

**Examen final UV FQ03 – A2014 -
(Documents autorisé : cours / TD)**

Exercice 1 (13 pts): Processus de traitement thermique des ressorts

Lors de la phase de mise en forme d'un ressort à partir de fil d'acier, on effectue souvent un traitement thermique pour éliminer les contraintes internes emmagasinées lors de la déformation plastique du fil. Pour cela, une étude a été menée pour étudier l'influence de différents facteurs sur la longueur des ressorts après traitement.

Les 5 facteurs considérés sont :

- A : Température du four
- B : Temps de chauffage
- C : Temps de transfert
- D : Temps de maintien
- E : Température de l'huile

La réponse étudiée Y est la longueur des ressorts (en cm) à vide après traitement.

Cette étude est divisée en 3 parties.

1ere partie : Analyse d'un plan fractionnaire

essais	A	B	C	D	E	Réponse (3 repetitions)			Moyenne
						Y1	Y2	Y3	
1	-1	-1	-1	-1	-1	7,78	7,78	7,81	7,790
2	1	-1	-1	1	-1	8,15	8,18	7,88	8,070
3	-1	1	-1	1	-1	7,5	7,56	7,5	7,520
4	1	1	-1	-1	-1	7,59	7,56	7,75	7,633
5	-1	-1	1	1	-1	7,54	8	7,88	7,807
6	1	-1	1	-1	-1	7,69	8,09	8,06	7,947
7	-1	1	1	-1	-1	7,56	7,52	7,44	7,507
8	1	1	1	1	-1	7,56	7,81	7,69	7,687
9	-1	-1	-1	-1	1	7,5	7,25	7,12	7,290
10	1	-1	-1	1	1	7,88	7,88	7,44	7,733
11	-1	1	-1	1	1	7,5	7,56	7,5	7,520
12	1	1	-1	-1	1	7,63	7,75	7,56	7,647
13	-1	-1	1	1	1	7,32	7,44	7,44	7,400
14	1	-1	1	-1	1	7,56	7,69	7,62	7,623
15	-1	1	1	-1	1	7,18	7,18	7,25	7,203
16	1	1	1	1	1	7,81	7,5	7,59	7,633

L'objectif de cette première étude est de **minimiser la longueur à vide des ressorts** de suspension à la suite du traitement thermique. Un plan fractionnaire 2^{5-1} a été réalisé (tableau à gauche).

Dans cette étude nous **ne considérons que les interactions : AB, AC, BC, AE, BE, CE et DE**, les autres interactions sont négligées. Le générateur d'alias pour le facteur D est I=ABCD

Question

1.1 Faites l'analyse de ce plan

Données complémentaires

SCE total=2,8908, moyenne globale $\bar{Y} = 7.6256$

Facteurs	A	B	C	D	E
Effet au niveau (+1)	0,1210	-0,0819	-0,0248	0,0456	-0,1194

Interactions	AB	AC	BC	AE	BE	CE	DE
Effet au niv (+1)	-0,0148	0,0006	-0,0115	0,0319	0,0765	-0,0165	0,0198

2e partie : Analyse de la robustesse

L'analyse précédente a permis de minimiser la longueur des ressorts. Nous fixons comme deuxième objectif de minimiser la variabilité de cette longueur en considérant le facteur E (Température de l'huile) comme un facteur bruit. Le ratio signal Bruit S/N est calculé pour chaque essai k à partir de la formule suivante :

$$S/N_k = -10 \log(s_k^2), \text{ avec } s_k^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r (y_{ijk} - \bar{y}_k)^2$$

Les résultats des essais ainsi que les valeurs de S/N sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Essai	A	B	C	D	E(-1)			E(+1)			S/N
					Rep1	Rep2	Rep3	Rep1	Rep2	Rep3	
1	-1	-1	-1	-1	7,78	7,78	7,81	7,5	7,25	7,12	10,46
2	1	-1	-1	1	8,15	8,18	7,88	7,88	7,88	7,44	11,50
3	-1	1	-1	1	7,5	7,56	7,5	7,5	7,56	7,5	30,18
4	1	1	-1	-1	7,59	7,56	7,75	7,63	7,75	7,56	21,01
5	-1	-1	1	1	7,54	8	7,88	7,32	7,44	7,44	11,29
6	1	-1	1	-1	7,69	8,09	8,06	7,56	7,69	7,62	12,76
7	-1	1	1	-1	7,56	7,52	7,44	7,18	7,18	7,25	15,27
8	1	1	1	1	7,56	7,81	7,69	7,81	7,5	7,59	17,62

Question

2.1 Faire l'analyse de robustesse de ce plan. **Ne considérer que les interactions AB, AC et BC**, les autres sont supposées d'effet négligeable.. Quelles sont vos conclusions ?

