



Module : Six Sigma SIC2

Examen Six Sigma

Dans une usine de câblages automobile, un green belt six sigmas souhaite résoudre un problème qualité client lié à des mauvaises soudures ultrasons des nœuds électriques (soudure de plusieurs fils). Le client exige deux caractéristiques critiques l'effort de traction en newton et l'aspect de compactage de la soudure. L'effort de traction doit être entre L_{inf} 40 N et L_{sup} 70 N

En suivant une démarche DMAIC le green belt après avoir défini l'ampleur du problème commence par une étude MSA & capacité

I-) L'étude MSA selon la méthode ANOVA donne les data suivantes:

Source	DF	SS	MS	F	P
part	9	820,93	91,21	68,22	0,000
operator	2	28,15	14,07	10,52	0,001
part * operator	18	24,06	1,33	1,69	0,066
Repeatability	60	47,33	0,7889		
Total	89	920,489			

I-a) Quelle est la différence entre la méthode ANOVA et la méthode Xbar/R

La méthode ANOVA est plus précise que la méthode Xbar/R, on peut séparer les interactions opérateur*pièce et on peut augmenter le pouvoir de partitionnement de la variance

I-b) Interpréter le tableau ANOVA ci-dessus

La valeur p concernant la pièce et l'opérateur est inférieur à 0.05 ce qui confirme qu'il y a statistiquement un effet significative sur la variance total du système de mesure, contrairement à l'interaction pièce*opérateur ou $p = 0.066 > \alpha$

I-c) L'analyse MSA sur Minitab nous donne les indices ci-dessous, donner la formule de chaque indice. Quelle est l'indice adéquat dans notre cas ? Quelle est ta conclusion ?

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	1,16367	6,9820	34,48	23,27
Repeatability	0,95676	5,7405	28,35	19,14
Reproducibility	0,66238	3,9743	19,63	13,25
operator	0,66238	3,9743	19,63	13,25
Part-To-Part	3,16753	19,0052	93,87	63,35
Total Variation	3,37452	20,2471	100,00	67,49

Number of Distinct Categories = 3

$$\% \text{ study var} = \sigma_{ms} / \sigma_{tot} * 100$$

$$\% \text{ Tolérance} = 100 * (6 * \sigma_{ms} / IT \text{ (intervalle de tolérance)})$$

$$DC = 1.414 * \sigma_{pièce} / \sigma_{ms}$$

Dans ce cas l'intervalle de tolérance est important pour le client donc % Tolérance est l'indicateur le plus recommandé dans cette étude MSA

Gage R&R est de 23.7% donc $10\% < \%R\&R < 30\%$ donc notre système de mesure nécessite des actions d'améliorations mais cependant on peut continuer à l'utiliser

II-) Une étude capabilité sur le processus de soudure sur 50 échantillons nous donne une moyenne $\mu = 58.5$ et un écart type $\sigma = 4.3$ pour un caractéristique client valeur nominale 55 ± 15 N

II-a) Calculer les indices de capabilité C_p & C_{pk}

$$C_p = (L_{sup} - L_{inf}) / 6 * \sigma = 30 / 6 * 4.3 = 1.162$$

$$C_{pk} = \inf((\mu - L_{inf}) / 3\sigma ; (L_{sup} - \mu) / 3\sigma) = \inf(1.43 ; 0.89) = 0.89$$

II-b) D'après l'indice MSA R&R % tolérance (SV/T) corriger l'indice C_p

D'après l'abaque C_p observé versus C_p réelle et avec une %R&R de 20% la vraie valeur de C_p est 1.3 au lieu de 1.162

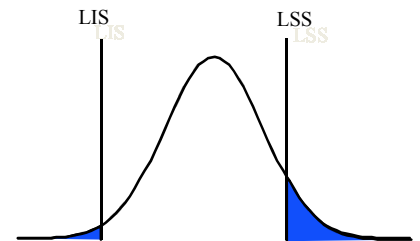
II-c) En utilisant le tableau Z calculer les proportions en PPM en dehors des limites inférieure et supérieure, prenez $\alpha = 0.05$

$$Z_L = (L_s - \bar{X}) / \sigma = (70 - 58.5) / 4.3 = 2.67$$

$$Z_Li = (\bar{X} - L_i) / \sigma = (58.5 - 40) / 3.4 = 4.3$$

En utilisant la table Z

$$\Pr(x \leq 70) + \Pr(x \geq 40) = \Pr(Z \leq 2.67) + \Pr(Z \geq 4.3) \\ = 3790 \text{ ppm} + 8.5 \text{ ppm} = 3798.5 \text{ ppm}$$



III-) Le green belt effectue une série d'action d'amélioration afin de ramener la moyenne la plus proche de la valeur nominale puis il effectue des prélèvements (16 échantillons) sur le processus qui donne les résultats suivantes : $\bar{X} = 54.2$ et un écart type de $s = 2.5$ avant de confirmer l'impact de ses action il effectue un test d'hypothèse

III-a) Quel type de test doit effectuer et pourquoi ?

