

Marché public de fournitures

Objet du marché

Fourniture, installation et mise en service d'**équipements spécialisés** dédiés aux **bancs d'essais pour moteurs à combustion interne avec** équipements associés pour la plateforme expérimentale PLEX-H2 sur le campus de Centrale Nantes, lots 1&2

Cahier des Charges Techniques Particulières (CCTP) Commun aux lots 1&2

Marché soumis

aux dispositions du Code de la commande publique (l'ordonnance n° 2018-1074 du 26 novembre 2018 portant partie législative du code de la commande publique et le décret n° 2018-1075 du 3 décembre 2018 portant partie réglementaire du code de la commande publique)

et du Cahier des Clauses Administratives Générales applicables aux Marchés Publics de fournitures courantes et services (C.C.A.G.-F.C.S.)

arrêté du 30/03/2021

Marché passé en **appel d'offres ouvert** selon les articles L.2124-2, R.2124-2.1°, R.2113-4 et R.2161-2 à R.2161-5 du code de la commande publique.

Référence de la consultation

AO-2025-14

TABLE DES MATIERES

1	CONTEXTE.....	3
2	OBJET DU MARCHÉ.....	4
3	CONFORMITÉ.....	4
4	ARTICULATION AVEC LE VOLET TRAVAUX DU PROJET PLEX-H2 – SPECIFICATIONS COMMUNES AUX LOTS 1&2.....	5
4.1	Fourniture des spécifications nécessaires à l’installation des équipements :.....	5
4.2	Installation des équipements :.....	5
4.3	Réception et mise en service des équipements :.....	5
4.4	Circuit de refroidissement, limites de prestation :	5
5	Descriptions techniques :	6
5.1	LOT 1 :.....	7
5.2	LOT 2 : Conditionnement et distribution H2.....	8
6	Recette technique	9
7	Sous-traitance	9
8	Documentation technique	10
9	Formation	10
10	Garantie.....	10
11	Contenu de l’offre technique	11
12	Annexes :	11

1 CONTEXTE

L'École Centrale de Nantes (ECN), créée en 1919 sous le nom de l'Institut polytechnique de l'Ouest, est située dans le quartier Nantes Nord à proximité du campus de Nantes Université dont elle est un établissement-composante. Elle a pour mission de former des ingénieurs généralistes destinés en majeure partie aux entreprises ainsi que des ingénieurs spécialisés par voie d'apprentissage et en partenariat avec l'Institut des Techniques d'Ingénieurs de l'Industrie (ITII) Pays de la Loire. Elle délivre également des diplômes de master spécialisé, de master recherche et de doctorat.

Au-delà de cette formation réputée, Centrale Nantes s'appuie sur de multiples partenariats industriels et institutionnels forts pour déployer une recherche académique et appliquée au meilleur niveau européen et mondial.

Recherche et formation se sont toujours développées de pair à l'ECN. Les modules scientifiques enseignés relèvent des domaines de recherche des enseignants de l'école et ces derniers effectuent leurs recherches dans les laboratoires de l'ECN.

Le projet PLEX-H2 concerne le LHEEA (Laboratoire de recherche en Hydrodynamique, Énergétique et Environnement Atmosphérique, UMR 6598) de l'École Centrale de Nantes et a pour objectif de maintenir le niveau d'excellence de son programme de recherche.

Le projet contient un volet immobilier et un volet équipements scientifiques. Il concerne le hall d'essais moteurs situé dans le bâtiment H (cf. schéma ci-dessous).



Figure 1 : Localisation macro géographique du bâtiment H sur le campus de l'ECN

Le projet PLEX-H2 a pour objectif la mise en place d'équipements spécialisés dédiés aux bancs d'essais pour moteurs à combustion interne. Ces bancs doivent permettre les essais sur des

moteurs d'une puissance pouvant aller jusqu'à 1 MW pour le banc principal et 450 à 500 kW pour le second banc. Les moteurs pourront être alimentés en hydrogène et en carburants alternatifs.

