

# Partiel ENSTA SYS2 2022

Durée maximale : 3h

Support de cours et notes personnelles sont interdits

Dictionnaires bi-langues uniquement autorisés en cas de besoin

## Questions de cours

1. Qu'est-ce qu'un système? Quels sont les principaux apports de la démarche d'ingénierie système? *ensemble éléments interagissant*
2. Quelles sont les différentes étapes et les différents intermédiaires qui permettent de construire une chaîne fonctionnelle? *faire un diagramme basé sur les descriptions fonctionnelles du système*
3. Quel est le but de la gestion de configuration et à quoi s'applique-t-elle? *représentation de système d'interaction avec les données*
4. Combien y a-t-il de grandes familles d'interfaces? Nommez-les, définissez-les et donnez un exemple pour chacune d'entre elles. *3 fonction langage naturel*
5. Nommez les différents composants de la Sûreté de Fonctionnement. *Evaluer la base l'interface disponibilité sûreté maintenabilité*

## Questions d'application

### 1<sup>re</sup> partie : Analyse de sécurité

#### Contexte :

Nous reprenons la fonction « Calculer la trajectoire selon la stratégie » vue en TD sur le Robot Sumo, avec les éléments suivants :

- Le client exige que la probabilité de l'évènement « Perte de la fonction Calculer la trajectoire selon la stratégie » soit **inférieure à  $2.00 \times 10^{-5}$**  (soit au maximum 1 panne toutes les 50 000h) ✓
- Dans l'exercice nous considérons maintenant que le capteur AX-S1 peut tomber en panne et contribue donc directement à la perte de la fonction. La probabilité élémentaire de perte du capteur AX-S1 est de 1 fois pour 5000h, soit  $2.00 \times 10^{-4}/h$
- Pour tenir cette nouvelle exigence, nous décidons **d'ajouter un calculateur**, afin de créer une **chaîne de contrôle principale** qui contrôle seulement les deux roues arrière et une **chaîne de contrôle secours identique** mais qui contrôle les deux roues avant
- L'alimentation est commune aux deux chaînes
- Un seul port de communication est utilisé par calculateur (pour laisser la provision à de futures évolutions par exemple)
- L'architecture est imposée et présentée Figure 1
- La chaîne fonctionnelle pour une chaîne de contrôle est rappelée Figure 2
- Les deux chaînes (principale et secours) fonctionnent de manière indépendantes, il n'y a pas de mode dégradé utilisant par exemple les actionneurs de l'une et le capteur de l'autre
- L'arbre fonctionnel partiel pour l'évènement redouté « Perte de la fonction Calculer la trajectoire selon la stratégie » est donné Figure 3, sachant que la fonction peut être réalisée intégralement soit par la chaîne principale, soit par la chaîne secours

*chaîne principale indépendante de celle normalement utilisée pour un situation d'urgence*

Voir Annexe A

#### Questions :

- A) Développer l'arbre fonctionnel jusqu'à l'arbre logique grâce à la projection sur l'architecture pour les fonctions « Perte Capteur 1 » et « Perte du train AFT » *voir les photos et monter le diagramme pour avoir des informations*
- B) Réduire le sous-arbre « Perte Contrôle Principal »
- C) Calculer la probabilité de l'évènement « Perte Contrôle Principal »
  - Rappel, les probabilités élémentaires sont listées dans la Figure 4



- D) Sachant que le sous-arbre « Perte Contrôle Secours » est identique et indépendant au sous-arbre « Perte Contrôle Principal », calculer la probabilité de l'arbre complet « Perte de la fonction Calculer la trajectoire selon la stratégie »
  - Rappel, les probabilités élémentaires sont listées dans la Figure 4
- E) Conclure vis-à-vis de l'exigence du client

## Questions de réflexions

1- Expliquez en quoi l'ingénierie système, et précisément chacune de ses composantes, permet d'atteindre le meilleur compromis « Qualité-Couts-délais » dans le cadre d'un développement de système complexe. Appuyez-vous sur l'ensemble des étapes du cycle en V pour développer votre démonstration.

2- L'ingénierie des systèmes est une discipline qui s'articule finement avec la gestion de projet. Expliquez les liens d'interdépendances entre ces deux activités.

Rappel : la gestion de configuration, la gestion du planning, la gestion des risques et du budget sont des activités qui relèvent de la gestion de projet.