On veut vérifier s'il n'y a pas de différence significative entre la nouvelle moyenne 54.2 et la valeur nominale 55 donc on va faire un test d'hypothèse 01 sample t test ($\mu = \mu_{target}$)

III-b) Dérouler le test d'hypothèse et statuer sur l'impact des actions en calculant l'intervalle de confiance ou la valeur p, prenez $\alpha = 0.05$

Utilisation de l'intervalle de confiance

$$IC \text{ moyenne} = \bar{x} - t_{\alpha/2, n-1} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{\alpha/2, n-1} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$IC \text{ moyenne,} = 54.2 - 2.131 * 2.5 / (16)^{1/2} \leq \mu \leq 54.2 + 2.131 * 2.5 / (16)^{1/2} = 52.862 \leq \mu \leq 55.532$$

La valeur nominale 55 est inclus dans l'intervalle de confiance et l'ancienne moyenne 58.5 est en dehors de l'IC

L'utilisation de la valeur p

$$T_{n-1} = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

Pour la valeur nominale :

$$T_{\text{calc}} = T_{n-1} = ((54.2-55)/2.5)*4 = 1.28$$

$$T_{\text{critique}} = 2.131$$

$T_{\text{cal}} < T_{\text{critique}}$ don p value > α value donc il n y a pas de différence entre la valeur nominale et la nouvelle moyenne

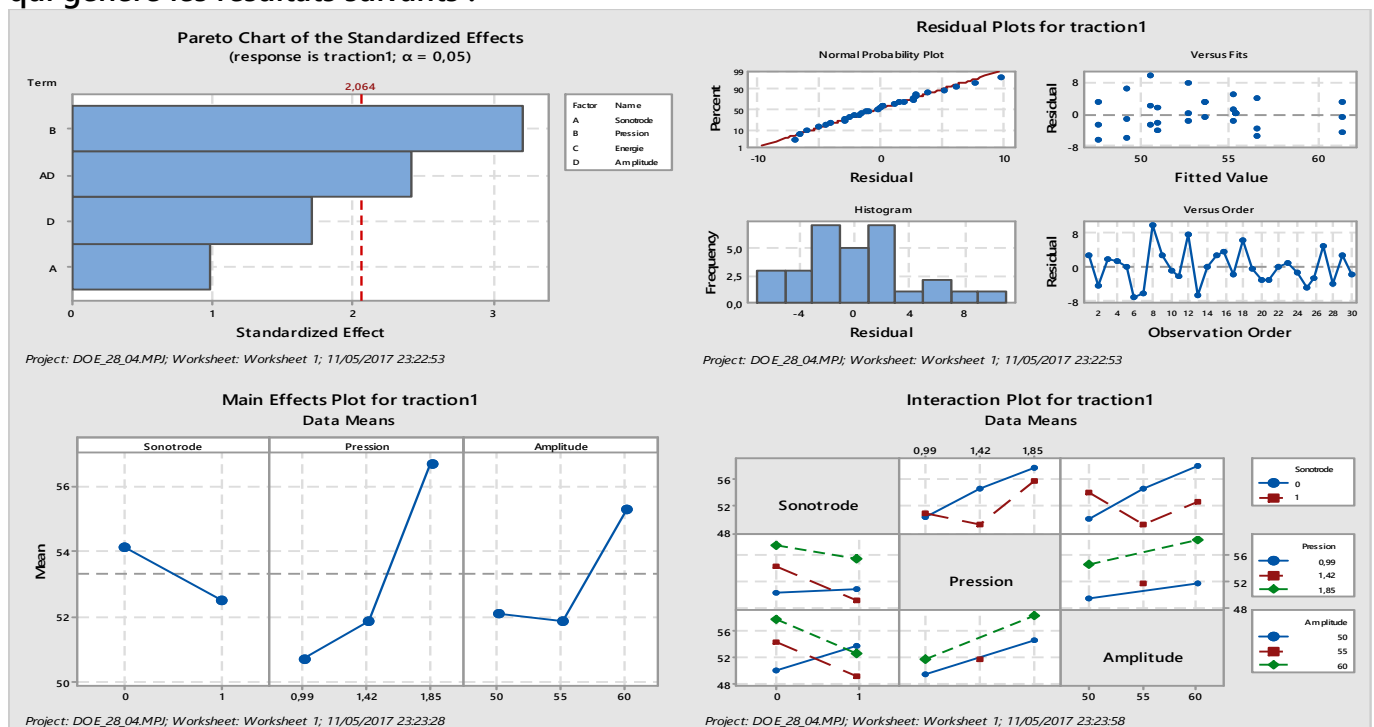
Si on veut le comparer par rapport à l'ancienne moyenne

$$T_{\text{calc2}} = T_{n-1} = ((58.5-54.2)/2.5)*4 = 6.88$$

$T_{\text{cal}} > T_{\text{critique}}$ don p value < α value donc il y a une différence entre l'ancienne moyenne et la nouvelle moyenne

