

# Le contrôle et la représentation des affaissements de terrains

Autor(en): **Hunziker, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **49 (1951)**

Heft 4

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-208335>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## **Le contrôle et la représentation des affaissements de terrains**

*Par A. Hunziker, Berne*

### *a) Généralités*

Chacun sait que de très importants glissements de terrains sont signalés dans plusieurs régions montagneuses de notre pays. Les journaux techniques nous ont parlé abondamment du déplacement du sommet de la Rosablanche et du glissement du Motto d'Arbino. Ces phénomènes se produisent également sur le plateau suisse, mais ils sont moins apparents, en outre, la détermination trigonométrique de l'importance de ces mouvements pose un problème excessivement complexe que nous ne voulons pas aborder car il sortirait du cadre de cet article.

Par contre, de très nombreux affaissements ou tassements de terrains sont connus et régulièrement contrôlés. D'autres, plus nombreux encore sont inconnus ou seulement soupçonnés et proviennent, en général, des mouvements de terrain qui se produisent très fréquemment sur la surface de l'écorce terrestre. Les techniciens qui sont appelés à utiliser souvent les repères fixes du nivellement, que celui-ci soit fédéral ou cantonal, se sont certainement aperçus qu'il est tout à fait rare d'obtenir, entre deux repères d'un même groupe, soit donc deux repères très voisins, la même différence d'altitude que celle donnée dans le registre. La date de la détermination des altitudes étant toujours indiquée et étant parfois même très ancienne, il s'ensuit que dans l'intervalle de 10, 20, 30 et parfois même 40 ans compris entre la détermination de l'altitude et l'utilisation de celle-ci, des affaissements ou tassements de terrain se sont produits qui ont eu pour conséquence de modifier, en cet endroit, la surface du sol. Plus la date de la détermination des repères utilisés est ancienne, plus grands seront les écarts auxquels on est en droit de s'attendre.

En terrain bâti, le long des routes principales ou des voies ferrées, les affaissements de terrain ont très souvent des conséquences fâcheuses et il est tout à fait indiqué d'en établir l'importance et le périmètre par des mesures appropriées. Il ne faudra jamais perdre de vue que les affaissements n'ont pas la forme d'un cylindre s'enfonçant dans la terre, mais bien celle d'un cône s'enfonçant la pointe en bas. Ceci revient à dire que plus les affaissements durent plus leur périmètre s'étend.

Ainsi que nous le verrons plus loin, les bâtiments ne s'affaissent jamais ou presque, d'une manière uniforme, c'est-à-dire les 4 angles dans la même proportion. Au contraire, chaque angle accuse en général un affaissement différent, ce qui fait que le bâtiment s'incline et se lézarde et que les dommages d'abord minimes augmentent avec la durée et l'importance de l'affaissement. Sur les routes de grandes communications, la cuvette provoquée par l'affaissement aura pour conséquence d'allonger considérablement et dangereusement les câbles et conduites souterraines tels que téléphone, électricité, gaz etc., placés sous la chaussée, d'empêcher

l'écoulement des eaux de pluie si, ainsi que cela arrive souvent, les bouches à eau sont mal placées.

Pour ce qui est d'une voie ferrée traversant une zone d'affaissement, il y aura bien de procéder fréquemment au rechargement de la voie si l'affaissement est important. La voie ferrée de Bad Rheinfelden à Bâle, qui traverse la zone d'affaissements importants de Bad. Rheinfelden, où les affaissements sont de l'ordre de 10 à 14 cm par an, doit être rechargée tous les 6 mois; en outre, la région est très minutieusement signalisée et les trains traversent cette zone en marchant au ralenti.

Afin d'éviter toute surprise, il serait indiqué de toujours faire contrôler, par des mesures adéquates, tout terrain sur lequel des constructions importantes doivent être édifiées.

Le but de ces lignes est de traiter de la méthode d'observer avec exactitude, par le moyen du nivellement géométrique, ces phénomènes d'affaissements et la manière de les représenter graphiquement en fonction des temps.

Le périmètre de la zone à contrôler étant connu, il s'agira, en premier lieu, d'y placer un certain nombre de repères fixes. A cet effet, on donnera la préférence à un repère dont la tête aura la forme d'une calotte sphérique. Ce repère qui pourra être scellé aussi bien horizontalement que verticalement, aura l'avantage de ne présenter qu'un seul point d'impact quelle que soit la position choisie. Les repères à trous et à fiches sont à éviter, étant tout à fait impropres à des mesures de précision. Le type de repère étant choisi, on aura soin de les numéroter d'une façon ininterrompue afin d'éviter toute confusion.

Le repère scellé verticalement dépassera juste suffisamment pour permettre à la mire de pivoter librement. Le repère scellé horizontalement dans les façades ou dans les murs ne devra pas dépasser de plus de 2 cm, en outre on veillera à ce qu'il soit parfaitement horizontal, on évitera de le placer incliné vers le sol ce qui enlève toute la précision des mesures. En fixant ces repères dans les façades, on aura soin de contrôler que la verticale au-dessus du repère est libre de tout obstacle sur une hauteur d'au moins 3.20 m. On aura soin également de ne pas fixer les repères trop haut au-dessus du sol.

