Science Arts & Métiers (SAM)

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: https://sam.ensam.eu
Handle ID: .http://hdl.handle.net/10985/7055

To cite this version :

Eric SEMAIL - Evolution des systèmes de propulsions électriques des navires - 2009

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository Administrator : scienceouverte@ensam.eu

Arts et Métiers Institute of Technology

Journées ET Club EEA
11-12 mars 2009

Systèmes Electriques pour véhicules du futur

Evolution des systèmes de propulsions électriques des navires

E. Semail[1]

(1) L2EP Lille, , ENSAM Paristech 8 Bd Louis XIV, 59046 Lille

Plan de l'exposé

I>Du tout thermique à l'hybride série

1. Moteur thermique: avantage/inconvénient
2. Hybride série de base: diesel-electrique

II> Amélioration de l'hybride série: efficience énergétique

1. « POD » (nacelle): l'électrique aide l'hydrodynamique
2. « RIM driven »: moteur dans le carénage de l'hélice
3. HTS: la supraconductivité pour sa compacité

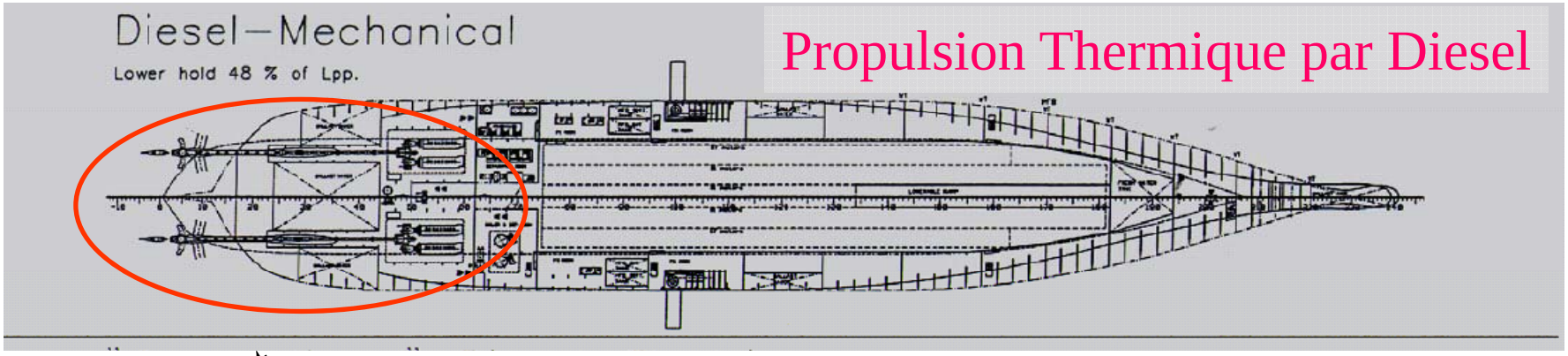
III>L'hybridation parallèle pour tous:

1. Le moteur « booster »…fils de l'alternateur attelé
2. Contra-POD: efficacité à coût réduit

IV>Conclusion: si on prenait son temps avec Hélios et Eole?

I>Du tout thermique à l'hybride série

1. Moteur thermique: avantage/inconvénient

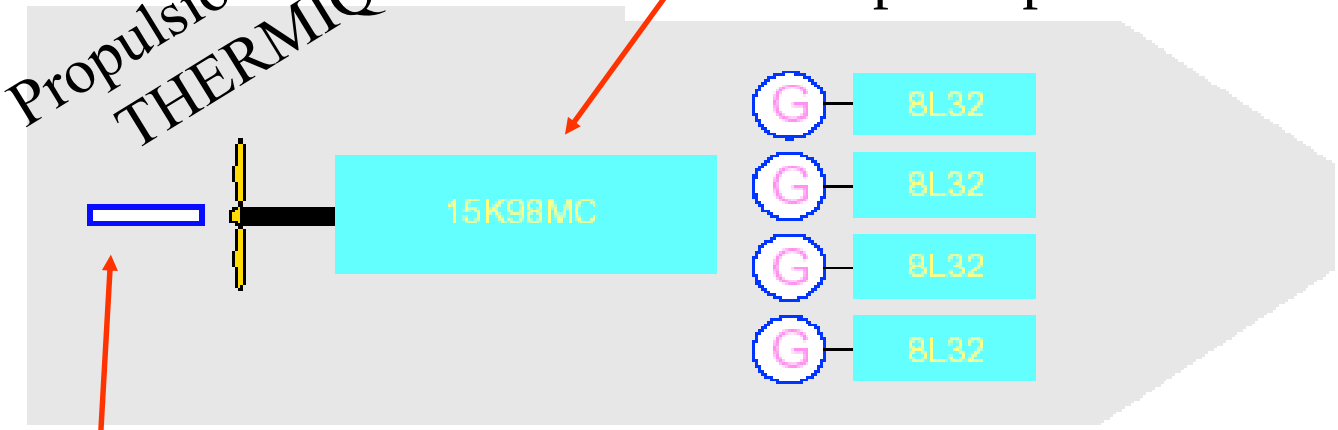


Propulsion Thermique par Diesel

ENTRAINEMENT DIRECT

Propulsion purement THERMIQUE

Diesel principal



Gouvernail

Pas de boite de vitesse!

Patinage garanti!

Single propulsion

Main engine power:	85.9 MW
Aux. engine power:	15.2 MW
Total installed power:	**101.1MW**

Extrait de documents ABB

I>Du tout thermique à l'hybride série

1. Moteur thermique: avantage/inconvénient

Le « Diesel », un producteur optimisé pour un point de fonctionnement !!!

OPTIMUM si

On travaille toujours au point de fonctionnement nominal
(UNE vitesse et UN couple)

(Cas idéal : « Porte Container sur mer régulière à sa charge nominale)

Si la charge du moteur est changeante?

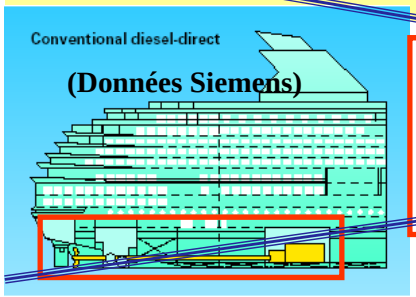
(Pêche, Croisière, Plaisance,…, sur mer houleuse,…)

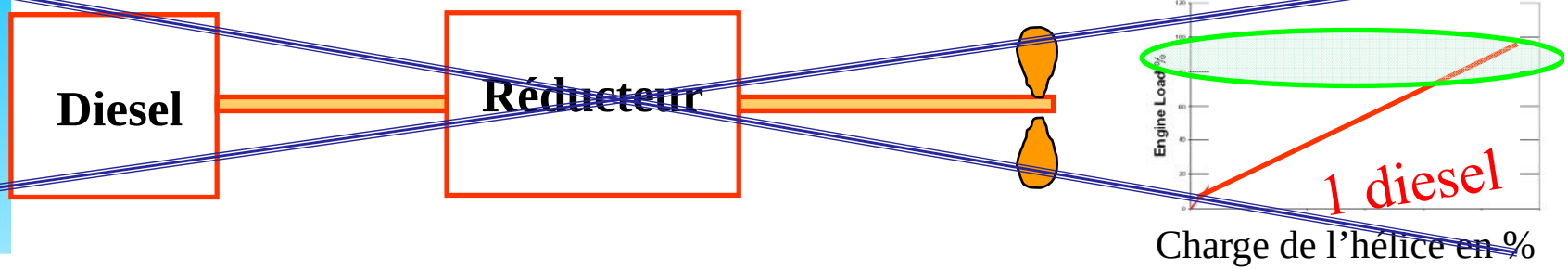
- Dégradation du rendement et encrassement (faible vitesse)
- Dégradation du rendement (faible charge, vitesse nominale)
- Vieillissement accéléré (maintenance)

Par ailleurs: le « gros » diesel est bruyant (vibration), volumineux, lourd, …
avec… une ligne d'arbre encombrante…

I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique

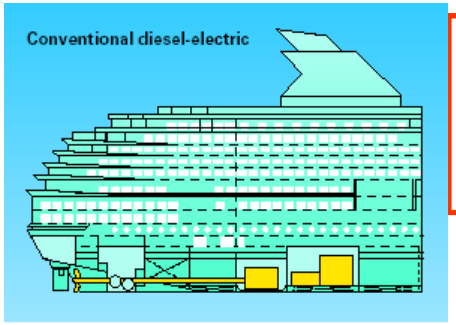




Charge de l'hélice en %

I>Du tout thermique à l'hybride série

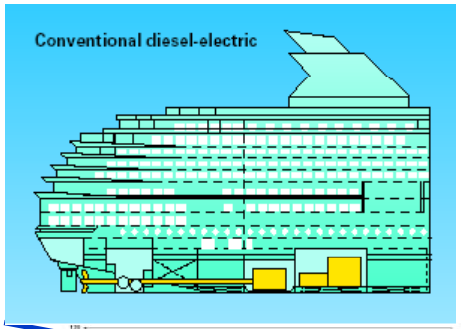
2. Hybride série de base: diesel-electrique



Diesel — Gene rateur — Moteur

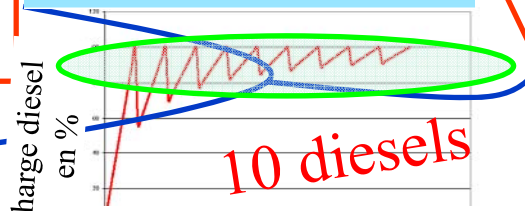
Découplage
Vitesse hélice/
Vitesse diesel