L'action menée par le green belt a amélioré la performance du processus en le rapprochant de la valeur nominale

IV-) Après avoir effectué les études nécessaires le green belt choisit trois facteurs clefs qui ont un impact significatif sur la sortie (l'effort de traction) et décide dérouler un plan d'expérience qui génère les résultats suivants :



IV-a) Interpréter la graphique du Pareto, que signifie la ligne 2.064

Le diagramme Pareto visualise la valeur f dans le tableau ANOVA qui correspond aux facteurs et leurs interactions (ici B & AD effet significatif ($F_{\text{facteurs}} > F_{\alpha}$ donc $p < \alpha$) A & D effet non significatif), la ligne 2.064 représente la valeur critique qui correspond à α (0.05)

IV-b) Qu'est ce qu'on peut conclure des graphiques de résidus

Normal probabiliy plot : Le graphe de normalité montre que la distribution résidu est normalement distribuée

L'histogramme : L'histogramme a une forme de cloche

Versus fit : Le modèle mathématique : à quel degré est représentative (les points qui ne colle pas au modèle). Aléatoire au tour de zéro sans tendances

Versus order : Le comportement de résidus le long de l'expérience. Allure normale.

IV-c) Interpréter les graphiques des effets principaux et les interactions

Effet principaux :

Sonotrode ; le passage d'une ancienne a une nouvelle sonotrode diminue l'effort de traction de ≈ 1.5 N (54-52.5) (effet faible et inversement proportionnel à la traction)

Pression : L'effet de la pression est significatif le passage de 0.99 à 1.85 bars augmente la force de traction de ≈ 06 N

Amplitude : L'effet de l'amplitude est non significatif le passage de 50 à 60 augmente la force de traction de ≈ 03 N

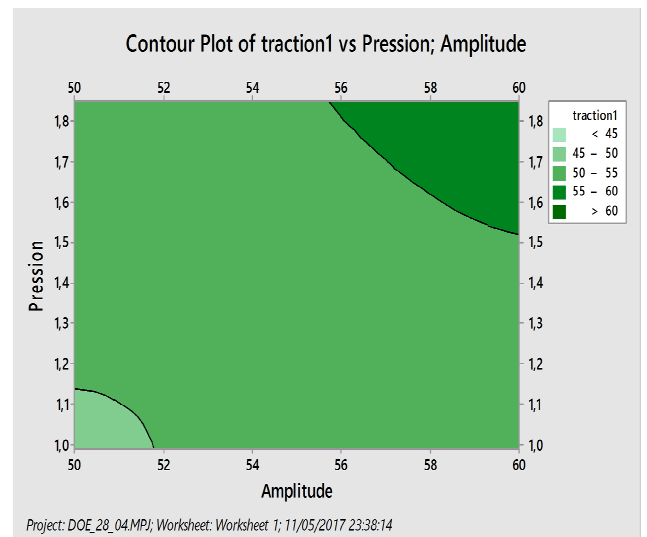
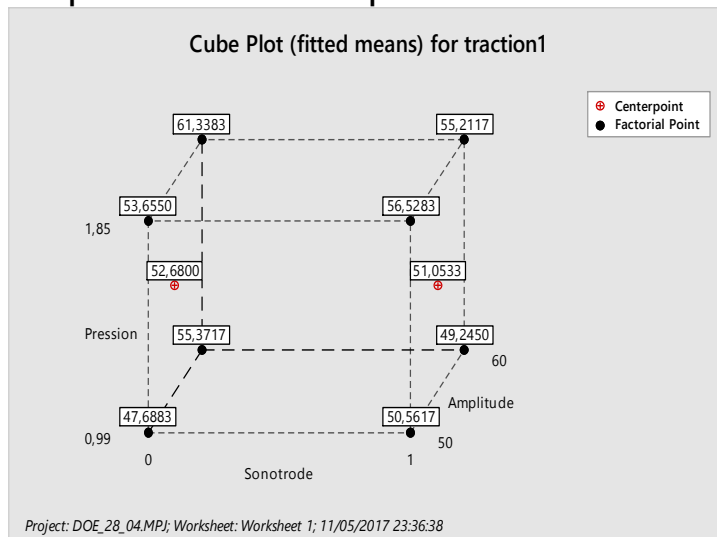
Interactions :

