TRIGONOMÉTRIE : NOTIONS DE BASES

Par KHADIRI YAZAMI Mehdi

Ce cours est destiné aux développeurs d’application mobile ne possédant aucune ou peu de notions en trigonométrie. Le cours leur permettra d’acquérir les notions de base de trigonométrie utiles à la création de certaines applications mobiles. À la fin du cours, l'intéressé aura acquis les connaissances nécessaires à la résolution de certains problèmes relatifs à la trigonométrie.
Ce cours nécessite des connaissances mathématiques de bases du niveau scolaire quatrième.

Note : *par souci d’ergonomie, certaines images peuvent être difficilement lisibles. Je vous invite à consulter le document annexe pour une meilleure lisibilité.*

Points abordés :

- Les triangles
- Le triangle rectangle
- Théorème de Pythagore
- La trigonométrie dans un triangle rectangle
- Le cercle trigonométrique
- La tangente dans le cercle trigonométrique
- Le radian
- Cas pratiques
- Exemples d’utilisation de la trigonométrie dans Xcode
- Conclusion

Que signifie trigonométrie ?

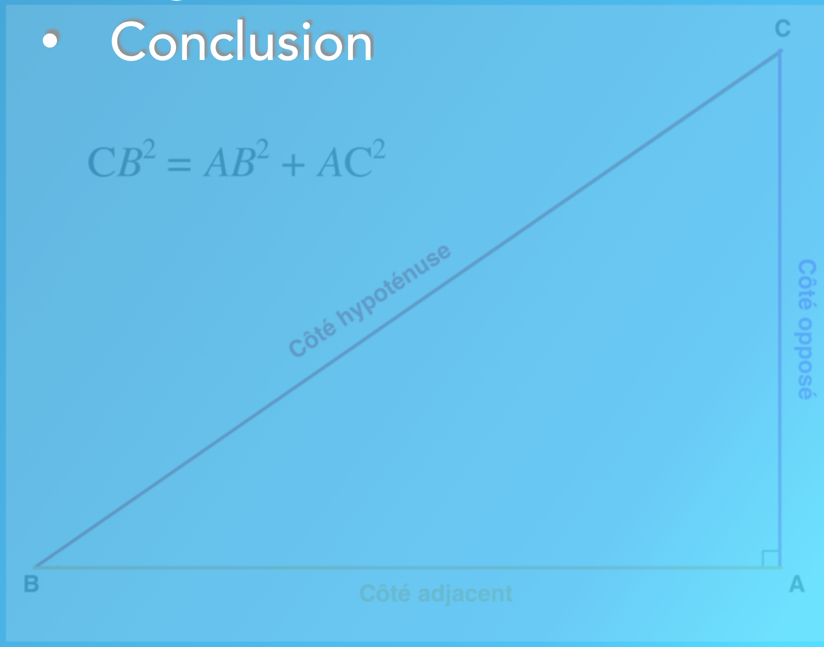
Le mot trigonométrie vient du grec *trigônos qui* signifie **triangle** et de *metron* qui signifie **mesure**.
La trigonométrie c’est, donc, la science de la **mesure des triangles et des angles** qui les composent.

L’origine de la trigonométrie

À l’origine, la trigonométrie était utilisée pour des mesures et calculs astronomiques. Au fil du temps, elle s’est ouverte et adaptée à beaucoup d’autres domaines dont les civilisations auraient eu besoin afin de répondre aux problématiques de l’époque.

Où utilise-t-on la trigonométrie ?

La trigonométrie est utilisée dans plusieurs domaines comme la construction, la navigation aérienne et maritime, l’électricité et le développement informatique 😀, pour n’en citer qu’eux !



LES TRIANGLES

Définition du triangle

Le triangle est un polygone à 3 côtés.

Les différents types de triangles (cf. fig. 1)

1. Le triangle équilatéral : possède **3 angles égaux** de 60°.
2. Le triangle isocèle : possède **2 angles égaux** et un troisième différent.
3. Le triangle rectangle : possède un **angle droit** (égale à 90°).
4. Le triangle quelconque : tous les autres triangles.

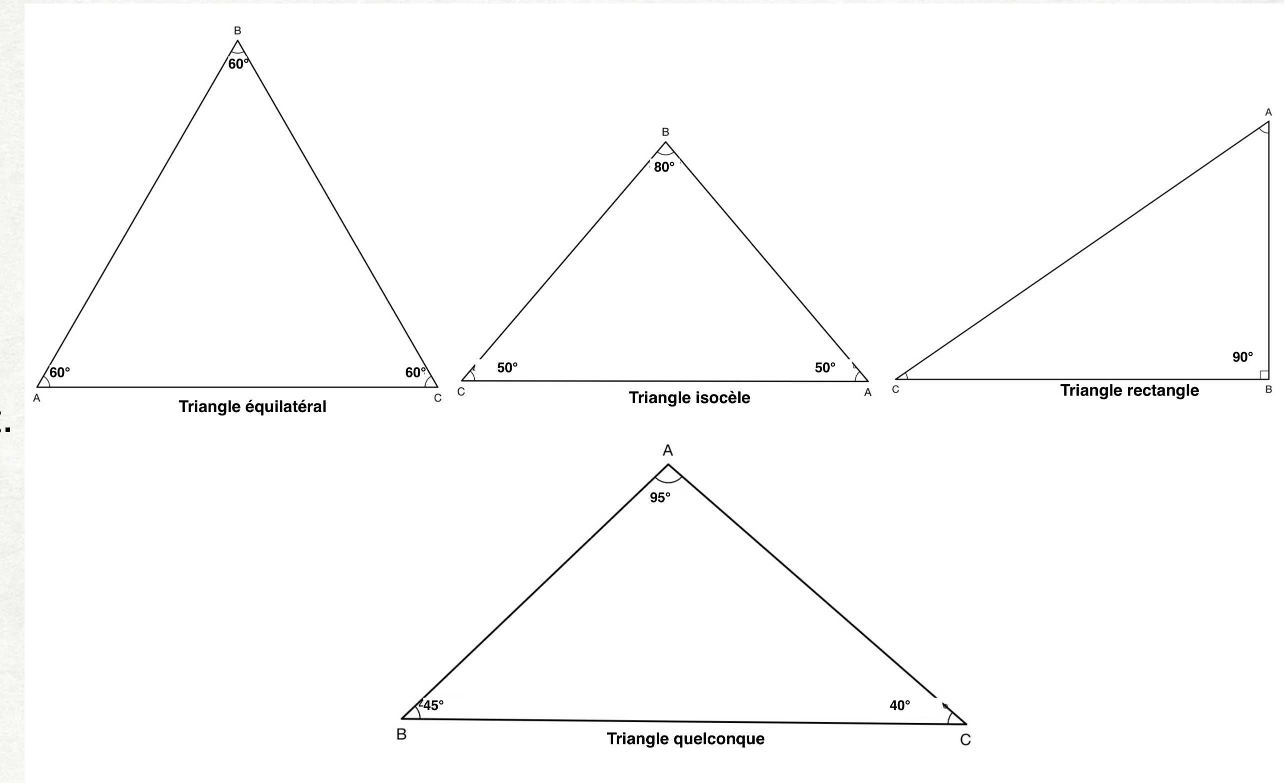


fig. 1 - Les types de triangles

Règle d’or concernant les triangles

La somme des 3 angles d’un triangle est toujours égale à 180°.

Par conséquent, si l’on connait 2 angles, on peut facilement en déduire le troisième.