## 2<sup>e</sup> partie : Dimensionnement du bus

### Contexte :

- Comme le contrôle du robot se fait maintenant uniquement sur 2 roues dans les 2 modes de fonctionnement, nous décidons d'augmenter la fréquence de communication pour améliorer sa réactivité et stabilité
- Les échanges sont identiques à ceux vus en TD, <sup>↑ dk</sup> le diagramme de séquence est rappelé Figure 6

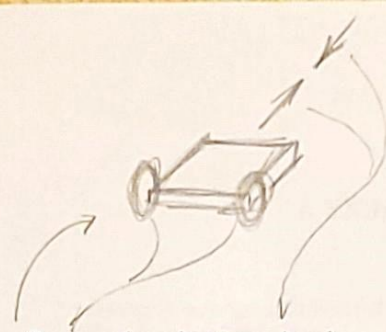
Voir Annexe B

### Questions :

- ~~A)~~ Établir le document d'interface logique des liaisons digitales de la chaîne principale au travers du tableau des échanges numériques (Alias Digitaux) (liaisons 1, 2 et 3)
  - Template rappelé Figure 5
  - Vous pouvez définir votre propre nomenclature
- ~~B)~~ La fréquence de communication est portée à 150 Hz. Calculer la charge du bus en %, sachant que sa capacité maximale est de 200kbit/s
  - Le diagramme de séquence est rappelé Figure 6
  - La taille des différents types de message selon le protocole est rappelée dans la Figure 7

Le client nous demande de ne pas charger le bus à plus de 50% pour provisionner de futures évolutions.

- ~~C)~~ Quelles est la fréquence maximale à laquelle peuvent être portés les échanges en respectant cette marge ?





## ANNEXE A

- Architecture Logique Imposée :

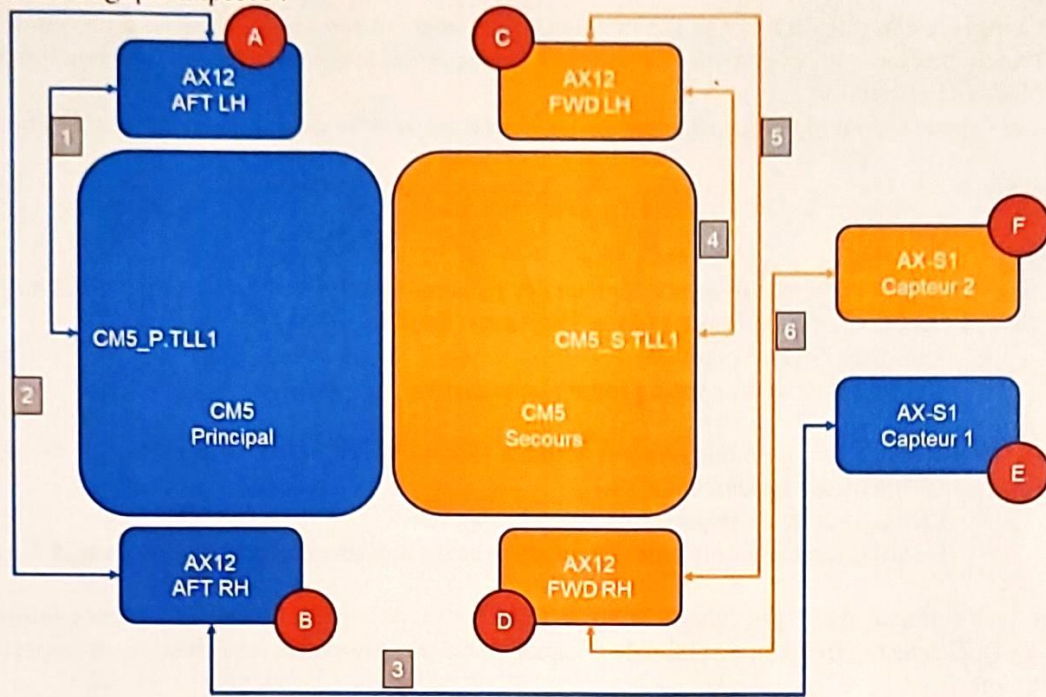


Figure 1 : Architecture logique imposée

- Rappel chaîne fonctionnelle « Calculer la trajectoire selon la stratégie », valable pour 1 chaîne de contrôle :

