Tolérances applicables aux levers à grande échelle

par Henri DESPORTES
Directeur Départemental des Impôts

Le texte suivant a servi de fil conducteur à un exposé présenté aux cadres supérieurs du Cadastre de la région Aquitaine.

Il ne peut être lu qu'ayant sous les yeux l'arrêté interministériel du 21 janvier 1980 et la circulaire du 28 janvier, d'ailleurs publiés dans notre numéro 6 de mars 1981.

La finalité du texte explique que le style en est parfois télégraphique.

La nature de l'auditoire initial justifie par ailleurs qu'au niveau des canevas, seul le canevas "ordinaire" ait été étudié. Mais bien entendu les raisonnements le concernant peuvent être extrapolés au canevas "de précision".

L'arrêté interministériel du 21 janvier 1980, pris en vertu de l'arrêté interministériel du 20 mai 1948, abroge l'arrêté du 24 février 1951 et fixe de nouvelles tolérances applicables aux levers à grande échelle entrepris par les services publics.

Cet arrêté et sa circulaire d'application du 28 janvier 1980 ont été publiés au Journal Officiel du 19 mars 1980 et sont par ailleurs édités en fascicule séparé par l'imprimerie des journaux officiels (Texte n° 296 Prix : 5 F).

Ils sont en outre diffusés aux services régionaux et départementaux du Cadastre en nombre suffisant pour être mis à la disposition des entreprises traitant avec la Direction Générale des Impôts des marchés de topographie (B.O.D.G.I. 11 G 3.1980).

Ces textes sont comme d'habitude applicables dès leur publication, c'est-à-dire en pratique aux travaux commandés à partir du 20 mars 1980.

La nécessité d'une réforme du système de tolérances et de vérification résultait des défauts ou imperfections reconnus au précédent système.

- Il était incomplet puisqu'il ne prenait pas en compte les procédés photogrammétriques ;
- Il était lié aux précisions instrumentales de l'époque. Or de grands progrès ont été réalisés, en matière de mesure des longueurs notamment.
- Il était inapte à définir la qualité intrinsèque d'un plan puisque les tolérances étaient liées aux méthodes utilisées (alignement, tachéométrie, planchette...) et parfois tributaire de l'instrument au sein d'une même méthode (cas de la planchette règle à éclimètre ou alidade à lunette).
- Il était parfois critiquable jusque dans ses fondements scientifiques ;
- Enfin, il était très rigide, par conséquent tantôt trop rude et tantôt trop laxiste, puisqu'il s'imposait à l'exécutant sans tenir compte des besoins propres du maître de l'ouvrage

Pour l'examen du nouveau texte, nous procéderons dans l'ordre des articles, sans nous interdire parfois des rapprochements destinés à éclairer l'ensemble. Sauf indication contraire, les références indiquées se rapportent à l'arrêté du 21 janvier 1980.

I - CANEVAS PLANIMÉTRIQUE

A - GÉNÉRALITÉS

- **Canevas** (Art. 2) Pas de nouveauté dans la définition, mais on distingue **2 niveaux de développement.**
- Le canevas **d'ensemble** qui correspond à ce que nous appelions couramment "la triangulation" (art. 2).
- Le canevas **polygonal** qui correspond à ce qu'on appelle la "polygonation" (art. 4).

A chaque niveau de développement on distingue **2 degrés de précision :**

- le canevas "de précision" ;
- le canevas "ordinaire".

Le canevas "polygonal de précision" ne peut évidemment s'appuyer que sur un canevas "d'ensemble de précision" cela ressort clairement des formules de tolérances (terme constant sous radical égal au carré de 4).

Les méthodes polygonales sont admises pour le canevas d'ensemble. Elles s'appellent alors "cheminements à longs côtés". Mais la circulaire du 28 janvier met des restrictions à leur emploi :

- Pas plus de 6 côtés par cheminement, s'il s'agit d'un canevas "de précision".
- Longueur **moyenne** des côtés supérieure à 500 m.
- Pas de côté inférieur à 200 m.
- Tous les points **de canevas** sont **des points nodaux.**

Cette dernière restriction mérite un commentaire : les points de canevas considérés sont ceux qui vis-à-vis de la densité se substituent aux traditionnels Sommets de triangulation (1 par 100 ha - BODGI 11-B-1.1980 art. 90 - sur le remaniement du Cadastre).

