
Guide d'utilisation

@RISK pour Six Sigma

Version 5.5
juin, 2009

Palisade Corporation
798 Cascadilla St.
Ithaca, NY 14850
États-Unis
+1-607-277-8000
+1-607-277-8001 (fax)
<http://www.palisade.com> (site Web)
sales@palisade.com (courriel)

Avis de copyright

Copyright © 2009, Palisade Corporation.

Marques déposées

Microsoft, Excel et Windows sont des marques déposées de Microsoft Corporation

IBM est une marque déposée d'International Business Machines, Inc.

Palisade, TopRank, BestFit et RISKview sont des marques déposées de Palisade Corporation.

RISK est une marque commerciale de Parker Brothers, une division de Tonka Corporation, exploitée sous licence.

Bienvenue

Bienvenue à @RISK, l'outil d'analyse du risque le plus puissant au monde ! Dans tous les domaines, @RISK sert depuis longue date à analyser le risque et l'incertitude. Aussi souple qu'Excel même, @RISK trouve ses applications dans les secteurs des finances, du pétrole et du gaz, des assurances, de la production, des soins de santé, de la pharmaceutique, de la science et bien d'autres encore. Chaque jour, des dizaines de milliers de professionnels font confiance à @RISK pour estimer leurs coûts, analyser leur VAN et TRI, étudier leurs véritables options, déterminer leurs prix, explorer leurs ressources pétrolières et autres, et bien davantage encore.

Six Sigma et l'analyse de qualité représentent une application clé de @RISK. Qu'il s'agisse de l'approche DMAIC, DFSS, Lean, DOE ou autre, l'incertitude et la variabilité sont au cœur de l'analyse Six Sigma. @RISK recourt à la simulation Monte Carlo pour identifier, mesurer et éliminer les causes de variabilité dans vos processus de production et de service. Une série complète de mesures de capacité assure les calculs nécessaires à la réalisation rapide et précise des méthodes Six Sigma. Graphiques et tableaux illustrent clairement les statistiques Six Sigma, pour faciliter, en toute efficacité, la démonstration de cette puissante technique à l'encadrement. L'édition Industrial de @RISK ajoute RISKOptimizer aux analyses Six Sigma, rendant possible l'optimisation de la sélection de projet, de l'allocation de ressources, etc.

Des usines de fabrication de moteurs aux raffineries de métaux précieux et aux compagnies aériennes et producteurs de biens de consommation, @RISK améliore chaque jour les processus, la qualité des produits et services et les économies de coûts. Ce guide décrit les fonctions, statistiques, graphiques et rapports Six Sigma de @RISK, pour vous montrer l'utilité du programme à tous les niveaux d'un projet Six Sigma. Quelques études de cas sont également présentées en fin de guide. Vous y trouverez des modèles prédéfinis éventuellement adaptables à vos propres analyses.

Les fonctionnalités standard de @RISK, telles que l'entrée de fonctions de distribution, l'ajustement de distributions aux données, l'exécution de simulations et la réalisation d'analyses de sensibilité, sont également applicables aux modèles Six Sigma. Il vous sera utile, pour la modélisation @RISK pour Six Sigma, de vous familiariser avec ces fonctionnalités. Elles sont décrites dans le Guide de l'utilisateur de @RISK pour Excel et dans les didacticiels en ligne.

Table des matières

Chapitre 1 : @RISK et les méthodologies Six Sigma	1
Introduction	3
Méthodologies Six Sigma.....	7
@RISK et Six Sigma.....	11
Chapitre 2 : Utiliser @RISK pour Six Sigma	15
Introduction	17
Fonction de propriété RiskSixSigma	19
Fonctions statistiques Six Sigma.....	23
Six Sigma et la fenêtre Synthèse des résultats	35
Marqueurs graphiques Six Sigma	37
Études de cas	39
Exemple 1 – Conception d'expériences (DOE) : Catapulte.....	41
Exemple 2 – Conception d'expériences (DOE) : Soudage.....	47
Exemple 3 – Conception d'expériences (DOE) avec optimisation.....	53
Exemple 4 – DFSS : Circuit électrique	59
Exemple 5 – Lean Six Sigma : Analyse de processus de devis.....	63
Exemple 6 – DMAIC : Analyse de rendement global combiné	71
Exemple 7 – Sélection de fournisseur	75
Exemple 8 – Taux d'échec DMAIC Six Sigma.....	79
Exemple 9 – Taux d'échec DMAIC Six Sigma avec RiskTheo	83

Chapitre 1 : @RISK et les méthodologies Six Sigma

- Introduction 3**
 - Qu'est-ce que Six Sigma ?..... 3
 - L'importance de la variation 5
- Méthodologies Six Sigma..... 7**
 - Six Sigma / DMAIC 7
 - DFSS (Design for Six Sigma - Conception pour Six Sigma) 8
 - Lean ou Lean Six Sigma 9
- @RISK et Six Sigma..... 11**
 - @RISK et DMAIC..... 11
 - @RISK et DFSS 12
 - @RISK et Lean Six Sigma 13

Introduction

Dans ce monde régi par la concurrence, la qualité est plus importante que jamais. Avec @RISK, le professionnel dispose du compagnon idéal pour ses analyses Six Sigma ou de qualité. Cette puissante solution permet l'analyse rapide de l'effet de la variation au sein des processus et des concepts.

Outre l'analyse Six Sigma et de qualité, @RISK peut servir à l'analyse de toute situation sujette à l'incertitude. @RISK trouve ses applications dans l'analyse de VAN, de TRI et d'options réelles, l'estimation des coûts, l'analyse de portefeuille, l'exploration de gaz et pétrole, les réserves d'assurance, la tarification, et bien davantage encore. Pour plus de détails sur les autres applications de @RISK et son utilisation en général, voir le Guide de l'utilisateur @RISK joint au logiciel.

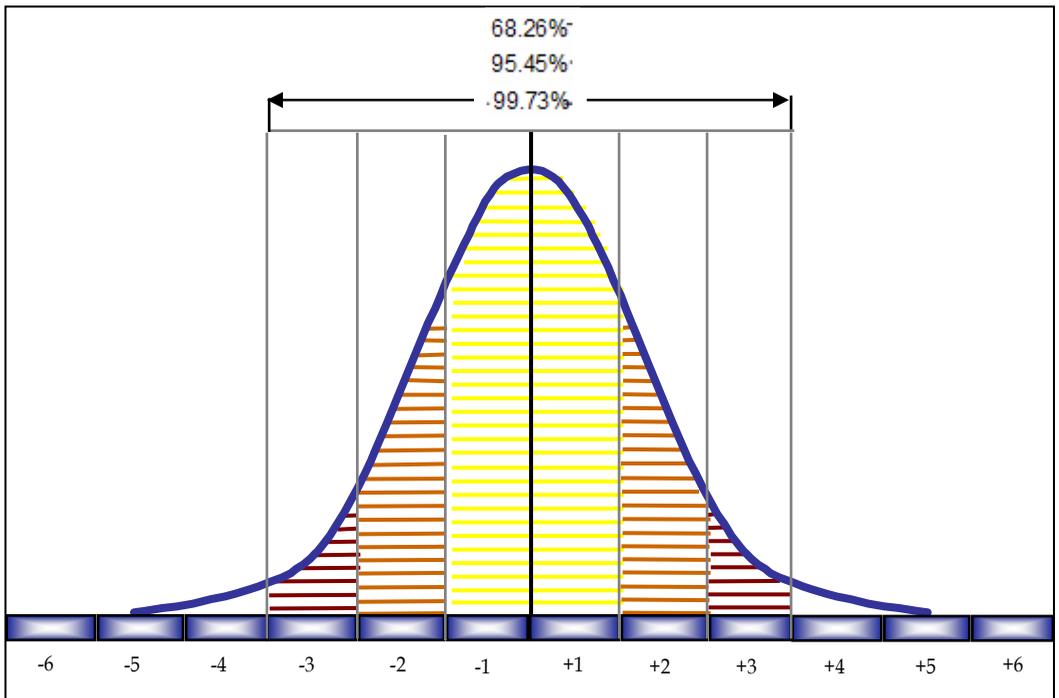
Qu'est-ce que Six Sigma ?

Six Sigma est un ensemble de pratiques destinées à améliorer systématiquement les processus par **réduction de la variation** et, par conséquent, élimination des **défauts**. Une défaut se définit comme la **non-conformité d'un produit ou service à ses spécifications**. Si la formulation originale des détails de la méthodologie revient à la société Motorola vers le milieu des années 1980, Six Sigma s'inspire largement des efforts d'amélioration de la qualité des six décennies antérieures, déployés sous les appellations de contrôle de qualité, management par la qualité (TQM) et zéro défaut. Comme ces méthodologies précédentes, Six Sigma pose pour principes :

- **Les efforts continus de réduction de la variation des sorties de processus sont essentiels au succès de l'entreprise.**
- **Les processus de fabrication et d'entreprise peuvent être mesurés, analysés, améliorés et contrôlés.**
- **L'amélioration durable de la qualité exige l'engagement de l'organisation tout entière, et en particulier de la haute direction.**

Six Sigma est une question de données. Les variables « X » et « Y » sont souvent mentionnées. Les variables X sont tout simplement des variables en entrée indépendantes, qui affectent les variables de sortie dépendantes, Y. Six Sigma se concentre sur l'identification et le contrôle de la variation des variables X dans le but de maximiser la qualité et de minimiser la variation des variables Y.

L'expression Six Sigma, ou 6σ , est descriptive. La lettre grecque sigma (σ) désigne l'écart type, importante mesure de variation. La variation d'un processus fait référence au degré de concentration de tous les résultats autour de la moyenne. La probabilité de susciter un défaut peut être estimée et traduite en « niveau Sigma ». Plus le niveau Sigma est élevé, plus la performance est bonne. **Six Sigma fait référence à l'existence de six écarts types entre la moyenne du centre de processus et la limite de spécification ou niveau de service le plus proche.** Cela veut dire moins de 3,4 défauts par million d'opportunités (DPMO). Le graphique ci-dessous illustre le concept Six Sigma.



Six sigma – ou écarts types – de la moyenne.

Les économies de coûts et les améliorations de qualité réalisées grâce aux applications de Six Sigma en entreprise sont considérables. Motorola a fait état de 17 milliards de dollars d'économies depuis sa mise en œuvre vers le milieu des années 1980. Lockheed Martin, GE, Honeywell et bien d'autres entreprises ont également récolté les fruits de Six Sigma.

L'importance de la variation

Trop d'analystes Six Sigma travaillent sur des modèles statiques qui ne tiennent pas compte de l'incertitude et de la variabilité inhérentes à leurs processus ou concepts. Dans la quête d'une qualité maximale, il est essentiel d'envisager autant de scénarios que possible.

@RISK répond à cette nécessité : à travers la simulation Monte Carlo et l'analyse de milliers d'issues différentes possibles, il indique la probabilité de réalisation de chacune. Les facteurs incertains se définissent à l'aide de plus de 35 fonctions de distribution de probabilités, lesquelles décrivent avec précision la plage possible des valeurs en entrée. Mieux encore, @RISK permet la définition des valeurs de limite de spécification supérieure, limite de spécification inférieure et cible de chaque sortie. Il propose en outre de nombreuses statistiques Six Sigma et mesures de capacité.

Avec RISKOptimizer, l'édition @RISK Industrial combine la puissance de la simulation Monte Carlo à l'optimisation par algorithmes génétiques, pour la résolution de problèmes d'optimisation sujets à une incertitude inhérente, tels que :

- allocation de ressources en vue de minimiser les coûts
- sélection de projet en vue de maximiser les profits
- optimisation des paramètres de processus en vue de maximiser le rendement ou de minimiser les coûts
- optimisation de l'allocation de tolérance en vue de maximiser la qualité
- optimisation des programmes de personnel en vue de maximiser le service

Méthodologies Six Sigma

@RISK peut être utile à différents types d'analyses Six Sigma et autres. Les trois principaux niveaux d'analyse sont :

- Six Sigma / DMAIC / DOE
- DFSS (Design for Six Sigma - Conception pour Six Sigma)
- Lean ou Lean Six Sigma

Six Sigma / DMAIC

La mention de Six Sigma fait généralement référence à la méthodologie DMAIC. Cette méthodologie est utile lorsqu'un produit ou un processus existe déjà mais qu'il ne répond pas aux spécifications client ou n'atteint pas une performance adéquate.

DMAIC se concentre sur l'amélioration évolutive et continue des processus de fabrication et de services. Elle se définit presque universellement selon les cinq phases suivantes : **Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et Contrôler.**

- 1) **Définir** les objectifs du projet et les exigences du client (VOC, voix du client interne et externe).
- 2) **Mesurer** le processus afin d'en déterminer la performance actuelle.
- 3) **Analyser** et déterminer la ou les causes profondes des défauts.
- 4) **Améliorer** le processus par élimination de ces causes profondes.
- 5) **Contrôler** la performance future du processus.

DFSS (Design for Six Sigma – Conception pour Six Sigma)

La méthodologie DFSS sert à la **conception ou re-conception totale d'un produit ou service**. Le niveau Sigma de processus attendu pour un produit ou service DFSS est d'au moins 4,5 (soit pas plus d'environ 1 défaut par milliers d'opportunités), mais peut atteindre 6 Sigma ou même mieux suivant le produit. L'assurance d'un tel niveau de faible défektivité lors du lancement d'un produit ou service implique que les attentes et les besoins du client (CTQ) doivent être bien compris avant la réalisation et mise en œuvre d'une conception. Les programmes DFSS réussis peuvent réduire les gaspillages inutiles au niveau de la planification et introduire plus rapidement les produits sur le marché.

Contrairement à la méthodologie DMAIC, les phases ou étapes de DFSS ne sont pas universellement reconnues ou même définies : chaque entreprise ou organisation de formation les définit à sa manière. L'une des méthodologies DFSS relativement connue est identifiée par l'acronyme **DMADV**. Elle conserve le même nombre de lettres et de phases, ainsi qu'une approche générale proche de celle de DMAIC. Les cinq phases de la méthodologie DMADV se définissent comme suit : **Définir, Mesurer, Analyser, Concevoir et Vérifier**.

- 1) **Définir** les objectifs du projet et les exigences du client (VOC interne et externe).
- 2) **Mesurer** et déterminer les besoins et spécifications du client ; mesurer aussi la concurrence et l'industrie.
- 3) **Analyser** les options de processus pour répondre aux besoins du client.
- 4) **Concevoir** (en détail) le processus pour répondre aux besoins du client.
- 5) **Vérifier** la performance de la conception et son aptitude à satisfaire aux besoins du client.

Lean ou Lean Six Sigma

« Lean Six Sigma » combine la production « Lean » (au plus juste, développée par Toyota) et les méthodologies statistiques Six Sigma en un outil synergique. « **Lean** » **concerne l'accélération d'un processus par réduction des déchets et gaspillages et élimination des étapes sans valeur ajoutée.** Lean se concentre sur une stratégie d'attraction (« pull ») du client, avec production des seuls produits demandés sous livraison « juste à temps ». Six Sigma améliore la performance en concentrant l'attention sur les aspects du processus qui sont critiques à la qualité dans la perspective du client et en éliminant la variation au niveau de ce processus. De nombreuses organisations de services, notamment, ont d'ores et déjà commencé à combiner la qualité supérieure de Six Sigma à l'efficacité de l'approche Lean dans la méthodologie Lean Six Sigma.

Lean utilise les « événements Kaizen » -- sessions d'amélioration intensives, sur une durée d'une semaine généralement – pour identifier rapidement les occasions d'amélioration, portant plus avant la cartographie de la chaîne de valeur. Six Sigma fait appel à la méthodologie DMAIC formelle pour assurer des résultats mesurables et reproductibles.

Lean et Six Sigma reposent tous deux sur le principe que les entreprises sont faites de processus qui commencent par les besoins du client et doivent aboutir sur des clients satisfaits de leur produit ou service.

@RISK et Six Sigma

Qu'il s'agisse de DMAIC, DFSS, DOE ou de Lean Six Sigma, l'incertitude et la variabilité sont au cœur de l'analyse Six Sigma. @RISK recourt à la simulation Monte Carlo pour identifier, mesurer et éliminer les causes de variabilité dans vos processus de production et de service. Chaque méthodologie Six Sigma peut profiter de l'approche @RISK à tous les niveaux de l'analyse.

@RISK et DMAIC

@RISK est utile à chaque étape du processus DMAIC : il permet de tenir compte de la variation et de cerner les zones problèmes de produits existants.

- 1) **Définir. On définit les objectifs d'amélioration du processus, par incorporation de la demande du client et de la stratégie d'entreprise.** La cartographie de la chaîne de valeur, l'estimation des coûts et l'identification des attentes du client (CTQ) représentent autant d'aspects où @RISK peut aider à mieux concentrer l'analyse et fixer les objectifs. L'analyse de sensibilité @RISK identifie clairement les CTQ qui affectent l'ultime rentabilité.
- 2) **Mesurer. On mesure les niveaux de performance actuels et leurs variations.** L'ajustement de distribution et plus de 35 distributions de probabilités précisent la définition des variations de performance. Les statistiques des simulations @RISK apportent des données comparatives par rapport aux critères de la phase d'analyse.
- 3) **Analyser. On analyse pour vérifier la causalité des défauts et on essaie de tenir compte de tous les facteurs.** La simulation @RISK assure la prise en compte de tous les facteurs en entrée et la présentation de toutes les issues possibles. L'analyse de sensibilité et de scénario permet d'identifier clairement les causes de la variabilité et du risque, avec analyse aussi des tolérances. Les fonctions statistiques Six Sigma de @RISK calculent les mesures de capacité aptes à identifier les écarts entre les mesures et les exigences. On voit apparaître ici la fréquence des défauts des produits et processus et on se fait une idée de la fiabilité.

