
Cartes des sommes cumulées — Lignes directrices pour le contrôle de la qualité et l'analyse des données utilisant les procédures CUSUM

Cumulative sum charts — Guidance on quality control and data analysis using CUSUM techniques

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 7871:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed35a1d2-7228-4fec-a032-436511032972/iso-tr-7871-1997>

TECHNIQUE

7871



Sommaire

0 Introduction	iv
1 Domaine d'application et principes généraux.....	1
2 Préparation des cartes CUSUM.....	2
3 Présentation	7
4 Règles de décision pour la surveillance et le contrôle	8
5 Règles de décision pour les analyses rétrospectives.....	24
6 Techniques de calcul des CUSUM	27
7 Exemples d'applications.....	32
Annexe A Mesures de la variation	39
Annexe B Définition de l'échelle	44
Annexe C Calcul des moyennes locales	47
Annexe D Nouveau tracé de la carte CUSUM.....	49
Annexe E Masque en V entier	50
Annexe F Lignes de décisions locales	53
Annexe G Tests non-paramétriques de CUSUM.....	55
Annexe H Variantes aux schémas normalisés.....	58

[ISO/TR 7871:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed35a1d2-7228-4fec-a032-436511032972/iso-tr-7871-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed35a1d2-7228-4fec-a032-436511032972/iso-tr-7871-1997>

© ISO 1997

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse
Internet central@iso.ch
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 7871, rapport technique du type 3, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 69, *Application des méthodes statistiques*, sous-comité SC 4, *Maîtrise statistique des processus*.

0 Introduction

0.1 Bases d'une carte CUSUM

La carte des Sommes Cumulées (que l'on désignera dans ce document sous l'abréviation généralement adoptée de "carte CUSUM") est une présentation graphique des données à caractère informatif élevé, ordonnées selon une séquence logique. Cette séquence correspond souvent à l'ordre des observations selon une échelle de temps.

On extrait une valeur de référence T de chaque observation. Cette valeur de référence est généralement une constante mais peut être une prévision issue d'un modèle de prévision ou une cible pouvant varier. Les sommes cumulées des écarts par rapport à T sont formées, et ces CUSUM (C) sont représentés graphiquement en fonction des numéros des observations successives.

Dans une carte CUSUM destinée à maîtriser la dérive d'un processus par rapport à une valeur moyenne égale à la valeur de référence, cette valeur est également connue sous le nom de valeur cible ou simplement cible. Avec des procédures CUSUM plus élaborées, il est nécessaire de faire la distinction entre les deux concepts de valeur cible et de valeur de référence. Le premier se rapporte à la moyenne prévue ou réelle du processus, le deuxième aux valeurs de référence utilisées dans la procédure CUSUM. L'attrait intuitif du terme de "valeur cible" est toutefois élevé et, dans la majeure partie de la présente norme, dans les articles 0 à 6, la valeur commune à la valeur cible et à la valeur de référence se rapporte à la valeur cible quand ce choix ne crée aucune ambiguïté. Dans l'article 6, des valeurs de référence supérieure et inférieure ont été créées, et elles doivent être distinguées des valeurs cibles ou des cibles.

La procédure CUSUM destinée à présenter graphiquement les résultats consiste à représenter la moyenne par la pente locale sur la carte. Lorsque cette moyenne locale correspond à la valeur cible, le graphe du CUSUM devient approximativement parallèle à l'axe de la séquence. Lorsque la moyenne locale de la série est supérieure à la valeur cible, la pente du CUSUM est ascendante. Inversement, elle est descendante chaque fois que la moyenne locale est inférieure. Plus l'écart entre la moyenne locale et la valeur cible est important, plus la pente du graphe du CUSUM est accentuée.

Il résulte du tracé du CUSUM une meilleure identification des variations du niveau moyen pour les diverses subdivisions de la séquence totale des observations par les variations de la pente sur la carte. Les moyennes locales dans ces subdivisions peuvent être facilement estimées, soit à partir des valeurs numériques du CUSUM prises en compte pour tracer la carte, soit par lecture directe de cette carte.

Une deuxième conséquence de l'utilisation des procédures des sommes cumulées (ou CUSUM) réside dans le fait qu'il existe une corrélation sériale inhérente entre les sommes cumulées successives. Les décisions concernant les écarts acceptables par rapport à l'axe de la séquence nécessitent le recours à la méthode des processus stochastiques.