Par exemple : Nous avons un triangle quelconque composé d’un premier angle de 80° et d’un deuxième angle de 40°. Pour connaître le troisième angle, on fait tout simplement : (cf. fig. 2)
180 - (80 + 40) = 180 - 120 = **60°**

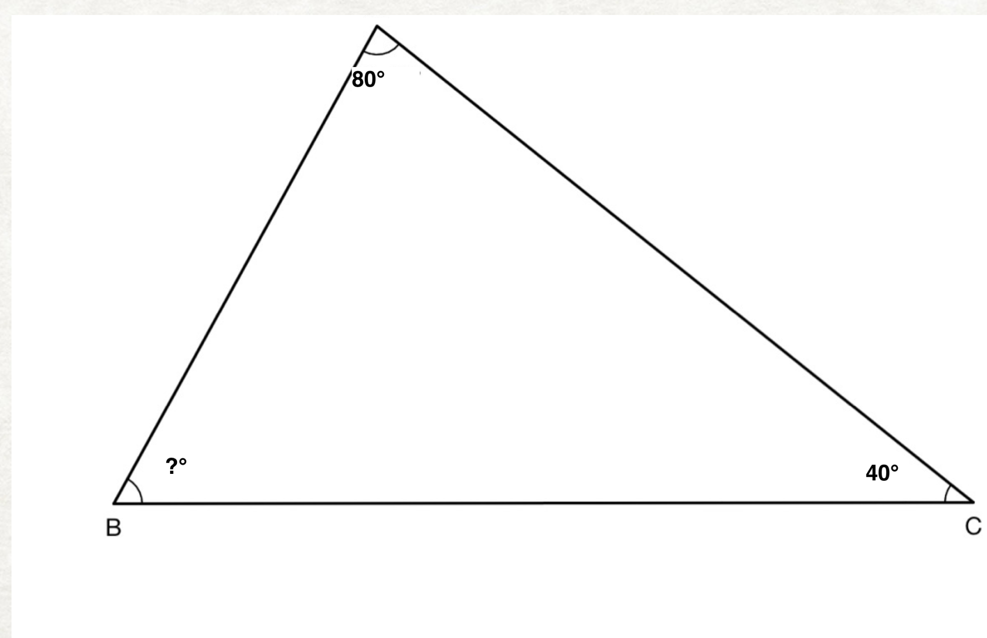


fig. 2

LE TRIANGLE RECTANGLE

Pourquoi utilise-t-on très souvent un triangle rectangle en trigonométrie ?

D’abord, il est plus facile de travailler sur un triangle rectangle, car on peut lui appliquer directement la plupart des théorèmes mathématiques.
De plus on peut décomposer tout type de triangle en un triangle rectangle. (cf. fig. 3)
Enfin, la majorité des problèmes de trigonométries sont liés aux triangles rectangles.

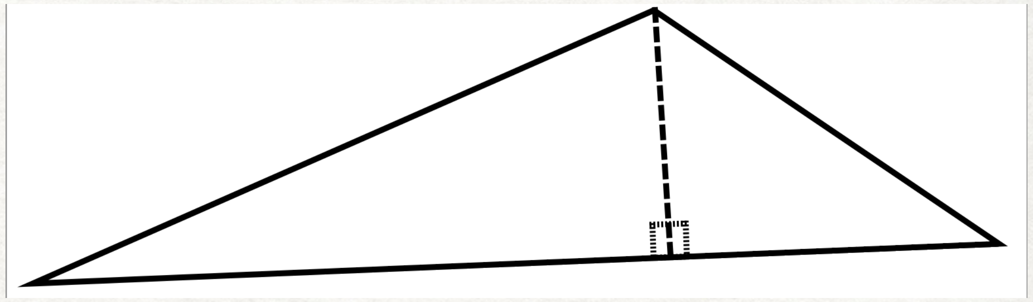


fig. 3

Noms des côtés d’un triangle rectangle

Dans un triangle rectangle, on se base sur l’un des deux côtés qui ne sont pas droits, car c’est là où l’on a besoin de faire les calculs.
Dans un triangle rectangle, la somme des deux angles non droits vaut 90°.

On dit alors qu’ils sont complémentaires à l’angle droit.

Comme on peut le remarquer l’hypoténuse d’un triangle rectangle est le **plus grand côté** et ne change jamais quelque soit l’angle duquel on se base.
Le côté opposé est à **l’opposé de l’angle** en question.
Le côté adjacent est **adjacent à l’angle** sur lequel on se base en excluant l’hypoténuse