- 4) **Améliorer. On améliore ou on optimise le processus, en fonction de l'analyse, selon des techniques telles que DOE.** DOE, ou conception d'expériences, inclut la conception de tous les exercices de collecte d'information en présence de variation, sous le contrôle de l'expérimentateur ou non. Grâce à la simulation @RISK, différents concepts et changements de processus peuvent être testés. @RISK est aussi utile à l'analyse de fiabilité et – avec RISKOptimizer – à l'optimisation des ressources.
- 5) **Contrôler. On contrôle pour assurer la correction des variances avant qu'elles ne donnent lieu à des défauts.** À la phase de contrôle, on peut organiser des essais pilotes pour établir la capacité du processus, assurer la transition vers la production puis mesurer en permanence le processus et instaurer les mécanismes de contrôle. @RISK calcule automatiquement la capacité du processus et valide les modèles pour assurer la satisfaction des normes de qualité et des exigences du client.

@RISK et DFSS

@RISK est particulièrement utile à la méthodologie Six Sigma DFSS au niveau de l'étape de planification d'un nouveau projet. L'essai de différents processus sur des modèles ou prototypes de production ou service réels peut être excessivement onéreux. @RISK permet aux ingénieurs de simuler des milliers d'issues différentes sur leurs modèles, sans avoir à encourir le coût ni la durée d'une simulation physique. Comme pour DMAIC, @RISK est utile à chaque étape de la méthodologie DFSS. Les ingénieurs y gagnent les avantages suivants :

- **Expérimentation de conceptions différentes / DOE**
- **Identification des attentes du client (CTQ)**
- **Prédiction de capacité de processus**
- **Révélation des contraintes de conception du produit**
- **Estimation des coûts**
- **Sélection de projet – à l'aide de RISKOptimizer pour identifier le portefeuille optimal**
- **Analyse de tolérance statistique**
- **Allocation de ressources – à l'aide de RISKOptimizer pour maximiser l'efficacité**

@RISK et Lean Six Sigma

@RISK est le compagnon idéal de la synergie Lean Six Sigma. Les modèles Six Sigma limités à la qualité peuvent échouer lors de leur application à la réduction de la variation en une simple étape de processus, ou à des processus dénués de valeur ajoutée pour le client. Par exemple, une analyse Six Sigma pourrait recommander l'ajout d'un contrôle durant le processus de fabrication pour repérer et éliminer les unités défectueuses. Le gaspillage représenté par le traitement des unités défectueuses est peut-être éliminé, mais au prix de l'ajout d'un contrôle, représentant une nouvelle perte en soi. Dans l'analyse Lean Six Sigma, @RISK identifie les causes des défauts. Mieux encore, @RISK peut représenter l'incertitude dans les mesures de qualité (ppm) et de vitesse (temps de cycle).

@RISK apporte les avantages suivants à l'analyse Lean Six Sigma :

- **Sélection de projet - à l'aide de RISKOptimizer pour identifier le portefeuille optimal**
- **Cartographie de la chaîne de valeur**
- **Identification des CTQ responsables de la variation**
- **Optimisation de processus**
- **Découverte et réduction des étapes de processus inutiles**
- **Optimisation des stocks - à l'aide de RISKOptimizer pour minimiser les coûts**
- **Allocation de ressources - à l'aide de RISKOptimizer pour maximiser l'efficacité**

Chapitre 2 : Utiliser @RISK pour Six Sigma

Introduction	17
Fonction de propriété RiskSixSigma	19
Entrée d'une fonction de propriété RiskSixSigma.....	20
Fonctions statistiques Six Sigma.....	23
RiskCp.....	25
RiskCpm	25
RiskCpk	26
RiskCpkLower.....	26
RiskCpkUpper.....	27
RiskDPM	27
RiskK.....	28
RiskLowerXBound.....	28
RiskPNC.....	29
RiskPNCLower	29
RiskPNCUpper	30
RiskPPMLower.....	30
RiskPPMUpper.....	31
RiskSignalLevel	31
RiskUpperXBound.....	32
RiskYV	32
RiskZlower	33
RiskZMin.....	33
RiskZUpper.....	34
Six Sigma et la fenêtre Synthèse des résultats	35
Marqueurs graphiques Six Sigma	37

Introduction

Les capacités de simulation standard de @RISK ont été améliorées en vue de leur application à la modélisation Six Sigma, moyennant l'ajout de quatre fonctionnalités importantes :

- 1) la fonction de propriété **RiskSixSigma**, pour l'entrée de limites de spécification et des valeurs cibles des sorties de simulation,
- 2) les **fonctions statistiques Six Sigma**, y compris les indices de capacité de processus tels que RiskCpk, RiskCpm et d'autres, qui renvoient leurs statistiques Six Sigma relatives aux résultats de simulation directement dans les cellules du tableur,
- 3) de **nouvelles colonnes dans la fenêtre Synthèse des résultats**, pour présenter les statistiques Six Sigma relatives aux résultats de simulation sous forme de tableau,
- 4) des **marqueurs** sur les graphiques de résultats de simulation, pour indiquer les limites de spécification et la valeur cible.

Les fonctionnalités standard de @RISK, telles que l'entrée de fonctions de distribution, l'ajustement de distributions aux données, l'exécution de simulations et la réalisation d'analyses de sensibilité, sont également applicables aux modèles Six Sigma. Il vous sera utile, pour la modélisation @RISK pour Six Sigma, de vous familiariser avec ces fonctionnalités. Elles sont décrites dans le Guide de l'utilisateur de @RISK pour Excel et dans les didacticiels en ligne.

Fonction de propriété RiskSixSigma

Dans une simulation @RISK, la fonction **RiskOutput** identifie une cellule de tableur comme sortie de simulation. Une distribution des issues possibles est générée pour chaque cellule de sortie sélectionnée. Ces distributions de probabilités se créent moyennant la collecte des valeurs calculées pour la cellule à chaque itération d'une simulation.

Lorsque les statistiques Six Sigma doivent être calculées pour une sortie, la fonction de propriété **RiskSixSigma** s'introduit sous forme d'argument de la fonction RiskOutput. Elle spécifie la limite de spécification inférieure, la limite de spécification supérieure, la valeur cible, le décalage à long terme et le nombre d'écart types à considérer dans les calculs six sigma d'une sortie. Ces valeurs servent au calcul des statistiques six sigma affichées dans la fenêtre des résultats et sur les graphiques de la sortie. Par exemple :

RiskOutput("Hauteur de pièce";RiskSixSigma(0,88;0,95;0,915,1,5;6))

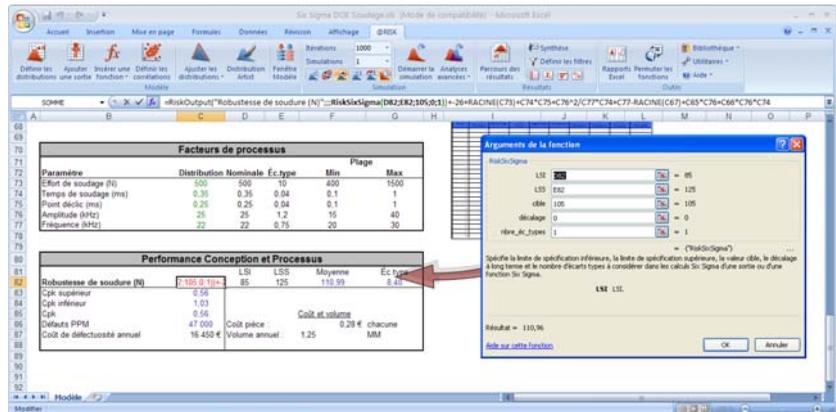
spécifie une LSI de 0,88, une LSS de 0,95, une valeur cible de 0,915, un décalage à long terme de 1,5 et un nombre d'écart types de 6 pour la sortie Hauteur de pièce. Vous pouvez aussi procéder par référence aux cellules dans la fonction de propriété RiskSixSigma.

Ces valeurs servent au calcul des statistiques Six Sigma affichées dans la fenêtre des résultats et comme marqueurs sur les graphiques de la sortie.

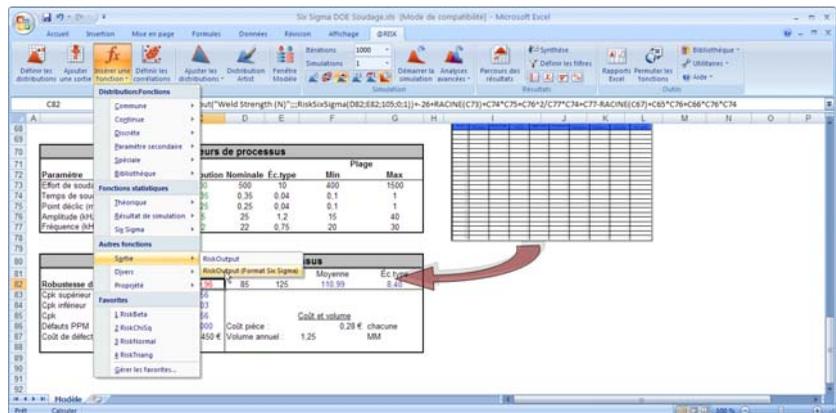
En présence d'une fonction de propriété RiskSixSigma dans une sortie, @RISK affiche automatiquement les statistiques Six Sigma relatives aux résultats de simulation de la sortie dans la fenêtre Synthèse des résultats et ajoute les marqueurs correspondant aux valeurs LSI, LSS et Cible entrées aux graphiques des résultats de simulation de la sortie.

Entrée d'une fonction de propriété RiskSixSigma

La fonction de propriété RiskSixSigma peut être tapée directement dans la formule d'une cellule, comme argument d'une fonction RiskOutput. L'Assistant Fonction d'Excel peut aussi servir à l'entrée directe d'une fonction dans la formule d'une cellule.

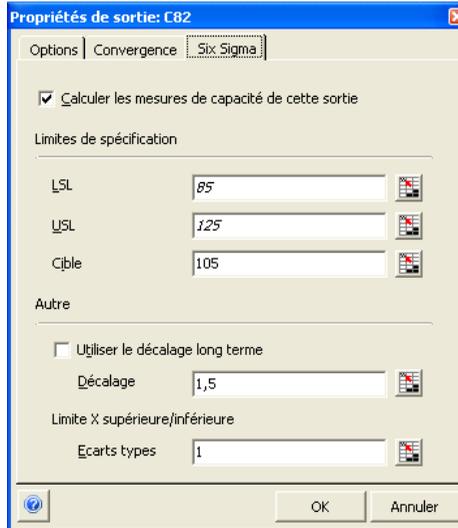


La commande **Insérer une fonction** de @RISK permet d'insérer rapidement une fonction RiskOutput assortie d'une fonction de propriété RiskSixSigma. À partir du menu Insérer une fonction de @RISK, il suffit de choisir la commande **RiskOutput (Format Six Sigma)** du menu **Sortie** pour que la fonction appropriée s'ajoute à la formule de la cellule active.



Propriétés de sortie – Onglet Six Sigma

La fenêtre @RISK Propriétés de la fonction permet aussi l'entrée d'une fonction de propriété RiskSixSigma dans une fonction RiskOutput. Les arguments de la fonction RiskSixSigma se spécifient sous l'onglet Six Sigma de cette fenêtre. Pour accéder à la fenêtre Propriétés de la fonction RiskOutput, cliquez sur le bouton Propriétés de la fenêtre @RISK Ajouter une sortie.



Les paramètres par défaut d'une sortie à utiliser dans les calculs Six Sigma se configurent sous l'onglet Six Sigma. Les propriétés concernées sont les suivantes :

- **Calculer les mesures de capacité de cette sortie.** Spécifie l'affichage des mesures de capacité dans les rapports et graphiques relatifs à la sortie. Ces mesures reposent sur les valeurs LSI, LSS et Cible entrées.
- **LSI, LSS et Cible.** Définit les valeurs LSI (limite de spécification inférieure), LSS (limite de spécification supérieure) et Cible de la sortie.
- **Utiliser le décalage long terme et Décalage.** Spécifient un décalage facultatif pour le calcul des mesures de capacité à long terme.
- **Limite X supérieure/inférieure.** Nombre d'écart types, à droite ou à gauche de la moyenne, pour le calcul des valeurs X supérieure et inférieure.

Les paramètres Six Sigma définis s'inscrivent dans une fonction de propriété **RiskSixSigma** ajoutée à la fonction RiskOutput. Seules les sorties dotées de la fonction de propriété RiskSixSigma affichent les marqueurs et statistiques Six Sigma dans les graphiques et rapports. Les fonctions statistiques Six Sigma @RISK des feuilles de calcul Excel peuvent faire référence à n'importe quelle cellule de sortie porteuse d'une fonction de propriété RiskSixSigma.

Remarque : Tous les graphiques et rapports @RISK utilisent les valeurs LSI, LSS, Cible, Décalage à long terme et Nombre d'écart types des fonctions de propriété RiskSixSigma en place au moment du démarrage d'une simulation. Si vous changez les limites de spécification d'une sortie (et sa fonction de propriété RiskSixSigma associée), veillez à réexécuter la simulation pour en afficher l'effet sur les graphiques et rapports.

Fonctions statistiques Six Sigma

Un ensemble de fonctions statistiques @RISK renvoie la **statistique Six Sigma** désirée sur une sortie de la simulation. Par exemple, la fonction *RiskCPK(A10)* renvoie la valeur CPK de la sortie de simulation de la cellule A10. Ces fonctions s'actualisent en temps réel, en cours d'exécution de la simulation. Elles sont similaires aux fonctions statistiques @RISK standard (telles que RiskMean) en ce qu'elles calculent les statistiques relatives aux résultats de simulation. La différence est qu'elles calculent les statistiques généralement requises dans les modèles Six Sigma. Ces fonctions sont universellement admises dans les cellules de tableur et les formules du modèle.

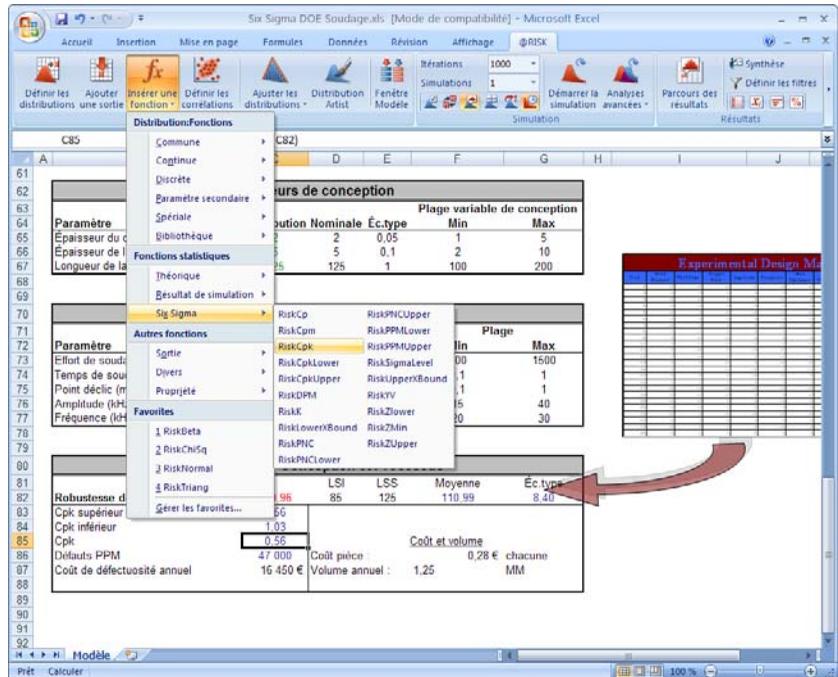
Remarques importantes concernant les fonctions statistiques Six Sigma de @RISK :

- Si une référence de cellule est précisée comme premier argument de la fonction statistique et que la cellule contient une **fonction RiskOutput assortie d'une fonction de propriété RiskSixSigma**, @RISK utilise les valeurs LSI, LSS, Cible, Décalage à long terme et Nombre d'écarts types de cette sortie lors du calcul de la statistique désirée.
- Si une référence de cellule est spécifiée comme premier argument, la cellule ne doit pas nécessairement être une sortie de simulation identifiée par une fonction RiskOutput. Toutefois, s'il ne s'agit pas d'une sortie, **une fonction de propriété RiskSixSigma facultative doit être ajoutée à la fonction statistique en soi** pour que @RISK dispose des paramètres nécessaires au calcul de la statistique désirée.
- Lorsqu'une fonction de propriété RiskSixSigma facultative est entrée directement dans une fonction statistique, @RISK **ignore les paramètres Six Sigma spécifiés dans la fonction de propriété RiskSixSigma d'une sortie de simulation référencée**, ce qui permet de calculer les statistiques Six Sigma à différentes valeurs LSI, LSS, Cible, Décalage long terme et Nombre d'écarts types pour une même sortie.
- Si un **nom particulier est entré au lieu d'une référence de cellule**, @RISK commence par rechercher une sortie désignée par ce nom, avant d'en lire les paramètres de fonction de propriété RiskSixSigma. Il incombe à l'utilisateur d'assurer la désignation sous un nom unique des sorties référencées dans les fonctions statistiques.

