



Méthodologie de résolution de problèmes

Les outils Shainin

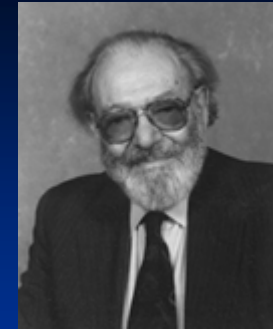
Consulting Centre

42 rue de Varize – 28000 Chartres. Tél: 02 37 90 39 47. Port : 06 63 06 35 48

SARL - RCS Chartres - SIRET 480 441 740 00010

www.consulting-centre.com email : contact@consulting-centre.com

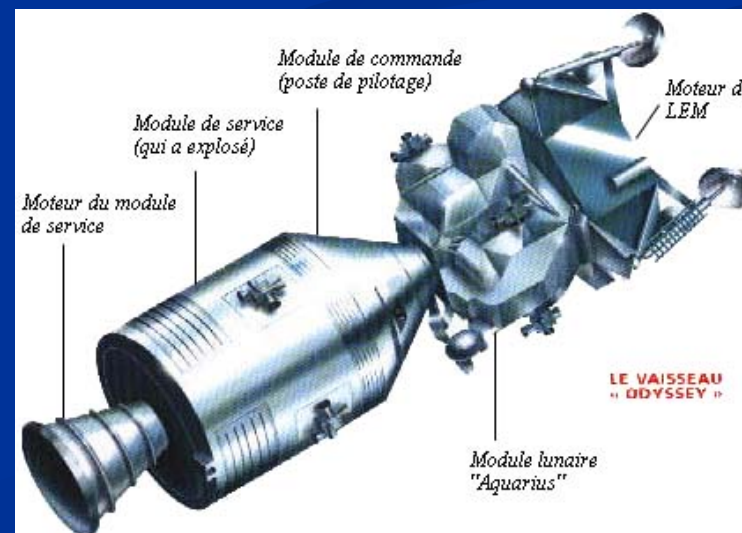
Dorian Shainin.



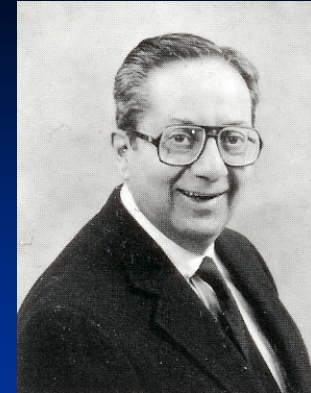
1946 : Membre de l'ASQC (American Society for Quality Control) avec Len Sender, Joe Juran, Warren Purcell.

1963 : Consultant en fiabilité chez Grumman Aerospace pour le L.E.M (lunar excursion module) de la NASA. La méthode Shainin en terme de fiabilité garantissait statistiquement la plus faible marge de risque. La Nasa choisi Grumman Aerospace car aucune autre société ne garantissait une telle fiabilité en terme de sécurité. (5 pour 10000)

1970 : mission appolo 13



Keki Bothe



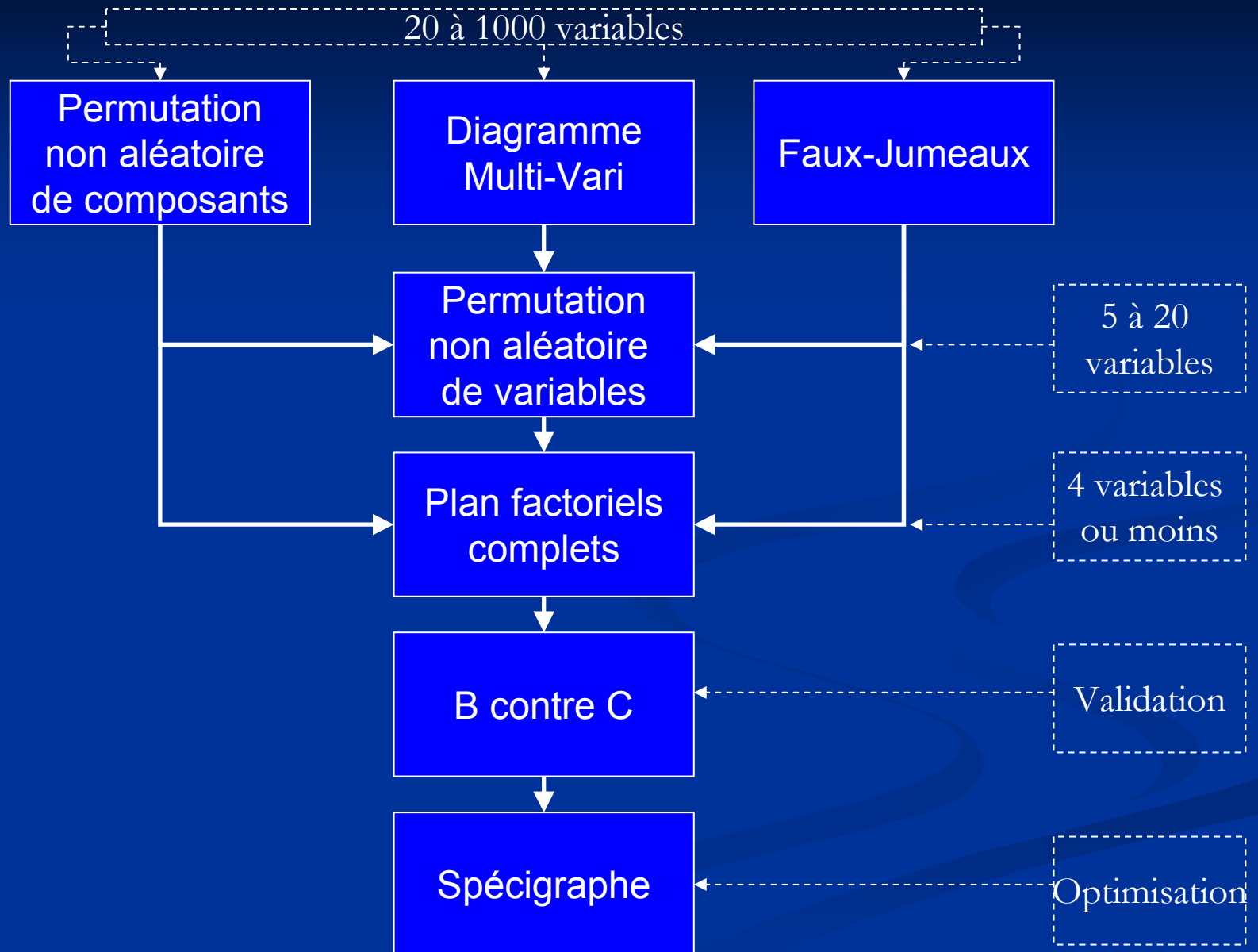
1980 : Directeur Qualité Motorola Electronic & Automotive
Puis consultant pour déployer les outils Shainin dans les usines
Motorola entre 1988 et 1992.

