode normal, les pages d'entretien doivent afficher l'état de fonctionnement de chaque dispositif lorsque les compresseurs fonctionnent. En mode entretien, le moteur principal doit être désactivé. Le mode entretien doit permettre le fonctionnement indépendant de chaque appareil. Lorsque le mode entretien est activé, une bannière doit s'afficher pour alerter l'opérateur qu'un compresseur est en mode entretien. En outre, le démarrage du compresseur doit être empêché lorsqu'il est en mode entretien.
  3. En cas de détection d'alarme ou de déclenchement, un message doit s'afficher ou une indication visuelle doit indiquer la présence d'une alarme sur la page des opérations principales. La page d'état des alarmes et déclenchements doit être accessible à partir de n'importe quelle page, quel que soit le mode de fonctionnement, par la sélection d'un simple bouton poussoir. La page d'état des alarmes et déclenchements doit présenter la liste de toutes les alarmes actives et de tous les déclenchements, avec la description détaillée et l'heure des événements. Toutes les alarmes, une fois corrigées, peuvent être effacées automatiquement sans autre action de la part de l'opérateur. Cependant, toute condition de déclenchement doit être reconnue par l'opérateur après correction, en appuyant sur un simple bouton de sélection sur la page d'état des alarmes et déclenchements. Le démarrage des compresseurs doit être désactivé en cas de présence d'alarmes actives. Le système de commande doit également empêcher le redémarrage des compresseurs tant que tous les déclenchements n'ont pas été corrigés et reconnus. Un avertisseur sonore doit se déclencher (et un témoin lumineux doit s'illuminer) en cas d'alarme ou de déclenchement afin d'alerter le personnel d'exploitation. Un simple bouton de sélection doit être prévu sur la page d'état des alarmes et déclenchements pour couper l'avertisseur sonore.

4. Une page de configuration doit être prévue avec les paramètres de démarrage par défaut. Ces paramètres détermineront le mode de commande des compresseurs au moment du démarrage du panneau de commande local. La page de configuration doit également intégrer un mode de test qui détourne le signal de lancement du démarreur du moteur principal dans le but de tester la logique qui simule le démarrage du moteur; ce mode permet de vérifier le système de commande sans avoir à démarrer le moteur d'entraînement.
- O. Les sélecteurs, les boutons-poussoirs et les indicateurs supplémentaires doivent comprendre ce qui suit :
1. un bouton coup de poing d'urgence sur la porte du panneau
  2. un horomètre distinct, sur la porte du panneau, qui ne peut pas être réinitialisé
  3. en plus des témoins lumineux de l'interface opérateur tactile, il faut fournir des boutons-poussoirs qui permettent de faire fonctionner et de surveiller les compresseurs si l'interface opérateur tactile ne fonctionne pas ou si l'opérateur préfère ne pas utiliser cette dernière.
- P. L'interface opérateur doit afficher et surveiller tous les signaux analogiques, y compris, sans toutefois s'y limiter, ce qui suit :
1. l'intensité des moteurs
  2. la position des aubes directrices d'admission
  3. les signaux de température
  4. les signaux de pression
  5. les signaux de vibration
- Q. Les compresseurs doivent démarrer en suivant une séquence automatique lancée par le signal de démarrage local ou par le signal de démarrage à distance (c.-à-d. panneau principal de la passerelle ou celui du système à bulles d'air) quand ils sont en mode commande à distance ou automatique. À la réception du signal de démarrage, l'automate programmable doit confirmer que les aubes directrices d'admission sont à la position minimale, que le clapet de surpression (contournement) est ouvert, que le clapet de refoulement (le cas échéant) est bien positionné et que les volets d'évent du système à bulles d'air sont ouverts. Toutes les aubes et toutes les vannes doivent être dotées d'interrupteurs de fin de course aux positions ouverte et fermée pour en indiquer la position. Les volets d'évent du système à bulles d'air doivent être dotés de commutateurs de proximité pour indiquer s'ils sont ouverts ou fermés. Si les composants ne sont pas bien positionnés, ils doivent être déplacés automatiquement à leur position de départ respective par la logique de l'automate programmable.
- R. Le système de prélubrification à l'huile doit s'activer et fonctionner pour assurer une prélubrification pendant au moins deux (2) minutes. Une fois confirmées toutes les permissions de prédémarrage, les moteurs des compresseurs doivent être démarrés. Un signal de rétroaction provenant des démarreurs des moteurs doit confirmer que les démarreurs des moteurs d'entraînement ont été mis sous tension. Quand les compresseurs atteignent leur régime de fonctionnement, lequel est déterminé par la séquence de démarrage des moteurs, l'automate programmable doit ouvrir les aubes directrices d'admission et activer à l'électricité le clapet de refoulement (le cas échéant), fermer le clapet de surpression (contournement), arrêter la pompe à huile électrique et transférer la

