

**Final FQ51 – A2009 :** Les documents autorisés sont uniquement les tables de Fischer et celles de TAGUCHI. Les notes manuscrites sur les tables sont autorisées - calculatrice autorisée- votre téléphone mobile doit être éteint et invisible.

**Partie A**

1) Développer la démarche du calcul de la fiabilité dans le cas où la sollicitation ( $C_{ap}$ ) et la résistance ( $C_{ad}$ ) suivent des lois Log-Normales. Utiliser les notations suivantes :

$$L(C_{ap}) = LN(m_{C_{ap}} = \overline{C_{ap}}; s_{C_{ap}}; d = 0) \quad L(C_{ad}) = LN(m_{C_{ad}} = \overline{C_{ad}}; s_{C_{ad}}; d = 0)$$

2) Effectuer des applications numériques concernant la question 1) dans le cas d'un matériau dont les caractéristiques d'endurance ( $\sigma_D$ ) à  $10^7$  cycles sont les suivantes:  $\overline{C_{ad}} = \overline{\sigma}_D = 0,0237$  MNm et

$S_{C_{ad}} = S_{\sigma_D} = 0,003$  MNm et pour les configurations suivantes en sollicitation

$$L(Cap) = LN(0,01; 0,003) \quad L(Cap) = LN(0,015; 0,003) \quad L(Cap) = LN(0,02; 0,003)$$

3) Avec ce même matériau, on réalise une poutre qui doit supporter un moment de flexion  $M_F$ . Le moment ultime ( $M_u = C_{ad}$ ) à laquelle peut résister cette poutre est fourni par l'expression suivante :

$$M_u = C_{ad} = A_s \cdot d \cdot f_y - K \cdot \frac{A_s^2 \cdot f_y^2}{b \cdot f_c} \quad \text{Nous écrivons aussi cette expression de la manière}$$

$$\text{suivante} \quad Z = M_u = C_{ad} = z_2 \cdot z_3 \cdot z_4 - \frac{z_5 \cdot z_3^2 \cdot z_4^2}{z_6 \cdot z_7}$$

4) Exprimer la fiabilité (R) de la poutre en fonction de  $M_F$  et de  $M_u$

5) Démontrer que la fiabilité s'obtient par le calcul de l'indice de fiabilité  $Z_R$  en faisant l'hypothèse que toutes les variables aléatoires (d'entrées et composées), suivent des lois Normales. Avec

$$Z_R \text{ qui s'exprime de la manière suivante : } Z_R = - \frac{\overline{C_{ap}} - \overline{C_{ad}}}{\sqrt{S_{C_{ap}}^2 + S_{C_{ad}}^2}}$$

6) Exprimer  $\overline{C_{ad}}$  et  $s_{C_{ad}}$  et le coefficient de variation de  $C_{ad}$  en fonction des paramètres des autres variables aléatoires ( $Z_i$ ). Vous pouvez utiliser les relations suivantes :

$X^n = (\overline{X})^n \left[ 1 + 0,5 * n * (n-1) * v_X^2 \right] \quad (\text{pour } n = 2, 3, 4, \dots)$ $\text{Var}(X^n) = \text{Var}(X) (n * (\overline{X})^{n-1})^2 \quad (n=3, 4, 5, \dots)$ <p style="text-align: center;">Pour n=2</p> $\text{Var}(X^2) = 4 \text{Var}(X) (\overline{X})^2 (1 + 0,5 * v_X^2)$	$\left( \frac{X_1}{X_2} \right) \approx \frac{\overline{X}_1}{\overline{X}_2} \quad (X_1 \cdot X_2) \approx \overline{X}_1 \cdot \overline{X}_2$ $\text{Var} \left( \frac{X_1}{X_2} \right) \approx \left( \frac{\overline{X}_1}{\overline{X}_2} \right)^2 \cdot \left[ \frac{v_1^2 + v_2^2}{1 + v_2^2} \right]$ $\text{Var}(X_1 \cdot X_2) \approx (m_1 \cdot m_2)^2 \cdot [v_1^2 + v_2^2 + v_1^2 v_2^2]$
--	--

7) Effectuer une application numérique avec les données suivantes :

variables		moyenne	Ecart-type
$M_F$	$Z_1$	0.01 MNm	0.003 MNm
d	$Z_2$	0.3 m	0.015 m
$f_y$	$Z_3$	360 MPa	36 MPa
$A_s$	$Z_4$	226 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup>	11.3 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup>
K	$Z_5$	0.5	0.05
b	$Z_6$	0.12 m	0.006 m
$f_c$	$Z_7$	40 MPa	6 MPa

## **Partie B**

Un plan factoriel complet avec trois facteurs A, B, C chacun variant à deux modalités (- et +) a été réalisé pour étudier leurs effets sur une variable de réponse Y. Le plan a été répété une autre fois. Répondez aux questions suivantes et justifier.