A l'intérieur de la zone à contrôler, la densité des repères dépendra de l'importance des affaissements et de la valeur des terrains que l'on se propose d'observer. On placera les repères de façon à pouvoir disposer de profils lesquels permettront, par la suite, de mieux interpréter les observations faites.

Au moyen de piliers en béton, fixés à 60 cm sous le niveau du sol, munis dans leur partie supérieure d'un repère protégé par un couvercle, il sera possible de contrôler également les terrains agricoles, non encore bâtis, et cela sans en interrompre l'exploitation. Ces piliers seront placés dans l'alignement d'objets apparents; les distances de l'un à l'autre étant connues, il sera toujours possible au moment des mesures, que l'on fixera de préférence au premier printemps ou à l'automne, d'en déterminer la position et de les découvrir pour les observations. La dimension de ces

piliers variera entre 1.20 m et 1.50 m de hauteur et entre 15 et 25 cm de section. Ces piliers sont en général transportés et placés tout faits.

La régularité, l'étendue et la vitesse du mouvement d'affaissement que l'on se propose de mesurer ne pourront être établis qu'au moyen d'un nivellement de précision. Un nivellement secondaire ne donnerait pas les résultats que l'on est en droit d'exiger, surtout dans la périphérie de la zone et lorsque les mouvements sont minimes. Le nivellement de précision sera rattaché à un ou plusieurs groupes de repères situés en terrain stable, bien en dehors de la région à observer. La stabilité des repères de référence sera régulièrement contrôlée chaque fois que les observations seront répétées. Lorsque la chose sera possible on veillera à intercaler la région d'affaissements entre deux groupes de repères fixes. Le trajet à niveler sera pourvu d'un certain nombre de points d'arrêt (rivets) distants de 400 à 500 m l'un de l'autre. Il n'est pas rigoureusement nécessaire de s'en tenir à des points stables pour la pose de ces points d'arrêt, des bordures de trottoir, marches d'escalier, bornes ou regards feront parfaitement l'affaire. Les appareils de nivellement modernes et les mires en invar, actuellement sur le marché, permettent la mesure d'un nivellement de ligne à une exactitude de  $\pm 0,2$  à  $\pm 0,3$  mm par km. L'éloignement des repères de référence n'enlève absolument rien à l'exactitude des résultats du nivellement de notre zone. En effet, supposons une région distante de 5 km des repères de référence et supposons une mesure entachée d'une faute moyenne accidentelle de  $\pm 0,4$  mm par km ce qui est beaucoup, nous aurons à compter avec une incertitude de  $\pm 0,4 \cdot \sqrt{5} = \pm 0,9$  mm. Ceci étant des valeurs extrêmes, montre clairement que les différences d'altitudes obtenues à la suite de deux observations consécutives peuvent être considérées comme absolues. Afin d'illustrer ce qui précède au moyen de chiffres, je citerai ci-après les résultats obtenus de 3 nivellements de précision consécutifs, d'une région d'affaissements située à 3 km de distance des repères de référence. Il est bien entendu que les dixièmes de mm ne sont que des valeurs de calculs et que seuls les mm sont publiés.

Rep. n°	Oct. 1945 Niv. de base	Oct. 1946 1er cont. mm	Oct. 1947 2e cont. mm	45-46 mm	46-47 mm
96	0	— 0,5	— 0,9	— 0,5	— 0,4
121	0	— 1,2	— 2,8	— 1,2	— 1,6
122	0	— 0,3	— 1,0	— 0,3	— 0,7
129	0	— 0,8	— 2,1	— 0,8	— 1,3
168	0	— 0,7	— 1,2	— 0,7	— 0,5

Il est évident que pour obtenir une telle exactitude, il est indispensable de procéder avec toutes les finesses nécessaires. On aura soin de niveler dans les deux sens, de prendre si possible toujours les mêmes appareils et les mêmes mires qui devront être étalonnées si les différences

d'altitudes dépassent 50 m. On veillera aussi à ce que la longueur des coups d'avant soit autant que possible la même que celle des coups d'arrière, la longueur des visées étant adaptée aux conditions atmosphériques. Concernant la longueur des visées, nous touchons ici à un sujet très controversé. Il est certain que les appareils modernes permettent de plus longues visées que leurs ancêtres, mais il ne faut rien exagérer ni dans un sens ni dans l'autre; on fera bien de se rappeler que plus on fait de stations plus on fait également de fautes et pourtant l'observation de routes à fortes pentes, qui obligent l'opérateur à faire des stations très rapprochées, donne des résultats surprenants d'exactitude. Pour ce qui me concerne personnellement, je conseille de s'en tenir aux distances de 25 à 40 m en terrain plat. Les vibrations par temps chaud, la réfraction et le mauvais éclairage, tous inconvénients qui rendent les lectures sur la mire très malaisées se chargeront déjà de mettre un frein au zèle de l'opérateur. Afin d'éviter autant que possible les erreurs systématiques dues au tassement de l'instrument et des mires, on veillera à placer ceux-ci sur les bordures de trottoir; s'il n'y en a pas et que la route à suivre soit asphaltée on placera les mires sur des fiches en acier plantées elles-mêmes entre la chaussée et la banquette, afin de ne causer aucun dommage.