On note encore (même instruction, art. 91) que **pour les travaux cadastraux, le canevas d'ensemble** (et par suite le canevas polygonal - v. cidessus) **est un canevas "ordinaire".**

Nous n'aurons donc presque jamais dans la pratique à considérer un canevas "de précision" qu'il soit "d'ensemble" ou "polygonal", si ce n'est pour des travaux autres que cadastraux car un maître d'ouvrage peut avoir mis au cahier des charges de son géomètre un canevas de précision et nous devons en cas de vérification nous assurer de l'adéquation d'un résultat aux normes fixées par le maître d'ouvrage.

Dans ce qui suit nous ne nous intéressons, sauf exception, qu'aux canevas "ordinaires". Auparavant quelques remarques touchant le vocabulaire :

— introduction du mot "séquence", pour désigner ce qu'on appelait couramment "tour d'horizon" dans l'expression "faire un tour d'horizon". Naturellement les séquences vont par "paires" (méthode des visées symétriques) et le nombre de paires est lui-même une puissance de 2.

— définition des mots "tour d'horizon" entendus comme **le résultat final** d'un certain nombre de paires de séquences observées d'une même station sur les mêmes points et rapportées à une même référence.

B - CANEVAS ORDINAIRE D'ENSEMBLE

Observations : art. 3-3.

— Fermeture angulaire des séquences : T = 2,8 mgr
A rapprocher de l'ancienne tolérance : 5,6 mgr.
Nécessité de scinder les séquences quand les points observés sont nombreux et/ou si l'on opère dans de mauvaises conditions ;

— Ecart des lectures. T = 1,3 mgr. Ne s'applique qu'à partir de deux paires.

— Ecart sur la référence : **Notion nouvelle.** Ne s'applique que dans le cas visé ci-dessus.

— Mesure des longueurs $T_{cm} = 3 + L_{(km)}$ (1)
Même tolérance qu'en canevas de précision et qu'en particulier pour le mesurage des bases.

Calculs : art. 3-4

— somme des angles d'un triangle

$$T_{mgr} = 0{,}1\sqrt{675 + \left(\frac{45}{a\ km}\right)^2}$$

Il est tenu compte de la forme plus ou moins favorable du triangle (terme a). Applications pour concrétiser :
Triangle 5-5- 5 km - T = 2,75 mgr
Triangle 5-5- 3 km - T = 3,0 mgr

— Écart d'orientation en une station ;
écart entre gisements observé et définitif d'une direction
écart entre Vo moyen V visée.

Exemple

Gisements définitifs	Lect. = V visées	Ecarts mgr	Tolérance (3)
	241,0217	− 2.1	$T = 4{,}3\sqrt{\frac{n-1}{n}}$
	0248	+ 1.0	(n = 5)
	0235	− 0.3	$T = 4{,}3\sqrt{4/5}$
	0260	+ 2.2	
	0230	− 0.8	T = 3,8 mgr

Vo moyen 241,0238

— Écart moyen quadratique d'orientation

On fait la moyenne quadratique de tous les écarts tels que ci-dessus (soit N leur nombre) et on la compare à la tolérance

$$T_{mgr} = 1{,}7\,\frac{\sqrt{2\,N - 3} + 2{,}58}{\sqrt{2\,N}} \qquad (4)$$

Sur un chantier totalisant par exemple 150 visées (intersections - relèvements - éventuellement observations de triangles)
T = 1,9 mgr
On notera à ce sujet 2 nouveautés :

1° L'égalité de traitement est rétablie entre intersection et relèvement. Dans le passé le résultat de l'intersection était jugé sur **un seul** critère : le rayon moyen d'indécision ; le relèvement sur deux critères : le rayon moyen d'indécision **et** l'écart moyen au Vo. Désormais la notion d'écart moyen au Vo est supprimée mais la solidité angulaire de l'ensemble du chantier (intersections et relèvements) est vérifiée par l'écart d'orientation en chaque station d'abord, par l'écart moyen quadratique d'orientation ensuite.