commande des aubes directrices d'admission à la commande locale ou à distance. Si les composants ne sont pas bien positionnés, des mécanismes de verrouillage doivent empêcher le fonctionnement des compresseurs après un délai préétabli. Fournir une alarme et un dispositif d'arrêt en cas d'échec de la séquence si une partie quelconque de la séquence de démarrage, de fonctionnement ou d'arrêt n'est pas exécutée correctement. L'interface opérateur doit indiquer la fonction qui a causé l'arrêt.

- S. Le système de détection des surtensions doit repérer les états de déséquilibre ou de surtension au moyen de dispositifs de détection de la pression. La détection d'un état de surtension doit arrêter les compresseurs.
- T. Il faut fournir un logiciel de protection contre les surcharges des moteurs qui commande le réglage maximal des vannes des compresseurs afin que le courant des moteurs ne dépasse pas un seuil préétabli.
- U. Le refoulement des compresseurs doit s'afficher sous forme de graphique et sous forme numérique sur l'interface opérateur, exprimé en pourcentage de la capacité maximale, de 45 à 100 %.
- V. Il doit y avoir trois façons d'arrêter les compresseurs :
  - 1. arrêt normal – effectué au moyen du bouton d'arrêt sur l'interface opérateur ou de l'arrêt à distance. Les appareils s'arrêtent et il ne se produit pas de pompage.
  - 2. arrêt programmé – activé par :
    - i. une température d'huile élevée
    - ii. une température élevée de l'air d'aspiration (recirculation/surtension)
    - iii. une température élevée des enroulements du moteur
    - iv. une température de roulement élevée (compresseur ou moteur)
    - v. le clapet de refoulement ne s'est pas complètement ouvert dans un délai de deux (2) minutes après que l'automate programmable ait reçu un signal de rétroaction des démarreurs des moteurs
    - vi. le clapet de surpression ne s'est pas complètement ouvert dans un délai de cinq (5) minutes après que l'automate programmable ait reçu un signal de rétroaction des démarreurs des moteurs
    - vii. température ou pression de refoulement élevée
    - viii. intensité du moteur élevée
    - ix. surpression
  - 3. arrêt d'urgence – activé par :
    - i. une pression sur le bouton d'arrêt d'urgence
    - ii. une pression d'huile basse
    - iii. des vibrations élevées
    - iv. aucun signal de rétroaction des démarreurs des moteurs pendant la séquence de démarrage

L'arrêt programmé doit mettre hors tension les moteurs d'entraînement huit (8) secondes après le déclenchement de l'alarme pour laisser le clapet de surpression s'ouvrir partiellement. La lubrification normale après fonctionnement et les autres fonctions d'arrêt normal sont présentées plus bas.

- v. la perte du signal de rétroaction des démarreurs des moteurs pendant le fonctionnement normal
- vi. l'échec de la séquence pendant le démarrage
- vii. la défaillance de l'automate programmable
- viii. l'échec de la séquence d'arrêt (les vannes ne sont pas en position minimale, le clapet de refoulement n'est pas fermé, le clapet de surpression ne s'ouvre pas dans un délai de 120 secondes après la commande d'arrêt).

L'arrêt d'urgence doit immédiatement mettre hors tension les moteurs d'entraînement. La lubrification normale après fonctionnement et les autres fonctions d'arrêt normal sont présentées plus bas.

- W. L'alarme de température élevée de l'air d'aspiration (recirculation) et le détecteur de vitesse nulle doivent être actifs quand il n'y a pas de signal de rétroaction des moteurs au panneau de commande local provenant des démarreurs des moteurs. Ces capteurs ont pour but de détecter une circulation inversée de l'air dans les compresseurs et la rotation inversée du rotor.
- X. Le panneau de commande local doit pouvoir assurer la communication de données avec le nouveau panneau de commande principal du système à bulles d'air et les commandes existantes de la passerelle. Cette interface compatible doit être Profinet.
- Y. La communication de données à destination et en provenance du panneau de commande local doit se faire au moyen de l'interface de l'automate programmable, comme suit :

vers le contrôle des procédés (aux fins de surveillance des compresseurs)

- 1. compresseurs en marche
- 2. compresseurs à l'arrêt
- 3. alarme commune
- 4. commandes en marche – locales ou à distance/automatiques
- 5. capacité des compresseurs (%)

vers le panneau de commande principal du système à bulles d'air et les commandes de la passerelle

