

LA HOUILLE BLANCHE

ÉDITIONS B. ARTHAUD, Succ^r de J. REY, GRENOBLE

Pour la Rédaction :

Abonnement } France..... 40 francs
pour une Année } Etranger 50 francs

Pour les Abonnements et Annonces :

S'adresser à M. P. PAGNON

S'adresser à M. B. ARTHAUD

Secrétaire Général

Le Numéro : 7 francs

Editeur

5, Place Jacqueline-Marval, 5
GRENOBLE

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

23, Grande-Rue, 23
GRENOBLE

COMITÉ DE DIRECTION SCIENTIFIQUE

BARBILLION, Professeur titulaire d'Electrotechnique à la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble.

CAMICHEL, Directeur de l'Institut Electrotechnique de Toulouse.

CHALUMEAU, Ingénieur en chef de la ville de Lyon

DARRIEUS, Ingénieur des Arts et Manufactures.

DUVAL, Directeur des Services électriques de la Société Générale d'Entreprises.

FLUSIN, Directeur de l'Institut d'Electrochimie et d'Electrometallurgie de Grenoble.

GENISSIEU, Ingénieur en chef au Ministère des Travaux Publics.

GRIGNARD, Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences, Directeur de l'Ecole de Chimie Industrielle de l'Université de Lyon.

MAUDUIT, Directeur de l'Institut Electrotechnique et de Mécanique appliquée à Nancy.

MERCIER, Administrateur-Délégué de l'Union d'Electricité.

DE PAMPOLONNE, Inspecteur général du Génie Rural.

PARODI, Directeur honoraire des Services d'Electrification de la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans.

PEPY, Professeur à la Faculté de Droit de Grenoble.

PAGNON, Ingénieur I. E. G., Secrétaire général.

SOMMAIRE

HYDRAULIQUE. — Canaux d'amenée d'eau souterrains. Méthode pour donner les directions géométriques souterraines. Triangulation, par R. F. BERTHE. — Note sur les phénomènes périodiques dans les conduites forcées à caractéristiques multiples, par Ch. JAEGER.

ELECTRICITE. — Le contrôle économique de la Production dans les Usines interconnectées. Méthodes et Dispositifs, par M. DUGIT.

DOCUMENTATION. — **LEGISLATION.** — **INFORMATION.** — **BIBLIOGRAPHIE.**

HYDRAULIQUE

Canaux d'amenée d'eau souterrains

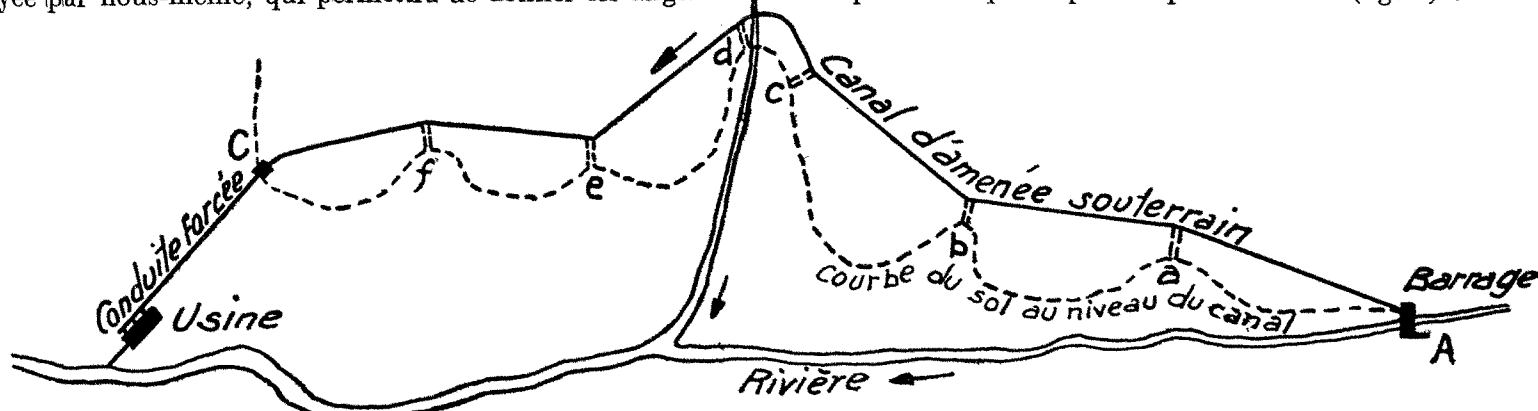
Méthode pour donner les directions géométriques souterraines Triangulation

par R. F. BERTHE, Ingénieur-Conseil, ancien expert de l'Etat, directeur d'études et de travaux.