Lorsque plus de 2 ou 3 repères fixés horizontalement — repères sur lesquels il n'est pas recommandé de tourner la mire pour changer de station — sont rapprochés, et qu'il existe la possibilité de les atteindre au moyen d'une seule station depuis un point central, il est indiqué de fixer sur ce point soit un rivet, un point de bille ou même un piquet, sur lequel on aura eu soin de planter un clou de tapissier à grosse tête ronde ou même une grosse vis. Ainsi faisant on reliera chacun de ces repères à ce point central lequel sera seul compris dans la ligne, tandis que les repères seront rattachés au moyen de petits embranchements.

On veillera à ne jamais arrêter les observations sur un point dont la stabilité est douteuse, piquets, bornes, etc.; s'il n'est vraiment pas possible de faire autrement, on choisira un deuxième point de contrôle et on répétera ce contrôle en reprenant les observations. De même si l'opérateur arrête son nivellement sur un repère horizontal, il repartira de ce repère en plaçant l'instrument sur la même station de façon à ce que la mire soit reprise dans la position qu'elle avait à l'arrivée. Si l'on dispose de 2 mires pour les observations, il sera indispensable de contrôler les pieds de ces mires l'un par rapport à l'autre. Pour ce faire, on procédera de la façon suivante: d'une même station d'instrument que l'on choisira pas trop éloignée, on fera plusieurs lectures sur les mires que l'on aura soin de placer avec précaution toujours sur le même point. On prendra comme zéro le point situé au milieu du pied d'une des mires — toujours la même — et l'on établira les différences avec les lectures que l'on aura obtenues en plaçant soit la même mire dans des positions extrêmes sur le même point, soit la deuxième mire dans les mêmes positions également sur le même point. En général on obtiendra des valeurs négligeables mais le cas contraire peut aussi se produire et se présentera par exemple comme suit:



ce croquis montre qu'en passant de la position à droite de la mire «A» à la position à gauche de la mire «B», on a fait une erreur d'un mm exactement qu'il importe de corriger, de la mire «A» milieu, à la mire «B» milieu, l'erreur commise est de — 0,3 mm.

Le nivellement de précision est le seul procédé permettant d'obtenir des résultats absolus et sur lesquels on puisse tabler.

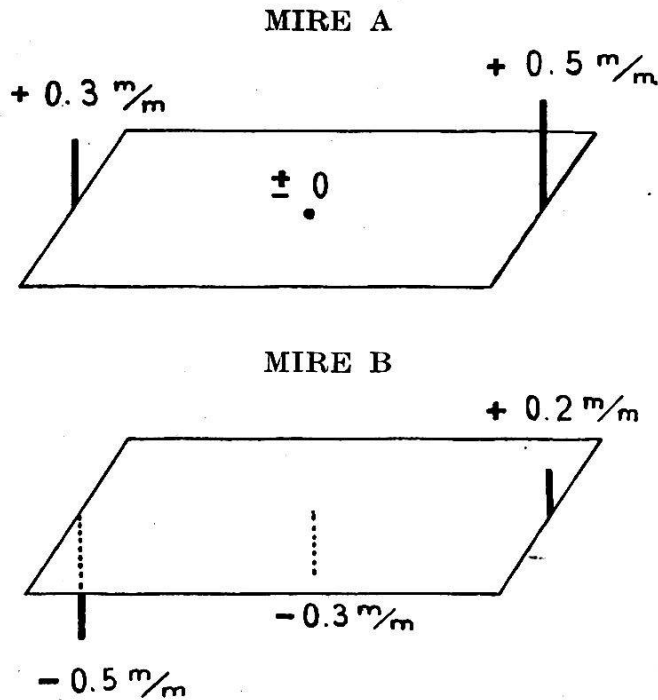


Fig. 1

### b) Représentation graphique

Afin de pouvoir être interprété exactement tout affaissement constaté devra être représenté graphiquement en fonction des temps; on disposera pour cela de plusieurs manières, dont nous allons montrer, pour commencer, la plus élémentaire. Supposons un point quelconque «A» observé plusieurs fois à intervalles très irréguliers comme suit:

- |    |               |                     |                   |           |
|----|---------------|---------------------|-------------------|-----------|
| 1. | 24. 10. 1945, | mesure de base,     | altitude obtenue: | 468.985 m |
| 2. | 1. 6. 1946,   | premier contrôle,   | altitude obtenue: | 468.975 m |
| 3. | 25. 2. 1947,  | deuxième contrôle,  | altitude obtenue: | 468,963 m |
| 4. | 22. 6. 1948,  | troisième contrôle, | altitude obtenue: | 468.942 m |
| 5. | 1. 10. 1950,  | quatrième contrôle, | altitude obtenue: | 468.907 m |

Sur une ligne horizontale, nous portons les intervalles de temps, adoptons  $2 \text{ mm} = 1 \text{ mois}$ . Les affaissements seront reportés de haut en bas à l'échelle  $1 : 1$ .

