



Lebanese University
Faculty of Sciences 3, Tripoli/Lebanon
Master Chemistry, CHEM420

Experimental Design

Old Exams (2011-2012 until 2016-2017)

Questions&Answers

Last Update: 03.09.2023 15:50

Table of Contents

1	2011-2012 Examen finale 2eme session (2 hours)	3
1.1	Questions	3
1.2	Solutions (1ok)	6
2	2012-2013 Examen finale 2eme session (2 hours)	7
2.1	Questions	7
2.2	Answers (1 ok)	9
3	2015-2016 Examen Partiel (1 hour)	10
3.1	Questions	10
3.2	Answers (1 ok)	12
4	2015-2016 Examen final 1ere session (2 hours)	13
4.1	Questions	13
4.2	Answers (1 ok)	17
5	2015-2016 Examen finale 2eme session (2 hours)	19
5.1	Questions	19
5.2	Answers (1 ok)	22
6	2016-2017 Examen finale, 2eme session (2 hours)	23
6.1	Questions	23
6.2	Answers (1 ok)	25
	Literature	27

1 2011-2012 Examen finale 2eme session (2 hours)

1.1 Questions

Université Libanaise
 Faculté des Sciences 3
 Tripoli - Liban

Final

الجامعة اللبنانية
 كلية العلوم - الفرع الثالث
 طرابلس - لبنان

Chim 420
 Durée : 2 heures

2ème session
 2011-2012

E1. Une étude a été réalisée afin de déterminer l'influence de 7 facteurs sur la productivité des employés effectuant des opérations manuelles. La variable de réponse Y est le temps (secondes) requis pour accomplir une tâche. Les facteurs de l'étude sont:

Facteur	Modalité	
	(-)	(+)
A	présence surveillant	non
B	sexe de l'employé	oui
C	période journée	homme
D	température pièce	femme
E	musique ambiance	matin
F	âge de l'employé	19°C
G	localisation usine	fin après midi
		24°C
		non
		oui
		25 ans ou moins
		plus de 25 ans
		Montréal
		Québec

Les résultats de l'étude furent obtenus avec un plan factoriel de 16 essais. La valeur de Y est la moyenne obtenue pour un groupe de 25 employés.

Essai	A	B	C	D	E	F	G	Y
1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	21,86
2	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	41,10
3	-1	1	-1	-1	1	1	1	48,65
4	1	1	-1	1	-1	-1	1	13,46
5	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	52,27
6	1	-1	1	1	1	1	1	45,68
7	-1	1	1	1	-1	1	-1	35,79
8	1	1	1	-1	1	-1	-1	59,51

Essai	A	B	C	D	E	F	G	Y
9	1	1	1	-1	-1	1	1	49,98
10	-1	1	1	1	1	-1	1	43,70
11	1	-1	1	1	-1	-1	-1	34,67
12	-1	-1	1	-1	1	1	-1	58,84
13	1	1	-1	1	1	1	-1	24,89
14	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	41,02
15	1	-1	-1	-1	1	-1	1	48,26
16	-1	-1	-1	1	-1	1	1	14,46
Moyenne								39,63

1. S'agit-il d'un plan factoriel complet ou fractionnaire ? Justifiez.
2. Expliquez la démarche adoptée par l'expérimentateur pour mener son plan des essais.
3. En cas d'adoption d'un plan factoriel fractionnaire, écrivez le(s) G.G.A. et décrivez comment les effets et les interactions sont-ils aliésés.
4. Calculez les effets et les interactions qui vous semblent possibles.
5. A partir des résultats obtenus, prononcez-vous sur les effets et les interactions qui portent une signification. Précisez les conditions pour avoir la meilleure productivité.
6. En utilisant les valeurs obtenues à la question (4), quelle est la représentation expérimentale qui traduira le système étudié ? Si cela est possible, explicitez-la sous forme graphique en l'annotant de manière complète.
7. Est-il possible de conclure sur l'erreur expérimentale commise ? Si oui, procédez à son calcul en décrivant brièvement la méthode utilisée. Dans le cas contraire, présentez succinctement les méthodes qu'on pourra mettre au point expérimentalement pour accéder à cette erreur ?

E2. Un ingénieur veut étudier l'effet de 8 facteurs A, B, C, D, E, F, G, H d'un procédé sur une caractéristique de qualité Y. Il décide de faire varier chaque facteur à 2 modalités et d'employer un plan de 16 essais 2^{8-4} de résolution IV. Le plan sera défini de la manière suivante :

- A, B, C, D en plan factoriel complet de 16 essais.
- E, F, G, H avec des interactions triples de type XXX définies avec les facteurs A, B, C, D et $E = ABC$ ou $E = -ABC$, $F = ACD$ ou $F = -ACD$.

Le procédé présente 2 restrictions pour les combinaisons suivantes :

- A, B, C et E ne peuvent pas prendre simultanément les modalités (-),
- A, C, D et F ne peuvent pas prendre simultanément les modalités (+).

1. Définissez le plan 2^{8-4} afin de satisfaire les restrictions ci-haut. Écrivez E, F, G, H en terme des interactions triples de A, B, C, D en respectant la définition du plan explicitée plus haut.