« La variation c'est l'enfer ! »



tutorialshewhart.exe

Réduction de la variation : Méthode Shainin



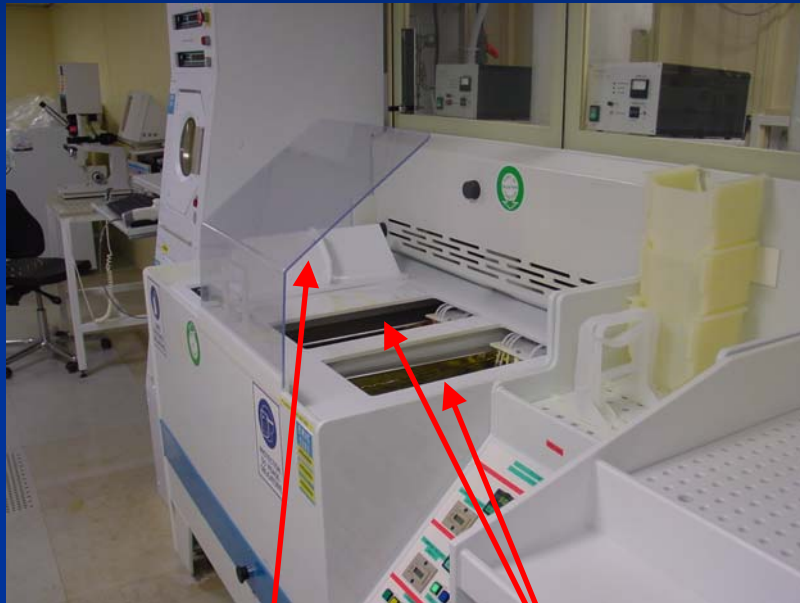
Usine de Semiconducteur

Gravure plasma et gravure humide

- Cas 1 : Problème de décollement d'aluminium.
- Cas 2 : Problème de microfusions.
- Cas 3 : Validation des améliorations.

