

## 98 - Arcs et segments capables

Mon ami Serge avait un beau bateau, de type fifty ou motorsailer selon la langue utilisée. Il m'avait demandé de convoier ce navire de l'Escaut vers la Bretagne, lui étant à bord, mais préférant être assisté dans ce voyage sur un bateau qu'il venait d'acquérir et ne connaissait pas bien encore.

C'était un ketch en acier de 15 mètres de construction hollandaise, équipé de deux diesels Volvo-Penta et de deux mâts en bois qui portaient une voilure permettant une bonne navigation à la voile. Quand je dis que la coque était en acier, je devrais préciser que les superstructures étaient également en ce même métal.

Pour l'époque, le bateau était bien équipé pour la navigation classique et il y avait une grande table à cartes à côté du poste de pilotage intérieur.

Nous nous sommes arrêtés à Ostende et comme j'étais aux commandes, j'ai pu réaliser combien ce bateau était manœuvrant avec sa double motorisation. C'est sans grande difficulté que je l'ai mis dans une place située en ligne entre deux autres unités, ne laissant que quelques centimètres à la proue comme à la poupe. Une navigation en crabe comme à l'académie.

Le franchissement du Pas de Calais nécessitait une navigation assez précise pour ne pas nous poser comme un vulgaire cargo sur l'un ou l'autre des hauts fonds et je me suis ainsi mis à prendre les relèvements nécessaires pour obtenir un positionnement digne de ce nom. Le compas de relèvement qui équipait le bateau est un bon vieux compas magnétique, bien conventionnel et de bonne marque.

Je me suis appliqué à prendre les trois amères les plus appropriés et à en reporter le tracé sur la carte. Horreur ! Le chapeau est énorme, d'une imprécision crasse.

Je reprends mes relevés en me campant sur mes deux pattes, me mettant de surcroit à un endroit bien stable et en confirmant les valeurs à haute voix pour éviter toute erreur.

Les mesures sont différentes, mais le chapeau n'en est pas meilleur... Ai-je perdu la main ?

Une troisième série de relevés me confirme que ces derniers ont encore une fois changé alors que nous n'avons pratiquement pas bougé avec le bateau.

Dans ces moments, on réfléchit vite et effectivement la lumière s'est faite : Avec toute cette ferraille autour de moi, il est normal que la déviation magnétique change selon l'endroit d'où je prends mes mesures. Une différence de  $10^\circ$  n'est pas étonnante entre une série de relevés prise sur bâbord et les mêmes pris sur tribord !

Une petite voix intérieure me dit : Oui, mais la différence d'angle entre les relevés doit être la même et c'est effectivement le cas : entre l'amer A et le B il y a un angle de  $\alpha^\circ$  degrés et entre B et C il y a un angle de  $\beta^\circ$  degrés.

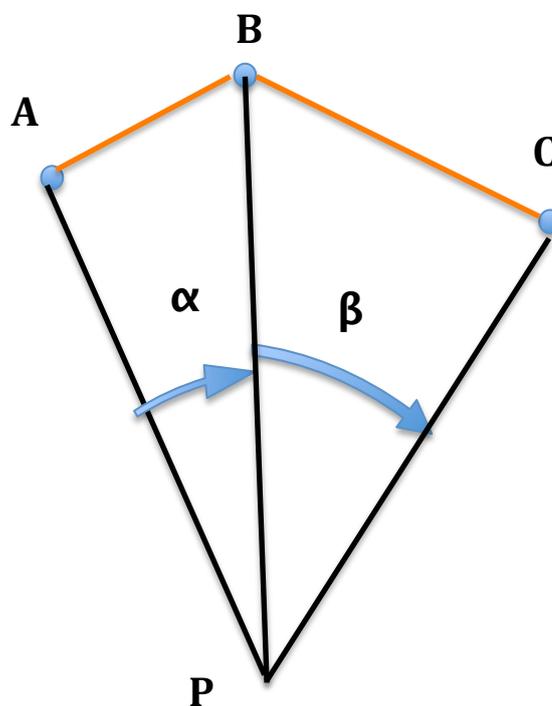
Il n'y a plus qu'à appliquer la technique des segments capables en utilisant ces différences comme des angles horizontaux.