- L'argument « n° sim » sélectionne la simulation pour laquelle la statistique est renvoyée lors de l'exécution de simulations multiples. Cet argument est facultatif. Il peut être omis pour les exécutions à simulation unique.
- Quand une fonction de propriété RiskSixSigma facultative est introduite directement dans une fonction statistique Six Sigma, différents arguments sont utilisés suivant le calcul effectué.
- Les fonctions statistiques définies dans les masques de rapports de résultats personnalisés ne s'actualisent qu'en fin de simulation.

Entrée de fonctions statistiques Six Sigma

La commande **Insérer une fonction** de @RISK permet d'insérer rapidement une fonction statistique Six Sigma. Sélectionnez simplement la commande **Six Sigma**, dans la catégorie **Fonctions statistiques** du menu Insérer une fonction de @RISK, puis sélectionnez la fonction désirée. La fonction sélectionnée s'ajoute à la formule de la cellule active.



RiskCp

Description	RiskCp (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule la capacité de processus pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSI et LSS de la fonction de propriété RiskSixSigma incluse. Cette fonction calcule le niveau de qualité de la sortie spécifiée et ce qu'elle est potentiellement capable de produire.
Exemples	RiskCP(A10) renvoie la capacité de processus de la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée dans la fonction RiskOutput de la cellule A10. RiskCP(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie la capacité de processus de la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100 et d'une LSS de 120.
Directives	Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété RiskSixSigma doit être incluse.

RiskCpm

Description	RiskCpm (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) renvoie l'indice de capacité Taguchi pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSI, LSS et Cible de la fonction de propriété RiskSixSigma. Cette fonction est essentiellement identique à Cpk, si ce n'est qu'elle incorpore la valeur cible, parfois extérieure aux limites de spécifications.
Exemples	RiskCpm(A10) renvoie l'indice de capacité Taguchi pour la cellule A10. RiskCpm(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;0;6)) renvoie l'indice de capacité Taguchi de la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSS de 120, d'une LSI de 100 et d'une Cible de 110.
Directives	Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété RiskSixSigma doit être incluse.

RiskCpk

Description	RiskCpk (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule l'indice de capacité de processus pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSI et LSS de la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse. Cette fonction est similaire à la fonction Cp, si ce n'est qu'elle prend en considération un ajustement de la Cp pour tenir compte de l'effet d'une distribution décentrée. Comme formule, Cpk = la plus petite des valeurs (LLS-Moyenne) / (3 x sigma) ou (Moyenne-LSI) / (3 x sigma).
Exemples	RiskCpk(A10) renvoie l'indice de capacité de processus de la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskCpk(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie l'indice de capacité de processus de la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100 et d'une LSS de 120.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskCpkLower

Description	RiskCpkLower (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule l'indice de capacité unilatéral en fonction de la limite de spécification inférieure de <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement de la LSI spécifiée dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> .
Exemples	RiskCpkLower(A10) renvoie l'indice de capacité unilatéral basé sur la limite de spécification inférieure de la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskCpkLower(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie l'indice de capacité unilatéral de la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskCpkUpper

Description	RiskCpkUpper (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule l'indice de capacité unilatéral en fonction de la limite de spécification supérieure de <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement de la LSS spécifiée dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskCpkUpper(A10) renvoie l'indice de capacité unilatéral basé sur la limite de spécification supérieure de la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskCpkUpper(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie l'indice de capacité unilatéral de la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSS de 100.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskDPM

Description	RiskDPM (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule les parties par million défectueuses pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSI et LSS de la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskDPM(A10) renvoie les parties par million défectueuses pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskDPM(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie les parties par million défectueuses pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100 et d'une LSS de 120.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskK

Description	RiskK (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écarts types</i>)) calcule une mesure de centre de processus pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSI et LSS de la fonction de propriété RiskSixSigma incluse.
Exemples	RiskK(A10) renvoie une mesure de centre de processus pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée dans la fonction RiskOutput de la cellule A10. RiskK(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie une mesure de centre de processus pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100 et d'une LSS de 120.
Directives	Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété RiskSixSigma doit être incluse.

RiskLowerXBound

Description	RiskLowerXBound (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écarts types</i>)) renvoie la valeur X inférieure d'un nombre spécifié d'écarts type par rapport à la moyenne pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, du nombre d'écarts types spécifié dans la fonction de propriété RiskSixSigma.
Exemples	RiskLowerXBound(A10) renvoie la valeur X inférieure d'un nombre d'écarts types spécifié par rapport à la moyenne pour la cellule A10. RiskLowerXBound(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie la valeur X inférieure de -6 écarts types par rapport à la moyenne pour la cellule de sortie A10, en fonction d'un nombre d'écarts types égal à 6.
Directives	Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété RiskSixSigma doit être incluse.

RiskPNC

Description	RiskPNC (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule la probabilité totale de défautuosité en dehors des limites de spécifications inférieure et supérieure pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSI, LSS et Décalage long terme spécifiés dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskPNC(A10) renvoie la probabilité de défautuosité en dehors des limites de spécification inférieure et supérieure pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskPNC(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie la probabilité de défautuosité en dehors des limites de spécification inférieure et supérieure pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100, d'une LSS de 120 et d'un décalage long terme de 1,5.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskPNCLower

Description	RiskPNCLower (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule la probabilité de défautuosité en dehors de la limite de spécification inférieure pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSI, LSS et Décalage long terme spécifiés dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskPNCLower (A10) renvoie la probabilité de défautuosité en dehors de la limite de spécification inférieure pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskPNCLower(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie la probabilité de défautuosité en dehors de la limite de spécification inférieure pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100, d'une LSS de 120 et d'un décalage long terme de 1,5.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskPNCUpper

Description	RiskPNCUpper (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule la probabilité de défectuosité en dehors de la limite de spécification supérieure pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des <i>LSI</i> , <i>LSS</i> et <i>Décalage long terme</i> spécifiés dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskPNCUpper(A10) renvoie la probabilité de défectuosité en dehors de la limite de spécification supérieure pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskPNCUpper(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie la probabilité de défectuosité en dehors de la limite de spécification supérieure pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une <i>LSI</i> de 100, d'une <i>LSS</i> de 120 et d'un <i>décalage long terme</i> de 1,5.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskPPMLower

Description	RiskPPMLower (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule le nombre de défauts en-deçà de la limite de spécification inférieure pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des <i>LSI</i> et <i>Décalage long terme</i> spécifiés dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskPPMLower(A10) renvoie le nombre de défauts en-deçà de la limite de spécification inférieure pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskPPMLower(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie le nombre de défauts en-deçà de la limite de spécification inférieure pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une <i>LSI</i> de 100 et d'un <i>décalage long terme</i> de 1,5.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskPPMUpper

Description	RiskPPMUpper (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule le nombre de défauts au-delà de la limite de spécification supérieure pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSS et Décalage long terme spécifiés dans la fonction de propriété RiskSixSigma incluse.
Exemples	RiskPPMUpper(A10) renvoie le nombre de défauts au-delà de la limite de spécification supérieure pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée dans la fonction RiskOutput de la cellule A10. RiskPPMUpper(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie le nombre de défauts au-delà de la limite de spécification supérieure pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSS de 120 et d'un décalage long terme de 1,5.
Directives	Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété RiskSixSigma doit être incluse.

RiskSigmaLevel

Description	RiskSigmaLevel (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule le niveau Sigma de processus pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSS, LSI et Décalage long terme spécifiés dans la fonction de propriété RiskSixSigma incluse. (Remarque : Cette fonction présume que la sortie est distribuée normalement et centrée dans les limites de spécification.)
Exemples	RiskSigmaLevel(A10) renvoie le niveau Sigma de processus de la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée dans la fonction RiskOutput de la cellule A10. RiskSigmaLevel(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie le niveau Sigma de processus pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSS de 120, d'une LSI de 100 et d'une Décalage long terme de 1,5.
Directives	Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété RiskSixSigma doit être incluse.

RiskUpperXBound

Description	RiskUpperXBound (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; RiskSixSigma (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) renvoie la valeur X supérieure d'un nombre spécifié d'écart type par rapport à la moyenne pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, du nombre d'écart types spécifié dans la fonction de propriété RiskSixSigma.
Exemples	RiskUpperXBound (A10) renvoie la valeur X supérieure d'un nombre d'écart types spécifié par rapport à la moyenne pour la cellule A10. RiskUpperXBound (A10; ; RiskSixSigma (100;120;110;1,5;6)) renvoie la valeur X supérieure de -6 écart types par rapport à la moyenne pour la cellule de sortie A10, en fonction d'un nombre d'écart types égal à 6.
Directives	Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété RiskSixSigma doit être incluse.

RiskYV

Description	RiskYV (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; RiskSixSigma (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule le produit ou le pourcentage du processus sans défaut pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSI, LSS et Décalage long terme spécifiés dans la fonction de propriété RiskSixSigma incluse.
Exemples	RiskYV (A10) renvoie le produit ou le pourcentage du processus sans défaut pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée dans la fonction RiskOutput de la cellule A10. RiskYV (A10; ; RiskSixSigma (100;120;110;1,5;6)) renvoie le produit ou le pourcentage du processus sans défaut pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100, d'une LSS de 120 et d'un décalage long terme de 1,5.
Directives	Une fonction de propriété RiskSixSigma doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété RiskSixSigma doit être incluse.

RiskZlower

Description	RiskZlower (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule le nombre d'écart types qui séparent la limite de spécification inférieure de la moyenne pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, de la LSI spécifiée dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskZlower(A10) renvoie le nombre d'écart types qui séparent la limite de spécification inférieure de la moyenne pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskZlower(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie le nombre d'écart types qui séparent la limite de spécification inférieure de la moyenne pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSI de 100.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

RiskZMin

Description	RiskZMin (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule le minimum Z-inf et Z-sup pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, des LSS et LSI spécifiées dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskZMin(A10) renvoie le minimum Z-inf et Z-sup pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskZMin(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie le minimum Z-inf et Z-sup pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSS de 120 et d'une LSI de 100.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

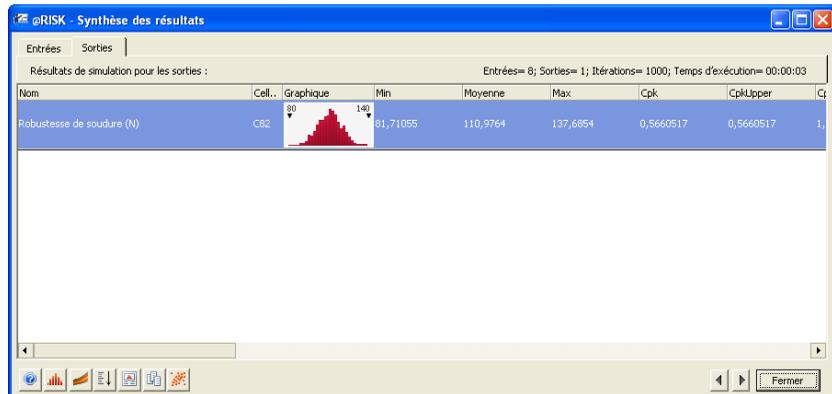
RiskZUpper

Description	RiskZUpper (<i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> ; <i>n° sim</i> ; <i>RiskSixSigma</i> (<i>LSI</i> ; <i>LSS</i> ; <i>Cible</i> ; <i>Décalage long terme</i> ; <i>Nombre d'écart types</i>)) calcule le nombre d'écart types qui séparent la limite de spécification supérieure de la moyenne pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> à la simulation <i>n° sim</i> , en fonction, facultativement, de la LSS spécifiée dans la fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> incluse.
Exemples	RiskZUpper(A10) renvoie le nombre d'écart types qui séparent la limite de spécification supérieure de la moyenne pour la cellule de sortie A10. Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée dans la fonction <i>RiskOutput</i> de la cellule A10. RiskZUpper(A10; ;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6)) renvoie le nombre d'écart types qui séparent la limite de spécification supérieure de la moyenne pour la cellule de sortie A10, en fonction d'une LSS de 120.
Directives	Une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être entrée pour <i>réf_cell</i> ou <i>nom sortie</i> , ou une fonction de propriété <i>RiskSixSigma</i> doit être incluse.

Six Sigma et la fenêtre Synthèse des résultats

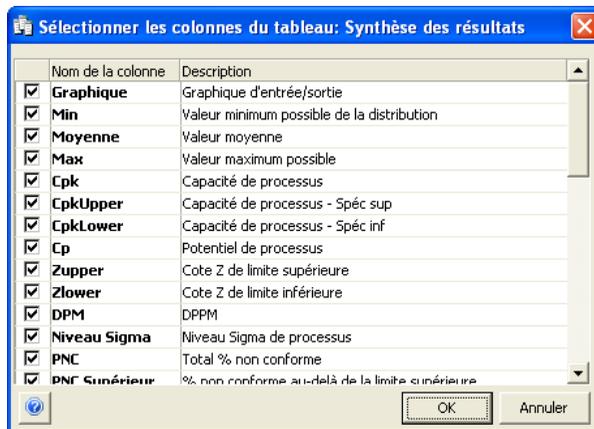
La fenêtre @RISK - Synthèse des résultats affiche la synthèse des résultats du modèle ainsi que des vignettes graphiques et statistiques de synthèse des cellules de sortie simulées et des distributions en entrée.

En présence d'une fonction de propriété **RiskSixSigma** dans une sortie, @RISK affiche automatiquement dans le tableau les statistiques Six Sigma disponibles sur les résultats de simulation relatifs à la sortie. Ces colonnes peuvent être masquées ou affichées à loisir.

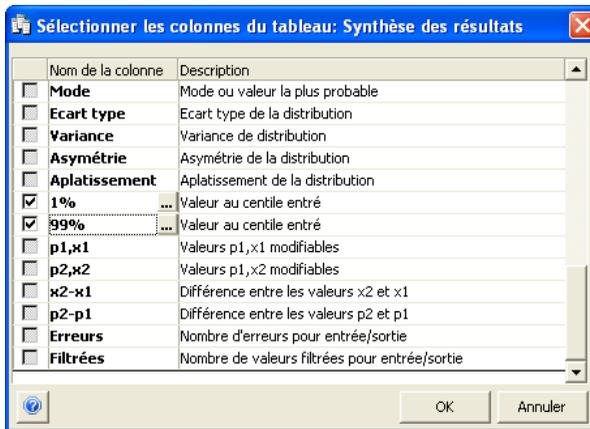


Personnalisation des statistiques affichées

Les colonnes de la fenêtre Synthèse des résultats peuvent être personnalisées en fonction des statistiques à afficher. L'icône Colonnes, au bas de la fenêtre, ouvre la boîte de dialogue Sélectionner les colonnes du tableau.

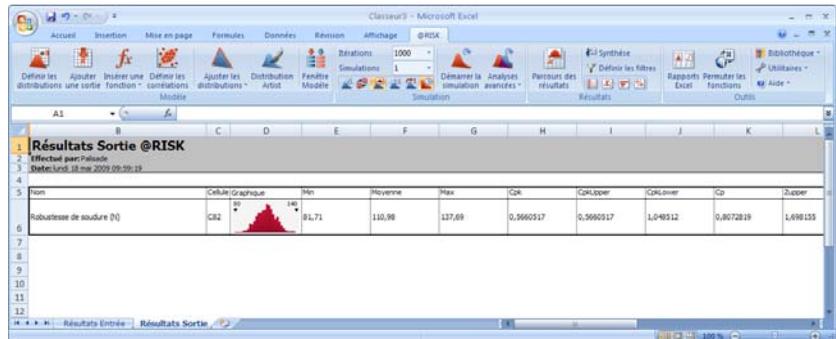


Si vous choisissez d'inclure les valeurs de centile dans le tableau, le centile effectif s'inscrit sur les lignes **Valeur au centile entré**.



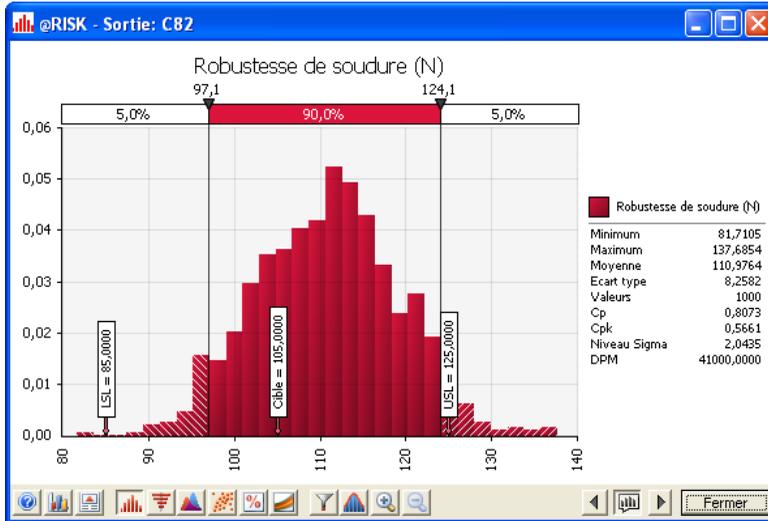
Génération d'un rapport Excel

La fenêtre Synthèse des résultats peut être exportée vers Excel, sous forme de rapport contenant les statistiques affichées et les graphiques. Pour obtenir ce rapport, cliquez sur l'icône **Modifier et Exporter** au bas de la fenêtre et sélectionnez **Rapports Excel**.

