

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

A. VESSEREAU

Une collection de plans d'échantillonnage pour les contrôles de réception

Revue de statistique appliquée, tome 35, n° 4 (1987), p. 5-23

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1987__35_4_5_0

© Société française de statistique, 1987, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Revue de statistique appliquée » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

UNE COLLECTION DE PLANS D'ÉCHANTILLONNAGE POUR LES CONTRÔLES DE RÉCEPTION

A. VESSEREAU

Les Tables ont été calculées par l'auteur de cette note, il y a plusieurs années, à l'occasion de sa participation aux travaux de la Commission des Méthodes Statistiques de l'Association Française de Normalisation (AFNOR). Sous une forme légèrement différente, les Tables pour le contrôle par attributs viennent d'être publiées par l'AFNOR sous la référence NF X06 026. Il est prévu que les Tables pour le contrôle par mesures, qui figureront dans la deuxième partie de cette note (prochain numéro de la Revue de Statistique Appliquée) seront dans un proche avenir publiées par l'AFNOR sous la référence NF X06 027.

Septembre 1987

UNE COLLECTION DE PLANS D'ÉCHANTILLONNAGE POUR LES CONTRÔLES DE RÉCEPTION

1. Considérations générales

- 1.1. Les Tables classiques MIL-STD 105 D
- 1.2. Les plans proposés

2. Plans de contrôle par attributs

- 2.1. Les bases théoriques
- 2.2. Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne p_{95} et p_{10} (TABLE 1)
- 2.3. Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne n et p_{95} ou p_{10} (TABLES 2)
- 2.4. Plans d'échantillonnage $A = 0$ (TABLES 3)
- 2.5. Courbes d'efficacité. Point d'indifférence (TABLES 4)
 - 2.5.1. Contrôle de la proportion de défectueux : point d'indifférence
 - 2.5.2. Contrôle du nombre moyen de défauts par unité : point d'indifférence
 - 2.5.3. Autres points de la courbe d'efficacité

TABLES

TABLE 1 — Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne p_{95} et p_{10}

TABLES 2 — Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne n et p_{95} ou p_{10}

Table 2-A — Contrôle de la proportion de défectueux ($n \leq 100$)

Table 2-B — Contrôle du nombre moyen de défauts ($n \leq 100$)

Table 2-C — Contrôle de la proportion de défectueux ou du nombre moyen de défauts ($n \geq 100$)

TABLES 3 — Plans d'échantillonnage $A = 0$

Table 3-A — Contrôle de la proportion de défectueux

Table 3-B — Contrôle du nombre moyen de défauts

TABLES 4 — Courbe d'efficacité

Table 4-A — Point d'indifférence

Table 4-B — Autres points de la courbe d'efficacité

3. Plans de contrôle par mesures*3.1. Généralités = méthode « σ » et méthode « s »3.2. Ecart-type connu (méthode « σ »)3.2.1. Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne p_{95} et p_{10} (TABLE 5)3.2.2. Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne n_σ et p_{95} (TABLE 6)3.2.3. Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne n_σ et p_{10} (TABLE 7)

3.2.4. Courbe d'efficacité. Point d'indifférence (TABLE 11)

3.3. Ecart-type inconnu (méthode « s »)3.3.1. Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne p_{95} et p_{10} (TABLE 8)3.3.2. Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne n_s et p_{95} (TABLE 9)3.3.3. Plans d'échantillonnage lorsqu'on se donne n_s et p_{10} (TABLE 10)

3.3.4. Courbe d'efficacité. Point d'indifférence (TABLE 11)

TABLES

TABLE 5 — Méthode « σ » — Valeurs de n_σ et k_σ lorsqu'on se donne p_{95} et p_{10} TABLE 6 — Méthode « σ » — Valeurs de k_σ et p_{10} lorsqu'on se donne n_σ et p_{95} TABLE 7 — Méthode « σ » — Valeurs de k_σ et p_{95} lorsqu'on se donne n_σ et p_{10} TABLE 8 — Méthode « s » — Valeurs de n_s et k_s lorsqu'on se donne p_{95} et p_{10} TABLE 9 — Méthode « s » — Valeurs de k_s et p_{10} lorsqu'on se donne n_s et p_{95} TABLE 10 — Méthode « s » — Valeurs de k_s et p_{95} lorsqu'on se donne n_s et p_{10} TABLE 11 — Point d'indifférence de la courbe d'efficacité (méthode « σ » et méthode « s »).**1. Considérations générales****1.1. Les tables classiques MIL-STD**

Les Tables les plus couramment utilisées pour les contrôles de réception — on pourrait presque écrire les seules utilisées — ont été élaborées aux U.S.A. il y a plus de 40 ans pour les besoins de l'armée américaine. Elles concernent le « contrôle par attributs » : contrôle de la proportion d'unités défectueuses, ou du nombre moyen de défauts par unité. Quelque peu remaniées au cours des années — la dernière version porte le nom de MIL-STD 105 D [1] — elles ont

* Cette partie sera publiée dans le prochain numéro.

reçu le label de norme internationale « à tout usage » (ISO 2 859) et, avec une présentation assez différente, de norme française (NF-X06.022).

Les Tables MIL-STD 414 [2], également de l'armée américaine, pour le contrôle par mesures (sous-entendu de la proportion d'unités défectueuses) n'ont pas connu le même succès, en raison d'un mode d'emploi fort compliqué. Une adaptation plus simple a été publiée par l'AFNOR sous la référence NF-X06.023; une nouvelle version internationale, se substituant à une première version également simplifiée, mais qui comportait quelques erreurs, est en cours de préparation.

Nous rappellerons tout d'abord les conditions et les règles générales d'application de MIL-STD 105 D pour le contrôle par attributs; elles sont dans l'ensemble les mêmes pour le contrôle par mesures.

Cette norme a été conçue pour le contrôle d'une série de lots en provenance d'un même fournisseur et non pour le contrôle d'un lot particulier. Le « niveau de qualité acceptable NQA » (en anglais « acceptable quality level AQL ») fixé par l'« autorité responsable », s'applique à la qualité moyenne de la production (« process average ») d'où proviennent les lots livrés, qualité définie par la proportion moyenne d'unités défectueuses ou le nombre moyen de défauts par unité. Si la production est de qualité au moins égale à celle qui est définie par le NQA, les lots ont une probabilité élevée d'être acceptés lors du contrôle sur échantillon. La garantie ainsi accordée au fournisseur a pour contre-partie (garantie du client) le passage à un contrôle plus sévère (contrôle renforcé) lorsque le rejet de 2 lots sur 5 lots consécutifs témoigne d'une dégradation de la qualité.

Un plan de contrôle — c'est-à-dire l'effectif d'échantillon n et le critère d'acceptation A — se détermine de la façon suivante (1) :

— Choix d'un « niveau de contrôle » : la sévérité du contrôle croît du niveau I au niveau III (des niveaux « spéciaux » peuvent occasionnellement être adoptés pour des contrôles peu sévères); dans la pratique, le niveau II est très généralement retenu.

— Adoption d'une lettre-code de A à R (16 lettres-code, les lettres J et O étant exclues) qui détermine l'effectif de l'échantillon en fonction de l'effectif des lots — qui s'étend de 2 à plus de 500 000 unités.

— Choix d'un NQA dans une suite de valeurs qui croissent suivant la « série Renard » (progression géométrique de raisons $\sqrt[10]{10}$) : 16 NQA de 0,01 % à 10 % pour le contrôle du pourcentage d'unités défectueuses, plus 10 NQA de 15 à 100 pour le contrôle du nombre moyen de défauts par 100 unités.

