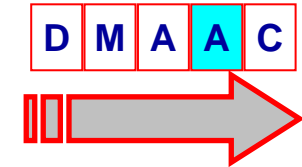


La Phase Améliorer

Comprendre le Plan d'Expérience

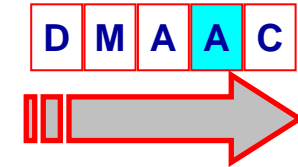


Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement



- ◆ *Une organisation souhaite recevoir la trésorerie en paiement de ses factures en moins que 60jj de la date de la facture. Depuis 6 mois le comptable enregistre le nombre de jours de paiement:*
 - *en téléphonant plutôt qu'en envoyant une lettre de relance;*
 - *en facturant quotidiennement plutôt que mensuellement.*

Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement cont.



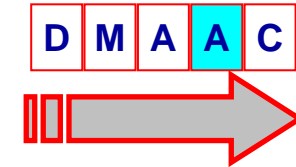
- ◆ Le plan que nous construisons constitue 4 essais, chacun la combinaison entre d'une part, la relance par lettre ou par téléphone et, d'autre part, la facturation quotidienne ou mensuelle. Nous libellons les facteurs de relance, A, et de facturation, B; nous leur allouons un *code* +1 ou -1:

Relance	A	1	Téléphone
		-1	Lettre
Facturation	B	1	Mensuel
		-1	Quotidien

- ◆ Ensuite, nous définissons le plan des quatre essais (en montrant ici les interactions possibles en rouge.)

		A	B	AB
Essai	1	-1	-1	1
Essai	2	-1	1	-1
Essai	3	1	-1	-1
Essai	4	1	1	1

Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement, cont

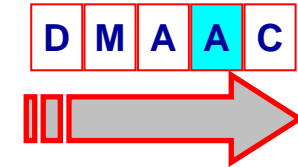


		A	B	AB
Essai	1	-1	-1	1
Essai	2	-1	1	-1
Essai	3	1	-1	-1
Essai	4	1	1	1

- ◆ Le Plan des essais est présenté sous la forme d'une matrice qui montre:
 - les valeurs *codées*, c'est-à-dire +1,-1, (et parfois, 0,) pour chaque facteur;
 - les 4 essais correspondant au calcul de 2^k , soit $2^2=4$;
 - aucune colonne n'a les mêmes valeurs qu'une autre, et la somme de chacune est 0;
 - l'orthogonalité d'un Plan Factoriel Complet (car, pour chaque colonne, la somme des produits par ligne de chaque paire des autres colonnes est aussi 0.)

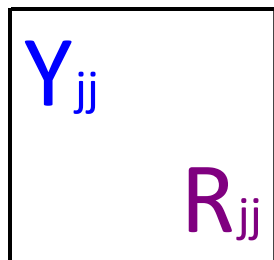
- ◆ Nous ne calculons plus à la main les plans, qui peuvent être assez complexes; nous laissons faire tout au logiciel, y compris de vérifier la fiabilité statistique de la Régression.

- ◆ Mais, ici nous ferons le calcul à main pour le comprendre, et nous verrons ensuite le résultat qu Minitab nous donne pour ce même exercice.

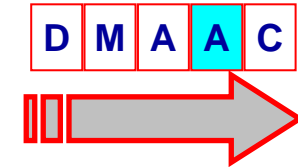


Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement, cont.

