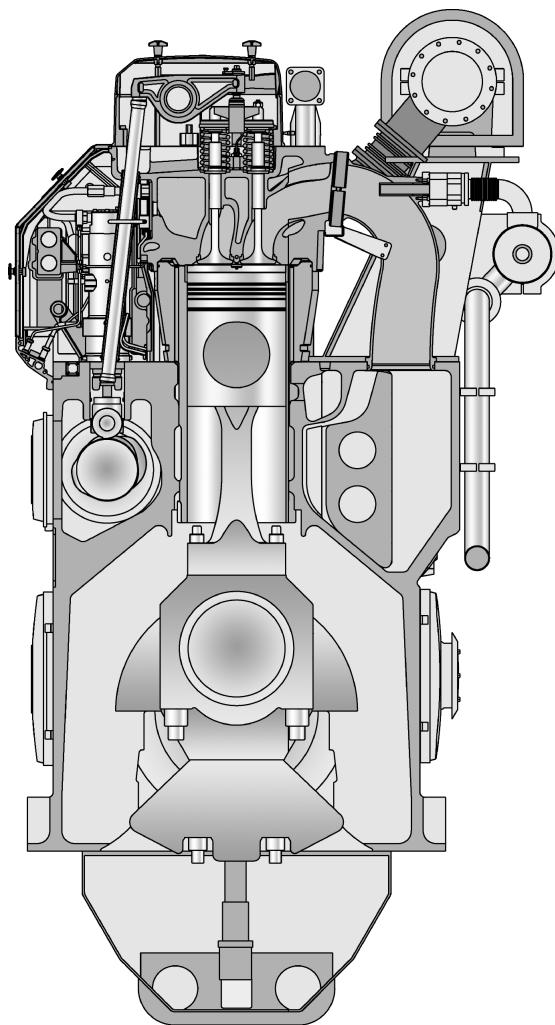


Kongsberg Dual-Fuel Diesel Electric Procedure



Cyrille Reggio

2017

1 Pilot Sheet

| | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| DeadWeight | 55.000 tpl |
| Length | 218 m |
| Breadth | 31,8 m |
| Speed | 23 nds |
| Propulsive Power | 21000 kW |
| Number of Electric Propulsion Engine | 2 |
| Generator | 4 x Wärtsilä 8L50DF (4 x 7,600 kW) |
| Delivered Voltage | 6,6kV |
| Mainbus Voltage | 4x400V |
| Bow thruster | 2 |
| Stern Thruster | 1 |

TABLE 1: Main Characteristics

1.1 Dual Fuel Engines

1.1.1 Wartsila 8L50DF

- Power 7600 kW @ 500 rpm
- Bore 500 mm
- 8 cylindres en ligne
- Air cooler
- 2 turbochargers
- gas mode / DO-HFO / backup (no PI)

2 Démarrage

1. Launch *DEDF42-CF*,
2. Choose initial condition "<cold ship">,

Démarrer la simulation avec F1 puis Home, les raccourcis clavier les plus courants sont :

| Raccourci | Fonction |
|-----------|---------------------|
| F1 | Run |
| F2 | Freeze |
| F3 | Stop |
| Shift+F6 | Initial condition |
| Home | Page principale |
| Pg Up | Incrémenter la page |
| Pg Down | Décrémenter la page |
| F12 | Ack buzzer |

