

Contexte

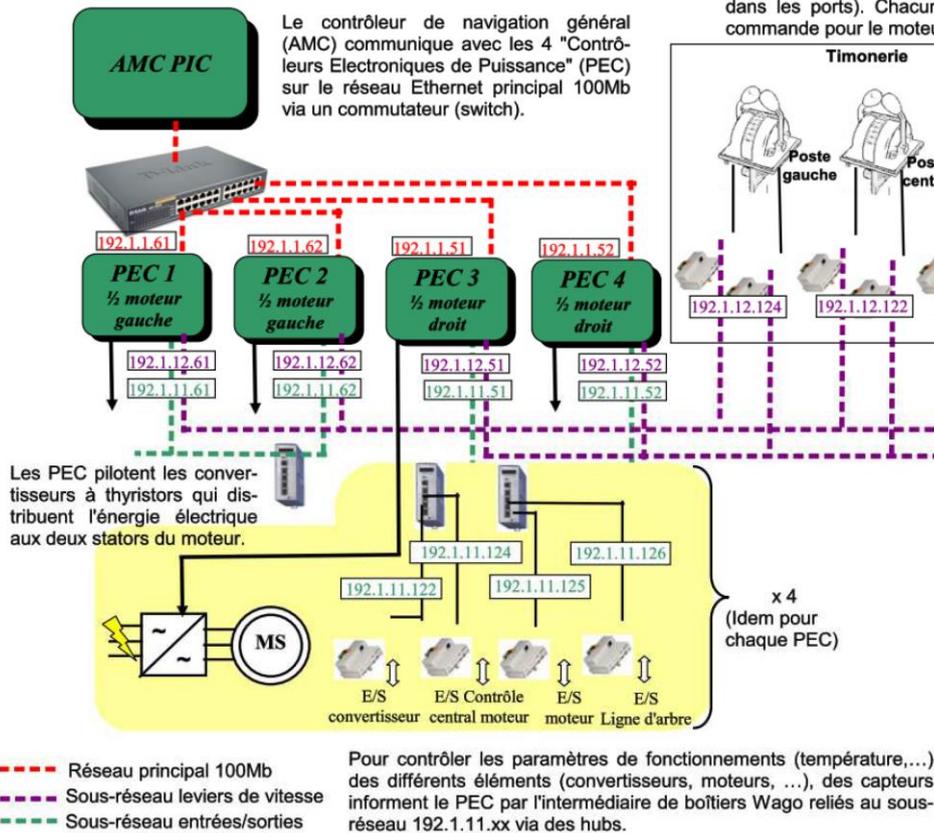
On s'intéresse ci-dessous au pilotage en vitesse des 2 moteurs de propulsion d'un navire de croisière, le MUSICA, depuis les leviers de commande jusqu'à l'alimentation des moteurs de propulsion.

Le commandant agit sur les deux leviers de vitesse pour imprimer une cadence au navire depuis le poste central de la timonerie.

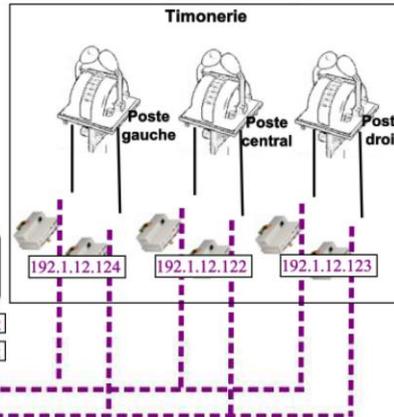


Synoptique du réseau Ethernet pour la commande de vitesse (annexe 7)

Annexe 7 : Commande de la vitesse (extrait)



Pour commander la vitesse du navire, le commandant agit sur l'un des leviers de vitesse disposés à trois endroits de la timonerie (poste central ou postes déportés bâbord et tribord lors des manœuvres dans les ports). Chacun des trois blocs est équipé d'un levier de commande pour le moteur gauche et d'un levier pour le moteur droit.



Chaque levier fournit à un bornier intelligent Wago un signal continu [4-20 mA] proportionnel à la vitesse désirée [0-23 nœuds].

Le bornier convertit ce signal en un mot de 15 bits, et l'envoie aux deux PEC du moteur à commander par l'intermédiaire d'un concentrateur (hub) sur le sous-réseau Ethernet 10Mb.

Table de correspondance pour le PEC 3

Adresses IP	Adresses MAC (matérielles)
192.1.1.51	03-00-4A-F2-47-10
192.1.12.51	03-00-4A-60-84-F5
192.1.12.122	07-1C-D2-FD-5A-C0
192.1.12.123	07-1C-D2-15-B1-84
192.1.12.124	07-1C-D2-15-05-D0
192.1.11.51	03-00-4A-27-06-22
192.1.11.122	07-1C-D2-62-74-2F
192.1.11.124	07-1C-D2-53-57-C8
192.1.11.125	07-1C-D2-5E-10-A4
192.1.11.126	07-1C-D2-01-6D-F1

Le protocole HART

Le protocole HART fournit deux canaux de communication simultanés, le signal 4-20mA analogique et un signal numérique.

Le signal 4-20mA communique la valeur principale mesurée, valeur analogique primaire dans le cas d'un capteur de terrain.