- 1. compresseurs prêts à démarrer
- 2. compresseurs en marche
- 3. débit d'air maximal
- 4. débit d'air minimal
- 5. alarme commune
- 6. compresseurs commandés à distance ou automatiquement

à destination et en provenance des démarreurs de moteurs – (signaux numériques câblés par l'installateur du système)

- 1. signal de fonctionnement des moteurs vers les démarreurs de moteurs (signal numérique du panneau de commande local vers les démarreurs de moteurs)
- 2. signal de rétroaction des moteurs (confirmation du fonctionnement – signal numérique des démarreurs de moteurs vers le panneau de commande local)

## 2.23 PANNEAU DE COMMANDE PRINCIPAL DU SYSTÈME À BULLES D'AIR

A. Une enceinte autostable certifiée de type IP55 ou NEMA12 doit être fournie et mise à l'essai, pour le démarrage et l'arrêt automatiques des soufflantes, la commande des vannes actuelles du système à bulles d'air, et pour faciliter le réglage des points de consigne en fonction des modes de fonctionnement suivants décrits au paragraphe 2.23.B. L'enceinte doit comprendre un programme de séquençage à automate programmable, un écran couleur pour interface opérateur, des sélecteurs/boutons-poussoirs et des témoins lumineux. Le système d'automate programmable et les interfaces opérateur tactiles doivent être compatibles avec le système de bord actuel. L'automate programmable doit être un dispositif de série Siemens S7 1500. Le panneau de commande principal actuel du système à bulles d'air doit être remplacé.

B. Le panneau de commande principal doit comprendre les modes de fonctionnement suivants :

1. Système à bulles d'air bâbord

i. Dans ce mode, l'air est refoulé par les collecteurs avant, arrière et centraux côté bâbord.

2. Système à bulles d'air tribord

i. Dans ce mode, l'air est refoulé par les collecteurs avant, arrière et centraux côté tribord.

\*Remarque : pour la plupart des opérations de gestion des glaces, il est normal d'utiliser les deux modes simultanément. Le panneau de commande principal offre l'option « mode combiné », où la vanne d'intercommunication manuelle est fermée.

3. Propulseur d'étrave – « Tourner côté bâbord »

i. Dans ce mode, l'air est évacué par le collecteur avant et le collecteur du propulseur, côté tribord, ce qui permet d'exercer une poussée maximale sur une hanche à partir des deux compresseurs.

4. Propulseur d'étrave – « Tourner côté tribord »

i. Dans ce mode, l'air est fourni par le collecteur avant et le collecteur du propulseur, côté bâbord. Ceci permet d'exercer une poussée maximale sur une hanche à partir des deux compresseurs

5. Commutateur local/à distance

6. Boutons de démarrage et d'arrêt pour chacun des compresseurs

7. Sélecteur à trois positions permettant de choisir le mode de fonctionnement de chaque compresseur. Bâbord et tribord

\*Remarque : en mode de fonctionnement normal, il n'est pas possible d'utiliser les modes « Bulles d'air » et « Propulseur » simultanément.

C. Le panneau de commande principal doit être fourni avec une interface opérateur dotée de plusieurs écrans couleur, afin d'afficher les variables de fonctionnement, l'emplacement des vannes et les autres données pertinentes. Les écrans d'opération doivent comporter un écran tactile, afin de pouvoir sélectionner le mode de fonctionnement du système à bulles d'air ainsi que les modes « local » et « à distance ». L'interface doit être programmée de manière à être conviviale, en fournissant suffisamment de messages-guides afin que l'opérateur puisse actionner les commandes du système à bulles d'air de façon intuitive.

1. Des écrans et des commandes doivent être fournis, afin de pouvoir surveiller sur le panneau central l'ensemble des données des variables du processus, et surveiller et modifier les points de consigne, au besoin.
- D. En plus de l'interface opérateur tactile, il faut fournir des témoins lumineux et des boutons-poussoirs, pour pouvoir surveiller et faire fonctionner les compresseurs si l'interface ne fonctionne pas ou si l'opérateur préfère ne pas l'utiliser. Chaque compresseur doit pouvoir être surveillé et commandé à l'aide des commutateurs de sélection, des témoins lumineux et des boutons-poussoirs.

#### 2.24 Panneaux des ailerons de passerelle

- A. Il faut fournir deux nouveaux panneaux pour les ailerons de passerelle (tribord et bâbord), en remplacement des panneaux actuels. Les panneaux doivent permettre d'utiliser le système à bulles d'air à partir de la passerelle. Pour permettre cette utilisation, il faut installer des témoins lumineux, des commutateurs de sélection et des boutons-poussoirs.