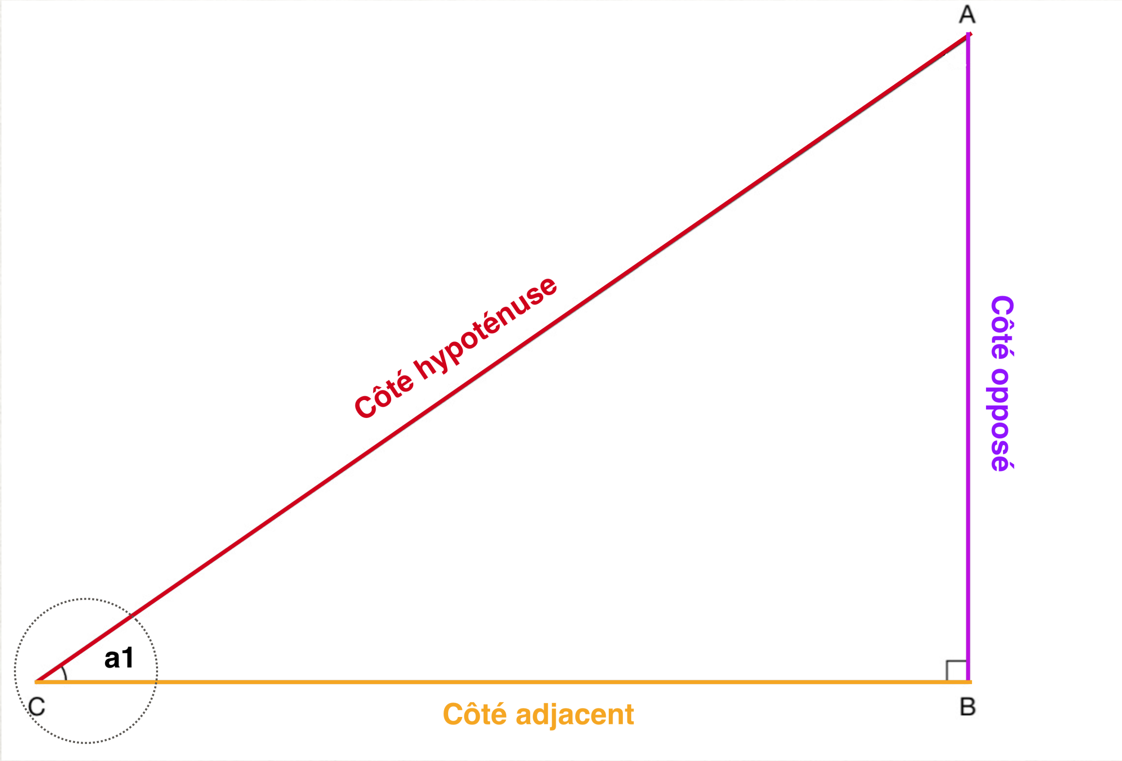


fig. 4

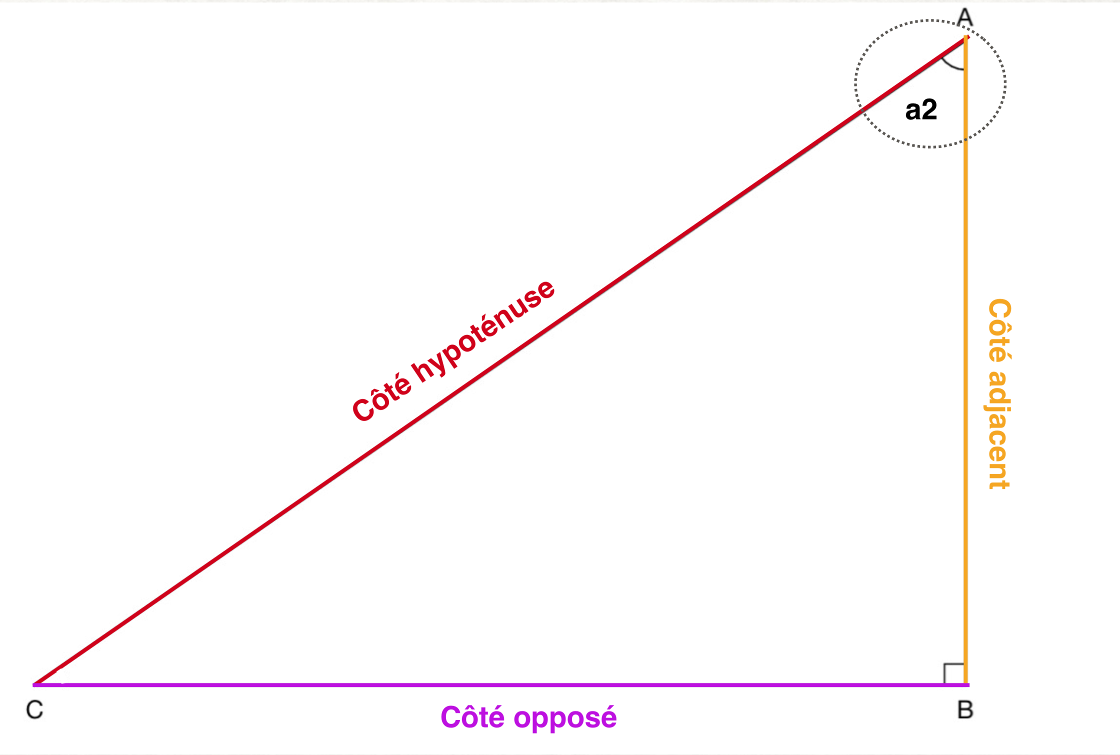


fig. 5

THÉORÈME DE PYTHAGORE

Pour trouver la longueur d'un côté d'un triangle rectangle en fonction des deux autres, il suffit tout simplement d'appliquer le **théorème de Pythagore**.
Le théorème est le suivant :
Dans un triangle rectangle, le carré de la longueur de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des longueurs des deux autres côtés. (cf. fig. 6)
Le carré de la longueur d'un côté est tout simplement sa valeur multiplié par elle-même.
*Si ce côté vaut 4, son carré est 4 x 4 qui est égale à **16**.*

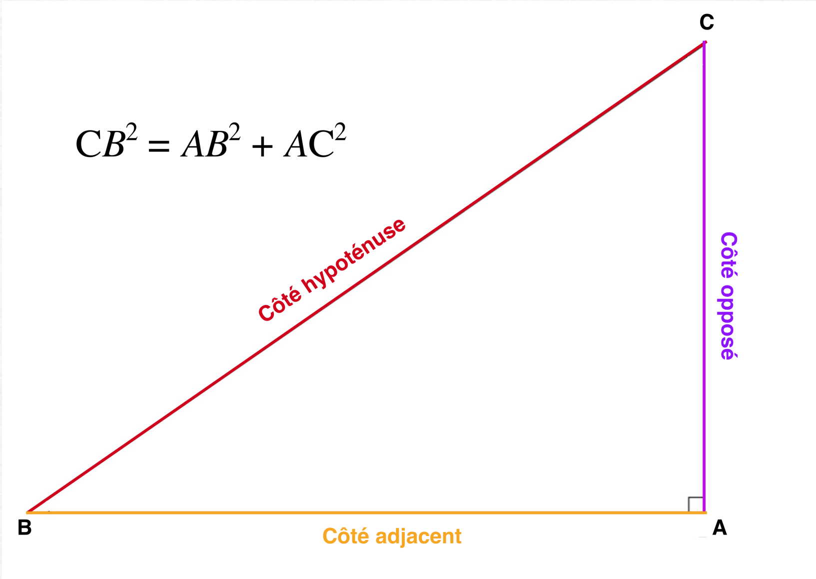


fig. 6 - Principe du théorème de Pythagore

Pour obtenir la longueur du côté CB (hypoténuse), il faut :

1. Calculer le carré de hypoténuse : $CB^2 = AB^2 + AC^2$.
2. Obtenir le résultat final, on effectue la racine carrée de CB : $\sqrt{CB^2}$, car le résultat obtenu est au carré (CB^2).

Par exemple : un triangle rectangle avec un côté de 6 et un autre de 4. Pour trouver la longueur de l'hypoténuse, il faut prendre les longueurs des côtés connus : (cf. fig. 7)

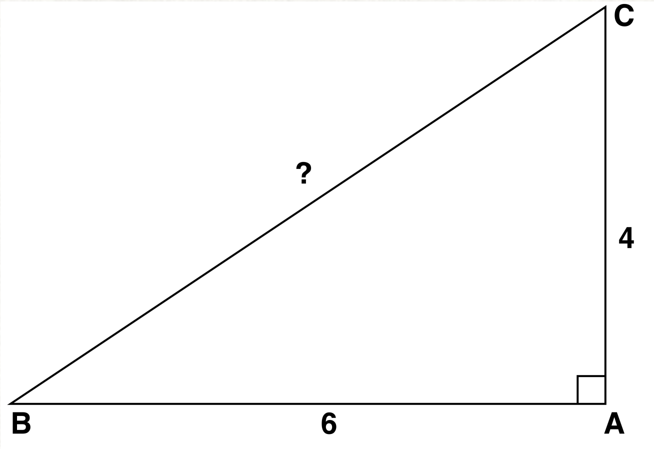


fig. 7 - Exemple 1 Pythagore

1. De les multiplier par eux-mêmes : (6 x 6) = **36** et (4 x 4) = **16**.
2. De les additionner : 36 + 16 = **52**.
3. Et enfin, faire la racine carrée du résultat pour obtenir le côté manquant $\sqrt{52}$ qui vaut environ **7,22.**

Cela peut fonctionner dans tous les sens. Par exemple, on connait la longueur de l'hypoténuse et de l'un des deux autres côtés, donc on peut facilement déterminer le troisième.

Un autre exemple avec BC (hypoténuse) égal à 8 et AC égal à 6 et AB inconnu. (cf. fig. 8)

1. On prend la formule de base $CB^2 = AB^2 + AC^2$: $8^2 = AB^2 + 6^2$.
2. On isole (la longueur du côté manquant), ça nous donne : $AB^2 = 8^2 - 6^2$.
3. Faire l'application numérique : (8 x 8) - (6 x 6) = 64 - 36 = **28.**
4. Et enfin, faire la racine carrée du résultat $\sqrt{28} \approx$ **5,29** pour obtenir la valeur du côté manquant.