Deux traits de crayon plus loin sur la carte, l'ai une position bien précise, avec un tout petit chapeau que je préfère au bonnet d'âne que je m'octroyais déjà. On peut donc continuer notre route, rassurés sur notre position.

Des années durant mon ami Roland a enseigné aux impétrants du permis mer comment on fait avec cette technique que les poseurs de balises ont utilisée des années durant, avant la mise en service du système de positionnement par GPS, vu la qualité de précision offerte par cette méthode des arcs capables.

Il y a deux méthodes qui sont enseignées et devraient le rester car il ne faut pas oublier que les systèmes électroniques peuvent être perturbés par des erreurs dans un satellite ou son dispositif de contrôle à terre, par des défauts dans l'équipement de bord ou des interférences avec les signaux satellites.

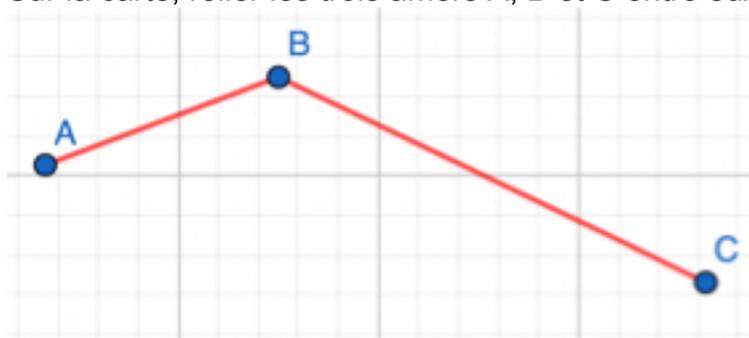
Voyons un peu pour se rafraîchir la mémoire et procédons par étapes en utilisant le cas de figure imaginé ci-dessous :



Hypothèse : Depuis une position P, les 3 amers A, B et C font entre eux deux angles respectifs de  $\alpha$  et  $\beta$ .

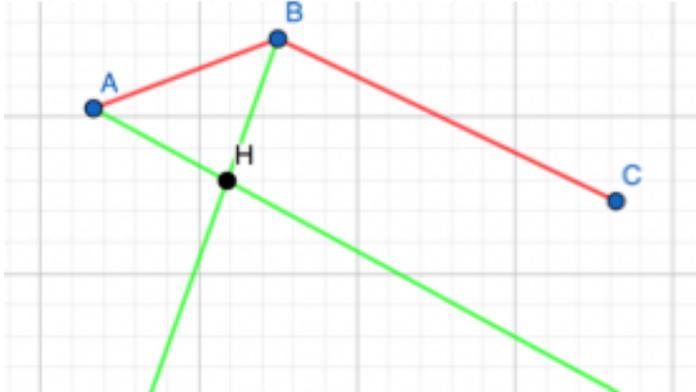
**Etape 1 :**

Sur la carte, relier les trois amers A, B et C entre eux.



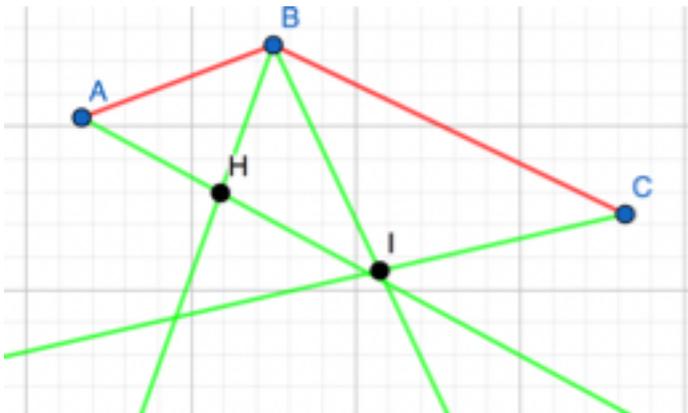
**Etape 2 :**

À partir de A, tracer une droite faisant un angle de  $(90^\circ - \alpha)$  avec AB et à partir de B, tracer une droite faisant également un angle de  $(90^\circ - \alpha)$  avec BA. On obtient le point « H ». Le triangle ABH est isocèle.