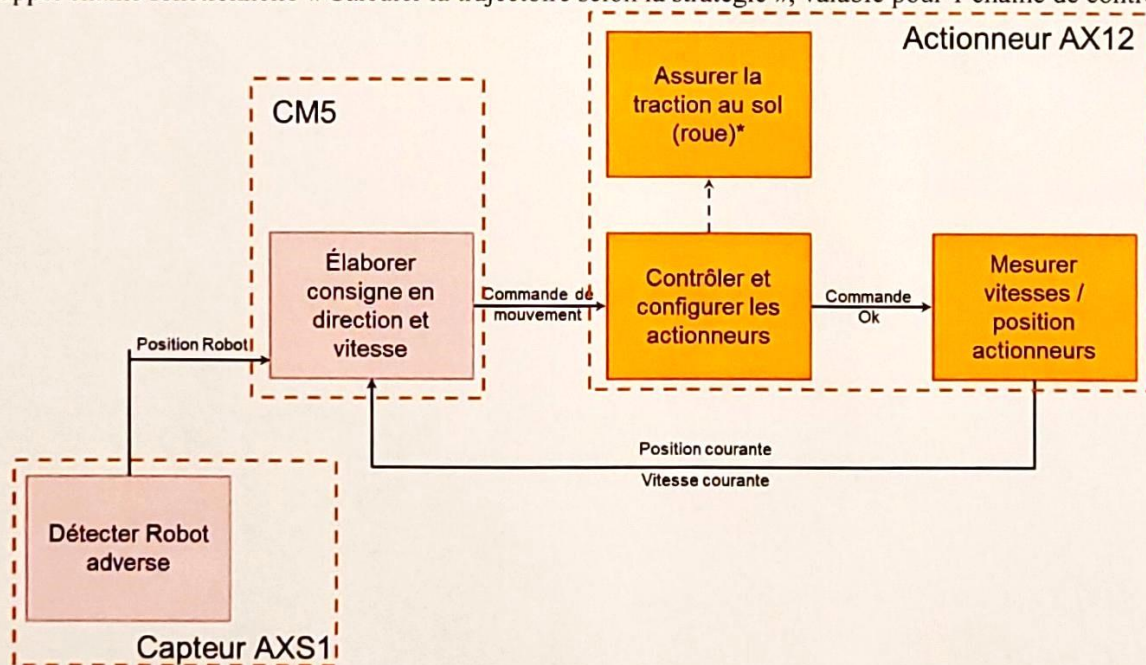


Figure 2 : Chaîne fonctionnelle "Calculer la trajectoire selon la stratégie" pour une chaîne de contrôle (principale ou secours)



- Arbre fonctionnel partiel « Perte de la fonction calculer la trajectoire selon la stratégie »