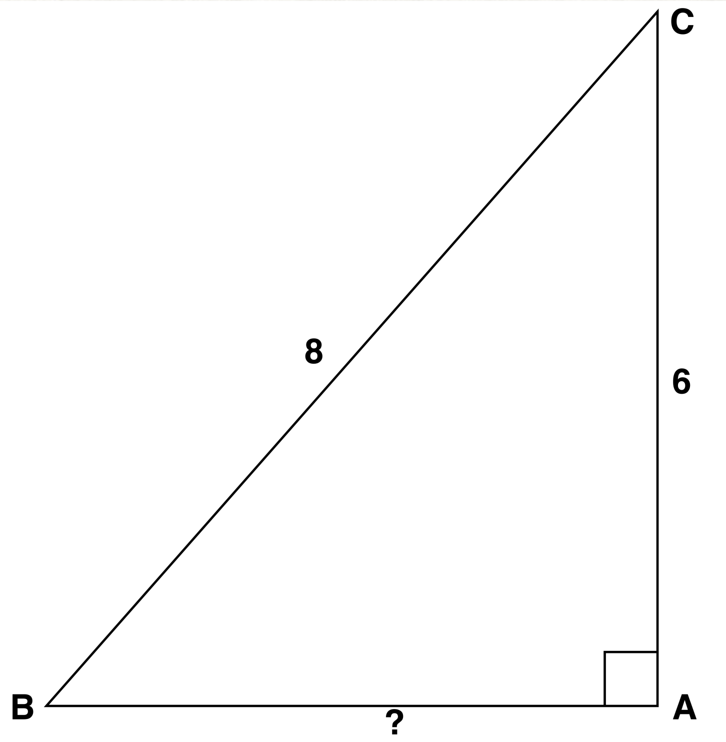


fig. 8 - Exemple 2 Pythagore

LA TRIGONOMÉTRIE DANS UN TRIANGLE RECTANGLE 1/3

Maintenant que nous avons vu le triangle rectangle ainsi que le principe de base du théorème de Pythagore, nous allons entrer dans le vive du sujet.

Les rapports trigonométriques

Comme nous l'avons déjà vu dans un triangle rectangle, nous avons trois côtés à partir d'un angle précis : l'**hypoténuse**, l'**adjacent** et l'**opposé**.
Pour obtenir certains résultats utiles en trigonométrie, nous devons effectuer ce que l'on appelle des rapports trigonométriques.
Un <u>rapport</u> n'est d'autre qu'une division d'une valeur par une autre.

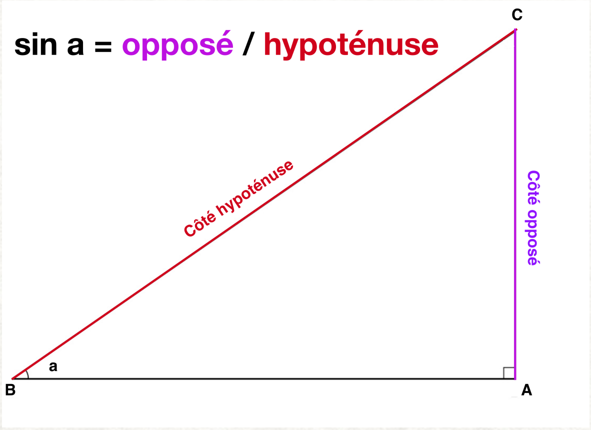


fig. 9 - Sinus dans un triangle rectangle

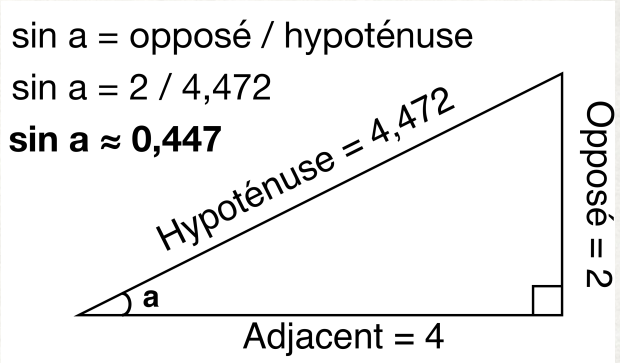


fig. 10 - Exemple sinus

Le sinus

Le sinus ou **sin** d'un angle a est le **rapport** entre la **longueur** du **côté opposé** sur la **longueur** du **côté hypoténuse**. (cf. fig. 9)
Représentation mathématique du sinus :
sin a = opposé / hypoténuse
Exemple : Nous avons le triangle suivant (cf. fig. 10) :

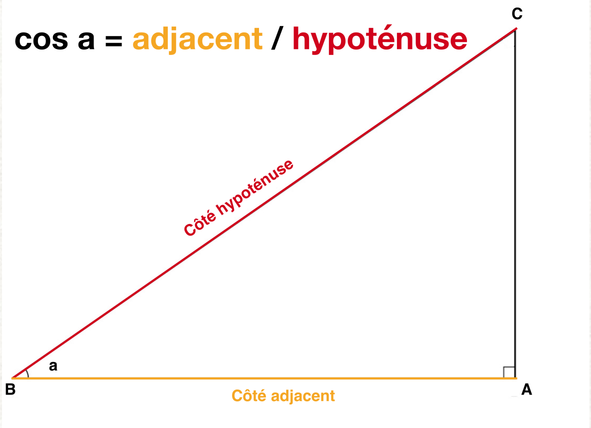


fig. 11 - Cosinus dans un triangle rectangle

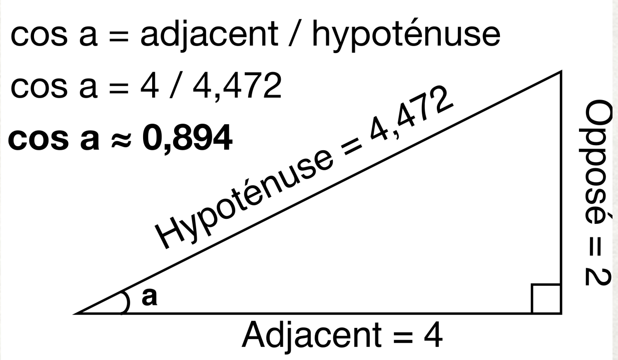


fig. 12 - Exemple cosinus

Le cosinus

Le cosinus ou **cos** d'un angle a est le **rapport** entre la **longueur** du **côté adjacent** sur la **longueur** du **côté hypoténuse**. (cf. fig. 11)
Représentation mathématique du cosinus :
cos a = adjacent / hypoténuse
Exemple : avec le triangle suivant (cf. fig. 12) :

