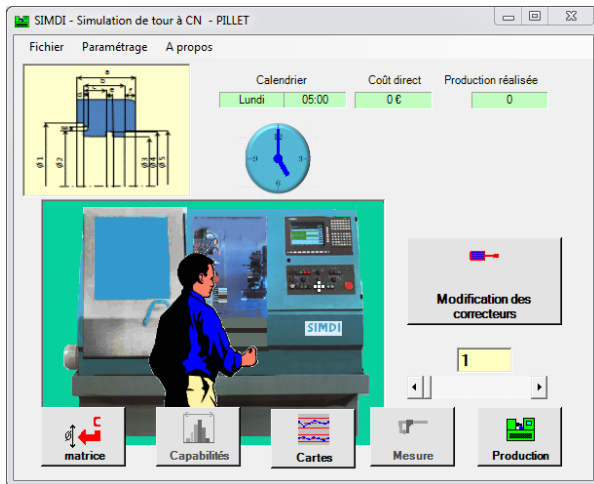


SIMDI - Simulateur de pilotage inertiel

« Les élèves pilotent un processus de fabrication dans le temps réduit d'une formation »

Objectifs du simulateur



Simuler la conduite d'une production de série sur tour à commande numérique en pilotant une pièce comportant de nombreuses caractéristiques dépendantes. Les élèves doivent réaliser 1000 pièces sur un tour à commande numérique, en pilotant au mieux l'ensemble des caractéristiques dans un premier temps par pilotage traditionnelle à l'aide des cartes de contrôle, puis en utilisant l'approche de pilotage inertiel développé au laboratoire SYMME de l'Université de Savoie.

Apport pédagogique de la séquence de formation

- Compréhension de la difficulté à maîtriser des caractéristique dépendantes.
- Création d'une matrice d'incidence inertiel
- Formation aux indicateurs de capabilités inertiels
- Compréhension de la facilité de pilotage inertiel dans le cas de caractéristiques multiple

Bibliographie indispensable :

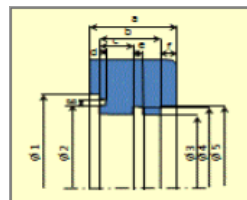
« Améliorer la productivité – Déploiement industriel du tolérancement inertiel » - Maurice PILLET - Editions d'organisation

Nota

Ce simulateur est fourni gratuitement pour l'instant dans la version beta de développement.

Nous sommes à l'écoute de l'ensemble des remarques qui seront faites sur l'utilisation de ce logiciel dont l'objectif de finalisation est pour début 2012

Fonctionnalités principales de SIMDI Tour inertiel



En cliquant sur cette zone on affiche la gamme de fabrication de la pièce avec les trajectoires d'outils, les cotes, les correcteurs de longueur utilisés

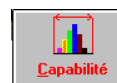
utilisés



Lance une production de n pièces sans contrôle intermédiaire.



Permet de mesurer les caractéristiques d'une pièce. Lorsque l'on mesure plusieurs fois la même pièce, on ne trouve pas forcément le même résultat, il y a de la dispersion dans la mesure.



Utilisée à la fin de la simulation de la production, cette fonctionnalité permet de connaître la capabilité (ou l'aptitude) obtenue sur le moyen de production sur l'ensemble des caractéristiques



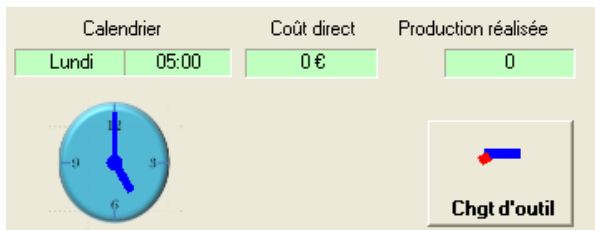
Affichage des cartes de contrôle sur les caractéristiques.



Ce bouton permet de modifier les corrections de longueur sur tous les outils



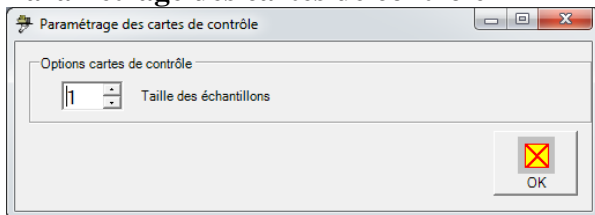
Sélectionne le nombre de pièces à produire sans mesure intermédiaire.



Affiche le coût "Direct" de production sans tenir compte des coûts de non-qualité qui ne sont dévoilés que dans la fenêtre capacité. La date et l'heure sont également indiquée pour que le stagiaire prenne conscience du temps de production simulé.