On aura toujours la ressource de pouvoir varier les proportions de nos échelles, suivant l'importance des affaissements mesurés. La figure 2 montre très caractéristiquement que nous avons à faire à un mouvement

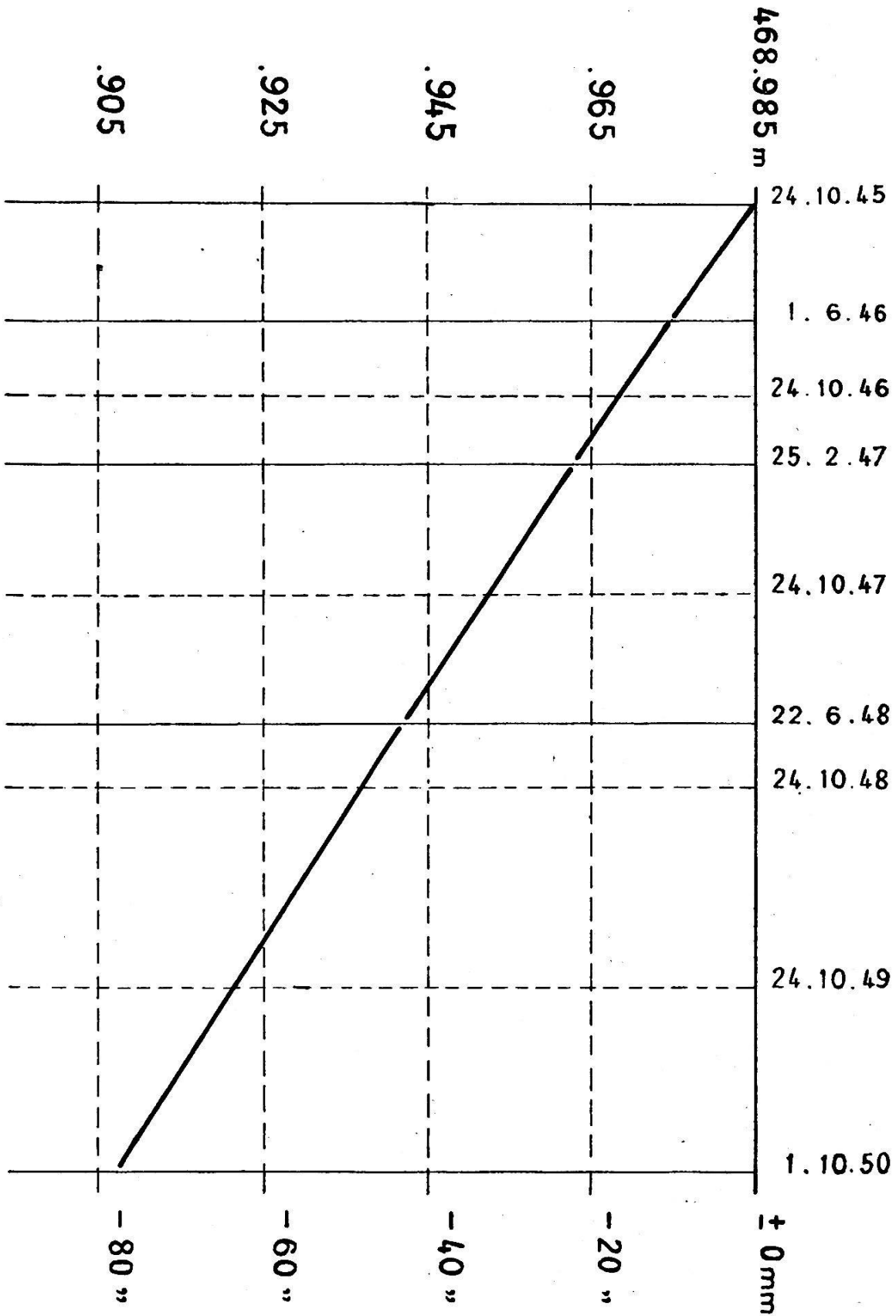
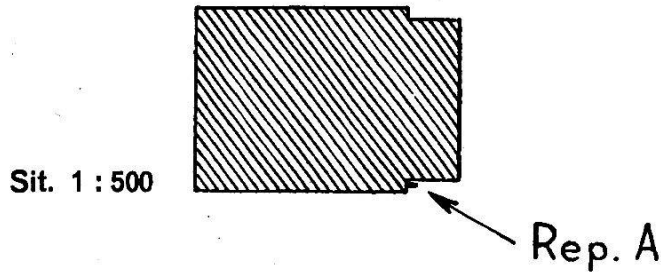