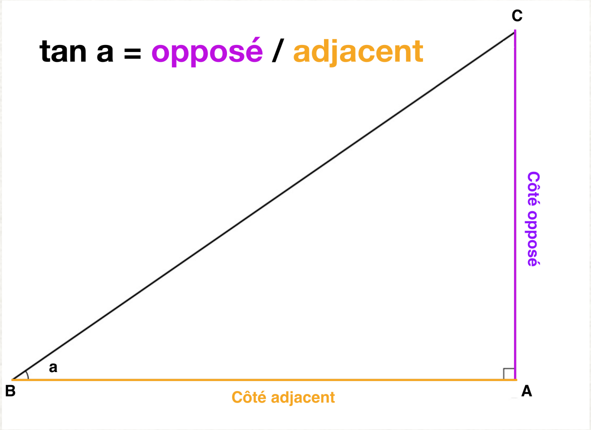


fig. 13 - Tangente dans un triangle rectangle

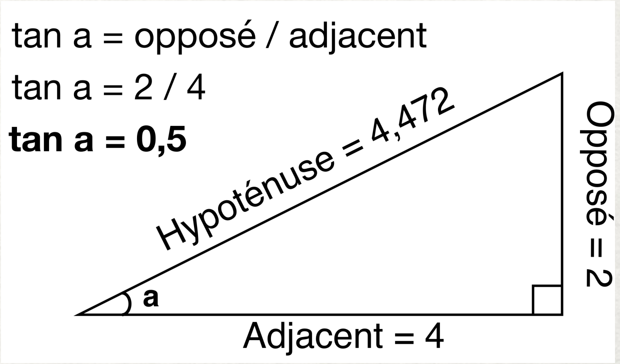


fig. 14 - Exemple tangente

La tangente

La tangente ou **tan** d'un angle a est le **rapport** entre la **longueur** du **côté opposé** sur la **longueur** du **côté adjacent**. (cf. fig. 13)
Représentation mathématique de la tangente :
tan a = opposé / adjacent
Exemple : avec le triangle suivant (cf. fig. 14) :

LA TRIGONOMÉTRIE DANS UN TRIANGLE RECTANGLE 2/3

Dans la première partie de la trigonométrie dans un triangle rectangle, nous avons vu les différents rapports trigonométriques et comment les obtenir. Dans cette dixième partie, nous allons voir comment les manipuler et résoudre une donnée manquante dans les rapports.

Manipuler les rapports trigonométriques

Reposant les 3 rapports trigonométriques :

sin a = opposé / hypoténuse — cos a = adjacent / hypoténuse

tan a = opposé / adjacent

Dans le triangle suivant nous connaissons la valeur du sinus de l'angle a = 30° qui est de 0,5 et la longueur du côté opposé qui est de 2. Il nous manque la longueur du côté de l'hypoténuse que nous allons essayer de trouver : (cf. fig. 15)

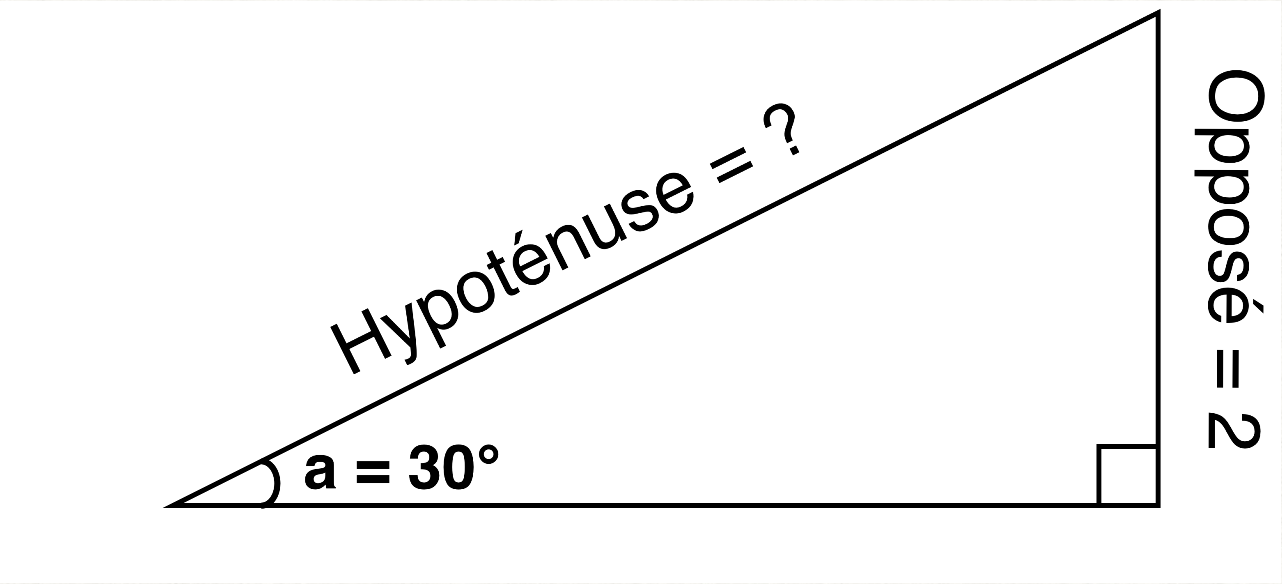


fig. 15

1. On pose le rapport du sinus de base : sin a = opposé / hypoténuse.
2. L'inconnue est l'hypoténuse, on l'isole : hypoténuse = opposé / sin a.
3. On effectue l'application numérique : hypoténuse = 2 / 0,5 = **4** et on obtient 4 pour la longueur du côté de l'hypoténuse.

De cette façon, on peut également résoudre la longueur du côté opposé à partir de la valeur du sinus et de la longueur de l'hypoténuse.

Nous pouvons appliquer le même principe pour le cosinus et la tangente du moment qu'on connaît les rapports de bases.

LA TRIGONOMÉTRIE DANS UN TRIANGLE RECTANGLE 3/3

Trouver le sinus à partir du cosinus et vice-versa

Le but est de trouve la valeur du sinus à partir du cosinus ou l'inverse.

Pour trouver le sinus d'un angle a à partir du cosinus, il suffit d'appliquer l'égalité suivante : **sin a = cos (90° - a)**.
Pour trouver le cosinus d'un angle a à partir du sinus, il suffit d'appliquer l'égalité suivante : **cos a = sin (90° - a)**.

Prenons un exemple, on a un angle a = 30°, on a la valeur du cosinus et souhaite trouver le sin de l'angle 30° :
sin 30° = cos (90° - 30°) => sin 30° = cos 60°.

Démonstration de sin a = cos (90° - a)

Prenons exemple sur le triangle suivant : (cf. fig. 16)

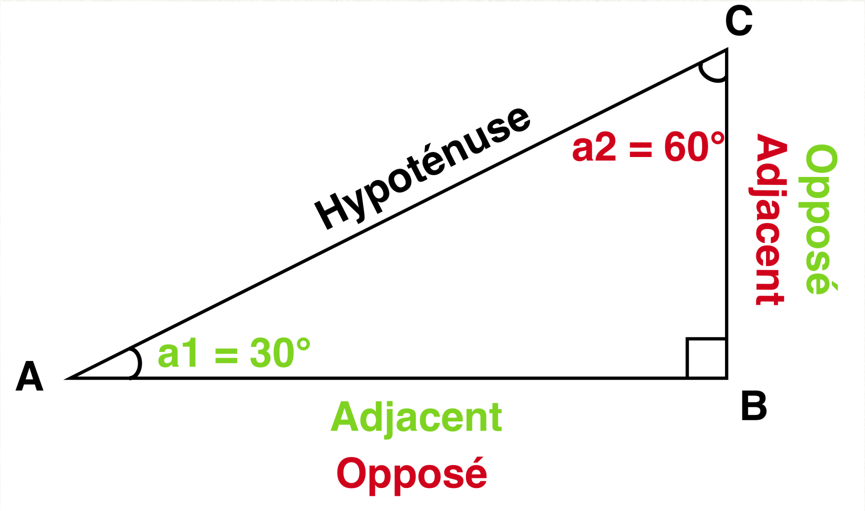


fig. 16

Pour des raisons de clarté et de compréhension, nous ajoutant des lettres en majuscules à chaque angle. Le principe est de travailler sur 2 angles différents qui sont a1 = 30° et a2 = 60°. Les côtés opposés et adjacents de a1 et a2 sont différents, seul l'hypoténuse reste inchangé.