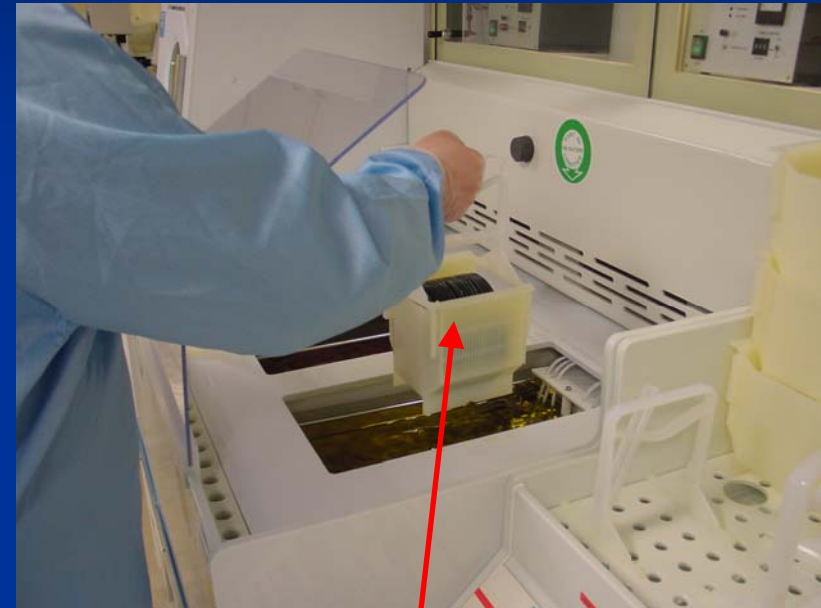
Cas 1 : Décollement d'aluminium

Équipement de délaquage humide



Rinçage eau

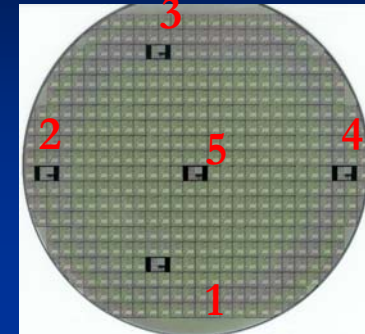
Stripper



1 lot = 25 plaques

Procédé : Stripper 1 + Stripper 2 + rinçage = 5 min/lot

- Symptôme : Décollement de bande d'aluminium lors du délaquage stripper.
- Mesure : nombre de circuits touchés sur 5 zones de test des plaques (contrôle visuel).
- Taux de rebut : entre 0.5% et 3%.
- Carte de contrôle : nombre moyen de circuit touché par lot.



Recherche des causes par la méthode classique :

- Groupe de travail avec les spécialistes du procédé/machine
- Recherche des facteurs pouvant influencer les décollements d'aluminium
- Réalisation d'un plan d'expérience pour quantifier les effets
- Quantification : θ° Stripper 1 - θ° Stripper 2 – Temps stripper 1 – Temps stripper 2 – Fournisseurs Stripper A et B.
- Validation des résultats : on ne retrouve pas les résultats espérés !



Résultat : aucune amélioration - le taux de rebut reste entre 0.5% et 3%.

Recherche des causes par la méthode Shainin

Analyse Multi-Vari.

L'objectif de cette analyse est de réduire au maximum la liste des facteurs potentiellement responsables des variations.

Ces facteurs jouent sur trois modes d'effet :

- Avec le temps
- Entre produit
- Dans le produit

* Technique inventée par Leonard Sander chez Gillette Safety Razor (1940).

Analyse Multi-Vari

Mesure : Nombre moyen de décollements par plaque

Règle des 3x3x3 :

- Effet Temps = 8h – 12h – 16H
- Effet entre lot = 3 lots pour chaque période
- Effet dans le lot : Mesure sur les plaques 1 – 12 - 25

