

SESSION 2014

**CAPET
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

**Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
Option : INGÉNIERIE MÉCANIQUE**

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ
OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

Ce sujet comporte 3 parties :

- présentation et travail demandé pages 2 à 17
- documents annexes pages 18 à 19
- documents réponses pages 20 à 24

Une lecture préalable et complète du sujet est indispensable.

Le candidat doit répondre aux différentes questions du sujet sur les documents réponses quand cela est demandé, et sur feuilles de copie quand cela n'est pas précisé.

Il lui est rappelé qu'il doit utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager ou encadrer tous les résultats.

Il sera tenu compte de la présentation de la copie, de la qualité de la rédaction (orthographe et syntaxe), en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul.

Si le sujet (les questions ou les annexes) conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il est demandé au candidat de la (ou les) mentionner explicitement sur la copie.

Robot « ROBO-BAT »

Mise en situation.



BA SYSTEMES est l'acteur français le plus présent dans le domaine des systèmes intralogistiques par chariots automatiques appelés aussi AGV (Automatic Guided Véhicules).

Depuis 2007, cette entreprise suit une démarche "Open Innovation" afin de créer une dynamique dans l'évolution des technologies pour ses applications industrielles. C'est dans ce cadre qu'elle a participé en 2010 au projet collaboratif Robm@rket qui visait à développer l'utilisation **combinée** d'une **base mobile** et d'un **robot polyarticulé** dans le but d'automatiser les préparations de commandes.

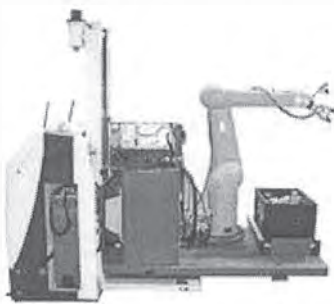


Figure 1 : Robm@rket

Ce projet a abouti à la conception d'un système mécatronique de manutention capable de :

- recevoir par WIFI une mission de la part d'un opérateur ;
- se déplacer jusqu'à l'objet à saisir grâce à une base mobile guidée par triangulation laser ;
- reconnaître l'objet et, grâce à une commande en asservissement par vision (2D et 3D), positionner le bras articulé ;
- finaliser la saisie de l'objet par une fonction à retour d'effort ;
- déposer l'objet dans une caisse prévue à cet effet ;
- se déplacer jusqu'à une zone d'évacuation et décharger la caisse à l'aide d'un convoyeur motorisé.

Les apports d'un tel projet, pour la société BA Systèmes, ont été nombreux :

- dépôt de plusieurs brevets ;
- élaboration d'un projet pour la manipulation d'objets en milieux hostiles ;
- **conception du ROBO-BAT qui sera le support des études de ce sujet.**

Présentation fonctionnelle et structurelle du ROBO-BAT.

Destiné à des entreprises du domaine de la construction, le ROBO-BAT est utilisé pour réaliser des opérations automatisées de perçage ou de ponçage des sols, murs et plafonds sur un chantier.

Il est constitué :

- d'une base mobile ;
- d'une plate-forme élévatrice ;
- d'un bras six axes ;
- d'un outil (une perceuse ou une ponceuse).

Il est possible d'utiliser, en option, un aspirateur qui permet d'évacuer les poussières lors d'un travail de ponçage.

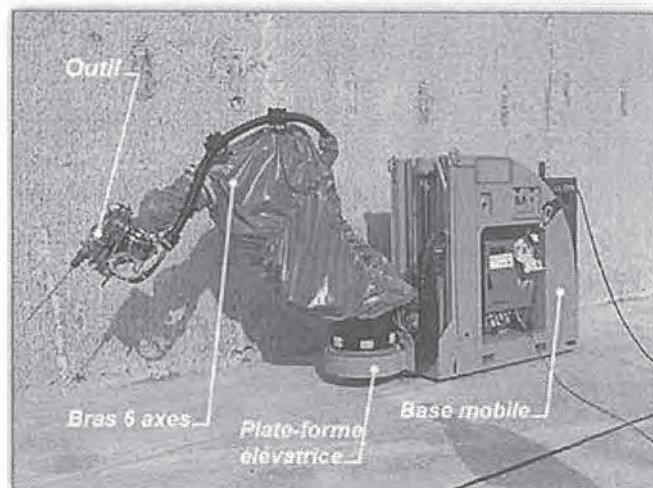


Figure 2 : ROBO-BAT

À l'aide d'une interface homme-machine de type écran tactile, l'opérateur peut choisir d'utiliser le ROBO-BAT en mode *semi-automatique* ou *automatique*.

En mode *semi-automatique*, l'opérateur gère les mouvements de la base mobile à l'aide d'un joystick. Cela lui permet de déplacer le ROBO-BAT d'un lieu du chantier à un autre ou bien de réaliser des opérations de ponçage ou de perçage.

En mode *automatique*, l'opérateur indique :

- la consigne de distance d (en mm) entre le ROBO-BAT et le mur ;
- la longueur L (en mm) de l'étape à parcourir par le ROBO-BAT entre deux zones de travail ;
- la position du mur par rapport au robot (gauche ou droite).