0.2 Exemple simple de carte CUSUM

Les principes énoncés précédemment s'apprécient mieux à la lumière d'un exemple simple. La procédure de calcul et de tracé sera, pour l'instant, décrite sans utiliser de symboles mathématiques.

On suppose que les observations individuelles suivantes ont été obtenues sur une séquence chronologique, selon l'ordre indiqué et qu'une valeur de référence de 15 convient.

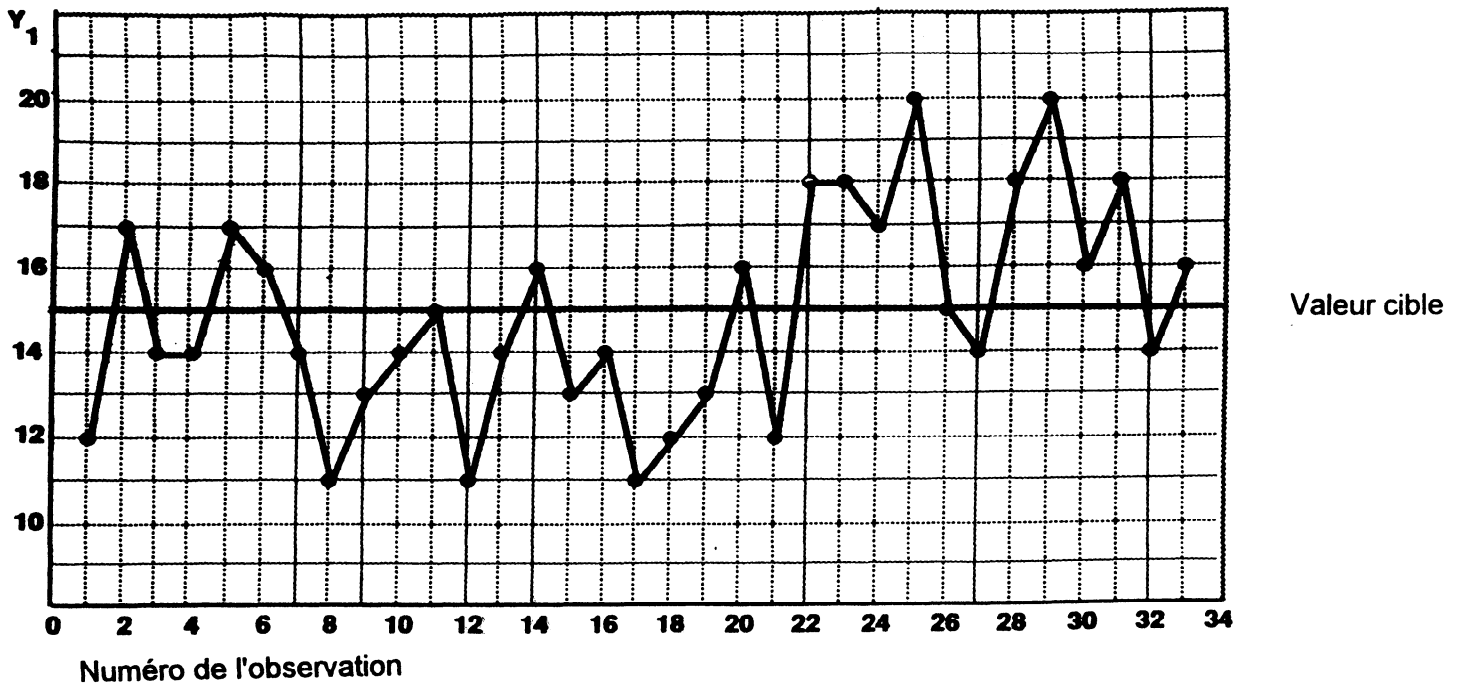
Tableau 1 : Données pour le tracé des CUSUM

Numéro de l'observation	Valeur observée	Ecart de la valeur de référence (= 15)	Somme cumulée des écarts
1	12	- 3	- 3
2	17	+ 2	- 1
3	14	- 1	- 2
4	14	- 1	- 3
5	17	+ 2	- 1
6	16	+ 1	0
7	14	- 1	- 1
8	11	- 4	- 5
9	13	- 2	- 7
10	14	- 1	- 8
11	15	0	- 8
12	11	- 4	- 12
13	14	- 1	- 13
14	16	+ 1	- 12
15	13	- 2	- 14
16	14	- 1	- 15
17	11	- 4	- 19
18	12	- 3	- 22
19	13	- 2	- 24
20	16	+ 1	- 23
21	12	- 3	- 26
22	18	+ 3	- 23
23	18	+ 3	- 20
24	17	+ 2	- 18
25	20	+ 5	- 13
26	15	0	- 13
27	14	- 1	- 14
28	18	+ 3	- 11
29	20	+ 5	- 6
30	16	+ 1	- 5
31	18	+ 3	- 2
32	14	- 1	- 3
33	16	+ 1	- 2