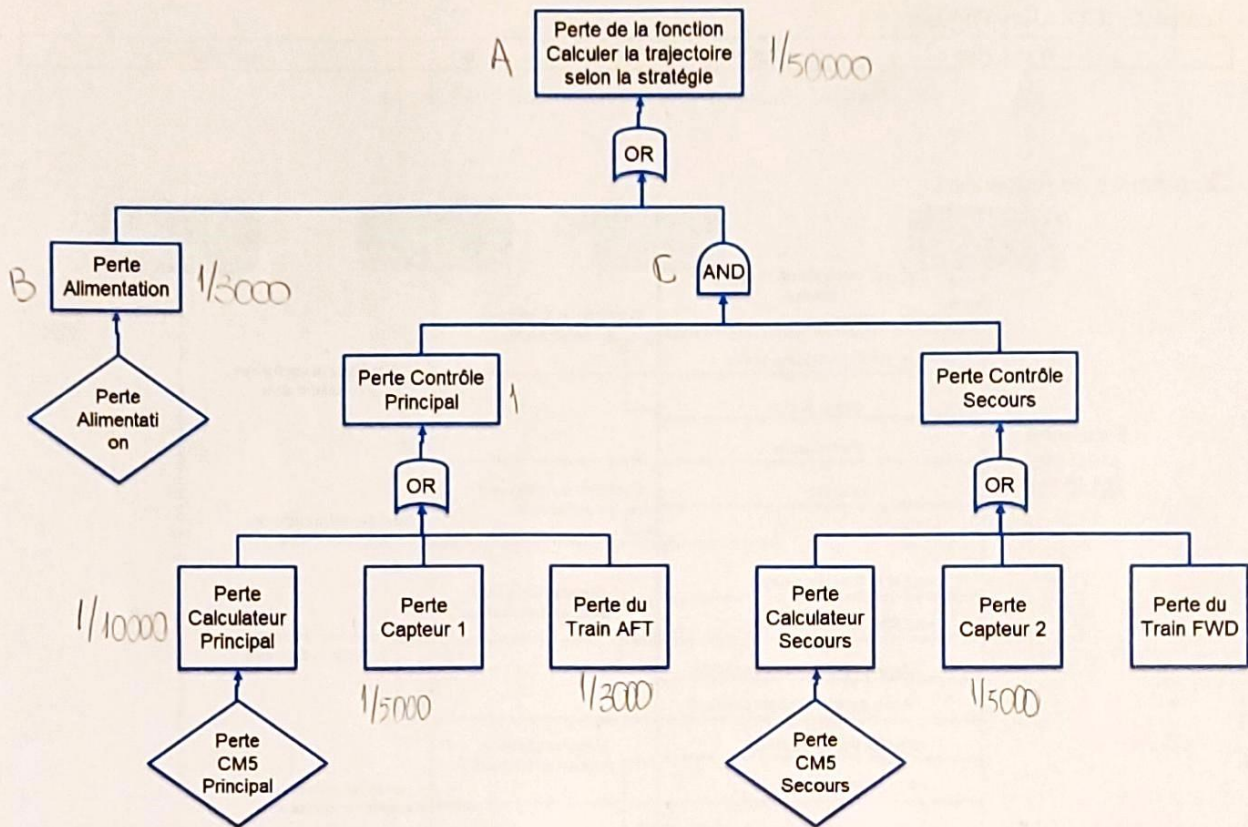


Figure 3 : Arbre fonctionnel partiel "Perte de la fonction calculer la trajectoire selon la stratégie"

- Pannes élémentaires :

Évènement élémentaire	MTBF	Probabilité (/h)
Perte Alimentation	100 000	1.00E-05
Perte Calculateur (CM5)	10 000	1.00E-04
Perte Actionneur (AX12)	3 000	3.33E-04
Perte Capteur (AXS1)	5 000	2.00E-04

Figure 4 : Pannes élémentaires

$\frac{1}{100\,000}$      $\frac{1}{5000}$      $\frac{1}{3000}$   
 $\frac{15}{1500\,000}$      $\frac{300}{1500\,000}$      $\frac{500}{1500\,000}$

$\frac{815}{1500\,000}$      $\frac{54,3}{100\,000}$

$\frac{815}{1500\,000}$      $\frac{54,3}{100\,000}$   
 $\frac{15}{54,3}$   
 $\frac{65}{50}$   
 $\frac{5}{5}$



- Template ICD Alias Digitaux :

Figure 5 : Template document d'interface Alias Digitaux

Sequencier de sequence :

Séquence exécutée @150 Hz

100

CM5\_P

AX12 AFT LH

AX12 AFT LH

AX-S1 Capteur 1

Elaborer consigne en direction et vitesse

<REG\_WRITE> Moving speed

<REG\_WRITE> Moving speed

Status packet

Status packet

<ACTION>

<READ> Present position

<READ> Present position

Status packet (Present position)

Status packet (Present position)

<READ> Present speed

<READ> Present speed

Status packet (Present speed)

Status packet (Present speed)

Read L/R/C IR Sensor Data

Status packet (L/R/C IR Sensor Data)

Contrôler et configurer les actionneurs

Contrôler et configurer les actionneurs

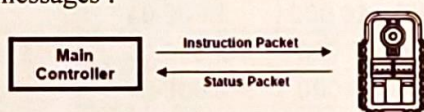
Contrôler et configurer les actionneurs

Mesurer vitesses / position actionneurs

Mesurer vitesses / position actionneurs

Mesurer vitesses / position actionneurs

- Rappel taille des messages :



Instruction Packet    0xFF 0xFF 0 LENGTH INSTRUCTION PARAMETER1 PARAMETER N CHECK SUM    6 octets (protocole) +  
N octets (paramètres)

Status Packet    0xFF 0xFF 0 LENGTH ERROR PARAMETER1 PARAMETER2 PARAMETER N CHECK SUM    6 octets (protocole) +  
N octets (paramètres)

Message	Instruction / Status	N (Nombre de paramètres)
Moving Speed Command	REG_WRITE	3 (address, data LSB, data MSB)
	Status	0
Present Position	READ	2 (address, data length)
	Status	2 (data LSB, data MSB)
Present Speed	READ	2 (address, data length)
	Status	2 (data LSB, data MSB)
IR Sensor Data	READ	2 (address, data length)
	Status	3 (left, center, right)
Action Broadcast	ACTION	0

Figure 7 : Taille des messages selon le type de commande