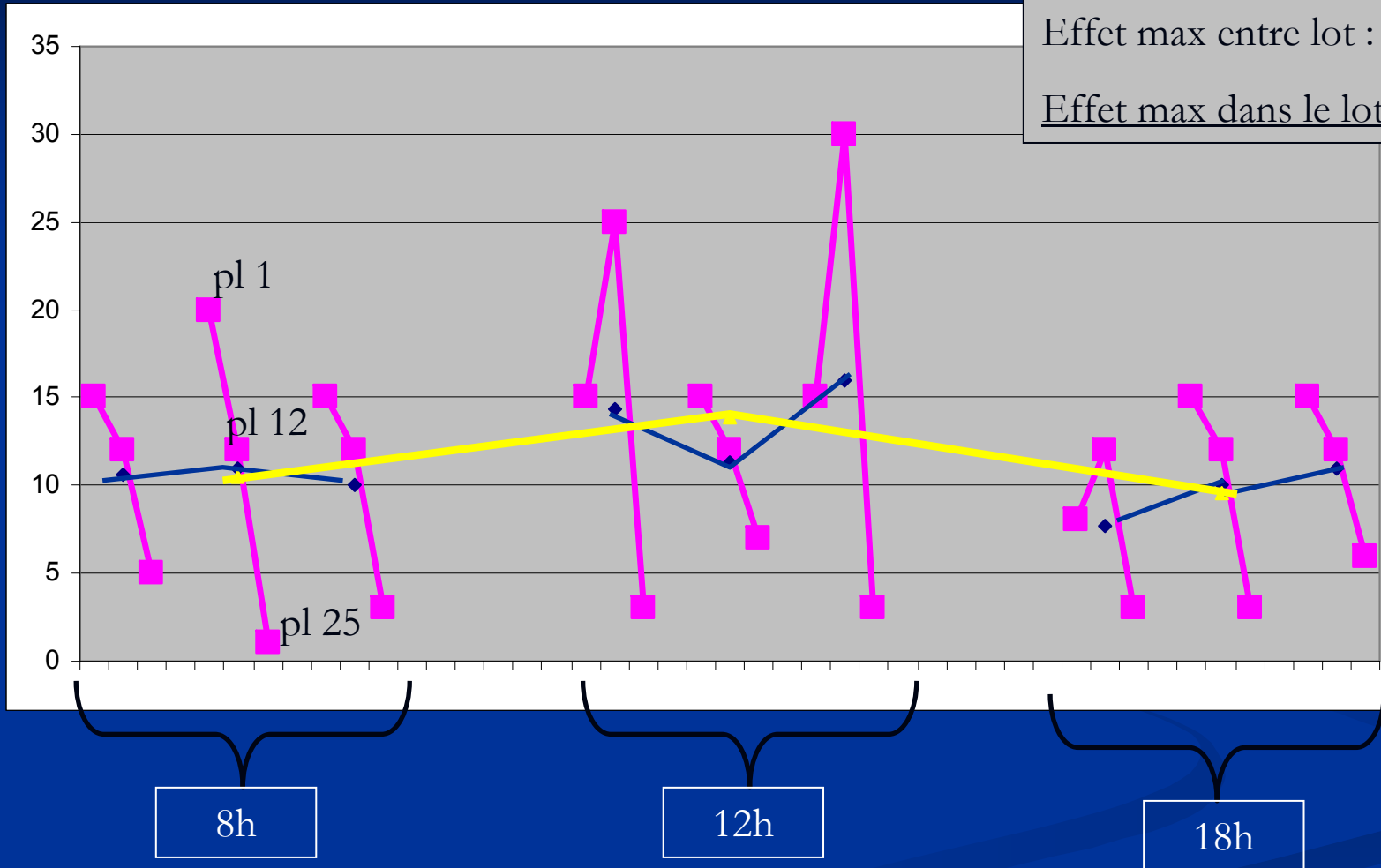
Plaque 1

Plaque 12



Plaque 25

Résultat Analyse Multi-Vari



Conclusion de l'Analyse Multi-Vari

➤ Il y a clairement un effet à l'intérieur du lot

Pourquoi la plaque 25 est toujours la meilleure ?



Utilisation de la méthode des Faux jumeaux pour aller plus loin

Effet max temps : 4

Effet max entre lot : 5

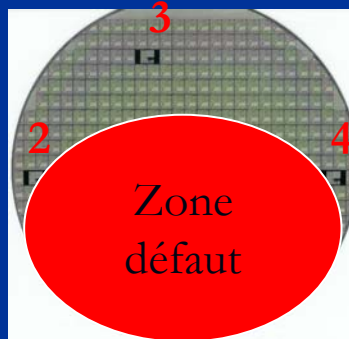
Effet max dans le lot : 27

Méthode des Faux Jumeaux

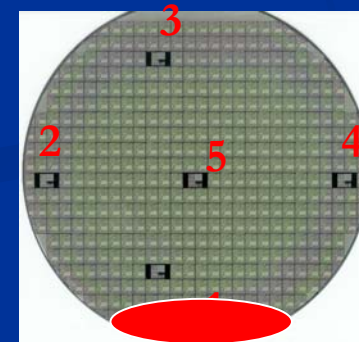
- Les indices sont obtenus à partir de l'analyse comparative de paires de produits : un « bon » et un « refusé ».
- Six paires au minimum sont indispensables : **9 paires**
- L'évaluation des produits bons ou mauvais doit être faite à partir d'un même paramètre mesurable : **nombre de décollements.**
- Un critère d'appariement entre les produits bons et mauvais doit être défini : moment de fabrication, machine utilisée, ... : **machine délaquage Stripper**
- Enregistrer le plus de caractéristiques possibles sur chacune des paires. Particulièrement les caractéristiques sur lesquelles on présume des différences. Ces différences peuvent être dimensionnelles, d'aspect, électrique, ... : **nombre de décollements sur les 5 zones de chaque plaque**

Analyse des Faux Jumeaux

Les plaques 1 ou 12
« mauvaises »