Dans une carte de contrôle classique, comme celle de la figure 1, les valeurs observées sont représentées graphiquement en fonction du numéro de l'observation correspondant. Certaines indications semblent faire plutôt apparaître un regroupement de la dernière douzaine de valeurs autour d'un niveau moyen, différent de celui des 20 premières.

Le tracé en mode CUSUM donne un affichage plus clair que celui d'une carte classique. Le CUSUM (colonne 4 du tableau 1) est représenté en fonction du numéro de l'observation, en choisissant l'axe des y ("vertical") pour le CUSUM et l'axe des x ("horizontal") pour le numéro de l'observation (figure 2).

Valeur observée



iTeh STANDARD PREVIEW

Figure 1 : Carte de contrôle classique des données du tableau 1

ISO/TR 7871:1997
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed35a1d2-7228-4fec-a032-436511032972/iso-tr-7871-1997>

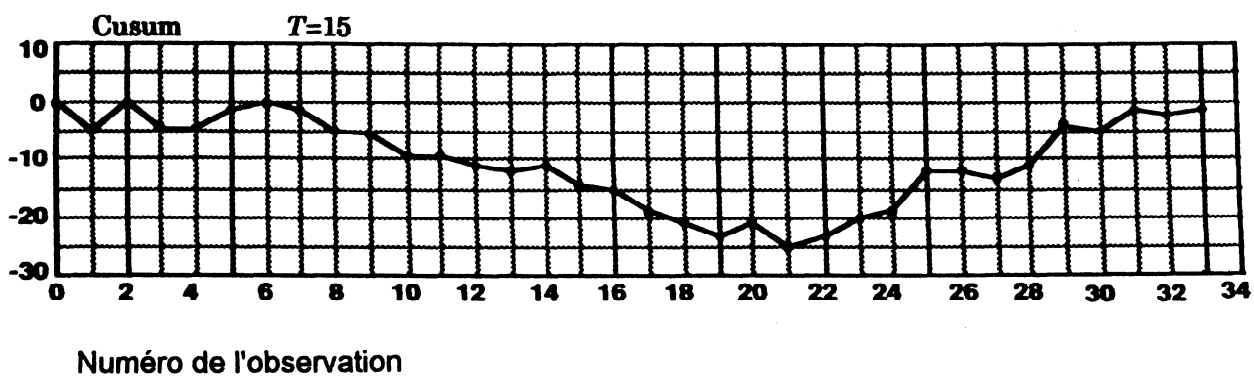


Figure 2 : Carte CUSUM des données du tableau 1

La carte CUSUM se divise nettement en trois segments. Pour les observations numérotées 1 à 7 (inclusive), le graphe du CUSUM est généralement parallèle à l'axe des numéros d'observation ; autrement dit, ce graphe est pratiquement horizontal. Pour les observations 8 à 21 (inclusive), le graphe est descendant (malgré des anomalies locales visibles pour les observations 14 et 20). Pour les observations 22 à 33, le graphe est ascendant (de nouveau avec des anomalies locales).

Ainsi, on serait tenté de conclure que :

- a) les observations 1 à 7 constituent un échantillon d'une "population" dont la moyenne est à la valeur cible (15), ou proche de cette valeur ;
- b) les observations 8 à 21 semblent avoir été échantillonnées à partir d'une population dont la moyenne est inférieure à 15 ;
- c) les observations 22 et au-delà semblent provenir d'une population dont la moyenne est supérieure à 15.

A ce point, un certain nombre de questions pourraient se poser :

- 1) A la lumière de la variabilité sous-jacente (signalée, par exemple, par les anomalies du graphe du CUSUM), peut-on en conclure que les variations de la pente représentent des décalages réels de la moyenne plutôt que tout simplement des périodes chanceuses ou malchanceuses d'échantillons à partir d'une population constante ?
- 2) Si les variations sont réelles, comment convient-il d'utiliser les données pour évaluer des moyennes locales ?
- 3) Dans quelle mesure les conclusions ou les estimations pourraient être affectées par le choix de la valeur de référence ou du facteur d'échelle du CUSUM ? Ainsi, les figures 3 et 4 représentent la même série tracée d'abord avec la même échelle du CUSUM mais avec une cible de 12, puis avec une cible de 15, mais avec une échelle du CUSUM comprimée.

