



SESSION 2009

---

**CONCOURS EXTERNE DE RECRUTEMENT  
DE PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL  
ET CONCOURS D'ACCÈS À LA LISTE D'APTITUDE**

**Section : GÉNIE MÉCANIQUE**  
**Option : MAINTENANCE DES SYSTÈMES MÉCANIQUES AUTOMATISÉS**

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME TECHNIQUE  
ET/OU D'UN PROCESSUS TECHNIQUE**

Durée : 8 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 : Hormis l'en-tête détachable, 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.**

**THEME :**  
**ATELIER BDCT**  
**Machine de dégraissage PERO**

*Epreuve à caractère technique prenant appui sur un système technique et/ou un processus technique.  
Epreuve permettant d'évaluer les connaissances scientifiques et techniques du candidat et sa capacité à les mobiliser pour résoudre un problème technique.*

Le sujet comporte 4 chemises :

**1 - SUJET DE L'EPREUVE :**

- Problématiques et questions Pages QUE 1/6 à QUE 6/6

**2 – DOSSIER TECHNIQUE :**

- Présentation du système : Pages DT 1 à DT 5
- Documents techniques : Pages DT 6 à DT 21

**3 – DOSSIER RESSOURCES :**

- Pages RES 1 à RES 25
- 

**4 - DOCUMENTS REPONSES :**

- Pages DR 1 à DR 8

		<b>Durée conseillée</b>	<b>Barème</b>
	Lecture du sujet	30 min	
1 <sup>ère</sup> Partie	Analyse des facteurs de risques	30 min	20 points
2 <sup>ème</sup> Partie	Intégration dans la GMAO	1h45min	45 points
3 <sup>ème</sup> Partie	Amélioration de la maintenance corrective	1h45min	45 points
4 <sup>ème</sup> Partie	Maintenance améliorative	1h45min	45 points
5 <sup>ème</sup> Partie	Amélioration de la maintenabilité	1h45min	45 points

# Questionnaire

EFE GMM 2

## 1<sup>ère</sup> partie

### Problématique:

#### **Analyse des facteurs de risques et mesures préventives à adopter :**

Pour cette première partie, on se place dans la situation de travaux neufs où vous avez à étudier l'implantation de la machine de dégraissage dans l'atelier.

Désireuse de respecter la législation et notamment les principes généraux d'évaluation des risques énoncés dans le code du travail, (article L230-2) l'entreprise a décidé d'engager une démarche de prévention par des actions d'identification et de classement des risques et par la mise en place d'actions de prévention.

Dans le but d'intégrer à ce plan de prévention les risques spécifiques de la machine de dégraissage et notamment ceux liés au produit solvant utilisé on vous sollicite en tant que responsable du service de maintenance pour analyser, identifier et classer les risques inhérents à cette machine et pour proposer des mesures préventives.

Vous disposez de la fiche de données « sécurité » concernant le produit solvant (SOLTENE PLUS, nom chimique : Tétrachloréthylène ou Perchloréthylène) (documents RES 1 à RES 4), ainsi que d'extraits du document ED 964 de l'INRS concernant les machines de dégraissages industrielles (documents RES 5 à RES 6).

#### **Question 1-1 :**

On rappelle que le traitement de dégraissage sur cette machine se fait sous vide.

Quels sont les natures de risques spécifiques pour la santé liés au produit solvant employé sur la machine de dégraissage lors des différentes étapes de vie du produit (stockage, utilisation, élimination)? (définir chaque risque par un mot ou une courte expression)

Quels moyens de protection individuels doit-on prévoir ?

Quels moyens de prévention? (Réponses sur copie)

#### **Question 1-2 :**

Résumez les conditions qui sont à respecter pour assurer une installation correcte de la machine visant à supprimer ou réduire les risques en exploitation.