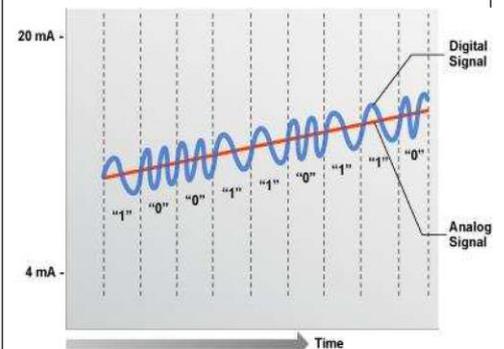
Les informations supplémentaires sont communiquées à l'aide d'un signal numérique de faible amplitude superposé au signal analogique.

Ce signal numérique utilise un protocole standard Bell 202, de type modulation par saut de fréquence (FSK Fréquence Shift Keying).

Les fréquences sont 2200 Hz pour un bit 0 et 1200 Hz pour un bit 1.

Le signal numérique contient les valeurs mesurées ou calculées et des informations sur l'appareil, y compris l'état de l'appareil, les diagnostics, etc. Ensemble, les deux canaux de communication offrent une solution de communication de terrain très robuste et à faible coût.

Le protocole HART communique à 1200 bps, c'est un protocole maître / esclave, ce qui signifie qu'un appareil de terrain (esclave) ne communique que sur ordre d'un maître. Il peut être utilisé en mode point-à-point ou en mode bus multipoint s'adressant à plusieurs capteurs raccordés au bus.



ex: Drawing not to scale

Digital over Analog

Acquisition du signal vitesse du capteur 4-20mA dit « à boucle de courant »

Question 1 (Signal analogique)

- **Représenter** par un graphe la caractéristique du capteur de vitesse liant la vitesse en nœuds et la sortie sous forme de courant analogique du capteur.
- **Donner** le niveau de courant lors d'un défaut de type « circuit ouvert » sur la boucle de courant.
- **Justifier** l'intérêt d'une liaison de ce type (4-20mA) pour une liaison à longue distance et dans un contexte où l'exigence en matière de sécurité est élevée.
- **Donner** l'équation liant la vitesse au courant pour son domaine d'emploi avec les bonnes unités.

Question 2 (signal numérique)

Une partie des données transmises par la liaison représente la grandeur analogique du signal utile mesuré et codée sur 15 bits + 1 bit de parité soit 2 octets au total.

- **Etablir** la valeur du quantum de vitesse q_v en exploitant toute la plage de valeurs du nombre binaire pour la plage de vitesse de 0 à 25 nœuds. **Commenter** ce résultat vis-à-vis du contexte.
- **Donner les trois** codes binaires + bit de parité correspondant à :
 - Navire à l'arrêt / Navire à pleine vitesse / Navire à demi-vitesse

La commande de vitesse est présentée sur le synoptique en **annexe 7**, page 1.

Le commandant agit sur les deux leviers de vitesse pour imprimer une cadence de 13 nœuds au navire depuis le poste central de la timonerie.

Question 3 (synthèse d'un échange de données)

- **Lorsque le navire se déplace à 13 nœuds, donner :**
 - Le courant image de la vitesse,
 - les données numériques échangées en hexadécimal.
- **Illustrer** le plus simplement et le plus efficacement possible le graphe de transmission du code 1011 avec MSB puis LSB émis en premier.
- **Compléter** dans le tableau ci-dessous, la trame Ethernet présente sur le réseau, lorsque l'information de consigne provenant du levier poste central, est envoyée au contrôleur de puissance du demi-moteur droit (PEC 3).

2 ENVOI DE LA CONSIGNE VITESSE A PARTIR DU LEVIER DE COMMANDE, VIA LE SOUS-RESEAU ETHERNET

Préambule	Adresse destination @MAC	Adresse source @MAC	Type / longueur	Données + PAD	FCS
8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	46-1500 octets	4 octets
AAAXXXAB	-----	-----	0806	XXX ___ XXX	XXXX

- **Justifier** pourquoi le rapport de fréquence entre le codage du 0 et du 1 ne doit pas être entier en illustrant par leur spectre harmonique (signaux distordus)

Numérisation du signal et estimation de la distance D parcourue:

Le nœud est une unité de mesure de la vitesse utilisée en navigation maritime et aérienne. Un nœud correspond à un mille marin par heure, soit 1,852 kilomètre par heure ou 0,514 mètre par seconde.

Le capteur intelligent peut donner l'information de distance D à partir de l'information de vitesse V par un traitement élémentaire avec un petit processeur de calcul.

Question 4 :

Indiquer pourquoi on parle « d'estimation de la distance parcourue » dans le contexte de l'étude.

Question 5 :

- **Indiquer** la nature du traitement élémentaire à prévoir en posant en notation de Laplace la relation entre la vitesse du bateau et son déplacement en unités SI.
- **Faire** la même chose avec les unités marines de façon à avoir des milles marin mais aussi des km à partir des nœuds.

Question 6 :

- **Réaliser** la fonction de calcul de distance en établissant la relation de récurrence permettant de passer de nœuds à km avec un rafraîchissement d'affichage (échantillonnage) $T_e = 2s$.
- **Proposer** la structure de l'algorithme réalisant ce calcul de distance.