

On veut étudier la maintenance d'un robot permettant de positionner un pistolet de peinture dans l'espace. Ce robot est constitué de 3 entités :

- Le robot lui-même dont une représentation est proposée dans la figure 1. Il comprend
  - un châssis sur lequel pivote le robot, un vérin linéaire Servo 1 permet de le faire pivoter ;
  - 2 bras (un vertical et un autre horizontal). Ces bras sont pilotés à l'aide des vérins linéaires Servo 2 et Servo 3 ;
  - un nez sur lequel vient s'adapter le pistolet de peinture. Ce nez est orientable à l'aide des deux vérins Servo 4 et Servo 5 et permettent ainsi un réglage du pistolet respectivement sur un plan vertical et un plan horizontal. Un vérin rotatif Servo 6 permet de faire tourner le pistolet.
- Un groupe hydraulique pour l'alimentation sous pression en lubrifiant du robot ;
- Un système d'asservissement permettant la gestion des mouvements du robot suivant des programmes préenregistrés.

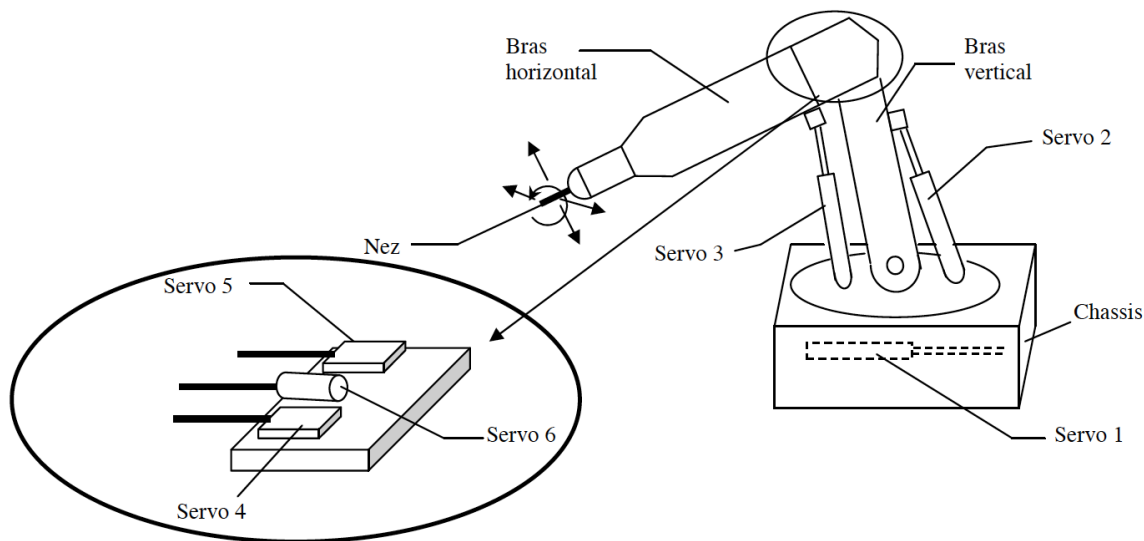


FIGURE 1 – Plan schématique d'un robot de peinture

L'étude que l'on cherche à réaliser a pour but de réduire le nombre de pannes en mettant en oeuvre un entretien préventif rationnel.

Pour cela, on va chercher à exploiter l'historique des avaries relevés sur le site. Dans le tableau proposé (voir Annexe), on trouve lorsque cela est spécifié :

- la date de l'intervention,
- une brève description du défaut constaté,
- la nature du travail effectué pour remettre le système en état,
- la désignation de l'élément défaillant,
- son repère associé.

Une analyse fine du temps entre les défaillances est proposée pour divers organes du robot :

- Electrovanne pistolet (A)  
100 - 150 - 30 - 45 - 170 - 195 - 200 - 250 - 340 - 60 (heures)
- Vérins (B)  
250 - 400 - 430 - 670 - 1000 - 1500 - 1200 - 1050 - 480 (heures)

- Bras horizontal - Poignets de programmation (D)  
55 - 40 - 70 - 120 - 150 - 270 - 200 - 190 (heures)
- Nez robot (E)  
110 - 208 - 170 - 190 - 155 - 230 - 340 - 150 - 160 - 195 - 280 - 250 (heures)
- Fin de course support bras (F)  
45 - 60 - 72 - 68 - 95 - 12 - 18 - 40 - 49 (heures)
- Carte DH (I)  
111 - 70 - 50 - 60 - 80 - 904 - 100 - 75 - 67 - 71 - 110 (heures)
- Carte Servo (J)  
130 - 150 - 117 - 200 - 180 - 155 - 140 - 130 - 81 - 75 (heures)

L'analyse des coûts montre que le coût du changement d'un élément  $cc$  est d'environ 30 euros alors que les coûts d'inactivité  $ci$  du robot qui sont estimés à 20 euros par minute de temps d'arrêt  $Ta$ . On considère de plus qu'un changement préventif d'un élément ou plus entraîne une immobilisation du robot de  $tp = 10$  minutes. Les arrêts induits par des changements correctifs  $D(\text{élément})$  sont aléatoires et fonction de l'élément considéré.

Pour effectuer l'analyse pour l'optimisation de la maintenance, voici le plan proposé.

#### 1. Classification des pannes avec la méthode ABC (ou méthode de Pareto).

L'analyse ABC ou de Pareto permet de proposer un classement des coûts par rapport aux types de panne. Elle est issue d'observations récurrentes dans les fichiers maintenance dont les conclusions sont les suivantes :

- dans la majorité des cas, on constate qu'environ 80% des coûts cumulés est liée à 20% des défaillances, ceci constitue la zone A et est prioritaire en terme de maintenance (programme de maintenance préventive, amélioration de la fiabilité et des stocks de pièces de rechange);
- les 30% de défaillances suivantes ne représentent que 15% des coûts cumulés et constitue la zone B;
- la zone C est constituée des 50% de défaillances restantes qui ne représentent finalement que 5% des coûts cumulés.