TABLE 2: Raccourcis claviers

Notez que ces raccourcis sont également accessibles par Menu Operation

3 Séquence de démarrage bateau froid

3.1 Déroulé global

| Etape | Action | Page |
|-------|---|-----------------------|
| 1 | Line up for MDO from MDO Service tank to DGs via the Emergency Fuel Feed Pump | (MD455 & 460) |
| 2 | Line up DG LO system | (MD 305 & 310) |
| 3 | Line up DG cooling water system | (MD405-410) |
| 4 | Start DG from local stand and connect it to main switchboard Note! Connect electrical consumers to main switchboard to achieve heating from DGs. | (MD205-220) and MD105 |
| 6 | Line up for normal fuel supply | (MD460) |
| 7 | Prepare ventilation | |
| 8 | Prepare LNG supplier for bunkering (truck, ship or terminal) (MD480) | |
| 9 | Prepare vessel for bunkering | (MD510 & 755) |
| 10 | Line up for heating of LNG | (MD515) |
| 11 | Prepare Gas Supply to DGs | |
| 12 | DO/HFO-Gas Change Over | |
| 13 | Line up and start up next Diesel Engine, start on Gas and connect to main switch board | |
| 14 | Prepare for start up of propulsion from engine control room | |
| 15 | Transfer control position to bridge | |
| 16 | Ready for Departure | |

TABLE 3: Principales étapes

3.2 Approvisionnement

3.2.1 Équipements

Le navire est équipé de deux citernes type C pour une capacité totale de 400 m^3 . Les deux citernes sont maintenues à 5 bar à une température de -127°C . Le navire est équipé de deux tanks d'azote pour l'inertage notamment des tuyautages d'alimentation mais aussi pour la mise en pression de la caisse d'expansion EDHT, le circuit est pressurisé à 8 bar.

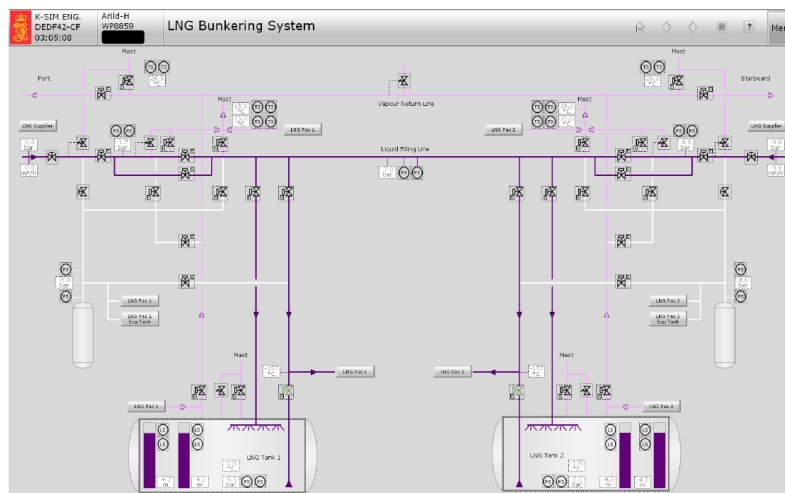


FIGURE 1: LNG Bunkering System

Chaque citerne est équipée d'une spray line qui va permettre :

- La réfrigération de la citerne par la vaporisation de gouttelettes lors d'une procédure de mise en froid,

- La gestion de la pression de la citerne pendant l'opération d'approvisionnement,

Les lignes de retours vapeur et les lignes liquides sont prévues pour pouvoir être interconnectées.

3.3 Alimentation en GNL

La pression délivrée à la GVU en fonctionnement est de 6.3 bar pour délivrer le gaz à 2.3 bar dans la pipe d'admission du moteur, à une température de 34,1°C.