Le périmètre de conception et de mise en œuvre des travaux nécessaires à l'adaptation de la plateforme de recherche existante dans le bâtiment H en vue de la réception de nouveaux équipements acquis dans le cadre du présent marché, a été confié au groupement de maîtrise d'œuvre suivant :

- BCF Environnement, Cabinet d'architecture mandataire du groupement
- IMING, Bureau d'étude principal
- MPSI, Bureau d'étude spécialisé en charge des réseaux et fluides
- NEODYME, co-traitant de IMING en charge des études ATEX.

Les études de PROJET et les Dossiers de Consultation des Entreprises, pour les marchés travaux, sont en cours de finalisation. Une autorisation de travaux a été délivrée le 27 mai 2025.

Une présentation de l'implantation du projet est disponible en annexe 1 : « DOSSIER GRAPHIQUE APPEL D'OFFRE EQP.pdf ».

2 OBJET DU MARCHÉ

L'objet du présent marché est la fourniture, l'installation et la mise en service des équipements composants les bancs d'essais au sein des espaces qui seront créés pour les recevoir.

Le présent marché est alloti et décomposé en tranches comme suit:

- Lot n°1 : Tranche ferme- TF – Fourniture, installation et mise en service d'un ensemble dalle/marbre anti-vibratile et le frein moteur de 1 MW associé.
Tranche optionnelle 1 – TO1 – Fourniture, installation et mise en service d'un ensemble dalle/marbre anti-vibratile et le frein moteur de 450 à 500 kW associé.
- Lot n°2 : Fourniture et installation du dispositif de distribution de l'hydrogène dans la cellule de 1 MW.

3 CONFORMITÉ

L'ensemble du matériel devra satisfaire aux règles de l'art, aux exigences européennes et françaises en matière de sécurité et de réglementation du travail en vigueur au moment de la livraison.

4 ARTICULATION AVEC LE VOLET TRAVAUX DU PROJET PLEX-H2 – SPECIFICATIONS COMMUNES AUX LOTS 1&2

4.1 Fourniture des spécifications nécessaires à l'installation des équipements :

Le candidat intègre dans sa réponse au présent marché les fiches techniques, les types de connexions, les servitudes et les prestations travaux attendues pour permettre la bonne installation de chaque équipement.

Ces éléments seront utilisés par le maître d'œuvre en charge des travaux d'adaptation du bâtiment pour la rédaction des dossiers de consultation des entreprises.

4.2 Installation des équipements :

Les prestations d'installation des équipements seront réalisées pendant les travaux d'adaptation du bâtiment gérés par le maître d'œuvre.

A ce jour, la période estimée pour l'installation des équipements est automne 2026.

Afin de s'assurer que les éléments nécessaires à l'installation des équipements et que le chantier soit disponible, les mesures suivantes seront mises en place :

- Un planning prévisionnel des travaux d'adaptation du bâtiment sera fourni au titulaire en début d'exécution afin de permettre la planification de ses prestations. Le titulaire sera ensuite informé de l'avancée des travaux et de toute évolution du planning travaux.
- Une réception partielle des travaux préalables à l'installation des équipements sera réalisée par le titulaire avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre. Celle-ci doit permettre de vérifier que les attentes sont conformes aux prescriptions fournies et attendues par le titulaire du lot du présent marché.

4.3 Réception et mise en service des équipements :

Le titulaire réalise la mise en ordre de marche de l'équipement directement après son installation et son raccordement.