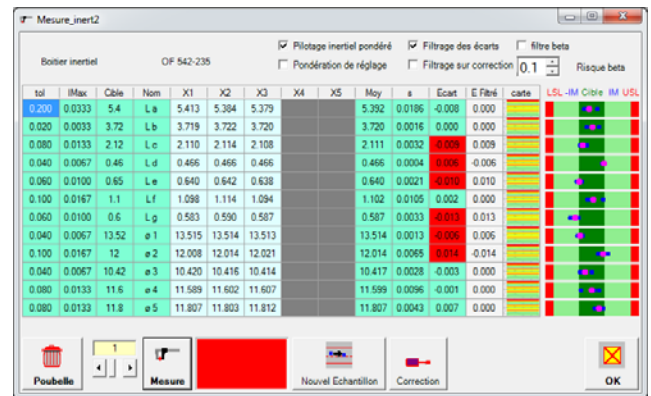
Menu paramétrage

Paramétrage des cartes de contrôle



Ce paramétrage permet de modifier la taille des échantillons qui seront utilisés pour construire les cartes de contrôle.

Fenêtre Mesure



Mesure la pièce dont le numéro apparaît dans le cadre jaune. Ce numéro peut être modifié pour mesurer n'importe quelle pièce fabriquée. Attention, chaque mesure coûte de l'argent. Le résultat des mesures apparaît de façon analogique (graphique), sous forme de point de couleur bleu. Le point magenta représente la moyenne. La zone vert foncé les limites de la carte de contrôle. La zone rouge est la zone hors tolérance sur les pièces.



Permet de mettre à la poubelle une pièce dont une des cotes serait hors tolérances. Une fois à la poubelle, la pièce disparaît des statistiques, mais son coût de production reste !



Affichage des cartes de contrôle On peut également voir directement la carte de contrôle d'une caractéristique en cliquant sur la ligne de la caractéristique.



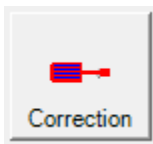
Permet de confirmer un point sur la carte sans produire de pièce supplémentaire. Par exemple on a fabriqué 300 pièces, le dernier point sur la carte concerne les points 296-300, après "nouvel échantillon" on pourra vérifier sur l'échantillon 291-295.



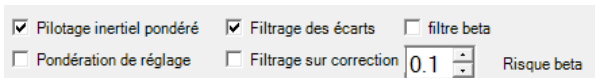
Apparaît lors de la mesure d'un échantillon. Le curseur se remplit avec les mesures.

Lorsqu'il est plein, l'échantillon est complet

inférieure au filtre ne sera pas prise en compte.



Permet d'afficher la fenêtre des correcteurs. Si une matrice d'incidence inertielle a été rentrée, alors la fenêtre de correction proposera directement les corrections qui minimise les écarts quadratiques à la cible (l'inertie)



Cet ensemble permet de paramétrer la façon dont les écart seront filtrés avant calcul des corrections.

Pilotage inertiel pondéré le calcul des corrections est pondéré par l'importance relative de la tolérance inertielle (ou de la tolérance traditionnelle). Avec cet option on privilégie les cotes qui ont des tolérances plus serrées

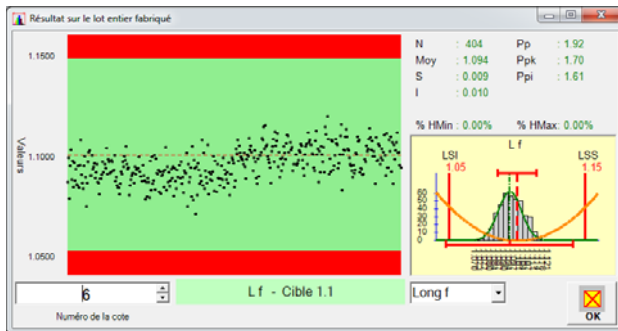
Pondération de réglage Cette option clacul le décentrage le plus probable en fonction du décentrage mesuré, de la dispersion court terme de la caractéristique, et de la taille des échantillons. Cette option permet de converger vers un centrage sur la cible sans avoir le risque de basculer de l'autre coté de la cible.

Filtrage des écarts si on ne retient pas cet option, les réglages sont calculés directement sur les écarts mesurés. Si on coche cet option, seuls les écarts supérieurs au fitre (calculé sur la carte de contrôle) seront pris en compte.