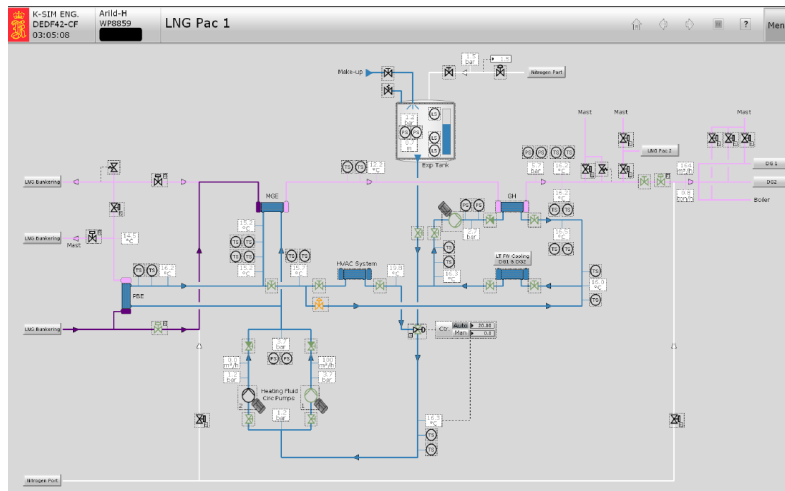


FIGURE 2: LNG pac

3.4 Les évaporateurs

3.4.1 Pressure Build Up Evaporator

Le *Pressure Build Up Evaporator* permet pressuriser la citerne à 5,3 bar, le gaz y est vaporisé par le circuit eau douce BT (*LT FW*) par l'intermédiaire d'un gel siliconé (Syltherm) qui fait l'interface entre l'ED et le gaz.

La mise en pression a lieu :

- Après l'opération d'approvisionnement (Initial Build Up),
- en exploitation afin de parer à la baisse de pression de la cuve engendrée par la consommation de gaz,

La vapeur produite retourne à la citerne.

3.4.2 Main Gas Evaporator

Le *Main Gas Evaporator* a pour rôle de gérer la pression de gaz délivrée au moteur. Il prend le gaz en phase liquide et le vaporise. La pression est régulée par des vannes réglantes en amont et en aval des évaporateurs.

3.4.3 Gas Heater

Le *Gas Heater* assure la finalisation du réglage de température et de pression délivré au moteur. Il dispose d'un circuit ED indépendant pour gérer la phase finale de réchauffage.

La pression de refoulement des évaporateurs (PBE, GVE) est réglée par la vanne (V96) qui redirige une partie du débit vers le Gas Heater. En route libre, la consigne de cette vanne est de 40%.

Nota : la caisse d'expansion dispose d'une alimentation en azote afin de maintenir la caisse en pression. Elle est également équipée d'un système de détection gaz ;

3.5 Soupapes de sûreté

Les soupapes de sûretés sont placés à différents endroits du circuit, leur pression de tarage est de 9 *bar*. Leur refoulement est effectué au mât de dégazage.

4 Shutdown

Il est prévu plusieurs situations de Shutdown :

- **TAS** Tank Shutdown : En cas de défaut du circuit *LNG PAC*, les événements s'ouvrent afin de dé-pressuriser le tuyautage et les vannes automatiques fermées. Un système de retour du gaz en phase liquide séquencé à la citerne permet de ne vaporiser que le minimum de gaz.
- **CB** Close Bunkering : Lors de la fin de l'opération d'approvisionnement, par fermeture des vannes bunkering ou en cas de niveau haut ou de pression haute dans la citerne,
- **BS** Bunkering Shutdown : Les vannes d'approvisionnement si elles sont fermées en manuel pendant l'opération provoquent un shutdown.
- **ELS** Engine Line Shutdown : En cas d'incident sur le circuit d'alimentation gaz, les vannes d'entrée et de sortie au MGE, et la vanne d'interconnexion sont fermées, le signal de shutdown est envoyé à la GVU.

4.1 Détection gaz et ESD

La détection est basée sur la détection de gaz et d'oxygène. Une pré-alarme et une alarme dont le seuil peut être configuré dans le *Gas Detector Panel*.

5 Control System (LNG Monitor)

Le système de contrôle automatise largement les procédures liées au circuit gaz et permet le contrôle et suivi des opérations.