		A	
		Lettre -1	Téléphone +1
B	Quotidien -1	54 14	48 14
	Mensuel +1	85 15	63 12

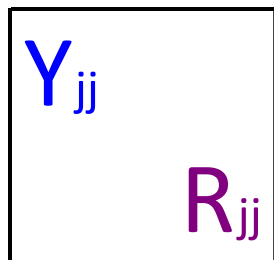


- ◆ Les *résultats* des essais sont présentés ici sous la forme d'un *carré latin*, le chiffre en haut à gauche de chaque case est la moyenne de jours de paiement pour l'échantillon et en bas à droite son étendu.
- ◆ Nous cherchons à quantifier les effets de ces mesures et à minimiser les jours d'attente.
- ◆ Nous constatons que:
 - la grande moyenne \bar{Y} est de 62,5 jj
 - la variation moyenne \bar{R} de l'étendue est de 13,75jj
- ◆ *Comment pouvons-nous distinguer l'effet de A de l'effet de B?*
- ◆ *Existe-t-il d'autres effets?*

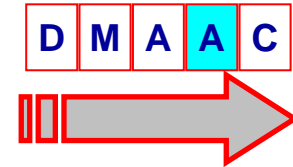


Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement, cont.

		A	
		Lettre -1	Téléphone +1
B	Quotidien -1	54 AB+1 14	48 AB-1 14
	Mensuel +1	85 AB-1 15	63 AB+1 12



- ◆ Nous comparons ces résultats de Y et de R pour A+1 avec celles pour A-1 et celles pour B+1 avec celles pour B-1 afin de mesurer la différence.
- ◆ La puissance de la matrice est son orthogonalité, qui nous permet de neutraliser les effets de B quand nous calculons l'effet de A, et de A quand nous calculons B.
- ◆ Une autre combinaison de facteurs devra également être vérifiée, c'est-à-dire l'interaction croisée, AB+1 et AB-1.



Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement, cont.

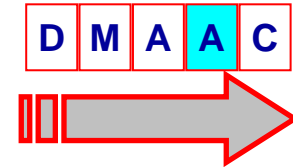
Nous évaluons l'effet de chaque facteur en calculant la différence Δ entre la moyenne des valeurs pour le *code +* et la moyenne pour le *code -*

Ce calcul est fait aussi bien pour la tendance centrale de Y que pour sa variation mesurée par R

		A	
		Lettre -1	Téléphone +1
B	Quotidien -1	54	48
		14	14
	Mensuel +1	85	63
		15	12

Y_{jj}
R_{jj}

		A	B	AB
Y	Moyenne +	55,5	74	58,5
	Moyenne -	69,5	51	66,5
	Δ	-14	23	-8
	$\Delta/2$	-7	11,5	-4
R	Moyenne +	13	13,5	13
	Moyenne -	14,5	14	14,5
	Δ	-1,5	-0,5	-1,5
	$\Delta/2$	-0,75	-0,25	-0,75



Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement, cont.

		A	
		Lettre -1	Téléphone +1
B	Quotidien -1	54	48
		14	14
B	Mensuel +1	85	63
		15	12



		A	B	AB
Y	Moyenne +	55,5	74	58,5
	Moyenne -	69,5	51	66,5
	Δ	-14	23	-8
	Δ/2	-7	11,5	-4
R	Moyenne +	13	13,5	13
	Moyenne -	14,5	14	14,5
	Δ	-1,5	-0,5	-1,5
	Δ/2	-0,75	-0,25	-0,75

Nous en déduisons la formule de Régression $Y=f(X)$ pour la tendance centrale de Y ainsi que pour sa variation mesurée par R grâce aux coefficients $\Delta/2$.

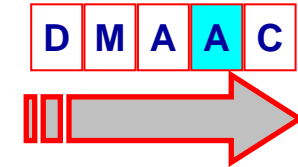
Les formules sont:-

$$\hat{Y} = \bar{Y} + \frac{\Delta_A}{2} A + \frac{\Delta_B}{2} B + \frac{\Delta_{AB}}{2} AB$$

$$\hat{Y} = 62,5 - 7A + 11,5B - 4AB \text{ jours}$$

$$\hat{R} = \bar{R} + \frac{\Delta_A}{2} A + \frac{\Delta_B}{2} B + \frac{\Delta_{AB}}{2} AB$$

$$\hat{R} = 13,75 - 1,5A - 0,5B - 1,5AB \text{ jours}$$



Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement, cont.