2° Au sujet de ce dernier notons qu'on rencontre pour la première fois au fil de l'arrêté la notion d'écart moyen quadratique mais **qu'elle se retrouvera** plusieurs fois ce qui se justifie aisément. Il tombe en effet sous le sens que si dans un chantier tous les écarts individuels se situaient en deçà de la tolérance, tous la "frisant" néanmoins, le travail ne serait pas satisfaisant et devrait être rejeté.

La considération de la moyenne quadratique se substitue à celle du classement des écarts par tranches 0-1, 1-2, 2-3, 3-4 écarts probables. **Nulle part on ne procède plus à aucun classement.**

On notera que pour N = n = 2 (minimun calculable) les valeurs de T dans les formules (3) et (4) sont 3,04. Simple remarque sur la cohérence des formules.

On notera aussi que dans la formule (4) T tend vers 1,7 lors N tend vers l'infini et que 1,7 vaut les 2/5 du coefficient 4,3 de la formule (3). Ceci est en rapport avec le fait que dans une distribution gaussienne un écart supérieur à 5/2 fois l'erreur moyenne quadratique n'a qu'une chance sur cent d'être rencontré. Le joint est ainsi fait avec l'ancien usage du classement évoqué ci-dessus et la fixation de la tolérance individuelle au niveau de la probabilité 1/100.

— Ecart linéaire = distance entre le point définitif et l'un des "lieux" servant à le déterminer.

Deux nouveautés au niveau de cette notion par ailleurs ancienne :

- en cas de relèvement l'écart linéaire est pris par rapport à la visée inverse préalablement réorientée et **non par rapport au lieu-segment.**
- introduction du "lieu - distance" pour prendre en compte les déterminations par trilatération par exemple.

Avec cette tolérance de 20 cm on dispose d'un moyen de juger — et au besoin d'éliminer — individuellement les éléments de détermination d'un sommet.

— Rayon moyen quadratique d'indécision : on combine **quadratiquement** les écarts linéaires sur chaque point. La tolérance est 12 cm au lieu de 16 ou 14 dans le passé. On remarque ainsi, une nouvelle fois, l'accroissement de la sévèrité des tolérances par rapport à celles de 1951.

— Cheminements à longs côtés. Fermeture en orientation

$$T_{mgr} = 0,1\sqrt{5000 + 200\,(n + 1)} \qquad (5)$$

n étant le nombre de côtés.

- Structure de la formule : le terme constant sous radical tient compte de l'indécision sur les orientations de départ et d'arrivée. Le terme 200, multiplié par le nombre d'angles observés prend en compte l'erreur possible sur chacun d'eux.
- Valeurs numériques :

Pour les apprécier il convient de réintégrer sous le radical le coefficient 0,1. La formule devient ainsi

$$T_{mgr} = \sqrt{50 + 2\,(n + 1)} \qquad (6)$$

On constate ainsi que l'erreur d'orientation au départ et à l'arrivée a été retenue pour 50/2 soit 5 mgr. Un calcul fait d'après la formule (3) ne peut jamais donner un résultat supérieur à 4,3 et avec n = 5 donnerait 3,85 mgr. On s'est montré généreux au niveau du terme constant.

L'erreur maximale admise sur un des angles du cheminement est 2 mgr, soit 1,4 mgr. Cette valeur, assez stricte au contraire, exige pratiquement le recours au centrage forcé.

- Application numérique :

$$n = 6 \qquad T = \sqrt{50 + 2 \times 7} = 8 \text{ mgr}$$

— Fermeture planimétrique

$$T_{cm} = \sqrt{400 + 16n + 40\sum L_i^2} \qquad (7)$$

A noter d'abord l'abandon des notions de fermeture longitudinale et de fermeture transversale, particulièrement contestables en présence d'un cheminement non tendu, et leur remplacement par l'unique notion de fermeture planimétrique. Autrement dit un cheminement est acceptable lorsque son résultat tombe dans un cercle de rayon T centré sur l'arrivée théorique.