Charge de l'hélice en %



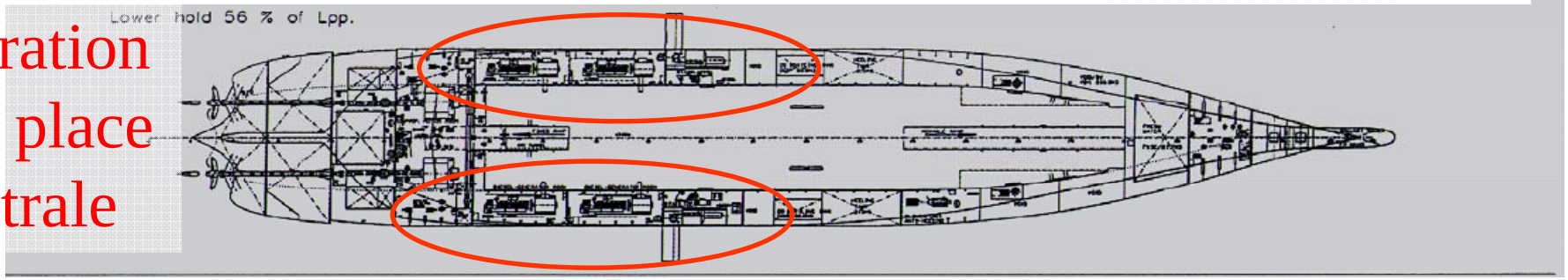
Diesel — Gene rateur

Diesel — Gene rateur — Moteur



Charge de l'hélice en %

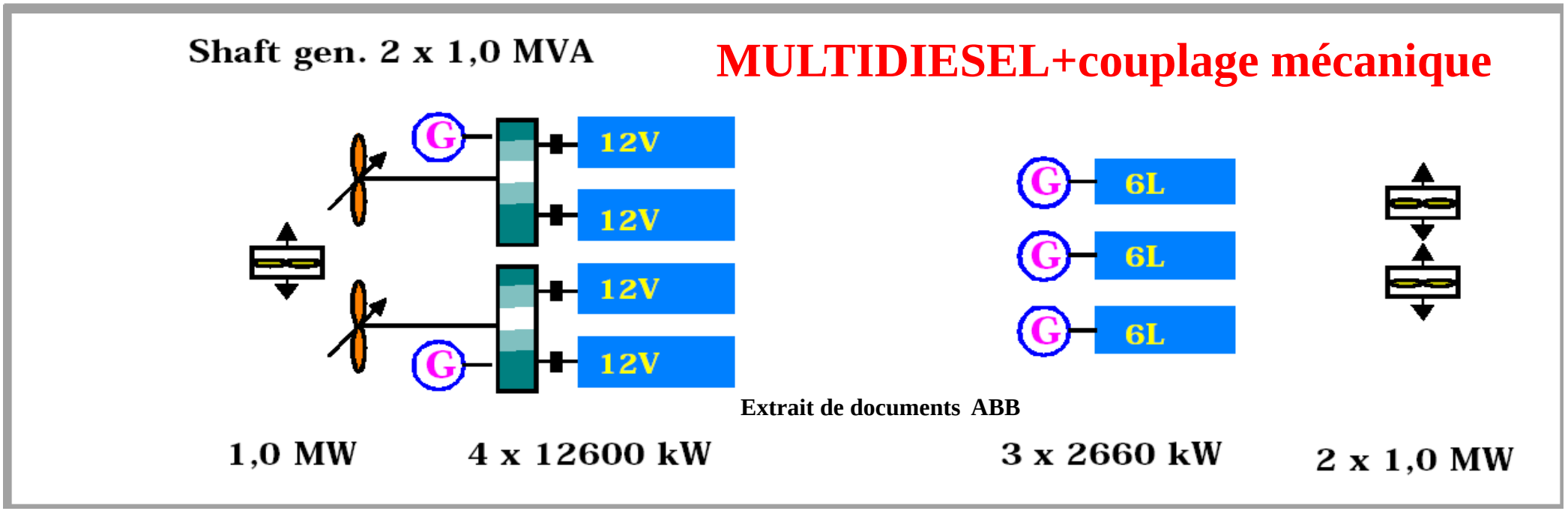
Libération de la place centrale



I>Du tout thermique à l'hybride série

1. Moteur thermique: avantage/inconvénient

Solutions mécaniques pour adapter la puissance



« Bon » rendement à vitesse variable du navire et vitesse constante diesel ?

Hélice à pas variable…

Maintenance
(coût de possession)

I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique

Un hybride série … €€€€€€€ !!!! $$$$$$!!!!

3 fois la pleine puissance!!!

(P moteur électrique= P alternateur= Pmoteur thermique)

$$\eta = \eta_{diesel}\eta_{alternateur}\eta_{moteur}$$

La clé économique: Multi-diesel

(…en transport terrestre ???...multi moteur ??...multi-cylindres…?)

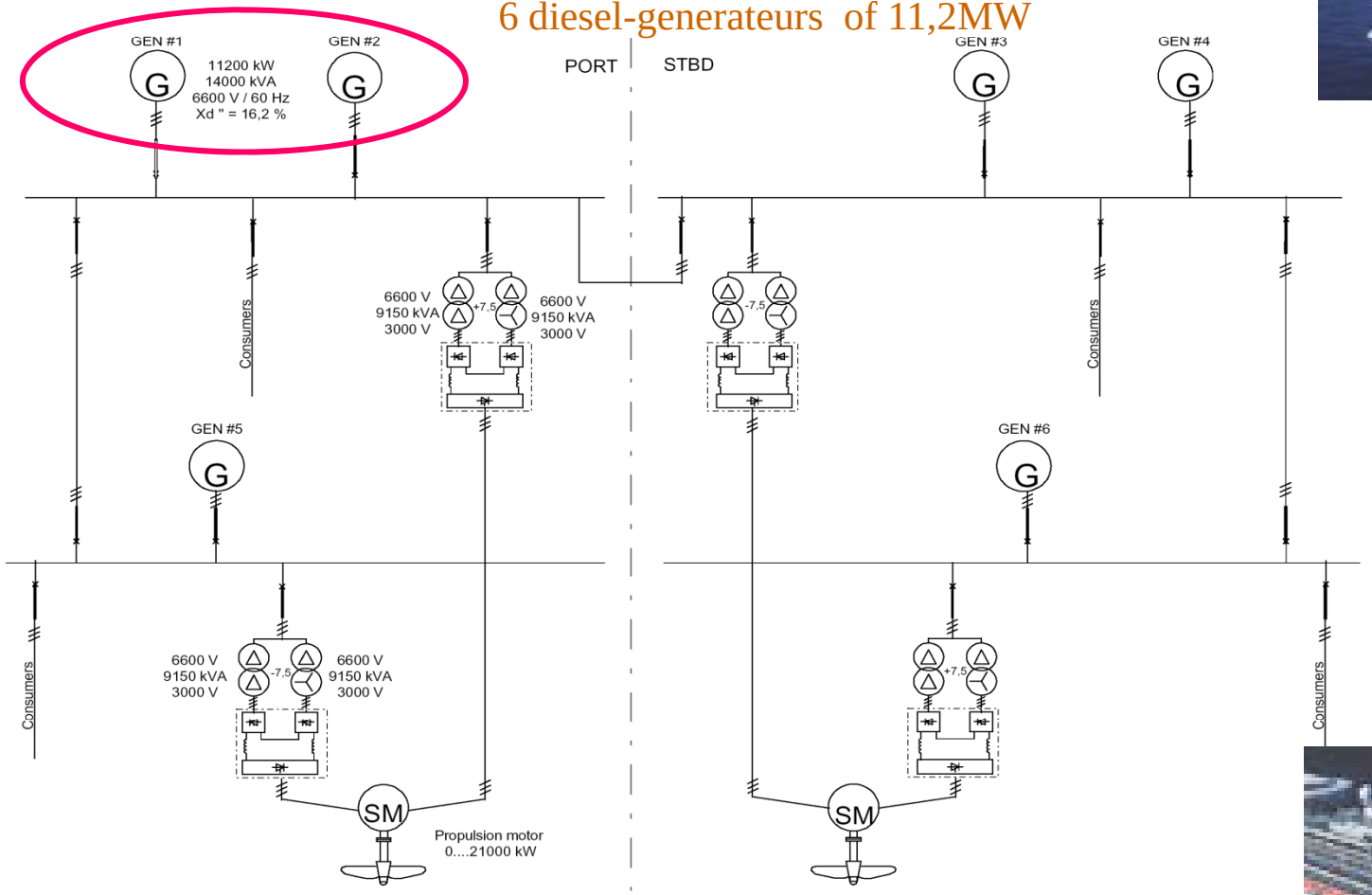
1. Découplage vitesse diesel/vitesse hélice
2. Optimisation du rendement (en vitesse/charge variable)
3. Levée des contraintes spatiales (gain spatial)
4. Mutualisation avec l'énergie électrique du réseau de bord
5. Fiabilité/maintenance: redondance et pas de réducteur

I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique

Multiples solutions

6 diesel-generateurs of 11,2MW



(Motors 21 MW, 3kV, 150 tr/mn)

13 MW éclairage et air conditionné

Nombreuses redondances

(Fiabilité)

Power: 67.2 MW

Mains Power Quality of Ships with Electrical Drives Simulations and Measurements de Stefan Iden

Wolfgang Rzadki, SIEMENS AG, D ship_PP00099.pdf, EPE2001 Graz, Grand Princess

I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique

(Extrait LNG journal 2004/ ABB)