Si l'on combine les 16 lettres-code et les 16 NQA, on obtient 256 plans potentiels pour le contrôle de la proportion de défectueux, et pour le contrôle du nombre moyen de défauts par unité (26 NQA), 416 plans potentiels. En fait de nombreuses combinaisons sont exclues — de sorte qu'il ne reste que 99 plans distincts (proportion de défectueux) et 152 plans (nombre moyen de défauts) —

(1) Cette note ne concerne que les plans simples; MIL-STD 105 D propose aussi des plans doubles et multiples.

soit à peine plus d'un tiers du total des combinaisons. On observe aussi que le nombre des critères d'acceptation A est limité à 9 (0,1, 2, 3, 5, 7, 10, 14, 21), porté à 11 ($A = 30, 44$) pour le contrôle du nombre moyen de défauts; les combinaisons potentielles $n \times A$ sont respectivement de 144 et 176, parmi lesquelles 99 ou 152 seulement correspondent à des plans distincts. On est d'ailleurs frappé, en parcourant les Tables de MIL-STD 105 D, par le nombre de flèches $\downarrow$ ou $\uparrow$ qui renvoient d'une lettre-code à une autre, ce qui a pour effet de rendre illusoire, dans la plupart des cas, la liaison entre effectif des lots et effectif de l'échantillon.

Ce qui précède ne constitue pas une critique fondamentale des MIL-STD; le réseau de plans qu'ils proposent est généralement suffisant pour le contrôle d'une fabrication au travers des lots successivement livrés. Mais les conditions d'application sont strictes, et l'on peut douter qu'elles soient toujours bien comprises et correctement respectées. En particulier, l'utilisation d'un plan MIL-STD pour le contrôle d'un lot unique, ou d'une petite série de lots, nécessite la consultation des courbes d'efficacité dont l'interprétation exige une bonne connaissance de la statistique. Est-ce bien toujours le cas des praticiens qui sont souvent plus soucieux de facilité (apparente) que des conséquences (qu'ils ignorent le plus souvent) de leur choix ?

1.2. Les plans proposés

Le but de cette note est de présenter des collections de plans d'échantillonnage (ou « plans de contrôle ») couvrant un domaine d'application plus large que les MIL-STD, comportant moins de contraintes, et d'utilisation aisée. Ces plans s'appliquent, sous les conditions qui seront précisées, au contrôle d'un lot unique aussi bien qu'à une série de lots, sans référence directe à la ou aux fabrication(s) dont ils proviennent.

On retiendra trois couples de données, qui déterminent tout plan d'échantillonnage, ou qui en précisent les propriétés les plus importantes :

— l'effectif de l'échantillon n et le « critère » ou la « constante » d'acceptation,

— le « point du risque fournisseur », qui associe à une proportion p donnée et faible d'unités défectueuses (éventuellement au nombre moyen de défauts par unité) une probabilité d'acceptation élevée $1 - \alpha$: α est le risque du fournisseur; conformément à un usage constant, on prendra pour α la valeur 0,05 (5 %), la valeur correspondante de p étant notée p_{95} ,

— le « point du risque client » qui associe à une valeur de p donnée et relativement élevée une probabilité d'acceptation faible β : β est le risque du client; conformément à l'usage on prendra $\beta = 0,10$ (10 %), la valeur associée de p étant notée p_{10} .

Les Tables que nous proposons correspondent aux 3 problèmes suivants :

- | | |
|-------------------------------------|---|
| a) on se donne p_{95} et p_{10} | — on en déduit n et le critère d'acceptation |
| b) on se donne n et p_{95} | — on en déduit le critère d'acceptation et p_{10} |
| c) on se donne n et p_{10} | — on en déduit le critère d'acceptation et p_{95} |

L'effectif N du lot n'intervient pas, sauf dans les cas qui seront signalés en temps utiles.

2. Plans de contrôle par attributs

2.1. Les bases théoriques

Un lot n'est accepté que si le nombre d'unités défectueuses dans l'échantillon, ou le nombre de défauts, est au plus égal au critère d'acceptation A, ($A = 0, 1, 2, \dots$).

Les lois utilisées sont :

— *pour le contrôle de la proportion d'unités défectueuses*, la loi binomiale de paramètres (n, p) . La probabilité d'acceptation P est donnée en fonction de p par :

$$P = \sum_{k=0}^A \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad (1)$$

L'utilisation de la loi binomiale n'est théoriquement justifiée que si le prélèvement de l'échantillon est non exhaustif; en fait elle est pratiquement valable si $\frac{n}{N} \leq 0,10$, et même sans erreur importante jusqu'à $\frac{n}{N} = 0,15$ (N désigne l'effectif du lot).

— *pour le contrôle du nombre moyen de défauts par unité*, la loi de Poisson de paramètres $m = np$... On a alors :

$$P = \sum_{k=0}^A e^{-np} \frac{(np)^k}{k!} \quad (2)$$

La loi de Poisson constitue aussi une bonne approximation de la loi binomiale lorsque $n \geq 100$, et une approximation suffisamment valable à partir de $n = 50$ (les écarts n'ont quelque importance que pour les valeurs de P inférieures à 0,05).

Pour les couples de valeurs $(p = p_{95}, P = 0,95)$, $(p = p_{10}, P = 0,10)$ la relation entre les fractiles de la loi binomiale (1) et les fractiles de la loi de F permet d'écrire :

$$\begin{aligned} \frac{n-A}{A+1} \cdot \frac{p_{95}}{1-p_{95}} &= \frac{1}{F_{0,95}(v_1, v_2)} & \begin{cases} v_1 = 2(n-A) \\ v_2 = 2(A+1) \end{cases} \\ \frac{n-A}{A+1} \cdot \frac{p_{10}}{1-p_{10}} &= F_{0,90}(v_1, v_2) & \begin{cases} v_1 = 2(A+1) \\ v_2 = 2(n-A) \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

On a de même entre les fractiles de la loi de Poisson (2) et les fractiles de la loi de χ^2 :

$$\begin{aligned} 2n p_{95} &= \chi_{0,05}^2(v) \\ 2n p_{10} &= \chi_{0,90}^2(v) \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} v = 2(A+1) \end{array} \right. \quad (4)$$

Ce sont les relations (3) et (4) qui seront utilisés dans ce qui suit.

2.2. Plan d'échantillonnage lorsqu'on se donne p_{95} et p_{10} (TABLE 1)

Doivent être déterminés l'effectif de l'échantillon n et le critère d'acceptation A .

La méthode s'applique sans restriction au contrôle du nombre moyen de défauts par unité; elle s'applique aussi au contrôle de la proportion d'unités défectueuses sous condition que $n \geq 50$. Comme n (ainsi que le critère d'acceptation A) n'est pas connu à l'avance, on devra donc s'assurer à posteriori que cette condition est satisfaite (dans le cas contraire, on consultera la Table 2-A pour y rechercher le couple (n, A) satisfaisant au mieux aux conditions (p_{95}, p_{10}) . On devra aussi s'assurer que la condition de non-exhaustivité $\frac{n}{N} \leq 0,15$ est satisfaite.

Les relations (4) donnent :

$$\frac{\chi_{0,90}^2(v = 2(A + 1))}{\chi_{0,05}^2(v = 2(A + 1))} = \frac{p_{10}}{p_{95}} \quad (5)$$

ce qui permet de déterminer v (donc $A = \frac{v}{2} - 1$) en fonction du seul rapport de discrimination $DS = \frac{p_{10}}{p_{95}}$.

Toutefois, comme A ne peut prendre que des valeurs entières, donc v que des valeurs paires, la relation (5) ne peut généralement pas être satisfaite pour des valeurs quelconques de p_{95} et p_{10} , donc très généralement pour les valeurs initialement choisies. On devra donc modifier p_{95} et (ou) p_{10} de façon qu'au nouveau couple (p'_{95}, p'_{10}) corresponde au plus près l'une des valeurs possibles du premier membre de (5). Celles-ci sont données en fonction de A dans la Table 1.