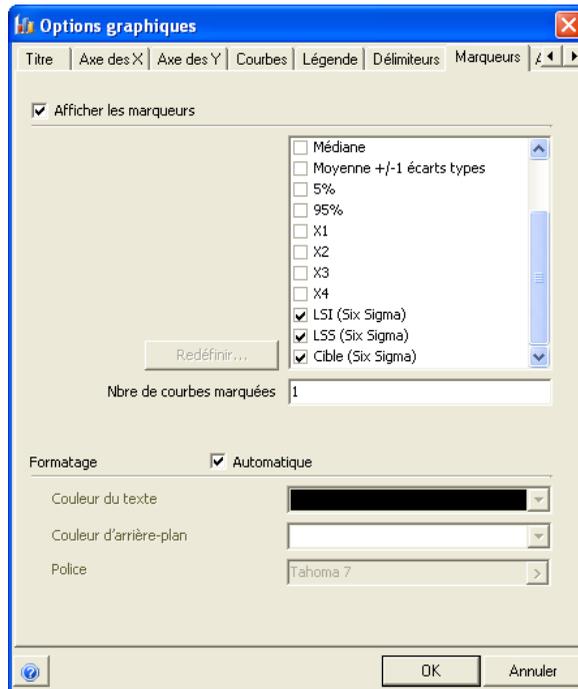


Marqueurs graphiques Six Sigma

En présence d'une fonction de propriété **RiskSixSigma** dans une sortie, @RISK ajoute automatiquement des marqueurs représentatifs des valeurs LSI, LSS et Cible aux graphiques des résultats de simulation relatifs à la sortie.



L'affichage ou non de ces marqueurs se configure sous l'onglet **Marqueurs** de la boîte de dialogue **Options graphiques**. D'autres marqueurs peuvent aussi être ajoutés. La boîte de dialogue Options graphiques s'ouvre d'un clic droit sur un graphique ou d'un clic sur l'icône Options graphiques (2^e icône, en partant de la gauche, au bas de la fenêtre graphique).



Études de cas

Exemple 1 – Conception d'expériences (DOE) : Catapulte.....	41
Exemple 2 – Conception d'expériences (DOE) : Soudage.....	47
Exemple 3 – Conception d'expériences (DOE) avec optimisation.....	53
Exemple 4 – DFSS : Circuit électrique	59
Exemple 5 – Lean Six Sigma : Analyse de processus de devis.....	63
Exemple 6 – DMAIC : Analyse de rendement global combiné	71
Exemple 7 – Sélection de fournisseur	75
Exemple 8 – Taux d'échec DMAIC Six Sigma.....	79
Exemple 9 – Taux d'échec DMAIC Six Sigma avec RiskTheo	83

Exemple 1 – Conception d'expériences (DOE) : Catapulte

Modèle type : Six Sigma DOE Catapulte.xls

Le modèle de la catapulte ou du trébuchet offre un exemple classique de démonstration de la **Conception d'expériences (DOE)**. Il illustre la simulation Monte Carlo et l'analyse de tolérance.

Imaginez que vous êtes fabricant de catapultes et que vos clients demandent une distance de lancer de boule standard de 25 mètres, plus ou moins 1 mètre. De nombreuses spécifications conceptuelles entrent en jeu dans la production de vos catapultes. Notamment :

- Angle
- Masse de la boule
- Distance tirée
- Constante du ressort

Conception d'expériences Six Sigma (DOE) : Catapulte

Le modèle de la catapulte ou du trébuchet offre un exemple classique de démonstration de la Conception d'expériences (DOE). Il illustre la simulation Monte Carlo et l'analyse de tolérance. Imaginez que vous êtes fabricant de catapultes et que vos clients demandent une distance de lancer de boule standard de 25 mètres, plus ou moins 1 mètre. De nombreuses spécifications conceptuelles entrent en jeu dans la production de vos catapultes, telles qu'angle du lancer, masse de la boule, distance tirée et constante du ressort.

Chaque facteur de conception contient une distribution de probabilités @RISK. La sortie, Distance du lancer, contient une fonction de propriété RiskSixSigma qui définit la limite de spécification inférieure, la limite de spécification supérieure et la cible de cette distance.

Les mesures de capacité sont calculées pour la catapulte, pour vous permettre de déterminer si elle est prête à la production. L'analyse de sensibilité identifie la distance tirée, suivie de la masse de la boule, comme facteurs de conception les plus importants qui affectent la distance du lancer.

Facteurs de conception	
Angle (degrés)	45
Masse de la boule (kg)	0,2
Distance tirée (m)	2
Constante ressort (kg/m)	80

Propriétés Six Sigma	
Cible	25
LSI	24
LSS	26

Sortie	
Distance du lancer (m)	25,00

Résultats Six Sigma	
Cpk	0,1340
Cpk supérieur	0,2720
Cpk inférieur	0,1340
Niveau Sigma	0,5129
DPM	608000,00

Diagramme de la catapulte :

- Masse de la boule
- Constante du ressort
- Distance tirée
- Angle d'élevation par rapport au sol

Entrée d'une distribution

Chaque facteur de conception contient une distribution de probabilités @RISK, pour représenter les différentes valeurs possibles de chacun. Les distributions de probabilités @RISK peuvent être entrées directement sous forme de formules, à l'aide de la commande **Insérer une fonction** de @RISK ou à travers l'icône **Définir les distributions** de la barre d'outils @RISK. Ainsi, une distribution uniforme représente les valeurs possibles de **Distance tirée**.

Facteurs de conception

Angle (degrés)	45
Masse de la boule (kg)	0.2
Distance tirée (m)	2
Constante ressort (kg/m)	80

Propriétés Six Sigma

Cible	25
LSI	24
LSI	26

Sortie

Distance du lancer (m)	25.00
------------------------	-------

Résultats Six Sigma

Cpk	0.1340
Cpk supérieur	0.2726
Cpk inférieur	0.1340
Niveau Sigma	0.5129
DPM	608000.00

Distance tirée (m) Distribution

Minimum	1.9000
Maximum	2.0000
Moyenne	2.0000
Ecart type	0.0577

Entrée de propriétés RiskSixSigma

La sortie, **Distance du lancer**, contient une fonction de propriété RiskSixSigma qui définit la limite de spécification inférieure, la limite de spécification supérieure et la cible de cette distance. À l'image des entrées, une sortie @RISK peut être tapée directement dans la barre de formule ou définie dans la boîte de dialogue qui s'ouvre en réponse au bouton Ajouter une sortie de la barre d'outils @RISK.

Propriétés de sortie: C33

Options | Convergence | Six Sigma

Calculer les mesures de capacité de cette sortie

Limites de spécification

LSL 24

USL 26

Cible 25

Autre

Utiliser le décalage long terme

Décalage 1,5

Limite X supérieure/inférieure

Ecart types 1

OK Annuler

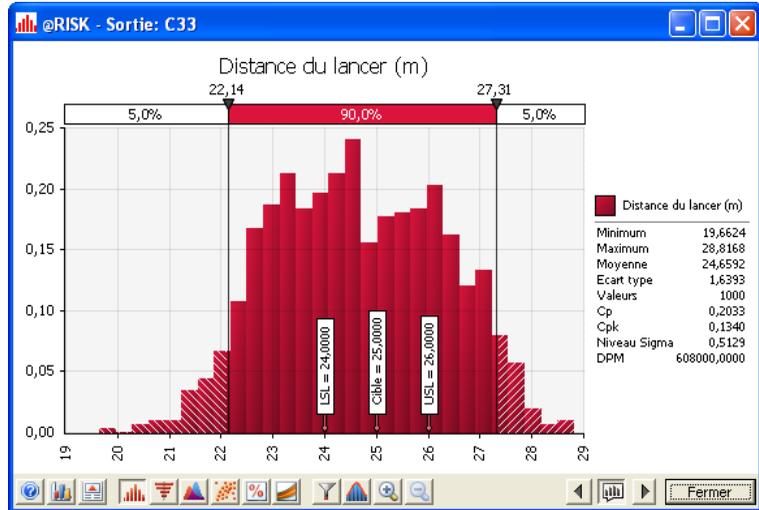
Les mesures de capacité Cpk, Cpk-Supérieur, Cpk-Inférieur, Niveau Sigma et DPM sont calculées pour la catapulte, pour vous permettre de déterminer si elle est prête à la production.

34
35
36
37
38
39
40
41

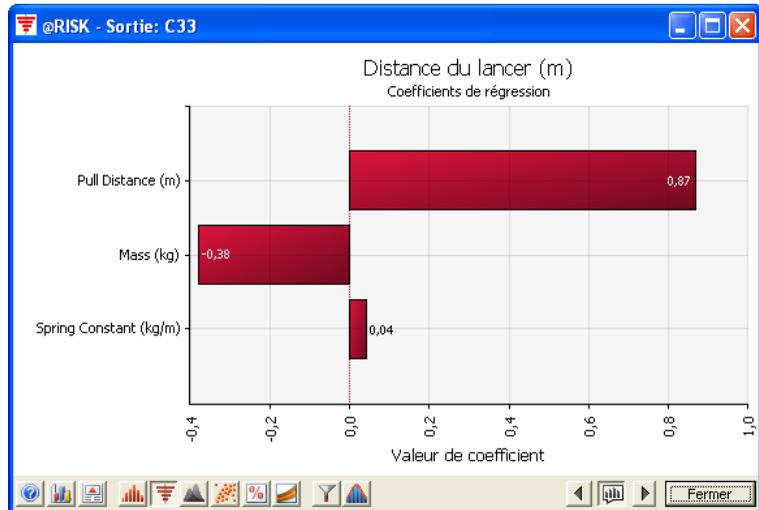
Résultats Six Sigma	
Cpk	0,1340
Cpk supérieur	0,2726
Cpk inférieur	0,1340
Niveau Sigma	0,5129
DPM	608000,00

Représentation graphique des résultats

La distribution résultante de **Distance du lancer** indique que près de 60 % du temps, la distance dépasse les limites de spécification.



L'analyse de sensibilité identifie la distance tirée, suivie de la masse de la boule, comme les facteurs de conception les plus importants qui affectent la distance du lancer.



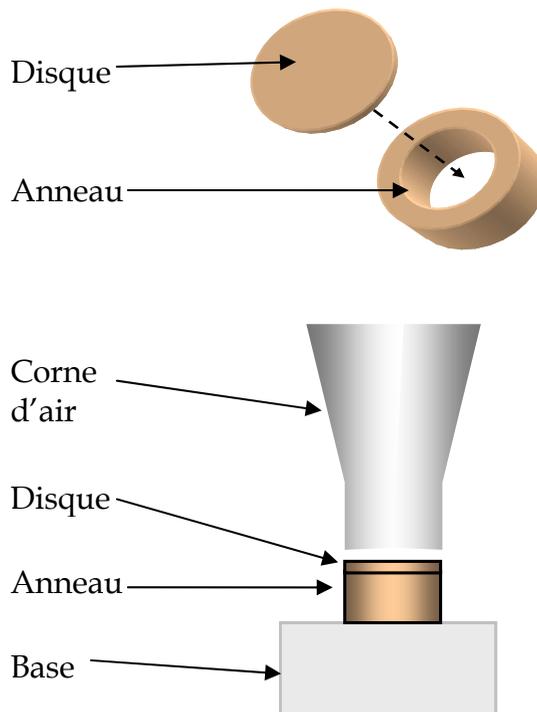
Ce modèle peut être utile à l'exploration de la théorie de **Taguchi ou de la conception paramétrique robuste**. Selon la théorie de Taguchi, deux types de variables définissent un système : celles dont les niveaux affectent la variation du processus et celles dont les niveaux ne l'affectent pas. L'objectif est de fixer les variables du premier type à un niveau apte à minimiser la variation totale du processus. Les variables sans effet sur la variation du processus servent à contrôler et/ou ajuster le processus.

Dans le modèle de la catapulte, on peut ajuster différents paramètres de conception (**Distance tirée** et **Masse de la boule**, notamment) pour essayer de minimiser la variation de la sortie **Distance du lancer**. Le dépassement des limites de spécification de 24 à 26 mètres dans une mesure de 60 % est signe que la conception laisse à désirer.

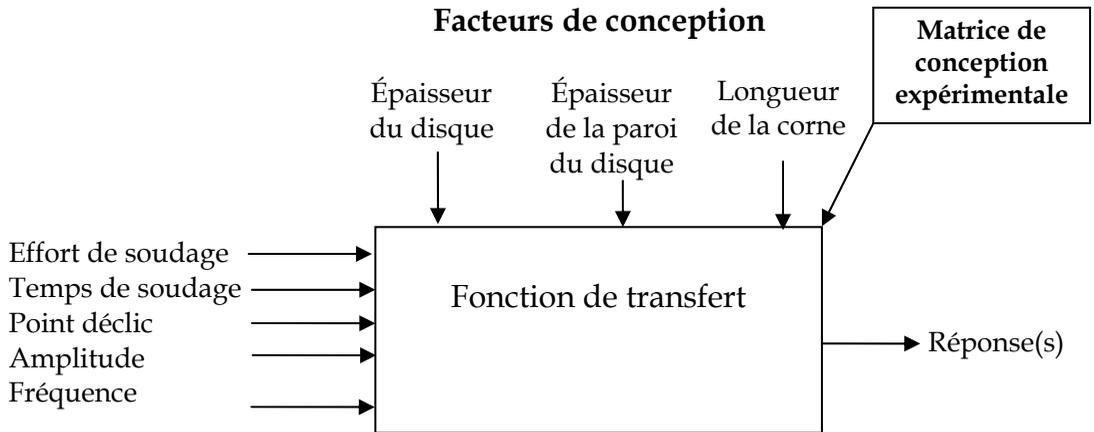
Exemple 2 – Conception d'expériences (DOE) : Soudage

Modèle type : Six Sigma DOE Soudage.xls

Supposons que vous analysiez un godet d'éclatement métallique fabriqué par soudage d'un disque sur un anneau (voir ci-dessous). Le produit sert de joint et de dispositif de sécurité, capable de soutenir la pression sous usage normal mais devant se séparer si la pression interne excède la limite de sécurité.



Le modèle met en rapport la robustesse de la soudure avec les facteurs de processus et de conception, modélise la variation de chaque facteur et prédit la performance du produit par rapport aux spécifications techniques. La modélisation d'une réponse en fonction de facteurs multiples peut souvent être accomplie à travers la génération d'une fonction statistiquement significative par conception expérimentale ou analyse de régression multiple.



Dans cet exemple, @RISK simule la variation au moyen de distributions normales pour chaque facteur. Les distributions @RISK gèrent les références aux cellules. Vous pouvez donc aisément configurer un modèle sous forme de tableau et le mettre à jour tout au long du cycle de développement du produit et du processus.

Les facteurs incertains sont :

Variables de conception

- Épaisseur du disque
- Épaisseur de la paroi du disque
- Longueur de la corne

Variables de processus

- Effort de soudage
- Temps de soudage
- Point déclic
- Amplitude
- Fréquence

Ajout de distributions

Pour ajouter une distribution à chaque facteur, il suffit de cliquer sur l'icône Définir les distributions de la barre d'outils @RISK. On sélectionne une distribution normale et on en définit les paramètres ou références de cellule, comme illustré ci-dessous. On pourrait aussi taper la formule directement dans la barre de formule Excel de chaque entrée. Par exemple, la cellule Effort de soudage contient la formule

$$=RiskNormal(D73;E73)$$

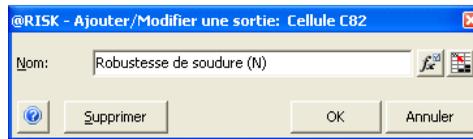
The screenshot shows the @RISK software interface within Microsoft Excel. The main window displays a spreadsheet with a table of 'Facteurs de conception' and 'Facteurs de processus'. A dialog box titled '@RISK - Définir une distribution: C73' is open, showing a normal distribution curve for 'Effort de soudage (N) / Distribution'. The dialog box includes fields for 'Nom', 'Formule de la cellule', 'Fonction', 'Paramètres Standard', and 'Paramètres'. The 'Formule de la cellule' field contains '=RiskNormal(D73;E73)'. The 'Paramètres Standard' field shows 'µ D73' and 'σ E73'. The 'Paramètres' field shows 'Normal(0;0;0;0)'. The 'Effort de soudage (N) / Distribution' field shows a normal distribution curve with a mean of 493.36 and a standard deviation of 516.46. The 'Performance Conception et Processus' section shows a table with columns for 'LSI', 'LSS', and 'Cible'. The 'Robustesse de soudure (N)' row shows values of 119.56, 85, 125, 111.00, and 0.48.

Sortie Six Sigma

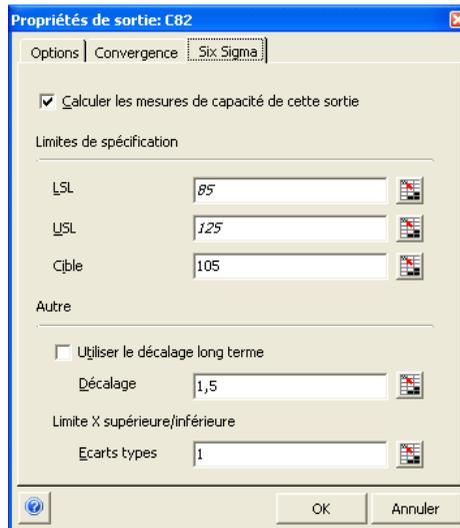
La sortie, **Robustesse de soudure (N)** dans la section Performance Conception et Processus, contient une fonction de propriété RiskSixSigma avec indication des limites de spécification inférieure (LSI) et supérieure (LSS), ainsi que de la valeur Cible. Comme pour les distributions en entrée, la formule de sortie peut être tapée directement dans la cellule de sortie ou à travers la boîte de dialogue Ajouter une sortie. La formule serait

$$=RiskOutput("Robustesse de soudure (N)";;RiskSixSigma(D82;E82;105;0;1))+ [calcul mathématique]$$

La boîte de dialogue **Ajouter/Modifier une sortie** se présente comme suit :



Un clic sur le bouton de propriétés (*fx*) ouvre la boîte de dialogue **Propriétés de sortie**, onglet Six Sigma à l'avant-plan. Les propriétés LSL, LSS, Cible et autres propriétés Six Sigma de la sortie se définissent ici. Elles servent au calcul des statistiques Six Sigma.