Données complémentaires pour l'analyse de robustesse

SCE_total_SN= 312,37, moyenne globale_SN = 16.26

Facteurs	A	B	C	D
Effet niveau (+1)	-0,5353	4,7583	-2,026	1,3871

Interactions	AB	AC	BC
Effet niveau(+1)	-1,166	1,49387	-2,5494

3^{ème} partie : Extension de l'étude

Les expérimentations précédentes ont été réalisées à l'aide d'une huile dont l'indice de viscosité V était fixé par le cahier des charges d'un client ($V=V_0$). Nous souhaiterions proposer une optimisation qui serait valide pour différents niveaux de viscosité (V_1, V_2, V_3 avec $V_3 > V_2 > V_1 > V_0$ pour différents clients) et garantirait des performances similaires au cas $V=V_0$. Quelle approche proposeriez-vous pour mener une telle étude ? Détailler les différentes étapes.

Exercice 2 (4 pts)

Dans le cadre de 2 cas d'études, nous cherchons à construire un plan d'expériences impliquant 2 facteurs de contrôle. L'objectif est de construire dans chaque cas, un plan d'expériences nécessitant le **minimum d'essais**. Pour chaque cas, des données préliminaires ont permis d'obtenir les réponses moyennes pour chaque facteur pour 3 niveaux différents (voir Figures (A) : Cas N°1 et (B) : Cas N°2). Pour chaque cas déterminer parmi les affirmations suivantes la meilleure stratégie pour minimiser le nombre d'essai :

- Facteurs à 2 niveaux et modèle linéaire
- Facteurs à 3 niveaux et modèle linéaire
- Facteurs mixtes 2 et 3 niveaux et modèle linéaire.
- Facteurs à 2 niveaux et modèle du 2^e degré.
- Facteurs mixtes 2 et 3 niveaux et modèle du 2^e degré.

Justifier votre choix et définir dans chaque cas le plan d'expérience à réaliser.

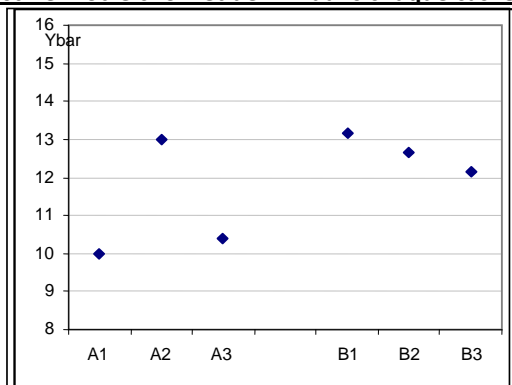


Figure (A) : Cas N°1

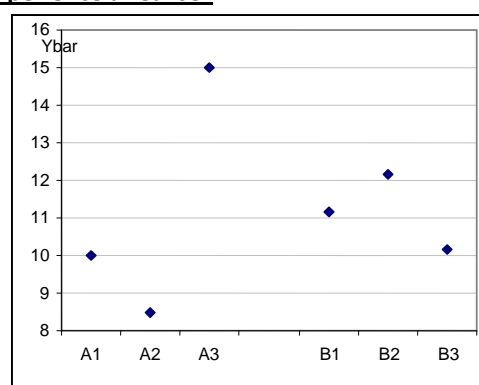
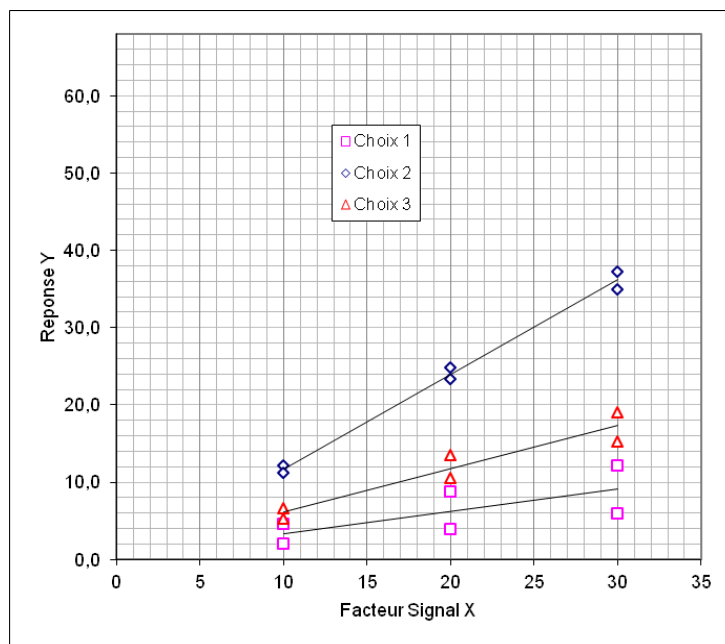


Figure (B) : Cas N°2

Exercice 3 : Robustesse dynamique (3pts)2



(C)

Dans le cadre d'une optimisation robuste dynamique, nous avons représenté la réponse Y en fonction du facteur signal X pour 2 niveaux différents du facteur bruit (voir figure (C)). Nous avons représenté 3 choix possibles de réglages pour les facteurs de contrôle.

L'objectif de cette étude est de minimiser la sensibilité au facteur signal en limitant l'effet du facteur bruit. Quel choix proposeriez vous ? **Justifier votre réponse**