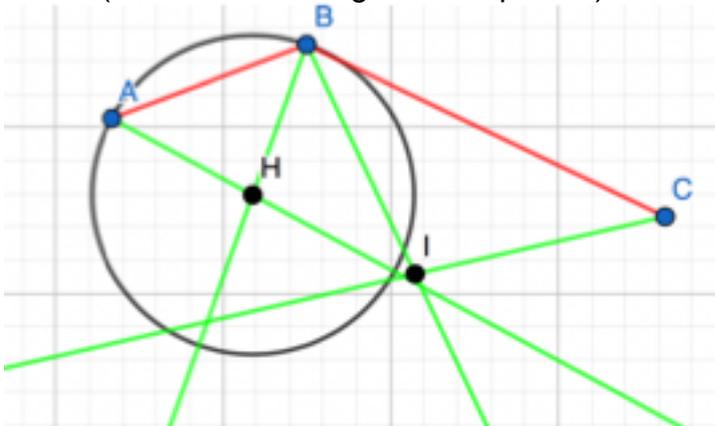
**Etape 3 :**

À partir de B, tracer une droite faisant un angle de  $(90^\circ - \beta)$  avec BC et à partir de C tracer une droite faisant également un angle de  $(90^\circ - \beta)$  avec CB. On obtient le point « I ».



**Etape 4 :**

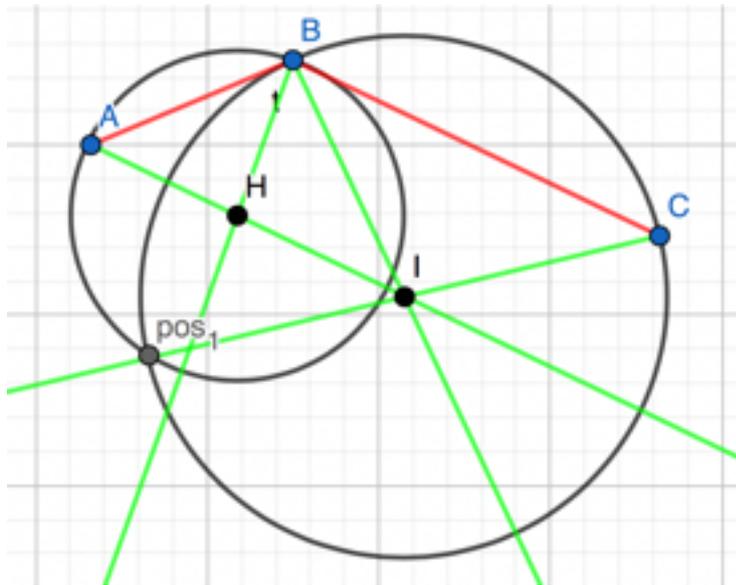
Le point H est le centre d'un cercle passant par A et B, cercle sur lequel se trouve le navire (théorème des segments capables).



### Etape 5 :

Le point I est le centre d'un cercle passant par B et C, cercle sur lequel se trouve également le navire.

Ce dernier se trouve donc à l'intersection des deux cercles noirs (pos1).



Le navigateur n'aimant pas faire des trous dans ses cartes marines avec un compas à dessin, voici une autre méthode, plus respectueuse du papier et ne demandant qu'un crayon et une règle Cras ou similaire (le résultat est le même, mais on ne trace pas les cercles de position, ni leurs centres H et I) :

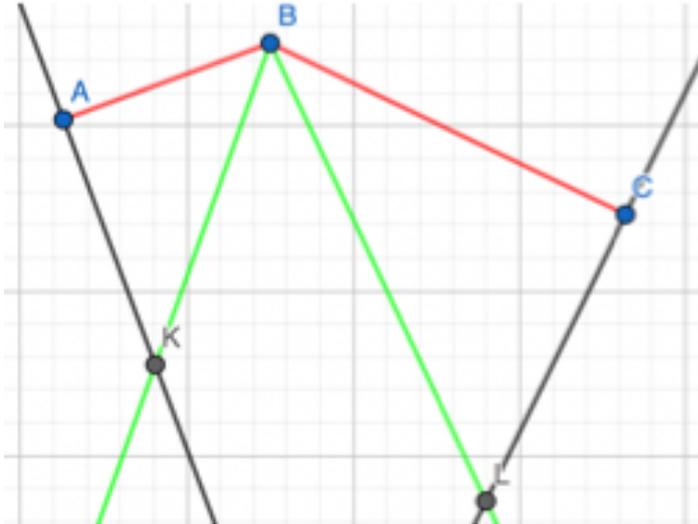
### Etape 1 :