Fig. 2

régulier, ne présentant ni ralentissement ni accélération visibles. Notre figure montre également qu'on peut lire la cote du point, ou la grandeur de l'affaissement, à n'importe quel moment choisi. Nous constatons que pour le point «A» qui fait l'objet de notre exemple, l'affaissement est de 16 mm par an et en supposant que ce repère soit fixé dans l'angle d'un bâtiment nous allons représenter cet affaissement de la façon suivante:



### Schéma env. 1:500

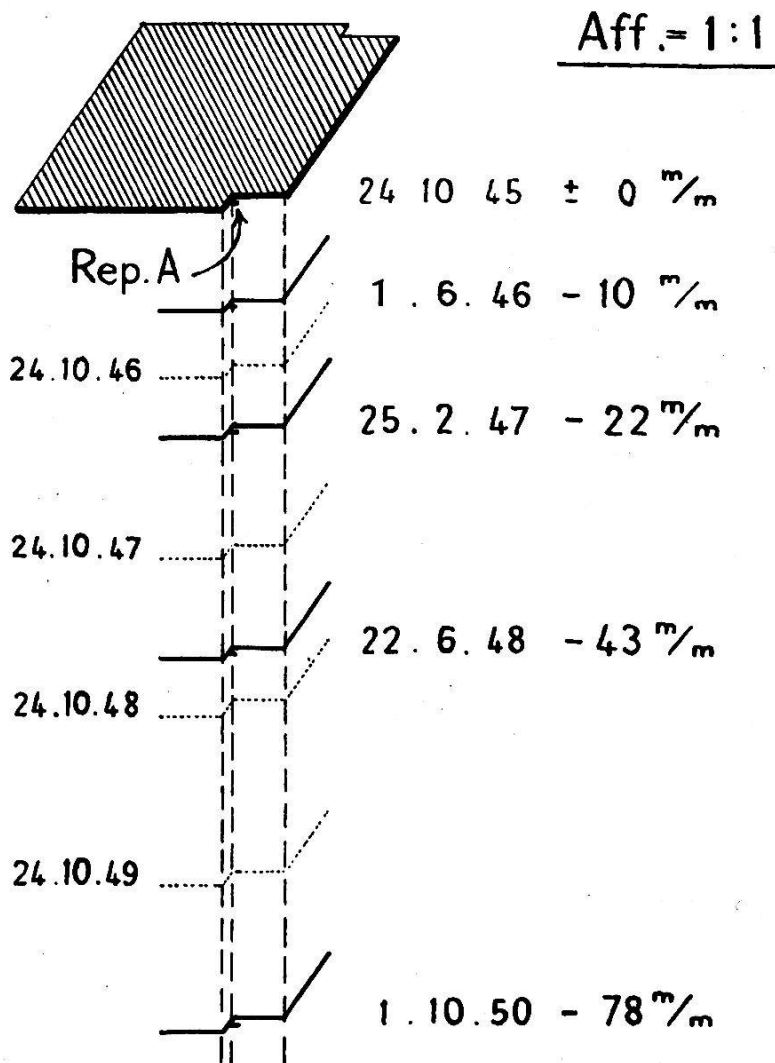


Fig. 3



*Inclinaison de la façade*

Echelle des affaissements: 1 : 1

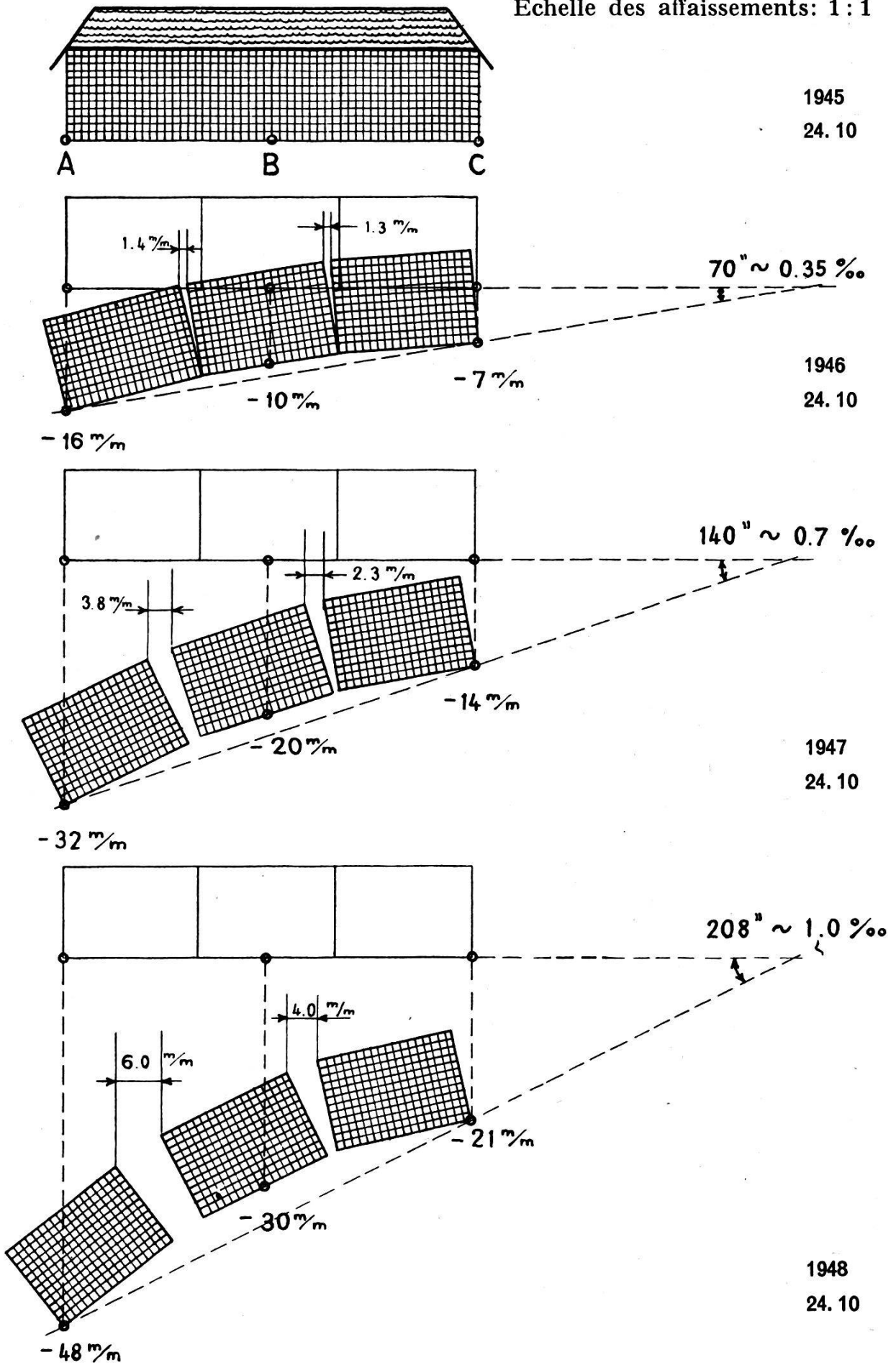


Fig. 4 a

*Situation:*

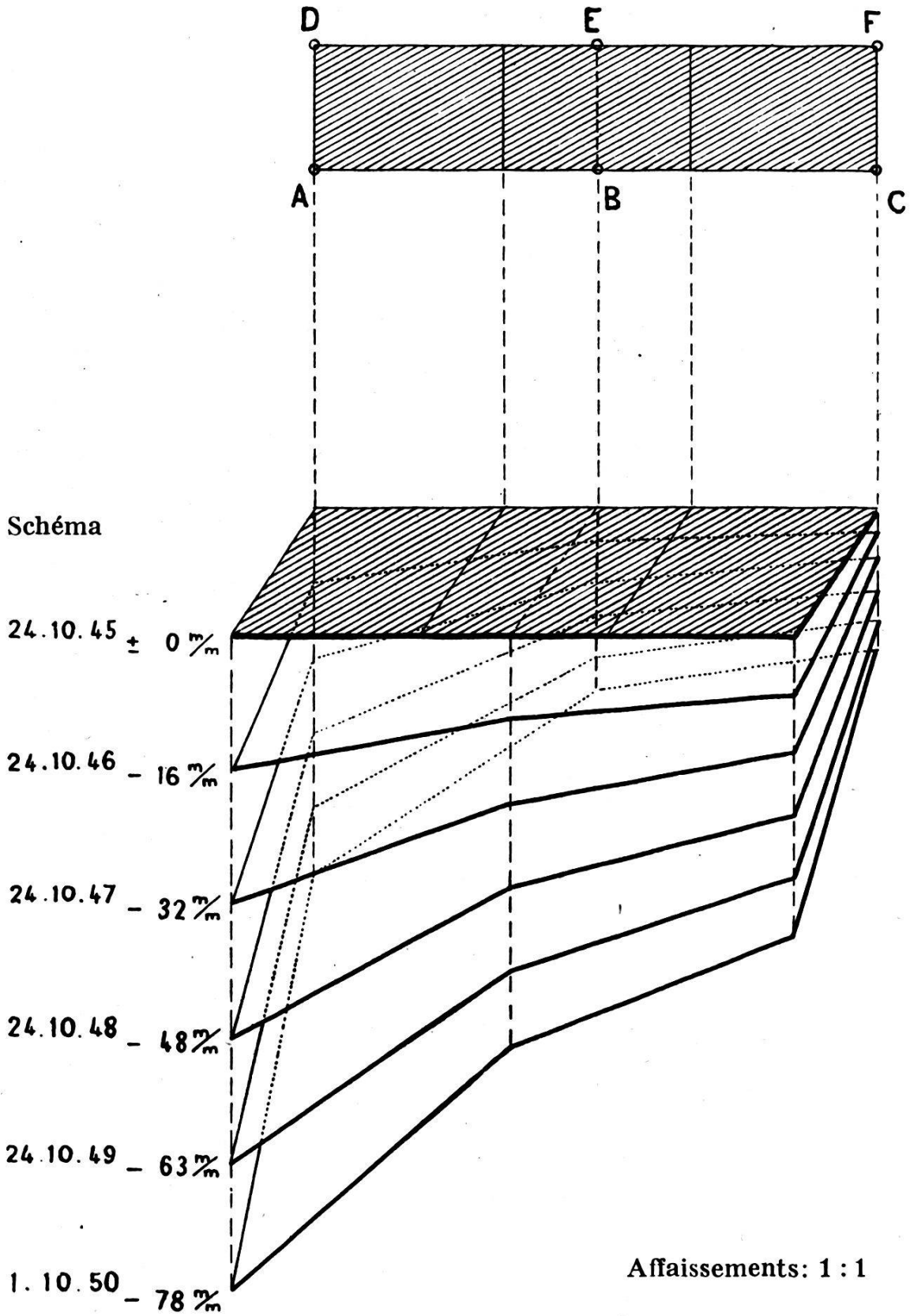


Fig. 4b

Ne possédant qu'un repère à ce bâtiment il n'est guère possible de représenter l'affaissement différemment. Si d'autres repères contrôlés se trouvent dans les environs immédiats de ce point, il