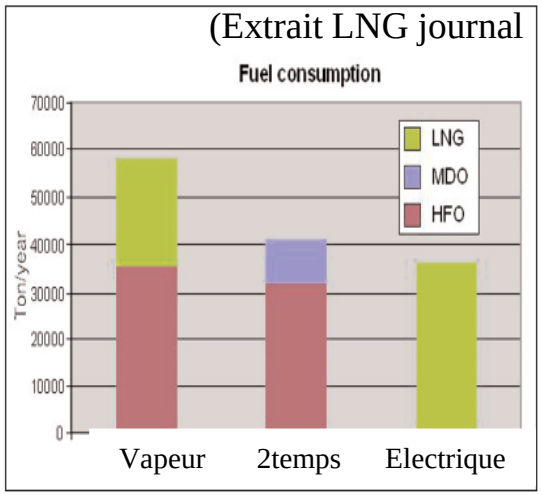


Figure 3 Comparison of fuel consumption

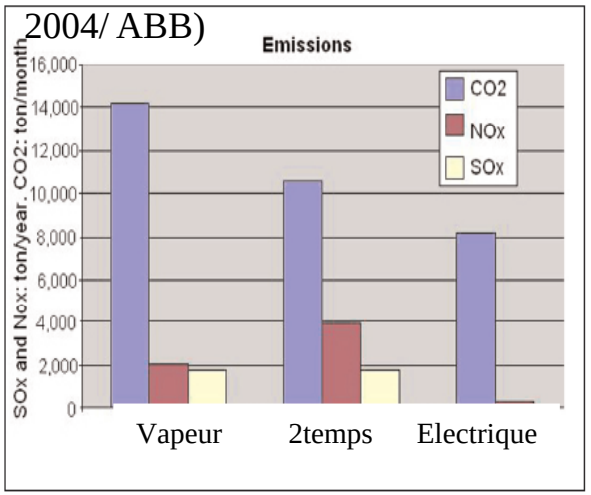
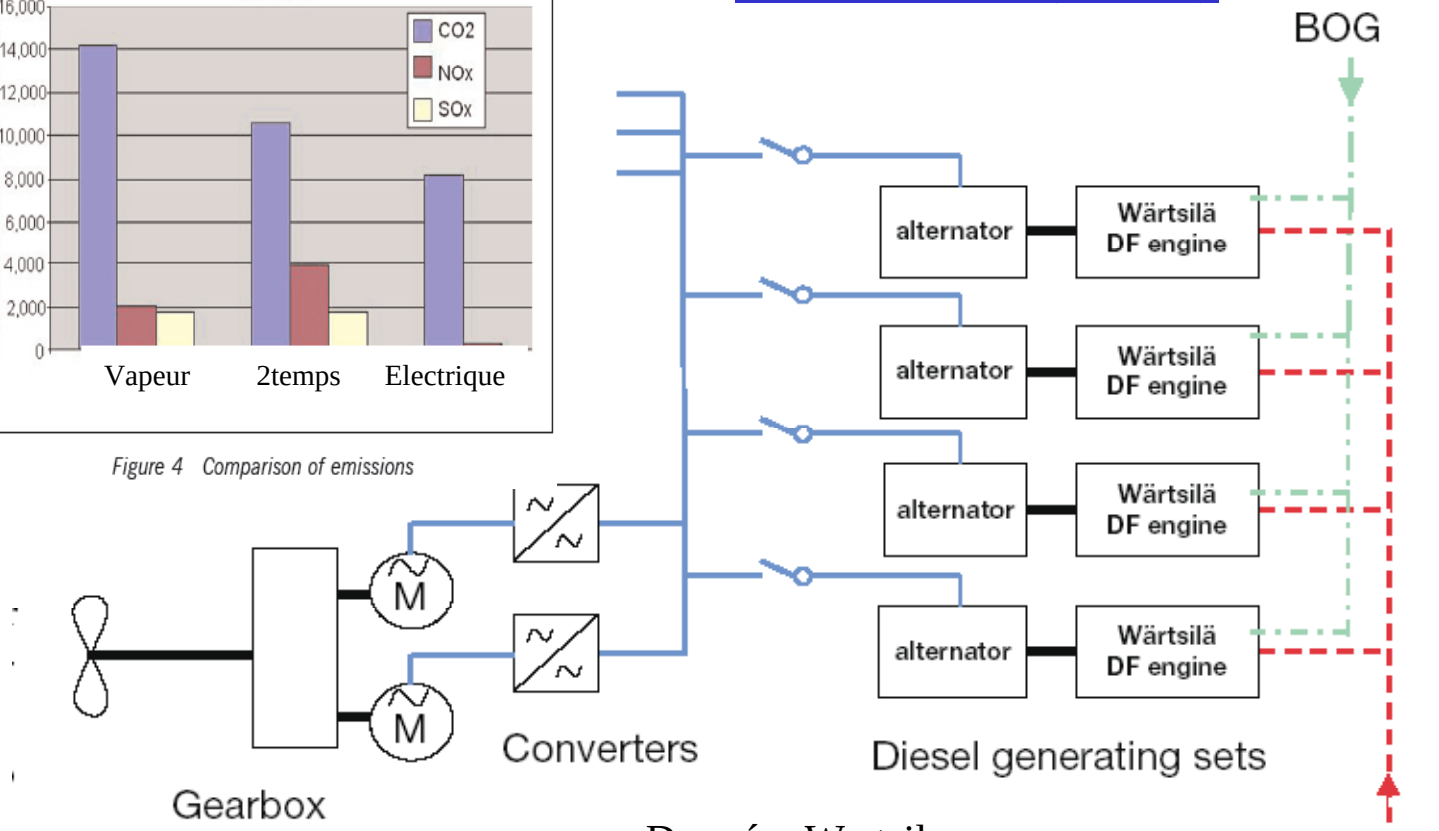


Figure 4 Comparison of emissions

MDO: marine diesel Oil; **HFO**: Heavy Fuel Oil; **LNG**: Liquefied Natural Gas

(10-12MW à quai)
20 MW en propulsion

Méthanier (LNG)



Données Wartsila

METHANIER
Usine électrique pour réfrigération
et déchargement

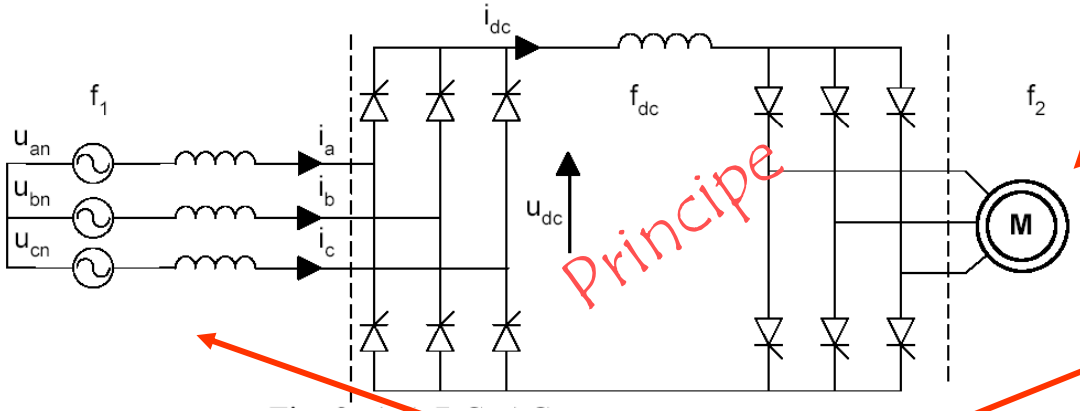
I>Du tout thermique à l'hybride série

2. Hybride série de base: diesel-electrique

Type d'alimentation du moteur

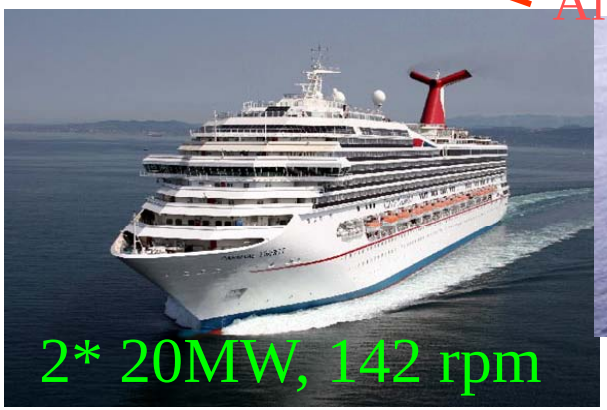
Commutateur de courant à thyristors et machine synchrone classique

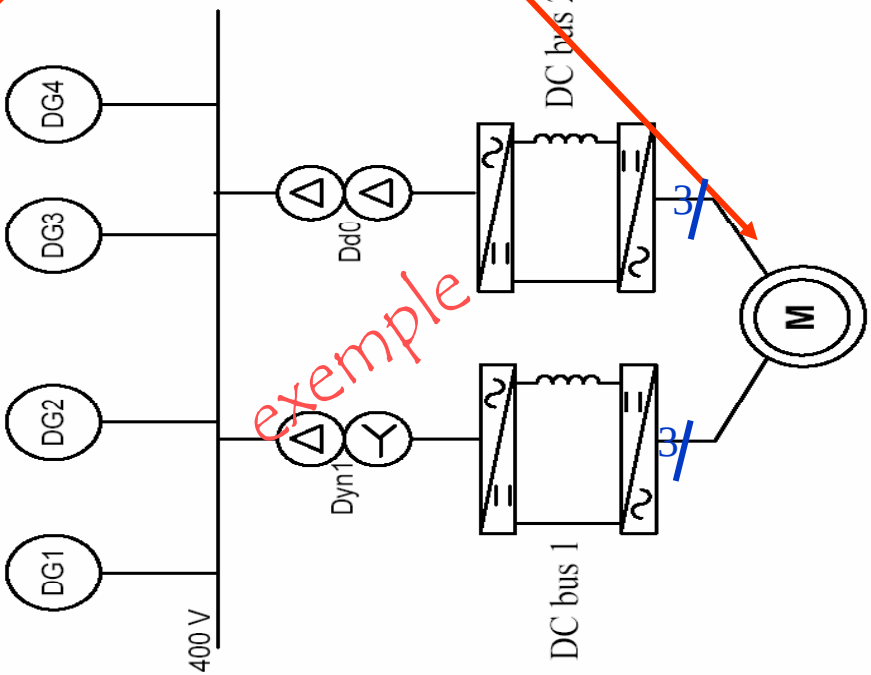
(Facteur de puissance, harmoniques, Pulsations de couple, Puissance réactive)