Comme dans la méthode précédente, tracez depuis le point du milieu, « B » les deux lignes vertes faisant respectivement un angle de  $(90^\circ - \alpha)$  avec BA et de  $(90^\circ - \beta)$  avec BC.

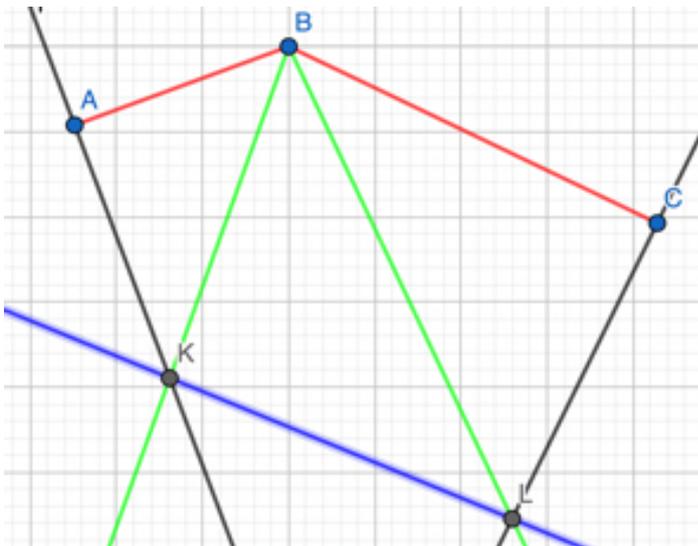


**Etape 2 :**

Par le point A, tirez une perpendiculaire à AB ; de manière similaire, traçons une autre ligne, mais à partir de C, perpendiculaire à BC. L'intersection de ces deux droites (noires) avec les lignes partant de B (vertes) donnent les points K et L (remarquez au passage que cela forme 2 triangles rectangles en A et C). K appartient au cercle du segment AB et L au cercle du segment BC.

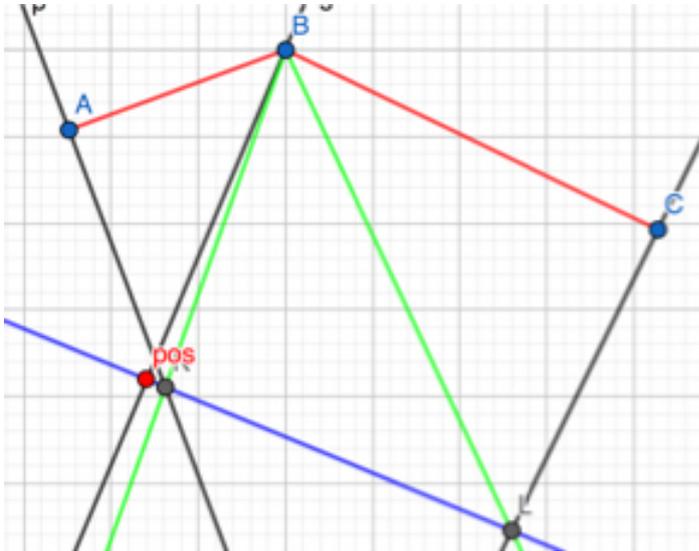
**Etape 3 :**

Tracer la droite (bleue) passant par K et L, le navire se trouve sur cette droite. Pour déterminer la position, il faut passer à l'étape 4.