Ayant obtenu A en fonction du nouveau rapport de discrimination $\frac{p'_{10}}{p'_{95}}$, on calcule l'effectif de l'échantillon par :

$$n = \frac{1}{2} \frac{\chi_{0,05}^2(v = 2(A + 1))}{p'_{95}} = \frac{1}{2} \frac{\chi_{0,90}^2(v = 2(A + 1))}{p'_{10}} \quad (6)$$

TABLE 1 — Contrôle par attributs

La Table donne, en fonction du rapport de discrimination $DS = p_{10}/p_{95}$, le critère d'acceptation A , puis la valeur de $np_{95} \%$ qu'il suffit de diviser par $p_{95} \%$ pour obtenir l'effectif de l'échantillon n .

DS	11,0	6,51	4,89	4,06	3,55	3,21	2,96	2,77	2,62	2,50	2,40
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$np_{95} \%$	35,5	82	137	197	261	328	398	469	545	615	690

DS	2,40	2,31	2,24	2,18	2,12	2,07	2,03	1,99	1,95	1,92	1,89
A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$np_{95} \%$	690	770	845	925	1005	1085	1165	1245	1325	1405	1490

Notes

1) Soient DS^+ et DS^- ($DS^+ > DS^-$) les valeurs de DS qui, dans la Table 1, encadrent le rapport $\frac{p_{10}}{p_{95}}$, A^- et $A^+ = A^- + 1$ les valeurs correspondantes de A. Si l'on veut conserver la valeur p_{95} (correspondant au risque du fournisseur), on peut :

— soit augmenter p_{10} de façon à obtenir DS^+ et le critère d'acceptation A^- : on obtient un plan économique (valeur de n relativement petite), avec une protection du client moins bonne que prévue.

— soit diminuer p_{10} de façon à obtenir DS^- et le critère d'acceptation A^+ : n sera plus élevé, avec une meilleure protection du client.

De même, si l'on maintient p_{10} (correspondant au risque du client) on peut, soit diminuer p_{95} avec pour conséquence une valeur de n relativement petite et une protection du fournisseur moins bonne que prévue.

— soit augmenter p_{95} , d'où une valeur plus élevée de n et une meilleure protection du fournisseur.

2) La Table 1 ne prévoit pas le cas $A = 0$, pour lequel le rapport de discrimination serait très élevé ($DS = 44,8$); ce cas fera l'objet du paragraphe 2-3.

3) La méthode se généralise sans difficulté à des couples $p_{1-\alpha}$, p_β correspondant à des risques α , β , différents des risques classiques 5 % et 10 %.

La formule (5) s'écrit alors :

$$\frac{\chi^2_{1-\beta}(v)}{\chi^2_\alpha(v)} = \frac{p_\beta}{p_{1-\alpha}} \quad [v = 2(A + 1)]$$

qui détermine A à partir du rapport de discrimination $DS = \frac{p'_\beta}{p'_{1-\alpha}}$ (p_β et (ou) $p_{1-\alpha}$ étant modifiés de façon à obtenir pour A une valeur entière). L'effectif de l'échantillon s'obtient ensuite par :

$$n = \frac{1}{2} \frac{\chi^2_\alpha [v = 2(A + 1)]}{p'_{1-\alpha}} = \frac{1}{2} \frac{\chi^2_{1-\beta} [v = 2(A + 1)]}{p'_\beta} \quad (7)$$

Exemple 1

$p_{95} = 2\% \quad p_{10} = 5\%$	$DS = 2,5$
-----------------------------------	------------

La Table 1 donne exactement $A = 10$, puis $n = \frac{615}{2} = 308$.

Exemple 2

$p_{95} = 1\% \quad p_{10} = 5\%$	$DS = 5$
-----------------------------------	----------

La valeur la plus proche de 5 dans la Table 1 est $DS = 4$, $89 < 5$, pour laquelle $A = 3$ et $n = \frac{137}{1} = 137$. Dans le plan ($n = 137$, $A = 3$) le risque du fournisseur pour $p = 1\%$ est maintenu ($\alpha = 5\%$); la valeur p'_{10} correspondant au risque du client $\beta = 10\%$ est :

$$p'_{10} = \frac{\chi^2_{0,90}(v=8)}{274} = \frac{13,4}{274} = 4,9\%,$$

légèrement inférieur à 5%

Exemple 3

$p_{95} = 1\% \quad p_{10} = 8\%$	$DS = 8$
-----------------------------------	----------

On se trouve dans la zone intermédiaire entre $DS = 6,51$ (où $A = 2$) et $DS = 11,0$ (où $A = 1$).

Si l'on décide de maintenir la donnée $p_{95} = 1\%$, on choisira la solution $DS = 6,51$, avec $p'_{10} = 6,5\%$ (au lieu de 8%) : la protection du client est améliorée. On obtient ainsi le plan ($n = 82$, $A = 2$).

Si l'on préfère maintenir $p_{10} = 8\%$, on adoptera la solution $DS = 11$, d'où $p'_{95} = \frac{8}{11} = 0,73\%$ (la protection du fournisseur est diminuée). On aura alors le plan $n = \frac{35,5}{0,73} = 49$, $A = 1$.

On a donc à choisir entre les plans

$$\begin{cases} n = 82 & A = 2 \\ n = 49 & A = 1 \end{cases}$$

Ces deux plans conviennent si p désigne le nombre moyen de défauts par unité, où la loi de Poisson est strictement applicable. Si p est la proportion de défectueux, le deuxième plan, plus économique, donne pour n une valeur qui se trouve à la limite indiquée ($n = 50$) pour l'approximation de la loi binomiale par la loi de Poisson.

En fait la Table 2-A, calculée à partir de la loi binomiale (voir paragraphe 2-3) donne pour $n = 49$ (interpolation entre $n = 45$ et $n = 50$) et $A = 1$: $p_{95} = 0,73\%$, $p_{10} = 7,7\%$, valeurs égales ou très voisines des valeurs $p'_{95} = 0,73\%$, $p_{10} = 8\%$.

2.3. Plan d'échantillonnage lorsqu'on se donne l'effectif d'échantillon et p_{95} ou p_{10} (TABLES 2)

L'effectif de l'échantillon est souvent une donnée importante, car il conditionne le coût direct du contrôle. Fixer une valeur pour n est en fait fixer une valeur maximale, ou une valeur qui ne doit pas être trop dépassée. Les Tables adaptées à cette situation sont pour le contrôle de la proportion de défectueux les Tables 2-A ($n \leq 100$) et 2-C ($n \geq 100$), et pour le contrôle du nombre moyen de défauts les Tables 2-B ($n \leq 100$) et 2-C ($n \geq 100$). Elles ont pour entrées :

— d'une part une sélection de valeurs de n suffisamment serrée pour permettre des interpolations linéaires,

— d'autre part les valeurs de A de $A = 0$ à $A = 21$. On trouve, dans les cases repérées par le couple (n, A) : à la partie supérieure la valeur de $p_{95\%}$, à la partie inférieure celle de $p_{10\%}$.

On entre dans la Table adéquate à la ligne indexée par la valeur de n (ou à une ligne voisine). Si l'on se donne p_{95} on parcourt cette ligne jusqu'à trouver à la partie supérieure d'une case une valeur p'_{95} proche de la valeur choisie p_{95} ; on trouve en dessous, à titre de renseignement complémentaire, la valeur de p_{10} : la case ainsi repérée est indexée (colonne) par le critère d'acceptation A . Le mode d'emploi est le même si l'on se donne le couple (n, p_{10}) : la case retenue contient à la partie inférieure la valeur de p'_{10} , et au-dessus celle de p_{95} .