Moteur de l'helice

Alternateur Diesel





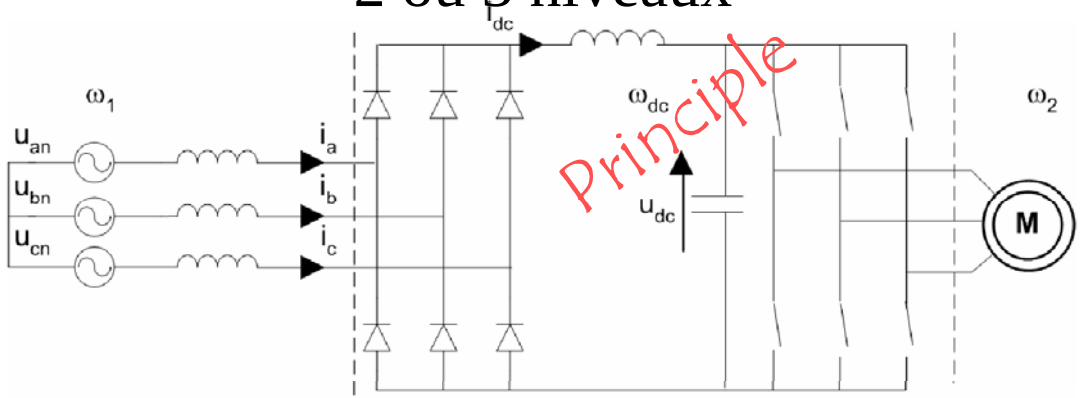
I>Du tout thermique à l'hybride série

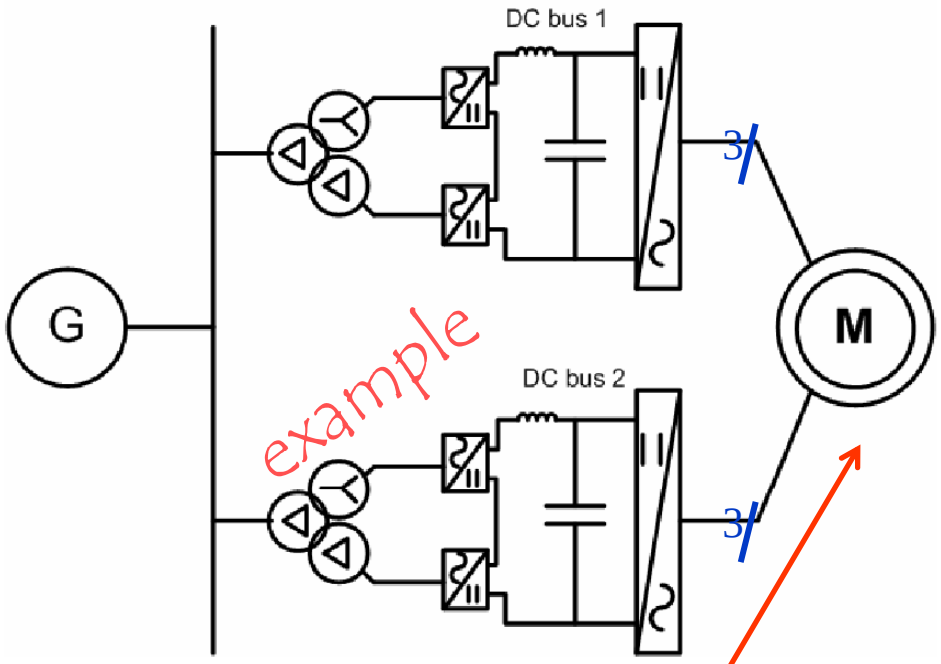
2. Hybride série de base: diesel-electrique

Type d'alimentation du moteur

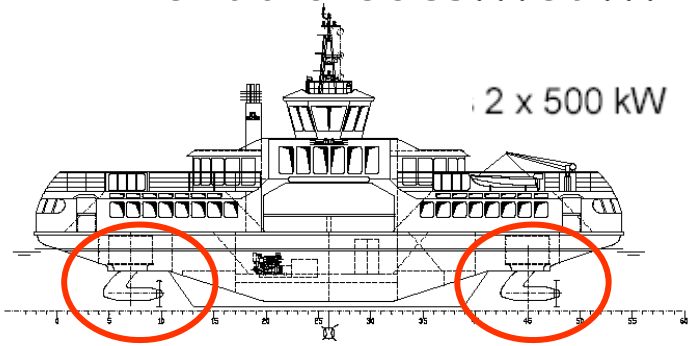
Onduleur de tension à « transistors »

2 ou 3 niveaux





Pont à diodes…ou… Redresseur MLI



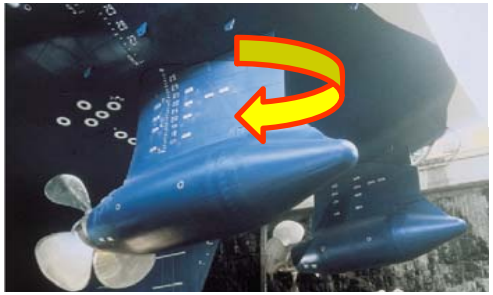
(Données ABB)

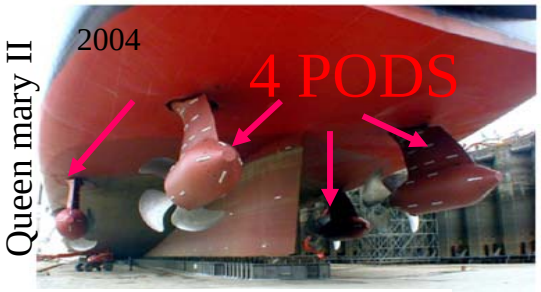
(Données Alstom)

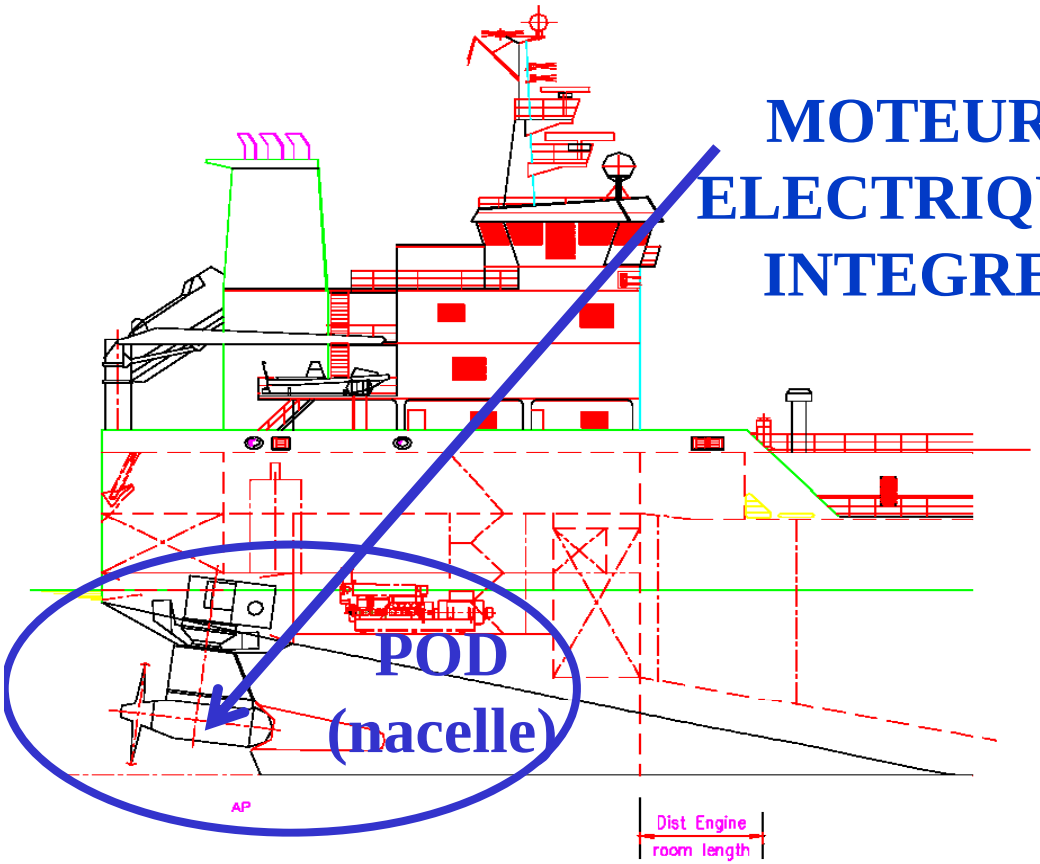
Moteur synchrone ou asynchrone
(3 phases, 6 phases, …, 13 phases, 15 phases,…)

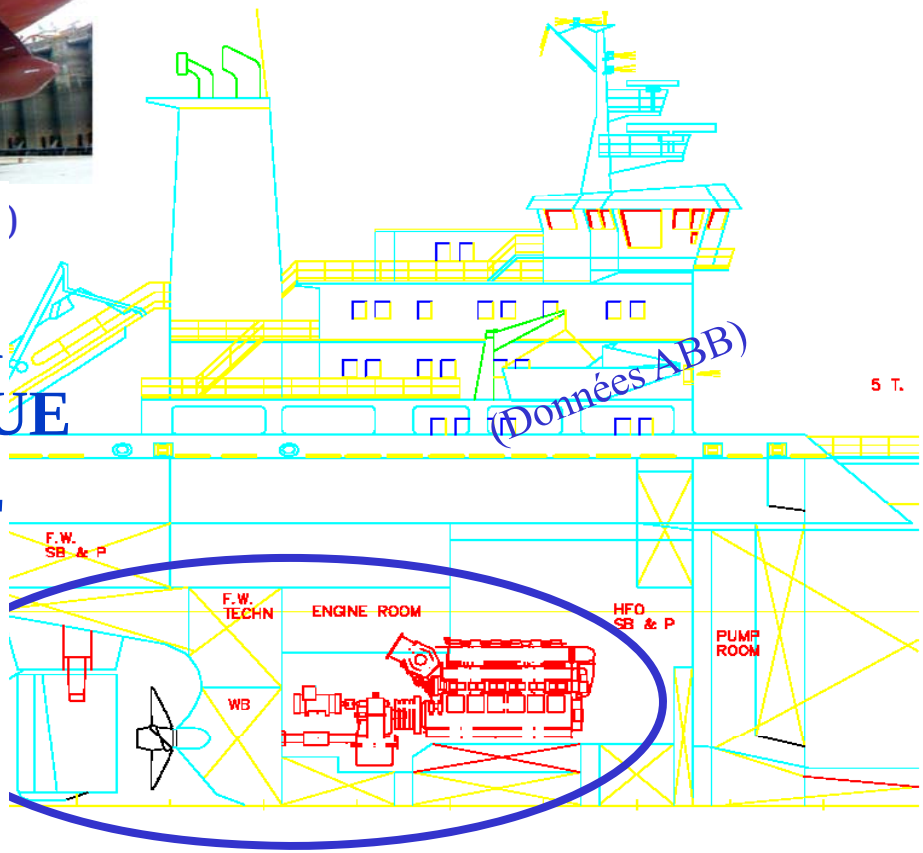
II> Amélioration de l'hybride série

1. POD: l'électrique aide l'hydrodynamique





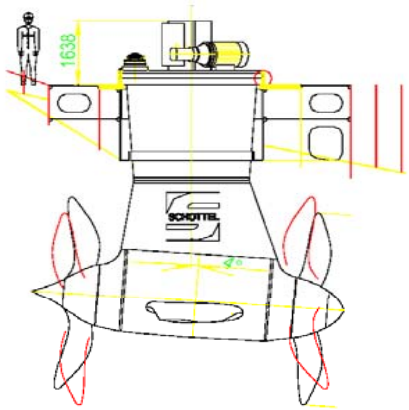




Amélioration de 5 à 15% du rendement hydrodynamique??