sera indiqué de chercher à obtenir, par interpolation, le mouvement éventuel des autres angles de ce bâtiment, mais la chose ne sera qu'approchée et elle ne pourra être établie avec certitude que si le nombre des repères est augmenté.

Supposons maintenant le cas d'un bâtiment un peu plus important et pour lequel nous disposons de 3 repères placés sur la même façade. Dans l'angle de gauche de ce bâtiment nous placerons notre repère «A» et en plus 2 autres repères «B» et «C». Rapportons, par intervalle d'un an les affaissements constatés sur ces 3 repères lors de nos observations successives. Nous obtenons la figure suivante (fig. 4) qui est l'image fidèle de l'inclinaison de notre façade.

Continuons plus loin encore l'interprétation de nos mesures et voyons maintenant comment va se comporter notre bâtiment si nous disposons de 6 repères, placés l'un vis-à-vis de l'autre de chaque côté du bâtiment. Nous agrandirons un peu l'échelle de ce dernier afin de mieux l'adapter à celle (1 : 1) des affaissements.

On pourrait naturellement développer plus loin encore l'interprétation de nos observations en présentant par exemple, l'inclinaison de chaque façade séparément. Le procédé sera celui utilisé à la fig. 3. Si nous avons à faire à un édifice important, de forme moins rudimentaire que celle adoptée pour notre bâtiment, la chose méritera d'être faite. La proportion des échelles devra être étudiée avec soin, on se gardera de rien exagérer.

Voyons maintenant l'effet des affaissements sur les routes ou voies ferrées. Nous conserverons nos 6 points A, B...D que nous disposerons en ligne, à distances égales, de manière à obtenir, comme c'est le cas dans la pratique, un profil exact.

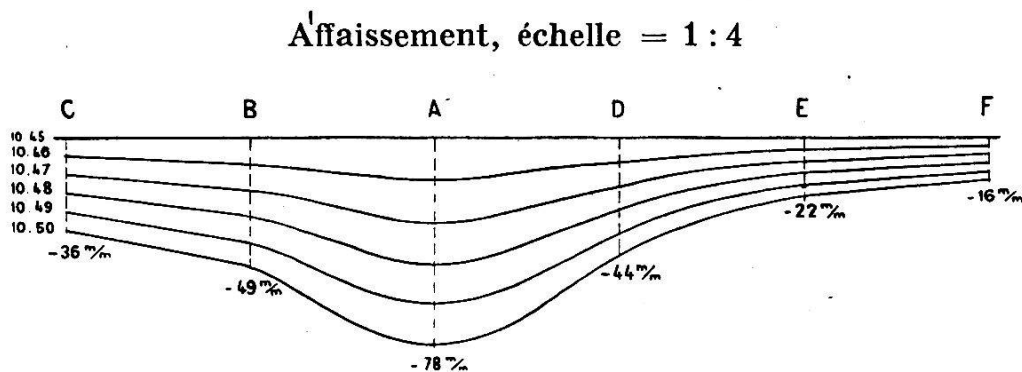
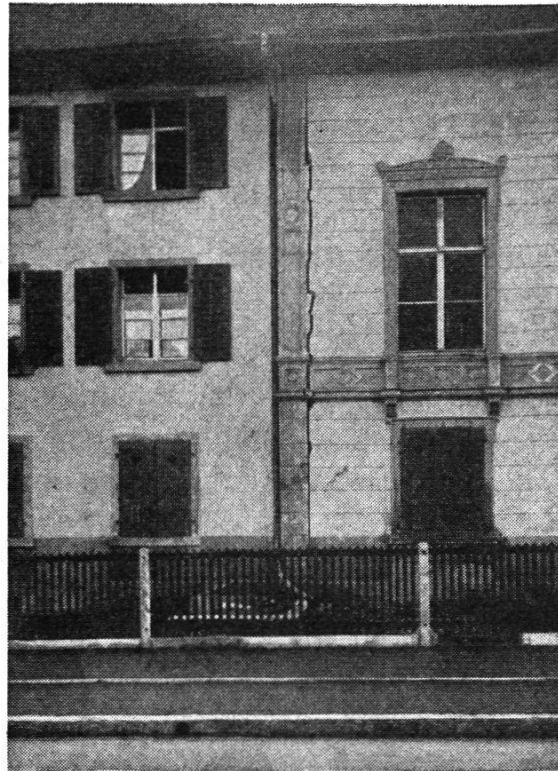