Exemples

a) Contrôle de la proportion de défectueux

Exemple 4 $n = 40$, $p_{95} = 2\%$

La Table 2-A donne le plan $(n = 40, A = 2)$ avec la valeur exacte $p'_{95} = 2,02\%$ et $p_{10} = 12,8\%$.

Exemple 5 $n = 100$, $p_{95} = 1\%$

La Table 2-A (ou la Table 2-C) donne le plan $(n = 100, A = 2)$ avec $p'_{95} = 0,82\%$, $p_{10} = 5,30\%$. La Table 2-A donne aussi le plan $(n = 80, A = 2)$ où $p'_{95} = 1,03\%$, plus économique mais avec une moins bonne protection du client ($p_{10} = 6,52\%$).

Exemple 6 $n = 25$, $p_{10} = 5\%$

La Table 2-A montre qu'il n'existe pas pour $n \leq 25$, de plan satisfaisant à la condition fixée pour p_{10} . Avec $n = 40$ et $A = 0$, on satisfait à peu près à la condition fixée pour p_{10} ($p'_{10} = 5,6\%$) mais la protection du fournisseur est très mauvaise ($p_{95} = 0,13\%$). Voir ci-après, paragraphe 2-4 « Plans à critère d'acceptation $A = 0$ ».

b) Contrôle du nombre moyen de défauts par unité

Exemple 7 $n = 80$, $p_{95} = 1\%$

La Table 2-B donne le plan $(n = 80, A = 2)$ avec $p'_{95} = 1,02\%$, $p_{10} = 6,63\%$.

Exemple 8 $n = 200$, $p_{10} = 2\%$

On peut adopter l'un des plans suivants (Table 2-C) :

$n = 200, A = 1$ ($p'_{10} = 1,95\%$, $p_{95} = 0,178\%$)

$n = 175, A = 1$ ($p'_{10} = 2,22\%$, $p_{95} = 0,203\%$)

ou, par interpolation linéaire :

$n = 195, A = 1$ ($p_{10} = 2\%$, $p_{95} = 0,193\%$)

2.4. Plans à critère d'acceptation $A = 0$

(TABLES 3)

Ces plans très particuliers ont pour avantage que le contrôle peut être interrompu, avec rejet du lot, dès qu'on a constaté dans l'échantillon une unité défectueuse ou un défaut — ce qui limite l'effectif contrôlé — mais ils ont un grave inconvénient : le rapport de discrimination est très élevé (supérieur à 40).

Dans le contrôle de la proportion de défectueux, la relation entre p et la probabilité d'acceptation est :

$$P = (1 - p)^n \quad (8)$$

Cette relation détermine n et p_{10} lorsqu'on se donne ($p = p_{95}$, $P = 0,95$) ou bien n et p_{95} pour ($p = p_{10}$, $P = 0,10$) :

$$n = - \frac{0,0513}{\ln(1 - p_{95})} \quad \ln(1 - p_{10}) = - \frac{2,3025}{n}$$

— par exemple, pour $p_{95} = 0,1 \%$, $n = 51$, $p_{10} = 4,41 \%$ $\left(\frac{p_{10}}{p_{95}} = 44,1 \right)$

$$n = - \frac{2,3025}{\ln(1 - p_{10})} \quad \ln(1 - p_{95}) = - \frac{0,0513}{n}$$

— par exemple, pour $p_{10} = 1 \%$, $n = 230$, $p_{95} = 0,022 \%$ $\left(\frac{p_{10}}{p_{95}} = 45,5 \right)$

Dans le contrôle du nombre moyen de défauts :

$$P = e^{-np} \quad (9)$$

d'où l'on déduit :

$$n = \frac{0,0513}{p_{95}} \quad p_{10} = \frac{2,3025}{n}$$

$$n = \frac{2,3025}{p_{10}} \quad p_{95} = \frac{0,0513}{n}$$

Les valeurs de n et p_{10} pour une sélection de valeurs p_{95} , ainsi que de n et p_{95} pour une sélection de valeurs p_{10} sont données dans les Tables 3-A (proportion de défectueux) et 3-B (nombre moyen de défauts).

Note

On établit facilement que le nombre moyen d'unités à contrôler jusqu'à décision d'acceptation ou de rejet est donné en fonction de p par :

$$\left. \begin{aligned} \bar{n}(p) &= \frac{1 - (1 - p)^n}{p} \quad (\text{proportion de défectueux}) \\ \bar{n}(p) &= \frac{1 - e^{-np}}{1 - e^{-p}} \quad (\text{nombre moyen de défauts}) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Pour $p = 0$, $\bar{n} = n$; pour $p = 1$ (proportion de défectueux) ou $p = \infty$ (nombre moyen de défauts), $\bar{n} = 1$.

Pour les petites valeurs de p (par exemple p_{95}) conduisant presque certainement à l'acceptation du lot, $\bar{n}$ est très voisin de n ; pour les valeurs de p conduisant presque certainement au rejet, $\bar{n}$ devient très inférieur à n . Dans le plan $n = 51$, $p_{95} = 0,10 \%$, $p_{10} = 4,41 \%$ (voir Table 3-A), on a $\bar{n} (p = 0,10 \%) = 50$, $\bar{n} (p = 4,41 \%) = 20,4$.

Les plans à critère d'acceptation $A = 0$ peuvent être considérés comme un cas particulier des plans progressifs tronqués à la valeur fixée pour n .

2.5. Courbe d'efficacité — point d'indifférence —

(TABLES 4)

La courbe d'efficacité, qui donne la probabilité d'acceptation P en fonction de p (proportion de défectueux ou nombre moyen de défauts par unité) passe par les points :

$$P = 1, \quad p = 0$$

$$P = 0,95, \quad p = p_{95}$$

$$P = 0,10, \quad p = p_{10}$$

$$P = 0, \quad \begin{cases} p = 1 \text{ (proportion de défectueux)} \\ p = \infty \text{ (nombre moyen de défauts)} \end{cases}$$

Elle peut être tracée avec une approximation suffisante en ajoutant à ces points le « point d'indifférence » d'abscisse p_1 pour lequel la probabilité d'acceptation est $P = 0,50$.

2.5.1. Contrôle de la proportion de défectueux : point d'indifférence

En fonction du couple (n, A) la valeur de p_1 est donnée (voir ci-devant relation (3)).

$$\frac{n - A}{A + 1} \frac{p_1}{1 - p_1} F_{0,50}(v_1, v_2) \quad \begin{cases} v_1 = 2(A + 1) \\ v_2 = 2(n - A) \end{cases}$$

d'où l'on tire :

$$p_1 = \frac{A + 1}{(A + 1) + (n - A) F_{0,50}(v_1, v_2)} \quad \begin{cases} v_1 = 2(n - A) \\ v_2 = 2(A + 1) \end{cases} \quad (11)$$

C'est à partir de cette relation qu'ont été calculées les valeurs de p_1 données dans la Table 4-A.

Exemples

Les exemples 4, 5, 6 du paragraphe 2.3 donnent les points d'indifférence suivants :

Exemple 4 — $n = 40$, $A = 2$ ($p_{95} = 2 \%$, $p_{10} = 12,8 \%$) $p_1 = 6,64 \%$

Exemple 5 — $n = 100$, $A = 2$ ($p_{95} = 1 \%$, $p_{10} = 5,3 \%$) $p_1 = 2,7 \%$
 $n = 80$, $A = 2$ ($p_{95} = 1,03 \%$, $p_{10} = 6,5 \%$) $p_1 = 3,3 \%$
 Exemple 6 — $n = 40$, $A = 0$ ($p_{95} = 0,13 \%$, $p_{10} = 5,6 \%$) $p_1 = 1,7 \%$

2.5.2. Contrôle du nombre moyen de défauts par unité : point d'indifférence

A partir du couple (n, A) la valeur de p_1 est donnée (voir ci-devant relation (4)) par :

$$P_1 = \frac{1}{2n} \chi_{0,50}^2 [v = 2(A + 1)] \quad (12)$$

En fonction du critère d'acceptation A , la Table 4-A (partie inférieure) donne les Valeurs de $100 \frac{\chi_{0,50}^2 [v = 2(A + 1)]}{2}$, qu'il suffit de diviser par n pour obtenir $p_1 \%$.