Nous envisageons le cas général d'un canal d'amenée d'eau souterrain, comportant plusieurs fenêtres d'attaque, et nous nous proposons d'exposer la méthode pratique, employée par nous-même, qui permettra de donner les aligne-

ments géométriques à chaque fenêtre, de façon à obtenir un percement correct du canal.

Le problème qui se pose se présente ainsi (fig. 1) :



Un canal d'aménée d'eau souterrain a été tracé à flanc de cotéau ; il comporte plusieurs fenêtres : *a, b, c, d, e*. Le canal part d'un barrage A et aboutit à la chambre d'eau C. Les profondeurs des fenêtres ne seront fixées qu'à l'exécution, et dépendent de la qualité du rocher. Leur direction est fixée approximativement, normalement à la pente du terrain, et sera relevée par la suite.

Un relevé de la courbe de niveau au droit du canal a montré l'emplacement des fenêtres qui sont généralement situées dans les parties creuses. Un nivellement géométrique a fixé également le point d'entrée, compte tenu de la pente à donner pour l'écoulement des eaux de la partie aval du canal et de la fenêtre elle-même.

Les opérations se déroulent alors ainsi :

Chaque tête de fenêtre ainsi déterminée est fixée par un petit massif en béton solidement ancré dans le sol et contenant, au centre, un tube d'acier de 30^{mm} pouvant recevoir un jalon de visée.

TRIANGULATION. — L'on procèdera alors au relevé d'une triangulation fixant toutes les têtes de fenêtre, conformément au schéma suivant (fig. 2) :

aigu possible (en dessus de 30 grades environ). — La figure 2 montre, par les côtés ponctués, le rattachement des fenêtres à la chaîne.

À l'extrémité de la chaîne triangulée, on ménagera une base de contrôle, mesurée avec les mêmes précautions que la base de départ ; cette mesure permettra le calcul de la compensation de la triangulation par la méthode qui sera exposée plus loin.

On évitera des angles trop plongeants.

Les signaux surmontant les points seront constitués par une balise de bois sec de 5 × 5 cm. de 2,50 m. de hauteur, en tête de laquelle on cloue en croix 2 planchettes de 60 × 40 cm., peintes en rouge et blanc. La balise est maintenue rigoureusement verticale par deux contrefiches clouées sur piquets enfoncés dans le sol ; dans le cas de sol rocheux, on sera amené à planter dans les fissures du roc — ou à sceller — des morceaux de fer rond servant d'attache à du gros fil de fer remplaçant la contrefiche en bois.

Relevé des angles. — Pour faciliter les calculs, l'on adoptera la division centésimale du cercle.