2. Complétez les colonnes E, F, G, H.

Contraste	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Facteur	A	B	C	D	E	F	G	H
Essai								
1	-	-	-	-				
2	-	-	-	+				
3	-	-	+	-				
4	-	-	+	+				
5	-	+	-	-				
6	-	+	-	+				
7	-	+	+	-				
8	-	+	+	+				
9	+	-	-	-				
10	+	-	-	+				
11	+	-	+	-				
12	+	-	+	+				
13	+	+	-	-				
14	+	+	-	+				
15	+	+	+	-				
16	+	+	+	+				

3. Serait-il utile de faire suivre ce premier plan par un deuxième plan défini par une réflexion complète du premier plan? Justifiez votre réponse.
4. Calculez le nombre total d'interactions doubles (AB, AC, ...). Est-il possible de séparer tous les effets principaux et toutes ces interactions avec un plan de 32 essais? Justifiez.

E3. 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.

1. Combien de traitements distincts sont présents dans cette expérience?
2. Combien d'essais ont été réalisés?
3. Précisez l'avantage et l'inconvénient d'avoir répété le plan.
4. Quelle serait votre stratégie pour le choix des modalités de chaque facteur?

Bon travail!

1.2 Solutions (10k)

2ème session 2011-2012
 Exercice 1:
 7 facteurs

Réponse: Temps requis pour accomplir une tâche (en seconde)

1) Plan complet: 2^7 essais = 128 essais.
 $16 = 2^4 = \frac{2^7}{2^3}$

plan de base: 2^4
 4 facteurs principaux.
 3 facteurs suppl \rightarrow 3 int.

Plan fractionnaire car il a fait 16 essais au lieu de 2^7 .

2) On prend un plan de base 2^4 qui contient 4 facteurs principaux, qu'on va les considérer comme les 4 premiers facteurs du plan 2^7 , et 11 interactions (6 d'ordre 2, 4 d'ordre 3 et 1 d'ordre 4).
 Sur 3 de ces int., on va étudier les 3 derniers facteurs (5, 6 et 7) du plan 2^7 .

12 - 13 - 14 - 23 - 24 - 34 5, 6, 7
 123 - 124 - 134 - 234
 1234

3) $5 = 12 \rightarrow I = 125$
 $6 = 13 \rightarrow I = 136$
 $7 = 14 \rightarrow I = 147$ } indépendants

GGA : $I = 125 = 136 = 147 = \dots = \dots = \dots$
 résolution III

$l_1 = E_1 + E_{25} + E_{36} + E_{47} + \dots$
 faux (mauvais choix)

2 2012-2013 Examen finale 2eme session (2 hours)

2.1 Questions

Université Libanaise
 Faculté des Sciences 3
 Tripoli - Liban
 Chim 420
 Durée : 2 heures

Final

الجامعة اللبنانية
 كلية العلوم - الفرع الثالث
 طرابلس - لبنان
 2ème session
 2012-2013

E1. La contenance des bidons doit être rigoureusement respectée. On avait constaté de légères variations de volume autour de la valeur visée : 2 litres. L'examen minutieux des conditions de fabrication avait révélé qu'il fallait prendre en compte huit facteurs. L'exécution d'un plan complet nécessitait 256 essais. Les responsables décidèrent de n'exécuter que seize essais, et de réaliser ensuite, en fonction des résultats acquis, soit un plan complémentaire de seize essais, soit simplement quelques essais complémentaires. Les seize expériences du plan initial ont été conduites selon l'ordre classique du plan de base minimum qui pourrait être adopté pour réaliser l'étude, les réponses étant les écarts de volume (mesurés en cm^3) par rapport à la valeur de la contenance nominale de 2000 cm^3 .

N°	Réponse
1	4,7
2	3,5
3	- 0,2
4	-1,0
5	0,5
6	10,7
7	15,0
8	7,2
9	- 0,5
10	- 0,1
11	6,6
12	2,6
13	15,9
14	7,3
15	0,8
16	9,4

1. Avec quel plan de base pouvez-vous réaliser l'étude? Symbolisez le plan fractionnaire correspondant. Ecrivez le G.G.A. et indiquez la résolution du plan étudié.
2. Montrez comment les effets et les interactions sont-ils aliés? Calculez les effets et les interactions qui vous semblent possibles.
3. Après avoir calculé les contrastes, calculez les effets et les interactions qui vous semblent possibles, et prononcez-vous sur ceux et celles qui portent une signification.
4. Faites vos conclusions préliminaires sur le problème à résoudre tout en discutant les grandeurs que l'on cherche à régler pour avoir le meilleur résultat au niveau de la réponse considérée.
5. Une étude semble nécessaire pour trouver l'interaction (les interactions d'ordre 2 à l'origine du (des) contraste(s) élevé(s). Après consultation des résultats acquis, les responsables ont optés pour l'exécution de trois essais complémentaires.

Identifiez et dénombrez les interactions d'ordre 2 que vous cherchez à calculer, puis écrivez le système d'équations minimum que vous devez avoir en principe afin de procéder à ce calcul.

6. Parmi les 240 essais qui n'ont pas été réalisés, on écrira que les interactions respectent les niveaux assignés précédemment, et l'on déduira les signes des facteurs principaux. Ainsi, on peut choisir les niveaux des facteurs influents de telle manière que les nouvelles expériences rentrent dans le calcul des effets de ces facteurs ; en assignant à une interaction le signe choisi, on impose aux facteurs influents les signes correspondants d'une matrice d'Hadamard. Sachant que les réponses obtenues pour les 3 essais complémentaires, exécutés selon l'ordre de numérotation croissant classique, sont : 0,2 - 7,35 - 4,3, et en se basant sur un modèle mathématique simple du premier ordre, calculez les valeurs des interactions en question. Justifiez vos conclusions finales concernant le système étudié et les réglages à faire pour arriver aux résultats escomptés.