Doit-on prévoir des aménagements et des équipements spécifiques dans la zone d'implantation de cette machine et si oui lesquels ? (Réponses sur copie)

## 2<sup>ème</sup> partie

### Problématique:

#### **Intégration de la machine de dégraissage dans la GMAO :**

Vous venez d'intégrer le service maintenance de l'entreprise et on vous confie une partie de la gestion de maintenance de l'atelier BDCT. Cet atelier fonctionne en 2 x 8 heures. Les missions qui vous sont confiées sont les suivantes :

- Mettre en place des ratios permettant un suivi efficace des actions de maintenance ;
- Vous approprier la connaissance de la ligne et notamment de la machine de dégraissage PERO avec le double objectif suivant :
  - Permettre l'intégration des machines de cette ligne dans la GMAO nouvellement installée ;
  - Être en mesure de participer à des réunions AMDEC afin d'améliorer le processus et la maintenance préventive de cette ligne ;
- Améliorer la gestion des rechanges

Dans la suite de l'étude on considère que la machine est installée et exploitée depuis au moins 3 ans.

#### **a) Mise en place de ratios**

#### **Question 2-1 :**

A partir de l'historique de production de l'année 2006 fourni dans le dossier technique (DT14), et du document RES 7, calculez le taux de marche calendaire, le taux d'allure et le taux de qualité de la ligne sachant que la cadence théorique de production est de 270 kg de pièces traitées par heure.

Calculez alors le taux de rendement global (TRG). (Réponse sur copie)

**Question 2-2 :**

En ne tenant compte que des arrêts pour maintenance, calculez l'indisponibilité propre de maintenance de la ligne. (Réponse sur copie)

**Question 2-3 :**

A partir du descriptif de l'installation défini pages DT1 à DT7 et du document RES 7 élaborer, suivant le modèle du document réponse DR2, le croquis d'agencement de la ligne en mettant en évidence les éléments en redondance, les éléments dépendants et indépendants qui permettent de calculer la disponibilité globale de la ligne. On précise que les machines de déchargement paniers assurent chacune 50% de la production en fonctionnement normal. En cas de défaut de l'une d'elles la production est assurée en totalité par l'autre machine pendant le dépannage.

Concernant les fours 1 et 2 la production est aiguillée vers l'un ou l'autre en fonction des besoins et de la disponibilité de ceux-ci (Réponse sur DR2)

**Question 2-4 :**

On vous demande d'évaluer le potentiel de disponibilité (ou disponibilité intrinsèque) de la ligne à travers ses caractéristiques de maintenabilité et de fiabilité.

Pour cela le service méthodes maintenance met à votre disposition des temps de référence (voir document DT14) établis soit à partir des données constructeur soit à partir d'observations faites sur des matériels identiques utilisés dans d'autres ateliers du groupe.

On effectuera une approximation de la disponibilité en considérant les hypothèses suivantes :

- Les taux de défaillance et de réparation des matériels sont considérés constants.
- Pour les machines placées en redondance passive on considère que la probabilité de non commutation est nulle.

Déterminez la disponibilité théorique de chaque groupe de machine puis la disponibilité théorique de la ligne. Les interventions se font avec plusieurs réparateurs. (Réponse sur copie)

**Question 2-5 :**

Comparez ce résultat avec celui obtenu à la question 2-2 et commentez. (Réponse sur copie)

**b) Analyse et connaissance de la machine de dégraissage et intégration dans la GMAO****Question 2-6 :**

Le service de maintenance ayant récemment acquis une GMAO souhaite intégrer cette machine de dégraissage dans sa base donnée.

Cette intégration nécessite de créer l'arborescence fonctionnelle de la machine de dégraissage

A partir des documents DT1 à DT13 définir sous forme d'un diagramme FAST l'arborescence fonctionnelle de la machine de dégraissage en définissant les sous fonctions (réponse sur DR1) puis donner les sous ensembles structurels (ou chaînes fonctionnelles) réalisant ces fonctions (réponse sur DR1)

**Question 2-7 : (voir Grafjets DT 9 à DT13)**

Selon le programme de dégraissage sélectionné (programme de 1 à 44) le cycle de dégraissage est différent (phases de dégraissage, temps, nombre de répétition des phases de dégraissage, rotation ou non, pivotement du tambour de la chambre de travail).