		A	
		Lettre -1	Téléphone +1
B	Quotidien -1	54 14	48 14
	Mensuel +1	85 15	63 12

Y_{jj}	R_{jj}
----------	----------

Notre objectif est de minimiser Y: en conséquence la formule nous amène à choisir +1 pour A; -1 pour B et nous sommes contraints de mettre leur produit -1 pour AB; il en résulte:

$$\hat{Y} = 62,5 - 7 - 11,5 + 4 \text{ jours}$$

$$\hat{Y} = 48 \text{ jours}$$

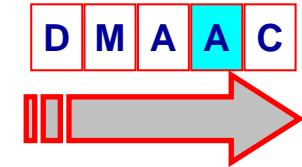
$$\hat{R} = 13,75 - 1,5 + 0,5 + 1,5 \text{ jours}$$

$$\hat{R} = 14,25 \text{ jours}$$

C'est le résultat qui est obtenu en décidant de facturer quotidiennement et de téléphoner pour relancer les clients.

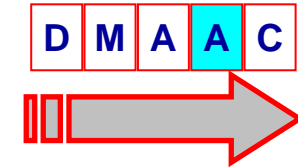
Nous gagnons 14,5 jours sur le délai moyen mais trouvons un léger empirement de la variabilité de 0,75 jours.

Un Plan d'Expérience pour réduire les retards de paiement, cont



- ◆ Les valeurs *codées* en +1 et -1 sont indispensables pour
 - représenter des facteurs qualitatifs;
 - normaliser les facteurs quantitatifs;
 - améliorer *l'orthogonalité* du plan, c'est-à-dire son aptitude à bien isoler et à ne pas confondre les effets des facteurs entre eux;
 - coder les interactions AB;
 - distinguer en un coup d'œil l'impact relatif des coefficients $\Delta/2$

Utilisation de Minitab avec le plan d'Expérience



- ◆ Minitab prépare le Plan de l'exemple que nous venons de voir de la manière suivante *en proposant une l'ordre aléatoire d'essais*:

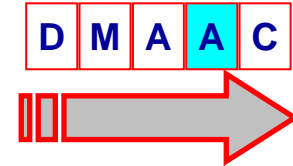
Plan factoriel complet

```
Facteurs : 2   Plan de base :           2; 4
Essais :  4   Répliques :               1
Blocs :   1   Points centraux (total) : 0
```

Tous les termes sont indépendants des alias.

Table de plan (randomisée)

Essai	A	B
1	-	-
2	+	+
3	+	-
4	-	+



Utilisation de Minitab avec le plan d'Expérience cont.

- ◆ Nous entrons les résultats dans le logiciel, et Minitab nous les analyse; d'abord, la *Fenêtre de Session* nous présente les coefficients de la formule de régression en unités codées:

Plan factoriel : y en fonction de A; B

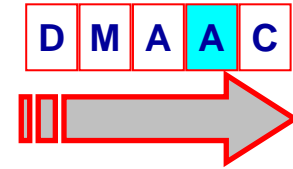
Effets et coefficients estimés pour y (unités codées)

Terme	Effet	Coef
Constante		62,500
A	-14,000	-7,000
B	23,000	11,500
A*B	-8,000	-4,000