Exemples

Les exemples 7 et 8 du paragraphe 2.3 donnent les points d'indifférence suivants :

Exemple 7 — $n = 80$, $A = 2$ ($p_{95} = 1 \%$, $p_{10} = 6,6 \%$) $p_1 = 3,3 \%$
 Exemple 8 — $n = 200$, $A = 1$ ($p_{95} = 0,18 \%$, $p_{10} = 1,95 \%$) $p_1 = 0,80 \%$
 ou $n = 175$, $A = 1$ ($p_{95} = 0,20 \%$, $p_{10} = 2,2 \%$) $p_1 = 0,96 \%$

2.5.3. Autres points de la courbe d'efficacité

Quelque soit n (contrôle du nombre moyen de défauts), $n \geq 100$ et même avec une approximation suffisante $n \geq 50$ (contrôle de la proportion de défectueux) on peut obtenir d'autres points de la courbe d'efficacité par la formule :

$$\chi_P^2 [v = 2(A + 1)] = 2np_{1-P}$$

La Table 4-B, donne pour $A = 0$ [1] 21, et différentes valeurs de P les nombres qu'il suffit de diviser par n pour obtenir les valeurs correspondantes de p .

Références

- [1] MIL STD 105 D (avril 1963). — Sampling procedures and Tables for inspection by attributes.
- [2] MIL STD 414 (juin 1957). — Sampling procedures and Tables for inspection by variables for per cent defectives.
 (Office of the Assistant Secretary of Defense — Department of Defense — USA).

TABLE 2-A. — *Contrôle de la proportion de défectueux ($n \leq 100$)*
 En fonction du couple (n, A) la Table donne la valeur de $p_{95}\%$ et en dessous la valeur de $p_{10}\%$

Critère d'acceptation	Effectif d'échantillon n																					Critère d'acceptation	
	A = 0	A = 1	A = 2	A = 3	A = 4	A = 5	A = 6	A = 7	A = 8	A = 9	A = 10	A = 11	A = 12	A = 13	A = 14	A = 15	A = 16	A = 17	A = 18	A = 19	A = 20		A = 21
10	0.512 20.6	3.68 33.7	8.73 45.0																				10
15	0.341 14.2	2.42 23.6	5.68 31.7	9.63 39.3	14.2 46.3																		15
20	0.256 10.9	1.80 18.1	4.22 24.5	7.13 30.4	10.4 36.0	14.0 41.5	17.7 46.8																20
25	0.205 8.80	1.44 14.7	3.35 20.0	5.66 24.8	8.23 29.5	11.0 34.0	13.9 38.4	17.0 42.7	20.2 46.9														25
30	0.171 7.39	1.20 12.4	2.78 16.8	4.68 20.9	6.80 24.9	9.09 28.9	11.5 32.6	14.0 36.2	16.6 39.8	19.3 43.3	22.1 46.7												30
35	0.146 6.37	1.02 10.7	2.33 14.5	3.99 18.1	5.80 21.6	7.75 25.0	9.79 28.2	11.9 31.4	14.1 34.5	16.4 37.6	18.7 40.6	21.1 43.6	23.5 46.6	26.1 49.5									35
40	0.128 5.59	0.896 9.70	2.02 12.8	3.48 16.0	5.06 19.0	6.75 22.0	8.51 24.9	10.3 27.7	12.2 30.5	14.2 33.1	16.2 35.9	18.3 38.6	20.4 41.2	22.5 43.8	24.7 46.3	26.9 48.9							40
45	0.114 4.99	0.796 8.38	1.84 11.4	3.09 14.3	4.48 17.0	5.98 19.7	7.54 22.3	9.17 24.8	10.8 27.3	12.6 29.7	14.4 32.2	16.2 34.7	18.0 37.1	19.9 39.4	21.8 41.7	23.8 44.0	25.7 46.3	27.7 48.4					45
50	0.103 4.50	0.712 7.56	1.66 10.3	2.77 12.9	4.02 15.4	5.34 17.8	6.76 20.2	8.20 22.4	9.74 24.7	11.3 26.9	12.9 29.1	14.5 31.4	16.1 33.6	17.8 35.7	19.5 37.8	21.2 39.9	23.0 42.0	24.8 44.1	26.5 46.2	28.3 48.2			50
60	0.085 3.76	0.596 6.33	1.38 8.63	2.31 10.8	3.34 12.9	4.44 15.0	5.60 17.0	6.80 18.9	8.04 20.8	9.31 22.6	10.6 24.5	12.0 26.4	13.3 28.2	14.7 30.0	16.0 31.8	17.5 33.6	18.9 35.4	20.4 37.2	21.9 39.0	23.3 40.7	24.8 42.4	26.3 44.1	60
70	0.073 3.24	0.510 5.45	1.18 7.43	1.97 9.31	2.85 11.1	3.79 12.9	4.77 14.7	5.80 16.3	6.85 18.0	7.93 19.6	9.04 21.2	10.2 22.8	11.3 24.4	12.5 26.0	13.6 27.5	14.8 29.1	16.0 30.6	17.3 32.2	18.5 33.7	19.8 35.2	21.1 36.6	22.3 38.1	70
80	0.064 2.84	0.444 4.78	1.03 6.52	1.73 8.16	2.49 9.77	3.32 11.3	4.17 12.8	5.06 14.2	5.98 15.7	6.91 17.2	7.91 18.6	8.91 20.0	9.89 21.4	10.9 22.9	11.9 24.2	12.8 25.6	13.9 27.0	15.0 28.4	16.1 29.8	17.2 31.1	18.3 32.4	19.4 33.7	80
90	0.057 2.53	0.396 4.25	0.914 5.80	1.53 7.28	2.21 8.70	2.94 10.1	3.70 11.5	4.49 12.8	5.30 14.1	6.13 15.4	6.98 16.7	7.85 18.0	8.73 19.2	9.62 20.4	10.4 21.6	11.4 22.9	12.3 24.2	13.3 25.4	14.2 26.6	15.2 27.8	16.2 29.0	17.1 30.2	90
100	0.051 2.31	0.356 3.89	0.823 5.10	1.37 6.70	1.97 8.00	2.61 9.25	3.28 10.6	3.98 11.8	4.69 13.0	5.45 14.2	6.15 15.4	6.90 16.6	7.70 17.8	8.45 19.0	9.25 20.2	10.0 21.3	10.8 22.5	11.6 23.6	12.4 24.8	13.2 25.9	14.0 27.1	14.9 28.2	100

Note. La partie de la Table à droite du trait renforcé "en escalier" correspond à $p_{10} > 30\%$, la partie non remplie à $p_{10} \geq 50\%$.