Vapour Return Valve (VRL)

| Command | Effect |
|-------------------------|---|
| Auto | Puts valves in vapour line to Auto control (V51 and V54) |
| Manual | Puts valves in vapour line to Manual control (V51 and V54) |
| Activate | Will open VRL discharge valve (V51) |
| Deactivate | Will close VRL discharge valve (V51) |
| Inert | Will operate inert valve (V04) and vent valve (V54) |
| Inert from Supplier | Will operate VRL discharge valve (V51) and vent valve (V54) |
| Inert to Supplier | Will operate inert valve (V04) and VRL discharge valve (V51) |
| Depressurize | Will open vent valve (V54). Note! Must be manually closed. |
| Select Bunker station 1 | The valves (above listed) connected to VRL at bunker station 1 are controlled by the control system |
| Select Bunker station 2 | The valves (above listed) connected to VRL at bunker station 2 are controlled by the control system |

Liquid Interconnection Line (LIL)

| Command | Effect |
|----------------------|---|
| Auto | Puts valves in LIL to Auto control (inert valve V55, vent valve V05, spray tank valve V02 and LIL supply valve V01) |
| Manual | Puts valves in LIL to Manual control (inert valve V55, vent valve V05, spray tank valve V02 and LIL supply valve V01) |
| Inert | Operates vent valve V05 and inert valve V55 |
| Activate | Will open LIL supply valve V01. |
| Drain | Will operate LNG spray valve (V01) and inert valve (V55) |
| Select Tank 1 | The valves (above listed) connected to LIL and tank 1 are controlled by the control system |
| Select Tank 2 | The valves (above listed) connected to LIL and tank 2 are controlled by the control system |
| Select Both Tanks | The valves (above listed) connected to LIL and both tanks are controlled by the control system |
| Spray Control Auto | Top spray valve V02 is controlled by tank pressure |
| Open Top/Spray Valve | Manual opening of top spray valve V02 |

Note! The bottom connection must be activated before LIL supply valve (V01) can be activated.

FIGURE 3: Code couleur système de contrôle gaz

5.0.1 Control Box Command

Elle permet d'effectuer les opérations sur le combustible et d'en contrôler le déroulement.

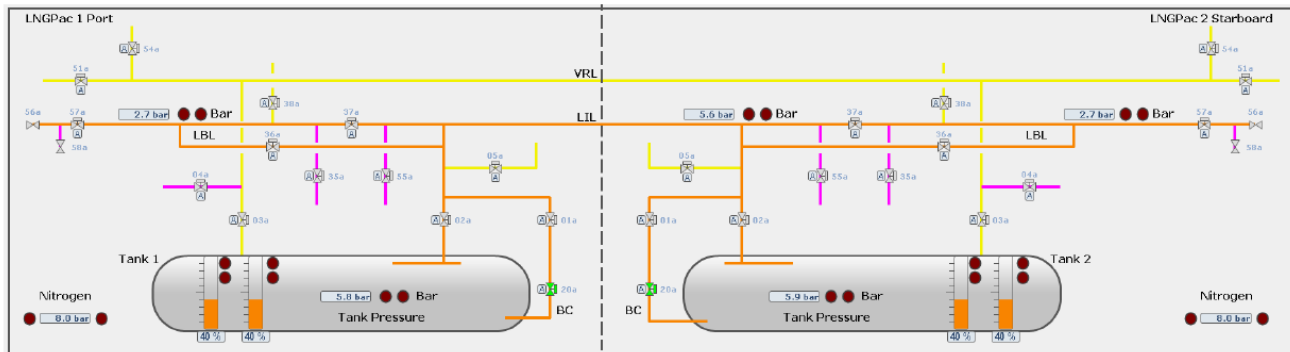


FIGURE 4: Disposition Storage tank

Les tableaux ci-dessous illustrent chaque séquence en automatique des différents éléments du circuit.