II> Amélioration de l'hybride série

1. POD: l'électrique aide l'hydrodynamique

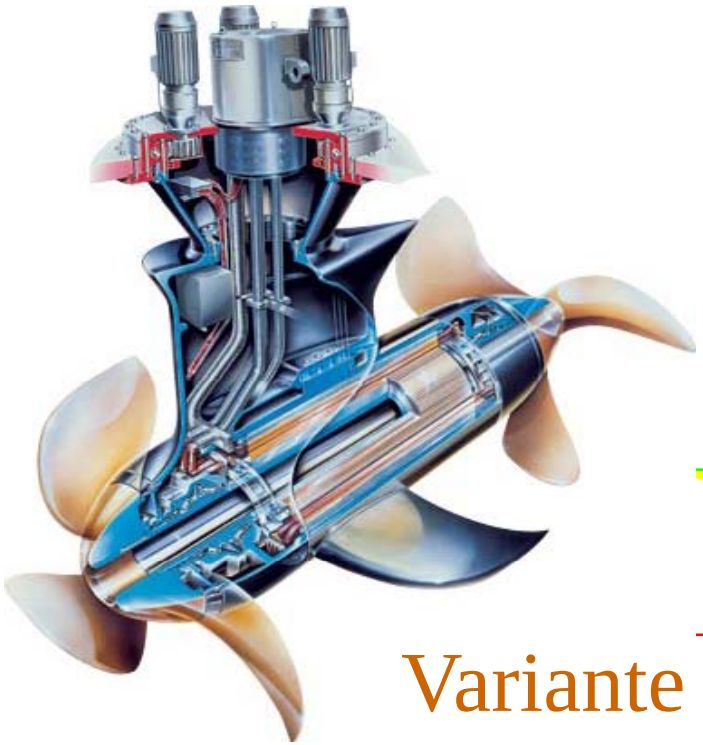


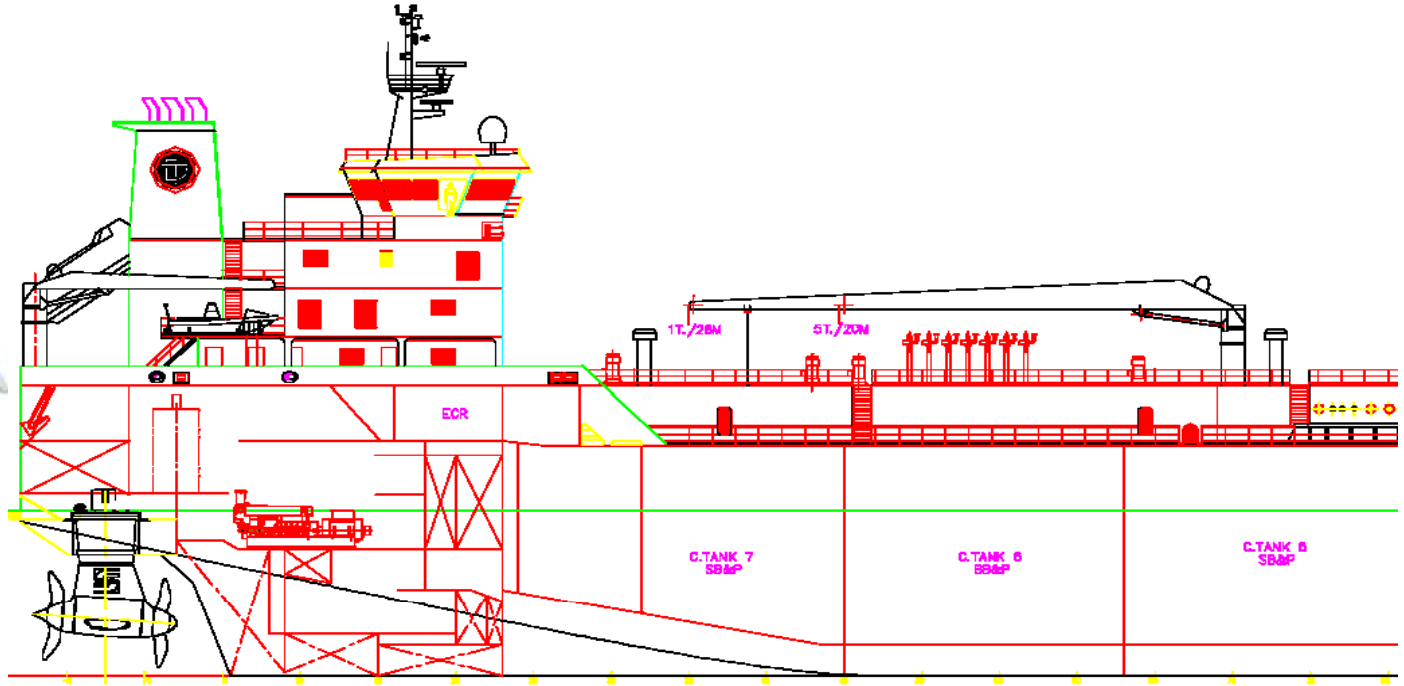
Avantages:

- Rendement global
- Gain d'espace
- Manoeuvrabilité
- Vibrations

Inconvénients

- Moteur immergé
- Technologie récente
- Coût





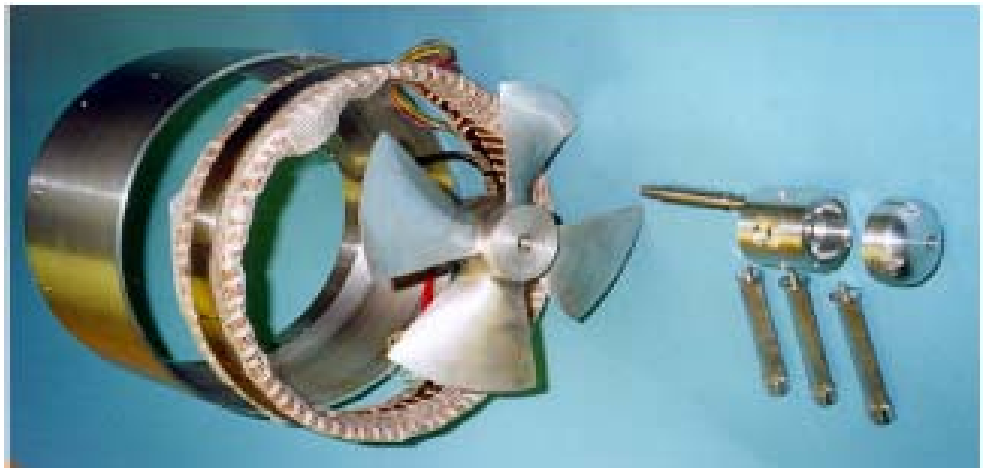
Variante Siemens double-hélice

II> Amélioration de l'hybride série

2. RIM driven: moteur dans le carénage de l'hélice

Harbor Branch Oceanographic institute

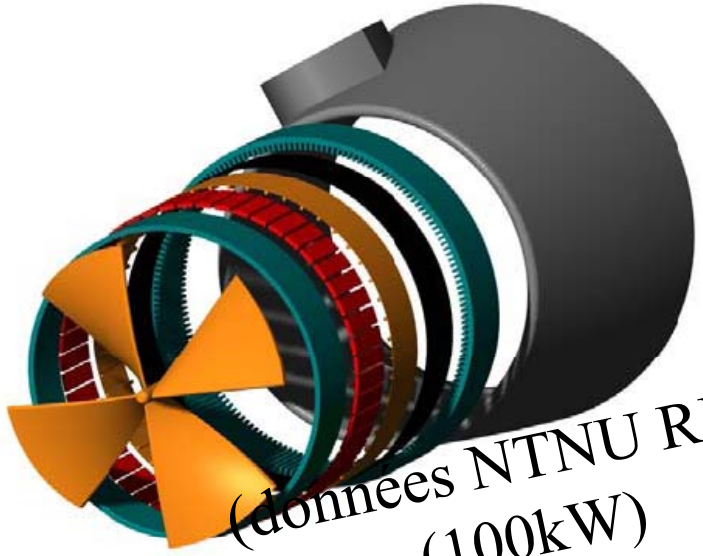
Machine à AP, hélice sans moyeux



University of Southampton

Norpropeller - Brunvoll

Machine radiale de 100kW, bobinage fractionnaire, refroidie à l'eau, sans moyeu



(données NTNU RIM1 (100kW)

15

II> Amélioration de l'hybride série

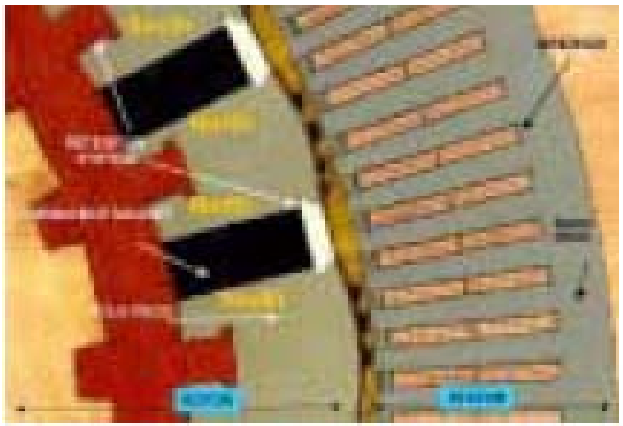
2. RIM driven: moteur dans le carénage de l'hélice

Avantages / POD classique:

- Rendement global
- poids/volume

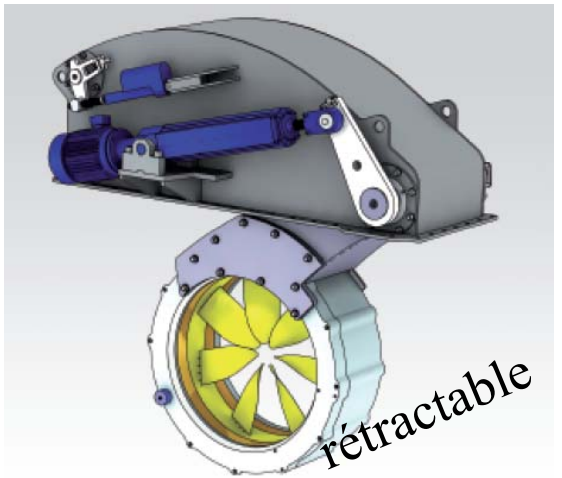
Inconvénients

- Moteur immergé
- Etanchéite: eau dans l'entrefer;
- Technologie émergente



(données RIM2)
4,4 MW

(données NTNU RIM1)