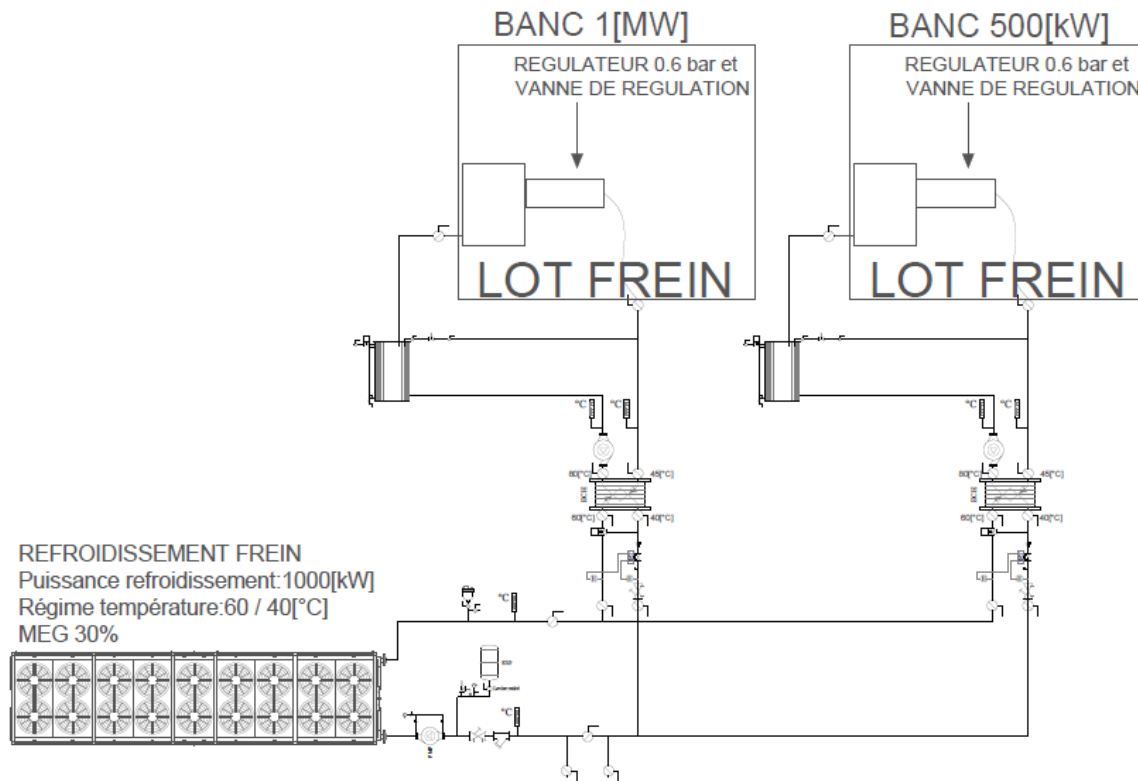
Le titulaire participe à l'admission définitive des équipements après installation d'un moteur de test, au plus tard 6 mois après la réception de la mise en ordre de marche. Cette réception pourra avoir lieu en même temps que la formation des équipes de l'ECN (cf. article 6. Recette technique).

La réception finale sera notamment réalisée sur la mesure d'un point de fonctionnement stabilisé du moteur test pour chaque cabine d'essai.

4.4 Circuit de refroidissement, limites de prestation :

Le titulaire de chaque lot est responsable du raccordement de son équipement sur le circuit de refroidissement cf. schéma.

Les éléments sur le schéma ci-dessous sont spécifiés pour des freins hydrauliques, ils ne s'appliquent pas à un frein à courant de Foucault qui est attendu pour le banc frein moteur de 450 kW à 500 kW.









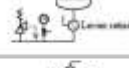

SYMBÔLE	DESIGNATION
	Robinet à biseau sphérique ou vanne papillon sur réseaux principaux
	Purgeur automatique
	Thermomètre
	Filtre à tamis
	Vanne de réglage du débit
	Débitmètre
	Ensemble : - vase expansion - soupape sécurité - manomètre
	Bypass de remplissage

Figure 2 : Schéma du circuit de refroidissement des bancs moteurs

5 Descriptions techniques :

Pour le lot 1, il est possible de proposer des freins moteur reconditionnés à neuf et avec des garanties de matériels neufs.