Structure : la formule (7) prend en compte 3 éléments.

1 - L'indécision sur la position relative des termes de départ et d'arrivée estimée à $\sqrt{400}$ soit 20 cm.

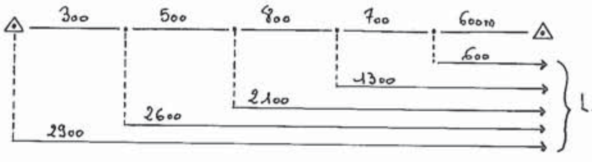
2 - L'erreur sur la mesure de chacun des n côtés considérée comme indépendante de leur longueur (mesurage électromagnétique) estimée à $\sqrt{16}$ = 4 cm.

3 - L'influence de l'erreur d'orientation des côtés successifs, d'autant plus grande qu'ils sont plus éloignés de l'arrivée, estimée à $\sqrt{40}$ soit 6,3 cm par kilomètre. L'introduction de ce dernier terme exige que l'on détermine, pour l'application de la formule, la distance à l'arrivée de tous les sommets successifs ce qui peut se faire par le calcul mais plus simplement sur une mappe à l'échelle.

Application numérique : cheminement tendu dont les côtés mesurent, dans l'ordre de calcul :

Pour ce cheminement : $\sum L_i^2 = 21,63$ (L en km)

$$T = \sqrt{400 + 5 \times 16 + 40 \times 21,63} = \sqrt{1345,2} = 36,7 \text{ cm}$$



— Point nodal. (v. art. 3.2.3. de l'arrêté).

Il est prescrit d'adopter la moyenne pondérée, tant en X qu'en Y, des résultats donnés par chacun des cheminements aboutissant au point nodal. Les poids sont inversement proportionnels aux carrés des tolérances de fermeture planimétrique des cheminements considérés isolément :

$$p = \frac{K}{T^2}$$

Pour juger la validité du point nodal et la qualité des cheminements qui le définissent on calcule ensuite une "tolérance sur la moyenne pondérée" qui ne trouve pas d'application propre :

$$T_m^2 = \frac{K}{\sum p}$$

mais qui sert à calculer la "tolérance sur l'écart entre une détermination individuelle et la moyenne pondérée" par la formule

$$T = \sqrt{T_k^2 - T_m^2} \qquad (8)$$

ou Tk est la tolérance qui s'appliquerait au cheminement n° k s'il s'agissait d'un cheminement entre 2 points connus (Tolérance de la formule (7) - Illustration dans l'exemple suivant).

Au sujet de l'art. 3.2.3 de l'arrêté on fera trois remarques.

1 - Il a une portée générale, s'appliquant à toute espèce de détermination par moyenne pondérée non seulement au cas d'un point nodal de cheminements.

2 - L'arrêté est muet sur l'accord **en gisement** des cheminements aboutissant au point nodal. Cela ne veut pas dire qu'il ne doit être contrôlé. En vertu de la remarque 1 la même procédure est applicable, avec, au départ la tolérance de la formule (5).

3 - La formule donnée à l'alinéa "a" soit $T = \sqrt{T_k^2 + T_m^2}$ s'applique lorsque l'on compare un mesurage de vérification à un résultat antérieur obtenu par moyenne pondérée de résultats partiels. Elle n'a pas d'application dans le cas du point nodal.

Application numérique

On considère trois cheminements définissant le point nodal M et aboutissant, avant compensation, aux points (1) - (2), et (3) de coordonnées réduites respectives : 0,0 - 0,30 - 40,0 cm. Leurs tolérances individuelles de fermeture planimètriques, en les considérant comme développés entre points connus, sont :