E2. Dépouillement d'un plan 2^{5-2} :

1. Combien d'essais sont nécessaires pour construire un plan complet à 5 facteurs ?
2. Construisez le plan 2^{5-2} qui permet d'étudier 5 facteurs qualitatifs à deux niveaux en neuf essais (précisez les confusions puis la résolution de ce plan). Donnez la matrice des essais.
3. Précisez les hypothèses nécessaires pour estimer sans ambiguïté les effets principaux et les interactions possibles d'ordre 2.

E3. L'objectif de cet exercice est de construire un plan de résolution IV permettant d'étudier six facteurs à deux niveaux en seize essais.

1. Combien d'essais sont nécessaires pour construire un plan factoriel complet à six facteurs ?
2. Quel plan de base choisissez-vous pour étudier les six facteurs en seize essais ?
On se propose d'étudier le modèle saturé associé à ce plan.
3. Écrivez les colonnes qui figurent dans la matrice des effets.
4. Avec quels effets choisissez-vous de confondre les facteurs cinq et six ? En déduire toutes les autres confusions du plan. Quelle est la résolution de ce plan ?
5. Est-il possible d'estimer sans ambiguïté tous les effets principaux et toutes les interactions d'ordre deux ?
6. Combien devez-vous réaliser d'essais (au minimum) pour pouvoir estimer sans ambiguïté tous les facteurs principaux et toutes les interactions d'ordre deux ? Et quelles hypothèses devez-vous faire ?

E4. Supposons que l'on veuille réaliser un plan d'expérience avec trois facteurs ayant deux niveaux chacun. On construit un plan d'expérience 2^3 selon l'algorithme de Yates classique. Les réponses pour les huit expériences sont dans l'ordre : 38, 36, 25, 24, 31, 27, 18, 15. Par ailleurs, compte tenu de nombreuses expériences faites antérieurement, on admet que l'écart-type expérimental est donné par : $s = \pm 0,7$. On ne s'intéresse qu'aux effets principaux. Donnez dans ce cas l'équation du modèle.

Bon travail !

2.2 Answers (1 ok)

2ème session 2012-2013:

Exercice 1 → voir cours (chapitre VIII)

Exercice 2:

Plan 2^{5-2}

- 1) Nb d'essais pour un plan complet à 5 fact. = $2^5 = 32$ essais
 2) $2^{5-2} \Rightarrow \frac{2^5}{2^2} = 2^3$ plan de base

Il contient 3 facteurs principaux: 1-2-3
 et 4 interactions 12-13-23-123

On est amené à placer 2 fact. suppl. sur 2 interactions
 Question: lesquelles? (meilleure résolution).

(A) $4 = 12 \rightarrow I = 124$ | gén. d'alias
 $5 = 13 \rightarrow I = 135$ | indép.

↓

$124 \times 135 = 2345$ gén. d'alias dép.

GGA $I = 124 = 135 = 2345$ résolution III

(B) Autre possibilité:

$4 = 12 \rightarrow I = 124$ | gén. d'alias
 $5 = 123 \rightarrow I = 1235$ | indép.

↓

$124 \times 1235 = 345$

GGA $I = 124 = 1235 = 345$ résolution III

3 2015-2016 Examen Partiel (1 hour)

3.1 Questions

الجامعة اللبنانية
كلية العلوم - الفرع الثالث
طرابلس - لبنان

Université Libanaise
Faculté des Sciences 3
Tripoli - Liban

Master Chimie
Durée : 1 heure

CHIM420

Examen partiel
2015-2016

Exercice n° 1

La réaction enzymatique est réalisée par la culture de la souche microbienne sélectionnée dans un milieu nutritif contenant le substrat à déshydrogéner : c'est le développement de la souche qui libère le système enzymatique dans le milieu nutritif et qui "métabolise" le substrat. Les facteurs sélectionnés et les bornes opératoires correspondantes sont :

Facteur	Borne (-)	Borne (+)
U1 = Quantité de liqueur de maïs en g/L	10	20
U2 = Durée de réaction en heures	24	48
U3 = Quantité de glucose en g/L	5	10

La réponse étudiée est la quantité de substrat (en mg) déshydrogénée enzymatiquement. Le tableau suivant résume le plan d'expérimentation réalisé et la masse (en mg) du substrat transformé.

N° de l'essai	U1	U2	U3	Réponse (mg)
1	10	24	5	230
2	20	24	5	205
3	10	48	5	110
4	20	48	5	70
5	10	24	10	270
6	20	24	10	220
7	10	48	10	110
8	20	48	10	70

1. On demande :

- Convertir le plan d'expérimentation en variables codées en précisant le pas et le centre du domaine d'expérimentation pour chacun des trois facteurs étudiés. Qu'est-ce qu'on désigne par "pas" ?
- Quel type de stratégie l'expérimentateur a-t-il utilisé ? A-t-il respecté l'ordre standard d'exécution des expériences ? Sinon, y a-t-il à une raison qui justifie cet ordre ?
- Ecrire la matrice des effets.
- Calculer les effets et les interactions. Commenter les résultats, une première conclusion sur les conditions expérimentales favorables est demandée.