Vapour Return Valve (VRL)

| Command | Effect |
|-------------------------|---|
| Auto | Puts valves in vapour line to Auto control (V51 and V54) |
| Manual | Puts valves in vapour line to Manual control (V51 and V54) |
| Activate | Will open VRL discharge valve (V51) |
| Deactivate | Will close VRL discharge valve (V51) |
| Inert | Will operate inert valve (V04) and vent valve (V54) |
| Inert from Supplier | Will operate VRL discharge valve (V51) and vent valve (V54) |
| Inert to Supplier | Will operate inert valve (V04) and VRL discharge valve (V51) |
| Depressurize | Will open vent valve (V54). Note! Must be manually closed. |
| Select Bunker station 1 | The valves (above listed) connected to VRL at bunker station 1 are controlled by the control system |
| Select Bunker station 2 | The valves (above listed) connected to VRL at bunker station 2 are controlled by the control system |

Liquid Interconnection Line (LIL)

| Command | Effect |
|----------------------|---|
| Auto | Puts valves in LIL to Auto control (inert valve V55, vent valve V05, spray tank valve V02 and LIL supply valve V01) |
| Manual | Puts valves in LIL to Manual control (inert valve V55, vent valve V05, spray tank valve V02 and LIL supply valve V01) |
| Inert | Operates vent valve V05 and inert valve V55 |
| Activate | Will open LIL supply valve V01 |
| Drain | Will operate LNG spray valve (V01) and inert valve (V55) |
| Select Tank 1 | The valves (above listed) connected to LIL and tank 1 are controlled by the control system |
| Select Tank 2 | The valves (above listed) connected to LIL and tank 2 are controlled by the control system |
| Select Both Tanks | The valves (above listed) connected to LIL and both tanks are controlled by the control system |
| Spray Control Auto | Top spray valve V02 is controlled by tank pressure |
| Open Top/Spray Valve | Manual opening of top spray valve V02 |

Note! The bottom connection must be activated before LIL supply valve (V01) can be activated.

Liquid Bunker Line (LBL)

| Command | Effect |
|--------------------|--|
| Auto | Valves connected to bunker line are controlled by the control system |
| Manual | Valves connected to bunker line are manually controlled |
| Activate ESD Com | ESD communication with the supplier is established |
| Deactivate ESD Com | ESD communication is deactivated |
| Inert | Operates inert valve V55, bunkering valve V36 and vent valve V38 |
| Cool | Will open LNG spray valve (V01), LBL stripping valve (V36) and LBL supply valve (V37) to cool down bunker line |
| Drain | Operates inert valve (V35) and bunker line valve (V36) |
| Start | Will open LBL supply valve (V57) |
| Stop | Will close LBL supply valve (V57) |
| Activate | Will open LBL supply valve (V37) |
| Deactivate | Will close LBL supply valve (V37) |
| Emergency Stop | Will close LBL main supply valve (V57) |
| Control Reset | Reset LBL trip |

Note! Bunkering is not possible until ESD communication is established.

Note! Spray valve (V02) must be open to enable drain.

Note! Bunker line must be in "Cooled" state before drain is possible.

Pressure Build Up Evaporator (PBE)

| Command | Effect |
|----------------|--|
| Auto | Valves connected to PBE are controlled by the control system |
| Manual | Valves connected to PBE are manually controlled |
| Activate | The PBE Outlet Gas return valve (V16) will be controlled by the control system and open/close depending on tank pressure |
| Close | Will close the PBE Outlet Gas return valve (V16) |
| Emergency Stop | Will close PBE Outlet Gas return valve (V16) |
| Reset | Resets tripped PBE (PBE has to be reactivated) |

Bottom Connection (BC)

| Command | Effect |
|----------------|---|
| Auto | Valves connected to BC are controlled by the control system |
| Manual | Valves connected to BC are manually controlled |
| Inert | Control Inert valve V21 and Vent valve V18 |
| Activate | Will open tank BC valve (V20) |
| Close | Will close tank BC valve (V20) |
| Emergency Stop | Will shut down BC, MGE, EL and Storage Tank |
| Reset | Reset trips and shutdowns |

Main Gas Evaporator (MGE)

| Command | Effect |
|----------------|--|
| Auto | Valves connected to MGE are controlled by the control system |
| Manual | Valves connected to MGE are manually controlled |
| Inert | Operates inert valve (V23) and EL vent valve (V26) |
| Activate | Will open Main Gas Evaporator valve (V22) |
| Close | Will close Main Gas Evaporator valve (V22) |
| Emergency Stop | Will shut down BC, MGE, EL and Storage Tank |
| Reset | Reset trips and shutdowns |

Note! The Engine Line ventilation valve (V26) is also pressure controlled; opens at 7 bar and close at 6.5 bar.