Filtre beta La carte de contrôle avec le risque alpha garanti le centrage sur la cible. On peut donner de la liberté à la production en calculant le filtre sur la limite donnant le risque beta de garantir une inertie supérieure à la limite de spécification. Le risque beta choisi est saisi dans la case correpondante

Filtrage sur correction dans ce cas on calcul le filtre sur les correcteurs. Une correction

Fenêtre Capabilité

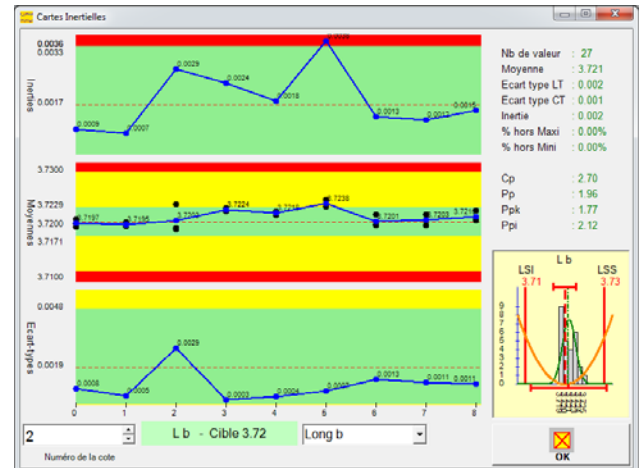


Cette fenêtre permet de connaître **en fin de simulation** les résultats en capacité que l'on a obtenus. Les calculs sont réalisés sur la totalité des pièces produites. Les informations données sont les suivantes :

- Cp, Pp Ppk, Ppi pour toutes les caractéristiques ;
- La proportion de pièces hors tolérances coté mini et Maxi pour chaque caractéristique.

Contrairement aux statistiques qui sont affichées dans les cartes de contrôle, ces statistiques sont calculées sur la totalité de la production. On peut à ce propos comparer les deux résultats pour attirer l'attention de l'étudiant sur la différence entre ce que l'on voit par l'échantillonnage et la réalité de la production livrées.

Fenêtre "Cartes de Contrôle"



Les cartes de contrôle programmées dans SIMDI sont les cartes de contrôle traditionnelles Moyennes/Etendues.

Les trois caractéristiques ont chacune leur carte de contrôle. Pour les faire apparaître, il suffit de sélectionner la puce correspondante.

Plusieurs type de cartes de contrôle sont disponibles. On peut utiliser cette possibilité pour montrer aux stagiaires l'intérêt, les avantages et inconvénients de chacune des cartes, Notamment en fonction de la capacité court terme.

Fenêtre Matrice

Tol	lMax	Cible	Cote	T01X	T02Xa	T02Xb	T03X	T04X	T01Z	T02Z	T03Za	T03Zb	T04Z
0.200	0.0333	5.400	La	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0.020	0.0033	3.720	Lb	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0.080	0.0133	2.120	Lc	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
0.040	0.0067	0.460	Ld	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0
0.060	0.0100	0.650	Le	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0
0.100	0.0167	1.100	Lf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
0.060	0.0100	0.600	Lg	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
0.040	0.0067	13.520	a1	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.100	0.0167	12.000	a2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0.040	0.0067	10.420	a3	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.080	0.0133	11.600	a4	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0
0.080	0.0133	11.800	a5	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0