Les équipements composant le lot 2 doivent être obligatoirement à l'état neuf. Une analyse de cycle de vie conforme aux prescription du CCAP pourra être fournie à l'appui des offres.

Des critères de développement durable prévus au Règlement de la consultation valoriseront les efforts des soumissionnaires en faveur de l'environnement.

L'offre doit présenter les caractéristiques techniques de chaque équipement permettant à l'ECN d'en évaluer les qualités.

Exemples non exhaustifs :

- Précision de mesure du débit hydrogène ;
- Précision de mesure du couple pour les freins ;
- Temps de réponse des freins...

5.1 LOT 1 :

5.1.1 LOT 1 – Tranche ferme Frein et Dalle (ou marbre) associée au banc d'essais pour le banc 1 MW

Fourniture d'une dalle/marbre et ses plots anti-vibratiles adaptée au test de moteur marin jusqu'à une puissance de 1 MW

Le type de moteur qui sera testé correspond à l'exemple fourni en annexe, mais avec une puissance de 1 MW.

La prestation concerne la fourniture, la livraison et l'installation de la dalle/marbre.

La prestation concerne également la fourniture de tous les plans et servitudes permettant de préparer l'accueil du système. La dalle/marbre sera installée dans une fosse de façon à ce que la surface supérieure du système soit à la même hauteur que le sol du banc moteur.

Emplacement : Cf. annexe 1 : « DOSSIER GRAPHIQUE APPEL D'OFFRE EQP.pdf ».

La fourniture concerne la fourniture, livraison, installation et mise en service effective d'un frein hydraulique permettant de tester des moteurs marins jusqu'à une puissance de 1 MW. Le type de moteur qui sera testé correspond à l'exemple fourni en annexe, mais avec une puissance de 1 MW.

La prestation concerne également la fourniture avec le dossier de l'offre de tous les plans et servitudes permettant de préparer l'accueil du système.

5.1.2 LOT 1 – Tranche Optionnelle 1 Frein et dalle (ou marbre) associée au banc d'essais pour le banc de 450 kw à 500 kw

La prestation concerne la fourniture, la livraison et l'installation de la dalle/marbre et de ses plots anti-vibratiles adaptée au test de moteur marin jusqu'à une puissance de 450 kW à 500 kW

Le type de moteur qui sera testé correspond à l'exemple fourni en annexe, mais avec une puissance de 450 kW à 500 kW.

La prestation concerne également la fourniture de tous les plans et servitudes permettant de préparer l'accueil du système. La dalle/marbre sera installée dans une fosse de façon à ce que la surface supérieure du système soit à la même hauteur que le sol du banc moteur.

Emplacement : Cf. annexe 1 : « DOSSIER GRAPHIQUE APPEL D'OFFRE EQP.pdf »

La prestation concerne également la fourniture, la livraison, l'installation et la mise en service effective d'un frein à courant de Foucault permettant de tester des moteurs marins jusqu'à une puissance minimum de 450 kW à 500 kW. Le type de moteur qui sera testé correspond à l'exemple fourni en annexe, mais avec une puissance de 450 kW à 500 kW.

La prestation concerne également la fourniture de tous les plans et servitudes avec le dossier de l'offre, permettant de préparer l'accueil du système frein.

5.2 LOT 2 : Conditionnement et distribution H2

La prestation concerne la fourniture, la livraison, l'installation et la mise en service effective d'un dispositif de conditionnement de l'hydrogène dans la cellule. Il devra assurer à minima les tâches suivantes :

- Régulation de pression de l'hydrogène en sortie du dispositif pour alimentation du moteur
- Pilotage distant du dispositif
- Coupure de l'alimentation en hydrogène et purge du dispositif
- Opération de purge des tuyaux contenant de l'hydrogène en cas de dysfonctionnement de la régulation de pression et en cas de fuite détectée
- Distribution de l'hydrogène conditionné jusqu'au circuit H2 du moteur testé.
- Mesure du débit massique

Le dispositif devra pouvoir délivrer de l'hydrogène à une pression allant jusqu'à 40 bars en sortie du dispositif.

