

PROJET7 FISE/FISA ENCOLLEUSE 3D

WORKSHOP PLAN D'EXPERIENCES

NOVEMBRE 2021

Exercice 1. Dépouillement d'un plan d'expériences simple

Un institut de recherche en agro-industrie souhaite tester l'efficacité d'un nouvel engrais. Pour cela, les chercheurs font germer quatre plants de maïs dans des conditions différentes et mesurent la hauteur du plant après un mois.

Numéro essai	Conditions d'essai	Hauteur finale (cm)
1	Sans Engrais, Sans Lumière	15
2	Sans Engrais, Avec Lumière	20
3	Avec Engrais, Sans Lumière	25
4	Avec Engrais, Avec Lumière	40

- Quels sont les facteurs étudiés ?
- Combien de niveaux ont été testés pour chaque facteur ?
- Le plan d'expériences suivi est-il complet ou fractionnaire ? Comment le note-t-on ?
- La méthode quantitative pour comparer les effets de chaque facteur s'agit de calculer son effet moyen. Présenter le graphe des effets de chaque facteur. En déduire le facteur le plus significatif.

Une modélisation du comportement des plants en fonction des conditions d'essais est supposée régi par :

$$R = M + \Sigma \text{ des effets moyens de chaque facteur}$$

- Que signifie M ?
- Calculer les résidus de ce modèle. Que constatez-vous de la précision de cette première modélisation ? Justifiez.
- Proposer une action corrective et proposer un deuxième modèle de comportement des plants. Constater les faits et conclure l'étude.

Exercice 2. Dr. Taguchi et la tuilerie Ina Seito

L'histoire se passe au Japon en 1953, lorsque l'usine Ina Seito acheta un nouveau four tunnel chauffé au fioul. Les tuiles, démoulées sur des coquilles, étaient empilées sur des wagonnets qui circulaient à travers le four où elles étaient soumises à la cuisson. Dès la mise en service du four, on constata que les tuiles placées sur la périphérie de l'empilement ne cuisaient pas de façon uniforme et sortaient du four à des largeurs très variées, ce qui entraînait un taux de rebut très important. Les dirigeants de l'entreprise consultèrent le docteur Taguchi. Ce dernier réunissait tous les experts de la fabrication et de la cuisson des tuiles pour une séance de brainstorming. Il fallait donc identifier les facteurs susceptibles d'avoir un effet sur les dimensions des tuiles. Une discussion réunissant toute l'équipe eut lieu et, finalement, 7 facteurs furent retenus comme le montre le tableau suivant :

Facteurs à tester	Niveau 1	Niveau 2
A : Quantité de pierre à chaux	5%	1% (actuel)
B : Granulométrie des additifs	grossière (actuelle)	fine
C : Quantité d'agglomérant	43%	53% (actuel)
D : Type d'agglomérant	nouveau	actuel
E : Lot de chargement	1300	1200 (actuel)
F : Quantité de rebroyé	0% (actuel)	4%
G : Quantité de felspath	5%	(actuel) 0%

Taguchi proposa un plan d'expériences comportant seulement 8 essais. Il fût décidé que le résultat de chacun des essais serait exprimé par *'le pourcentage de tuiles cuites situées en dehors des tolérances dimensionnelles admises'*. Les essais furent faits et ci-dessous les résultats :

N° essai	Facteurs testés							Résultats de l'essai
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	16%
2	1	1	1	2	2	2	2	17%
3	1	2	2	1	1	2	2	12%
4	1	2	2	2	2	1	1	6%
5	2	1	2	1	2	1	2	6%
6	2	1	2	2	1	2	1	68%
7	2	2	1	1	2	2	1	42%
8	2	2	1	2	1	1	2	26%

- Quelles sont les caractéristiques de cette table que Taguchi proposait ?
- En observant attentivement ce plan, qu'est-ce qu'on peut remarquer de la combinaison des niveaux des facteurs ?
- Procéder au dépouillement du plan d'expériences (vous pouvez le faire sur tableur/sur Excel) et proposer la combinaison de paramètres permettant de minimiser le taux de rebut.
- Prédire le taux de rebut correspondant à la combinaison choisie précédemment.
Conclure.

