

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 98 (1972)  
**Heft:** 13: SIA spécial, no 3, 1972

**Artikel:** Abaques pour l'addition de vecteurs  
**Autor:** Gardiol, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-71552>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

*Solution sans coupures.* Le but recherché en opérant des coupures de barres est d'obtenir des valeurs provisoires pour les inconnues. Ce fut le mérite du professeur Mayor d'éviter ce fractionnement des variations de coordonnées des noeuds. Cet éminent staticien considère seulement deux états : l'initial en faisant abstraction de la ou des forces et l'état final. Il n'y a pas d'état intermédiaire et pas de termes absolus dans les équations aux déformations, ce qui exclut la formation de dérivées partielles de l'énergie. Les coefficients  $a, b, c\dots$  ne sont, théoriquement, plus rigoureusement les mêmes que précédemment mais bien pratiquement. Cette méthode de Mayor redevient très actuelle comme l'auteur de la publication EPUL n° 104 le montre. Un choix n'est pas très facile ; éventuellement, à titre de contrôle, on calculera avec coupures puis sans coupures.

Quel que soit le mode de calcul il convient d'insister sur le rôle que joue l'ellipsoïde de déformation des noeuds (Formänderungsellipsoid) ; il manque encore un élément : la déformation quadratique moyenne relative à l'unité de poids. Mais pour le praticien cet élément joue un rôle secondaire car il ne contribue pas à fixer la forme mais l'échelle de la surface.

Quant aux essais et recherches sur modèles réduits préconisés par certains Instituts ils fournissent des éléments de contrôle mais ne suffisent pas toujours et occasionnent parfois des frais non négligeables.

Pour un groupe d'ellipsoïdes de déformation des noeuds c'est moins simple : on forme la matrice de rigidité et son inverse. Tous les éléments nécessaires sont alors connus.

*Covariance.* Bien que cette notion soit traitée à fond dans la littérature ([3], p. 107) il convient d'en faire mention. Au lieu de rendre minimum la somme des  $p v v$  (travail déformation) il faut considérer l'expression :  $[p v v] + p_{12} v_1 v_2 + p_{13} v_1 v_3 + \dots$

Il y a deux matrices :  $\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix}$  et l'inverse  $\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{bmatrix}$

dites respectivement des poids, et des cofacteurs.

Le contrôle par les poids a posteriori n'est plus applicable. D'autres éléments de cet important problème ont fait l'objet de précédentes publications ; il n'est pas nécessaire de les développer à nouveau.

## Conclusions

La solution relative aux systèmes surdéterminés au sens de la méthode des moindres carrés, développée dans le cours d'analyse numérique EPFL, se prête de façon remarquable au calcul de structures articulées à barres surabondantes. Elle permet notamment de calculer les ellipsoïdes de déformation des noeuds [4], élément jouant un rôle capital car si une de ces surfaces est très aplatie ou au contraire sphérique ce n'est pas la même chose. Ce calcul est devenu courant.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. DESCLOUX : *Analyse numérique* (cours EPFL).
- [2] F. STÜSSI : *Baustatik I, II* (Birkhäuser Bâle).
- [3] H. WOLF : *Ausgleichsrechnung* (Dümmlersverlag, Bonn).
- [4] A. ANSERMET : *Neue Methode zur Berechnung von statisch unbestimmten Fachwerkuppeln*, Chaire de statique Zürich (publication subsidiée par le Fonds national).

Adresse de l'auteur :

Auguste Ansermet  
Villa Les Glycines  
Case postale 106, 1814 La Tour-de-Peilz

# Abaques pour l'addition de vecteurs

par F. GARDIOL, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

## 1. Introduction

Qu'il s'agisse de l'ingénieur civil ou mécanicien devant déterminer la résultante d'un ensemble de forces ou de contraintes, du physicien qui étudie les vitesses et les accélérations dans des référentiels en mouvement ou de l'ingénieur électricien qui manipule des flèches de Fresnel pour la résolution d'un problème polyphasé déséquilibré, la plupart des ingénieurs sont amenés occasionnellement à additionner des grandeurs vectorielles. Lorsque les composantes de chaque vecteur sont données dans un repère cartésien, la résolution est immédiate et ne fait appel qu'à de simples additions. Par contre, lorsque les vecteurs sont spécifiés par leurs amplitudes et leurs directions respectives, le problème se complique : il faut alors déterminer les composantes dans un repère préalablement choisi, sommer ces composantes et finalement déterminer l'amplitude et la direction du vecteur résultant. Bien que ces différentes étapes de la résolution ne fassent appel qu'à