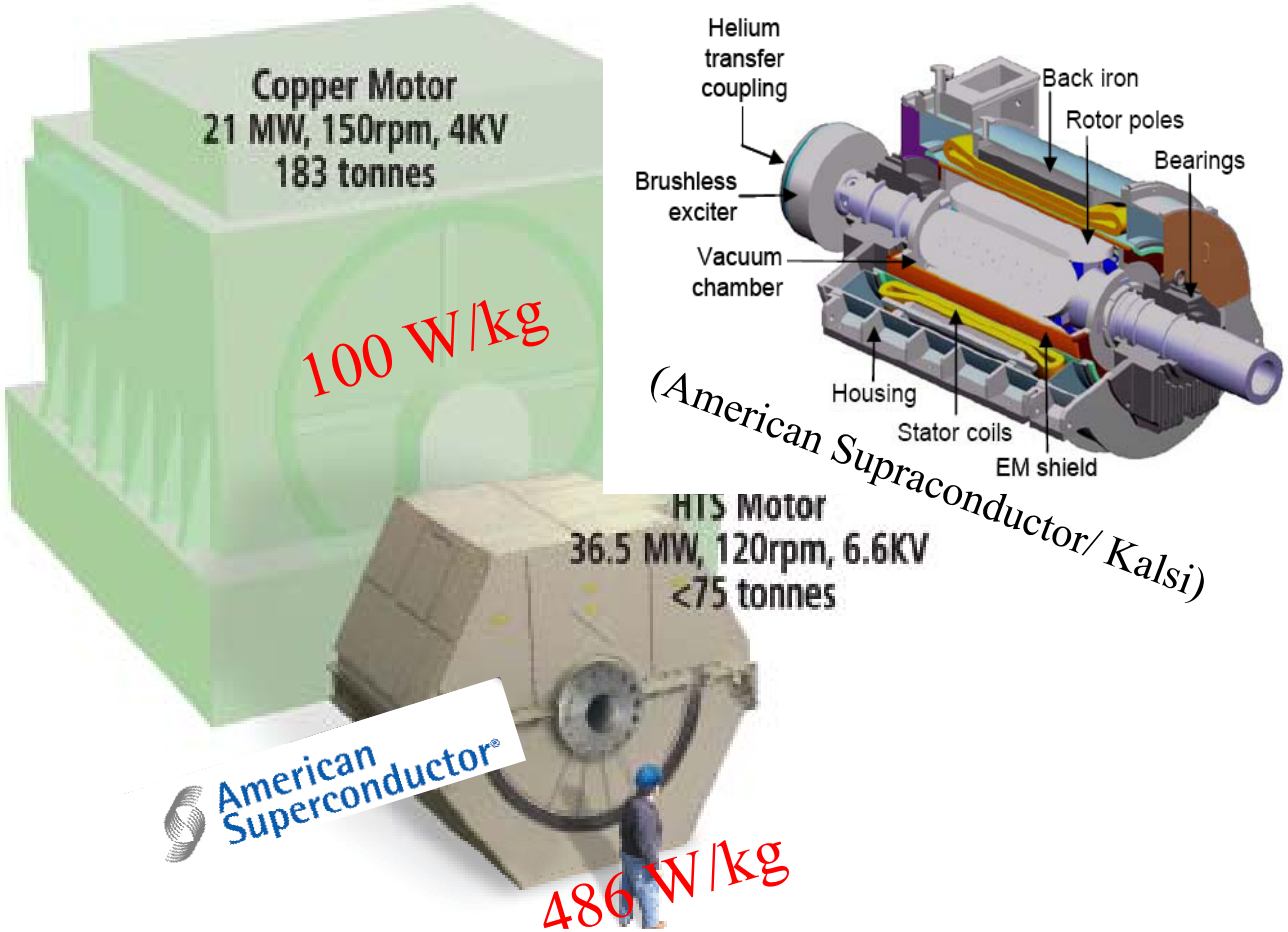
rétractable

Van der Velden

(de 30 à 300kW)

II> Amélioration de l'hybride série

3. HTS: la supraconductivité pour sa compacité



(American Supraconductor/ Kalsi)

SPECIFICATIONS	
Output:	36,500 kW
Speed:	0-120 rpm
Efficiency:	>97%
Pole Pairs:	8
Voltage:	6 kV
Stator Full Load Current:	1270 A rms
Weight:	<75 metric tons
Dimensions (l x w x h)	3.4m x 4.6m x 4.1m
Stator Cooling:	Liquid

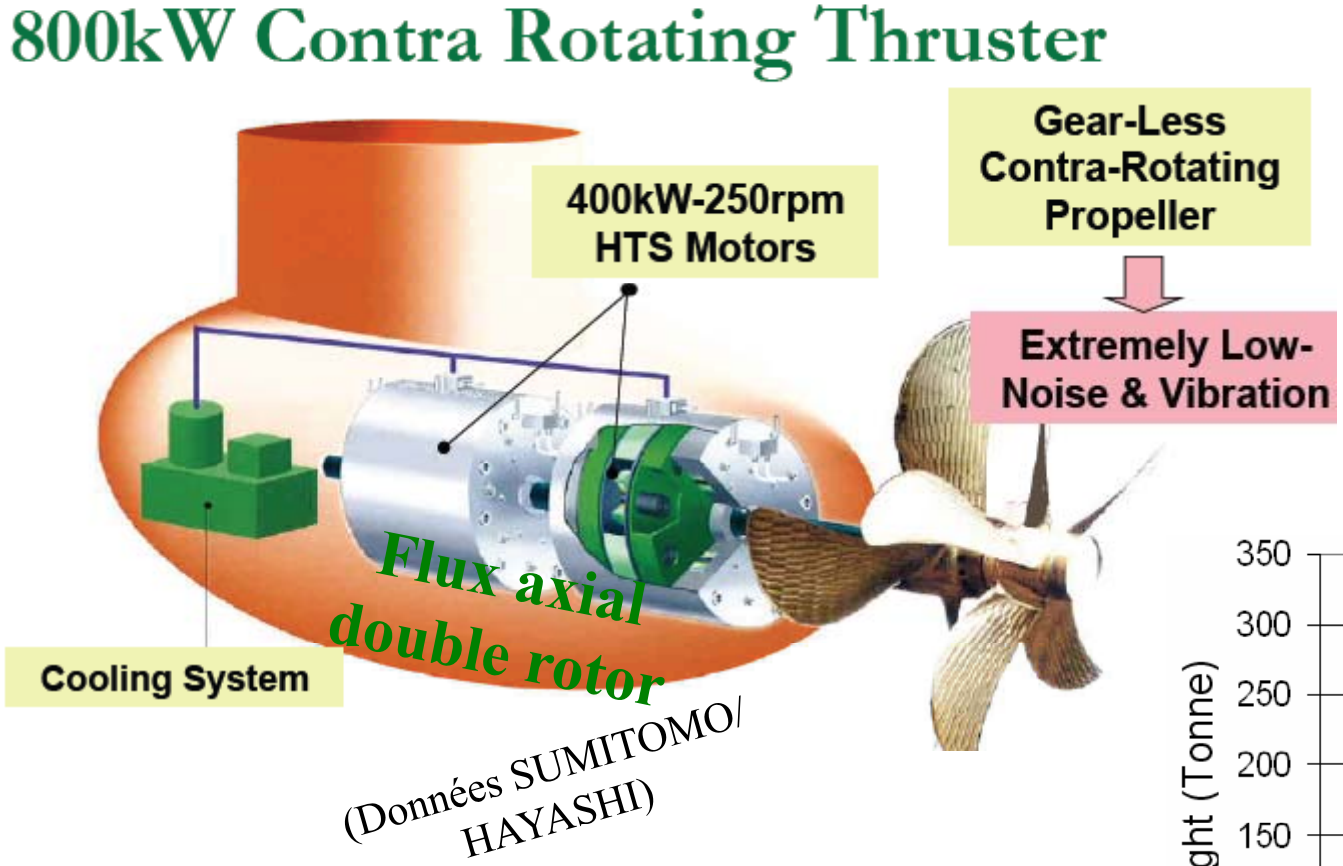
Une technologie

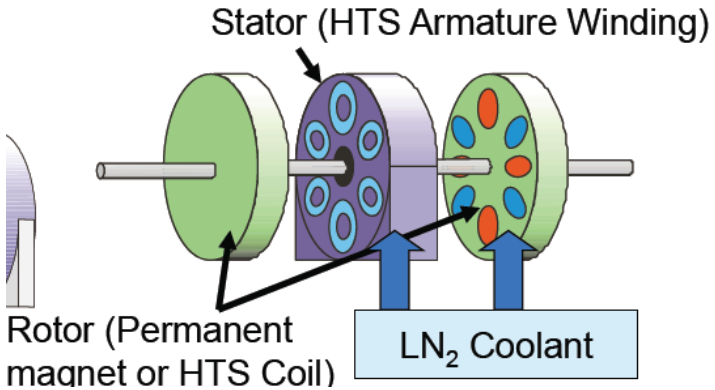
(Rotor supra (-245°C) ; dent stator amagnétique; Fil Stator de Litz)

Advanced Induction Machine
15 phases 19 MW
150 rpm/96%
117t
4,35mX4,5mX4m
162W/kg