Ti1 = 30 cm, Ti2 = 40 cm, Ti3 = 50 cm

Pour l'application des formules nous prenons K : 10 000. Il en résulte les poids :

$$p1 = \frac{10\,000}{900} = 11,1\ ;\ p2 = \frac{10\,000}{1\,600} = 6,25\ ;$$

$$p3 = \frac{10\,000}{2\,500} = 4$$

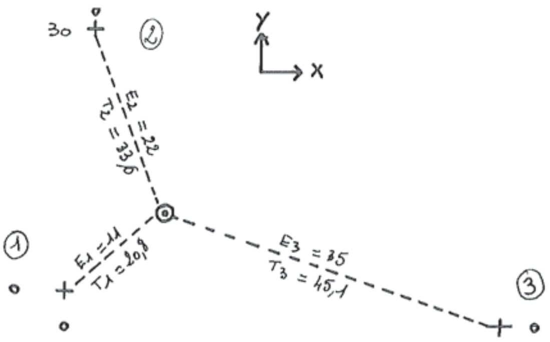
Les coordonnées du point M sont calculées sur la figure suivante.
Par ailleurs on calcule :

$$T^2_m = \frac{10\,000}{11{,}1 + 6{,}25 + 4} = \frac{10\,000}{21{,}35} = 468{,}4$$

puis la tolérance applicable à chaque cheminement :

$$T_1 = \sqrt{900 - 468{,}4} = 20{,}8 \text{ cm}$$
$$T_2 = \sqrt{1600 - 468{,}4} = 33{,}6 \text{ cm}$$
$$T_3 = \sqrt{2500 - 468{,}4} = 45{,}1 \text{ cm}$$

La figure montre la position définitive de M et les écarts de fermeture planimétrique des 3 cheminements E1, E2 et E3.



$$X_M = \frac{0 \times 11{,}1 + 0 \times 6{,}25 + 40 \times 4}{21.35} = 7{,}5 \text{ cm}$$

$$Y_M = \frac{0 \times 11{,}1 + 30 \times 6{,}25 + 0 \times 4}{21.35} = 8{,}8 \text{ cm}$$

C - CANEVAS ORDINAIRE POLYGONAL art. 5

— Fermeture en orientation (9)

$$T_{mgr} = 0{,}1 \sqrt{33\,000 + 10\,000\,(n + 1)}$$

La structure est la même que celle de la formule (5). Les valeurs des coefficients montrent que l'on a attribué aux orientations de départ et d'arrivée une imprécision de $\sqrt{330/2} = 10{,}7$ mgr $\neq 1$ cgr et que les angles doivent être mesurés à mieux que $\sqrt{100} = 10$ mgr ou 1 cgr. Pratiquement les observations doivent être faites avec un appareil lisant le milligrade.

— Fermeture Planimétrique (10)

$$T_{cm} = \sqrt{400 + 160\,L + 260 \sum L_i^2} + 30\,L$$

En revanche la formule diffère ici de son homologue (7) du canevas d'ensemble :

- sous le radical le terme en n est remplacé par un terme en L car les mesurages des côtés effectués avec les moyens traditionnels sont susceptibles d'une erreur accidentelle proportionnelle à la racine de la longueur et évaluée à 12 cm/km ou 4 cm/100 m,
- **hors radical** (terme 30 L) on a tenu compte de la possibilité d'une erreur systématique sur le mesurage des longueurs (d'ailleurs considérable : 30 cm/km).

Application numérique :

Cheminement tendu de 6 côtés mesurant dans l'ordre du calcul 180 - 200 - 150 - 200 - 120 m. On trouve T = 64 cm. Pour le même cheminement les tolérances les plus étroites de l'ancien système (terrain plat sans obstacle) auraient été, en longueur : 70 cm, en direction 35 cm.

Deux remarques au sujet du canevas polygonal ordinaire :

- la distinction de cheminements principaux et secondaires a disparu. Cela ne remet pas en cause la nécessité d'un développement rationnel des réseaux polygonaux,
- il peut arriver que pour un petit chantier (quelques centaines d'hectares) on soit appelé à utiliser un cheminement fermé sur lui-même, sans encadrement par un canevas d'ensemble. Ce cas n'est pas prévu par l'arrêté interministériel mais il se résout facilement par analogie avec celui prévu en 3.2.2. pour le canevas d'ensemble de précision. Il suffit de négliger dans la formule (10) les termes relatifs à l'incohérence des termes de départ et d'arrivée, ainsi qu'aux causes systématiques d'erreur. Il vient

$$T = \sqrt{160\,L + 260 \sum L_i^2} \quad (11)$$

— Point nodal : comme ci-dessus.