des opérations algébriques et trigonométriques élémentaires, la résolution complète du problème n'en requiert pas moins un certain temps et peut donner lieu à des erreurs. Ce processus peut être fortement accéléré à l'aide des deux abaques présentés ici. Ces abaques permettent par ailleurs d'obtenir une meilleure compréhension du problème, comme on pourra le constater dans les exemples donnés par la suite.

De nos jours, grâce à l'ordinateur, l'addition de vecteurs ne présente aucun problème pour l'utilisateur disposant du programme de calcul adéquat. L'ingénieur peut néanmoins faire appel occasionnellement à la méthode graphique présentée ici qui, si elle est moins précise, permet de déterminer directement des ordres de grandeur ou de vérifier des résultats de calculs à l'ordinateur (précaution toujours souhaitable mais souvent oubliée...).

## 2. Utilisation des abaques

On cherche la résultante  $\vec{C}$  de deux vecteurs  $\vec{A}$  et  $\vec{B}$ , donnés chacun par leur module  $A$  et  $B$  et les angles  $\varphi_A$  et  $\varphi_B$  qu'ils font avec un axe de référence  $\times$  situé dans le même plan (fig. 1). On définit ces deux vecteurs de façon à avoir  $A \geq B$ . Le vecteur somme est représenté de même par son amplitude  $C$  et par l'angle  $\varphi_C$ .

Note : Ce diagramme est directement utilisable pour l'addition de grandeurs complexes (phaseurs, flèches de Fresnel) ; on a dans ce cas

$$A = A e^{i\varphi_A} \text{ et } B = B e^{i\varphi_B}$$

L'axe des  $\times$  correspond ici à l'axe des réels, et le soulignage dénote un nombre complexe.

Pour déterminer les paramètres de la résultante  $\vec{C}$ , on calcule tout d'abord les valeurs suivantes :

$$B/A \leq 1 \text{ et } |\varphi_B - \varphi_A| \leq 180^\circ$$

On trace ensuite sur l'abaque 1 une ligne droite joignant les points correspondants aux valeurs de  $|\varphi_B - \varphi_A|$  (échelle de gauche) et  $B/A$  (échelle de droite) calculées ci-dessus. L'intersection avec la droite du centre donne l'amplitude relative de la résultante  $C/A$ .

On procède de même pour trouver la phase relative de la résultante  $|\varphi_C - \varphi_A|$  à l'aide de l'abaque 2 : l'échelle de  $|\varphi_B - \varphi_A|$  correspond ici à la courbe de droite, celle de  $B/A$  à la section de droite du milieu et l'angle de la résultante est donné par l'intersection avec l'échelle de gauche.

On obtient alors facilement l'amplitude et l'angle du vecteur résultant :

$$C = C/A \cdot A$$

$$\varphi_C = \varphi_A + |\varphi_C - \varphi_A| \cdot \text{sign}(\varphi_B - \varphi_A)$$

où  $\text{sign}(\varphi_B - \varphi_A) = +1$  si  $\varphi_B > \varphi_A$   
et  $= -1$  si  $\varphi_B < \varphi_A$