Dans les figures 3 et 4, la variation de la pente au voisinage de l'observation numéro 8 est moins apparente. La variation au voisinage de l'observation 21 est encore visible, mais il est moins facile de "localiser" avec précision dans la figure 4. Ainsi, le choix d'une valeur de référence et d'un facteur d'échelle demande beaucoup d'attention pour éviter la suppression d'informations utiles ou, inversement, l'accentuation d'effets factices. Il est également évident d'après la figure 3 que l'utilisation d'une valeur cible inappropriée peut provoquer le débordement de la carte hors de la limite supérieure ou inférieure du cadre du graphique, bien que ce problème puisse être minoré en retraçant la carte à partir d'une nouvelle origine choisie sur n'importe quel point de la séquence.



Figure 3 : Carte CUSUM des données du tableau 1, avec une valeur de référence de 12

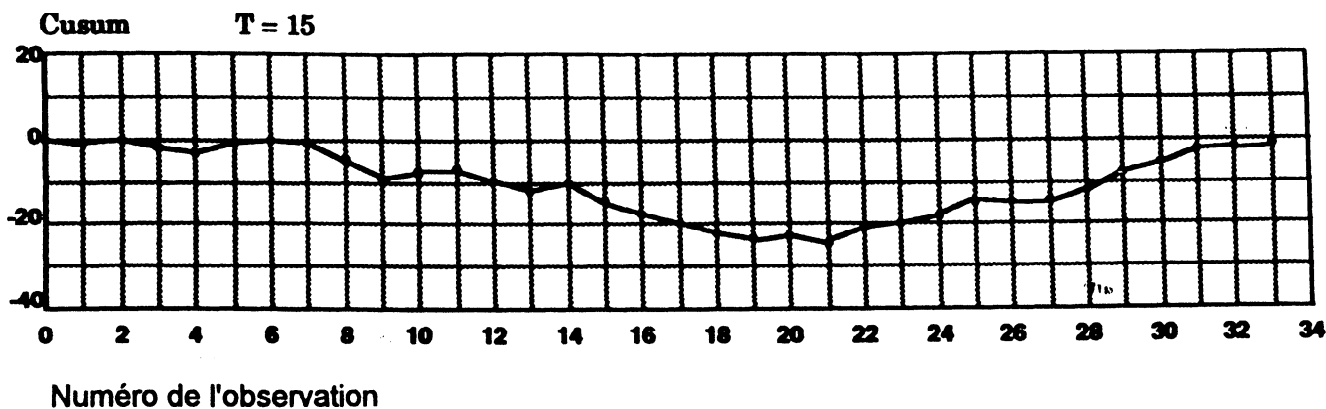


Figure 4 : Carte CUSUM des données du tableau 1, avec une valeur de référence de 15, mais avec une échelle de CUSUM comprimée

Cartes des sommes cumulées — Lignes directrices pour le contrôle de la qualité et l'analyse des données utilisant les procédures CUSUM

1 Domaine d'application et principes généraux

1.1 Généralités

La présente norme introduit les principes relatifs aux cartes CUSUM et comprend un guide sur la préparation et l'interprétation des cartes CUSUM utilisant des règles fondamentales de décision.

1.2 Exigences fondamentales

Les exigences fondamentales relatives aux cartes CUSUM sont les suivantes :

- a) il convient que les observations soient au moins sur une échelle de mesure par intervalle ;
- b) pour le tracé, la séquence devrait reposer sur des bases logiques. Ceci se produit naturellement en contrôle de processus.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed35a1d2-7228-4fec-a032-136d16012937/iso-7871-1997>

Ces exigences sont prises dans l'ordre. L'exigence concernant l'intervalle requiert que toute différence numérique entre deux observations ait la même interprétation pour toutes les valeurs de la variable. Ainsi, une différence de 0,1 mm entre les longueurs de deux objets a la même signification, que ces objets soient des vis à bois de 10,1 mm et 10,0 mm de longueur ou des poutrelles d'acier de 10 000,1 mm et de 10 000,0 mm de longueur, bien que cette dernière différence soit infime. Beaucoup d'échelles arbitraires n'ont pas cette propriété : les classements constituent le cas type où une non-conformité importante compte par exemple pour 10 points, une non-conformité modérée pour 5 points et une non-conformité mineure pour 1 point. Il n'est pas possible d'en déduire que les éléments suivants sont nécessairement indésirables d'une manière égale, bien que les différences des résultats soient nulles :