- e) Traduire le plan d'expérimentation par le modèle mathématique convenable.
2. L'expérimentateur ne connaît pas l'erreur expérimentale commise sur la réponse et ne désire pas réaliser d'expériences supplémentaires. Il a considéré l'interaction d'ordre trois comme négligeable et a supposé la valeur calculé pour cette interaction comme étant l'erreur sur l'effet (ΔE).
- a) À la lumière de cette hypothèse, reconsidérer vos commentaires sur les résultats issus du plan d'expérimentation, les conditions optimales sont-elles modifiées ? Justifier
- b) En négligeant le facteur le moins influent, réécrire le plan d'expérimentation sous la forme d'un plan 2^k en :
- donnant la matrice d'expériences de ce dernier plan, les essais qui se répètent et la moyenne des réponses ;
 - représentant le domaine expérimental correspondant ;
 - calculant l'erreur sur la réponse et l'erreur sur l'effet.
3. Commenter les résultats issus des différents calculs et conclure à propos de cette étude.

Exercice n° 2 (Chapitre 3)

Répondre aux questions suivantes :

- a) Donner la conclusion à tirer dans les trois cas suivants :
- l'effet est bien plus grand que l'erreur : $E \gg \Delta E$;
 - l'effet est plus petit que l'erreur : $E \ll \Delta E$;
 - l'effet et l'erreur sont du même ordre de grandeur : $E = \Delta E$.

b) Compléter l'égalité suivante : $\text{erreur expérimental}$ + $\text{erreur systématique}$

aléatoire

aléatoire

aléatoire

aléatoire

c) Dans le cas d'une distribution normale, quels sont les pourcentages de chances pour que la valeur vraie soit comprise dans un intervalle Δy autour de y_i , les trois situations suivantes sont à considérer : $y_i \pm \sigma$ ($\Delta y = \sigma$), $y_i \pm 2\sigma$ ($\Delta y = 2\sigma$), $y_i \pm 3\sigma$ ($\Delta y = 3\sigma$).

d) Si l'erreur expérimentale est la même pour toutes réponses, l'erreur ΔE sur l'effet est donnée par la relation :

$\Delta E = (\Delta y/n)^{1/2}$ ✓ $\Delta E = \Delta y/(n)^{1/2}$ $\Delta E = \Delta y/n$

Choisir la bonne réponse.

e) Selon le rapport entre l'effet E et l'erreur sur l'effet ΔE , indiqué dans les cas suivants, quels sont les pourcentages de chances pour que l'effet soit significatif ($\Delta E = \sigma$) ?

$E/\Delta E = 3$ $E/\Delta E = 2$ $E/\Delta E = 1$

$E = 3\Delta E$ $E = 2\Delta E$ $E = \Delta E$

Bon travail !

3.2 Answers (1 ok)

Partiel 2015 - 2016
 Ex 1
 y: qte de substrat (en mg) déshydrogénée enzymatiquement

1) a) "Pas": voir cours.

N°essai	U1	U2	U3	Réponse
1	-	-	-	230
2	+	-	-	205
3	-	+	-	110
4	+	+	-	70
5	-	-	+	270
6	+	-	+	220
7	-	+	+	110
8	+	+	+	70

autre Pas

U1	15	5
U2	36	12
U3	7,5	2,5

b) $K = 3$ $m = 8 = 2^3$

Domaine expérimental d'un sys. à 3 facteurs → cube.
 Les points réalisés correspondent aux extrémités du domaine expérimental.

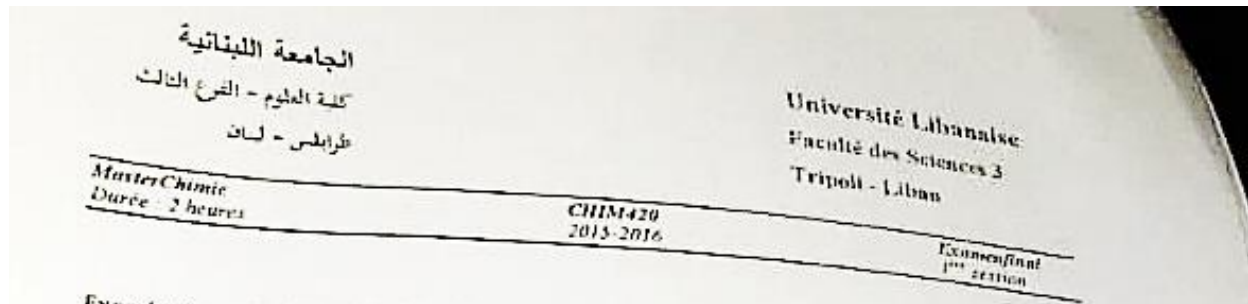
Tous les facteurs sont actifs dans chaque essai
 parmi ceux réalisés par l'expérimentateur.

Oui, l'exp. a respecté l'ordre standard. →

1	2	3
-	-	-
+	-	-
-	+	-
+	+	-
-	-	+
+	-	+
-	+	+
+	+	+

4 2015-2016 Examen final 1ere session (2 hours)

4.1 Questions



Exercice 1 Stabilité d'une huile de coupe

On emploie une huile de coupe pour faciliter l'usinage des métaux, elle lubrifie et refroidit les pièces usinées et l'outil de coupe. Une huile de coupe est un mélange d'eau et d'huile de base émulsifiée ayant l'aspect du lait : c'est une émulsion qui doit rester stable dans les ateliers d'usinage. La stabilité est obtenue par l'emploi d'un additif chimique. Le problème posé devant l'expérimentateur était de déterminer la quantité d'additif nécessaire pour que l'émulsion reste stable dans les conditions normales d'utilisation. Il désirait une stabilité au moins égale 100. L'expérimentateur ne retient que deux facteurs, la température (facteur 1) et la concentration en additif (facteur 2), et adopte pour chacun d'eux les deux modalités suivantes :