- Si on se base sur l'angle a1, son côté opposé est BC, et son côté adjacent est AB.
- Si on se base sur l'angle a2, son côté opposé est AB, et son côté adjacent est BC.

<u>Étape 1</u> : on détermine le rapport trigonométrique du sinus de l'angle a1 qui est opposé / hypoténuse = **BC / AC**.
<u>Étape 2</u> : changeons d'angle pour se baser sur a2. On détermine le cosinus de l'angle a2 qui est adjacent / hypoténuse = **BC / AC**.

Comme vous pouvez le remarquer, on retrouve le même rapport pour sin a1 et cos a2 qui est **BC / AC**.

Et pour comprendre la partie **(90° - a)**, il suffit de faire une application numérique :
Reprenons les valeurs des angles a1 = 30° et a2 = 60°
sin 30° = cos **(90° - 30°)** => sin 30° = cos **60°**. Donc **60°** n'est d'autre que l'angle **a2**, qui est complémentaire de l'angle a1 et de l'angle droit, qui forment les 180° du triangle.

Ce principe reste exactement le même que pour cos a = sin (90° - a).

LE CERCLE TRIGONOMÉTRIQUE

Qu'est qu'un cercle trigonométrique ?

Un cercle trigonométrique est un cercle de rayon 1. Il contient deux axes perpendiculaires entre eux qui se croisent en un point nommé O, appelé aussi origine.

Quand on parle de **rayon 1** dans le cercle trigonométrique, cela signifie qu'il **vaut 1 quelque soit sa longueur** (que ça soit 1 mètre, 100 mètres…).
Le point origine **O** est aussi appelé le point **0** (zéro). Il **sépare** les valeurs **positives** des valeurs **négatives**.
Les axes d'un cercle trigonométrique doivent être gradués afin de pouvoir lire les valeurs de chacun.
Le sens positif du cercle trigonométrique est le sens opposé des aiguilles d'une montre.
Cela veut dire, pour un angle de +50°, il ira de 0° vers le sens opposé des aiguilles d'une montre.
Pour un angle dit négatif -70°, il ira de 0° vers le sens des aiguilles d'une montre.
-70° représente également 290° en sens positif, car 360° - 70° = 290°.

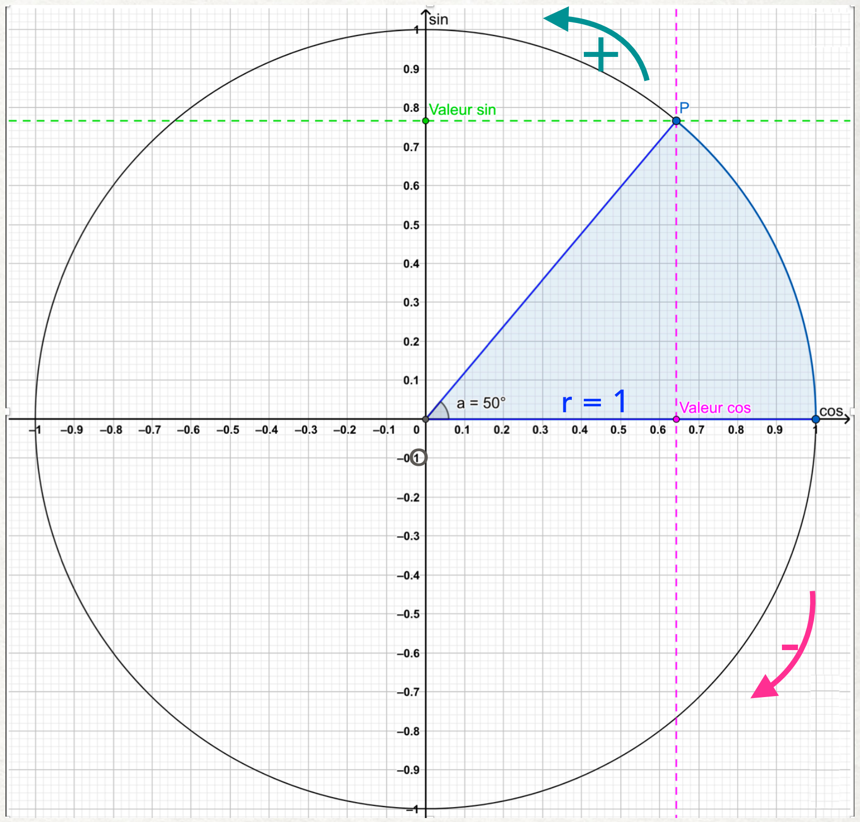


fig. 17 - Cercle trigonométrique avec angle 50°

Le sinus et le cosinus dans un cercle trigonométrique

Le sinus dans un cercle trigonométrique est représenté par l'axe vertical du cercle.
Le cosinus, quant à lui, est représenté par l'axe horizontal du cercle.

Prenons un angle **a** et traçons-le dans le cercle depuis le point 0 jusqu'à couper le rayon du cercle en un point P.
Afin de connaitre le cosinus et le sinus de cet angle **a**, il suffit de faire une **projection droite** (perpendiculaire) du point **P** à l'**axe** du **cosinus** et une autre **projection** à l'**axe** du **sinus** et de lire tout simplement leurs valeurs respectives sur les axes. (cf. fig. 17 à 20)
La particularité du cosinus et du sinus c'est qu'ils ont des **valeurs** allons de **+1 à -1** (dans un cercle de **rayon 1**).
Par conséquent, une valeur qui va au-delà de ces limites sera fausse !

L'avantage du cercle trigonométrique par rapport au triangle rectangle

Le cercle trigonométrique permet d'utiliser tous les angles possibles sans être limités entre 0° et 90° contrairement au triangle rectangle.
De plus, on peut lire directement les valeurs sans faire de calcul.