Plan factoriel : s en fonction de A; B

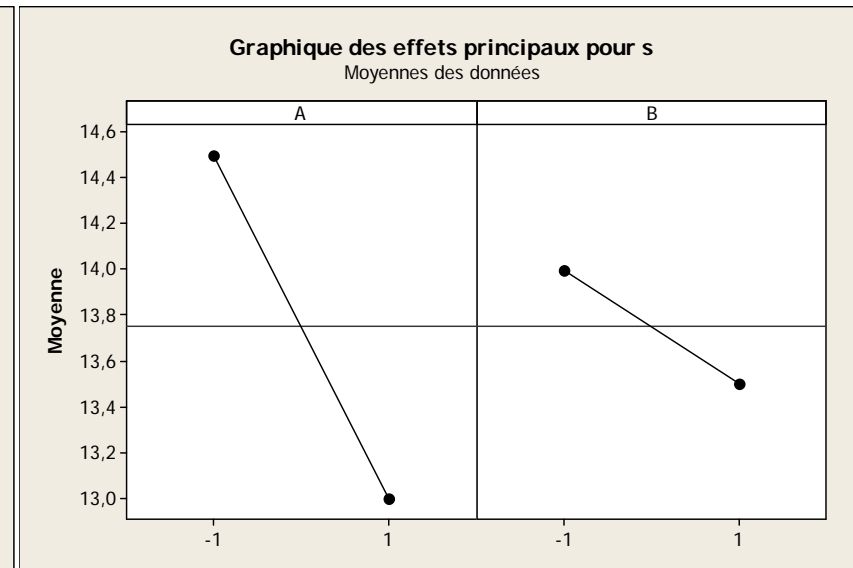
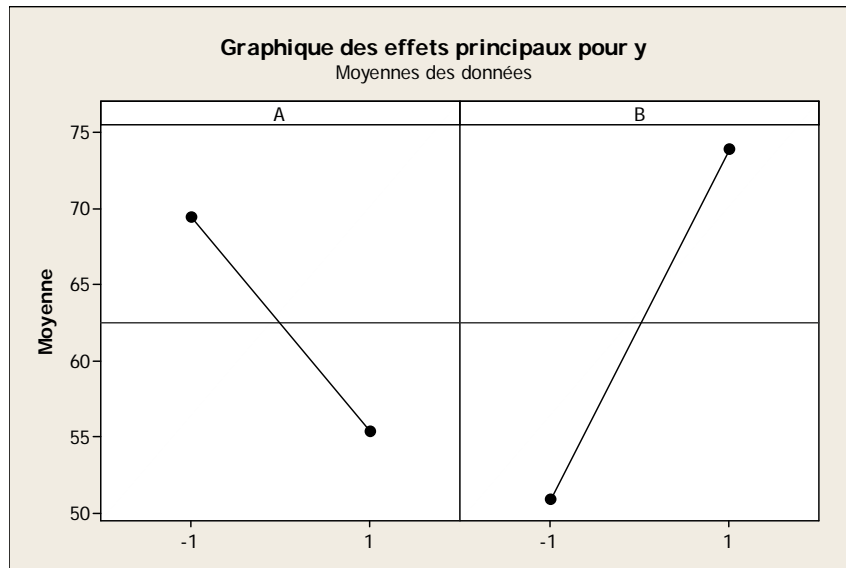
Effets et coefficients estimés pour s (unités codées)

Terme	Effet	Coef
Constante		13,7500
A	-1,5000	-0,7500
B	-0,5000	-0,2500
A*B	-1,5000	-0,7500

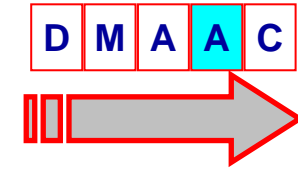


Utilisation de Minitab avec le plan d'Expérience cont.