TABLE 2-B — *Contrôle du nombre moyen de défauts ($n \leq 100$)*
 En fonction du couple (n, A) la Table donne la valeur de P_{95} % et en-dessous la valeur de p_{10} %

Critère d'acceptation	Effectif d'échantillon n																					Critère d'acceptation
	A = 0	A = 1	A = 2	A = 3	A = 4	A = 5	A = 6	A = 7	A = 8	A = 9	A = 10	A = 11	A = 12	A = 13	A = 14	A = 15	A = 16	A = 17	A = 18	A = 19	A = 20	
10	0,513 23,1	3,56 38,9	6,20 53,00	13,7 67,0	19,7 80,0	26,1 92,5	32,8 106	39,8 118	46,9 130	54,5 142	61,5 154	69,0 166	77,0 178	84,5 190	92,5 202	100 213	108 225	116 236	124 248	132 259	140 271	149 282
15	0,343 15,2	2,37 25,9	5,47 35,3	9,10 44,7	13,1 53,3	17,4 61,7	21,9 70,3	26,5 78,3	31,3 86,7	36,3 94,7	41,0 103	46,0 111	51,3 119	56,3 126	61,7 134	67,0 142	72,3 150	77,7 157	83,0 165	88,3 173	93,7 180	99,3 188
20	0,257 11,4	1,78 19,5	4,10 26,50	6,82 33,5	9,85 40,0	13,1 46,3	16,4 52,8	19,9 58,8	23,5 65,0	27,2 71,0	30,7 77,0	34,5 83,0	38,5 89,0	42,2 94,8	46,2 101	50,2 107	54,2 112	58,2 118	62,2 124	66,2 130	70,2 135	74,5 141
25	0,206 9,17	1,42 15,6	3,28 21,20	6,46 26,8	7,88 32,0	10,5 37,0	13,1 42,2	15,9 47,0	18,8 52,0	21,8 56,8	24,6 61,6	27,6 66,4	30,8 71,2	33,8 75,8	37,0 80,6	40,2 85,2	43,4 89,8	46,6 94,4	49,8 99,0	53,0 104	56,2 108	59,6 113
30	0,172 7,65	1,18 13,0	2,73 17,70	4,55 22,3	6,57 26,7	8,72 30,8	10,9 35,2	13,3 39,2	15,6 43,3	18,2 47,3	20,5 51,3	23,0 55,3	25,7 59,3	28,2 63,2	30,8 67,2	33,5 71,0	36,2 74,8	38,8 78,7	41,5 82,5	44,2 86,3	46,8 90,2	49,7 94,0
35	0,147 6,56	1,02 11,1	2,34 13,30	3,90 16,8	5,63 20,0	7,47 23,1	9,39 26,4	11,4 30,1	13,4 33,6	15,6 37,1	17,6 40,6	19,7 44,0	22,0 47,4	24,0 50,9	26,4 54,1	28,7 57,6	31,0 60,9	33,3 64,1	35,6 67,4	37,9 74,0	40,1 77,3	42,5 80,6
40	0,129 5,74	0,889 9,73	2,05 13,30	3,41 16,8	4,92 20,0	6,54 23,1	8,21 26,4	9,95 29,4	11,7 32,9	13,6 35,5	15,4 38,5	17,2 41,5	19,2 44,5	21,1 47,4	23,1 50,4	25,1 53,3	27,1 56,1	29,1 59,0	31,1 61,9	33,1 64,7	35,1 67,6	37,2 70,5
45	0,114 5,10	0,790 8,64	1,82 11,8	3,03 14,9	4,38 17,8	5,81 20,06	7,30 23,4	8,84 26,1	10,4 28,9	12,1 31,6	13,7 34,2	15,3 36,9	17,1 39,6	18,8 42,1	20,6 44,8	22,3 47,3	24,1 49,9	25,9 52,4	27,7 55,0	29,4 57,6	31,2 60,1	33,1 62,7
50	0,103 4,59	0,711 7,78	1,64 10,6	2,73 13,4	3,94 16,0	5,23 18,5	6,57 21,3	7,96 23,5	9,39 26,0	10,9 28,4	12,3 30,8	13,8 33,2	15,4 35,6	16,9 37,9	18,5 40,3	20,1 42,6	21,7 44,9	23,3 47,2	24,9 49,5	26,5 51,8	28,1 54,1	29,8 56,4
60	0,086 3,83	0,592 6,48	1,37 8,83	2,27 11,2	3,28 13,3	4,36 15,4	5,47 17,6	6,63 19,6	7,82 21,7	9,08 23,7	10,2 25,7	11,5 27,7	12,8 29,7	14,1 31,6	15,4 33,6	16,7 35,5	18,0 37,4	19,4 39,3	20,7 41,3	22,1 43,2	23,4 45,1	24,8 47,0
70	0,074 3,28	0,508 5,56	1,17 7,57	1,95 9,57	2,81 11,4	3,74 13,2	4,69 15,1	5,69 16,8	6,71 18,6	7,79 20,3	8,79 22,0	9,86 23,7	11,0 25,4	12,1 27,1	13,2 28,8	14,4 30,4	15,5 32,1	16,6 33,7	17,8 35,4	18,9 37,0	20,1 38,6	21,3 40,3
80	0,064 2,87	0,444 4,86	1,02 6,63	1,71 8,38	2,46 10,0	3,27 11,6	4,11 13,2	4,97 14,7	5,87 16,3	6,81 17,8	7,69 19,3	8,62 20,8	9,62 22,3	10,6 23,7	11,6 25,2	12,6 26,6	13,6 28,1	14,6 29,5	15,6 30,9	16,6 32,4	17,6 33,8	18,6 35,3
90	0,057 2,56	0,395 4,32	0,911 5,89	1,52 7,44	2,19 8,89	2,91 10,3	3,65 11,7	4,42 13,1	5,22 14,4	6,06 15,8	6,83 17,1	7,67 18,4	8,56 19,8	9,39 21,1	10,3 22,4	11,2 23,7	12,1 24,9	12,9 26,2	13,8 27,5	14,7 28,8	15,6 30,1	16,6 31,3
100	0,051 2,31	0,355 3,89	0,820 5,30	1,37 6,70	1,97 8,00	2,61 9,25	3,28 10,6	3,98 11,8	4,69 13,0	5,45 14,2	6,15 15,4	6,90 16,6	7,70 17,8	8,45 19,0	9,25 20,2	10,0 21,3	10,8 22,5	11,6 23,6	12,4 24,8	13,2 25,9	14,0 27,1	14,9 28,2