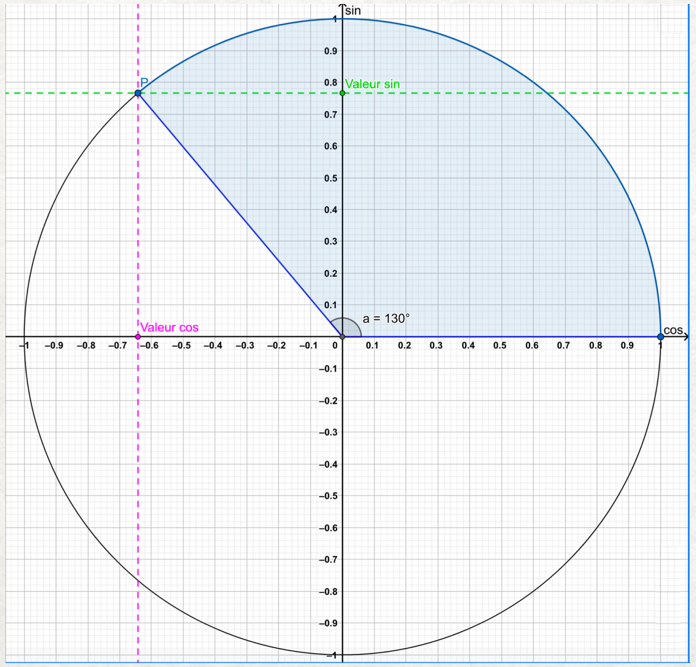


fig. 18 - Cercle trigonométrique avec angle 130°

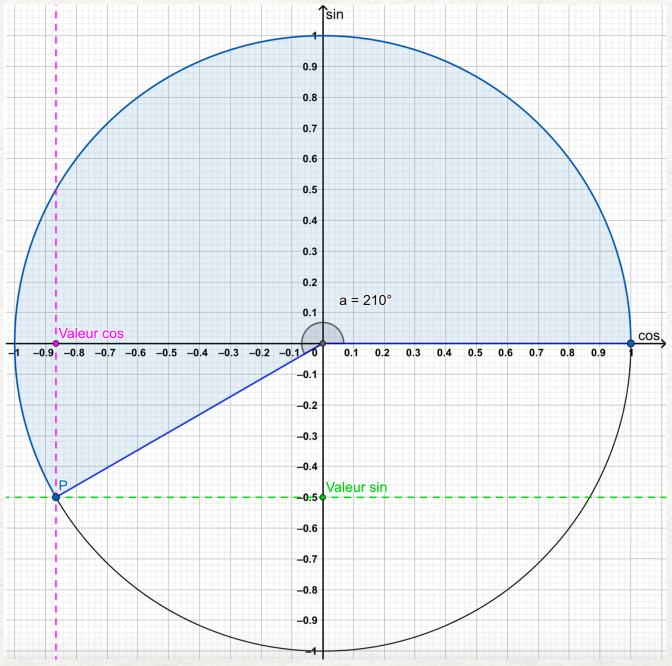


fig. 19 - Cercle trigonométrique avec angle 210°

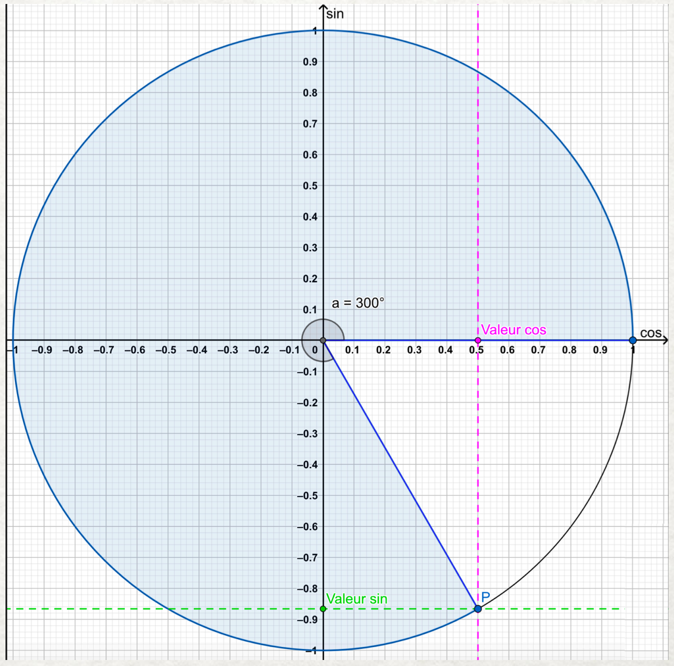


fig. 20 - Cercle trigonométrique avec angle 300°

LA TANGENTE DANS LE CERCLE TRIGONOMÉTRIQUE

Maintenant que nous avons vu ce qu'est le cercle trigonométrique et son principe de lecture des valeurs sur les axes cosinus et sinus, nous allons pouvoir représenter la tangente et voir comment lire sa valeur.

L'axe de la tangente est parallèle à l'axe du sinus et tangent au cercle trigonométrique par sa droite. (cf. fig. 21)

Sa particularité est le fait que sa graduation entre +1 et -1 est la même que le sinus, mais elle ne se limite pas aux **valeurs** du sinus et a une valeur comprise **entre +∞ et -∞** (∞ représente "l'infini"). Autrement dit, sa graduation n'a pas de valeur limite.

Lecture des valeurs de la tangente

Pour lire la valeur de la tangente d'un angle, on peut se retrouver dans deux situations :

1. L'angle tracé est orienté vers l'axe de la tangente (cf. fig. 22 et 25). Dans ce cas, on **prolonge le tracé de l'angle jusqu'à croiser l'axe de la tangente** et on relève la valeur. Cette règle est valable pour les angles entre **271° et 89°** en passant par le 0° (partie droite du cercle).
2. L'angle est orienté à l'opposé de l'axe de la tangente (cf. fig. 23 et 24), dans cet autre cas, on arrête le tracé sur le rayon du cercle (au point P) et on **prolonge la droite de l'angle dans l'autre sens inverse vers l'axe de la tangente jusqu'à le croiser** et enfin relever la valeur. Cette règle est valable pour les angles entre angles entre **91° et 269°** (partie gauche du cercle).

Particularité des angles de 90° et 270°

Les valeurs pour les angles **90° et 270° n'existent pas** ! Prenons, par exemple, l'angle 90° (cf. fig. 26) et essayons d'atteindre l'axe de la tangente dans un sens ou dans l'autre. Comme on peut le constater, on ne pourra jamais l'atteindre et, par conséquent, avoir une valeur. C'est exactement le même principe que pour l'angle 270° (cf. fig. 27).