- élément A - une non-conformité importante : Résultat = 10
- élément B - deux non-conformités modérées : Résultat = 10
- élément C - une non-conformité modérée et cinq non-conformités mineures : Résultat = 10
- élément D - dix non-conformités mineures : Résultat = 10

L'interprétation d'un résultat "moyen" risquerait d'être trompeur si l'équilibre entre les non-conformités importantes, modérées et mineures devait changer plutôt que simplement leur fréquence globale.

L'exigence relative à la logique de la séquence peut se présenter de façon très diverse. Les observations peuvent se produire dans une séquence de temps ou de longueur, formant ainsi une progression naturelle. La surveillance de la qualité ou le contrôle de processus présente un grand nombre de situations de ce genre.

Les observations peuvent être ordonnées selon la valeur d'une certaine variable auxiliaire mesurée sur les éléments. Le CUSUM permet ainsi de présenter ou d'analyser des relations entre variables, ou d'approfondir une analyse de régression ou de corrélation. Tout type d'ordonnement ou de groupement utilisant une certaine caractéristique structurelle des observations ou les données d'origine dont elles sont issues fournit la base des séquences du CUSUM.

1.3 Types de données propices aux cartes CUSUM

Un grand nombre de données satisfont aux exigences fondamentales a) et b) du 1.2. Les applications les plus fréquentes des cartes CUSUM ont peut-être été le contrôle de la qualité, pour lequel les observations comme les moyennes ou les étendues d'échantillon étaient représentées graphiquement en séquence pour évaluer l'état d'un processus. Quand on utilise une carte CUSUM comme outil de présentation de données efficace, il n'est pas nécessaire de spécifier une distribution ni d'exiger une indépendance entre des observations successives. Ces conditions sont importantes pour les règles de décision et non pour la présentation des données. La carte CUSUM peut réellement faciliter l'identification des caractéristiques de distribution comme une corrélation sériale ou un comportement cyclique.

Ainsi, les données impliquant des étendues ou des estimations d'écart-type d'échantillon peuvent être représentées sur les cartes CUSUM, tout comme les moyennes des échantillons. Les comptes des non-conformités se retrouvent également dans le contrôle de la qualité et peuvent être surveillés au moyen des cartes CUSUM.

ITeC STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

1.4 Surveillance ou analyse rétrospective [ISO/TR 7871:1997](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed35a1d2-7228-4fec-a032->

En prescrivant des règles de décision et des tests statistiques, il convient de reconnaître deux situations distinctes :

a) L'objectif des cartes peut être de surveiller le comportement d'une série d'observations en fonction d'une valeur de référence prescrite ou normale comme dans les opérations de contrôle de la qualité. Les règles de décision relatives à la surveillance sont présentées dans l'article 4.

b) L'objectif peut être d'examiner les données historiques ou les observations groupées d'une façon logique pour détecter d'éventuelles différences entre segments. Aucune valeur formelle ou valeur de référence n'existe. Cette situation est proche de celle où l'on teste la signification des différences apparentes entre des groupes d'observations, mais elle diffère par le fait que le groupement peut être effectué sur la base de l'examen préliminaire de la carte CUSUM. L'article 5 présente les tests statistiques relatifs à l'analyse rétrospective.

2 Préparation des cartes CUSUM

2.1 Notation. Une valeur de référence est désignée par T. Pour chaque observation se trouvant dans la séquence, la différence ($Y_r - T$) est formée. Ces différences sont additionnées, de telle sorte que lorsque Y_i est atteint, le CUSUM est défini par :

$$C_i = \sum_{r=1}^i (y_r - T) \quad (1)$$

Le CUSUM, C_i , est reporté en ordonnée (axe "vertical") en fonction d'une abscisse (axe "horizontal"). En supposant que i prend des valeurs entières successives 0 (l'origine), 1, 2, etc., le facteur d'échelle sur l'axe vertical est désigné par A . Cette interprétation signifie que la distance qui correspond à un intervalle du tracé sur l'échelle horizontale représente A sur l'échelle du CUSUM. Ce facteur d'échelle peut souvent être exprimé en multiples de l'écart-type des valeurs représentées (σ_e) ; le facteur d'échelle normalisé peut prendre la valeur a (soit $A = a\sigma_e$). La signification et l'estimation de σ_e sont précisées en annexe A. Il sera souvent utile de calculer la moyenne locale pour la séquence de points de i à j , ou de i à $(j - 1)$, ou peut-être de j à $(j + r)$, etc. Ceci sera indiqué par :

$$\bar{y}_{i,j} ; \bar{y}_{i,j-1} ; \bar{y}_{i,j+r} ; \text{etc.}$$

Toute autre notation sera définie lors de son apparition.

