

Evaluer l'Utilité des Données au moyen de la Répétabilité Et de la Reproductibilité de l'Instrumentation

Keith M. Bower et Michelle E. Touchton

Résumé

L'utilisation des études de Répétabilité et de Reproductibilité de l'Instrumentation (R&R de l'Instrumentation) est très répandue au sein de l'industrie. Ces analyses permettent d'évaluer la contribution de la variation imputable au système de mesure même. Si ces évaluations indiquent que les mesures enregistrées risquent de ne pas être fiables, ceci peut avoir un impact sur toutes les analyses ultérieures, ex. cartes de contrôle, analyses de l'aptitude, etc. Cet article a pour but d'aborder ces questions par le biais d'un débat et d'un exemple, et de fournir des conseils et indications utiles lors de l'utilisation de MINITAB®.

R&R de l'Instrumentation

Nous étudierons un procédé de mesure selon lequel plusieurs opérateurs utilisent une instrumentation particulière. A ce titre, nous pouvons prendre en compte les facteurs suivants:

1. Un effet dû à l'opérateur (*Opérateur*)
2. Un effet dû à la pièce particulière mesurée (*Pièce*)
3. Un effet d'interaction opérateur par pièce (*Op*Pièce*)
4. La précision de l'instrumentation (*Reproduction*)

Les éléments qui contribuent à la partie reproductibilité de la "R&R" sont les effets *Opérateur* et *Op*Pièce*. Le modèle ANOVA à effets aléatoires à deux entrées qui sera étudié aux fins de cette analyse peut se présenter sous la forme suivante:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Opérateur}_i + \text{Pièce}_j + (\text{Op*Pièce})_{ij} + \text{Reproduction}_{k(ij)}, i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, n$$

et les composantes de variance peuvent être représentées par l'identité:

$$\sigma_y^2 = \sigma_{\text{Opérateur}}^2 + \sigma_{\text{Pièce}}^2 + \sigma_{\text{Op*Pièce}}^2 + \sigma^2$$

Les opérateurs et les pièces sont considérés comme des facteurs aléatoires. Certains professionnels choisissent d'étudier certaines pièces s'inscrivant dans les extrêmes des mesures enregistrées, y compris éventuellement certaines en dehors des limites de spécification, dans le but d'obtenir une meilleure représentation de la performance d'ensemble du système de mesure.

Exemple

Prenons un fabricant d'aiguilles d'injecteur de carburant qui doit évaluer un système de mesure avec une tolérance admissible de 8 microns. A cette fin, il est décidé de prendre neuf aiguilles, mesurées deux fois par deux opérateurs. Il est important de randomiser l'ordre dans lequel les opérateurs mesurent les pièces à chaque fois. Comme l'indiquent

Montgomery et Runger¹ (1993), il est conseillé en pratique d'exécuter moins de reproductions sur davantage de pièces que le contraire. Dans le cas d'un essai destructif, on utiliserait la fonctionnalité R&R de l'Instrumentation Emboîtée de MINITAB Version 13.

Comme illustré à la figure 1, l'Etude R&R de l'Instrumentation (Croisée) est utilisée étant donné que chaque opérateur mesure chaque pièce. Le résultat ANOVA correspondant au modèle complet, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle l'effet d'interaction opérateur par pièce est égal à zéro, même au niveau $\alpha = 0,1$. Par défaut, si la valeur p de cet effet est supérieure à 0,25, MINITAB inclura ce terme dans l'erreur, et répétera les calculs ANOVA.

Figure 1

Tableau ANOVA à deux facteurs contrôlés avec interaction

Source	DL	SC	CM	F	P
Pompe	8	46.1489	5.76861	769.148	0.00000
Opérateur	1	0.0400	0.04000	5.333	0.04974
Opérateur*Pompe	8	0.0600	0.00750	0.675	0.70735
Répétabilité	18	0.2000	0.01111		
Total	35	46.4489			

Tableau ANOVA à deux facteurs contrôlés sans interaction

Source	DL	SC	CM	F	P
Pompe	8	46.1489	5.76861	576.861	0.00000
Opérateur	1	0.0400	0.04000	4.000	0.05605
Répétabilité	26	0.2600	0.01000		
Total	35	46.4489			

¹ Montgomery, D.C., Runger, G.C. (Juillet 1993). "Gauge Capability and Designed Experiments: Part I: Basic Methods," *Quality Engineering*, Vol. 6, No. 1.

Figure 2

R&R de l'instrumentation

Source	CompVar	%Contribution (de CompVar)		
R&R totale de l'instr.	0.0117	0.80		
Répétabilité	0.0100	0.69		
Reproductibilité	0.0017	0.11		
Opérateur	0.0017	0.11		
De pièce à pièce	1.4397	99.20		
Variation totale	1.4513	100.00		

Source	EcTyp (Ec-T)	Var étude (5.15*Ec-T)	%Var étude (%VE)	%Tolérance (VE/Tolér)
R&R totale de l'instr.	0.10801	0.55626	8.97	6.95
Répétabilité	0.10000	0.51500	8.30	6.44
Reproductibilité	0.04082	0.21025	3.39	2.63
Opérateur	0.04082	0.21025	3.39	2.63
De pièce à pièce	1.19986	6.17925	99.60	77.24
Variation totale	1.20471	6.20424	100.00	77.55

Nombre de catégories distinctes = 16

À la figure 1, nous constatons également qu'avec le modèle réduit, la composante pièce est significative sur le plan statistique, conformément à nos attentes, et nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle l'effet opérateur est égal à zéro au niveau 5%. Les calculs de la composante de variance à la figure 2 indiquent que moins de 1% de la variation totale est dû à la R&R de l'Instrumentation.