### PARTIE 3 : CONSERVATION

#### 3.01 LIVRAISON, ENTREPOSAGE ET MANUTENTION DE PRODUIT

- A. Tout l'équipement doit être fixé sur palettes ou être emballé dans des caisses, afin d'empêcher qu'il subisse des dommages pendant le transport. Toutes les pièces doivent être adéquatement protégées, afin qu'elles ne subissent aucun dommage ni détérioration pendant une période prolongée entre le moment de la livraison et la fin de l'installation, et pour que les unités et le matériel soient prêts à utiliser.
- B. Les surfaces finies des brides exposées doivent être protégées par des obturateurs solides en panneau de fibres qui doivent y être fixées à l'aide de boulons.
- C. Les caisses d'expédition doivent permettre d'ajouter des appareils de chauffage et tout autre dispositif de protection requis pour un entreposage prolongé, sans qu'il soit nécessaire de les ouvrir. Lors de l'expédition, l'entrepreneur doit fournir des instructions détaillées concernant les procédures d'entretien à suivre pour l'entreposage prolongé.

#### 3.02 PRÉPARATION DES SURFACES ET PEINTURE EN ATELIER

- A. Toutes les surfaces doivent être préparées, apprêtées en atelier et recouvertes d'une couche de finition de peinture époxy et uréthane de qualité marine.
- B. Les surfaces usinées non peintes doivent être protégées adéquatement.

### PARTIE 4: INSTALLATION (Partie 4 doit être incluse avec la soumission, mais indiquée séparément)

#### 4.01 MISE EN MARCHÉ ET FORMATION

- A. L'entrepreneur doit fournir un technicien entièrement formé ayant un minimum de cinq années d'expérience pour inspecter l'installation finale et superviser les tests de mise en marche de l'équipement effectués sur place. Les services doivent être fournis pendant au moins quatre (4) jours, à raison de huit (8) heures par jour, pour chaque unité.

## **B. Compresseurs et accessoires – Mise en marche initiale**

1. Effectuer, au minimum, les travaux de mise en service sur place suivants :
    - a. Inspecter visuellement le système, pour vérifier si les tuyaux sont bien raccordés et si les accessoires sont installés correctement
    - b. Sur place, aligner avec précision le moteur d'entraînement et le compresseur
    - c. Vérifier la mise à niveau du socle du compresseur
    - d. Vérifier les branchements au panneau de commande local, au panneau de commande principal et aux panneaux de commande de la passerelle de tous les instruments et appareils sur place.
    - e. Faire tourner le moteur désaccouplé pendant une heure afin de vérifier sa rotation et son état opérationnel
  2. Un essai sur place d'une durée d'au moins quatre (4) heures doit démontrer que, dans toutes les conditions de fonctionnement, chaque unité :
    - a. n'a pas été endommagée pendant le transport ou l'installation;
    - b. a été correctement installée;
    - c. ne comporte aucun défaut mécanique;
    - d. a des instruments et des commandes entièrement fonctionnels;
    - e. démarre, fonctionne et s'arrête comme il se doit;
    - f. fonctionne dans toutes les conditions de pression et de débit précisées;
    - g. suit la séquence d'arrêt appropriée (arrêt standard, arrêt programmé et arrêt d'urgence);
    - h. n'entraîne pas de surchauffe des pièces;
    - i. ne produit pas de vibrations incommodes ou de bruits inhabituels;
    - j. n'entraîne pas de surcharge des pièces;
    - k. Les aubes directrices d'admission sont automatiquement positionnées par le système de commande, en fonction de l'algorithme d'optimisation de l'efficacité.
- C. L'entrepreneur doit offrir les services d'un représentant détaché (RD) et certifié, lequel doit être présent pendant deux (2) essais en mer de cinq (5) jours. Le représentant détaché doit être disponible pour régler les compresseurs et donner une formation pendant les essais en mer, au besoin.
1. L'essai en mer et la formation doivent être fournis pour les deux quarts de travail.
  2. Au moins un essai en mer doit se dérouler dans des conditions de glace, avec le représentant détaché. Au cours de cet essai, le système de vibration doit démontrer qu'il n'y a pas de déclenchement par vibration inapproprié (fausses alarmes) en mode « déglacement ».
- D. Il faut prévoir les services d'un représentant détaché qui connaît en profondeur les procédures d'utilisation et d'entretien appropriées, pendant deux (2) jours, au besoin. Le représentant doit présenter à l'ingénieur et aux représentants du propriétaire, de chaque équipage, les consignes d'utilisation et d'entretien adéquats du système, y compris les procédures de démarrage et d'arrêt, les pratiques de lubrification adéquates et les procédures de dépannage.