Engine Line (EL)

| Command | Effect |
|----------------|--|
| Auto | Valves connected to EL are controlled by the control system |
| Manual | Valves connected to EL are manually controlled |
| Inert | Operate engine line inerting valve (V30) and vent valves GV1, GV2 and GV3. |
| Activate | Opens engine line gas valve (V27) |
| Close | Closing engine line gas valve (V27) |
| Emergency Stop | Will shut down BC, MGE, EL and Storage Tank |
| Reset | Reset trips and shutdowns |
| Close | Will close tank BC valve (V20) |
| Emergency Stop | Will shut down BC, MGE, EL and Storage Tank |
| Reset | Reset trips and shutdowns |

Gas Interconnection Line (GIL)

| Command | Effect |
|----------------|---|
| Auto | Valves connected to GIL are controlled by the control system |
| Manual | Valves connected to GIL are manually controlled |
| Inert | Operate GIL inert valve (V29) and GIL ventilation valve (V25) |
| Activate | Will open GIL valve (V28) in both Pacs |
| Close | Will close GIL valve (V28) in both Pacs |
| Emergency Stop | Will shut down BC, MGE, EL and Storage Tank |
| Reset | Reset trips and shutdowns |

Note! It's not possible to activate GIL if both engine lines (EL) are active. This may cause a change over to DO/HFO for the DGs, fed from the LNG Pac that is going to be closed down. Both EL and MGE have to be Closed before GIL activation is enabled.

Procédure démarrage groupe Alimentation électrique

Pré-requis Les circuits suivants doivent être disposés : (Vannes ouvertes, pompes auxiliaires démarrées)

1. EDBT
2. Huile
3. DO (la pompe de secours DO fonctionne à l'air comprimé Emergency Fuel Feed Pump)

Nota : L'air comprimé est toujours disponible.

Avant de démarrer un groupe, il faut le passer en mode DO/HFO, en effet en mode back-up (par défaut) il est impossible de passer en mode gaz sans le stopper.

Démarrage :

4. Ouvrir le volet (flap),
5. Effectuer un virage électrique puis débrayer le vireur (turning gear),
6. Effectuer un virage à l'air (Blow),
7. Repasser en local,
8. Acquiescer les alarmes,
9. Passer en mode run sur le sélecteur,
10. Démarrer et observer la montée en température des échappements,
11. Si les paramètres sont corrects, passer le groupe en remote.

Nous pouvons alors disposer l'alimentation électrique sur les barres principales et alimenter les consommateurs.

12. Connecter le disjoncteur principal,
13. Alimenter le jeu complet de barres,
14. Alimenter les consommateurs.

Il est possible maintenant de disposer les pompes principales et auxiliaires des circuits ED et huile en automatique.

Passer le DG1 en priorité 1 / auto / alone on bus

Stopper la pompe MDO à air.

Attention :

La régulation de température ED ne peut être passée en automatique **que sur l'IAS**.
Il faut :

- Passer les vannes trois voies de régulation en remote sur le circuit,
- Puis sur l'IAS dans la page FW Cooling System, passer les vannes correspondantes en auto.

La vanne prend alors une couleur orange pour signaler qu'elle régule.

Procédure d'approvisionnement GNL Citernes à température ambiante

Dans cet exemple nous utiliserons le camion et l'approvisionnement sera fait sur la citerne babord.

Les phases suivantes doivent être suivies :

Préparatifs côté camion

Un test d'étanchéité des vannes de la ligne liquide et vapeur doit être effectué.