Fenêtre matrice de pilotage

Fenêtre correcteurs

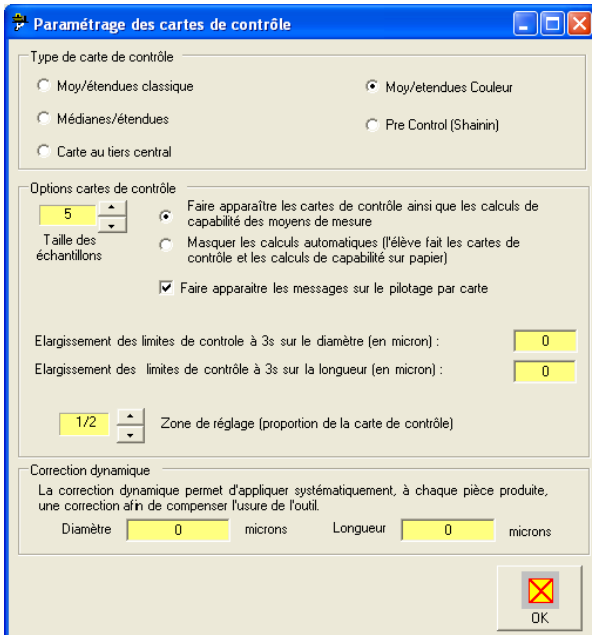
Matrice de pilotage

Correc.	La	Lb	Lc	Ld	Le	Lf	Lg	$\sigma 1$	$\sigma 2$	$\sigma 3$	$\sigma 4$	$\sigma 5$
T01X	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002	0.000	-0.002	0.000	0.000
T02Xa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010	0.000	-0.008	0.000	0.000	0.000
T02Xb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000
T03X	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.007	0.000
T04X	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.007
T01Z	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T02Z	0.007	0.003	0.000	-0.007	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T03Za	-0.007	-0.003	0.013	0.000	0.000	-0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T03Zb	0.007	0.003	-0.013	0.000	-0.010	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T04Z	-0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

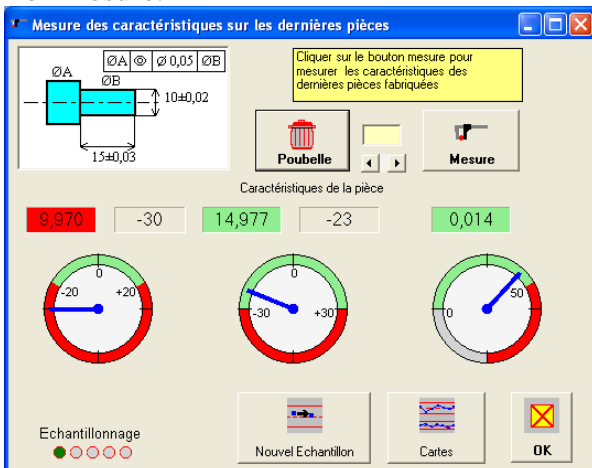
OK

Déroulement d'un pilotage MSP avec SIMDI Tour CN

On initialise le tour en sélectionnant l'affichage des cartes dans le menu paramétrage des cartes



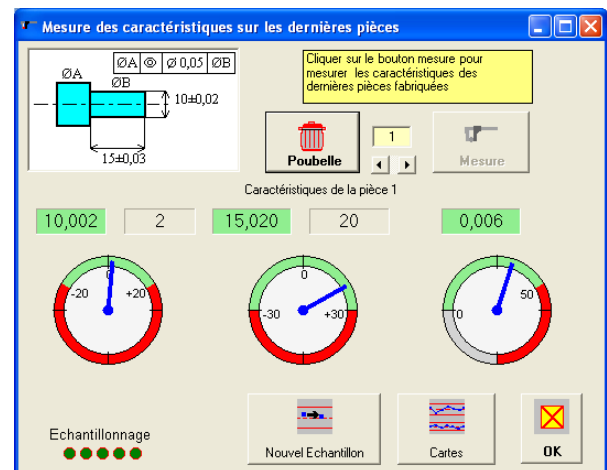
On produit une première pièce de réglage que l'on mesure.



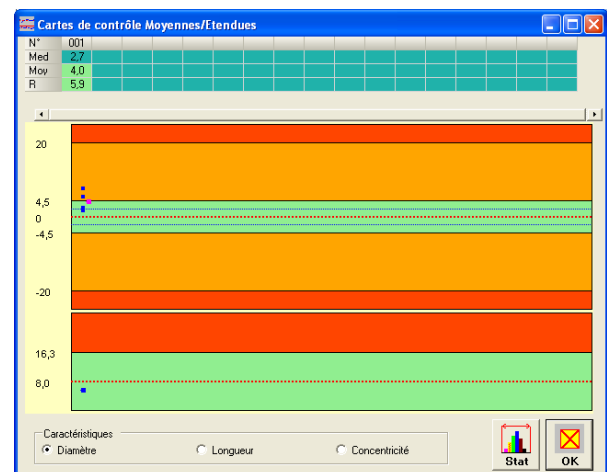
Dans ce cas la première pièce étant non-conforme, elle est mise à la poubelle et on fait un premier réglage (+0.03 sur D et +0.02 sur L)

Après ce premier réglage, on fait le premier échantillon MSP de 5 pièces par exemple.