Etablissez un graphique illustrant l'influence de chaque élément par rapport au coût total et permettant facilement un classement de type ABC pour les éléments du robot 1. Pour cela on pourra tracer le pourcentage de temps d'arrêt chaque élément en fonction du pourcentage cumulé des pannes.

#### 2. Estimation des distributions des durées de vie de chaque élément.

On suppose que la durée de vie de chaque élément est une variable aléatoire issue d'une loi de Weibull à deux paramètres  $(a, b)$ . A l'aide de la méthode du maximum de vraisemblance (en utilisant la fonction *wblfit* sous matlab), on cherchera à estimer les paramètres de chaque loi de Weibull. On en déduira les *MTTF* associés.

#### 3. Estimation des distributions des durées de changement correctif pour chaque élément.

On suppose que ces distributions sont issues de loi exponentielle de paramètre que l'on cherchera à estimer d'après les valeurs extraites de l'historique des pannes.

#### 4. Optimisation de la politique de maintenance pour les éléments de la classe A.

Les éléments de la classe A sont considérés comme significatifs. Afin d'en assurer une maintenance optimale, on cherche à mettre en place une politique de remplacement basée sur l'âge de l'élément. Pour cela, on considère un élément quelconque de la classe A et on cherche à évaluer son coût de maintenance moyen par unité de temps. Si on note  $Tr$  la date de remise en service de l'élément choisi, le coût de maintenance par unité de temps est défini par le ratio de l'espérance du coût cumulé jusqu'à  $Tr$  sur l'espérance de  $Tr$ .

#### 4.1. Détermination de la loi de remise en service.

On cherche à caractériser l'intervalle  $Tr$  séparant la mise en service de l'élément et l'instant de remise en service après un remplacement qui est soit préventif, soit correctif.  $Tr$  est donc une variable aléatoire fonction de la période de remplacement préventif  $T$ , la date aléatoire de la défaillance  $Tf$ , de la durée d'inactivité lors d'un remplacement préventif  $tp$  et de celle aléatoire d'un remplacement correctif  $D$ .

4.1.1. Quelle est la valeur de  $Tr$  dans le cas d'un remplacement préventif? Quelle est la probabilité que le remplacement effectué soit un remplacement préventif?

4.1.2. Quelle est la valeur de  $Tr$  dans le cas d'un remplacement correctif? Quelle est l'espérance conditionnelle de  $Tr$  dans le cas correctif?

4.1.3. Quelle est l'espérance de  $Tr$ ?

#### 4.2. Détermination du coût cumulé jusqu'à la date de remise en service.

4.2.1. Quelle est l'expression du coût de maintenance cumulé si  $Tr$  est la date d'un remplacement préventif?

4.2.2. Quelle est l'expression du coût de maintenance cumulé si  $Tr$  est la date d'un remplacement correctif?

4.2.3. Quelle est l'expression du coût de maintenance cumulé jusqu'à  $Tr$ ?

#### 4.3. Evaluation de l'espérance du coût moyen de maintenance.

4.3.1. Donnez l'expression générique du coût de maintenance moyen par unité de temps pour un système donné.

4.3.2. Construisez une fonction  $cost_A$  permettant d'évaluer numériquement le coût moyen de maintenance par unité de temps pour  $T$  donné et fonction des coûts unitaires et des différents paramètres caractérisant les éléments (paramètres de la loi de Weibull, loi de remise en service, ...)

#### 4.4. Evaluation des périodes optimales (des âges optimaux) de remplacement

4.4.1. Construisez une fonction  $Cost_A$  pour déterminer graphiquement la période optimale de remplacement périodique pour un élément. Cette fonction  $Cost_A$  appellera la fonction  $cost_A$ .

4.4.2. Présentez les résultats obtenus pour chaque élément de la classe A.

4.4.3. Afin de simplifier l'implémentation de ces actions préventives, on transforme les différentes politiques systématiques en une unique politique préventive périodique (on remplace préventivement tous les éléments de la classe A simultanément et périodiquement). La période de remplacement préventif  $t1$  est définie par la plus petite valeur proposée au point précédent.

4.4.4. Comparaison du coût de la maintenance préventive à celui de la maintenance corrective.

#### 5. Optimisation de la politique de maintenance pour les éléments de la classe B : méthode ABAC ABAD

La gravité des éléments de la classe B est moindre devant celle des éléments de la classe A. De ce fait, on préfère choisir d'étudier une politique de maintenance plus facile à implémenter : une politique préventive périodique. Pour cela, on va appliquer une méthode classique de regroupement des opérations préventives : la méthode ABAC ABAD.

La méthode ABAC ABAD propose une programmation des interventions suivant une progression géométrique (interventions à  $t_1$ ,  $2t_1$ ,  $4t_1$  ...). Plus concrètement,

- les tâches de la classe A et certaines de la classe B sont effectuées tous les  $t_1$ ,
- d'autres tâches de la classe B seront effectuées tous les  $t_2 = 2t_1$ ,
- certaines des tâches restantes de la classe B seront effectuées tous les  $t_3 = 2t_2 = 4t_1$
- etc.

Comparaison du coût de la maintenance préventive à celui de la maintenance corrective.

## 6. Restitution des résultats

La restitution se fera sous la forme d'une étude pour un client pas toujours très averti et non une simple réponse aux différentes questions. Cependant, au travers de votre document, je dois retrouver l'ensemble des points à traiter.

Annexe : Données dans le fichier Historique panne.xlsx