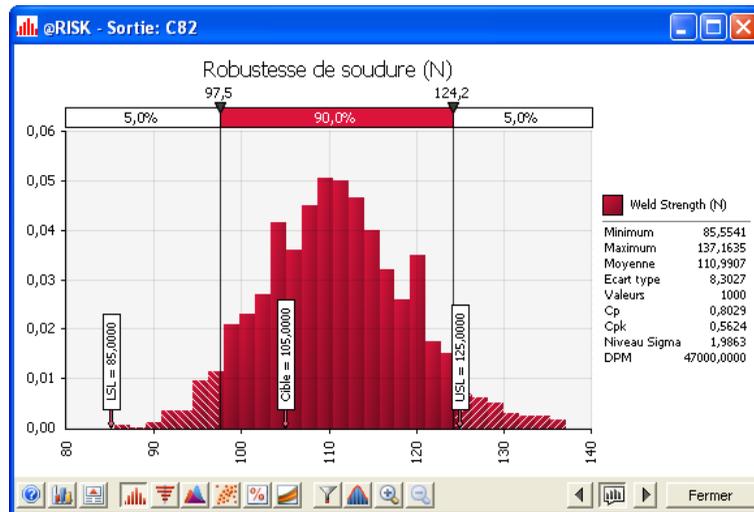


Résultats de la simulation

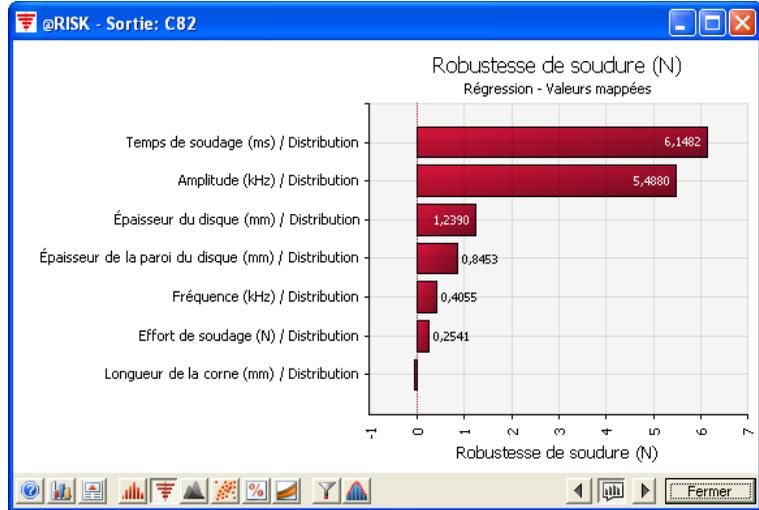
Après exécution de la simulation, les statistiques Six Sigma ont été générées à l'aide des fonctions @RISK Six Sigma pour Cpk-supérieur, Cpk-inférieur, Cpk et Défauts PPM (ou DPM). Les fonctions statistiques @RISK standard (telles que RiskMean) ont aussi été utilisées.

Performance Conception et Processus					
Robustesse de soudure (N)	110.96	LSI	LSS	Moyenne	Éc type
		85	125	111.00	8.48
Cpk supérieur	0.55				
Cpk inférieur	1.02				
Cpk	0.55	<u>Coût et volume</u>			
Défauts PPM	58 000	Coût pièce :	0,28 € chacune		
Coût de défectuosité annuel	20 300 €	Volume annuel :	1,25 MM		

La distribution de sortie @RISK affiche la performance attendue en fonction de la variation de l'entrée de conception et processus et marque les LSI, LSS et Cible. On accède facilement aux statistiques de sortie, grâce aux fonctionnalités de rapport ou à travers les fonctions @RISK.



L'analyse de sensibilité @RISK indique clairement que les paramètres Temps de soudage et Amplitude régissent la variation de la robustesse de la soudure.



Les étapes suivantes de ce problème pourraient inclure deux options : l'ingénieur peut essayer de réduire ou de mieux contrôler la variation au niveau du Temps de soudage et de l'Amplitude, ou il peut recourir à RISKOptimizer pour identifier les cibles de processus et conception optimales pour maximiser le rendement et réduire les coûts de chute.

Exemple 3 – Conception d'expériences (DOE) avec optimisation

Modèle type : Six Sigma DOE Optimisation.xls

Ce modèle démontre l'emploi de RISKOptimizer dans la conception expérimentale. RISKOptimizer combine la simulation Monte Carlo avec l'optimisation par algorithmes génétiques. Fort de ces deux techniques, RISKOptimizer peut résoudre de manière unique les problèmes d'optimisation complexes sujets à l'incertitude.

RISKOptimizer permet de maximiser une valeur cible, de la minimiser ou de s'en approcher pour une sortie donnée du modèle. Pour atteindre son but, RISKOptimizer essaie de nombreuses combinaisons distinctes d'entrées contrôlables spécifiées. Chaque combinaison est appelée « solution » et le groupe total de solutions essayées représente la « population ». La « mutation » désigne le processus d'essai aléatoire de nouvelles solutions indépendantes des essais précédents. L'optimisation par RISKOptimizer peut aussi être soumise à certaines contraintes définies.

Pour les facteurs incertains incontrôlables du modèle, on définit des fonctions de distribution de probabilités @RISK. Pour chaque combinaison itérative d'entrées, RISKOptimizer exécute aussi une simulation Monte Carlo, par échantillonnage de ces fonctions @RISK et enregistrement de la sortie obtenue pour l'itération. RISKOptimizer peut exécuter des milliers d'itérations, en vue de produire la meilleure réponse possible. Parce qu'il tient compte de l'incertitude, RISKOptimizer est bien plus précis que les programmes d'optimisation standard.

Dans cet exemple, comme dans le précédent, la pièce à l'étude est un godet d'éclatement métallique fabriqué par soudage d'un disque sur un anneau. Le produit sert de joint et de dispositif de sécurité, capable de soutenir la pression sous usage normal mais devant se séparer si la pression interne excède la limite de sécurité.

Le modèle met en rapport la robustesse de la soudure avec les facteurs de processus et de conception, modélise la variation de chaque facteur et prédit la performance du produit. RISKOptimizer a été utilisé pour rechercher la combinaison optimale de paramètres de processus et de valeurs de conception nominales afin de minimiser les coûts de chute, désignés sous **Coût de défautuosité annuel** dans le modèle. Il s'agit, en somme, de maximiser le rendement.

RISKOptimizer doit ajuster les variables de processus et de conception suivantes :

Variables de conception

- Épaisseur du disque
- Épaisseur de la paroi du disque
- Longueur de la corne

Variables de processus

- Effort de soudage
- Temps de soudage
- Point déclic
- Amplitude
- Fréquence

Le but est de minimiser la sortie Coût de défectuosité annuel.

The screenshot shows the RISKOptimizer software interface. The main workspace contains three tables:

Facteurs de conception				
Paramètre	Distribution	Nominale	Éc.type	Plage variable de conception
				Min Max
Épaisseur du disque (mm)	2.13219411	2.13219411	0.05	1 5
Épaisseur de la paroi du disque (mm)	3.54684146	3.54684146	0.1	2 10
Longueur de la corne (mm)	163	163	1	100 200

Facteurs de processus				
Paramètre	Distribution	Nominale	Éc.type	Plage
				Min Max
Effort de soudage (N)	432	432	10	400 1500
Temps de soudage (ms)	0.5299058	0.5299058	0.04	0.1 1
Point déclic (ms)	0.49335918	0.49335918	0.04	0.1 1
Amplitude (mHz)	20	20	1.2	15 40
Fréquence (mHz)	20	20	0.75	20 30

Performance Conception et Processus				
Paramètre	LSI	LS3	Moyenne	Éc.type
Robustesse de soudure (N)	103.40	85	125	103.40
Cpk supérieur	#NOMBRE!			0.70
Cpk inférieur	#NOMBRE!			
Cpk	#NOMBRE!			
Coût et volume				
Coût pièce			4,28 €	chacune
Coût de défectuosité annuel			300 000	Volume annuel

To the right of these tables is an 'Experimental Design Matrix' table with columns for 'Paramètre', 'Niveau', 'Répétition', 'Résultat', and 'Moyenne'. A red arrow points from the 'Robustesse de soudure (N)' cell in the performance table to the 'Résultat' column of the design matrix.

Barre d'outils RISKOptimizer

La barre d'outils RISKOptimizer ajoutée à Excel 2000-2003 se présente comme suit :



Sous Excel 2007, elle se présente comme suit :



Modèle d'optimisation

Un clic sur l'icône **Définition du modèle** ouvre la boîte de dialogue illustrée ci-dessous, pour la définition des cellules à ajuster, de la sortie et des contraintes éventuelles. Outre les entrées et sorties décrites plus haut, nous allons définir une contrainte, selon laquelle le point délicé doit toujours être inférieur ou égal au temps de soudage.

RISKOptimizer - Modèle

But d'optimisation:

Cellule:

Statistique:

Plages de cellules ajustables

Minimum	Plage	Maximum	Valeurs
- Recette: Epaisseur du disque			
1	<= =D49	<=	5 Quelconq..
- Recette: Epaisseur de la paroi du disque			
2	<= =D50	<=	10 Quelconq..
- Recette: Longueur de la corne			
100	<= =D51	<=	200 Entiers
- Recette: Effort de soudage			
40	<= =D57	<=	1500 Entiers

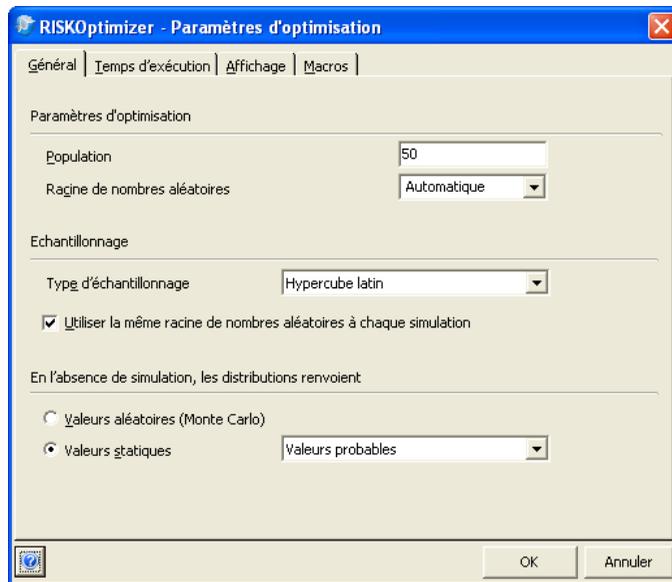
Contraintes

Description	Formule	Type
	=\$D\$59 <= \$D\$58	Ferme

OK Annuler

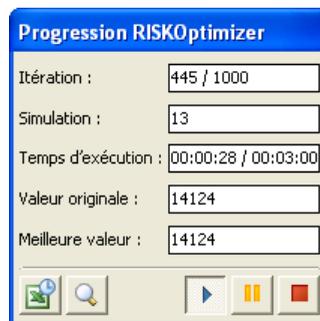
Paramètres d'optimisation

On clique sur l'icône **Paramètres d'optimisation** pour ouvrir la boîte de dialogue illustrée ci-dessous, pour la configuration des conditions d'exécution de l'optimisation et des simulations.

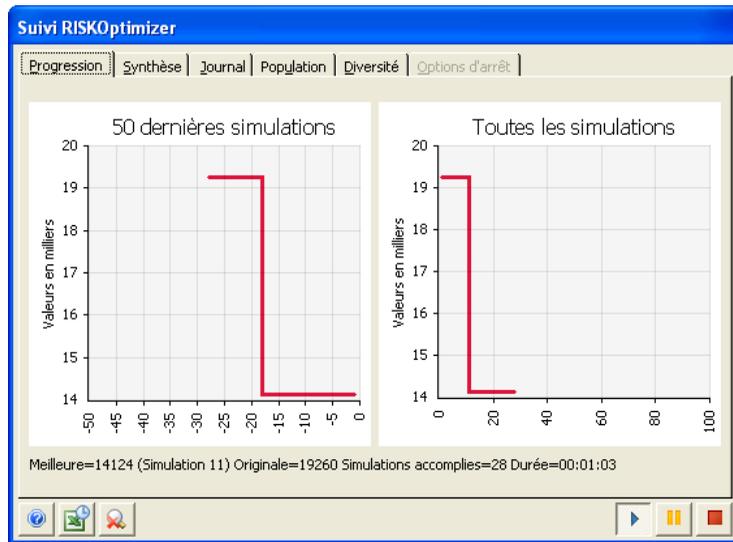


Exécuter l'optimisation

Au démarrage de l'optimisation, la fenêtre de **progression RISKOptimizer** s'ouvre et affiche un état récapitulatif de l'analyse.



L'icône loupe ouvre l'utilitaire Suivi RISKOptimizer, qui présente une information plus détaillée sur l'optimisation et les simulations exécutées. Le tableau ci-dessous indique les simulations exécutées et les meilleures valeurs obtenues.



L'onglet Synthèse affiche la valeur la **meilleure**, **originale** et la **dernière** calculée, ainsi que les paramètres d'optimisation tels que les taux de croisement et de mutation.

Valeurs des cellules ajustables

	Simul.	Résultat	D49	D50	D51	D57
Meilleure	11	14124	2,7231	2,2309	143	781
Originale	1	19260	2,1322	3,5468	162	432
Dernière	46	1284000	1,8742	9,3313	197	456

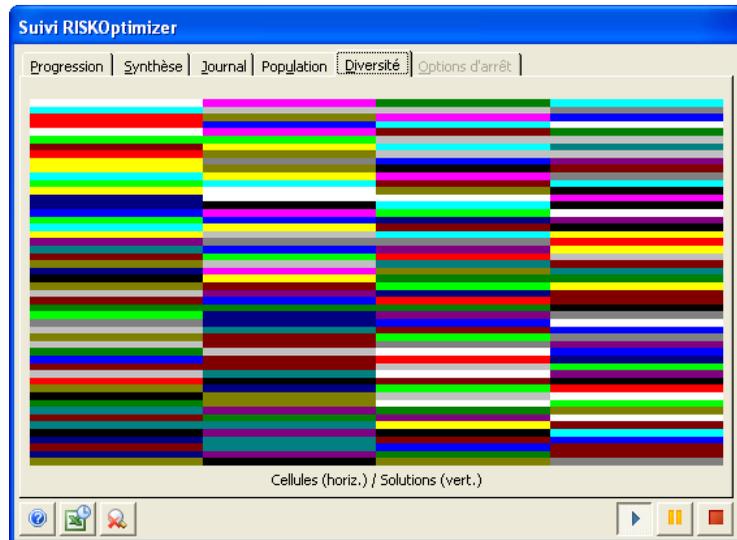
Paramètres de groupe de cellules ajustables

Groupe affiché: D49 {Épaisseur du disque}

Taux de croisement: 0,5000 ...

Taux de mutation: 0,1000 ...

L'onglet Diversité représente visuellement les différentes cellules calculées et les différentes solutions possibles.



La simulation et l'optimisation de RISKOptimizer produisent efficacement une solution réduisant le Coût annuel de défectuosité à moins de 8 000 dollars.

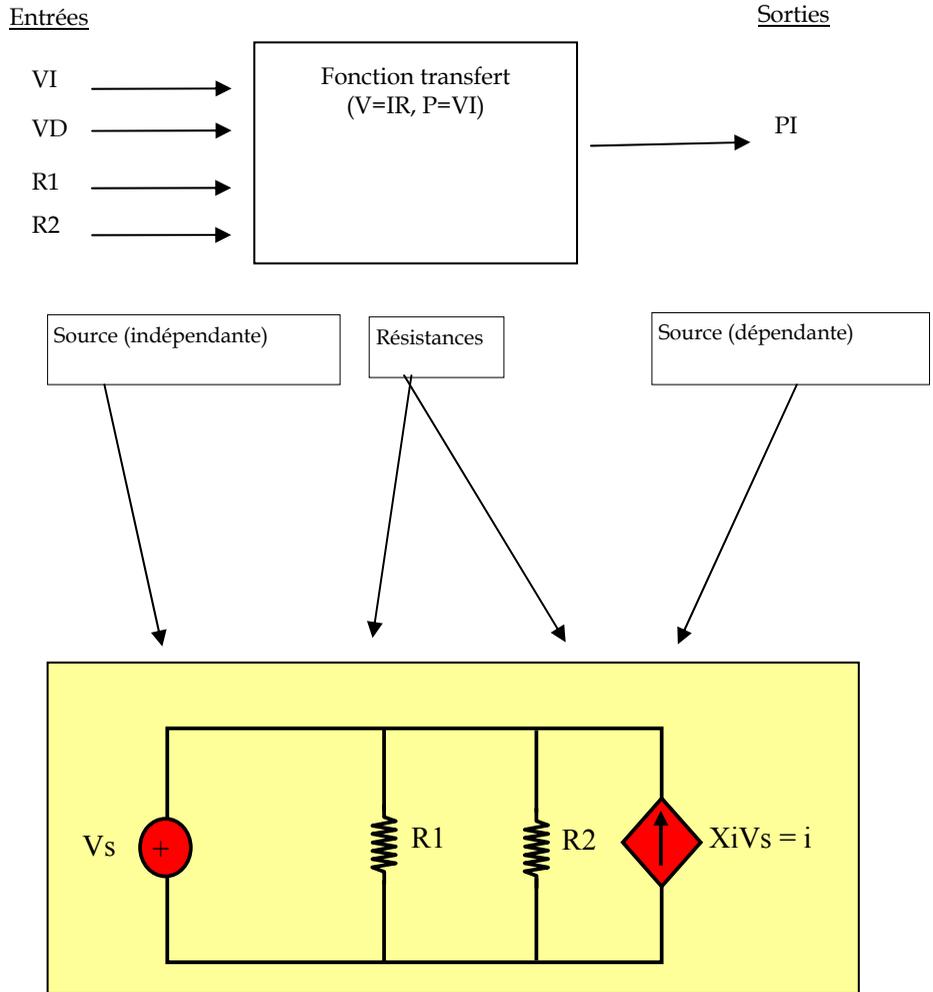
Le recours à RISKOptimizer permet aux efforts d'amélioration de la qualité et de réduction des coûts d'économiser temps et ressources. Les étapes suivantes de ce problème consisteraient à valider le modèle et la solution optimisée par expérimentation.