Le programme automate utilise, pour sélectionner les différentes séquences correspondant au programme choisi, des bits internes notés %M1 à %M6.

Donnez pour le programme N°22 l'état des bits %M1 à %M6 (Réponse sur DR2)

Donnez pour le programme N° 25 l'état des bits %M1 à %M6 (Réponse sur DR2)

**Question 2-8 : (voir Grafjets DT9 à DT13)**

A partir du grafjet de coordination des tâches GCT et des grafjets des différentes tâches, complétez le tableau décrivant l'enchaînement des différentes tâches pour un cycle de programme N°22. On précise que la réceptivité X200 est vraie. X200 correspond à l'étape du grafjet de modes de marches qui autorise le démarrage du cycle (mode de marche production normale sélectionné, ordre départ cycle donné et conditions initiales PO et PC obtenues). (Réponse sur DR2)

Remarque : Ne pas indiquer les situations fugitives.

**Question 2-9 :**

Quel est l'intérêt d'avoir créé une sous tâche GT51 et une sous tâche GT52 ? (Réponse sur copie)

**Question 2-10 :**

Dans le grafjet de tâche GT4 « immersion par jets » quel sera le temps de marche de la pompe de remplissage M26 si on a sélectionné le programme de dégraissage N°25 ? (Réponse sur copie)

**Question 2-11 :**

Que signifie l'action associée à l'étape X40 et celle associée à l'étape X48 ? (Réponse sur copie)  
Quel est le rôle de la variable C0 ? Quelle est son utilité pour le programme ? (Réponse sur copie)

**c) Amélioration de la gestion des rechanges**

Pour assurer la gestion des commandes des composants de rechanges à l'aide de la GMAO, on a besoin de définir les quantités économiques de commandes et les dates de ré-approvisionnement.

On vous demande d'étudier plus particulièrement la gestion des rechanges de deux types de matériels:

- Les détecteurs inductifs des vannes automatiques  $\frac{1}{4}$  de tour équipant également la machine de dégraissage ainsi que 6 autres installations de l'usine (près de 100 détecteurs par machine de dégraissage, de référence : Détecteur Inductif 3 fils PNP NO XS1-M08PA370D) de portée nominale  $S_n = 1,5\text{mm}$  et dont les consommations sur une année sont données dans le dossier technique. (voir DT 14)  
Le tarif 2007 fourni par Schneider indique que le prix unitaire de ces détecteurs est de 50,10€ HT. On considèrera que le taux de possession est de 15% et que le coût de passation d'une commande est de 40€. Le délai d'approvisionnement fourni par Schneider est de 48 heures (fixe).
- Les pompes à vide de la machine de dégraissage sachant que l'on a observé sur 3 ans 10 défaillances de ces pompes.
  - Le taux de possession des pompes est de 20%
  - Le prix d'une pompe est de 4800 € HT
  - Le délai d'approvisionnement de 4 semaines
  - Le coût de pénurie étant estimé à 6300€

**Question 2-12 :**

Déterminez les éléments nécessaires à la gestion des stocks des détecteurs inductifs (mode de gestion, quantité à commander, nombre annuel prévisionnel de commandes, conditions de réapprovisionnement).

**Question 2-13 :**

Déterminez les éléments nécessaires à la gestion des stocks des pompes à vide.

Pour les questions Q2-12 et Q2-13 répondre sur copie et joindre le document réponse DR3.

**3<sup>ème</sup> partie****Problématique:****Amélioration de la maintenance corrective :**

Une politique d'amélioration de la maintenance corrective a été décidée avec pour objectifs de disposer de fiches d'aide au diagnostic sur les différents circuits assurant les différentes phases du nettoyage/dégraissage et séchage des pièces traitées par la machine de dégraissage PERO.