On mesure les 5 pièces

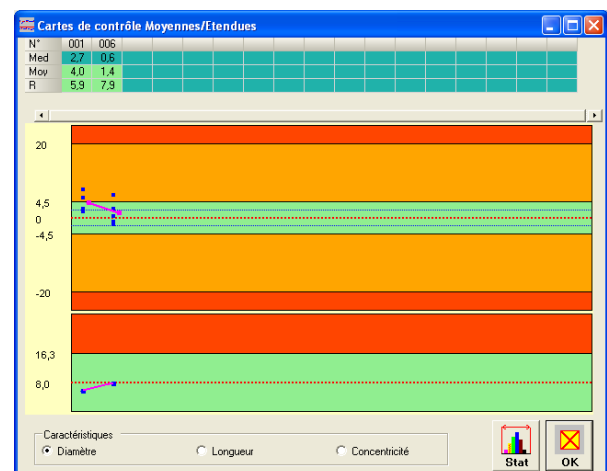


En cliquant sur les cartes on voit apparaître la carte :



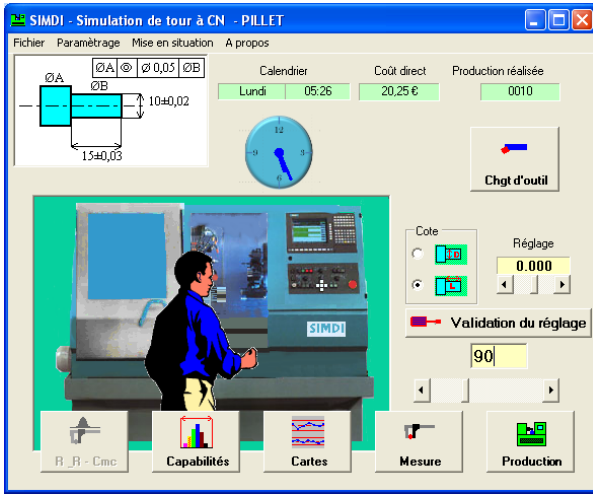
Le point de la moyenne est dans les limites de contrôle, mais pas dans la zone de réglage. Il faut donc « Confirmer en prélevant un nouvel échantillon »

Après production et mesure on obtient :

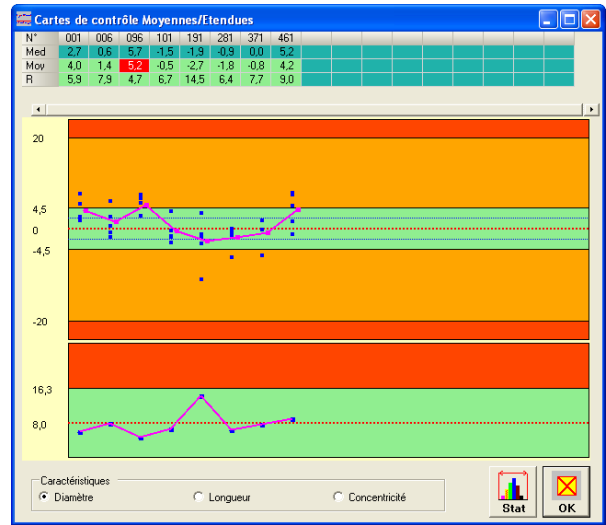


Le point étant rentré dans les limites d'acceptation d'un réglage (les traits bleu) il

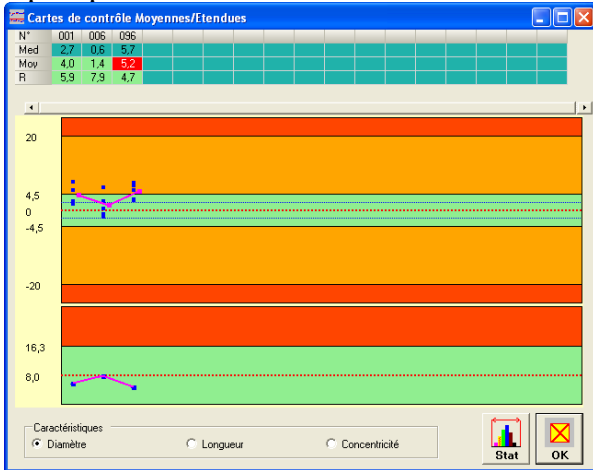
ne faut pas régler. On passe donc à la production (exemple 1H30 sans contrôle soit 90 pièces)



Le point est acceptable, on reprend la production de série. Par lot de 90 pièces jusqu'à ce qu'une cause spéciale soit présente.