1. Inerter les lignes liquide et vapeur,
2. Stopper l'inertage et vérifier l'absence de fuites,
3. Mettre les lignes à l'air,
4. Fermer les vannes des lignes liquides et vapeur.

Quand le navire est prêt (joint plein déposé), connecter le bras de chargement.
Prévenir le bord qu'un test ESD doit être conduit.

Noter que le bord peut procéder à l'inertage du camion et que le camion peut procéder à l'inertage du bord.

Préparatifs côté bord

Les opérations seront conduites à partir de la page « LNG Monitor System ».

Inertage

1. Ouvrir la bride côté navire et brancher le flexible du camion,
2. Mise en place du rideau d'eau,
3. Inertage à l'azote, lors de cette opération, la commande Inert devra être envoyée deux fois pour :
 - (a) Dépressuriser
 - (b) Inerter

Dans les opérations d'inertage, attention à ne pas « activer » !

Les opérations seront conduites en « automatique » sélectionner « All in auto » .
L'inertage se conduit de la citerne vers la connexion.

- Inertage des Bottom Connection (BC)
 - Inertage des Liquid Interconnection Line (LIL)
 - Inertage de la Port Liquid Bunker Line (LBL)
4. Ouvrir (activer) la Bottom Connection 1 (V20),
 5. Ouvrir (activer) la Liquid Interconnection Line (select tank 1 / activer) (V01),
 6. Ouvrir la rampe haute Top Spray (LIL) (V02),
 7. Activer la Liquid Bunker Line (V37),
 8. Ouvrir en manu la vanne de tête (V57)
 9. Activer et tester l'ESD (la vanne de la LIL (V57) doit se fermer)

Un test de fuite (Leak Test) doit être maintenant effectué sur la bride de chargement, pour cela :

1. Mettre en pression à l'azote (8 bar) la ligne entre le camion et la vanne de tête (V57),
2. Ouvrir la vanne d'alimentation d'azote et la vanne (V58 MD510),
3. Fermer la vanne d'alimentation et vérifier l'absence de fuite (pression à 8 bar),
4. mettre à l'air par l'évent (V10 MD510),
5. fermer l'évent.

Mise en froid des citernes

6. Ouvrir la vanne manuelle d'isolement (V56 MD510)
7. Commander la mise en froid en vapeur par la ligne liquide du camion à débit faible ($5 \text{ m}^3/h$), sélectionner *VAPOUR* puis *ON*. La température
8. Démarrage par la LBL de la control box (V57),
9. Descente en froid jusqu'à -60°C du tuyautage et de la citerne,
10. Ouverture ligne liquide et montée progressive jusqu'à $400 \text{ m}^3/h$,
11. Vaporisation (spray) en auto (LIL), baisser la consigne de pression (Setpoint Bunkering) à $1,0 \text{ bar}$, cela a pour effet de garder la cuve la plus froide possible en jouant sur la vaporisation.

Début de l'approvisionnement en GNL

Si la contre pression augmente dans la citerne, ouvrir la ligne de retour vapeur.

Finalisation

1. à 85%, demander au camion de chasser le liquide à la vapeur (1 minute à $5 \text{ m}^3/h$),
2. Stopper l'approvisionnement par la Control Box (Stop LBL) (V57),
3. Désactiver (V37) et purger la BL (V35, V36), pour cela il faut ouvrir sur le spray de la (LBL),
4. inerte la ligne liquide (inert LBL) (V55, V36, V38) (2 fois),
5. purger la LIL par la spray line (V55) et l'inerte (V05) (2 fois),
6. Repasser la consigne Setpoint Bunkering à 5 bar .

Déconnecter la bride, **opération d'approvisionnement terminée.**

Procédure d'approvisionnement GNL Citernes froides

Cette procédure s'applique la plupart du temps, en effet, si un talon de GNL existe dans la citerne elle est considérée comme froide.