2.2 Choix de la valeur de référence (T)

Le choix d'une valeur cible appropriée est l'une des deux plus importantes étapes de la préparation. Une valeur cible inadaptée peut entraîner la montée ou la descente continue du CUSUM, provoquant des variations plus difficiles à observer, et exigeant fréquemment de nouveaux tracés lorsque la carte sort du graphique par le haut ou le bas (voir annexe D).

iTeh STANDARD PREVIEW

2.3 Dans de nombreux cas, T est un niveau prescrit ou niveau cible de la mesure de la qualité. Il est judicieux d'acquiescer la certitude que le processus peut produire cette qualité ; dans le cas contraire, la carte CUSUM ne constituerait qu'un rappel continu de l'échec et, dans de telles conditions, tout système de contrôle tendrait à être ignoré ou inutilisé.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed35a1d2-7228-4fec-a032-43671f322978/iso-tr-7871-1997>

Il arrive qu'on ne puisse pas toujours fixer de valeur cible pour T . On peut quelquefois utiliser le niveau moyen de la mesure de la qualité sur une série de données stable et récente.

2.4 Lorsqu'on est amené à utiliser une carte CUSUM pour réaliser une analyse rétrospective d'une série de données historiques ou des résidus d'une expérience, la cible naturelle devient la moyenne arithmétique de la série complète. En dehors d'une légère divergence provenant de l'arrondissement de la moyenne, ce choix pour T entraîne que le CUSUM commence et finisse à la même valeur d'ordonnée. Combinée à une définition d'échelle adaptée (voir annexe B), la représentation du CUSUM peut être contenue dans les limites du quadrillage du graphique utilisé pour ce tracé.

2.5 Des données binaires, codées selon une séquence de 0 et de 1, nécessitent une estimation appropriée de la proportion de réponses qui ont 1 pour résultat. Cette proportion est alors utilisée comme valeur cible. Dans les applications de contrôle de la qualité, une proportion de non-conformités ou niveau de qualité acceptable (NQA) peut être prescrite par contrat, ou une étude de faisabilité peut fournir une valeur convenable. Dans les expériences qui impliquent une réponse binaire, on peut utiliser la proportion globale de l'expérience complète ou, dans le cas des expériences séquentielles, ajuster la cible sur la proportion observée dans le premier segment de l'expérience, en modifiant ce dernier s'il s'avère inadapté.

2.6 Types de variation

Afin de définir l'échelle de la carte d'une manière efficace et aussi pour servir de base à des tests de signification, il faut une mesure de la variation sous-jacente de courte durée dans la série. En termes techniques, il convient de mesurer le bruit afin de définir l'échelle du système de détection des signaux.

La mesure statistique fondamentale de la variation est l'écart-type. Il peut être évalué à partir d'un échantillon de n valeurs par :

$$s(\text{estimation de } \sigma) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

où :

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i$$

la sommation s'étendant aux n observations de l'échantillon.

Les valeurs à représenter graphiquement sont souvent fonction d'un groupe d'observations, d'une statistique telle que leur moyenne, leur étendue, la proportion de non-conformités, etc. La mesure appropriée de variation devient alors l'écart-type de la statistique d'échantillon représentée (ou son estimation si cette dernière est inconnue). Les cas les plus simples sont ceux de la moyenne d'échantillon, \bar{x} , ou la proportion de non-conformité, p , dans un échantillon de n éléments. Noter que n est l'effectif de chacun des échantillons, autrement dit le nombre d'observations par échantillon et non le nombre d'échantillons à représenter.

Dans ces deux cas simples, en supposant que le processus est maîtrisé, on a :

Ecart-type de \bar{y} , $\sigma_{\bar{y}} = \sigma/\sqrt{n}$, souvent remplacé par son estimation.