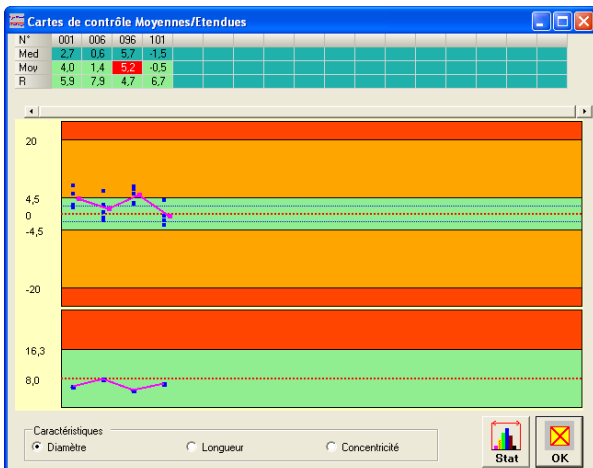
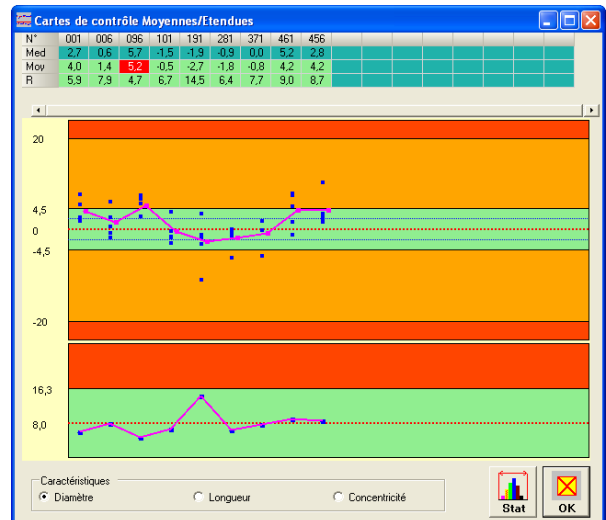
Après production et mesure on obtient



Dans ce cas par exemple on a un point « proche des limites », on doit donc confirmer en prélevant un nouvel échantillon

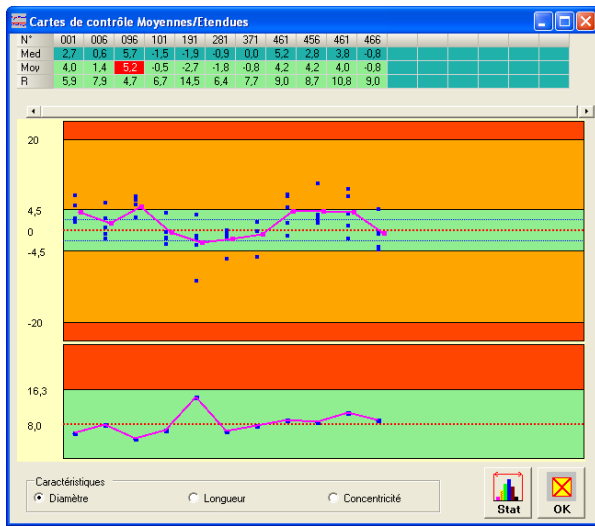


Le point est hors contrôle, il faut donc régler. La moyenne étant décentrée de 5.2 on règle le processus de 5 microns. Après correction, on prélève à nouveau 5 pièces pour valider la correction, on obtient :

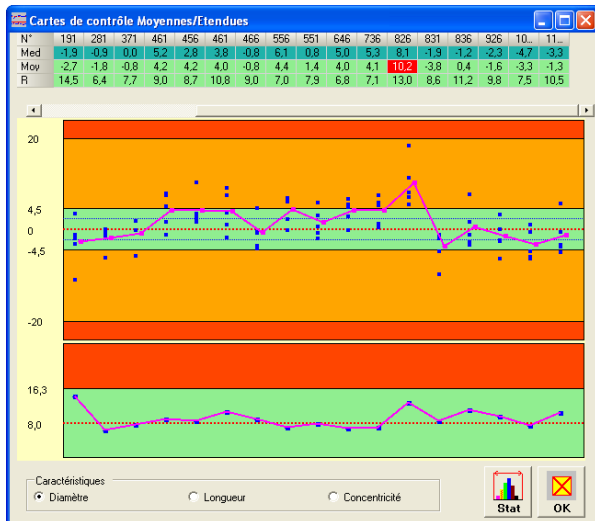


Le nouvel échantillon est également proche des limites, il faut donc régler (-5 microns)

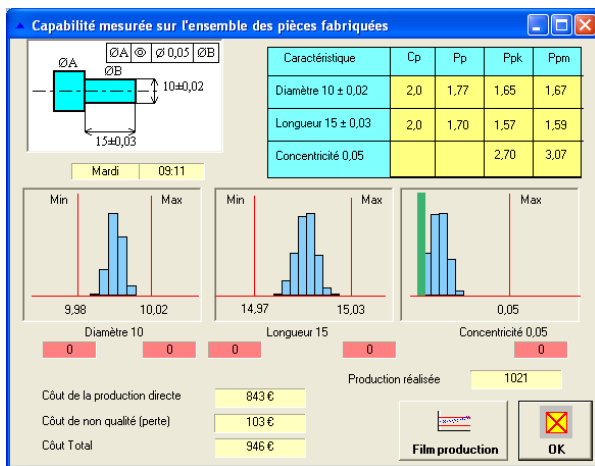
Après correction on obtient :



Le réglage est acceptable, on peut continuer la production de série. En respectant les règles de pilotage.