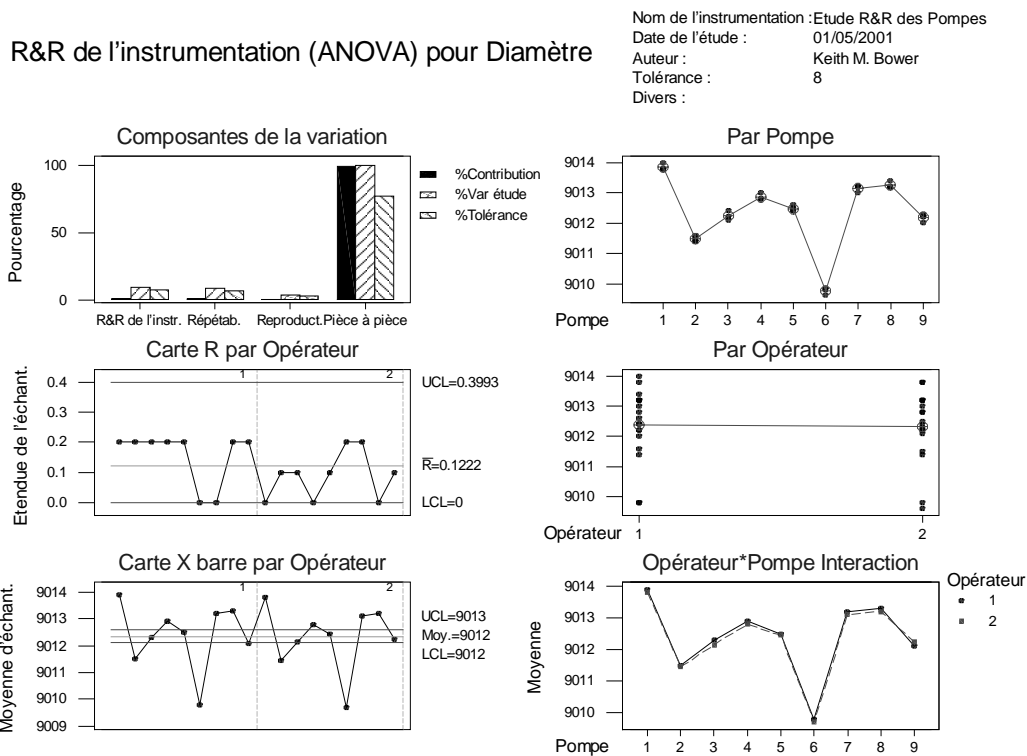
Les professionnels étudient souvent la relation entre les tolérances admissibles, et/ou la Variation de l'Etude avec les calculs de la R&R de l'Instrumentation Totale. Comme illustré à la figure 2, la variation du procédé utilisée est définie comme étant 5,15 fois σ_{total} , où $\sigma_{\text{total}} = \sqrt{\sigma_{\text{product}}^2 + \sigma_{\text{gage}}^2}$, (produit + instrumentation). L'estimation de cette dernière est par conséquent utilisée en comparaison avec 5,15 fois la R&R de l'Instrumentation Totale $(0,55626/6,20424) = 8,97\%$ et avec la Tolérance $(0,55626/8) = 6,95\%$. Le nombre de catégories distinctes indique la quantité de groupes séparés de pièces que le système de mesure peut distinguer. Par exemple, si le nombre de catégories distinctes est de deux, le procédé peut uniquement distinguer les pièces en les plaçant dans les groupements haut et bas. Avec 16 catégories distinctes, le système peut être jugé apte à distinguer les pièces. L'AIAG² stipule que le "nombre de catégories doit être de cinq, et plus de préférence, pour que le système de mesure soit acceptable..." En vertu des directives de l'AIAG, ce système de mesure serait jugé acceptable.

Le résultat graphique à la figure 3 montre comment la majeure partie de la variation est due à la composante pièce à pièce, ainsi qu'on pourrait s'y attendre. La carte R indique que les opérateurs ont enregistré les valeurs pour chaque pièce avec un degré de variabilité similaire, la carte X barre faisant état, comme on pourrait l'espérer, d'une

² Automotive Industry Action Group (Juin 1998). *Measurement Systems Analysis*

situation incontrôlée, soulignant le pouvoir discriminatoire de l'instrument. Les valeurs moyennes de toutes les pièces mesurées (deux fois) par les deux opérateurs sont représentées sur le graphique "par opérateur", indiquant que les moyennes globales enregistrées par les deux opérateurs sont similaires. L'effet d'interaction opérateur par aiguille présente un parallélisme, reflété au niveau du terme statistiquement insignifiant supprimé du modèle.

Figure 3



Conclusion

L'obtention de données de grande qualité est indispensable à une analyse correcte. L'utilisation de la R&R de l'Instrumentation est une précieuse composante d'un programme d'analyse d'un système de mesure. L'emploi de la méthodologie ANOVA, associée à des graphiques utiles, permet de parvenir à de telles conclusions.

Keith M. Bower, M.S. occupe les fonctions de Spécialiste de la Formation Technique chez Minitab Inc. Les techniques d'amélioration continue de la qualité, notamment la réalisation de cartes de contrôle, ainsi que les méthodologies statistiques commerciales et de santé, constituent ses principaux centres d'intérêt. Keith est membre de l'American Society for Quality, l'American Statistical Association et l'International Society of Six Sigma Professionals.

Michelle E. Touchton, B.S. occupe les fonctions de Spécialiste de l'Assistance Client chez Minitab Inc. Elle s'intéresse notamment aux méthodologies de contrôle de la qualité statistique.