Lorsque les observations sont des comptes ou des proportions d'éléments avec un attribut spécifié dans les échantillons d'effectif n , et si le procédé est sous contrôle statistique avec la probabilité p_0 qu'un élément soit doté de l'attribut, la distribution binomiale est alors appropriée, donnant :

$$\text{un écart-type de } p, \sigma_p = \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \quad (3)$$

souvent écrit sous la forme : $\sigma_p = \sqrt{\frac{p_0 q_0}{n}}$, $q_0 = 1 - p_0$

L'écart-type du nombre d'éléments par échantillon ayant l'attribut requis s'écrit :

$$\sigma = \sqrt{np_0 q_0} \quad (4)$$

C'est le cas où l'écart-type lui-même peut être utile à des fins de diagnostic en relation avec une représentation graphique de données d'échantillon brutes. Un autre exemple est le nombre de non-conformités, de défauts ou tout autre événement dans une certaine qualité de produit ou de matériau, ou observés dans un segment de temps défini. Les défauts par mètre (ou mètres carrés) de tissu et les accidents d'usine par semaine en sont des exemples. Ici, si l'on suppose que les conditions appropriées à la distribution de Poisson sont satisfaites, on a :

$$\sigma = \sqrt{m}$$

où m est le niveau moyen des événements par échantillon. En particulier, si la probabilité d'une non-conformité dans un très petit volume de produit est très faible et est proportionnelle à ce volume, et si ces non-conformités se produisent indépendamment les unes des autres, une conséquence mathématique est que les non-conformités suivent la distribution de Poisson.

L'exigence du "contrôle statistique" implique que, pendant une période où aucune variation ou cause de variation "assignable" ne se produit, tous les éléments échantillonnés peuvent être considérés comme de simples échantillons aléatoires provenant du processus complet (ou de la population, ou du segment de temps, etc.). Dans ce cas, la variation de courte durée observée entre les éléments des échantillons forme une base convenable (via l'écart-type de la statistique choisie) pour estimer la variation attendue dans la séquence dans son ensemble. Toute variation supérieure à celle-ci est supposée se produire à partir de causes assignables, par l'indication d'une dérive dans la moyenne de la série ou d'une fluctuation dans la nature ou la grandeur de la variation.

Il existe de nombreux cas où ce simple usage des estimations globales de l'écart-type est inapproprié. Certaines circonstances aboutissant à sa défaillance sont les suivantes :

- a) en effectuant des observations sur un processus continu, de petites variations sans importance du niveau moyen peuvent se produire. C'est en fonction de ces variations, plutôt que de celles de courte durée, qu'il convient de juger des variations systématiques ou prolongées. Par exemple, un processus industriel peut être contrôlé par un thermostat ou par tout autre dispositif de régulation automatique ; la qualité en entrée des matières premières peut être soumise à des variations mineures bien que n'outrepassant jamais les spécifications. En surveillant la réaction d'un patient à un traitement, il peut exister des variations mineures sur son métabolisme liées aux repas, à ses occupations quotidiennes à l'hôpital ou à son domicile, etc. ; il convient toutefois de juger de l'effet d'un traitement en fonction de la variation type globale ;
- b) la méthode d'échantillonnage peut elle-même induire des effets comme ceux indiqués en a). Des échantillons contiennent souvent des éléments voisins prélevés sur une chaîne de fabrication, sur la base qu'un échantillon aléatoire vrai de tous les éléments fabriqués n'est pas facile à constituer. Les éléments constituent alors un échantillon "en grappe", et peuvent tendre à être trop proches les uns des autres pour servir de base d'évaluation de la variation globale ;
- c) les échantillons peuvent contenir des résultats ou des observations provenant de plusieurs sources (machines, opérateurs, régions administratives). Comme telles, trop de variations locales peuvent se produire pour pouvoir estimer de manière réaliste si des variations importantes sont survenues ;

Il convient donc de traiter avec précaution les données provenant d'une combinaison de telles sources, car toute particularité locale de chacune des sources concernées peut ne pas être remarquée ; en outre, des variations entre les sources peuvent masquer certaines variations se produisant sur l'ensemble du système au cours du temps.

d) une corrélation sériale, c'est-à-dire qu'une observation est en relation avec les autres, peut se présenter dans les observations. Par exemple, si l'on utilise des moyennes mobiles, le recouvrement des valeurs de données servant à l'une de ces moyennes et les suivantes produit une corrélation sériale positive. Dans l'évaluation de l'utilisation d'un matériau en vrac à partir des différences entre des relevés de jauge ou de tige de profondeur successifs, une première surestimation tendra à produire une sous-estimation la fois suivante, générant une corrélation négative. La présence possible de l'un ou l'autre de ces effets mérite d'être connue. Une corrélation sériale positive est particulièrement probable dans certains processus industriels où un lot de matériau peut se mélanger partiellement avec les lots précédents et les lots suivants produisant ce qu'on appelle quelquefois l'effet de "talon". Des apports successifs de carburant dans le réservoir d'un véhicule est un exemple quotidien, chaque nouvel apport étant effectué avant que le réservoir ne soit vide.