On peut alors vérifier la capacité obtenue par le pilotage MSP :



Un changement d'outil toutes les 1000 pièces préventif est utile pour éviter une perte de capacité court terme.

Autres utilisations pédagogiques suggérées de SIMDI Tour

1. Comparaison entre un pilotage « classique » sans carte et un pilotage avec cartes
2. Comparaison de l'utilisation de différentes cartes avec des capacités court terme Cp variables
3. Modification de la fréquence de prélèvement et son impact sur la capacité long terme
4. Réalisation d'un plan d'expérience pour améliorer la capacité
5. Simulation de pilotage avec une carte petite série

MISE EN ŒUVRE DE SIMDI EN FORMATION

Etape 1 - Pilotage traditionnel

Le simulateur s'utilise en mettant plusieurs stagiaires (deux ou trois) devant le même ordinateur pour stimuler les commentaires et réflexions des stagiaires.

Après avoir expliqué aux stagiaires le fonctionnement du simulateur de tournage, on leur propose de réaliser une production de 2000 pièces en utilisant les méthodes de pilotage de leur choix. On insistera sur le calendrier afin de réaliser une production réaliste, en contrôlant les produits au moins une fois toutes les deux heures. La production de une pièce en série prend une minute.

On prévient les stagiaires que l'objectif est de réaliser les 2000 pièces avec le coût minimum, et le niveau de qualité maximum. Il est bien entendu interdit de regarder les

résultats de capacité pendant toute la simulation.

Pour lancer la première simulation, on distribue la fiche information.

A la fin de cette étape, chaque stagiaire imprime sa fiche de capacité et éventuellement du film de la production pour mémoriser le résultat obtenu après la première simulation.

Etape 2 - Détermination des limites de contrôle

Pour piloter ce procédé, la carte la plus adaptée est la carte médianes/étendues. C'est en effet le meilleur compromis entre la facilité de mise en œuvre et l'efficacité du pilotage.

On peut également utiliser la carte moyennes/étendues qui est plus efficace, mais qui demande plus de calcul. L'idéal est de faire un groupe de trois personnes, chaque stagiaire s'occupe d'une des trois caractéristiques à suivre.

Pour déterminer les limites de contrôle, on réalise une carte d'observation. Pour cela :

- prélever au moins dix échantillons de 5 pièces consécutives avec un intervalle de 50 pièces entre ces échantillons ;
- noter ces échantillons au fur et à mesure des prélèvements sur la carte de contrôle ;
- calculer l'étendue moyenne observée ;
- calculer les limites de contrôle en utilisant les formules :

$$LSC_{\bar{x}} = \text{Cible} + 0,691 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{x}} = \text{Cible} - 0,691 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_R = 2,11 \cdot \bar{R}$$

- pour le diamètre et pour la longueur, on prendra comme cible 0 et on notera les écarts en micron par rapport à cette cible ;
- pour la concentricité, la cible est égale à la moyenne des moyennes des concentricités observées dans la phase d'observation.

Etape 3 - Pilotage par carte de contrôle

On met en place les cartes de contrôle aux médianes calculées dans l'étape 2, et on pilote en appliquant les règles classiques du SPC en prélevant un échantillon toutes les cent pièces.

A la fin de cette étape, chaque stagiaire imprime sa fiche de capacité et éventuellement du film de la production pour mémoriser le résultat obtenu après la seconde simulation.

On compare les résultats et on en tire les conclusions qui s'imposent !

Etape 4 – Elimination des causes spéciales

Dans l'étape 3, on pilote le processus à l'aide des cartes de contrôle, mais il est relativement difficile de maintenir le processus sous contrôle. Cela demande de nombreux contrôles et des réglages répétés, surtout sur le diamètre.