Exemple 4 – DFSS : Circuit électrique

Modèle type : Six Sigma Circuit électrique.xls

Ce simple circuit c.c. comporte deux sources de tension – une indépendante et une dépendante – et deux résistances. La source indépendante spécifiée par l'ingénieur concepteur a une plage de puissance opérationnelle de 5 550 W +/- 300 W. Si le tirage sur la source indépendante n'est pas conforme à la spécification, le circuit sera défectueux. Les résultats de performance théorique indiquent clairement l'incapacité de performance sous défaillance d'un pourcentage des circuits aux deux extrémités, haute et basse, des limites. Les valeurs PNC identifient le pourcentage d'unités non-conformes attendu aux extrémités supérieure et inférieure de la spécification.

Le modèle suit la logique décrite ci-dessous :



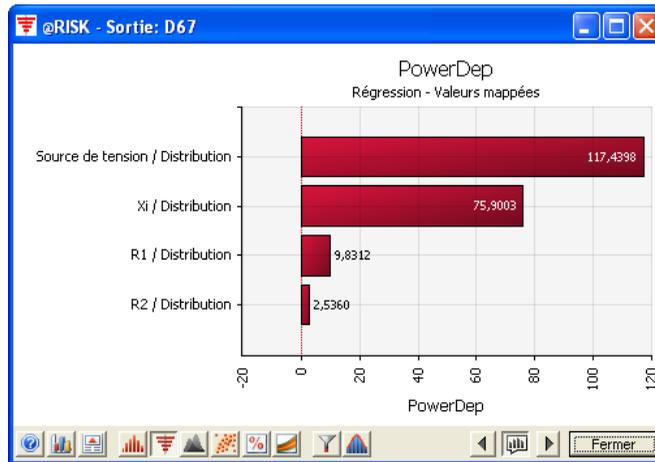
Le modèle calcule l'écart type de chaque composant en fonction de l'information connue et des hypothèses suivantes du modèle :

- 1) La moyenne des valeurs des composants est centrée dans les limites de tolérance.
- 2) Les valeurs de composant suivent une distribution normale. Remarquez que @RISK permet d'ajuster une distribution de probabilités à un ensemble de données ou de modéliser, au besoin, d'autres types de distributions de probabilités.

Une fonction de propriété RiskSixSigma, dans la cellule de sortie **PowerDEP**, définit la Limite supérieure, la Limite inférieure et la Cible utilisées pour les calculs de résultats Six Sigma. Les fonctions @RISK Six Sigma servent à calculer la capacité Cpk-Inférieure, Cpk-Supérieure, Cpk, Cp, DPM, PNC supérieur et PNC inférieur.

Analyse de sensibilité

L'**analyse de sensibilité @RISK** identifie les variables en entrée responsables de la variation de la sortie. La sensibilité indique que les deux sources de tension sont les principaux facteurs de variation de la consommation. Cette information en main, les ingénieurs peuvent concentrer leur effort d'amélioration sur les sources de tension plutôt que sur les résistances.



Ce modèle peut servir à l'essai de différents composants et tolérances, les performances et rendements peuvent être comparés et la solution optimale peut être sélectionnée pour maximiser le rendement et réduire les coûts.

Exemple 5 – Lean Six Sigma : Analyse de processus de devis

Modèle type : Six Sigma Devis.xls

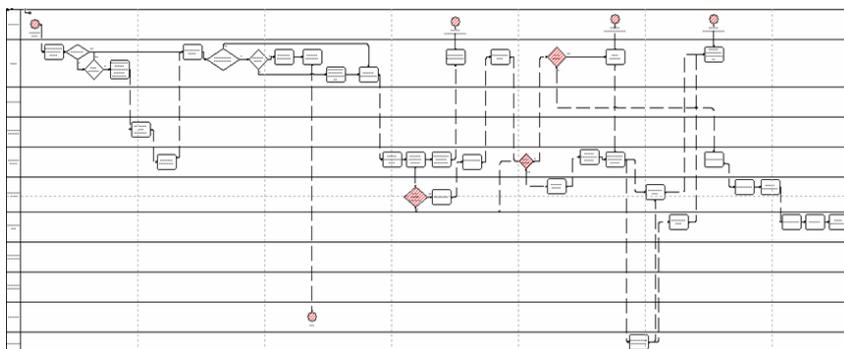
Dans les approches **Lean** comme **Six Sigma** de l'amélioration permanente, un aspect clé consiste à bien comprendre l'état actuel du processus à l'étude. L'approche commence par la phase de Cartographie de la chaîne de valeur d'une implémentation Lean ou par les phases Définir et Mesurer du processus Six Sigma DMAIC. Dans la plupart des cas, une ou plusieurs sessions servent à définir le processus et, après rapide évaluation, l'équipe passe à la résolution. Il est utile, pourtant, de prendre le temps de modéliser le processus et de démontrer que les données et les hypothèses avancées sont justes, surtout dans les circonstances suivantes :

- Le processus est essentiel (**vital**) au succès de l'entreprise.
- Le besoin d'amélioration du processus est nié.
- Les coûts de l'amélioration seront considérables.
- Les résultats de l'effort d'amélioration permanente seront probablement examinés de près.
- Le processus est sujet à l'**effet Hawthorne** : plus on l'étudie, plus il s'améliore.

La simulation peut prouver l'analyse initiale de la situation actuelle et présenter la véritable situation rencontrée par l'équipe responsable de l'analyse. Trois processus souvent très différents entrent en jeu : le processus que l'on croit exister, celui qu'on a documenté et celui qui existe véritablement, au jour le jour. Une simulation @RISK soigneusement élaborée peut documenter le processus réel et modéliser l'impact des améliorations à un stade ultérieur du cycle d'amélioration permanente. Le modèle est facile à construire.

Élaboration du modèle et collecte des données

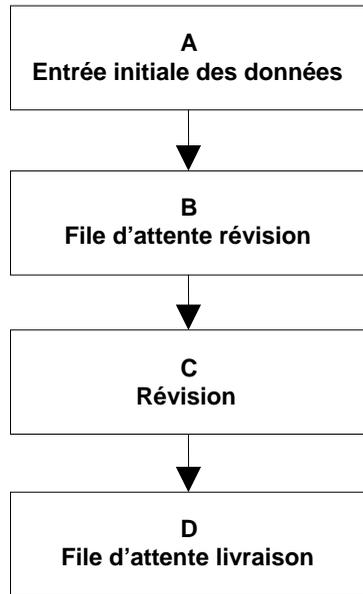
Cet exemple repose sur le schéma du processus de devis estimatif interne d'une organisation. Il est tiré d'une situation d'entreprise réelle. Plusieurs outils permettent de représenter graphiquement le processus. Nous avons choisi le tableau de type **couloir d'activité**.



Le processus de devis considéré comportait plus de 36 étapes individuelles impliquant 10 individus ou services. Un coup d'œil rapide a indiqué qu'il fallait jusqu'à quatre semaines pour produire un devis, même si, pour les situations critiques, le processus pouvait être expédié et le devis produit en moins d'une semaine. Les longs cycles d'élaboration des devis empêchaient l'entreprise d'offrir efficacement ses produits et services sur les marchés souvent lucratifs de l'urgence. Comme les devis pouvaient être expédiés et produits en un quart du temps, la direction pensait que le problème se trouvait au niveau du personnel plutôt que du processus. Les analystes soupçonnaient cependant le processus et avaient besoin d'un outil pour le prouver.

Le diagramme dressé, l'équipe s'est trouvée face à la question suivante : Combien de temps faut-il pour traiter un devis, du moment de la demande jusqu'à la soumission au service d'ingénierie ? Il s'agit ici de la première partie du processus : les données étaient relativement faciles à obtenir et les conclusions tirées ici pouvaient s'appliquer à l'ensemble du processus.

Cette partie du processus de devis s'organise en quatre étapes. D'abord, les données sont collectées et saisies (étape A). Elles sont ensuite mises en file d'attente pour examen/révision par le Service clientèle (étape B). Les corrections et autres données sont apportées au formulaire et le numéro de suivi est affecté (étape C). Enfin, le dossier passe en file d'attente pour élaboration du devis par le service d'ingénierie (étape D).



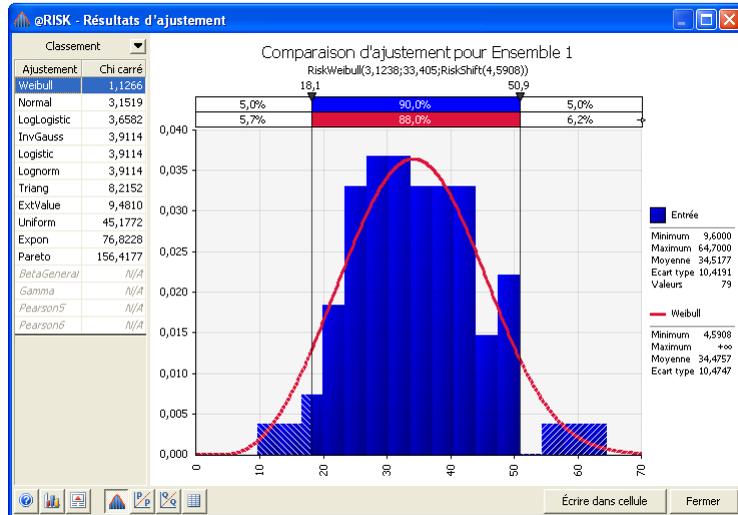
L'équipe a élaboré un simple relevé de temps suivant l'évolution du dossier, et le temps passé, d'une étape à l'autre. L'analyse initiale des quatre étapes de cette portion du processus repose sur ces données.

Élaboration des distributions et définition de la sortie

Une simple distribution des données, dans le cas qui nous occupe, veut dire que les données suivent un courbe simple. Les distributions complexes se composent de plusieurs distributions distinctes et sont généralement plus difficiles à définir. Les données rassemblées par l'équipe sont des deux types.

@RISK peut identifier la distribution applicable aux données à travers le bouton **Ajuster les distributions** de la barre d'outils. Une distribution ajustée peut alors être définie comme fonction de distribution dans le tableur. Données dans Excel, on clique sur le bouton Ajuster les distributions et on suit les invites affichées à l'écran. @RISK analyse les données et en vérifie l'ajustement à une série de fonctions de distributions.

Pour les données de l'équipe au niveau de l'étape C (Examen), le résultat de l'ajustement de distribution est illustré ci-dessous. La distribution résultante a ensuite été introduite directement dans la cellule du tableau sous le titre « C-Révision » à l'aide du bouton Écrire dans une cellule. (L'équipe a sélectionné la distribution normale plutôt que celle légèrement mieux ajustée de Weibull car, pour ce petit ensemble de données, la différence entre les deux courbes était acceptable.)



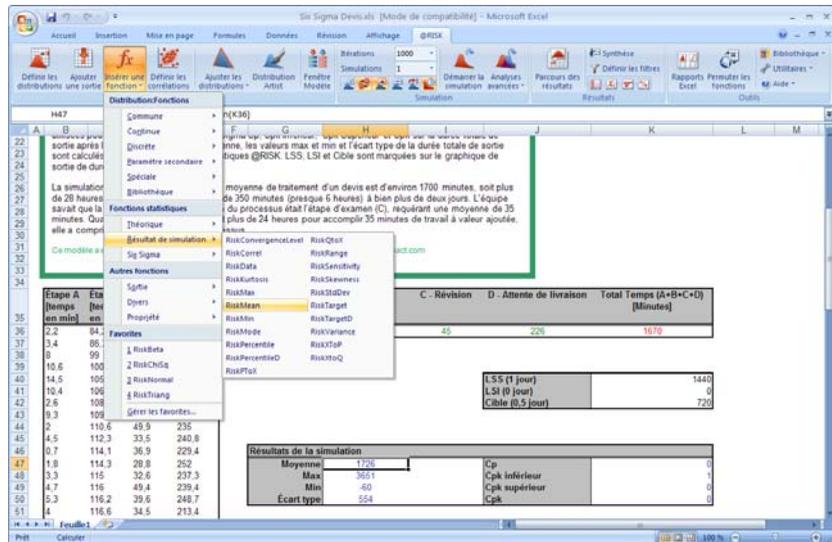
L'équipe a procédé de même pour toutes les distributions, pour chacune des quatre étapes. Cela fait, elle a défini la durée totale des quatre étapes, A-D, comme sortie @RISK et exécuté la simulation.

Les résultats en sont révélateurs. La durée totale moyenne de traitement d'un devis était d'environ 1 700 minutes, soit plus de 24 heures. La durée variait entre 350 minutes (presque 6 heures) et plus de 48 heures.

La seule portion de temps à valeur ajoutée est l'étape d'Examen-Révision. Cette étape prenait en moyenne 35 minutes (entre 6 et 64 minutes). L'observation a été présentée aux intéressés et, bien qu'étonnée, la direction en a convenu.

Statistiques relatives aux résultats de la simulation

@RISK a également permis à l'équipe de produire des statistiques élémentaires interactives avec la cellule de sortie. Elle désirait par exemple ajouter les valeurs de moyenne, maximum, minimum et d'écart type de la cellule de sortie Durée totale à un tableau du tableur. Dans le menu **Insérer une fonction** de @RISK, elle a donc sélectionné **Résultat de simulation** dans la section Statistiques, avec **RiskMean** comme fonction et la cellule de sortie Durée totale comme argument. À chaque exécution de la simulation, cette cellule s'actualise ainsi suivant le temps total moyen.



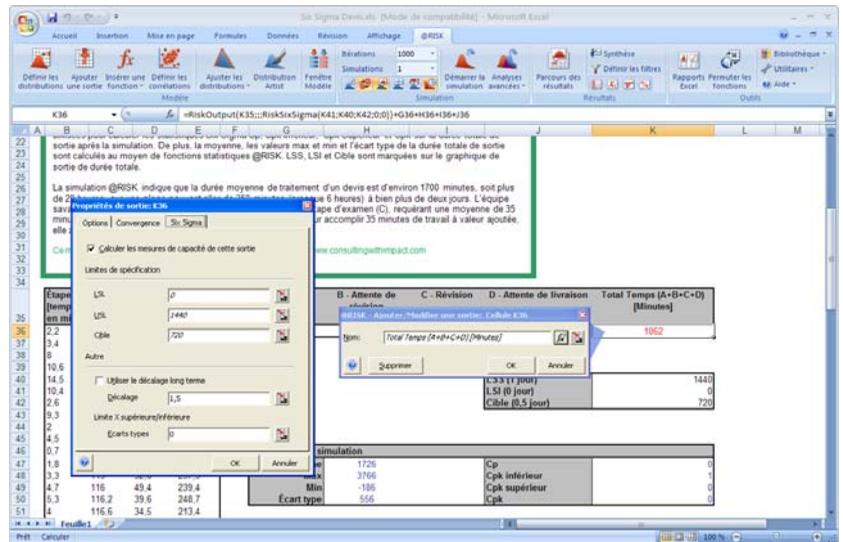
L'équipe a répété l'opération pour les sélections de maximum, minimum et écart type.

Entrée de fonctions Six Sigma

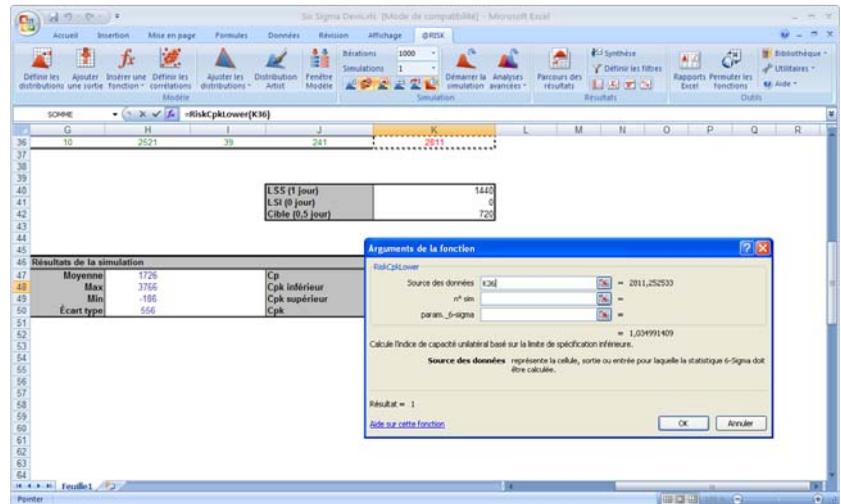
L'équipe a ensuite décidé d'ajouter l'analyse Cpk de la cellule de sortie à travers les fonctions @RISK Six Sigma. Dans la cellule de sortie Durée totale, elle a entré une fonction **RiskSixSigma**, dans laquelle :

- une cellule de référence identifie la cellule en-tête où le nom de la sortie est pris,
- une référence de cellule identifie la **limite de spécification inférieure** du résultat attendu,
- une référence de cellule identifie la **limite de spécification supérieure** du résultat attendu,
- une référence de cellule identifie la valeur **cible** du résultat attendu.