- a. Combien de traitements distincts sont présents dans cette expérience?
- b. Combien d'essais ont été réalisés?
- c. Préciser l'avantage et l'inconvénient d'avoir répété le plan.
- d. Quelle serait votre stratégie pour le choix des modalités de chaque facteur?
- e. Faites la liste de tous les effets que l'on peut estimer.
- f. Donnez le nom d'une méthode statistique graphique avec laquelle on peut visualiser les résultats des essais; précisez les critères de votre méthode qui permet de s'assurer que l'expérience a été une réussite. Précisez le sens de ce que vous entendez par réussite.
- g. Donnez le nom de la méthode statistique principale avec laquelle les résultats observés de Y seront analysés; comment s'appelle la synthèse numérique de cette analyse? Précisez les principaux éléments de cette analyse.
- h. L'erreur expérimentale est estimée avec combien de degrés de liberté avec la méthode (g)? Donnez la formule pour le calcul de cette estimation.
- i. La méthode statistique proposée en (f) permet-elle d'estimer l'erreur expérimentale? Donnez la formule pour le calcul de cette estimation.
- j. Supposons que le test F montre que l'effet d'interaction de A et B est statistiquement significatif. Expliquez en mots et illustrez graphiquement.
- K. Scénario 1:** l'analyse statistique montre que les facteurs A, B, C n'ont aucun effet significatif sur Y dans l'espace expérimental considéré.
  - **K1** Décrire le comportement du graphique qui a été proposé à la question (f)
  - **K2** Proposer une équation de prédiction pour la réponse Y
  - **K3** Proposer un objectif possible de l'expérience qui permettrait de conclure que l'expérience est un échec.
  - **K4** Proposez un objectif possible de l'expérience qui permettrait de conclure que l'expérience est un succès.
- L. Scénario 2:** l'analyse statistique montre que : la moyenne générale de tous les essais est de 100, l'erreur expérimentale estimée ( $\sigma$ ) est de 2, le facteur A possède un effet principal significatif de -20, le facteur B possède un effet principal significatif de 10, l'effet d'interaction de A et B est non significatif, le facteur C est inerte (il n'y a pas d'effet principal significatif, pas d'effet d'interaction significatif avec A, pas d'effet d'interaction significatif avec B).
  - **L1** Décrivez le comportement graphique global de la réponse avec la méthode proposée à la question (f). (l'allure seulement, pas de valeurs numériques).
  - **L2** Après cette analyse, comment pourrait-on décrire un rôle statistique joué par le facteur C ?
  - **L3** Illustrez graphiquement l'allure de la réponse Y en fonction des facteurs A et B: placer le facteur A sur l'axe des X .
  - **L4** Si on veut maximiser Y quel serait votre choix pour A et B ? Quel serait votre la valeur de la prédiction de Y ? Quelle serait une recommandation pour le choix de C et précisez votre critère.
  - **L5** Si on veut contrôler Y à une valeur cible de 80, quelle serait votre recommandation pour les modalités des facteurs A, B, C ?

**Sujet d'examen final FQ51 - Partie 3 : Les outils de la qualité -(Estelle FREY)**

1. **AMDEC (12 points)** : Répondez aux questions suivantes par une ou plusieurs croix dans les cases vides à droite des propositions (le type de question - nombre de réponses attendues - est précisé au-dessus). (les réponses peuvent être multiples)