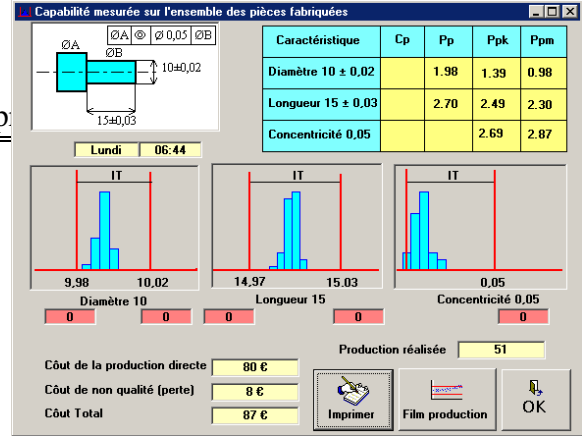
Le but de la MSP n'est pas simplement de piloter le processus mais d'éliminer les causes spéciales. Dans le cas du simulateur, la principale cause spéciale est l'usure de l'outil. Pour éliminer au moins en partie cette cause spéciale deux actions peuvent être réalisées :

1. Changement systématique d'outil. Après la première simulation on s'aperçoit qu'il y a présence de défauts visuels si on dépasse de manière significative 1000 pièces avec le même outil. On décide donc de faire un changement systématique d'outil toutes les 1000 pièces.
2. Mise en place d'un correcteur dynamique. Une analyse des dérives moyennes de l'outil suite à l'usure montre que pour 1000 pièces réalisées on obtient un décalage de 17 microns sur la longueur et de 12 microns sur le diamètre. En paramétrant une correction dynamique

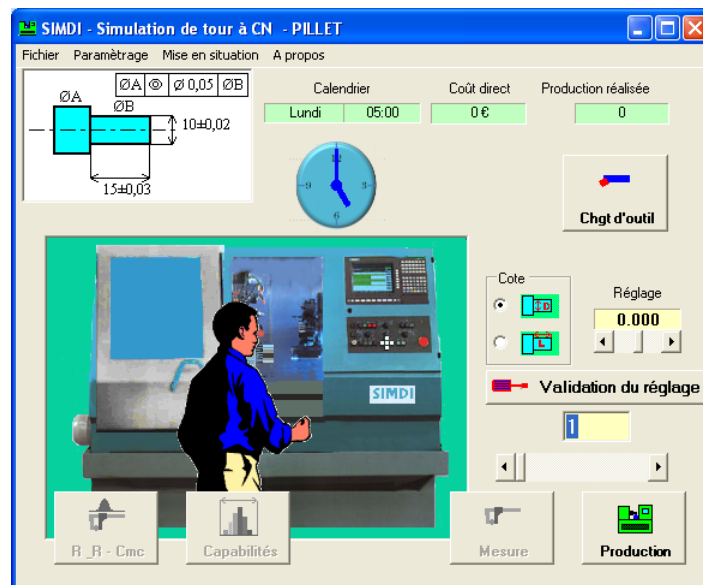
SIMDI Tour - Simulateur de p

(Menu Paramétrage/Cartes de contrôle) de -0.012 pour D et -0.017 pour L, on élimine une grande partie des réglages nécessaires.

Refaire une simulation avec les correcteurs dynamique actif et constater que l'on pourrait facilement désormais diminuer la fréquence de contrôle.



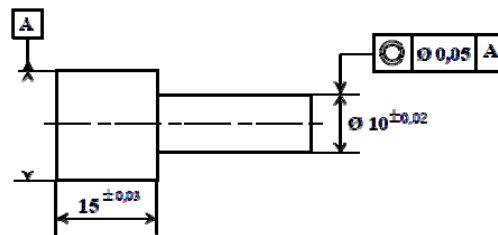
SIMDI TOUR - FICHE d'informations



La pièce à réaliser

Elle comporte trois caractéristiques :

- un diamètre $10 \pm 0,02$ mm ;
- une longueur $15 \pm 0,03$;
- une concentricité entre le diamètre A et le diamètre B de 0,05. $15 \pm 0,03$



Votre objectif de production :

Produire 2000 pièces en série en contrôlant au moins une fois toutes les deux heures la production réalisée. On cherchera à optimiser le coût global de la production qui tient compte :

- du coût de lancement d'un lot de fabrication : 1.50 €
- du coût direct de fabrication de la pièce 0.75 €
- du coût de mesure d'une pièce 0.50 €
- du coût de changement d'un outil 5.00 €
- du coût d'un réglage 1.00 €
- du coût de non qualité (calculé en fonction de la qualité du lot contrôle).

Votre objectif de qualité :

Fabriquer ces 2000 pièces avec un indicateur de capacité Cpm supérieur à 1,33.

Votre objectif de coût :

Le coût total y compris le coût de non-qualité doit être inférieur à 2 000,00 €