Fig. 5

La figure ci-dessus montre exactement l'allongement que les affaissements peuvent produire sur les conduites souterraines, la nécessité de placer ou de déplacer les regards servant à l'évacuation des eaux, etc. S'il s'agit d'une voie ferrée, l'importance d'un contrôle régulier.

*Conséquences des affaissements.*



Lorsque nous avons à faire à un nivellement de surface de quelque étendue, il est indiqué de représenter les affaissements au moyen de courbes de niveau d'affaissements. Ces courbes seront déterminées par interpolation entre les cotes des différents repères observés. Les courbes de niveau ainsi obtenues permettront la confection de tous les profils utiles.

Nous avons traité ci-dessus le cas de repères dont les affaissements sont réguliers; il existe naturellement d'autres cas, par exemple ceux

d'affaissements accélérés et ceux présentant un ralentissement marqué. Dans tous les cas, et à plus forte raison dans ces deux derniers, la seule façon d'établir exactement ces mouvements et leur vitesse est de s'en tenir à la représentation indiquée à la fig. 2.

## Über das Wegschaffen von Restparallaxen.

### Gedanken zum Orientierungsverfahren von J. Krames

Von H. Kasper, Heerbrugg

Im Oktoberheft 1949 dieser Zeitschrift brachte J. Krames einen Vorschlag über «Das Wegschaffen von Restparallaxen mittels graphischer Konstruktionen». Die ersten zwei Sätze dieser Abhandlung lauten:

«Beim gegenseitigen Orientieren von Luftaufnahmen kommt es oft vor, daß in einer Modellecke kleine Restparallaxen stehenbleiben, während im Gesichtsfeld sonst nirgends mehr  $y$ -Parallaxen zu beobachten sind. Da in solchen Fällen nach den üblichen optisch-mechanischen Verfahren keine weitere Verbesserung der Einpassung möglich ist, begnügt man sich gewöhnlich mit einem rein gefühlsmäßigen Aufteilen (Verdrücken) der Restparallaxen auf das gesamte Raummodell.»

Im ersten Satz wird gesagt, um welche Art von Restparallaxen es sich handelt. Die Größenordnung ist also bei einem Auswertegerät erster Ordnung etwa ein Meßmarkendurchmesser, das ist z. B. beim Auto-graphen Wild A5 rund 0,04 mm, bezogen auf die Bildebene.

Solche Restparallaxen in einer Modellecke können mannigfaltige Ursachen haben, die sich jedoch in zwei Gruppen einteilen lassen.

Zu einer Gruppe gehören jene Restparallaxen, die von lokalen Abbildungsfehlern des Aufnahmeobjektivs, unregelmäßiger Filmschrumpfung, unebener Filmlage bei der Aufnahme oder unebenen Platten bei Plattenkammern und Restfehlern des Auswertegerätes herrühren. Wenn es nicht möglich ist, diese Fehlerursachen einzeln aufzudecken und zu berücksichtigen, wird eine nicht unterschreitbare Grenzgenauigkeit der gegenseitigen Orientierung von der Gesamtheit dieser Restfehler bestimmt. Wie man sich gegen sie schützt und wann sie überhaupt wirksam bekämpft werden können, ist von Fall zu Fall verschieden und hängt auch von der Erfahrung und dem Geschick des Operateurs ab. In einer Zeit, als die photogrammetrischen Aufnahme- und Auswertegeräte noch unvollkommener waren als heute und namentlich eine unregelmäßige Filmschrumpfung stets befürchtet werden mußte, traten Ecken-Restparallaxen häufiger auf. Damals hatte man nur selten die Möglichkeit, die Fehlerursachen einzeln aufzudecken und nahm deshalb zu Tilgungsverfahren Zuflucht, die oft als «Verdrücken» bezeichnet werden mußten, besonders wenn ungeübte Operateure recht systemlos einen Ausweg such-