Facteur	Niveau bas	Niveau haut
Température	5°C	45°C
Concentration en additif	0,4%	0,8%

La réponse est l'indice de stabilité propre aux huiles de coupe et dont la précision est de ± 2 points. Plus l'indice est fort, plus la stabilité est grande. L'expérimentateur retient un plan 2^2 , les réponses obtenues aux quatre essais réalisés sont les suivantes :

N° de l'essai	Température (°C)		Concentration en additif (%)		Réponses
	1	2	1	2	
1	5	0,4			94
2	45	0,4			96
3	5	0,8			127
4	45	0,8			113

1. On demande :

- Convertir le plan d'expérimentation en variables codées en précisant le pas et le centre du domaine d'expérimentation pour chacun des deux facteurs étudiés. Qu'est-ce qu'on désigne par "pas" ?
- Quel type de stratégie l'expérimentateur a-t-il utilisé et pourquoi ? A-t-il respecté l'ordre standard d'exécution des expériences ?

- c) Ecrire la matrice des effets.
 d) Calculer les effets et les interactions ainsi que l'erreur qui les entache. Commenter les résultats, une précision des conditions expérimentales favorables est demandée.
 e) Traduire le plan d'expérimentation par le modèle mathématique convenable.
2. L'expérimentateur ajoute, en temps différé, deux points au centre du domaine expérimental pour vérifier la validité du modèle.

N° de l'essai	Température (°C)	Concentration en additif (%)
5	1	2
6	0	0
	0	0

Réponses
100
98

- a) Convertir le plan d'expérimentation en variables réelles.
 b) Calculer la moyenne et l'erreur-type correspondante.
 c) En adoptant un intervalle de confiance à 95% de chances, comparer les deux moyennes calculée et mesurée pour se prononcer sur les possibilités d'adoption du modèle mathématique associé au plan d'expérimentation considéré.
 d) Proposer une explication de la différence entre la moyenne calculée et celle mesurée. Comment peut-on y faire face ?

Exercice 2 Amélioration de la qualité d'une chaîne de production

La direction d'une usine souhaite étudier l'effet de huit facteurs sur une caractéristique de qualité Y d'une chaîne de production. Il décide de faire varier chaque facteur à deux modalités et de faire appel à un plan de 16 essais 2^{8-4} de résolution IV.

I. Préciser le cas général qui permet de conduire l'étude en employant un plan 2^{8-4} de résolution IV. Il est indispensable de faire comporter la réponse au choix, différent de celui de la question 2, des interactions sur lesquelles seront étudiées les quatre facteurs supplémentaires, une écriture du groupe des générateurs d'alias et une vérification de la résolution du plan.

2. Le plan sera défini de la manière suivante :

- le facteur 5 est étudié à partir de l'interaction triple 123 ou -123 ;
- le facteur 6 est étudié à partir de l'interaction triple 134 ou -134 ;
- le facteur 5 ne peut prendre simultanément la modalité (-) avec les facteurs 1, 2 et 3 ;
- le facteur 6 ne peut prendre simultanément la modalité (+) avec les facteurs 1, 3 et 4.

- a) Définir le plan 2^{8-4} afin de satisfaire les restrictions ci-haut. Ecrire les facteurs 5, 6, 7 et 8 en termes des interactions triples entre les facteurs 1, 2, 3 et 4 en respectant la définition du plan explicité plus haut.
- b) Compléter le tableau ci-après.
- c) Serait-il utile de faire suivre ce premier plan par un deuxième plan défini par une réflexion complète du premier plan? Justifier votre réponse.

N° de l'essai	Facteur							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	+	-	-	-	-
4	-	-	+	-	-	-	-	-
5	-	-	+	+	-	-	-	-
6	-	+	-	-	-	-	-	-
7	-	+	-	+	-	-	-	-
8	-	+	+	-	-	-	-	-
9	+	-	-	+	-	-	-	-
10	+	-	-	-	-	-	-	-
11	+	-	+	-	-	-	-	-
12	+	-	+	+	-	-	-	-
13	+	+	-	-	-	-	-	-
14	+	+	-	+	-	-	-	-
15	+	+	+	-	-	-	-	-
16	+	+	+	+	-	-	-	-
Interactions du contraste correspondant								

d) Calculer le nombre total d'interactions doubles (12, 13,...). Est-il possible de séparer tous les effets principaux et toutes ces interactions avec un plan de 32 essais ? Justifier.

Exercice 3 Estimation de l'erreur associée à un plan d'expériences

Un plan factoriel complet avec trois facteurs chacun variant à deux modalités (- et +) n été réalisé pour étudier leurs effets sur une variable de réponse donnée. Le plan a été répété une autre fois.

1. Répondre aux questions suivantes.

- Combien de traitements distincts sont présents dans cette expérience ?
- Combien d'essais ont été réalisés ?
- Préciser l'avantage et l'inconvénient d'avoir répété le plan.

2. Calcul de l'erreur (la précision de n est nécessaire).

- En considérant que l'expérimentateur connaît la valeur de l'erreur expérimentale ΔY commise sur la réponse, soit σ l'écart-type sur la réponse, que devient ΔY si l'expérimentateur cherche à avoir la valeur vraie dans l'intervalle de confiance avec 68% de chances, 95% de chances, 99,9% de chances. Définir l'intervalle de confiance et écrire la relation permettant de calculer l'erreur ΔE sur l'effet.
- En considérant que l'expérimentateur ne connaît pas la valeur de l'erreur expérimentale ΔY commise sur la réponse et procède à son estimation à partir des deux plans d'expérimentation réalisés, expliquer comment peut-il arriver à calculer ΔY et ΔE .