Critère d'acceptation	Effectif d'échantillon n																					Critère d'acceptation	
	A = 0	A = 1	A = 2	A = 3	A = 4	A = 5	A = 6	A = 7	A = 8	A = 9	A = 10	A = 11	A = 12	A = 13	A = 14	A = 15	A = 16	A = 17	A = 18	A = 19	A = 20		A = 21
100	0,051 2,31	0,355 3,89	0,820 5,30	1,37 6,70	1,97 8,00	2,61 9,25	3,28 10,6	3,98 11,8	4,69 13,0	5,45 14,2	6,15 15,4	6,90 16,6	7,70 17,80	8,45 19,0	9,25 20,2	10,0 21,3	10,8 22,5	11,6 23,6	12,4 24,8	13,2 25,9	14,0 27,1	14,9 28,2	100
125	0,041 1,83	0,284 3,11	0,656 4,24	1,09 5,36	1,58 6,40	2,09 7,40	2,63 8,44	3,18 9,40	3,76 10,4	4,36 11,4	4,92 12,3	5,52 13,3	6,16 14,2	6,76 15,2	7,40 16,1	8,04 17,0	8,68 18,0	9,32 18,9	9,96 19,8	10,6 20,7	11,2 21,6	11,9 22,6	125
150	0,034 1,52	0,237 2,59	0,547 3,53	0,910 4,47	1,31 5,33	1,74 6,17	2,19 7,03	2,65 7,83	3,13 8,67	3,63 9,47	4,10 10,3	4,60 11,1	5,13 11,9	5,63 12,6	6,17 13,4	6,70 14,2	7,23 15,0	7,77 15,7	8,30 16,5	8,83 17,3	9,37 18,0	9,93 18,8	150
175	0,029 1,31	0,203 2,22	0,469 3,03	0,780 3,83	1,13 4,57	1,49 5,29	1,88 6,03	2,27 6,70	2,68 7,43	3,11 8,11	3,51 8,80	3,94 9,49	4,40 10,2	4,83 10,8	5,29 11,5	5,74 12,2	6,20 12,8	6,66 13,5	7,11 14,1	7,57 14,8	8,03 15,5	8,51 16,1	175
200	0,026 1,14	0,178 1,95	0,410 2,65	0,683 3,35	0,985 4,00	1,31 4,63	1,64 5,28	1,99 5,88	2,35 6,50	2,73 7,10	3,08 7,70	3,45 8,30	3,85 8,90	4,23 9,48	4,63 10,1	5,03 10,7	5,43 11,2	5,83 11,8	6,23 12,4	6,63 13,0	7,03 13,5	7,45 14,1	200
250	0,021 0,917	0,142 1,56	0,328 2,12	0,546 2,68	0,788 3,20	1,05 3,70	1,31 4,22	1,59 4,70	1,88 5,20	2,18 5,68	2,46 6,16	2,76 6,64	3,08 7,12	3,38 7,58	3,70 8,06	4,02 8,52	4,34 8,98	4,66 9,44	4,98 9,90	5,30 10,4	5,62 10,8	5,96 11,3	250
300	0,017 0,765	0,119 1,30	0,273 1,77	0,455 2,23	0,657 2,67	0,872 3,08	1,10 3,52	1,33 3,92	1,57 4,33	1,812 4,73	2,05 5,13	2,30 5,53	2,57 5,93	2,82 6,32	3,08 6,72	3,35 7,10	3,62 7,48	3,88 7,87	4,15 8,25	4,42 8,63	4,68 9,02	4,97 9,40	300
350	0,015 0,656	0,102 1,11	0,234 1,51	0,390 1,91	0,563 2,29	0,747 2,64	0,939 3,01	1,14 3,36	1,34 3,71	1,56 4,06	1,76 4,40	1,97 4,74	2,20 5,09	2,47 5,41	2,64 5,76	2,87 6,09	3,10 6,41	3,33 6,74	3,56 7,07	3,79 7,40	4,01 7,73	4,26 8,06	350
400	0,013 0,574	0,089 0,973	0,205 1,33	0,341 1,68	0,493 2,00	0,654 2,31	0,821 2,64	0,995 2,94	1,17 3,29	1,36 3,55	1,54 3,85	1,73 4,15	1,93 4,45	2,11 4,74	2,31 5,04	2,51 5,33	2,71 5,61	2,91 5,90	3,11 6,19	3,31 6,48	3,51 6,76	3,73 7,05	400
450	0,011 0,510	0,079 0,864	0,182 1,18	0,303 1,49	0,438 1,78	0,581 2,06	0,730 2,34	0,884 2,61	1,04 2,89	1,21 3,16	1,37 3,42	1,53 3,69	1,71 3,96	1,88 4,21	2,06 4,48	2,23 4,73	2,41 4,99	2,59 5,24	2,77 5,50	2,94 5,76	3,12 6,01	3,31 6,27	450
500	0,010 0,459	0,071 0,778	0,164 1,06	0,273 1,34	0,394 1,60	0,523 1,85	0,657 2,13	0,796 2,35	0,939 2,60	1,09 2,84	1,23 3,08	1,38 3,32	1,54 3,56	1,69 3,79	1,85 4,03	2,01 4,26	2,17 4,49	2,33 4,72	2,49 4,95	2,65 5,18	2,81 5,41	2,98 5,64	500
600	0,009 0,383	0,059 0,648	0,137 0,883	0,228 1,12	0,328 1,33	0,436 1,54	0,548 1,76	0,663 1,96	0,783 2,17	0,908 2,37	1,03 2,57	1,15 2,77	1,28 2,97	1,41 3,16	1,54 3,36	1,68 3,55	1,81 3,74	1,94 3,93	2,08 4,13	2,21 4,32	2,34 4,51	2,48 4,70	600
700	0,007 0,328	0,051 0,556	0,117 0,757	0,195 0,957	0,281 1,14	0,374 1,32	0,469 1,51	0,569 1,68	0,671 1,86	0,779 2,03	0,879 2,20	0,986 2,37	1,10 2,54	1,21 2,71	1,32 2,88	1,44 3,04	1,55 3,21	1,66 3,37	1,78 3,54	1,89 3,70	2,01 3,86	2,13 4,03	700
800	0,006 0,287	0,044 0,486	0,103 0,663	0,171 0,838	0,246 1,00	0,327 1,16	0,411 1,32	0,498 1,47	0,587 1,63	0,651 1,78	0,769 1,93	0,863 2,08	0,963 2,23	1,06 2,37	1,16 2,52	1,26 2,66	1,36 2,81	1,46 2,95	1,56 3,09	1,66 3,24	1,76 3,38	1,86 3,53	800
900	0,006 0,256	0,040 0,432	0,091 0,589	0,152 0,744	0,219 0,889	0,291 1,03	0,365 1,17	0,442 1,31	0,522 1,44	0,606 1,58	0,683 1,71	0,767 1,84	0,856 1,98	0,939 2,11	1,03 2,24	1,12 2,37	1,21 2,49	1,29 2,62	1,38 2,75	1,47 2,88	1,56 3,01	1,66 3,13	900
1 000	0,005 0,231	0,036 0,389	0,082 0,530	0,137 0,670	0,197 0,800	0,262 0,925	0,328 1,06	0,398 1,18	0,469 1,30	0,545 1,42	0,615 1,54	0,690 1,66	0,770 1,78	0,845 1,90	0,925 2,02	1,00 2,13	1,08 2,25	1,16 2,36	1,24 2,48	1,32 2,59	1,40 2,71	1,49 2,82	1 000

Effectif d'échantillon n

TABLES 3 — Plans de critère d'acceptation $A = 0$

TABLE 3-A

*Contrôle de la proportion de défectueux*n et p_{10} % en fonction de p_{95} %

p_{95} %	n	p_{10} %
0,001	5 130	0,045
0,002	2 565	0,090
0,003	1 710	0,135
0,004	1 280	0,180
0,005	1 025	0,225
0,006	855	0,269
0,007	735	0,314
0,008	640	0,359
0,009	570	0,403
0,01	513	0,449
0,02	256	0,895
0,03	171	1,34
0,04	128	1,78
0,05	103	2,21
0,06	86	2,64
0,07	73	3,10
0,08	64	3,53
0,09	57	3,96
0,10	51	4,41
0,12	43	5,21
0,14	37	6,03
0,16	32	6,94
0,18	29	7,63
0,20	26	8,47
0,25	21	10,4
0,30	17	12,7
0,40	13	16,2
0,50	10	20,6

n et p_{95} % en fonction de p_{10} %

p_{10} %	n	p_{95} %
0,10	2 300	0,002
0,20	1 150	0,004
0,30	765	0,007
0,40	575	0,009
0,50	460	0,011
0,60	383	0,013
0,70	328	0,016
0,80	287	0,018
0,90	255	0,020
1,0	229	0,022
1,5	152	0,034
2,0	114	0,045
2,5	91	0,056
3,0	76	0,067
3,5	65	0,079
4,0	57	0,090
5,0	45	0,114
6,0	38	0,135
7,0	32	0,160
8,0	28	0,183
9,0	25	0,205
10	22	0,233
12	18	0,285
14	16	0,320
16	13	0,394
18	12	0,427
20	11	0,465
25	8	0,639
30	7	0,730