Pas d'interaction entre la pression et l'amplitude

Une forte interaction entre l'amplitude et la sonotrode

Une faible interaction entre la pression et la sonotrode

IV-d) Interpréter le cube plot et le contour plot, l'objectif c'est d'être le plus proche de la valeur nominale (55 N) d'après l'état du sonotrode quelles valeurs optimales de la pression et de l'amplitude il doit choisir pour contrôler le caractéristique client



Interprétation :

Pour une nouvelle sonotrode : La valeur la plus proche du 55 est la valeur 55.2 qui correspond à une amplitude 60 et une pression 1.85

Pour une sonotrode usé : la valeur la plus proche du 55 est la valeur 55.3 qui correspond à une amplitude 60 et une pression 0.99

La solution pratique :

Fixer l'amplitude à 60 et faire modifier la pression selon l'état de la sonotrode

TABLE A Area Under the Standardized Normal Curve										
Z_{α}	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
1	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
2	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
2,3	0,01072	0,01044	0,01017	0,00990	0,00964	0,00939	0,00914	0,00889	0,00866	0,00842
2,4	0,00820	0,00798	0,00776	0,00755	0,00734	0,00714	0,00695	0,00676	0,00657	0,00639
2,5	0,00621	0,00604	0,00587	0,00570	0,00554	0,00539	0,00523	0,00508	0,00494	0,00480
2,6	0,00466	0,00453	0,00440	0,00427	0,00415	0,00402	0,00391	0,00379	0,00368	0,00357
2,7	0,00347	0,00336	0,00326	0,00317	0,00307	0,00298	0,00289	0,00280	0,00272	0,00264
2,8	0,00256	0,00248	0,00240	0,00233	0,00226	0,00219	0,00212	0,00205	0,00199	0,00193
2,9	0,00187	0,00181	0,00175	0,00169	0,00164	0,00159	0,00154	0,00149	0,00144	0,00139
Z_{α}	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3	1,350E-03	9,676E-04	6,871E-04	4,834E-04	3,369E-04	2,326E-04	1,591E-04	1,078E-04	7,235E-05	4,810E-05
4	3,167E-05	2,066E-05	1,335E-05	8,540E-06	5,413E-06	3,398E-06	2,112E-06	1,301E-06	7,933E-07	4,792E-07
5	2,867E-07	1,698E-07	9,964E-08	5,790E-08	3,332E-08	1,899E-08	1,072E-08	5,990E-09	3,316E-09	1,818E-09
6	9,866E-10	5,303E-10	2,823E-10	1,488E-10	7,769E-11	4,016E-11	2,056E-11	1,042E-11	5,231E-12	2,600E-12

TABLE C Probability Points of the t Distribution: Two Sided										
Degrees of Freedom	α									
ν	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001	0,0005
1	1,376	1,063	0,708	0,314	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
2	1,061	0,788	0,588	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
3	0,978	0,729	0,538	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
4	0,941	0,688	0,500	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
5	0,920	0,668	0,483	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
6	0,906	0,654	0,470	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
7	0,896	0,645	0,461	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
8	0,889	0,639	0,455	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
9	0,883	0,634	0,450	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
10	0,879	0,630	0,446	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
11	0,876	0,627	0,443	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
12	0,873	0,625	0,441	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
13	0,870	0,623	0,439	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
14	0,868	0,621	0,437	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
15	0,866	0,619	0,435	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
16	0,865	0,618	0,434	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
17	0,863	0,617	0,433	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
18	0,862	0,616	0,432	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
19	0,861	0,615	0,431	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
20	0,860	0,614	0,430	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
21	0,859	0,613	0,429	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
22	0,858	0,612	0,428	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
23	0,857	0,611	0,427	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
24	0,857	0,610	0,426	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
25	0,856	0,609	0,425	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
26	0,856	0,608	0,424	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
27	0,855	0,607	0,423	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
28	0,855	0,606	0,422	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
29	0,854	0,605	0,421	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
30	0,854	0,605	0,420	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
40	0,851	0,603	0,418	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
50	0,849	0,601	0,416	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
60	0,848	0,600	0,415	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
80	0,846	0,598	0,413	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
100	0,845	0,597	0,412	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
200	0,843	0,595	0,410	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
500	0,842	0,594	0,409	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196
∞	0,841	0,593	0,408	0,312	0,270	0,252	0,232	0,217	0,201	0,196