Le système devra pouvoir mesurer le débit d'hydrogène délivré au moteur.

La gamme devra être de 0 à 40kg/h au minimum, avec une précision minimum de 0,5% de la pleine échelle.

La pression de l'hydrogène délivré au moteur devra pouvoir être réglable jusqu'à 40 bars

Il devra pouvoir être surveillé et piloté depuis l'extérieur de la cellule. Il devra donc permettre une interface avec notre dispositif de pilotage / acquisition de type CAN, Ethernet / protocole AK, ... Les informations permettant l'intégration des informations dans notre logiciel d'acquisition devront être fournies (trames, instructions, ...).

NB : les raccords vissés seront privilégiés par rapport aux raccords bridés.

Concernant la sécurité, ce dispositif devra pouvoir permettre la coupure de l'alimentation en hydrogène du moteur depuis l'extérieur de la cellule et la purge de l'ensemble des canalisations contenant de l'hydrogène en cas de problème détecté (fuite, concentration trop élevée de l'hydrogène en sortie du moteur, ...).

NB : une purge des tuyaux à l'aide d'un gaz inerte devra pouvoir être effectuée sur demande, notamment en fin de session d'essais.

La prestation concerne également la fourniture de tous les plans et servitudes avec le dossier de l'offre, permettant de préparer l'accueil du système.

6 Recette technique

Le titulaire intègre dans son offre les propositions de plans de recette / réception technique de l'ensemble des équipements pour chaque lot et chaque tranche.

La réception des équipements et de leur installation sera réalisée d'une manière contradictoire, en présence de l'acheteur (ou de son représentant dûment désigné).

A ce niveau, l'acheteur se réserve toute liberté quant à la désignation de tout expert ou de tout organisme de contrôle pour le représenter ou pour l'assister.

La réception de chaque équipement est subordonnée à la réalisation de la formation des utilisateurs (cf. article 9).

Les différents essais et différentes opérations de réception recouvriront :

(a) La totalité des possibilités offertes par l'équipement.

(b) La vérification complète de la métrologie.

Il sera également assuré une vérification complète et approfondie de tous les éléments susceptibles d'interférer directement ou indirectement avec la sécurité des personnes.

Il sera également assuré une vérification complète et approfondie de toutes les dispositions techniques ayant pour finalité la protection des équipements eux-mêmes, à l'égard des risques de dégradation ou de destruction consécutifs à un problème technique pendant les essais.

Le test fonctionnel final, lié à la réception définitive des installations, sera réalisé après installation par l'acheteur d'un moteur à combustion interne sur chacun des freins installés. Cette installation sera réalisée au plus tard 6 mois après la notification de « mise en ordre de marche ».

7 Sous-traitance

En cas de sous-traitance, le titulaire devra faire accepter le sous-traitant et agréer ses conditions de paiements conformément à la réglementation en vigueur.

A cet effet, il présentera l'imprimé DC 4, mis à jour le 01/04/2023, dûment complété et signé en y joignant les pièces nécessaires. En cours d'exécution du marché, le titulaire produira également l'exemplaire unique du marché ou le certificat de cessibilité ou une attestation ou main-levée du bénéficiaire d'une cession ou nantissement de créances lorsque l'une ou l'autre aura été effectuée.

8 Documentation technique

D'une façon générale, le candidat s'engage à fournir toute la documentation nécessaire à une utilisation et un fonctionnement correct du matériel livré et son entretien courant et éventuellement ses rectificatifs sans supplément de prix.

Tous les manuels et fascicules d'utilisation doivent être mis à disposition au plus tard lors de la livraison du matériel.

La documentation technique comprendra :

- Les logiciels nécessaires dans leur dernière version ;
- Le procès-verbal de qualification de l'équipement ;
- Les certificats d'étalonnage ;
- Le document justifiant la certification CE daté et signé ;
- Un manuel d'utilisation.
- Un guide de maintenance préventive pour l'ensemble du dispositif indiquant, notamment les contrôles à effectuer et leur périodicité.