Bon travail !

4.2 Answers (1 ok)

1ère session 2015-2016 :

Exercice 1 :

Stabilité souhaitée ≥ 100 Fact. 1 \rightarrow Température

$$\Delta y = \pm 2$$

Fact. 2 \rightarrow conc en adolitif

y : indice de stabilité

1) a)

N°essai	1	2	Réponse
1	-1	-1	94
2	+1	-1	96
3	-1	+1	127
4	+1	+1	113

"Pas" : voir cours.

Fact. 1 centre pas
25°C 20°C

Fact 2 0,6% 0,2%

c)

N°essai	1	2	12	I	Réponse
1	-	-	+	+	94
2	+	-	-	+	96
3	-	+	-	+	127
4	+	+	+	+	113

b) $K=2$ $m=4=2^2$

Domaine exp. d'un

sys à 2 fact \rightarrow carré.

Les pts sont réalisés aux

extrémités du domaine

Oui, il a respecté

l'ordre standard.

Diviseur	4	4	4	4
Effet	-3	12,5	-4	107,5

Effet	-3	12,5	-4	107,5
-------	----	------	----	-------

d) $I = \frac{1}{4} (94 + 96 + 127 + 113) = 107,5$

$$E_1 = \frac{1}{4} (-94 + 96 - 127 + 113) = -3$$

$$E_2 = \frac{1}{4} (-94 - 96 + 127 + 113) = 12,5$$

$$E_{12} = \frac{1}{4} (94 - 96 - 127 + 113) = -4$$

$$\Delta E = \frac{\Delta y}{\sqrt{4}} = \frac{2}{\sqrt{4}} = 1$$

5 2015-2016 Examen finale 2eme session (2 hours)

5.1 Questions

الجامعة اللبنانية
كلية العلوم - الفرع الثالث
طرابلس - لبنان

Université Libanaise
Faculté des Sciences 3
Tripoli - Liban

Master Chimie
Durée : 2 heures

CHIM420
2015-2016

Examen final
2^{ème} session

Exercice 1

La mise au point de la formule d'un ciment nécessite d'équilibrer plusieurs propriétés pour obtenir un produit facile à utiliser. La présente étude traite de deux propriétés importantes, la *plasticité* et la *vitesse de perte de plasticité* que l'on désignera par la suite par *vitesse de prise*. Pour être travaillé facilement, un ciment ne doit être ni trop dur ni trop coulant. Il doit être suffisamment mou pour prendre la forme que l'on désire et suffisamment rigide pour ne pas couler quand on le travaille ou qu'on le dépose. La propriété rhéologique correspondante est la *plasticité* et elle doit être comprise entre deux valeurs bien définies. Le ciment prêt à l'emploi se compose d'un ciment de base auquel on ajoute de l'eau et des additifs pour lui donner les propriétés recherchées. On améliore la *plasticité* du ciment de base en lui ajoutant un additif, le PNS (polyformaldéhyde naphthalène sulfonate). Mais cet additif a la malencontreuse propriété d'accélérer la prise de ciment. Il faut donc ajouter un second additif pour ralentir la vitesse de prise. Ce nouvel additif est la liqueur noire (sous-produit de l'industrie de la pâte à papier). Le ciment final et prêt à l'emploi s'obtient donc à partir de quatre constituants : le ciment de base, l'eau, la liqueur noire et le PNS.

L'objectif de l'étude est de trouver les compositions qui conduisent à un ciment prêt à l'emploi ayant une *plasticité* comprise entre 120 et 130 mm et une *vitesse de prise* comprise entre 30 et 40 en unités arbitraires de vitesse. L'expérimentateur retient trois facteurs :

Facteur	Niveau bas	Niveau haut
1 Rapport eau/ciment de base	0,33%	0,35%
2 Pourcentage de liqueur noire	0,12%	0,18%
3 Pourcentage de PNS	0,080%	0,120%

Le choix de réponse est évident : c'est la *plasticité* et la *vitesse de prise* des mélanges mesurées avec la méthode du cône d'Abrams. Le responsable de l'étude décide d'étudier les trois facteurs avec un plan factoriel complet. Les réponses correspondantes aux essais réalisés dans l'ordre classique sont les suivantes :

Plasticité : 109,5 - 120 - 110,5 - 124 - 117 - 130 - 121 - 132
Vitesse de prise : 44,27 - 45,45 - 31,36 - 34,55 - 42,73 - 45 - 28,18 - 26,36

I. On demande :

- a) D'écrire le plan d'expérimentation en variables réelles et en variables codées en précisant le pas et le centre du domaine d'expérimentation pour chacun des trois facteurs étudiés. Qu'est-ce qu'on désigne par "pas" ?
- b) D'écrire la matrice des effets.
- c) De calculer les effets et les interactions
- d) De commenter les résultats, une précision justifiée des conditions expérimentales favorables est demandée.
- e) De traduire le plan d'expérimentation par les modèles mathématiques convenables.

2. Pour vérifier la validité du modèle mathématique, l'expérimentateur prévoit de faire un point supplémentaire sans qu'il soit utilisé pour le calcul des effets et des interactions. Ce point a été réalisé en même temps que les essais mentionnés précédemment, les réponses correspondantes sont :

Plasticité : 120
 Vitesse de prise : 38

- a) Quel point supplémentaire l'expérimentateur a dû choisir pour vérifier la validité du modèle mathématique ? Justifier.
- b) Identifier le point supplémentaire.
- c) Commenter le système étudié et dégager les conditions optimales.