Exercice 3. Le circuit RLC à variables codées.

Soit un circuit oscillant type RLC, alimenté par un signal constant en U , I et fréquence f . Le problème est de quantifier d'une manière simple la puissance consommée par le circuit en fonction des valeurs de ses composants. Les paramètres retenus pour les expériences sont R , L

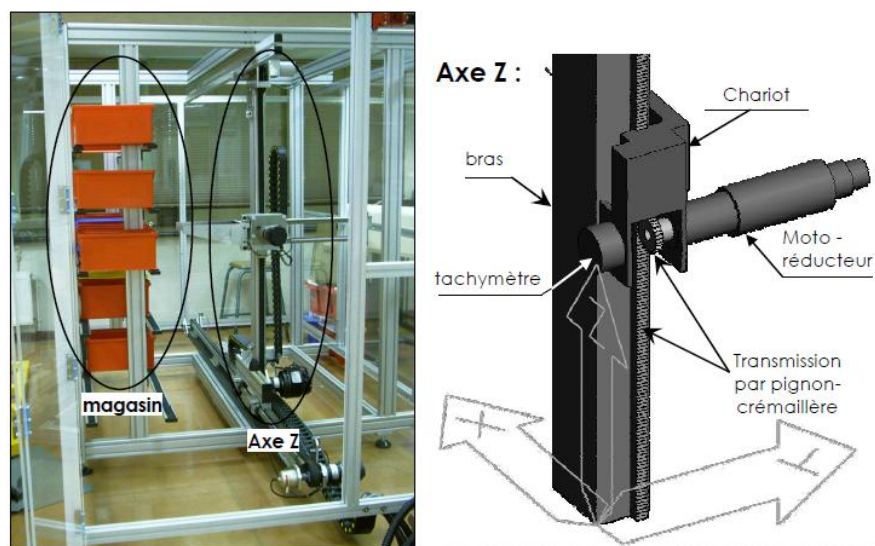
et C (valeurs des composants du circuit). En réponse, on mesure en watts la puissance dissipée dans ce circuit.

Numéro de l'essai	L (mH)	R (k Ω)	C (μ F)	Y (W)
1	10	100	10	2,05
2	10	110	10	2,40
3	10	100	20	1,95
4	10	110	20	2,40
5	20	100	10	1,95
6	20	110	10	2,50
7	20	100	20	2,05
8	20	110	20	2,45

- Calculer la moyenne des essais, les effets moyens et les effets d'interactions. Justifier les effets prépondérants.
- En faisant des hypothèses nécessaires sur le comportement du système, estimer la puissance dissipée pour :
 - $R = 105 \text{ k}\Omega$, $L = 15 \text{ mH}$, $C = 18 \mu\text{F}$.
 - $R = 120 \text{ k}\Omega$, $L = 30 \text{ mH}$, $C = 25 \mu\text{F}$.

Exercice 4. Le transgerbeur

On considère un transgerbeur dont l'axe Z est commandé par un automate programmable. Le programme pilote dépend de la cinématique désirée du déplacement des caisses. L'étude qui suit vise donc à optimiser cette cinématique.