Tous les documents techniques devront obligatoirement être fournis en français. Un exemplaire en version papier et une version électronique seront fournis. La documentation technique sera fournie au moment de l'installation des équipements.

9 Formation

La fourniture comprend une formation à l'utilisation du matériel et des logiciels fournis. Cette formation aura lieu avant l'admission définitive de l'ensemble du dispositif. La totalité de la formation se fera obligatoirement sur le site ECN. Cette formation devra donner à ECN les connaissances pour utiliser toutes les fonctions des équipements en toute autonomie.

10 Garantie

La garantie sera de 1 an minimum sur site, pièces, main d'œuvre et déplacements compris. Une visite préventive sur site en fin de garantie, incluant main d'œuvre et déplacements sera prévue dans l'offre du titulaire.

La période de garantie démarrera à compter de l'admission définitive des équipements.

Une proposition de contrat d'entretien et d'extension de garantie peut être jointe à l'offre en prestation supplémentaire facultative. Cette proposition prévoit une mise en place opérationnelle du contrat d'entretien à compter de la fin de la garantie initiale.

Les opérations d'entretien contenues dans ledit contrat seront précisément explicitées de même que les délais d'intervention.

L'offre du Titulaire pourra inclure une proposition d'extension de la garantie-maintenance pour une nouvelle période de 12 mois à l'expiration de la garantie initiale. Cette proposition est réalisée au format d'une PSE (prestation supplémentaire éventuelle –option technique) facultative.

11 Contenu de l'offre technique

En complément du chiffrage obligatoire à l'Acte d'engagement et son bordereau de prix, le candidat pourra réaliser un chiffrage détaillé dans un devis reprenant la trame du présent cahier des charges en s'aidant de la numérotation des points techniques.

Le document fourni devra être suffisamment détaillé d'un point de vue technique pour que l'Ecole Centrale de Nantes puisse évaluer la qualité du matériel choisi ainsi que la qualité de la prestation proposée (recette technique, calendrier prévisionnel...).

12 Annexes :

Annexe 1 : « DOSSIER GRAPHIQUE APPEL D'OFFRE EQP.pdf »

Annexe 2 : Exemple de moteur qui sera testé dans le banc 1 MW

Annexe 2 : Exemple de moteur qui sera testé dans le banc 1 MW



Technical data sheet

Marine diesel engine
D2862LE447

04.07.2022
(Version 1)

Performance data

Rated power	735	kW
Rated power	1000	PS
Speed	1800	rpm
Bore/Stroke	128/157	mm
Displacement	24,24	liter
Rated torque	3900	Nm
Maximum torque	4340	Nm
at speed	1100-1600	rpm
Compression ratio [ε]	19,0	-1
Mean effective pressure	20,21	bar
Mean piston speed	9,42	m/s



The engine illustrated may not entirely be identical to production standard engine

Consumption data ²

Specific fuel consumption ¹	201	g/kWh
Absolute fuel consumption ¹	176	l/h
Lowest fuel consumption ³	193	g/kWh
Absolute urea consumption ¹	8	l/h

Engine description

Application	Main propulsion diesel for ships with fixed pitch propeller or variable pitch propeller (only IMO)
Operation profile	Unlimited operating hours per year at a maximum of 100 % of time at full load
Construction	Four-stroke diesel, direct injection, exhaust after-treatment system, SAE 1 flywheel housing
Cylinders	12 cylinders in V-arrangement, single cylinder heads with wet replaceable cylinder liners
Air system	Single-stage turbocharger with charge air intercooler and wastegate
Cooling system	Seawater cooled by rubber impeller pump or two-circuit-cooling system for hull cooling
Oil system	Force-feed lubrication by gear pump, lubricating oil cooler in cooling water circuit of the engine
Fuel system	Common Rail injection system with high pressure pump and EDC control, fuel to DIN EN 590
Auxiliary PTO	PTO for hydraulic pump 16 cm ³ (180Nm), front-PTO by crank shaft extension
Alternator	Three-phase generator with rectifier and transistorized governor, 28 V, 120 A
Starting system	Solenoid-operated electric starter, 24 V, 7.0 kW
Service	Oil change interval 600 operating hours
Classification	Engine according to classification requirements available => see MAN Marine Configurator
Exhaust status	IMO Tier III, EPA Tier 4