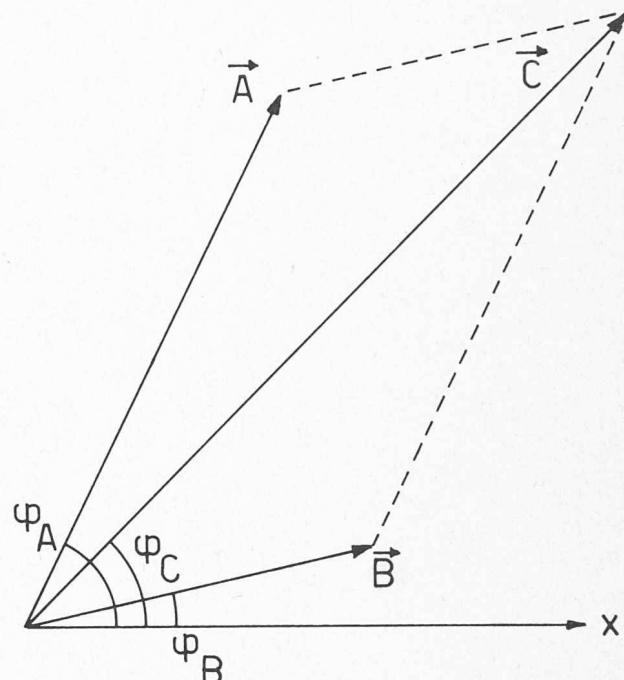


Fig. 1. — Diagramme de l'addition vectorielle.

On pose ici :

$$\vec{A} = -\vec{R} \quad (A = R, \varphi_A = \varphi_R \pm 180^\circ)$$

$$\vec{B} = \vec{P}$$

On procède ensuite de la même manière que précédemment (selon a).

Note : Cette relation peut aussi être écrite sous la forme d'addition

$$\vec{P} = \vec{T} + \vec{R}$$

Toutefois ici l'inconnue  $\vec{T}$  se trouve dans le membre de droite. On ne sait donc pas a priori si  $T$  est plus grand ou plus petit que  $R$ . Il n'est donc pas possible de procéder à une identification avec  $\vec{A}$  et  $\vec{B}$  (à moins de disposer d'informations complémentaires).

### c) Effet d'une perturbation sur la phase d'un signal

Dans des applications de télécommunications, l'information est contenue dans la phase du signal transmis (modulations FM, PM). On désire alors connaître les variations de phase qui peuvent être provoquées par des effets perturbateurs (bruit, diaphonie), dont l'amplitude est plus faible que celle du signal mais dont la phase n'est pas définie. On représentera donc ici le signal par  $A$ , la perturbation par  $B$  et on cherchera l'écart de phase maximum. Afin de résoudre ce problème, on considère l'abaque N° 2. Le rapport connu  $B/A$  est reporté sur l'échelle du milieu. On considère alors toutes les droites qui passent par ce point et qui ont une intersection avec la courbe de droite : on constate que celle qui donne lieu à l'écart de phase maximum (échelle de gauche) est tangente à cette courbe, ce qui permet de résoudre immédiatement le problème. Par exemple, lorsque  $B/A = 0,4$ , on obtient

$$|\varphi_C - \varphi_A|_{\max} = 24^\circ$$

(la valeur exacte donnée par le calcul est ici de  $23,58^\circ$ ).

## 3. Quelques exemples d'application

a) Vecteurs indiqués en fig. 1 :

$$\begin{array}{ll} A = 10 \text{ cm} & B = 6 \text{ cm} \\ \varphi_A = 64^\circ & \varphi_B = 13^\circ \end{array}$$

On calcule ici  $B/A = 0,6$  et  $|\varphi_B - \varphi_A| = 51^\circ$ .