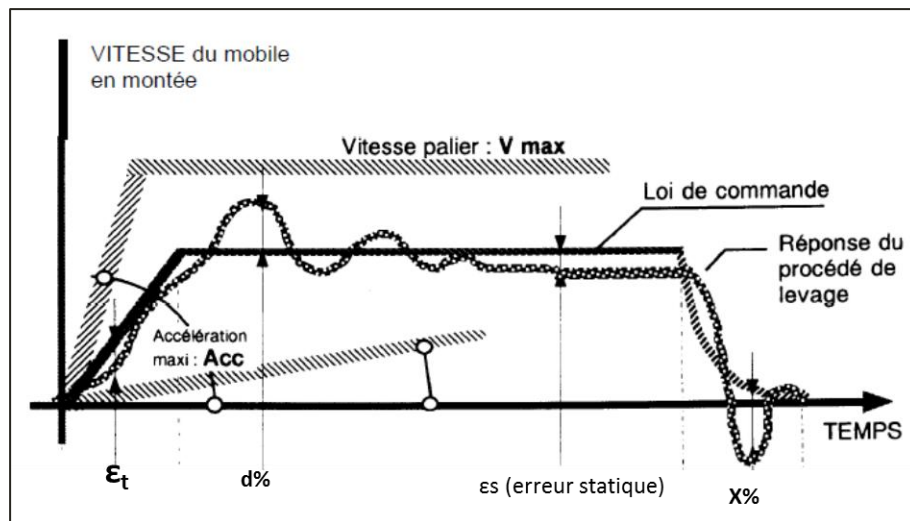


Pour ce faire, nous nous intéressons à l'influence des paramètres de la configuration du programme sur le comportement de ce sous-système de levage. Les paramètres sont accessibles au régleur par mots implantés en mémoire dans l'automate programmable dédié au moteur électrique de l'axe Z.

Les paramètres accessibles dans le programme concernent :

- L'accélération souhaitée durant la phase de mise en vitesse, exprimée par l'accélération angulaire de l'arbre du moteur (1500 à $3000 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$) ;
- La vitesse nominale souhaitée en atteinte du palier, exprimée par la vitesse angulaire (pulsation) de l'arbre du moteur (180 à $270 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$) ;
- La distance à partir de laquelle on commence le ralentissement D (2 à 4 cm).

Le but recherché est d'obtenir le déplacement le plus rapide possible pour aller d'un point à un autre tout en respectant le profil de vitesse donné par la loi de commande. Ci-dessous le comportement de la réponse du procédé de levage sur l'axe Z :



La qualité de la réponse est supposée régie par les grandeurs suivantes :

- La valeur absolue de l'erreur de traînage, notée ϵ_t
- Le dépassement de vitesse nominale, caractérisé par $d\%$
- L'oscillation maximale au voisinage de l'arrêt, caractérisé par $x\%$

Des simulations ont été réalisées pour étudier l'influence des paramètres sur les caractéristiques de la réponse du chariot. Le tableau ci-dessous résume les modalités de ces simulations et les résultats obtenus :

N° essai	$\omega \text{ (rad}\cdot\text{s}^{-2}\text{)}$	$\omega \text{ (rad}\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$	$D \text{ (cm)}$	ϵ_t	$d\%$	$x\%$
1	1500	180	2	1,22	2	5
2	3000	180	2	1,20	8,5	0
3	1500	270	2	0,98	0	22
4	3000	270	2	0,90	6	27

N° essai	$\dot{\omega}$ (rad·s ⁻²)	ω (rad·s ⁻¹)	D (cm)	ϵ_t	d%	x%
5	1500	180	4	1,40	0	0
6	3000	180	4	1,40	8,5	0
7	1500	270	4	1,00	4	0
8	3000	270	4	1,05	6	0

- 1) Tracer les graphes des effets individuels des facteurs et interpréter.
- 2) Sans tenir compte des interactions, si on veut garder un temps correct de montée avec peu de dépassement de vitesse et un positionnement rapide du chariot, quel est le meilleur compromis que vous pourriez proposer sur la configuration des paramètres ?
- 3) En prenant en compte les interactions, estimer ϵ_t , $x\%$ et $d\%$ pour $\dot{\omega} = 1500$ (rad·s⁻²) ; $\omega = 240$ (rad·s⁻¹) et D = 3 cm.
- 4) En prenant en compte les interactions, prédire les valeurs de ϵ_t , $x\%$ et $d\%$ pour la configuration que vous avez définie dans la question n°2.