Pour des triangulations d'importance moyenne (2° ou

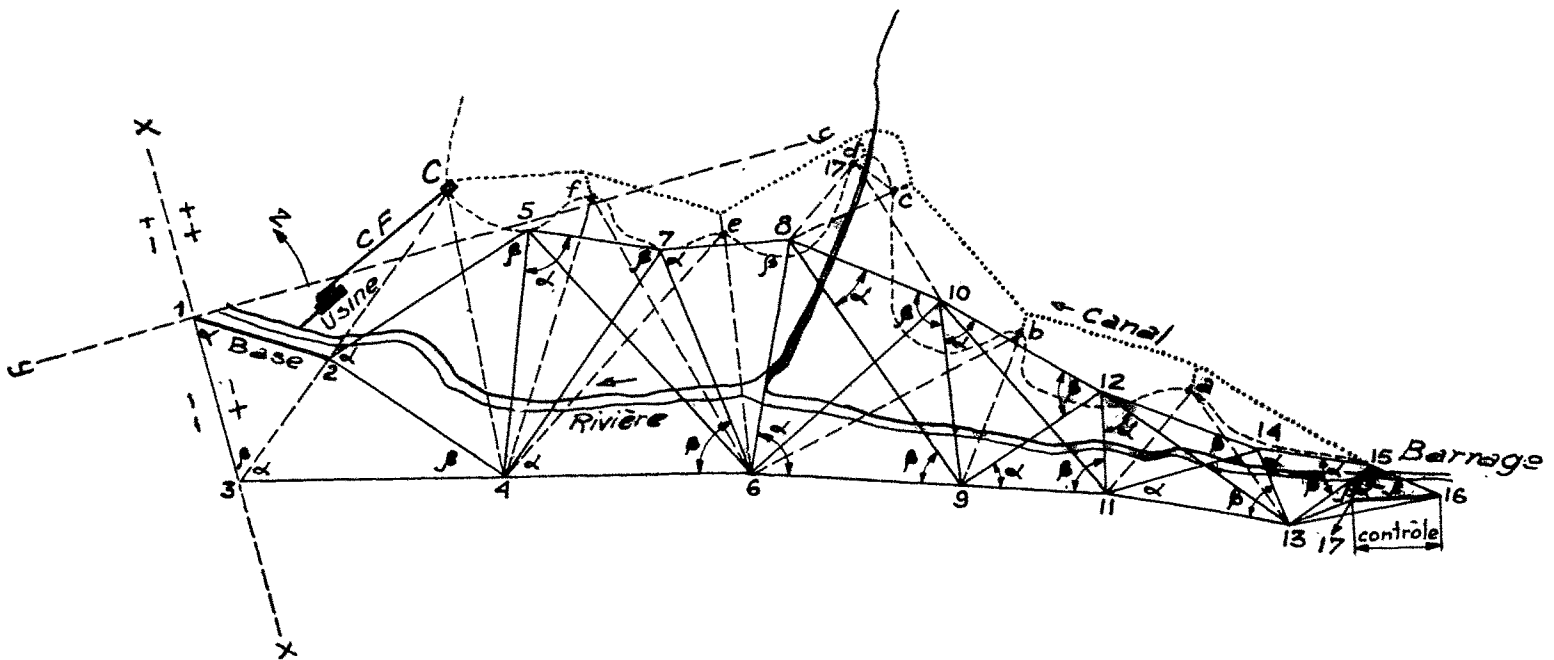


Fig. 2. — Triangulation des fenêtres
Trait plein = chaîne triangulée. Trait ponctué = repérages

La base de départ, dont la longueur sera de 300 à 500 mètres, suivant l'importance du premier triangle, est choisie dans une partie de terrain aussi régulière que possible, à pente peu élevée. Cette base est jalonnée par des piquets posés au théodolite, tous les 10 mètres, permettant une mesure directe au ruban d'acier, de piquet à piquet, mesure réduite ensuite à l'horizon, les niveaux des piquets ayant été relevés. — Cette opération sera répétée 3 ou 4 fois, et l'on prendra la moyenne des mesures.

Les points trigonométriques sont formés par le scellement dans le rocher d'un tube de 30^{mm}. Dans les parties non rocheuses, on coulera un petit massif de béton.

La situation des points est commandée par la visibilité des autres points, et par l'utilisation des côtés dans la formation du triangle permettant le repérage de la fenêtre. On s'attache également à obtenir des triangles dont les côtés

opposés au côté connu, se recoupent sous un angle le moins 3° ordre), un théodolite répétiteur pouvant donner, par approximation, le 1/4 de minute centésimale, est suffisant. L'instrument sera réglé, au préalable, par vérification des 3 axes, suivant les méthodes connues.

On adoptera la méthode de la répétition qui consiste à exécuter plusieurs tours d'horizon dans diverses parties du cercle, en vue de répartir les erreurs d'impression du limbe.

On exécutera au moins trois tours d'horizon, dans les deux positions de la lunette, avec lectures aux deux verniers. Ces lectures s'exécuteront par temps calme, à l'abri du soleil, l'instrument étant solidement posé et vérifié entre chaque série de lectures.

Le tableau ci-dessous (fig. 3) montre la disposition à adopter comme carnet de relevé d'angles ; il est extrait du *Traité de topographie* de Pelletan.

α''	40. 35. 67,	» »	=	$\bar{1}$. 77. 255. 0	»	9
α'''	96. 07. 96,	» »	=	$\bar{1}$. 99. 918. 0	»	1
Totaux.....				11. 115. 9		37
β	42. 71. 49,	log sin	=	$\bar{1}$. 79. 361. 0	diff. tabulaire	8
β'	88. 82. 66,	» »	=	$\bar{1}$. 99. 327. 7	»	1
β''	23. 16. 50,	» »	=	$\bar{1}$. 55. 133. 0	»	18
β'''	40. 39. 87,	» »	=	$\bar{1}$. 77. 293. 8	»	9
Totaux.....				11. 115. 5		36

Somme des diff. tabulaires..... 37 + 36 = 73

(Les différences tabulaires des angles plus grands que 100 g, auront le signe négatif. —).