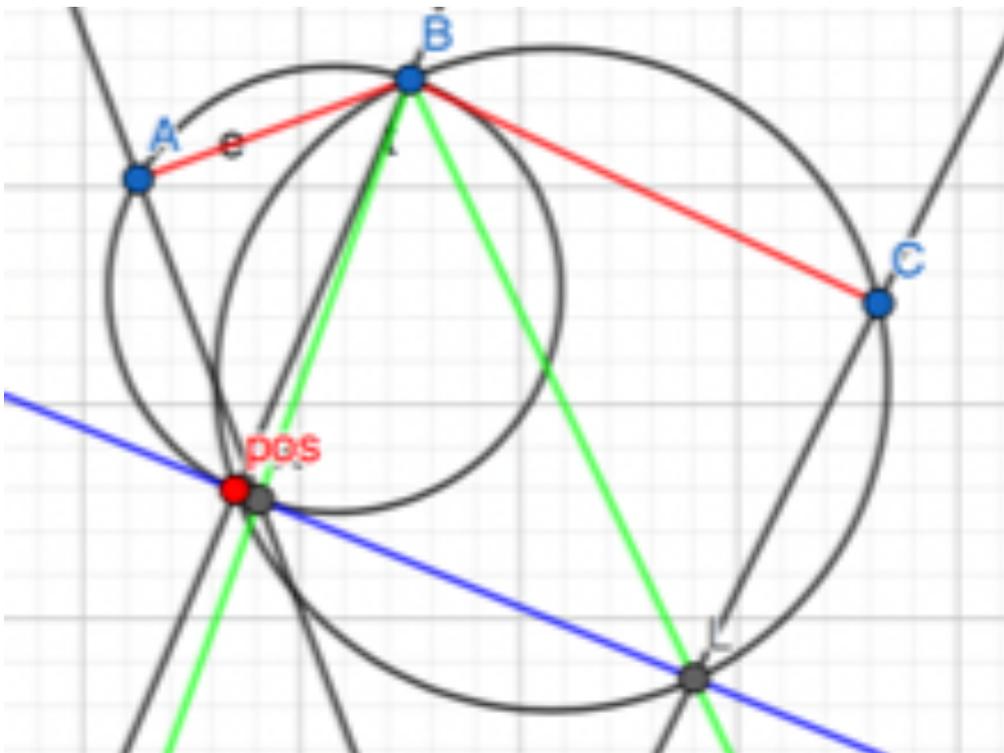


**Etape 4 :**

Abaisser la perpendiculaire (noire) à KL à partir de B et nous avons notre position (point rouge). De ce point, on voit à la fois BL (diamètre du cercle du segment BC) et KB (diamètre du cercle du segment AB) sous un même angle de  $90^\circ$ .

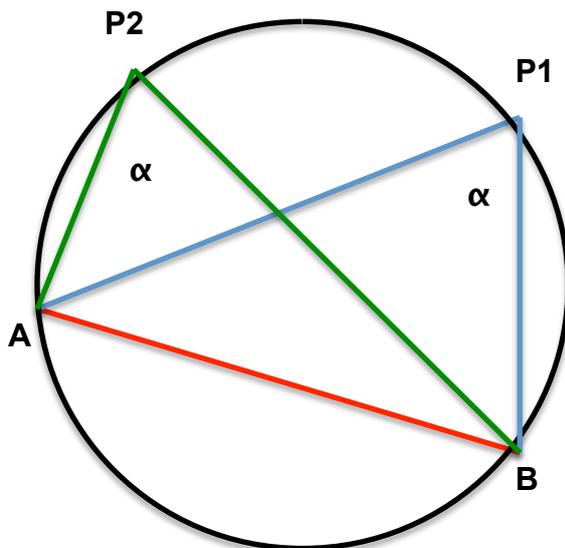


Cette méthode ressemble beaucoup à la précédente. En effet, le segment BK représente le diamètre du premier cercle de position (passant par A et B) et ce diamètre est aussi l'hypoténuse du triangle rectangle en A, tel que dessiné à l'étape 2 de cette méthode (enseignée principalement en France).