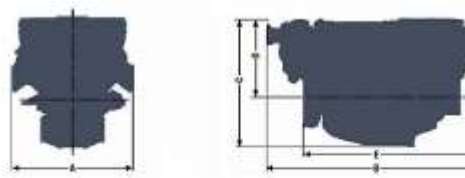
¹ Values at rated power

² Diesel fuel according to DIN EN 590 (tolerance +5% - ISO 3046), urea solution 32,5% according to ISO 22241 (tolerance +3%)

³ Values on propeller curve

D2862LE447

A - overall width.....	1157 mm
B - overall length.....	1939 mm
C - overall height.....	1293 mm
D - above crank shaft.....	827 mm
E - length to flywheel.....	1808 mm
Engine weight, dry.....	2270 kg
(depending on the scope of supply)	



Combustion parameters ¹

Intake air temperature (max)	45 °C
Intake air vacuum (min/max)	30/60 mbar
Intake air volume flow	2860 m³/h
Exhaust gas temperature	468 °C
Exhaust gas volume flow	7250 m³/h
Exhaust gas mass flow	3390 kg/h
Exhaust back pressure (min/max) downstream of SCR catalyst	20/80 mbar

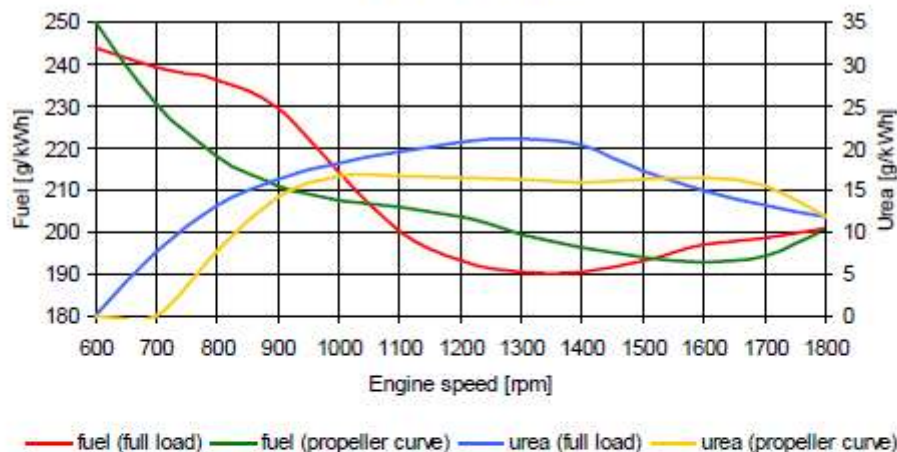
Heat balance ¹

Exhaust gas heat	360 kW
Cooling water heat	480 kW
Intercooler heat	150 kW
Radiation heat	35 kW

Noise emission (sound power) ¹

Engine surface noise (Lwa)	121,5 dB(A)
Free exhaust noise (Lwa)	107,6 dB(A)

Specific consumption²



< The rated power is based on reference conditions according to ISO 3046-1 (2002) >

< Intake air temperature, max. 45°C | sea water temperature, max. 32°C >

< Barometric pressure 1000 mbar | air humidity 60% >

< Exponent for propeller curve 3 >

< Engine specifications are subjected to change without prior notice >

¹ Values at rated power

² Diesel fuel according to DIN EN 590 (tolerance +5% - ISO 3046), urea solution 32,5% according to ISO 22241 (tolerance +3%)

* Values on propeller curve