La différence des sommes des log. sin des angles α et β est de 0,4, et l'angle correctif sera :

$$\frac{0.4}{73} = 0.0055 \text{ minutes centésimales,}$$

soit 0,55 secondes centésimales.

Cette valeur, dans le cas particulier, est négligeable. Si on avait trouvé par exemple 5 ou 6 secondes centésimales, on corrigerait les angles ci-dessus de cette valeur, les angles α étant diminués, et les angles β augmentés de la même valeur, de façon à ce que la somme des log. sin. des α égale rigoureusement la somme des log sin des β .

Compensation de la chaîne triangulée par accord des bases

Le calcul des triangles étant effectué, on obtient la valeur du côté 17 — 16, qui doit être semblable au côté mesuré sur place. Si la différence est sensible (plus que 3 cm. par exemple), on procède à la compensation générale suivante, toujours d'après la méthode du commandant Lehagre (voir fig. 2). Les angles α et β sont ceux du contour extérieur de la chaîne, en suivant la marche du calcul des triangles, on a :

$$\text{angle correctif } x = \frac{\Sigma \log \sin \beta - \Sigma \log \sin \alpha + \log B_a - \log B_a}{\Sigma D\alpha + \Sigma D\beta}$$

x est exprimé dans l'unité qui est marquée par le dernier

chiffre des angles d'entrée de la table ; le signe résulte de la formule :

Ba = base d'arrivée (côté 17-16) ;
 Bd = base de départ (côté 1-2) ;
 $D\alpha$ et $D\beta$, différences tabulaires.

x sera appliqué à chaque angle α et β , en + ou — sur α , en — ou + sur β . — Au contrôle l'angle correctif x devient 0, et le côté calculé de la base d'arrivée est égal à celui mesuré.

CALCUL DES TRIANGLES

Nous adoptons également le tableau de calcul présenté par M. Pelletan (fig. 5).

La relation générale du calcul des triangles est :

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

Posons :

$$\frac{a}{\sin \alpha} = m,$$

nous tirons :

$$\begin{aligned} b &= m \sin \beta \\ c &= m \sin \gamma \\ a &= m \sin \alpha \end{aligned}$$

On calcule pour chaque triangle la valeur m dont le log est inscrit en tête du tableau, à chaque triangle.

CALCUL DES COORDONNÉES

Azimuts. — On choisit comme axe des x , un côté quelconque, par exemple le côté 1 — 3, de façon à contenir l'ensemble de la triangulation dans un cadran ; l'axe des y sera perpendiculaire au sommet 1. Les azimuts suivront le sens contraire des aiguilles d'une montre et partiront de l'axe des y , côté Nord (voir fig. 2, flèche).

Le quadrant 1 aura le signe + pour les x et y ; le quadrant 2, + pour les x , — pour les y ; le quadrant 3, — pour les x et y ; le quadrant 4, — pour les x , + pour les y .

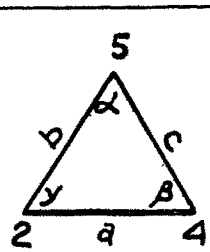
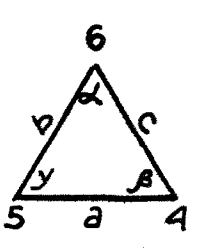
Triangles	Angles mesurés				Angles corrigés				$m = \frac{a}{\sin \alpha}$	Log des côtés			Côtés (mètres)													
									Log du sinus	$a = m \sin \alpha$ $b = m \sin \beta$ $c = m \sin \gamma$																
									Log m =	3.529.5708																
									α	27	11	50.8			27	11	47.8	$\bar{1}$. 616.1150	a	3.145 6858		a	1398.575			
										β	28	00			84.2	28	00	81.2		$\bar{1}$. 629 3022	b		3.158.8730		b	1441.694
										γ	144	87			74.	144	87	71.0		$\bar{1}$. 881.7602	c		3.411 3310		c	2578.286
200 corr.			00	09.0	200	00	00.0																			
									Log m =																	

Fig. 5. — Calcul des triangles.

- On adoptera les règles suivantes pour éviter toute erreur :
- Quadrant 1 : le sinus des azimuts donne les x ;
 » le cosinus des azimuts donne les y .
 - Quadrant 2 : le cos. du supplément à 100 g. donne les x ;
 » le sin. du supplément à 100 g. donne les y .
 - Quadrant 3 : le sin. du supplément à 200 g. donne les x ;
 » le cos. du supplément à 200 g. donne les y .
 - Quadrant 4 : le cos. du supplément à 300 g. donne les x ;
 » le sin. du supplément à 300 g. donne les y .