Exercice 2

On considère la représentation suivante du plan d'expérimentation réalisé ci-dessus où le facteur mentionné signifie qu'il est présent dans l'essai considéré au niveau +1, les autres facteurs non mentionnés sont donc fixés au niveau -1, le nombre total des facteurs étudiés étant cinq.

N° de l'essai	Expérience	Réponse
1	E	27,96
2	AD	32,78
3	BD	23,31
4	ABE	29,50
5	CDE	29,39
6	AC	26,29
7	BC	32,53
8	ABCDE	28,42

- a) Construire la matrice d'expériences en variables codées.
- b) Quel type de stratégie l'expérimentateur a-t-il utilisé et pourquoi ? A-t-il respecté l'ordre standard d'exécution des expériences ?
- c) Indiquer les générateurs utilisés et le GGA.
- d) Exprimer les aliasés puis simplifier les en ne considérant que les interactions du premier ordre.

- e) Exploiter les résultats et commenter les valeurs obtenues.
 f) Si une suite paraît nécessaire pour clarifier le système, expliquer les essais qui devront être conduits en précisant les résultats attendus (un étayement de vos propositions est exigé).

Exercice 3

Lors de l'étude de la formation d'une couche dans une solution, l'expérimentateur retient les trois facteurs suivants :

Facteur 1 : la température

Facteur 2 : le produit A

Facteur 3 : le produit B

La réponse est l'indice d'opacité.

1. L'expérimentateur a réalisé un plan fractionnaire 2^{4-1} avec 1 = 1234 comme générateur d'alias.

- a) Indiquer quel plan de base est utilisé pour réaliser le plan fractionnaire, écrire la matrice des effets de ce plan de base.
 b) Identifier l'interaction sur laquelle le facteur supplémentaire est étudié.
 c) Identifier toutes les colonnes qui possèdent des suites de signes identiques. En déduire avec quelle(s) interaction(s) les facteurs principaux sont aliésés.

2. Les contrastes calculés à partir des résultats de mesure sont les suivants :

$$E_1 = 4,4 \quad E_2 = 0,9 \quad E_3 = 3,9 \quad E_4 = 0,16$$

$$I = 7,95 \quad E_{12} + E_{ij} = 1,86 \quad E_{23} + E_{ij} = 0,36 \quad E_{13} + E_{ij} = -0,81$$

- a) Identifier E_{ij} .
 b) Quels sont les facteurs influents ? Justifier. En déduire les conditions favorables au système étudié.
 3. L'expérimentateur se méfie de la somme des interactions faisant intervenir 12 et s'interroge sur la valeur réelle de cette interaction, alors il décide de faire un essai complémentaire afin de lever cette ambiguïté.
 a) En fonction des résultats mentionnés précédemment, écrire le modèle mathématique associé.
 b) A quel plan appartient l'essai complémentaire ? Donner sous forme d'un tableau les essais de ce plan en spécifiant le numéro de chacun d'eux et les signes des effets 1, 3, 12 et 34.
 c) L'essai complémentaire, réalisé en fixant le facteur 1 au niveau haut, le facteur 2 au niveau bas, le facteur 3 au niveau bas et le facteur 4 au niveau bas, a conduit à un indice d'opacité de 12,0. Calculer l'interaction 12 et celle avec laquelle elle est aliésée. Commenter
 d) Indiquer le cas qui nécessite la réalisation de deux essais complémentaires au lieu d'un.

Bon travail !

5.2 Answers (1 ok)

Final 2eme session 2015-2016 :

Exercice 1:

1) a)

N°essai	Fact 1	Fact 2	Fact 3
1	0,33 -	0,12 -	0,08 -
2	0,35 +	0,12 -	0,08 -
3	0,33 -	0,18 +	0,08 -
4	0,35 +	0,18 +	0,08 -
5	0,33 -	0,12 -	0,12 +
6	0,35 +	0,12 -	0,12 +
7	0,33 -	0,18 +	0,12 +
8	0,35 +	0,18 +	0,12 +

plasticité	vitesse de prise
109,5	44,27
120	45,45
110,5	32,36
124	34,55
117	42,73
130	45
121	28,18
132	26,36

Niv -	0,33	0,12	0,08
Niv +	0,35	0,18	0,12

	contre	pos
Fact 1	0,34	0,01
act 2	0,15	0,03
act 3	0,1	0,02

"pos": voir cours.

6 2016-2017 Examen finale, 2eme session (2 hours)

6.1 Questions

الجامعة اللبنانية
كلية العلوم - الفرع الثالث
طرابلس - لبنان

Université Libanaise
Faculté des Sciences 3
Tripoli - Liban

Master Chimie
Durée : 2 heures

CHIM420
2016-2017

Examen final
2^{ème} session

Exercice 1

On considère une réaction chimique qui dépend de trois facteurs : le pH avec une valeur standard de 7, la température avec comme valeur standard 30°C et la dose D avec comme valeur standard 100. On sait que l'on peut faire varier chacun de ces facteurs entre deux limites et on cherche à savoir s'ils ont une influence sur la réponse, par exemple le rendement de la réaction chimique. On veut comparer deux méthodes :