TABLE 3-B

*Contrôle du nombre moyen de défauts par unité*n et p_{10} % en fonction de p_{95} %

p_{95} %	n	p_{10} %
0,001	5 130	0,045
0,002	2 565	0,090
0,003	1 710	0,135
0,004	1 280	0,180
0,005	1 025	0,225
0,006	855	0,269
0,007	735	0,314
0,008	640	0,359
0,009	570	0,403
0,01	513	0,449
0,02	256	0,899
0,03	171	1,35
0,04	128	1,80
0,05	103	2,24
0,06	86	2,68
0,07	73	3,15
0,08	64	3,60
0,09	57	4,04
0,10	51	4,51
0,12	43	5,35
0,14	37	6,22
0,16	32	7,20
0,18	29	7,94
0,20	26	8,86
0,25	21	11,0
0,30	17	13,5
0,40	13	17,7
0,50	10	23,0

n et p_{95} % en fonction de p_{10} %

p_{10} %	n	p_{95} %
0,10	2 300	0,002
0,20	1 150	0,004
0,30	765	0,007
0,40	575	0,009
0,50	460	0,011
0,60	383	0,013
0,70	328	0,016
0,80	287	0,018
0,90	255	0,020
1,0	230	0,022
1,5	154	0,034
2,0	115	0,045
2,5	92	0,056
3,0	77	0,067
3,5	66	0,078
4,0	58	0,088
5,0	46	0,111
6,0	38	0,134
7,0	33	0,155
8,0	29	0,177
9,0	26	0,197
10	23	0,223
12	19	0,270
14	17	0,302
16	15	0,342
18	13	0,395
20	12	0,427
25	10	0,512
30	8	0,641

TABLE 4-A
Contrôle par attributs — Point d'indifférence (p_{10}) de la courbe d'efficacité
Contrôle de la proportion de défectueux ($n \leq 100$)
La partie de la Table non remplie correspond à $p_{10} > 30\%$ (voir Table 2-A)

Critère d'acceptation A																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Effectif d'échantillon n	10	6,71	16,3	25,9																			
	15	4,52	10,9	17,4	23,9	30,4																	
	20	3,20	8,25	13,2	18,1	23,0	28,0	32,8															
	25	2,74	6,61	9,98	13,4	16,9	20,4	24,1	27,6	31,2													
	30	2,28	5,54	8,81	12,1	15,4	18,8	21,9	25,3	28,6	31,9	35,1											
	35	1,96	4,76	7,57	10,4	13,2	16,1	18,8	21,7	24,6	27,3	30,1	32,9	35,9	38,7								
	40	1,72	4,27	6,64	9,13	11,6	14,1	16,5	19,0	21,6	24,0	26,4	28,9	31,5	33,9	36,3	38,8						
	45	1,53	3,71	5,91	8,13	10,3	12,5	14,7	16,9	19,2	21,3	23,6	25,7	28,0	30,2	32,3	34,6	36,7	39,0				
	50	1,38	3,34	5,33	7,38	9,30	11,3	13,3	15,2	17,3	19,2	21,2	23,2	25,2	27,2	29,1	31,1	33,1	35,1	37,1	39,2		
	60	1,15	2,79	4,75	6,09	7,76	9,41	11,1	12,7	14,3	16,0	17,7	19,4	21,1	22,6	24,3	26,0	27,6	29,3	30,9	32,6	34,2	35,9
	70	0,986	2,39	3,81	5,22	6,65	8,08	9,49	10,9	12,4	13,7	15,2	16,6	18,0	19,4	20,8	22,3	23,7	25,1	26,5	28,0	29,4	30,8
	80	0,863	2,09	3,33	4,57	5,82	7,08	8,30	9,53	10,8	12,0	13,3	14,6	15,8	17,0	18,2	19,5	20,7	22,0	23,2	24,5	25,7	27,0
	90	0,766	1,86	2,96	4,06	5,17	6,30	7,37	8,48	9,63	10,7	11,8	13,0	14,1	15,1	16,2	17,3	18,4	19,6	20,7	21,8	22,9	24,0
	100	0,695	1,68	2,67	3,67	4,67	5,65	6,65	7,65	8,66	9,65	10,6	11,6	12,6	13,6	14,6	15,6	16,6	17,6	18,6	19,6	20,6	21,6

Contrôle de la proportion de défectueux ($n > 100$) et contrôle du nombre moyen de défauts (n quelconque)																							
np ₁ %	69,5	168	267	367	467	565	665	765	865	965	1 065	1 165	1 265	1 365	1 465	1 565	1 665	1 765	1 865	1 965	2 065	2 165	

TABLE 4-B
Points de la courbe d'efficacité
 Contrôle du nombre moyen de défauts (n quelconque) et contrôle du pourcentage de défectueux (n > 100) ⁽¹⁾

		Critère d'acceptation A																					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Probabilité d'acceptation P %	99,5 % ($\alpha = 0,5\%$)	0,50	10,3	33,8	67,0	108	153	203	257	313	371	432	494	560	625	690	755	825	895	965	1 035	1 105	1 180
	99 % ($\alpha = 1\%$)	1,00	14,9	43,6	82,5	128	178	233	290	350	413	475	545	610	680	750	820	890	960	1 035	1 110	1 185	1 255
	97,5 % ($\alpha = 2,5\%$)	2,53	24,2	62,0	109	162	220	281	345	413	479	550	620	690	765	840	915	990	1 065	1 145	1 220	1 300	1 380
	95 % ($\alpha = 5\%$)	5,13	35,5	82,0	137	197	261	328	398	469	545	615	690	770	845	925	1 005	1 085	1 165	1 245	1 325	1 405	1 490
	90 % ($\alpha = 10\%$)	10,5	53,0	110	175	243	315	389	465	545	620	700	785	865	945	1 030	1 115	1 200	1 280	1 365	1 455	1 540	1 625
	80 % ($\alpha = 20\%$)	22,3	82,5	153	229	309	390	473	560	645	730	815	905	990	1 080	1 170	1 255	1 345	1 435	1 525	1 615	1 710	1 800
	50 % (1)	69,5	168	267	367	467	565	665	765	865	965	1 065	1 165	1 265	1 365	1 465	1 565	1 665	1 765	1 865	1 965	2 065	2 165
	20 % ($\beta = 20\%$)	161	300	428	550	670	790	910	1 025	1 140	1 250	1 365	1 480	1 590	1 700	1 815	1 925	2 035	2 145	2 255	2 365	2 475	2 580
	10 % ($\beta = 10\%$)	230	389	530	670	800	925	1 055	1 175	1 300	1 420	1 540	1 660	1 780	1 895	2 015	2 130	2 245	2 360	2 475	2 590	2 705	2 820
	5 % ($\beta = 5\%$)	300	475	630	775	915	1 050	1 185	1 315	1 445	1 570	1 695	1 820	1 945	2 065	2 190	2 310	2 430	2 550	2 670	2 790	2 905	3 025
	2,5 % ($\beta = 2,5\%$)	369	555	720	875	1 025	1 165	1 305	1 440	1 575	1 710	1 840	1 970	2 095	2 225	2 350	2 475	2 600	2 720	2 845	2 965	3 090	3 210
	1 % ($\beta = 1\%$)	460	665	840	1 005	1 160	1 310	1 455	1 600	1 740	1 880	2 015	2 150	2 280	2 415	2 545	2 675	2 805	2 930	3 060	3 185	3 310	3 435
	0,5 % ($\beta = 0,5\%$)	530	745	925	1 100	1 260	1 415	1 565	1 715	1 860	2 000	2 140	2 280	2 415	2 550	2 685	2 815	2 950	3 080	3 210	3 340	3 465	3 595

(1) Approximation valable à partir de n = 50.