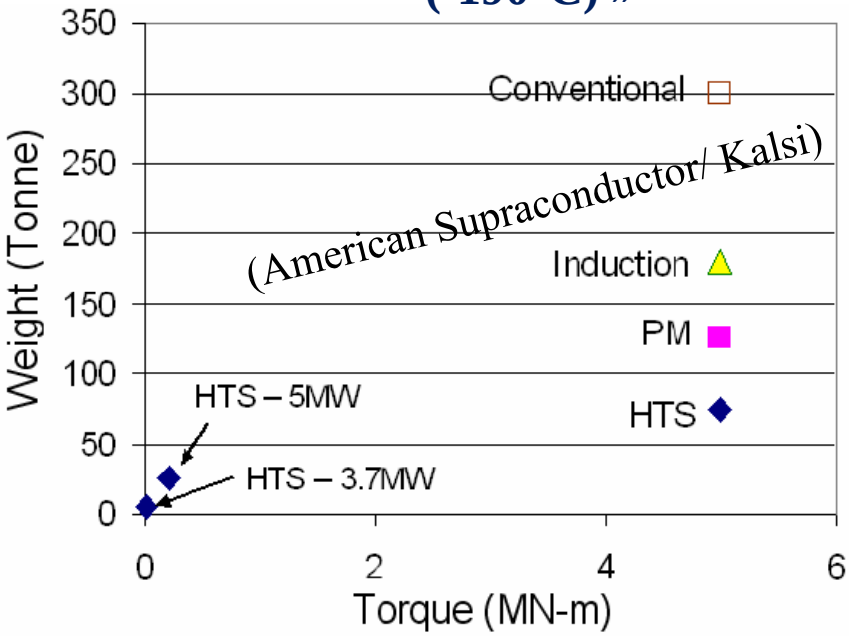
II> Amélioration de l'hybride série

3. HTS: la supraconductivité pour sa compacité





« Technologie Azote liquide (-190°C) »



Avantages :

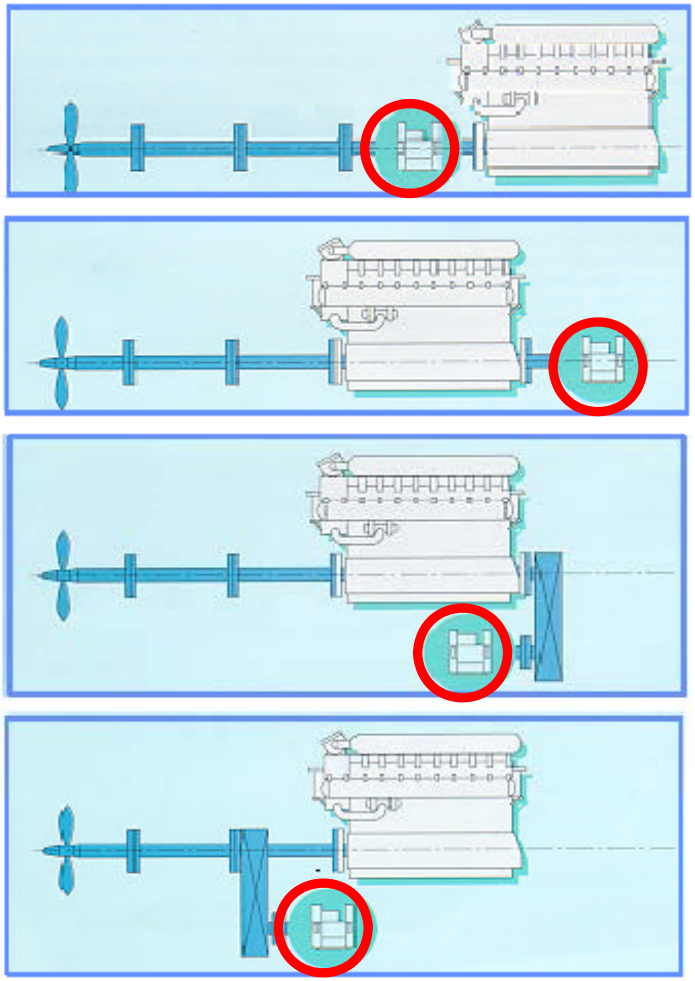
- Compacité
- Rendement global

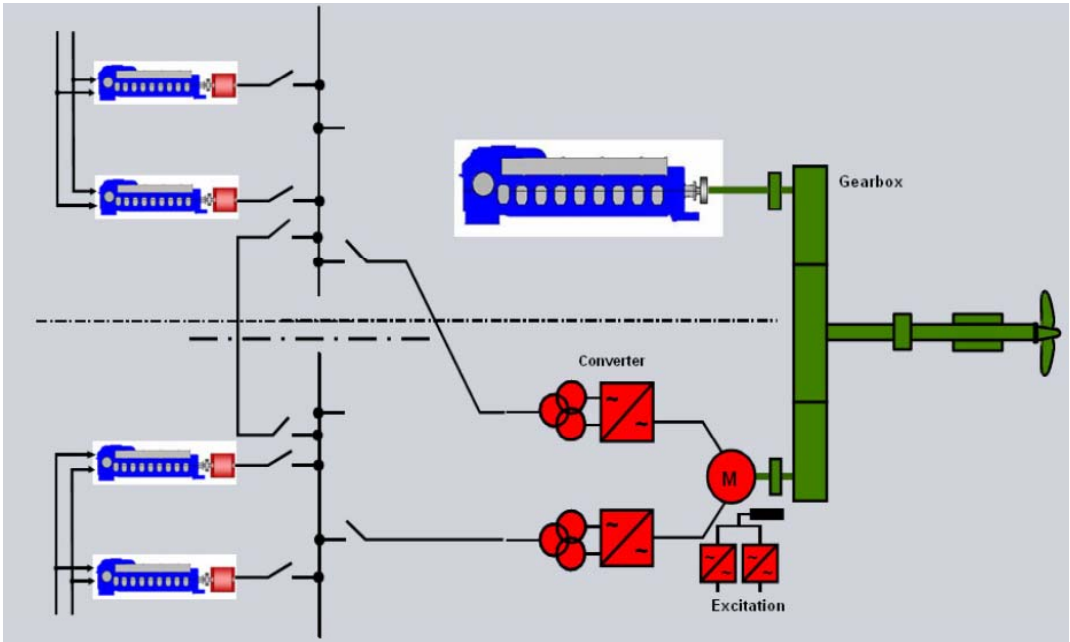
Inconvénients :

- Basse température
- En émergence

III>L'hybridation parallèle pour tous

1. Le booster…fils de l'alternateur attelé





Réduction des coûts en carburant (-12%) et pollution

(80MWDiesel/ 18MW)

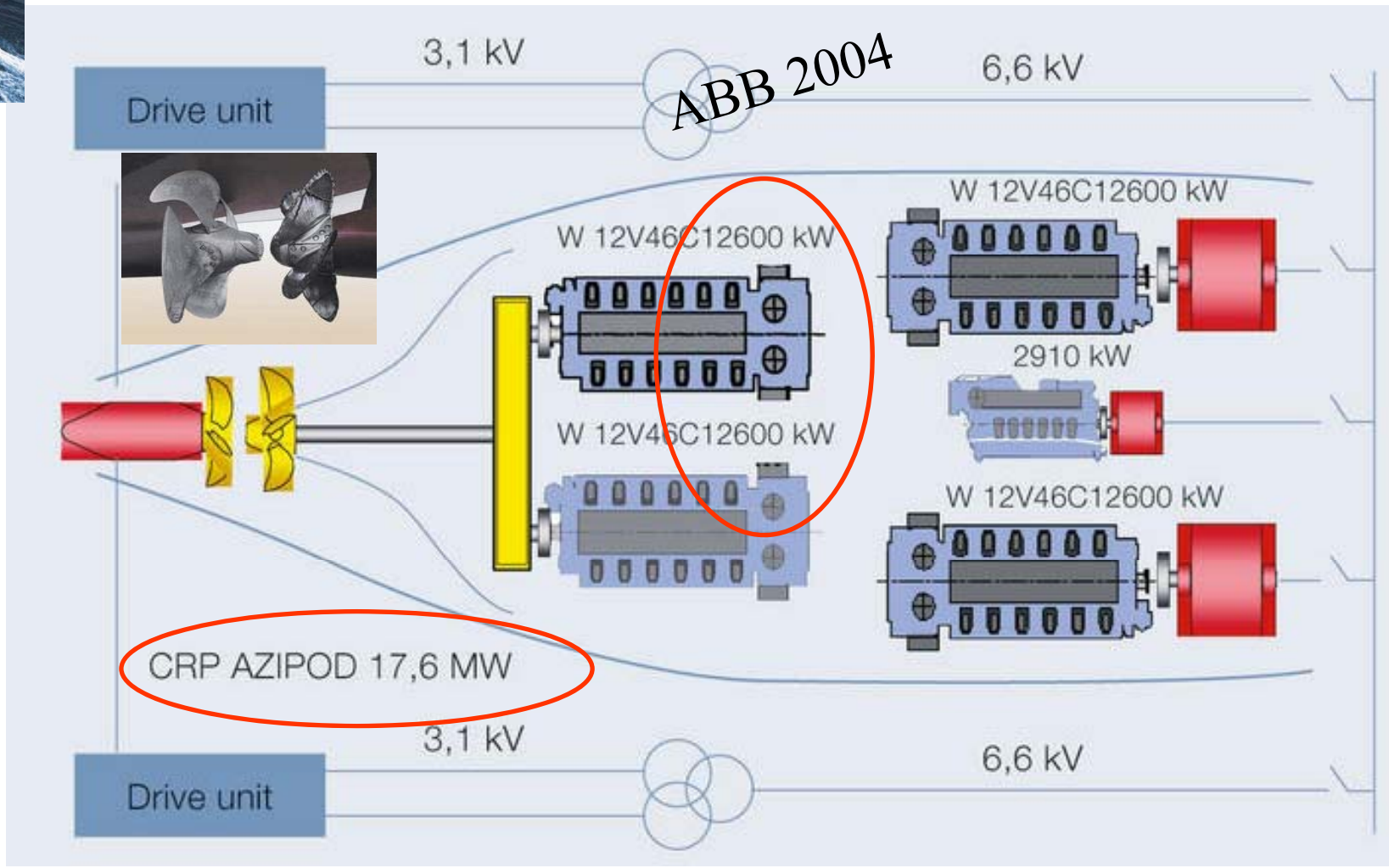
(Données Siemens)