II - CANEVAS ALTIMÉTRIQUE

Nivellement direct

Particularités : trois degrés sont considérés : haute précision, précision, ordinaire.
Sans autre remarque.

Nivellement indirect

Les formules donnant la tolérance sur la mesure d'une dénivelée en mode indirect dérivent de celles qui expriment cette dénivelée en fonction de la longueur et de l'inclinaison de la visée :

$\lambda = L\,\mathrm{tg}i + q\,L^2$ (L = distance horizontale) (12)
$\lambda = L\,\sin i + q\,L^2$ (L = distance suivant la pente) (13)

le terme $q\,L^2$, correction de niveau apparent, étant très petit.

- Cas de la distance horizontale

$\Delta h = \Delta L\,\mathrm{tg}i + L\,\Delta\mathrm{tg}i + \varepsilon\,(qL^2)$
$\Delta h = \Delta L\,\mathrm{tg}i + L\,(1 + \mathrm{tg}^2 i)\,\Delta i + \varepsilon\,(q\,L^2)$

On notera que le terme $q\,L^2$ n'est pas différentié par rapport à L car l'erreur sur ce terme provient beaucoup plus de l'incertitude sur q que de l'inexactitude sur L.
On notera aussi qu'un terme constant (4) est ajouté sous le radical pour tenir compte de l'incohérence relative des altitudes des origines des visées.

La comparaison des formules T 1, T2, T3, de même qu'ensuite celle des formules T4, T5, T6, montre comment la réciprocité des visées, surtout si elles sont simultanées, atténue l'incertitude sur la correction de niveau apparent.

Pour comprendre l'introduction du coefficient 80 (ou 40 = 80/2 dans le cas de visées réciproques), il faut considérer que dans les formules Δ ou T est exprimé en centimètres alors que L l'est en kilomètre. En unités homogènes (le cm par ex.) le terme correspondant kà $80\,L^2\,(1 + \mathrm{tg}^2 i)^2$ doit s'écrire :

partie de $\Delta h_{cm} = 100\,000\,L_{km}\,(1 + \mathrm{tg}^2 i)\,\Delta i$;
par identification :

$100\,000\,\Delta i = \sqrt{80}$
$\Delta i = 10^{-5}\sqrt{80} = 8{,}94427.10^{-5}$ rad
$\Delta i = 5{,}7$ mgr

Les tables de tolérances publiées dans la circulaire du 28 janvier (BODGI p.p. 23 et 24) retiennent effectivement la valeur de 5,6 mgr, ce qui paraît à première vue considérable.

Pour les valeurs de Δ L (ou TL) les tables ont retenu 4 cm pour les canevas de précision, 20 cm pour les canevas ordinaires, en conformité avec les valeurs considérées en planimétrie.

- Cas de la distance mesurée suivant la pente.

On pourrait développer le même genre de commentaire que ci-dessus.

Il suffit de noter que la valeur Δ L est retenue pour 3 cm + $L_{(km)}$ comme on l'a vu à l'article "mesure des longueurs" pour la planimétrie.

- Cas de cheminement.

Chaque dénivelée bénéfice de la tolérance examinée ci-dessus, sauf à en exclure le terme constant sous radical (4). Soit T_i cette tolérance. La tolérance sur la fermeture du cheminement est

$$T_{cm} = \sqrt{4 + \sum T_i^2} \quad (11)$$

- Point nodal.

L'expression "point nodal" ne serait tout à fait propre que si l'altitude d'un point était déterminée par le résultat de plusieurs cheminements altimétriques y aboutissant.

Dans l'esprit du nouveau système de tolérance il faut élargir cette notion. Soit un point dont l'altitude est donnée par la moyenne pondérée des résultats d'un certain nombre de visées directes et/ou d'un certain nombre de visées inverses et/ou d'un certain nombre de cheminements.