Une pré-étude a déjà été effectuée à partir du dossier technique existant sur le circuit de lavage « plein bain » permettant de disposer de divers documents (Schéma minimal du circuit, Schéma bloc, schémas électriques et pneumatiques, grafkets) (voir documents techniques DT 7 à DT 13 et DT15 à DT 19)

**Question 3-1**

A partir des éléments du dossier technique fourni, du schéma de tuyauterie minimal concernant la fonction « remplir et vider plein bain » faisant apparaître les principaux constituants et de l'exemple du schéma bloc de la chaîne fonctionnelle de remplissage de la chambre de travail (plein bain) (DT 15), élaborez sur le document réponse DR 4 le schéma bloc de la chaîne fonctionnelle vidange de la chambre de travail (plein bain).

**Question 3-2**

Pour tenter de réduire un peu plus les temps d'intervention sur défaillance, on souhaite élaborer des aides au diagnostic plus détaillées.

En utilisant le schéma de tuyauteries minimum et le schéma bloc du circuit « plein bain », dressez, sur le document réponse DR 5, la liste des hypothèses de défaillances du défaut « absence de rotation du moteur de pompe M26 » (on se limitera aux lignes spécifiques à M26).

Définissez les moyens de vérification de ces hypothèses (DR 5).

Hiérarchisez les vérifications à effectuer selon deux critères de classement (DR 5).

Précisez les critères de classement retenus (DR 5).

### Question 3-3

Quels indicateurs de maintenance ces fiches d'aides au diagnostic sont-elles censées améliorer ? (Justifiez votre réponse) (DR5).

### Question 3-4

Dans le même but, les techniciens ont demandé au préparateur de leur expliciter le fonctionnement du système de pilotage de l'ouverture et de la fermeture de la porte d'accès et tout particulièrement le circuit pneumatique qui leur pose des problèmes de sécurisation des interventions lors de travaux dans la chambre de travail (voir DT18 et DT20).

En utilisant les schémas du circuit de pilotage de la porte, explicitez le fonctionnement de ce système en cas de force d'action de fermeture extérieure en complétant le document réponse DR 6 (tenir compte des électrovannes éventuellement pilotées et représenter en rouge les circuits en pression, en vert les circuits à l'échappement et en noir les circuits neutres).

Conclure sur la sécurisation des interventions à l'intérieur de la chambre de travail en envisageant la possibilité d'autres actions extérieures et en envisageant d'autres possibilités de sécurisation (réponse sur copie).

## 4<sup>ème</sup> partie

### Problématique

#### Maintenance améliorative

Plusieurs incidents relevés dans l'historique ont mis en évidence des modifications nécessaires afin d'améliorer la disponibilité de la machine :

Les pompes de remplissage (moteur M26) et de vidange (moteur M66) présentent une fiabilité aléatoire, on envisage donc de les remplacer par des pompes de marque KSB, du type CPKN-CF.

Les moteurs de ces pompes (moteurs M26 et M66) démarrent en direct et, de manière aléatoire, en même temps que le moteur du groupe frigorifique (moteur M130). Lorsque ces démarrages se produisent à pleine charge de la machine, ils provoquent souvent un déclenchement du disjoncteur de protection du câble d'alimentation au niveau du TGBT. Les déclencheurs sont réglés au plus juste.

Une première étude a conclu à l'implantation des nouvelles pompes de chez KSB entraînées par des moteurs Leroy-Somer type FLS 160 MB. Le démarrage de ces moteurs ne se produisant pas en même temps, on envisage de les piloter avec un seul démarreur progressif. Les chronogrammes de fonctionnement du démarreur ont été élaborés. On cherche à compléter le dossier avant de faire réaliser la modification lors du prochain arrêt pour maintenance préventive.