III>L'hybridation parallèle pour tous

2. Contra-POD: efficacité à coût réduit

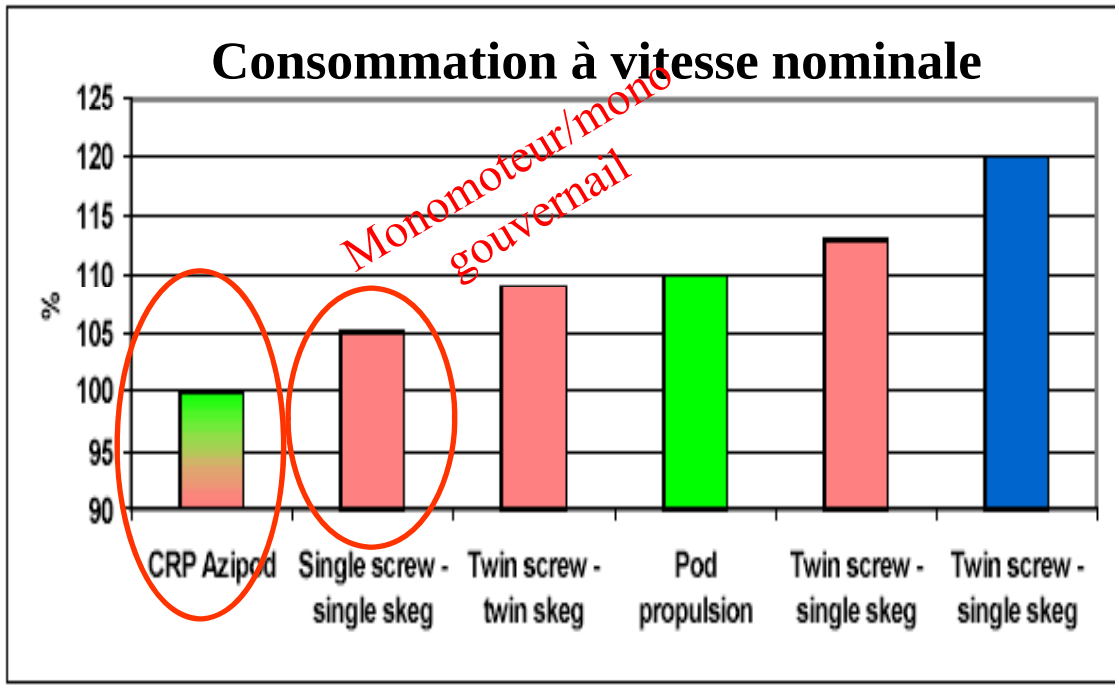
Hybridation Forte

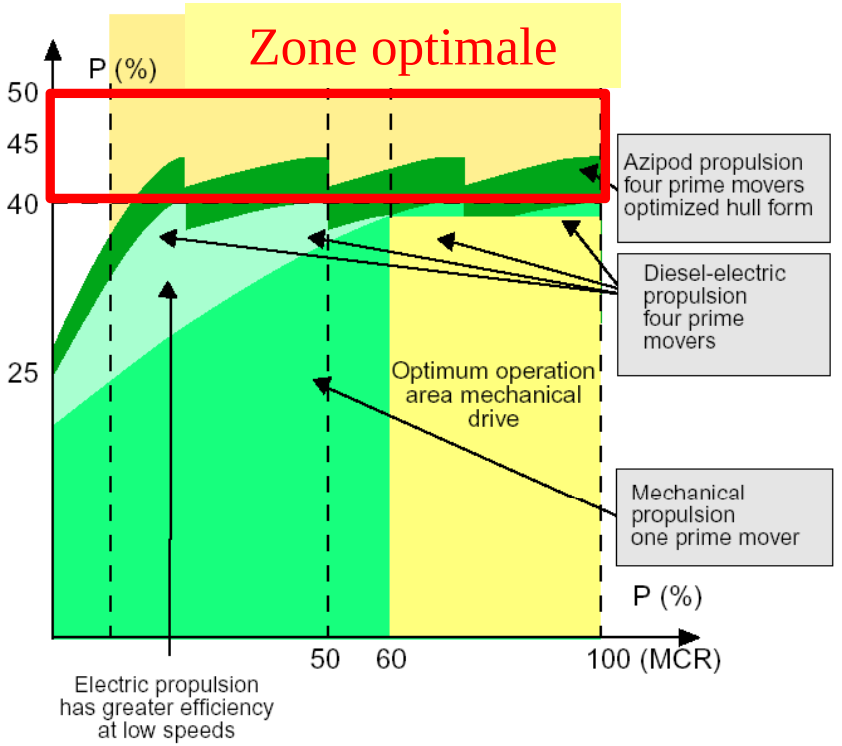
70%



III>L'hybridation parallèle pour tous

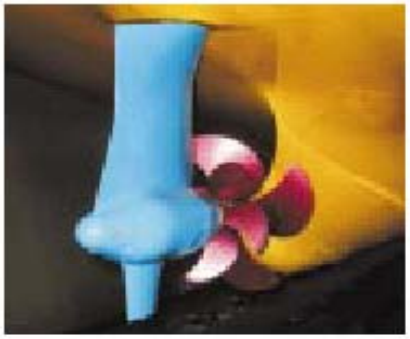
2. Contra-POD: efficacité à coût réduit





Picture 1. ULCS single screw - single skeg.

Picture 2. ULCS twin screw - twin skeg.



Picture 3. ULCS CRP Azipod.

Picture 4. CRP Azipod in cavitation tests.

Conclusion

Diverses Solutions adaptées aux variétés des fonctionnalités

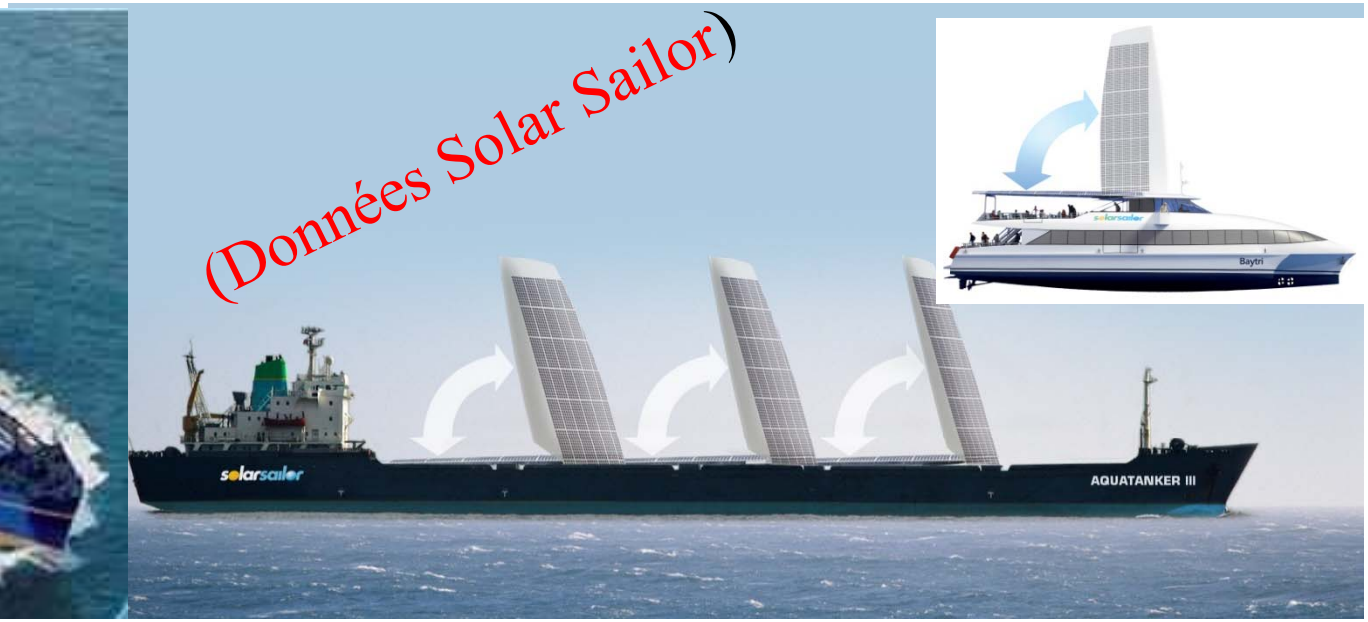
Efficacité (rendement)

Disponibilité (Redondance)

Coût de Possession, Manoeuvrabilité (croisière), Discrétion (Militaire),

(« Tout thermique », « Hybride série », « Hybride parallèle »)

Si on prenait son temps avec Hélios et Eole?



Eléments de bibliographie

1. Stefan Iden, Wolfgang Rzadki, « Mains Power Quality of Ships with Electrical Drives Simulations and Measurements “, Proc. of European Power Electronics Conference (EPE’2001), August 2001, Graz (Austria), CD-ROM.
2. Jan Fredrik Hansen and Rune Lysebo, ABB AS Marine group, Norway, »Electric propulsion for LNG Carriers », *LNG journal September/October 2004*
3. Okazaki, T.; Ohkura, K.; Kato, T.; Fujino, K.; Hayashi, K.; Sato, K., "Industrial Applications of HTS Coils Using DI-BSCCO Wire," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on , vol.16, no.2, pp.1088-1091, June 2006
   URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1643038&isnumber=34433
4. Kwon, Y.K.; Baik, S.K.; Lee, E.Y.; Lee, J.D.; Kim, Y.C.; Moon, T.S.; Park, H.J.; Kwon, W.S.; Lee, S.H.; Hong, J.P.; Jo, Y.S.; Ryu, K.S., "Status of HTS Motor Development in Korea," Power Engineering Society General Meeting, 2007. IEEE , vol., no., pp.1-5, 24-28 June 2007
   URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4276058&isnumber=4275199
5. Snitchler, G.; Gamble, B.; Kalsi, S.S., "The performance of a 5 MW high temperature superconductor ship propulsion motor," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on , vol.15, no.2, pp. 2206-2209, June 2005
   URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1440102&isnumber=31007
6. Kalsi, S.S., "HTS ship propulsion motors," Power Engineering Society General Meeting, 2004. IEEE , vol., no., pp.2047-2048 Vol.2, 10-10 June 2004
   URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1373238&isnumber=30010
7. Hayashi, « Development of HTS Motor - Present Status and Future Prospect –”, Sumitomo Electric Industries, Ltd,, CCA08 , international workshop on coated conductors, 04/12/2008
8. Risto Pakaste, ABB Automation Technologies Marine & Turbocharging, » CRPAzipod®Propulsion , the Most Efficient and Versatile Propulsion System », ShipTech 2004, January 27-28, 2004, Biloxi
9. http://www.industry.siemens.com/marine/en/solution/