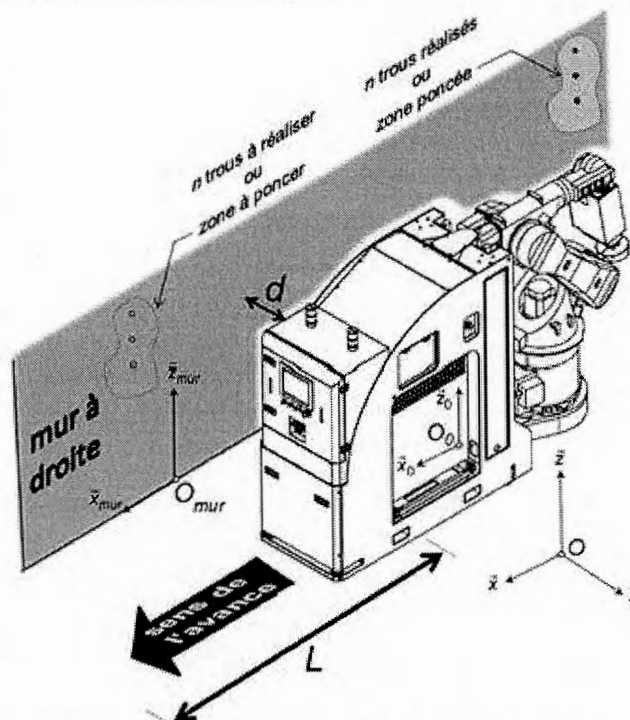


Figure 3 : consignes de l'opérateur en mode automatique

En mode *automatique*, un cycle de travail, correspondant au ponçage ou à la réalisation de 1 à n trous sur une zone de travail, peut être décomposé de la façon suivante :

Tâche	Contraintes de réalisation				
Avance de la base mobile sur une distance L et à une distance d du mur	Outil à l'arrêt	Bras plié	Plateforme en position basse	Stabilisateurs rentrés	Aucun obstacle à proximité du ROBO-BAT ⁽³⁾
Sortie des deux stabilisateurs ⁽¹⁾					
Mise en mouvement de la plateforme jusqu'à la hauteur de travail					
Mise en mouvement du bras afin de localiser le lieu ⁽²⁾ de la zone à poncer ou du 1 ^{er} trou à percer et positionner l'outil					
Mise en marche de l'outil				Stabilisateurs sortis	Base mobile à l'arrêt
Mise en mouvement du bras afin de poncer ou de percer les n trous					
Arrêt de l'outil					
Repli du bras	Outil à l'arrêt	Bras plié			
Mise en mouvement de la plateforme jusqu'à la position basse					
Rentrée des deux stabilisateurs			Plateforme en position basse		

- (1) Deux stabilisateurs latéraux, situés à l'arrière de la base mobile, sont déployés lors de certaines tâches afin de garantir la stabilité du ROBO-BAT.

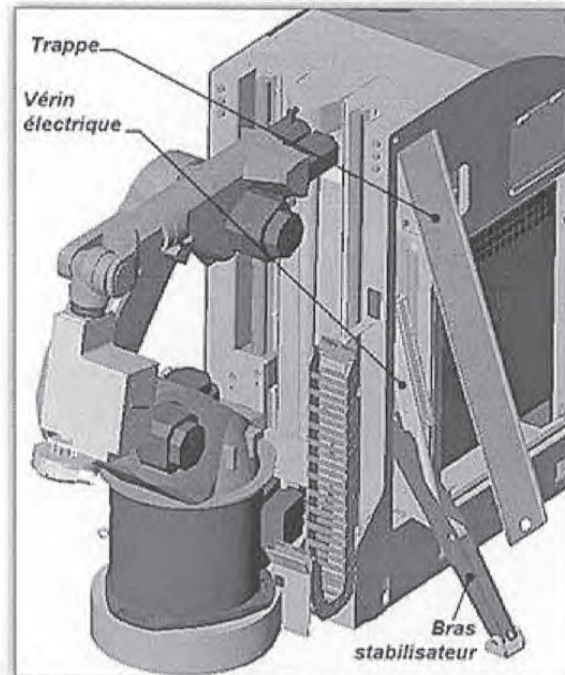


Figure 4 : stabilisateurs

- (2) Un détecteur de couleur fixé sur l'outil, repère un trait bleu tracé sur le mur (cordex) et permet ainsi de localiser la zone de travail. Dans le cas du perçage, un télémètre, qui détecte la position de trous réalisés lors du précédent cycle, permet de localiser précisément le lieu du trou à percer.



Figure 5 : localisation de la zone de travail

- (3) Des scrutateurs, situés à l'avant et à l'arrière de la base mobile, permettent de détecter la présence d'un obstacle ou d'une personne dans un périmètre proche du ROBO-BAT. La présence d'un obstacle entraîne l'arrêt du ROBO-BAT et fait retentir une alarme. Le système repart lorsqu'il n'y a plus d'obstacle et après un réarmement par l'opérateur.