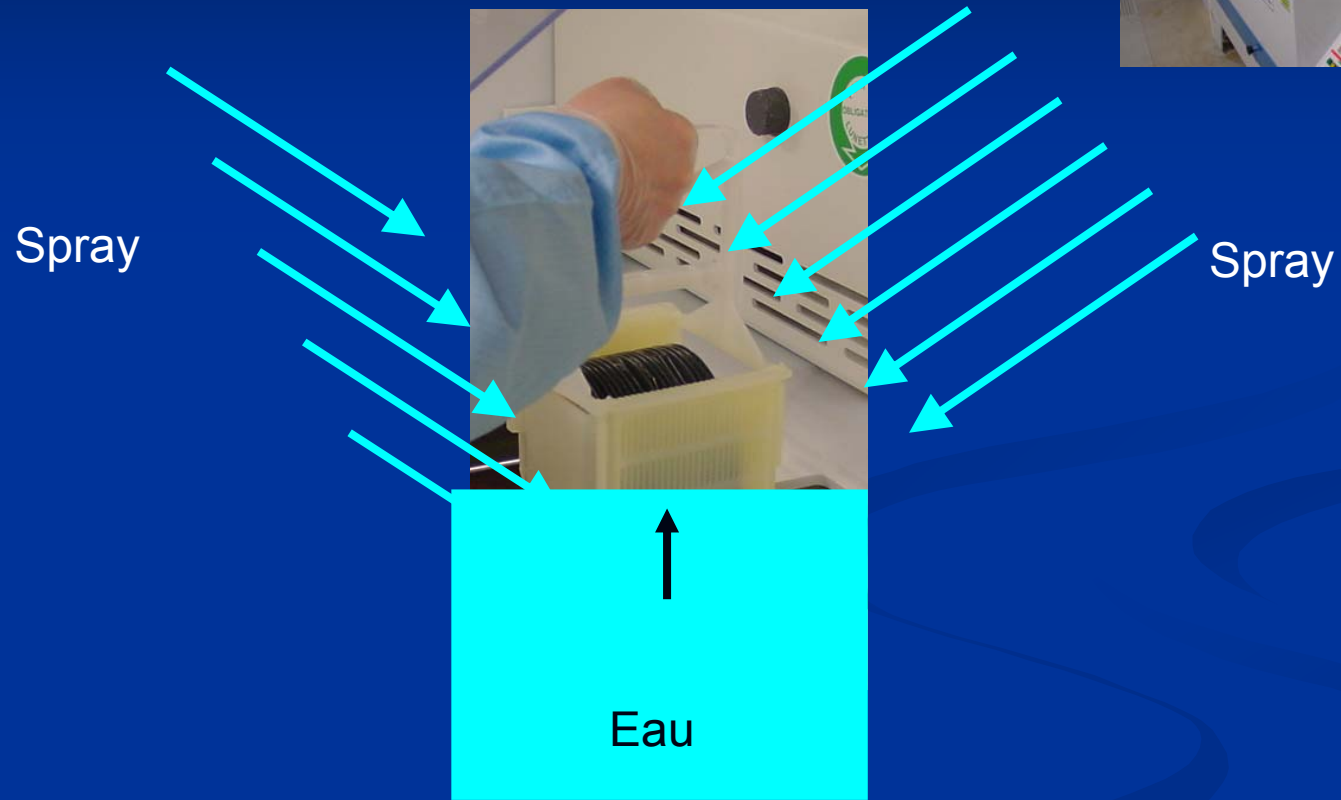


Les plaques 25
« bonnes »



Analyse des Faux Jumeaux

Process de rinçage



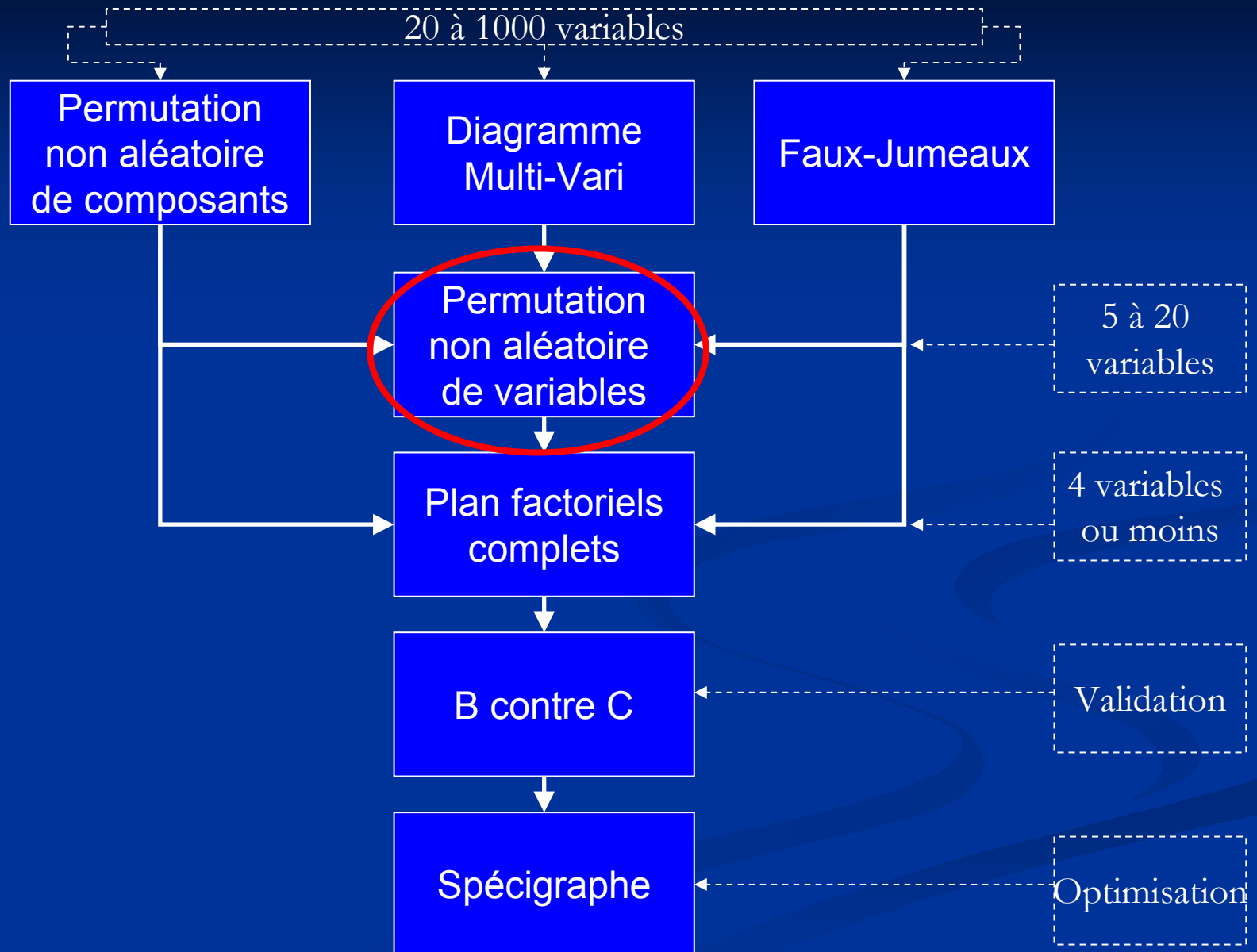
Conclusion :