1. Établir la connexion avec le terminal, dès que la connexion est établie, l'ESD est connectée,
2. Tester l'ESD, (V57)
3. Vérifier l'étanchéité de la connexion,
4. Activer la BC
5. Activer la LIL depuis la control box en activant : « tanks Activate »,
6. depuis la LBL control box sélectionner « cool » puis « activate » et enfin « start »

Les vannes manuelles doivent être disposées correctement pour pouvoir autoriser l'ouverture de la vanne commandée.

7. Activer le retour vapeur (V03 et V51)
8. Procéder à l'ouverture coté barge ou terminal de la vanne liquide et vapeur, attendre que la pression soit de 4,5 bar,
9. Démarrer l'opération d'approvisionnement (de 50 m³/h jusqu'à 400 m³/h)
10. À 85 %, commencer à réduire le débit liquide et demander à la barge d'ouvrir la ligne vapeur (vapor bunkering) afin de préssuriser les lignes pour pousser le liquide,
11. Quand il n'y a plus de débit liquide, attendre 30 sec pour vider les lignes puis stopper l'opération d'approvisionnement (STOP et deactivate depuis la LBL control box),
12. Purger la LBL (drain),
13. Purger la LBL,
14. Inerter LIL,
15. Inerter LBL,

Il faut procéder maintenant au débranchement du flexible :

16. Procéder à l'inertage avec l'azote du bord par la (V58),
17. Quand la pression d'azote atteint les 8 bar, purger la ligne liquide vers la barge,
18. Fermer la vanne (V58), ouvrir l'évent de la ligne liquide de la barge,
19. Quand la pression est nulle, fermer l'évent vers la barge,
20. Fermer la partie liquide coté barge.

Afin de ne pas envoyer de gaz à l'atmosphère lors de la déconnexion, il faut procéder à l'inertage de la VRL.

- Informer la barge de l'ouverture de l'évent de la VRL,
- Mettre en manuel la VRL,
- Fermer le retour vapeur (V03),
- Ouvrir sur l'azote (V04) pour procéder à l'inertage vers la barge,

- Quand l'inertage est terminer, fermer les vannes et repasser la VRL en auto,
- Désactiver et inerte la VRL depuis la control box,
- purge la VRL vers la barge et quand la pression est nulle, stopper et isoler l'inertage,
- Quand le flexible est dépressurisé, fermer la vanne manuelle d'alimentation (V56),
- Débrancher le flexible et placer la bride pleine,
- Purger la ligne en ouvrant plusieurs fois la vanne (V56) et (V58)
- Inerte en ouvrant la vanne (V10)

Fin de l'opération d'approvisionnement.

Passage des moteurs au gaz

Disposition GNL

Il faut disposer le système de réchauffage des évaporateurs ;

1. Vérifier le niveau de la caisse à expansion et disposer le détendeur 1,5 bar d'azote,
2. Disposer le circuit d'eau, régulation en automatique,
3. Disposer l'air conditionné HVAC,
4. Démarrer les pompes.

Disposition de l'alimentation en gaz des moteurs.

5. Activer la BC, si elle a été dépressurisée, elle doit d'abord être inertée,
6. Activer le Pressure Build Evaporator la consigne de pression doit être de 5 bar,
7. Activer la Engine Line,
8. Quand la pression de la citerne est correcte, activer le Main Gas Evaporator, l'inertier si besoin,

La connexion Gas Interconnection Line peut être activée, il faut néanmoins :

- Avoir un MGE en service,
- Que l'autre MGE soit stoppé mais pressurisé.

Le gaz est disposé.

Passage des moteurs au gaz

1. La ventilation du compartiment moteur doit être démarrée puis passée en auto
2. La vanne manuelle d'alimentation de la GVU (V051) doit être disposée,
3. La GVU control en auto,
4. Le gas Mode est disponible.

Il est possible de démarrer directement au gaz.