La fonction RiskSixSigma a été configurée aisément dans la boîte de dialogue **Propriétés de sortie** (ouverte d'un clic sur l'icône de propriétés de fonction *fx* dans la boîte de dialogue **Ajouter/Modifier une sortie**).

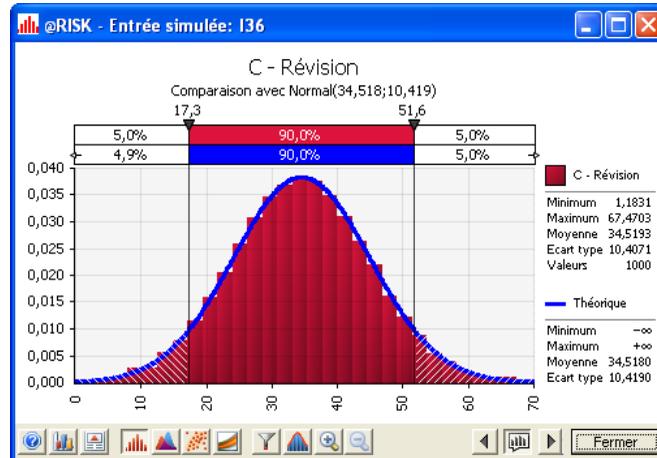
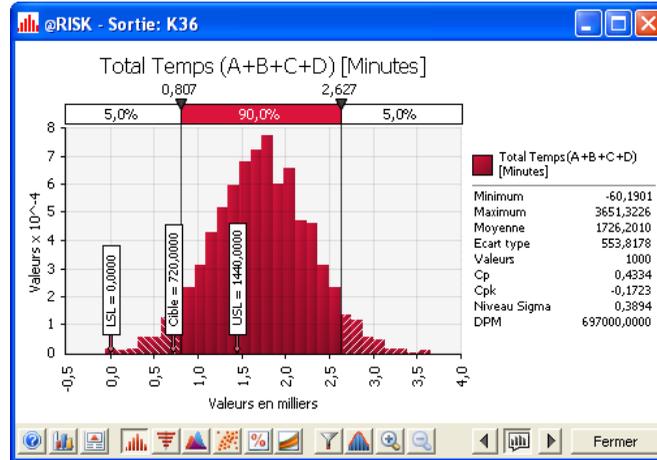


La sortie ainsi configurée, il fallait que la simulation calcule les fonctions @RISK Six Sigma de **Cp**, **Cpk-Supérieur**, **Cpk-Inférieur** et **Cpk**. Pour ce faire, on insère les fonctions correctes (RiskCp, RiskCpkUpper, etc.) de **Six Sigma** dans la section Statistiques du menu **Insérer une fonction** de @RISK ou en les tapant dans la barre de formule. Elles se recalculent ainsi à chaque simulation.



Représentation graphique de la sortie de simulation

À travers les graphiques de résultats @RISK et les marqueurs Six Sigma représentant les valeurs LSI, LSS et cible directement sur le graphique, la direction a été étonnée de voir qu'il fallait, en moyenne, plus d'une journée complète pour accomplir une tâche de 35 minutes. Les résultats de simulation pour la sortie Durée totale et pour les valeurs échantillonnées depuis la distribution en entrée de l'Étape C - Examen, sont présentés ci-dessous.



Par la simulation, l'équipe a pu documenter les flux et détails réels du processus lorsque les devis n'étaient pas expédiés. La direction a vu l'amélioration potentielle qui résulterait du suivi et de l'amélioration du processus tout entier. L'intérêt de la direction dès le début du projet s'est avéré essentiel à son succès à long terme.

À partir de ce modèle initial, l'équipe a élaboré le modèle complet du processus intégral. Ce modèle en main, elle a pu modéliser les efforts d'amélioration aux différentes étapes du projet et en vérifier les résultats positifs. La durée totale de génération de la simulation initiale et des résultats sous Excel aura été de moins d'une heure une fois les données entrées dans Excel.

Exemple 6 – DMAIC : Analyse de rendement global combiné

Modèle type : Six Sigma DMAIC Analyse RTY.xls

La méthode DMAIC – **D**éfinir, **M**esurer, **A**nalyser, **A**méliorer et **C**ontrôler – sert à améliorer les produits ou les processus existants. Imaginez que vous êtes fabricant de bijoux de fantaisie et que vous recouvrez de l'argent peu onéreux de fines couches d'or. Vous importez vos matières premières et vos composants de Chine. Un petit nombre de composants est toujours défectueux, mais vous en ignorez la quantité exacte et le coût.

Vous avez recueilli des données sur le nombre de composants défectueux ou qui le deviennent à différents points du processus de fabrication. Au premier abord, il semble que les pièces défectueuses ne représentent pas un problème majeur. Au moins 99 % des composants sont acceptables à chaque étape du processus. L'effet combiné des pièces défectueuses donne cependant lieu à un gaspillage de 15 à 20 % des produits finis, soit 200 mille unités défectueuses par million produit. Si les matières premières représentent un coût de €0,50 l'unité, nous avons là un gaspillage de €100 mille avant main-d'œuvre, temps machine et autres frais.

Processus	Unités	FTY	DPPM	L51	L55	Cable
Déballage / Inspection	Volume 16000					
	Defauts 225	99%	14034	12000	15000	14000
Découpe	Volume 16775.463			48000	56000	52000
	Defauts 419	95%	51498	66000	71000	68500
Nettoyage	Volume 14963.053			38000	42000	40000
	Defauts 1038.891	93%	69430	156000	215000	180000
Placage	Volume 13924.162					
	Defauts 562	96%	40353			
Totaux (% FTY en Total DPPM)		94%	175 315,32			

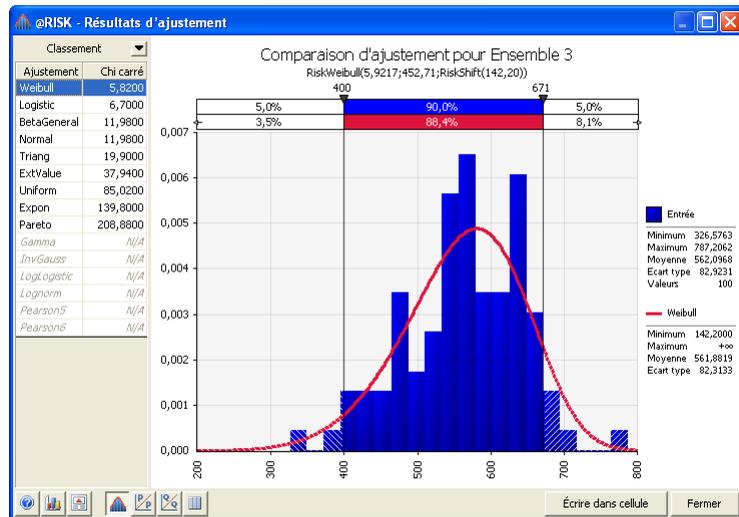
Processus Cp	Cpk Capacité de processus	Cpk inférieur	Cpk supérieur	Niveau Sigma de processus (par méthode d'approximation normale)	Z inférieur	Z supérieur	Z Min
Déballage / Inspection	1	0	1	0	2	3	1
Découpe	0	0	0	0	1	1	0
Nettoyage	0	0	0	0	1	1	0
Placage	0	0	0	0	0	0	0
Total	0.60	0.40	0.40	0.75	1.54	1.21	2.37

Données	Déballage / Inspection	Nettoyage	Placage	
236.162243	901.9640784	962.8937362	601.9171653	
204.3675985	675.568437	1050.611497	624.7791612	
215.4454857	831.6089541	1088.748251	447.085089	
234.5399238	400.6966844	1005.431237	648.763609	
236.6952088	841.7481834	1024.862696	510.1029003	
205.1656081	888.410648	913.7734386	573.0917982	
232.8379071	822.0953131	1052.650674	611.0135421	
216.4401921	987.5231153	1002.298515	564.7206577	
234.8131536	504.0213322	1098.381686	544.2924933	
231.177776	896.5652121	1128.103593	634.0005196	
225.9061811	1111.115684	995.795412	643.1620535	
225.0905372	766.710715	1067.520207	441.3691117	
71	229.4027503	754.6312407	1089.918764	654.7480389
72	225.9963891	695.9099689	1046.611188	526.6915119
73	199.6920514	910.6343385	1015.523847	575.932403
74	229.5699606	729.1364717	926.5063694	508.5643563
75	223.2420953	1034.286654	985.7020412	623.2414152
76	234.8444372	558.3360204	1068.520977	558.105694
77	214.6913324	528.2753819	1145.633914	627.6957138
78	242.8036053	846.7405264	971.1215133	466.878651

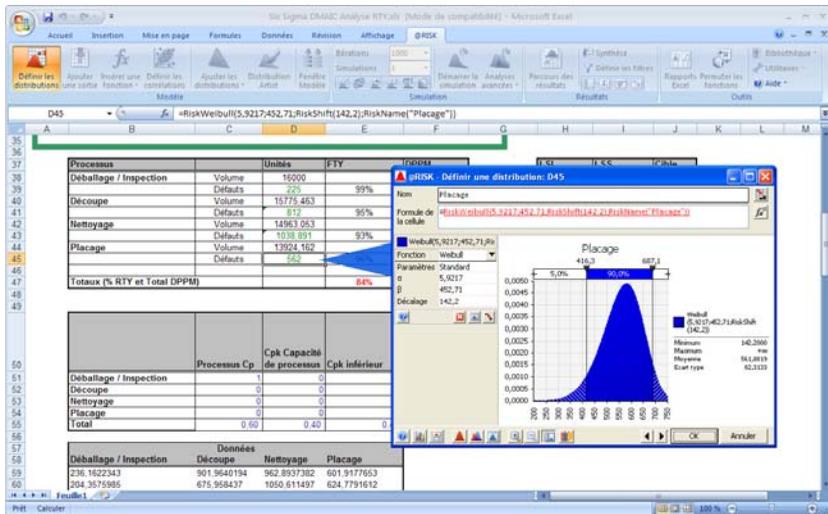
Il vous faut réduire le nombre d'unités défectueuses produites. Mais le processus est long et compliqué, et vous ne savez pas par où commencer. Avec @RISK, vous pouvez simuler de nombreuses issues différentes et identifier l'étape de fabrication la plus responsable du problème. Vous pouvez aussi obtenir les mesures de capacité de processus clés de chaque étape ainsi que du processus tout entier pour vous aider à améliorer la qualité et à réduire le gaspillage. De cette manière, @RISK sert aux phases de Mesure et d'Analyse de la méthode DMAIC. @RISK mesure l'état existant du processus (par les mesures de capacité) et analyse la manière dont il pourrait être amélioré (par l'analyse de sensibilité).

Ajustement de distributions

Au moyen des données recueillies du processus de fabrication, la fonction d'ajustement de distributions de @RISK définit les fonctions de distribution qui décrivent le nombre de pièces défectueuses à chaque étape du processus : **Déballage/Inspection, Découpe, Nettoyage et Placage**. La distribution ajustée pour la phase de placage (Weibull) est illustrée ci-dessous.



Les distributions ajustées sont ajoutées directement au modèle. La distribution du placage est illustrée ci-dessous.

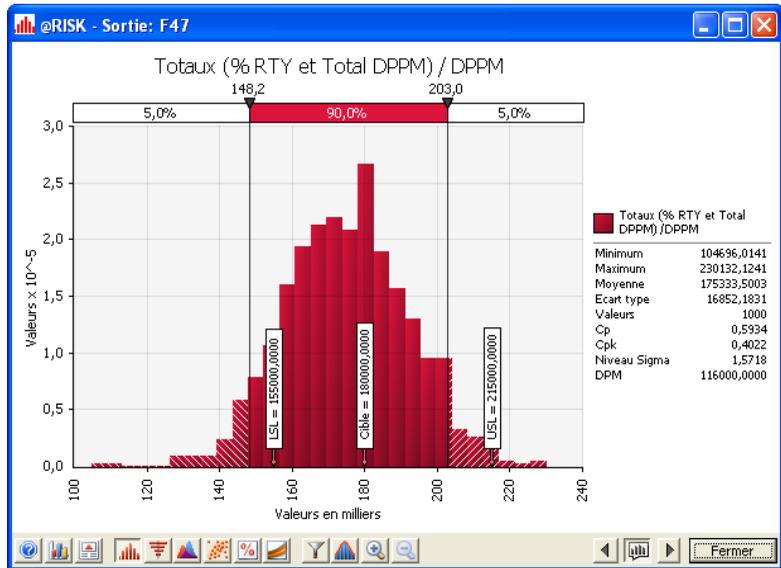


Résultats de la simulation

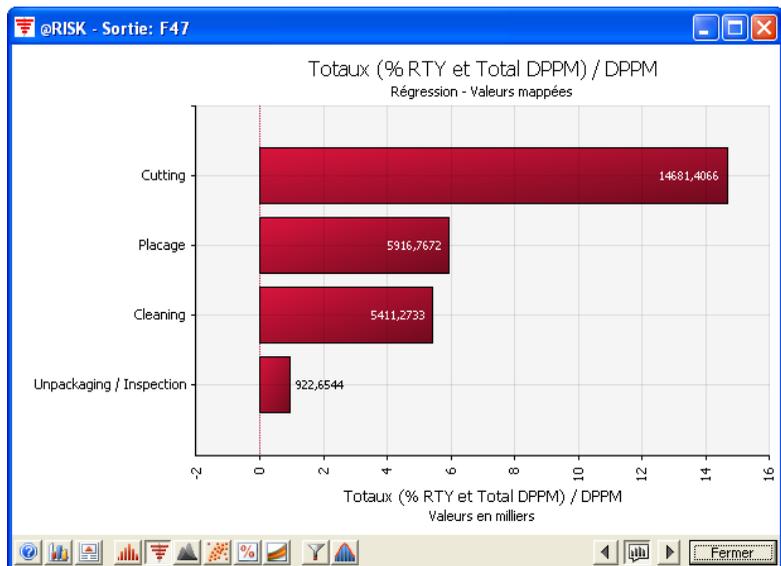
Les pièces défectueuses par million (DPPM) à chaque étape, et pour le processus dans son ensemble, ont été définies comme sorties @RISK avec spécifications Six Sigma des valeurs Limite de spécification supérieure, Limite de spécification inférieure et Cible. Après simulation, diverses mesures Six Sigma ont été calculées pour chaque étape et pour le processus dans son ensemble.

	Processus Cp	Cpk Capacité de processus	Cpk inférieur	Cpk supérieur	Niveau Sigma de processus (par méthode d'approximation normale)	Z-inférieur	Z-supérieur	Z Min
Déballage / Inspection	0.637703269	0.410955072	0.864451465	0.410955072	1.580466818	2.5933544	1.232865217	1.232865
Décoque	0.101729473	0.089036656	0.089036656	0.114422291	0.302855481	0.26710997	0.343266872	0.26711
Nettoyage	0.160407827	0.100056679	0.220758975	0.100056679	0.53883603	0.66227692	0.300170038	0.30017
Placage	0.111505282	0.091225218	0.131785345	0.091225218	0.314686099	0.39535604	0.273675654	0.273676
Total	0.596557497	0.404438418	0.404438418	0.788676575	1.542302919	1.21331525	2.366029725	1.213315

La distribution des issues DPPM est illustrée ci-dessous.



Enfin, l'analyse de sensibilité et un graphique tornade ont révélé que l'étape de **Découpe** était, globalement, la plus responsable des défauts de produit, en dépit du fait qu'une autre étape - Nettoyage - présente un moindre premier rendement FTY (moins de défauts). Même si le rendement FTY à la Découpe était plus élevé, le processus de Découpe en soi est moins constant et présente plus de variation que les autres processus.



Exemple 7 – Sélection de fournisseur

Modèle type : Six Sigma Sélection de fournisseur.xls

Imaginez que vous devez lancer un nouveau produit. Pendant la phase de mise en œuvre du lancement, votre entreprise prévoit la vente de 25 mille unités par mois. Un élément critique de votre produit est externalisé pour usinage de précision : ce composant doit répondre à de très précises spécifications pour être utilisé dans votre produit. En particulier, sa longueur doit être de 66,6 mm, avec une tolérance de +/- 1 mm seulement.

Trois fournisseurs produisent actuellement cet élément critique. Vous avez négocié un prix unitaire différent avec chacun de ces fournisseurs. La qualité du composant varie cependant d'un fournisseur à l'autre. Certains composants fournis ne sont pas conformes à la longueur spécifiée. Pour deux des fournisseurs, vous devez inspecter tous les composants à l'arrivée, pour vérifier leur conformité. Cette inspection ajoute des coûts de main-d'œuvre et de chute au processus. Le troisième fournisseur est homologué et garantit la conformité à 100 % de ses composants, éliminant le besoin d'inspection et les coûts de chute. Le prix unitaire de ce fournisseur est cependant le plus élevé des trois.