Les décollement d'aluminium proviennent d'une Interaction entre le Stripper et l'eau lors du rinçage des plaques.

- Si l'on transfère directement un lot du stripper dans l'eau : 100% des plaques sont touchées !
- Si l'on utilise le spray correctement orienté pour enlever rapidement le stripper puis on immerge le lot dans l'eau : 0% de défaut sur tout le lot !

« Il faut faire parler les produits »

Réduction de la variation : Méthode Shainin



Cas 2 : Microfusions

Symptôme : Bandes d'aluminium fusionnées.

Machine : bâti de gravure plasma

Mesure : nombre de circuits touchés sur 5 zones de test des plaques (contrôle visuel).

Taux de rebut : entre 0% et 5% de la production : par période de crise.

Carte de contrôle : nombre moyen de circuit touché par lot.



Étude Multi vari : Effet dans le temps :

- Mise en cause : Taux d'hygrométrie : négatif
- Mise en cause température : négatif

Faux Jumeaux : Les microfusions ont lieu sur les capacités, comme un effet de claquage :

- mise en cause de la stabilité RF. Couplage Résistance/Capacité : négatif
 - mise en cause des mises à la masse. Remis en état et préventif : négatif
 - modification du support de plaque: conducteur/ isolant : négatif
-
- Réalisation d'un plan d'expériences avec 3 facteurs : les résultats attendus ne sont pas reproductibles !

Décision de réaliser une permutation non aléatoire de variables.

1. Choix des variables : Sélectionner les variables suspectes et les classer dans un ordre décroissant d'influence supposée.