- **Méthode 1.** Elle comprend les essais suivants, chacun d'eux étant répété quatre fois :
 - On fait varier d'abord le facteur pH. On réalise les expériences à $\text{pH} = 6,5$, $T = 30^{\circ}\text{C}$, $D = 100$ et à $\text{pH} = 7,5$, $T = 30^{\circ}\text{C}$, $D = 100$.
 - On fait varier ensuite le facteur température. On effectue les expériences à $\text{pH} = 7$, $T = 25^{\circ}\text{C}$, $D = 100$ et à $\text{pH} = 7$, $T = 35^{\circ}\text{C}$, $D = 100$.
 - Enfin, on fait varier le facteur dose. On effectue les expériences à $\text{pH} = 7$, $T = 30^{\circ}\text{C}$, $D = 90$ et à $\text{pH} = 7$, $T = 30^{\circ}\text{C}$, $D = 110$.
- **Méthode 2.** Elle comprend les essais suivants présentés dans un ordre quelconque :
On effectue les 8 combinaisons possibles entre les deux valeurs (hautes et basses) de chacun des trois facteurs, c'est-à-dire les huit unités (pH, T, dose D) : $(6,5, 25^{\circ}\text{C}, 90)$, $(6,5, 35^{\circ}\text{C}, 90)$, $(6,5, 25^{\circ}\text{C}, 110)$, $(6,5, 35^{\circ}\text{C}, 110)$, $(7,5, 25^{\circ}\text{C}, 90)$, $(7,5, 25^{\circ}\text{C}, 110)$, $(7,5, 35^{\circ}\text{C}, 90)$, $(7,5, 35^{\circ}\text{C}, 110)$.

- À quoi correspondent les valeurs standards des trois facteurs ? Dresser un tableau montrant les niveaux bas et haut des facteurs considérés. Déduire le pas.
- Laquelle des deux méthodes correspond à la méthode des plans factoriels ? Justifier.
- Reprendre les essais des méthodes considérées pour dresser les matrices d'expériences correspondantes.
- Quels sont les effets que l'on peut calculer avec les méthodes 1 et 2 ? Prédire dans les deux cas la précision avec laquelle ces effets seront estimés. À cette fin, une présentation détaillée des calculs menant à ces grandeurs est demandée.
- Tracer sur un même papier le domaine expérimental correspondant à chacune des méthodes considérées.

f) En désignant par y_j la réponse propre à un essai réalisé dans la première méthode (i variant selon le niveau du facteur modifié, j traduisant le numéro de répétition), montrer comment est-il possible d'accéder à l'erreur-type sur l'effet.

Exercice 2

1. Choisir un plan factoriel fractionnaire de résolution III permettant d'expérimenter sept facteurs A, B, ..., G, en estimant les effets principaux en présence d'éventuelles interactions. Donner les relations complètes de définitions et l'alias du facteur A. Même question pour un plan de résolution IV.
2. On veut construire un plan pour cinq facteurs A, B, C, D et E, tel que l'on veut pouvoir estimer sans confusion les effets principaux et les interactions suivantes : AD, AE, BD et BE. Proposer une solution de dimension minimale. Même question avec seulement AD, AE.

Exercice 3

Un expérimentateur soupçonne une évolution dans le temps du phénomène qu'il étudie et donc des variations systématiques de la réponse. Il a pu constater que l'évolution, bien présente, est régulière et se traduit par une dérive linéaire; quand il y a dérive, la réponse est: $z_1 = y_1 + h$ (y_1 la réponse obtenue sans dérive, h représente l'incrément de la dérive), $z_2 = y_2 + 2h$ (y_2 la réponse obtenue sans dérive, h représente l'incrément de la dérive), etc.

- a) A partir d'un plan factoriel complet 2^3 , écrivez la matrice d'expériences et la matrice des effets. Exprimez les effets et les interactions, notés E' , en fonction de E et de h, E étant l'effet sans dérive. Que constatez-vous ?
- b) L'expérimentateur croit qu'en modifiant l'ordre d'apparition dans les colonnes des signes (+) et (-), c'est-à-dire en organisant différemment les essais, de sorte que les effets principaux utilisent des ordres spéciaux de signes, il peut arriver à annihiler l'influence de la dérive sur ces effets. Pour cela, il organise un nouveau plan d'expériences en prêtant aux facteurs principaux les signes des interactions 123, 12 et 23 du premier plan. Tout en annotant ces facteurs par $1'=123$, $2'=12$ et $3'=23$, il a respecté l'ordre de succession des signes (+) et (-) correspondant à chacun des facteurs $1'$, $2'$ et $3'$ lors de l'exécution des essais du nouveau plan. Ecrivez la matrice d'expériences et la matrice des effets. Exprimez les effets et les interactions, notés E'' , en fonction de E et de h, E étant l'effet ou l'interaction sans dérive. Que constatez-vous ? Conclure.

Bon travail !

6.2 Answers (1 ok)

Final 2ème session 2016-2017

Exercice 1:

pH → valeur standard de 7
 T° → valeur standard de 30°C
 dose D → valeur standard de 100

Méthode 1:

pH = 6,5 ;	$T^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$;	$D = 100$
7,5 ;	30°C ;	100
7 ;	25°C ;	100
7 ;	35°C ;	100
7 ;	30°C ;	90
7 ;	30°C ;	110

Méthode 2: 8 essais réalisés dans un ordre quelconque.

pH = 6,5 ;	$T = 25^{\circ}\text{C}$;	$D = 90$
6,5 ;	35°C ;	90
6,5 ;	25°C ;	110
6,5 ;	35°C ;	110
7,5 ;	25°C ;	90
7,5 ;	25°C ;	110
7,5 ;	35°C ;	90
7,5 ;	35°C ;	110

Text

Literature

EINTRAG im Literaturverzeichnis (Formatvorlage: Literaturverzeichnis).