<b>Question 1</b>	<b>Une AMDEC est une</b>	
<b>proposition 1</b>	Analyse des Moyens et Défauts Environnementaux Critiques	
<b>proposition 2</b>	Analyse des Modes de Défaillance Et de leur Criticité	
<b>proposition 3</b>	Analyse des Modes de Défaillance des Effets et de la Criticité	
<b>proposition 4</b>	Analyse des Moyens de Détections des Effets Critiques	
<b>Question 2</b>	<b>L'AMDEC est applicable</b>	
<b>proposition 1</b>	uniquement aux moyens de production	
<b>proposition 2</b>	uniquement aux produits	
<b>proposition 3</b>	uniquement au process	
<b>proposition 4</b>	aux produits, process et moyens	
<b>Question 3</b>	<b>Dans l'ordre méthodologique il y a</b>	
<b>proposition 1</b>	AMDEC AFE AFI	
<b>proposition 2</b>	AFI AMDEC AFE	
<b>proposition 3</b>	AFE AFI AMDEC	
<b>proposition 4</b>	AFI AFE AMDEC	
<b>Question 4</b>	<b>L'AMDEC est une méthode qui se pratique</b>	
<b>proposition 1</b>	en groupe de travail	
<b>proposition 2</b>	seul	
<b>proposition 3</b>	en alternant les phases en groupe de travail et seul	
<b>Question 5</b>	<b>En AMDEC, lorsqu'on mène une action corrective, les actions peuvent impacter la cotation de</b>	
<b>proposition 1</b>	la gravité	
<b>proposition 2</b>	la fréquence	
<b>proposition 3</b>	la détection	
<b>proposition 4</b>	aucune cotation	
<b>Question 6</b>	<b>En AMDEC, la cotation de la gravité est liée à</b>	
<b>proposition 1</b>	la cause	
<b>proposition 2</b>	le mode de défaillance	
<b>proposition 3</b>	le mode de défaillance et la cause	
<b>proposition 4</b>	l'effet	
<b>Question 7</b>	<b>En AMDEC, lors de la recotation, la seule cotation ne devant pas varier est</b>	
<b>proposition 1</b>	la gravité	
<b>proposition 2</b>	la fréquence	
<b>proposition 3</b>	la détection	
<b>Question 8</b>	<b>En AMDEC, la cause engendre</b>	

proposition 1	l'effet	
proposition 2	la détection	
proposition 3	le mode de défaillance	
proposition 4	aucun lien spécifique	
<b>Question 9</b>	<b>En AMDEC, le mode à pour conséquence</b>	
proposition 1	l'effet	
proposition 2	la cause	
proposition 3	la détection	
proposition 4	la cotation	
<b>Question 10</b>	<b>La criticité est</b>	
proposition 1	le produit de la gravité par la fréquence par la détection	
proposition 2	la moyenne de la gravité, de la fréquence et de la détection	
proposition 3	le produit de la gravité par la fréquence divisé par la détection	
proposition 4	la somme de la gravité, de la fréquence et de la détection	
<b>Question 11</b>	<b>La criticité a pour but</b>	
proposition 1	de hiérarchiser les points critiques pour les actions correctives	
proposition 2	de limiter le nombre d'actions correctives	
proposition 3	de ne traiter que les éléments les plus critiques	
proposition 4	de connaître le point le plus critique	
<b>Question 12</b>	<b>Le seuil de criticité limite à partir duquel on met des actions correctives en place est toujours de 100</b>	
proposition 1	VRAI	
proposition 2	FAUX	

## 2. QFD (8 points)

Les deux maisons suivantes représentent les deux premières phases d'un projet de conception d'une charnière de porte de voiture. La première phase croise les « besoins client » avec les « spécifications produit » (ou encore « critères de valeur »). La seconde phase croise les « spécifications produit » avec les « solutions techniques ». La méthode du QFD n'a pas encore été appliquée totalement au produit concevoir car les ingénieurs se sont rendu compte qu'il y avait un certain nombre d'erreurs dans le première maison et dans la seconde (8 plus exactement... !). Retrouvez ces erreurs, entourez-les (moitié des points) et écrivez la correction à côté (autre moitié des points).

"Quoi"																
		Poids "Quoi"	FP1 - Angle d'ouverture mini : 47°	FP1 - Angle d'ouverture maxi de la charnière de porte : 70°	FP2 - Effort d'ouverture maxi : 50N	FP2 - Effort de fermeture maxi : 40N	FP2 - Moment inverse au mouvement maxi : 10N.m	FP3 - Précision de la porte par rapport à l'affleurement de la caisse : 0,05°	FC1 - Effort axial : 10000 N.mm	FC1 - Effort latéral : 8000N.mm	FC2 - Norme de sécurité applicable : NF XXX	FC3 - Formes au design attirant	FC3 - Couleurs sobres	FC4 - Température maxi : 60°C	FC4 - Température mini : -15°C	FC4 - Taux d'humidité : 100%
FP1 : Faire pivoter la porte par rapport à la caisse	10	9	9	9	3	3	3	1	1	1	1	0	0	1	1	1
FP2 : Faciliter l'ouverture et la fermeture de la porte	9	3	3	3	9	9	9	1	1	1	1	0	0	1	2	1
FP3 : Assurer la solidarité entre la porte et la caisse	7	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	0	0	1	1	1
FC1 : Chocs éventuels	6	0	0	0	0	1	0	0	9	9	3	0	0	1	1	1
FC2 : Respecter les normes en vigueur	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
FC3 : Plaire à l'œil	13	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	9	9	0	0	0
FC4 : Résister à l'environnement extérieur	4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	9	9
Poids Total	124	124	118	118	124	121	84	100	129	117	117	32	77	68		