A l'aide des deux abaques, on trouve ensuite

$$C/A = 1,45 \text{ et } |\varphi_C - \varphi_A| = 19^\circ$$

et finalement

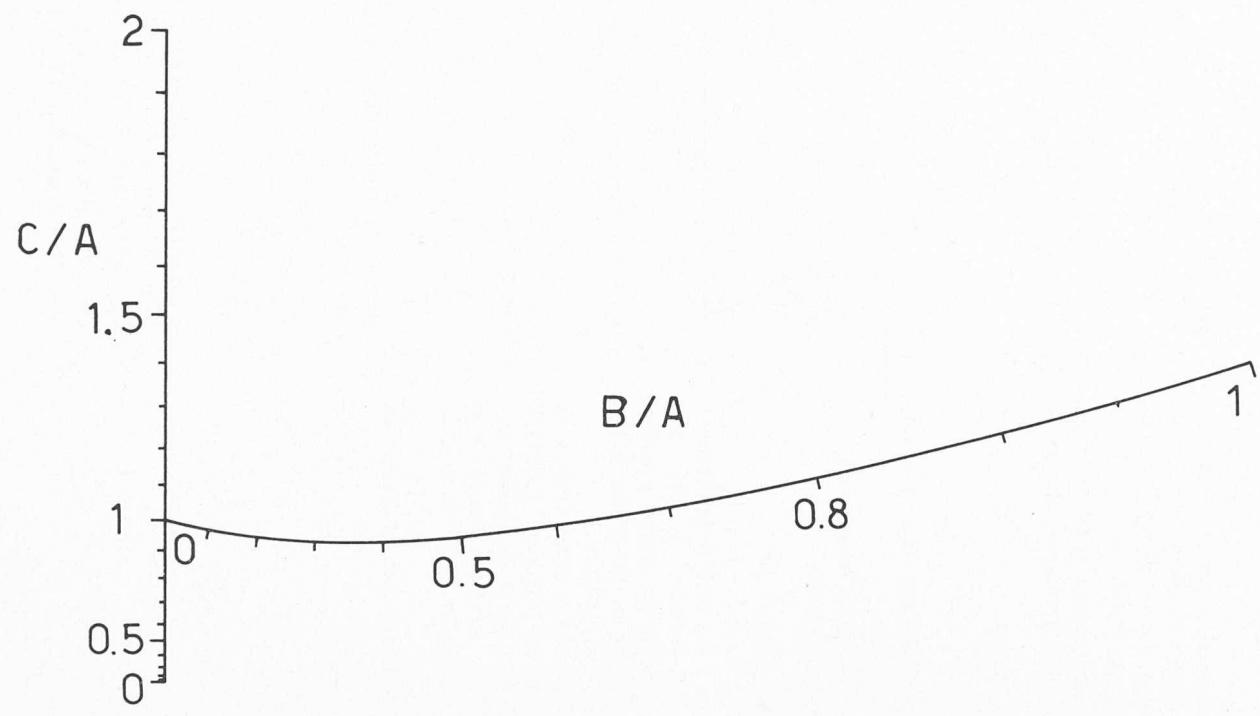
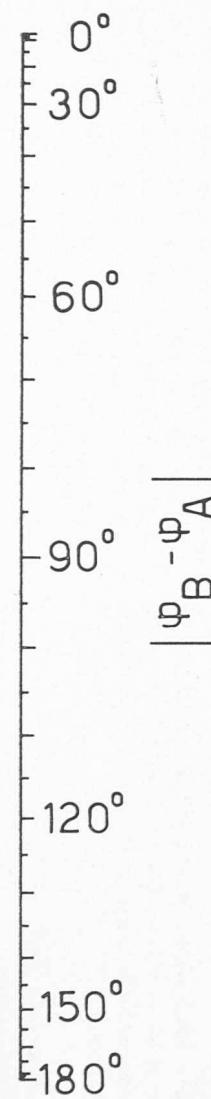
$$C = 14,5 \text{ cm } \varphi_C = 64^\circ + 19^\circ \times (-1) = 45^\circ$$

Les valeurs exactes obtenues par calcul sont ici  $C = 14,53 \text{ cm}$  et  $\varphi_C = 45,33^\circ$ . On constate ainsi la bonne correspondance entre les valeurs calculées et celles obtenues de façon graphique.