Chaque détermination particulière doit être considérée comme "branche" d'un point nodal et les procédures développées ci-avant au sujet du point nodal planimétrique s'appliquent.
En outre trouve à s'appliquer la formule

$$T = \sqrt{T_m^2 + T_k^2}$$

écartée dans le cas du point nodal proprement dit, la détermination individuelle d'indice k étant le résultat **d'une mesure de vérification.**

III - TRAVAUX PHOTOGRAMMÉTRIQUES

La plupart des grandeurs soumises à vérification en cette matière ne peuvent être appréciées qu'au niveau de l'atelier de photogrammétrie. C'est à lui qu'appartient de fournir au maître d'ouvrage, avec les résultats, leur examen au regard des tolérances.

Cette partie de l'arrêté ne concernant qu'un nombre restreint d'usagers, il n'en sera pas traité dans le présent exposé.

IV - LEVER DE DÉTAIL ET VÉRIFICATION DES PLANS

Le canevas, objet de l'étude faite jusqu'à présent, n'est jamais réalisé pour lui-même. Le produit fini qu'attend le maître d'ouvrage, **c'est le plan,** qui doit satisfaire ses exigences de quelque manière qu'ait cru bon le géomètre de réaliser son canevas.

Si les auteurs du texte de l'arrêté ont néanmoins consacré une partie importante de leur travail au canevas, c'est en raison de deux considérations :

1 - Le canevas d'un lever doit pouvoir être utilisé en vue d'autres travaux ultérieurs. Il convient donc de lui conférer un intérêt général.

2 - Pour éviter des mécomptes au géomètre lors de la remise et de la vérification de son plan, il était indispensable de lui fournir un guide tout au long de la conduite de son travail.

En matière de vérification des plans la circulaire du 28 janvier pose en son § V.B un principe sain (et nouveau) :

"La vérification d'un plan a pour but de s'assurer de son **adéquation aux normes fixées par le maître d'ouvrage** en ce qui concerne la présentation, le contenu, la précision".

Il ne s'agit donc plus pour le vérificateur, d'imposer au maître d'ouvrage et par suite au géomètre des normes transcendantes, et en particulier une précision tantôt superfétatoire tantôt insuffisante, mais de s'assurer que la volonté du premier a bien été respectée par le second.

En revanche et pour que son choix soit éclairé, le maître d'ouvrage dispose, tant pour la planimétrie que pour l'altimétrie, **d'un catalogue de normes** qu'en trouve à l'art. 9 du décret.

Les normes une fois arrêtées, la vérification procède en deux temps :

1- Examen des écarts individuels entre les "dimensions-plans" et les mesures de vérification correspondantes.

A l'issue de ce premier examen le travail peut déjà être rejeté : cas où la proportion d'écarts hors tolérance est trop forte. Voir circulaire § V.C.2.

Dans le cas contraire on passe à la phase suivante.

2 - Examen de la moyenne quadratique des écarts.

Tout ce qui a été dit à ce sujet à la rubrique I B (écart moyen quadratique d'orientation peut être transposé ici :

La tolérance sur l'écart moyen quadratique est

$$T = Q\,\frac{\sqrt{2n-1} + 2,58}{\sqrt{2n}} \quad (12)$$

Q étant pour chaque norme les 2/5 de la tolérance sur les écarts individuels.

Si le plan vérifié subit avec succès cette nouvelle épreuve, il sera accepté et bénéficiera du **label** postulé. Sinon il ne pourra bénéficier que d'un label inférieur.

A noter qu'un rejet définitif de plan n'est jamais prononcé sans qu'on ait procédé d'abord à une extension de la vérification.

En conclusion provisoire à cette étude on peut dire que le nouveau système de tolérances et vérification marque un grand progrès sur celui de 1951 puisqu'il s'est efforcé d'en corriger les imperfections. Toutefois on doit aussi admettre qu'il n'a pas encore largement subi l'épreuve du feu et qu'il serait très intéressant que les services concernés — tant vérificateur que vérifiés — fassent part aux Comités départementaux des levers à grande échelle de toutes les remarques que viendrait à suggérer son utilisation.