Il est donc nécessaire de prendre en compte d'autres mesures de variation dans les séries ou les séquences de données, et les circonstances pour lesquelles elles sont appropriées. De telles mesures de variations incluent le traitement des différences entre des valeurs d'échantillon successives ($\delta_j = y_j - y_{j-1}$) en tant que type approprié de variation et le traitement de toutes les valeurs d'échantillons y_j comme si elles étaient tirées d'une population unique. Ces mesures sont expliquées en annexe A.

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

2.7 Mesures de variation

[ISO/TR 7871:1997](#)

Se reporter en annexe A. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed35a1d2-7228-4fec-a032-436511032972/iso-tr-7871-1997>

2.8 Définition de l'échelle de la carte

Se reporter en annexe B.

2.9 Liste de contrôle pour la préparation des CUSUM

La liste de contrôle suivante peut être utile en tant que rappel (sans qu'elle ne la remplace) de la description détaillée des étapes préliminaires établies dans ce paragraphe.

Choisir une valeur cible appropriée. Les possibilités incluent :

- a) une valeur de spécification ;
- b) un niveau satisfaisant de performance (pour un processus) disposant d'une chance raisonnable d'être atteint ;
- c) un niveau moyen de performance sur toute une période (ou segment) récente et typique ;
- d) le niveau moyen d'un ensemble complet d'observations, lorsque l'analyse rétrospective est impliquée.

Sélectionner une mesure de variation convenable, en prenant en compte les points de 2.7.

Décider de la convention d'échelle à adopter. La méthode de B.1 est généralement la plus simple à la fois pour la préparation et l'interprétation mais, pour certains objectifs particuliers, l'une des deux autres conventions peut être recommandée ou des formes spéciales peuvent être préparées pour tout usage de routine.

S'assurer que le personnel impliqué dans la préparation ou l'interprétation des cartes est familier avec la procédure.

3 Présentation

3.1 Dans l'article 2, les préparations relatives au tracé de la carte ont été détaillées, comprenant le choix d'une valeur cible, la définition et le calcul d'une mesure de variation, ainsi que le choix d'un facteur d'échelle.

Certains points pratiques de repérage méritent également l'attention. Les informations minimales présentées sur la carte doivent comprendre les éléments suivants :

- a) la valeur cible (qui peut être accompagnée d'une indication brève de la raison de son choix, par exemple une valeur moyenne spécifiée, une moyenne de données antérieures) ;
- b) l'écart-type des observations (qui peut être accompagnée d'un commentaire sur la méthode utilisée pour l'estimer) ;
- c) la nature des observations (valeurs d'origine, moyennes d'échantillons, nombre de non-conformités, etc.) ;
- d) le titre indiquant le but de la carte (par exemple "Carte de CUSUM pour le contrôle de ..." ou "CUSUM rétrospectif des données à partir de ...") ;
- e) le repérage clair de l'échelle i (intervalles d'échantillon) et l'échelle du CUSUM.

3.2 Pour faciliter l'interprétation, les variations observées dans la structure des cartes CUSUM peuvent être notées au point approprié de l'échelle i . On peut citer comme exemples les nouvelles livraisons de matières premières dans un processus de production, ou des changements de personnel ou de méthodes d'opération.

En analysant les erreurs résiduelles provenant d'une expérience, les points où les variations des niveaux des facteurs expérimentaux se sont produites peuvent être relevés. Pour les données recueillies pendant une certaine durée, il convient de faire ressortir les repères des dates occasionnelles sur l'échelle i .

L'insertion possible d'informations de cette nature peut affecter le choix d'une échelle d'intervalle d'échantillon ; si des annotations nombreuses sont envisagées, il peut être recommandé de définir une échelle plus importante que dans le cas contraire, afin d'éviter de trop encombrer une carte par des informations subsidiaires.