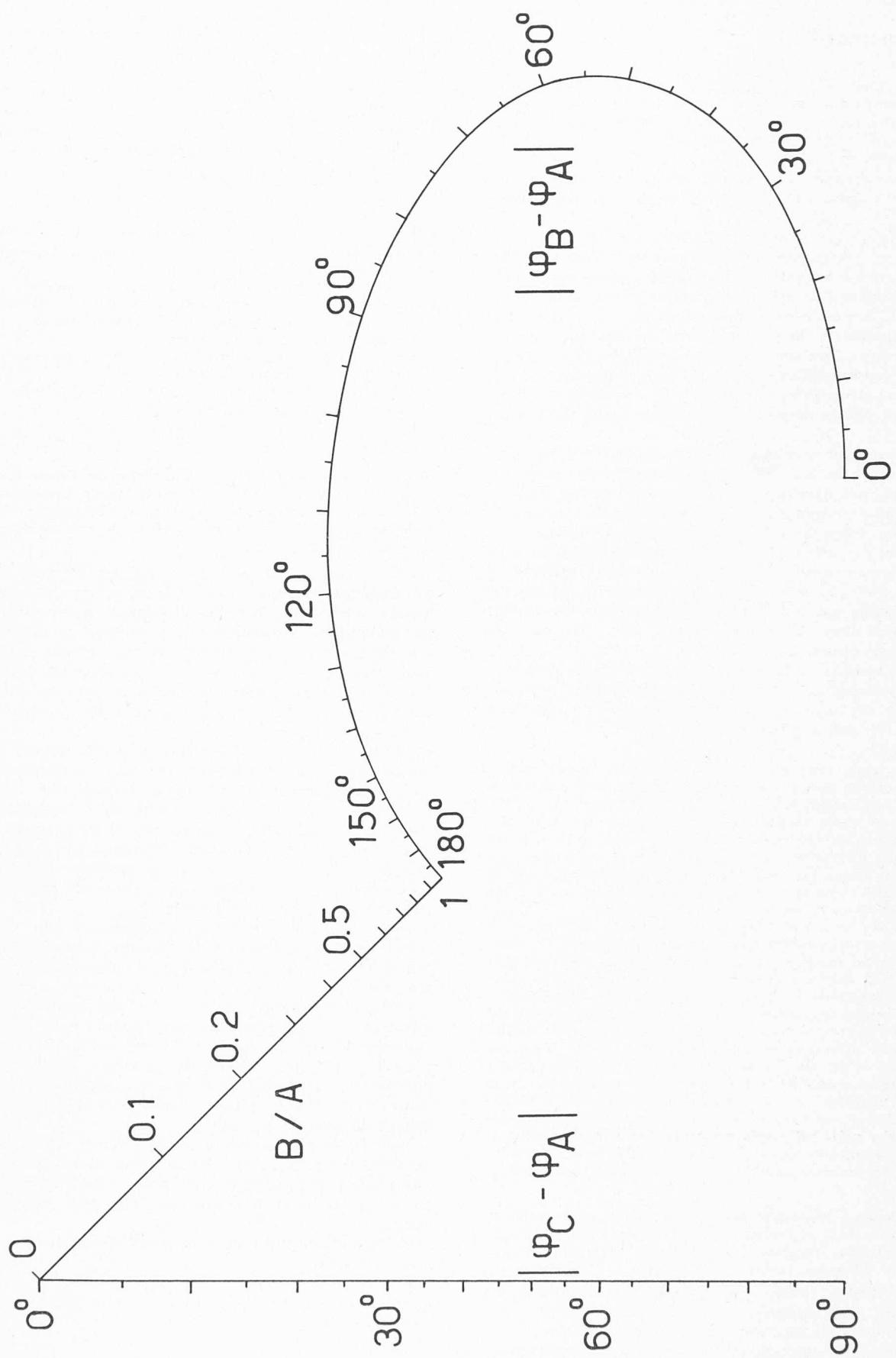
### b) Différence de deux vecteurs

On souhaite connaître les paramètres du vecteur  $\vec{T}$ , qui est donné par

$$\vec{T} = \vec{P} - \vec{R} \text{ avec } R > P$$



Abaque 1 : Détermination de l'amplitude du vecteur résultant.



Abaque 2 : Détermination de la direction (phase) du vecteur résultant.

Résumé : L'amplitude et la direction (phase) du vecteur résultant d'une addition ou d'une soustraction vectorielle peuvent être déterminés facilement à l'aide de deux abaques lorsque les mêmes grandeurs des deux vecteurs composants sont données.

Adresse de l'auteur :  
 Professeur F. Gardiol,  
 Chaire d'électromagnétisme et d'hyperfréquences de l'Ecole polytechnique fédérale,  
 Chemin de Bellerive 16,  
 1007 Lausanne.