Spécifications du composant (mm)		
LSI	Cible	LSS
65.5	66.6	66.7

	Qdt fourni par mois	Longueur du composant	% des composants conformes à la spécification (% bons)	Ratio de rejet (% mauvais)	Coût unitaire du composant	Temps d'inspection par unité (secondes)	Temps d'inspection total par mois (heures)	Salaire d'inspecteur (à l'heure)	Coût d'inspection total par mois	Rejet mois
Fournisseur 1	11 000	66.5833	92%	8.10%	\$5.55	30	91.67	\$	10.00	\$916.67
Fournisseur 2	8 000	66.4000	84%	16.00%	\$5.60	30	77.78	\$	10.00	\$777.78
Fournisseur 3 (homologué)	6 000	66.5444	100%	0.00%	\$6.40	0	0.00	\$	\$0.00	0

Vous aurez toujours besoin de plusieurs fournisseurs au cas où l'un d'entre eux ferait faillite. Vous voulez cependant savoir lequel représente le plus haut coût unitaire réel, de manière à élaborer une meilleure stratégie de sourcing de vos composants.

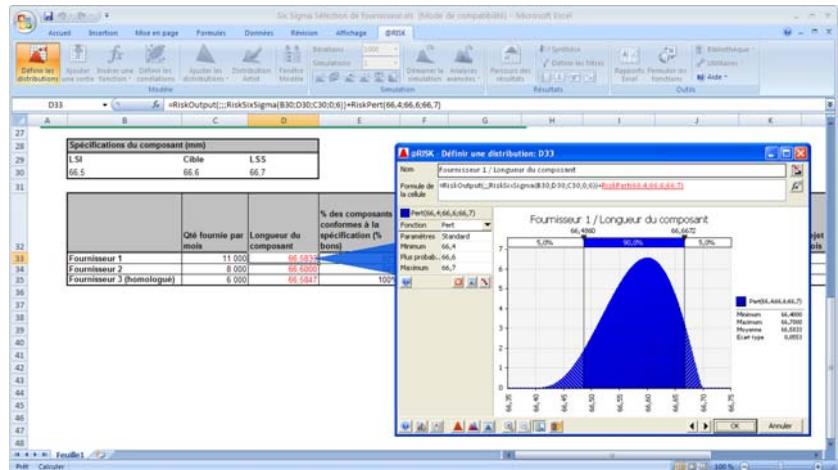
Modélisation de la longueur du composant

La longueur des composants de chaque fournisseur est décrite par des fonctions de distribution @RISK. Ces cellules sont également définies comme sorties @RISK avec fonctions RiskSixSigma pour nous permettre de calculer la valeur Cpm de chaque fournisseur ainsi que générer des graphiques de distribution des longueurs de composant avec marqueurs de spécification. Les fonctions RiskSixSigma contiennent les LSS, LSI et valeur Cible de 66,6 mm, sous tolérance limitée à +/- 1 mm.

Spécifications du composant (mm)		
LSI	Cible	LSS
66,5	66,6	66,7

Ainsi, la longueur du composant du Fournisseur 1 est décrite par une distribution Pert, sous propriétés RiskSixSigma :

$$= RiskOutput(;;RiskSixSigma(B30;D30;C30;0;6))+RiskPert(66,4;66,6;66,7)$$

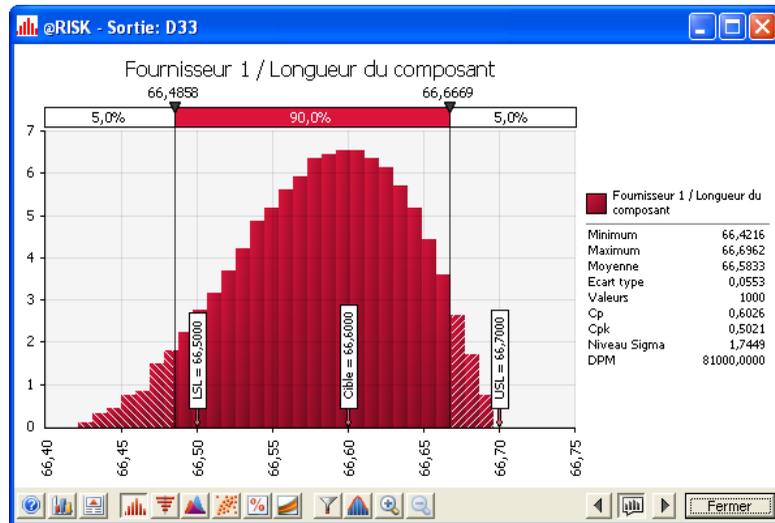


Résultats de la simulation

Après la simulation, le Fournisseur 1 se révèle représenter le plus faible coût unitaire réel. La moyenne simulée du coût unitaire de chaque fournisseur est également indiquée, par la fonction RiskMean. Enfin, la valeur Cpm est calculée pour la longueur de composant de chaque fournisseur.

	Coût total réel des bons composants (unitaire)	Longueur Cpm	Moyenne du coût total réel unitaire
Fournisseur 1	€6,13	0.553	€6,16
Fournisseur 2	€6,75	0,472	€7,03
Fournisseur 3 (homologué)	€6,40	0,686	€6,40

La variation autour de la qualité du Fournisseur 1 est illustrée dans le graphique ci-dessous.



Vous disposez maintenant de l'information de coût et qualité qui vous permettra de définir une stratégie de commande plus rentable. L'étape suivante pourrait être d'analyser la manière de réduire davantage encore les coûts, en utilisant par exemple un événement Kaizen pour réduire les temps d'inspection interne.

Exemple 8 – Taux d'échec DMAIC Six Sigma

Modèle type : Six Sigma Échec DMAIC.xls

Cet exemple illustre un modèle de taux d'échec utile à la planification et au contrôle de qualité. Vous êtes fabricant et vous devez calculer le % probable de produits défectueux. Selon la méthode DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer, Contrôler), il s'agit ici des phases Mesurer et Analyser, où l'on mesure l'état actuel de la qualité et on analyse les causes des problèmes ou des défauts.

Un produit est défectueux quand l'un quelconque de ses composants n'est pas conforme à la tolérance requise. Chaque composant est jugé satisfaisant dès le moment où une propriété de son état fini (sa largeur, par exemple) est conforme aux tolérances définies.

Taux d'échec DMAIC Six Sigma

Cet exemple illustre un modèle de taux d'échec utile à la planification et au contrôle de qualité. Vous êtes fabricant et vous devez calculer le % probable de produits défectueux. Selon la méthode DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer, Contrôler), il s'agit ici des phases Mesurer et Analyser, où l'on mesure l'état actuel de la qualité et on analyse les causes des problèmes ou des défauts.

Un produit est défectueux quand l'un quelconque de ses composants n'est pas conforme à la tolérance requise. Chaque composant est jugé satisfaisant dès le moment où une propriété de son état fini (sa largeur, par exemple) est conforme aux tolérances définies.

Cette propriété de chaque composant fini (sa largeur, par exemple) est modélisée à l'aide d'une distribution normale dans la colonne Échantillon. Ces cellules ont également été ajoutées comme sorties @RISK, avec les fonctions de propriété RiskSixSigma définissant les valeurs LSI, LSS et cible de chaque composant. De cette manière, nous pourrions voir les graphiques de qualité des composants (voir le graphique du Composant1 ci-dessous) et calculer les statistiques Six Sigma sur chaque composant.

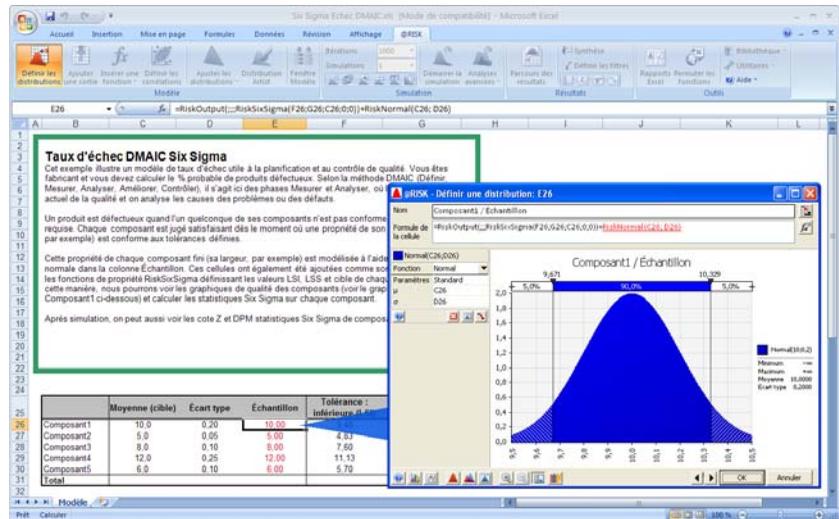
Après simulation, on peut aussi voir les cote Z et DPM statistiques Six Sigma de composant et cumulés.

	Moyenne (cible)	Écart type	Échantillon	Tolérance inférieure (L.SI)	Tolérance supérieure (L.SS)	OK ?	Taux d'échec (%)	Z Min	Fréquence d'échec	DPM
Composant1	10,0	0,20	10,00	9,40	10,60	1	0,200%	3,00	Un sur 501 échouera	2000,00
Composant2	5,0	0,55	5,00	4,83	5,15	1	0,100%	3,00	Un sur 1000 échouera	1000,00
Composant3	8,0	0,10	8,00	7,50	8,30	1	0,100%	3,00	Un sur 1000 échouera	1000,00
Composant4	12,0	0,25	12,00	11,13	12,88	1	0,000%	3,50	Aucun échec	0,00
Composant5	6,0	0,10	6,00	5,70	6,50	1	0,100%	2,39	Un sur 1000 échouera	1000,00
Total						1	0,500%		Un sur 201 échouera	5000

Modélisation de la largeur du composant

Cette propriété de chaque composant fini (sa largeur, par exemple) est modélisée à l'aide d'une distribution normale dans la colonne Échantillon.

Échantillon
10,00
5,00
8,00
12,00
6,00



Ces cellules ont également été ajoutées comme sorties @RISK, avec les fonctions de propriété RiskSixSigma définissant les valeurs LSI, LSS et Cible de chaque composant. Formule de Composant1 :

$$=RiskOutput(;;;RiskSixSigma(F26;G26;C26;0;0))+RiskNormal(C26; D26)$$

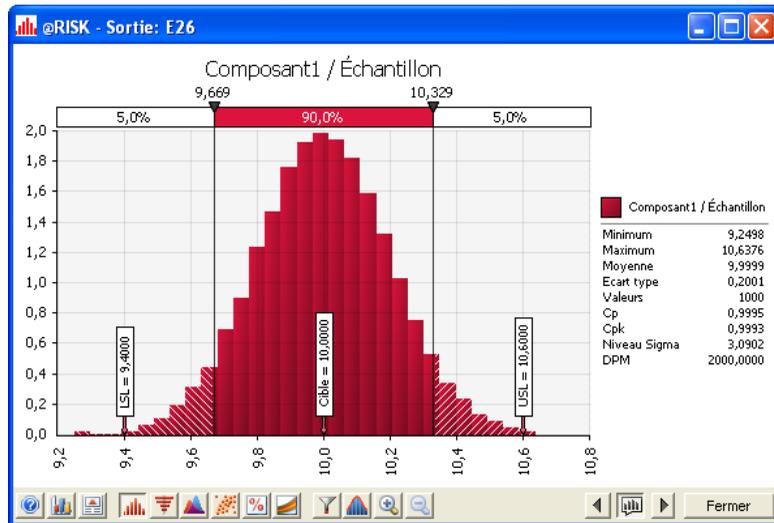
De cette manière, nous pourrions voir les graphiques de qualité des composants et calculer les statistiques Six Sigma relatives à chaque composant.

Utilisation de la fonction RiskMean pour obtenir le taux d'échec

Le **taux d'échec** de composant et cumulé se calcule au moyen de la fonction **RiskMean** qui, étant une fonction @RISK statistique, n'est applicable qu'après exécution de la simulation. Après simulation, on peut aussi voir les cote Z et DPM statistiques Six Sigma de composant et cumulés.

Z Min	Fréquence d'échec	DPM
2,999060375	1 sur 334	3 000
2,99523275	1 sur 334	3 000
2,990852805	1 sur 334	3 000
3,492267357	1 sur 1 000	1 000
3,002125568	1 sur 1 000	1 000
2,945880756	1 sur 91	11 000

Le graphique des échantillons de Composant1 est illustré ci-dessous, avec marqueurs LSS, LSI et Cible.



Exemple 9 – Taux d'échec DMAIC Six Sigma avec RiskTheo

Modèle type : Six Sigma Echec DMAIC RiskTheo.xls

Cet exemple est une extension du modèle d'échec DMAIC utile à la planification et au contrôle de qualité. Il fait appel aux fonctions RiskTheo (en l'occurrence RiskTheoXtoP) pour déterminer le taux d'échec sans avoir à exécuter de simulation. Les fonctions RiskTheo renvoient les statistiques théoriques des distributions ou formules en entrée plutôt que celles issues des données d'une simulation.

Vous êtes fabricant et vous devez calculer le % probable de produits défectueux. Selon la méthode DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer, Contrôler), il s'agit ici des phases Mesurer et Analyser, où l'on mesure l'état actuel de la qualité et on analyse les causes des problèmes ou des défauts.

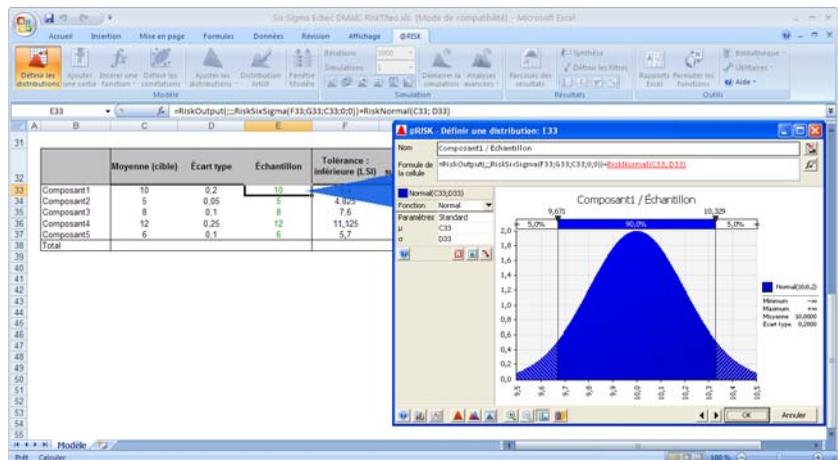
Un produit est défectueux quand l'un quelconque de ses composants n'est pas conforme à la tolérance requise. Chaque composant est jugé satisfaisant dès le moment où une propriété de son état fini (sa largeur, par exemple) est conforme aux tolérances définies.

	Moyenne (cible)	Écart type	Echantillon	Tolérance inférieure (L, S)	Tolérance supérieure (U, S)	OK ?	Taux d'échec (%) après sim (%)	Taux d'échec par Risk Theo (%)	Z Min après sim	DPB après sim
33	10	0,2	10	9,4	10,6	1	0,400%	0,270%	3,002935476	4000
34	5	0,05	8	4,825	5,15	1	0,100%	0,158%	3,00588203	1000
35	8	0,1	8	7,6	8,3	1	0,200%	0,138%	2,98861741	2000
36	12	0,25	12	11,125	12,875	1	0,100%	0,047%	3,45644153	1000
37	6	0,1	6	5,7	6,5	1	0,200%	0,135%	2,99430904	2000
38	Total					1	0,900%	0,748%		10000

Modélisation de la largeur du composant

Cette propriété de chaque composant fini (sa largeur, par exemple) est modélisée à l'aide d'une distribution normale dans la colonne Échantillon.

Échantillon
10,00
5,00
8,00
12,00
6,00



Ces cellules ont également été ajoutées comme sorties @RISK, avec les fonctions de propriété RiskSixSigma définissant les valeurs LSI, LSS et Cible de chaque composant. Formule de Composant1 :

$$=RiskOutput(;;;RiskSixSigma(F26;G26;C26;0;0))+RiskNormal(C26; D26)$$

De cette manière, nous pourrions voir les graphiques de qualité des composants et calculer les statistiques Six Sigma sur chaque composant si nous choisissons d'exécuter une simulation.

Utilisation de la fonction RiskTheoXtoP pour obtenir le taux d'échec

Le taux d'échec de composant et cumulé se calcule d'après la fonction **RiskTheoXtoP**, depuis les distributions normales de la colonne Échantillon. Le taux d'échec après simulation peut aussi être calculé par la fonction RiskMean si vous choisissez d'exécuter une simulation. On peut ainsi comparer le taux d'échec simulé avec celui théorique de RiskTheo.

Taux d'échec (%) après sim (%)	Taux d'échec par RiskTheo (%)
0,30%	0,270%
0,20%	0,158%
0,20%	0,138%
0,00%	0,047%
0,10%	0,135%
1%	

Après simulation, on peut aussi voir les cote Z et DPM statistiques Six Sigma de composant et cumulés.

Z Min après Sim	DPM après sim
2,998616548	3 000
2,997415317	2 000
2,997730848	2 000
3,49840855	0
3,004560454	1 000
3,146403741	8 000