A : Puissance

B : Pression

C : Débit de gaz 1

D : Température refroidissement support

E : Distance inter électrode

2. Sélection des modalités : Définir les modalités de chacune des variables suspectes.

A+	50
B +	180
C+	30
D +	20
E+	1

A-	40
B -	200
C-	20
D -	25
E -	0.8

3. Jeux préliminaires : Valider que la ou les variables perturbatrices se trouvent bien dans la liste.

P+ = toutes les variables sont au +

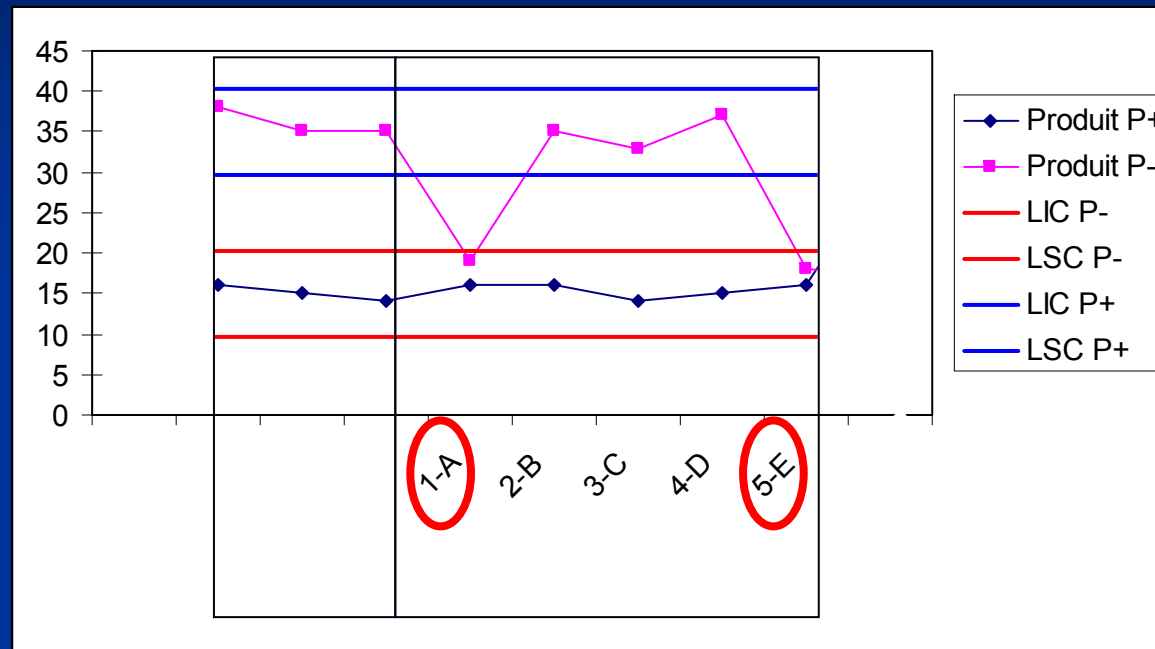
P - = toutes les variables sont au -

Résultats (nb de microfusions)	P +	P -
Essai 1	13	34
Essai 2	16	38
Essai 3	15	35
Valeur médianes	15	35
Différence entre médiane = D	20	
Étendue	3	4
Moyenne des étendues = d	3.5	
Test $D/d \geq 1.25$	5.7	

4. Permutations : Identifier la ou les variables perturbatrices

Jeu de test	Produit P+	Résultat		Produit P-	Résultat
1	A-R+	16		A+R-	19
2	B-R+	16		B+R-	35
3	C-R+	14		C+R-	33
4	D-R+	15		D+R-	37
5	E-R+	16		E+R-	18

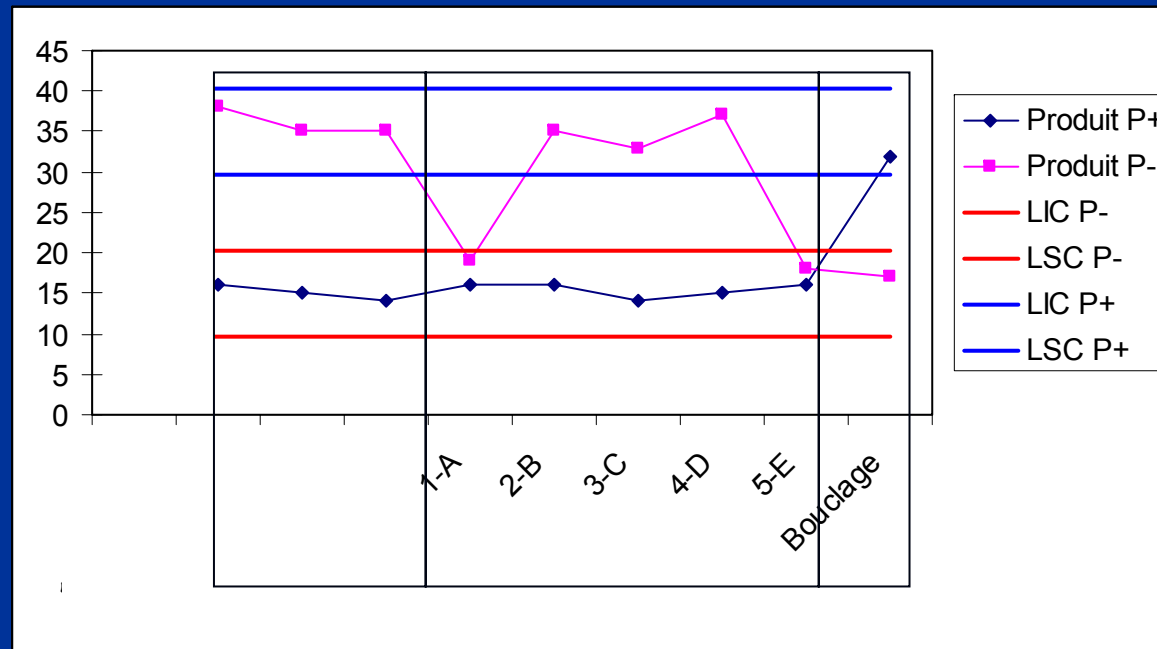
Graphique des résultats



$$\text{Limite de contrôle} = \text{médiane} \pm 2,776 * \left(\frac{\hat{d}}{1,81} \right)$$

5. Test de bouclage : S'assurer que toutes les variables on bien été identifiées

Jeu de test	Produit P+	Résultat	Produit P-	Résultat
Bouclage	A-E-R+	32	A+E+R-	17



Les deux facteurs influents sont :

A : Puissance

E : Distance inter électrode

6. Calcul des effets : Quantifier l'amélioration

A	E	Résultats								Moyenne
-1	-1	34	38	35	35	35	33	37	32	35
1	-1	19	16							18
-1	1	16	18							17
1	1	13	16	15	14	16	14	15	17	15

Effet A	-5.0
Effet E	-5.3
Effet A*E	3.9

Conclusions :

Le paramètre A : la puissance.

Actions :

- Mise en application d'une recette de gravure avec une puissance optimum.

Le paramètre E : Distance inter électrode (DIE).