Règle pour le calcul des azimuts

Le sens du calcul étant, par exemple 1, 3, 4, 6, 9, l'azimut de 1-3 sera 300 g.; l'angle intérieur 1-3-4 étant, par exemple 105 g., il suffit, pour obtenir l'azimut de 3-4, de retrancher à l'azimut de 1-3, l'angle 1-3-4, soit :

$$300 - 105 = 195,$$

soit en ajoutant deux droits, 395 grades.

D'où la règle :

Retrancher successivement les angles de chaque sommet, pris à gauche du sens du calcul, et compléter ou retrancher les droits par simple coup d'œil du réseau dessiné à une échelle réduite.

On exécutera ainsi le tour de la triangulation pour retomber au côté 1-3 avec 300 grades, si aucune erreur n'a été commise.

Tableau du calcul des coordonnées

Ci-dessous type du tableau :

Les fenêtres ont des longueurs L et L_1 . Les lignes ponctuées indiquent les deux côtés du triangle de repérage de l'entrée. — Nous connaissons l'azimut de l'une de ces lignes = B ; nous mesurons l'angle A , ce qui nous conduit à connaître l'azimut de la fenêtre qui est : $(B-A)$.

Nous pouvons donc calculer les coordonnées de la fenêtre, à son extrémité intérieure, points de départ de la galerie.

Un raisonnement semblable s'applique à la fenêtre 2.

Ayant ainsi les coordonnées de la galerie au droit des fenêtres, nous pouvons en déduire les différences de coordonnées Δx et Δy .

En posant :

$$\text{tg. } C = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

nous obtenons l'angle C ; l'angle à porter sera alors :

$$200 \text{ g.} + (B - A) + (100 - C)$$

A la fenêtre 2, l'angle D est égal à :

$$200 - [100 + (B - A)] ;$$

l'angle C a été calculé précédemment.

On a alors, pour l'angle à porter :

$$200 - (C + D)$$

La figure inférieure indique un angle entre 2 fenêtres. Comme précédemment, nous obtenons l'azimut z de la fenêtre, et pouvons calculer les coordonnées à la galerie. Les coordonnées du point 2 ayant été fixées par le tracé du pro-

Points ou Sommets	Angles	Azimuts Z	Côtés	Calcul des différences des coordonnées		Différences des ordonnées Δy		Ordonnées y + mètres - mètres	Différences des abscisses $\times \Delta$		Abcisses \times + mètres - mètres
				log. $\frac{\sin Z}{\text{ou } \cos Z}$ log. d log. $\frac{\cos Z}{\text{ou } \sin Z}$	log. $\left(\frac{\sin Z}{\text{ou } \cos Z}\right)$ log. $\left(\frac{\cos Z}{\text{ou } \sin Z}\right)$	(x) + (y)	-		+	-	
7	65.19.01	214.05 37						- 4756.1906			+ 671.2853
9		348.86 36		1. 857.1006 2. 862.7752 1. 841.5926	2.719 8758	506.253			524.6575		
13 bis	88.04.79	60.81 57						- 4249.9373			+ 146.6278
(points quelconques ne se rapportant pas à la Fig. 2)				1. 911.9464 2. 968.1009 1. 761.4552	2.880 0473	536.483			758.6602	+ 905.2880	

Fig. 6. — Calcul des coordonnées

En exécutant le calcul sur le contour extérieur de la chaîne, on doit retomber exactement sur les coordonnées du point 1 de départ, qui sont 0-0.

Les coordonnées des sommets de fenêtres seront calculées également en utilisant les triangles de repérages.

CALCUL DES ANGLES A DONNER A L'INTÉRIEUR DE LA GALERIE (fig. 7)

Le haut de la figure représente une galerie rectiligne entre deux fenêtres,

jet, ou l'état des lieux, nous pouvons alors poser :

$$\text{tg } B = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Nous obtenons ainsi l'angle B , et l'angle A , d'où l'angle en 2 sera :

$$A + B + 100 \text{ g.}$$

Contrôle. — On exécute un dessin à grande échelle (1 : 2500), de la triangulation en utilisant les coordonnées,