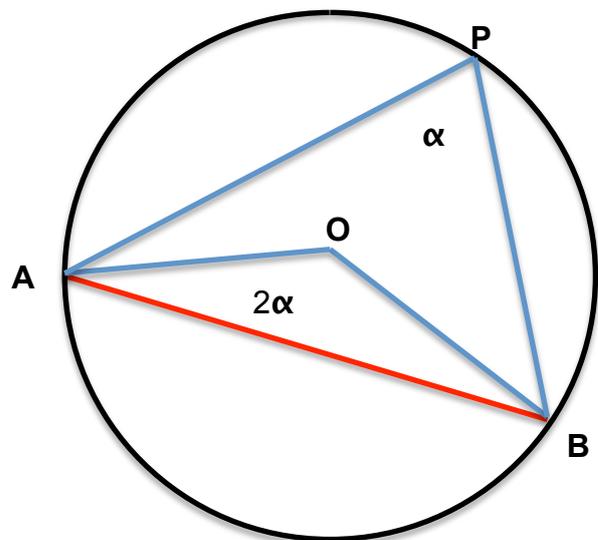


Les deux méthodes sur une même figure

Cette méthode de positionnement par les segments capables se base sur des théorèmes de géométrie euclidienne simple. La première méthode (celle qui implique l'intersection de deux cercles) se base sur le théorème de l'arc capable. En effet, chaque point sur le cercle qui comprend les points A et B comme arc de cercle forment un angle identique. On dit volontiers qu'en tout point de ce cercle on « voit » AB sous un même angle. En répétant l'opération avec le cercle qui passe en B et C on peut en conclure qu'on se trouve également sur ce second cercle. Notre position se trouve donc à l'intersection de ces deux cercles.



1/ De tous les points du cercle on voit le segment AB sous le même angle  $\alpha$



2/ L'angle au centre « O » vaut le double de l'angle inscrit au point « P »

La deuxième méthode sus-indiquée est en fait la même que la première :

Vu que l'hypoténuse d'un triangle rectangle représente le diamètre d'un cercle, le « théorème de Thalès » (celui de l'angle au centre) est applicable, sans nécessité de tracer le cercle. L'intersection des deux cercles est donnée par l'intersection de la perpendiculaire au segment KL qui passe par « B ». On constate que l'angle « K-Pos-B » a comme arc de cercle BK, qui est le diamètre du cercle dans lequel est inscrit l'angle. On peut en déduire qu'il vaut  $90^\circ$  car, par définition du théorème, il vaut la moitié de l'angle au centre qui intercepte le même arc, donc  $180/2=90^\circ$ . Il en est de même avec l'angle « L-Pos-B » qui a pour arc le segment BL (voir figure en bas de la page précédente). CQFD.

L'école britannique prône un instrument qui permet de résoudre ce type de positionnement, c'est le « station-pointer » que les français appellent avec beaucoup de retenue le « stimographe ». C'est un compas à trois branches que l'on écarte suivant les angles observés. Puis on amène les trois biseaux à passer simultanément par les trois amers choisis sur la carte, dans notre cas A, B, et C. On peut aussi tracer les angles sur une feuille de papier calque, puis la présenter sur la carte et noter la position.

On est venu me dire « à l'ère du GPS toute cette théorie ne sert absolument plus à rien et qu'il est totalement inutile de se bourrer la tête avec des vieilles méthodes complètement dépassées, aujourd'hui où les sextants sont dans les musées et non plus à bord des bateaux... »

C'est vrai...Pourtant, je connais beaucoup de gens qui regardent encore dans le rétroviseur de leur voiture (équipée d'un gps) avant de sortir d'une place de parc... et ces mêmes personnes tournent tout de même la tête en même temps pour vérifier qu'effectivement la voie est libre. En ce qui me concerne, quand on voit les genoux des goélands qui rigolent, même si l'ECDIS\* me dit qu'il y a 2.80 mètres d'eau, je vire.

Il n'est pas totalement inutile d'avoir quelques connaissances désuètes, ne serait-ce que pour peaufiner ce bon sens qui fait partie des « connaissances ordinaires du marin », un état d'esprit que nous rappelent volontiers les tribunaux, hélas une fois l'incident survenu.

P.-A. Reymond© 10-08-2019

\* ECDIS, Electronic Chart Display & Information System

Les dessins de la construction géométrique ont été repris d'un document réalisé par un de mes élèves, William, qui faisait un travail sur le positionnement en mer en 2018, soit GPS + 40.