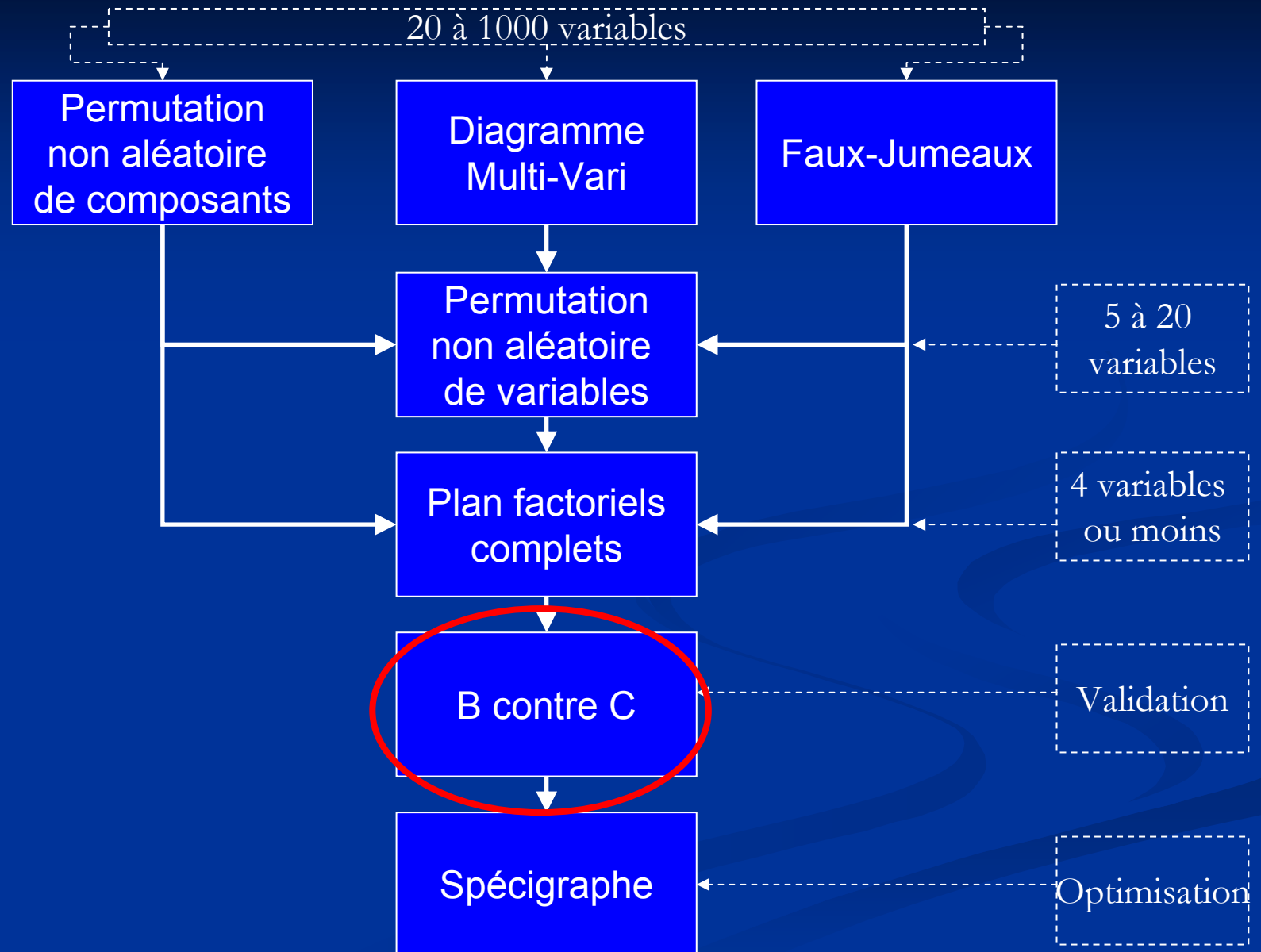
Actions :

- Un suivi particulier entre la consigne et la réelle DIE a été mis en place. Ce suivi a démontré une dérive du système mécanique de la DIE dans le temps.
- Rajout dans la check liste de début de poste : le contrôle de la DIE.
- Rajout dans la maintenance préventive : la vérification du système mécanique de la DIE.

Résultats :

Disparition des crises de microfusions.

Réduction de la variation : Méthode Shainin



Cas 3 : Validation des améliorations : B contre C

B : Best (meilleur) = +

C : Current (normal) = -

B est-il réellement meilleur que C, avec 95% de chance de ne pas se tromper ?

Méthode :

10 essais ($n_B=5$ et $n_C=5$) sont réalisés aléatoirement puis classés par ordre croissant ou décroissant en fonction des résultats :

1,3, 5, 6,8,9,10,11,15,18
C C C C B B C B B B
⏟ ⏟
4 bouts + 3 bouts

TOTAL = 7 bouts



Nombre minimum de bouts	Risque α (risque de se tromper)
13	0.1%
10	1%
7	5%
6	10%

Conclusion : B est meilleur que C (avec 95% de confiance)



QUESTIONS - REPOSES

TEMOIGNAGES