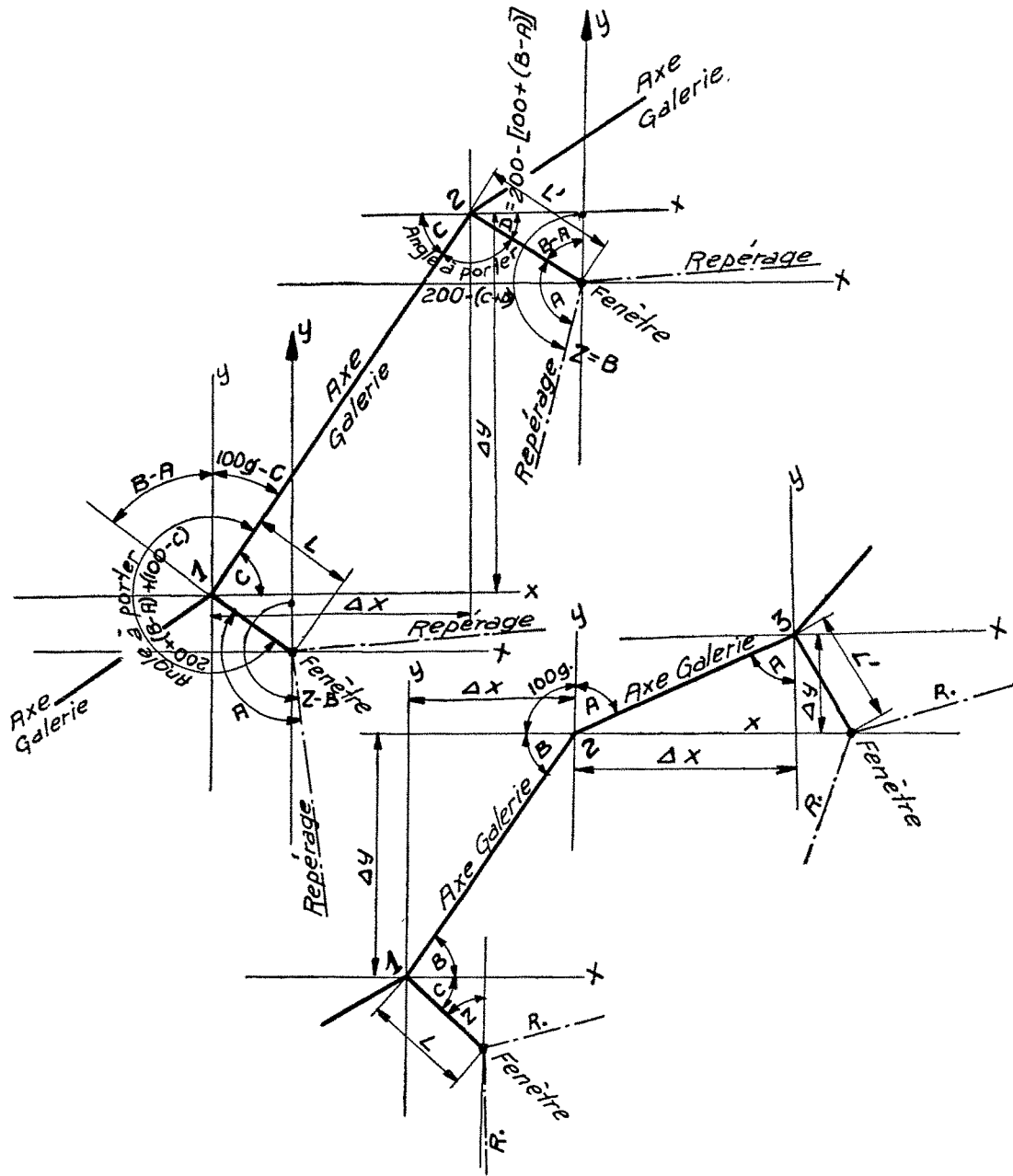


Fig.7— Calcul des angles de direction.

et l'on contrôlera, par mesure directe, (procédé de la tangente), les angles ainsi calculés.

Nivellement. — Les piquets d'alignement seront posés en calotte et nivelés. Les cotes du radier étant calculées en ces points, on déduira les hauteurs qui doivent exister sous les piquets nivelés, pour obtenir le niveau théorique du radier. On remettra alors, au chef mineur, les cotes des nivelet-

tes pour un plan passant par exemple 1 m. plus haut que le radier.

Distances entre fenêtres. — Connaissant les différences de coordonnées, il est aisé de trouver la distance. Il suffira de diviser le Δx ou Δy par le cosinus de l'angle calculé précédemment.