#### Question 4-1

On donne sur le document technique DT 21 les caractéristiques de fonctionnement des pompes de remplissage et de vidange de la chambre de travail.

A partir de ces caractéristiques de fonctionnement et de la documentation des pompes KSB et des moteurs (documents ressources RES 8, RES 9 et RES 19), vérifiez que les pompes proposées sont capables d'assurer les fonctions de remplissage et de vidange de la chambre de travail.

Calculez la puissance de travail des pompes et vérifiez que les moteurs d'entraînement choisis sont convenablement dimensionnés en puissance. Justifiez les réponses.

#### Question 4-2

Les caractéristiques du câble d'alimentation de la machine PERO sont données sur le schéma du TGBT de l'atelier (document technique DT 21).

Identifiez le schéma des liaisons à la terre de l'atelier en précisant la signification des lettres de ce schéma. Quel est son intérêt et quel est son principal inconvénient ?

A partir des documents ressources RES 22 et RES 23 (Merlin-Gérin), justifiez l'impossibilité de relever le seuil de déclenchement magnétique (court-retard) du déclencheur STR 22 SE équipant le disjoncteur de protection du câble.

Quelles sont les fonctions de ce disjoncteur ?

#### Question 4-3

On donne sur le document technique DT 21 les caractéristiques électriques de la machine PERO en charge normale.

En exploitant le document ressources RES 19 des moteurs de pompe et du groupe frigorifique, calculez la pointe de courant lors du démarrage simultané d'une pompe et du groupe frigorifique.

En comparant cette grandeur avec les caractéristiques de réglage du disjoncteur de protection du câble d'alimentation de la machine, justifiez les incidents relevés.

Quelles sont les possibilités techniques permettant de réduire les courants de démarrage des moteurs asynchrones à cage? Quel est leur principal inconvénient ?

#### Question 4-4

On décide d'implanter un démarreur progressif pour les moteurs des pompes de remplissage et de vidange de la chambre de travail. Ce démarreur doit assurer le démarrage de chacune des deux pompes en alternance. La référence conseillée par le constructeur est la suivante :

Démarreur progressif ATS 46 en service standard référence ATS-46D32N

Les cycles d'utilisation les plus sévères de la machine PERO nécessitent 4 remplissages et 4 vidanges de la pompe de travail. La durée d'un cycle d'utilisation de la machine PERO est de 7,5 minutes, temps logistiques compris.

En exploitant la notice technique du démarreur progressif (documents ressources RES 24 et RES 25), justifiez par le calcul le choix du démarreur proposé.

#### Question 4-5

Sur les schémas de puissance des moteurs (document technique DT 16) la ligne E125.5 alimente une entrée d'automate (repérée E125.5) et est identifiée dans le mnémonique par la désignation « défaut disjoncteurs moteurs ».

A quoi sert ce dispositif, quel est son principe de fonctionnement et quel est son principal inconvénient ?

Quelles sont les fonctions assurées par ces disjoncteurs ?

A quelle valeur doit-on régler le déclencheur thermique de ces disjoncteurs ?

Quelle précaution doit-on prendre pour le réglage du déclencheur magnétique de ces disjoncteurs ?

#### Question 4-6

On désire disposer du schéma développé de la modification afin de pouvoir l'intégrer au dossier machine sans attendre.

Sur le modèle de la documentation technique du démarreur progressif et en exploitant le tableau d'affectation des contacteurs ci-dessous, élaborer le schéma de puissance des moteurs M26 et M66 (document réponse DR 7). On retiendra que le repérage équipotentiel et le repérage des composants est fondamental en maintenance.

Fonction du contacteur	Repère
Alimentation du démarreur	KM06
Démarrage du moteur M66	K66M
Couplage au réseau du moteur M66	K66
Démarrage du moteur M26	K26M
Couplage au réseau du moteur M26	K26

## 5<sup>ème</sup> partie

### Problématique:

#### Améliorations de la maintenabilité de la pompe de vidange:

Lors de la vidange de la chambre de travail après la phase d'immersion et de lavage « plein bain », la pompe P66 doit évacuer le solvant qui est chargé d'impuretés et de copeaux. Ce liquide chargé provoque des usures et érosions de la roue de la pompe nécessitant d'effectuer des vérifications périodiques au moyen de visites régulières.