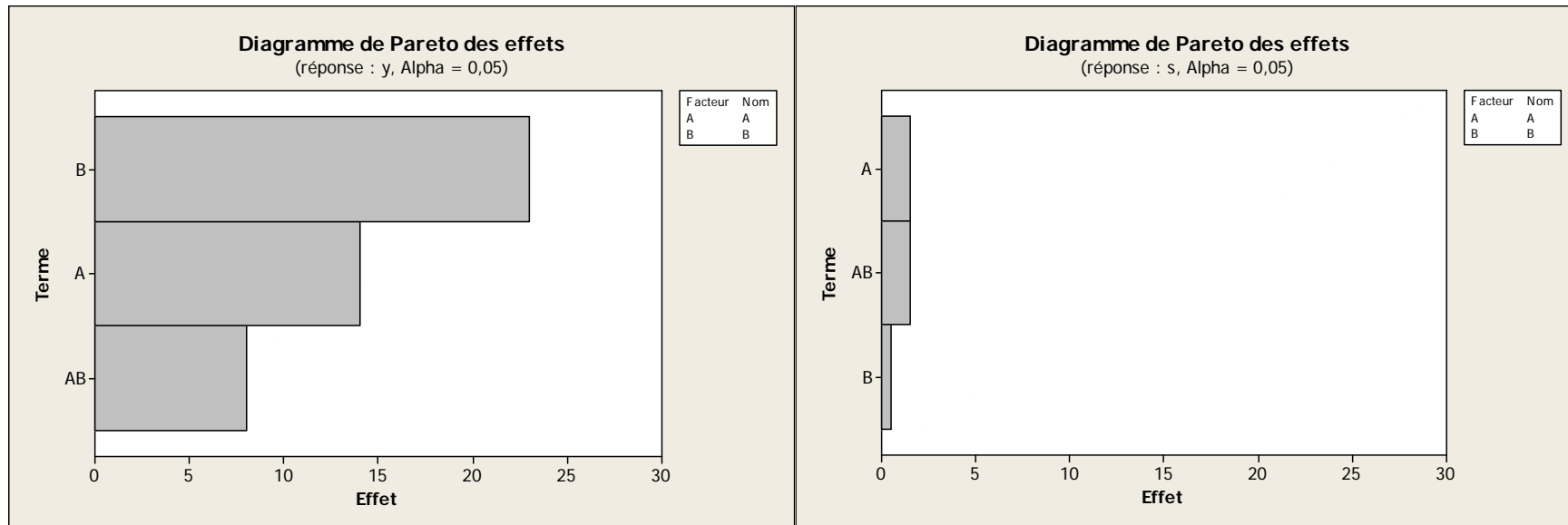
- ◆ Minitab montre des graphiques du poids relatif des Effets Principaux pour y et pour R (ici, s:) c'est l'évolution des Δ autour de la moyenne des deux facteurs.

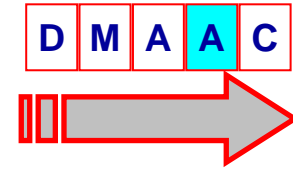


Utilisation de Minitab avec le plan d'Expérience cont.