Problématique générale du sujet :

De nombreuses solutions techniques, mises au point lors du projet Robm@rket, ont été réinvesties dans le système ROBO-BAT.

Ce sujet porte sur l'évaluation des adaptations ou des modifications mises en œuvre lors de la conception du ROBO-BAT pour satisfaire les contraintes d'utilisation imposées par les entreprises du domaine de la construction.

Les 4 parties indépendantes de ce sujet s'intéresseront respectivement à :

- l'analyse du fonctionnement du ROBO-BAT en mode automatique ;
- l'évaluation de son autonomie énergétique ;
- l'évaluation des solutions constructives retenues pour le dispositif de mise en mouvement de la plate-forme ;
- l'évaluation des risques de basculement.

1 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT

Objectif : analyser le fonctionnement du ROBO-BAT en mode automatique.

Le diagramme d'état du document réponse DR1 présente le comportement du ROBO-BAT lors d'un cycle de travail tel qu'il était prévu avant l'intégration des deux stabilisateurs.

Question 1

Modifier le diagramme d'état sur le document réponse DR1 de façon à intégrer les stabilisateurs.

Question 2

Donner trois arguments qui justifient que la base mobile ne peut se déplacer que lorsque le bras est plié et que la plate-forme est en position basse.

2 ÉVALUATION DE L'AUTONOMIE ENERGÉTIQUE

Objectifs : vérifier l'autonomie énergétique du ROBO-BAT lors des déplacements puis évaluer la faisabilité d'une autonomie complète.

	questions
Démarche : Proposer les raccordements électriques à effectuer au niveau des batteries et vérifier l'autonomie énergétique du ROBO-BAT lors des déplacements.	3 et 4
Justifier ou proposer les modifications à apporter au ROBO-BAT afin d'assurer une autonomie complète.	5 à 8

2.1 Étude du fonctionnement actuel

Lorsqu'il se déplace d'une zone de travail à la suivante, le ROBO-BAT utilise une source d'énergie embarquée.

Lors de ce fonctionnement sur batteries, les équipements (bras, outil, dispositif de mise en mouvement de la plate-forme, aspirateur) ne sont pas utilisés.

Une fois sur la zone de travail, le ROBO-BAT est raccordé par un câble ombilical au réseau de distribution du chantier. Les batteries peuvent alors être rechargées à l'aide du chargeur embarqué.

Données :

- pour le fonctionnement actuel, la source d'énergie embarquée est constituée de deux batteries de 12 V qui alimentent la base mobile sous une tension $U_{emb} = 24 \text{ V}$;
- lorsque la base mobile se déplace, l'intensité délivrée par les batteries est de $I_b = 20 \text{ A}$; la capacité des batteries est alors évaluée à $C = 120 \text{ A} \cdot \text{h}$.

Question 3

Représenter, sur le document réponse DR2, les raccordements électriques (bornes repérées B1 à B6) qui permettent d'alimenter la base mobile à partir des batteries embarquées.

Vérifier alors, qu'avec sa seule source d'énergie électrique embarquée, le ROBO-BAT peut se déplacer au moins durant une heure.

Question 4

Afin de pouvoir recharger les batteries à l'aide du chargeur embarqué, représenter sur le document réponse DR2 les raccordements électriques des bornes repérées B6 et B7.

2.2 Étude d'une autonomie complète

On envisage l'autonomie complète du ROBO-BAT, c'est-à-dire pour toutes les tâches du cycle de travail, sans modification des actionneurs et des pré-actionneurs.

Il est de plus prévu de laisser la possibilité à l'opérateur de sélectionner, soit la source d'énergie électrique embarquée, soit l'alimentation extérieure raccordée au câble ombilical.

Le schéma électrique partiel d'alimentation du ROBO-BAT qui correspond à une autonomie complète est proposé sur le document annexe A1.

Données :

- les puissances électriques nécessaires au fonctionnement de l'aspirateur et de la ponceuse sont respectivement de $P_{asp} = 5,5 \text{ kW}$ et $P_{ponc} = 6 \text{ kW}$;
- le convertisseur statique CONV1 (schéma en annexe A1) a un rendement de $\eta_{conv} = 90 \%$;
- pour l'autonomie complète, on envisage d'utiliser n batteries identiques de 12 V ;
- la capacité des batteries chute en fonction du courant débité. Pour obtenir une autonomie de 45 minutes, le courant débité par les batteries utilisées ne doit pas excéder $I_b = 92,3 \text{ A}$;
- une batterie mesure $485 \times 170 \times 240 \text{ mm}$ et pèse 43,5 kg.

Question 5

Donner le nom et justifier brièvement la nécessité du convertisseur statique repéré CONV1 sur le schéma du document annexe A1.

Question 6

Indiquer la fonction du contacteur inverseur KM10-KM11 représenté sur le schéma du document annexe A1.

Afin d'évaluer la faisabilité d'une autonomie complète du ROBO-BAT, on ne considère pour les deux questions suivantes que le fonctionnement simultané de la ponceuse et de l'aspirateur.