Afin d'effectuer ces visites il est nécessaire de démonter la pompe pour atteindre la roue et effectuer le contrôle de celle-ci (voir documentation technique de la pompe RES 8 à RES 12). Ce démontage consiste à sortir l'ensemble {roue (Rep 230), arbre (Rep 210), couvercle de palier (Rep 161), lanterne de palier (Rep 344) et palier (Rep 330) avec ses roulements}.

Le démontage de cet ensemble nécessite actuellement de désaccoupler le moteur d'entraînement de la pompe, puis de le démonter du socle ce qui implique lors du remontage de re-régler l'alignement de la pompe et du moteur (opération qui prend un temps non négligeable)

D'autre part il est arrivé plusieurs fois que des copeaux (ou des pièces de petites dimensions tombées du panier) provoquent un début de coincement ou des chocs entre roue et volute en cours de production provoquant un arrêt conséquent pour démontage, réparation et réglages.

Afin de réduire les temps d'interventions préventives et correctives on voudrait modifier l'accouplement entre moteur et pompe en intégrant un « espaceur » permettant le démontage de la partie arrière (lanterne, palier, roue, etc.) sans démontage du moteur électrique du socle (ni démontage de la volute du socle) et permettant d'atteindre la roue pour contrôler son état.

L'avantage est également d'éviter de reprendre le réglage de l'accouplement et de minimiser les démontages ce qui apporte ainsi un gain de temps non négligeable des interventions de maintenance.

**Données :**

Couple nominal de l'application : 48,8 Nm

Diamètre arbre moteur :  $\varnothing$  42 mm

Fréquence de rotation : 2935 min<sup>-1</sup>

Pompe de circulation: Marque KSB type CPKN Taille 100-200 Exécution S1/S2

Température de fonctionnement comprise entre -30°C et +150°C

Chocs possibles à l'aspiration (copeaux,..)

Produit convoyé : Tétrachloroéthylène

Etanchéité par garniture mécanique

Pour les questions 5-1 à 5-5 voir documents RES 8 à RES 21

**Question 5-1**

En tenant compte des caractéristiques de l'application, du moteur d'entraînement de la pompe et des données, déterminez le couple nominal T<sub>kn</sub> de l'accouplement. Justifiez en donnant le détail des paramètres intervenant dans le calcul. (Réponse sur copie)

**Question 5-2**

Donnez le diamètre d'arbre de la pompe et choisissez alors l'accouplement en tenant compte des résultats précédents et des caractéristiques nécessaires à l'opération de démontage de la pompe sans démontage du moteur. Justifiez. (Réponse sur copie)

Donnez la référence complète de commande de l'accouplement auprès du fournisseur. (Réponse sur copie)

**Question 5-3 :**

En fonction de la référence retenue déterminez la forme des membranes (nombre de trous) et le nombre de membranes nécessaires. Sachant que les membranes ont une épaisseur de 0,3 mm donnez la cote d'épaisseur totale de l'empilement de membranes. (Réponse sur copie)

**Question 5-4 :**

Donnez la dimension des boulons de montage des paquets des membranes et indiquez le couple de serrage à respecter lors des interventions de visites. (Réponse sur copie)

**Question 5-5**

Proposez le dessin de la nouvelle solution intégrant l'accouplement retenu ainsi que les modifications éventuelles du socle recevant la pompe et le moteur. L'accouplement sera représenté en coupe locale. (Réponse sur DR 8)

Vous indiquerez sur le dessin les cotes et dimensions d'implantation importantes pour la mise en œuvre de la nouvelle solution (seulement celles strictement nécessaires).