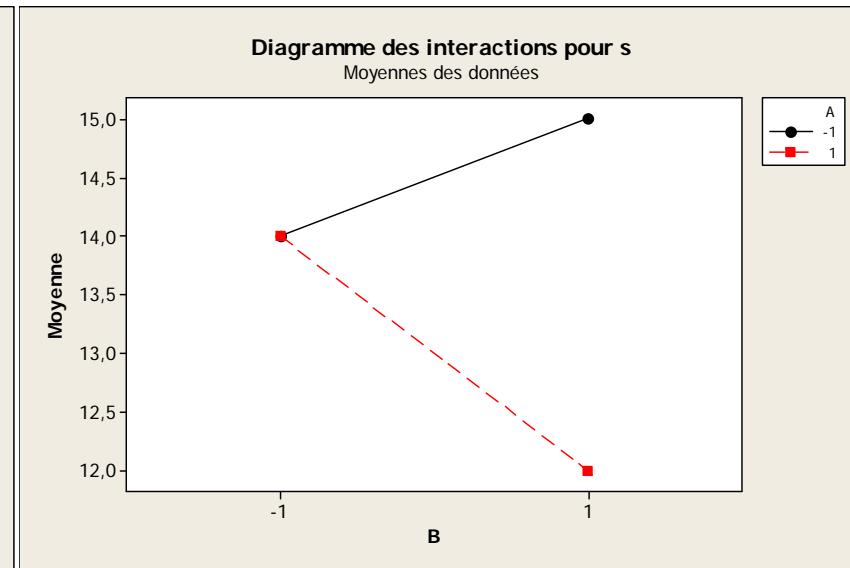
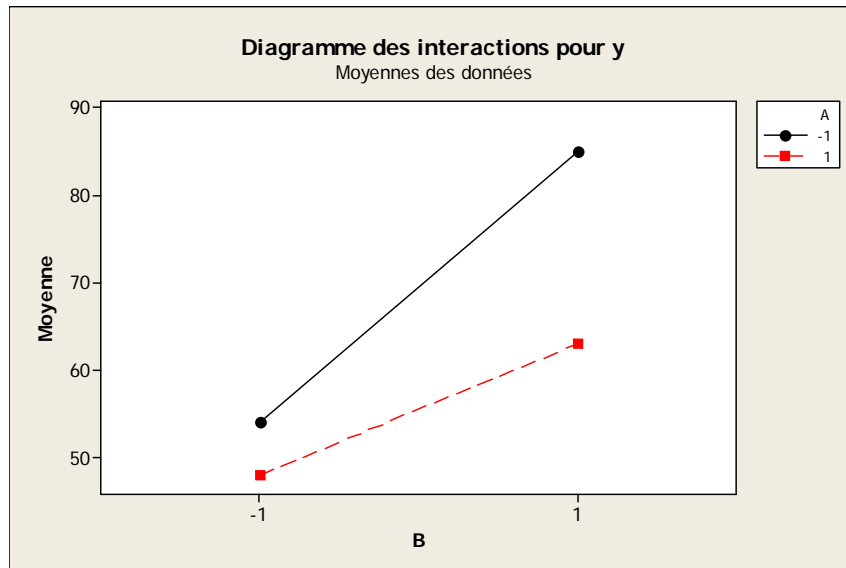
- ◆ Les Δ couvrent la distance codée de $1 - (-1) = 2$; nous divisons Δ par 2 pour avoir les coefficients de la régression, qui sont présentés sous la forme de Pareto des Effets.



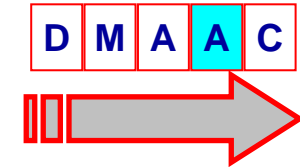


Utilisation de Minitab avec le plan d'Expérience cont.

- ◆ Les interactions sont identifiées simplement par le fait que les lignes se croisent: deux facteurs interagissent quand l'effet sur Y d'un facteur dépend du niveau (le code) d'un autre.

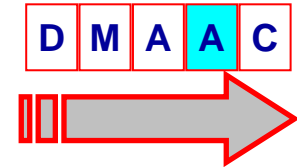


Continuer dans la discipline des Plans d'Expériences



- ◆ Le sujet est complexe et il est traité plus en détail dans le curriculum Black Belt; les aspects couverts sont:
 - Les Plans Factoriels Fractionnaires;
 - Les Plans de triage tels que le Taguchi et le Plackett-Burman;
 - Les facteurs à 3 niveaux pour identifier la courbure et les Plans Composite Central et Box-Behnken pour générer des surfaces d'analyse en 3 dimensions.

- ◆ Elle nécessite une bonne connaissance de la Régression



This Training Manual and all materials, procedures and systems herein contained or depicted (the "Manual") are the sole and exclusive property of La Rémige S.A.R.L.

The contents hereof contain proprietary information and materials that are the private property of La Rémige S.A.R.L. Unauthorized use, disclosure, or reproduction of any kind of any material contained in this Manual is expressly prohibited. The contents hereof are to be returned immediately upon termination of any relationship or agreement giving user authorization to possess or use such information or materials. Any unauthorized or illegal use shall subject the user to all remedies, both legal and equitable, available to La Rémige S.A.R.L. This Manual may be altered, amended or supplemented by La Rémige S.A.R.L. from time to time. In the event of any inconsistency or conflict between a provision in this Manual and any national, federal, provincial, state or local statute, regulation, order or other law, such law will supersede the conflicting or inconsistent provision(s) of this Manual in all properties subject to that law.

© 2008 by La Rémige S.A.R.L. All Rights Reserved.

"Lean Six Sigma" is a registered mark with INPI in France