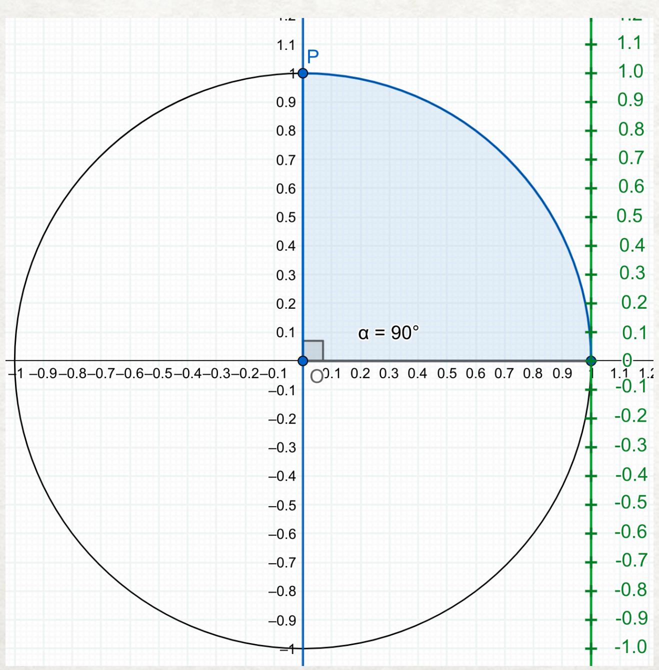


fig. 26 -Tangente angle 90°

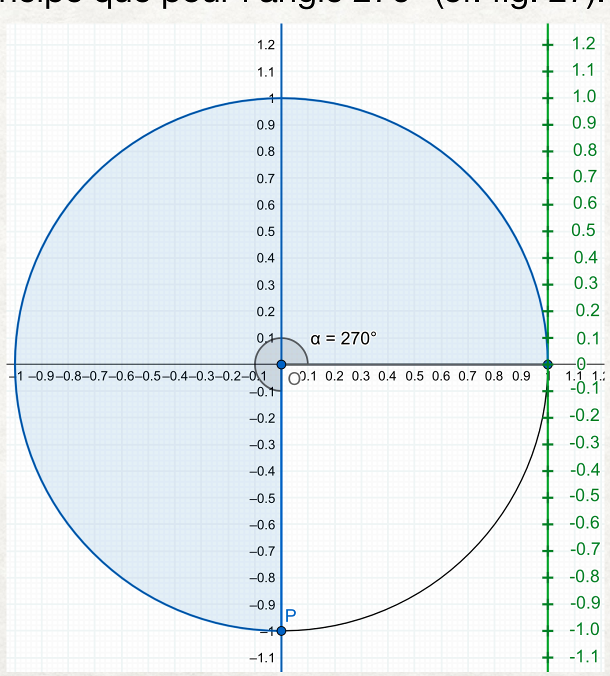


fig. 27 -Tangente angle 270°

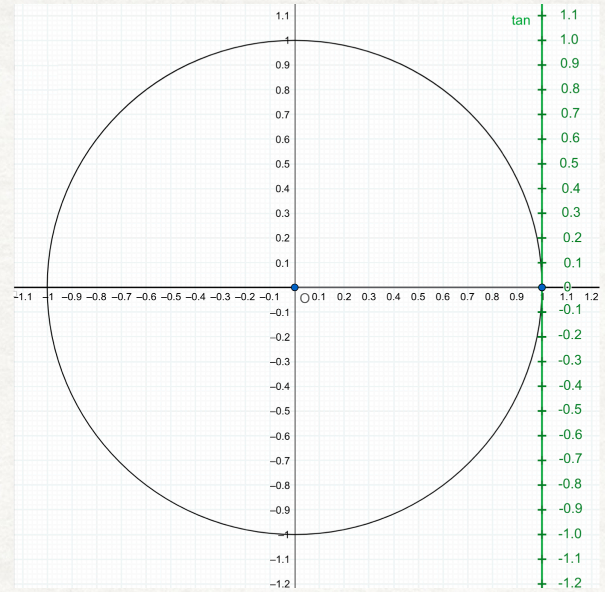


fig. 21 - Tangente dans le cercle trigonométrique

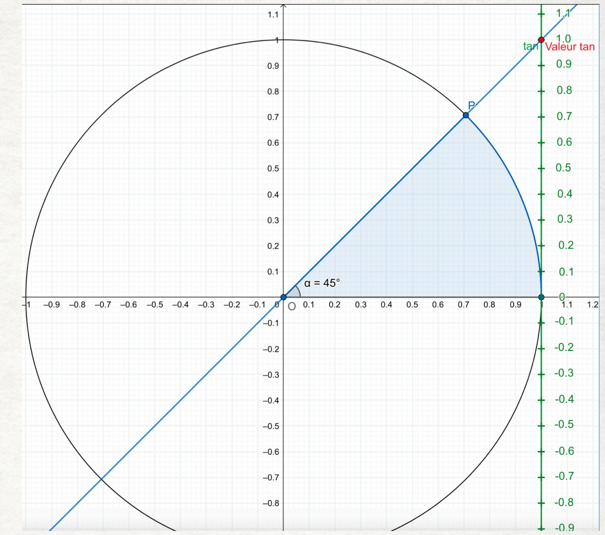


fig. 22 - Lecture valeur tangente 45°

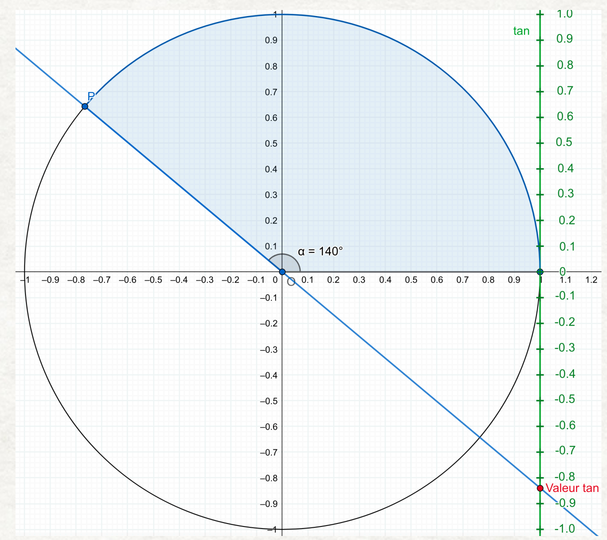


fig. 23 - Lecture valeur tangente 140°

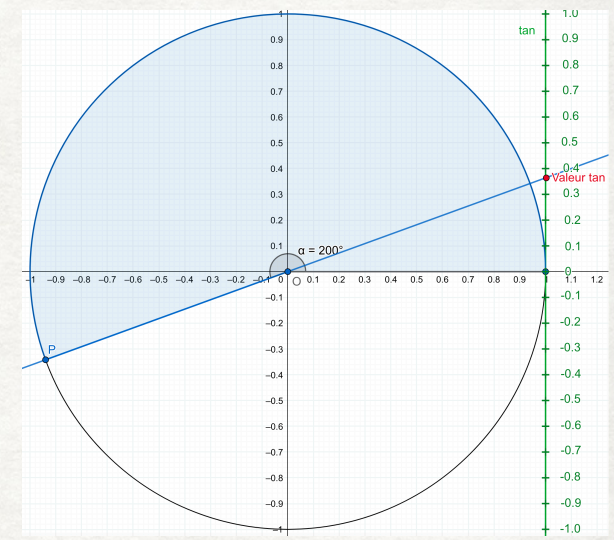


fig. 24 - Lecture valeur tangente 200°

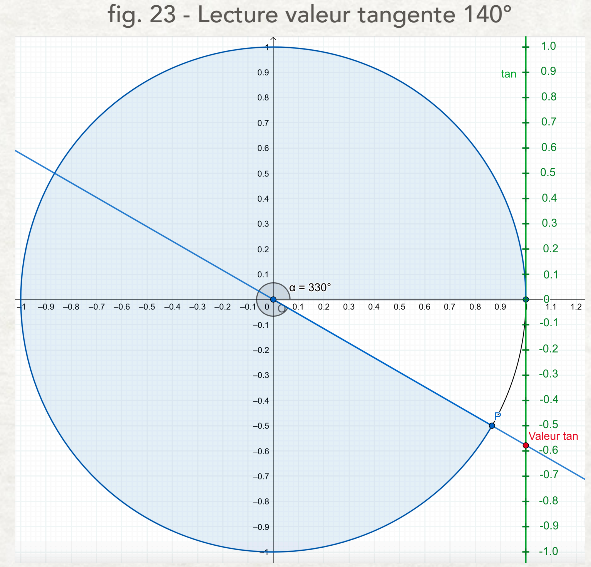


fig. 25 - Lecture valeur tangente 330°

LE RADIAN 1/2

Le radian, c'est quoi ?

Le **radian** c'est l'une des **unités de mesure angulaire** utilisé pour la mesure d'ouvertures d'angles.
Il existe aussi l'unité de mesure comme le degré qu'on a utilisé depuis le début et qui consiste à partager un cercle complet en 360 unités égales. Nous avons également le grade qui consiste à partager un angle droit en 100 unités égales (un cercle complet est égale à 400 grades), mais que nous n'utiliserons pas dans ce cours.

Combien vaut un radian ?

Quand la **longueur d'arc** d'un cercle est **égale à la longueur du rayon**, cela **correspond** à une **ouverture d'angle d'un radian**. (cf. fig. 28)
Autrement dit, pour un angle d'**un radian, sa longueur d'arc est égale à la longueur du rayon du cercle**.

Un arc est une portion d'un cercle. Par conséquent, quand on parle de longueur d'arc, cela correspond à la longueur de la portion du cercle.
Pour la l**ongueur d'un cercle complet**, on parle alors de **circonférence du cercle**.

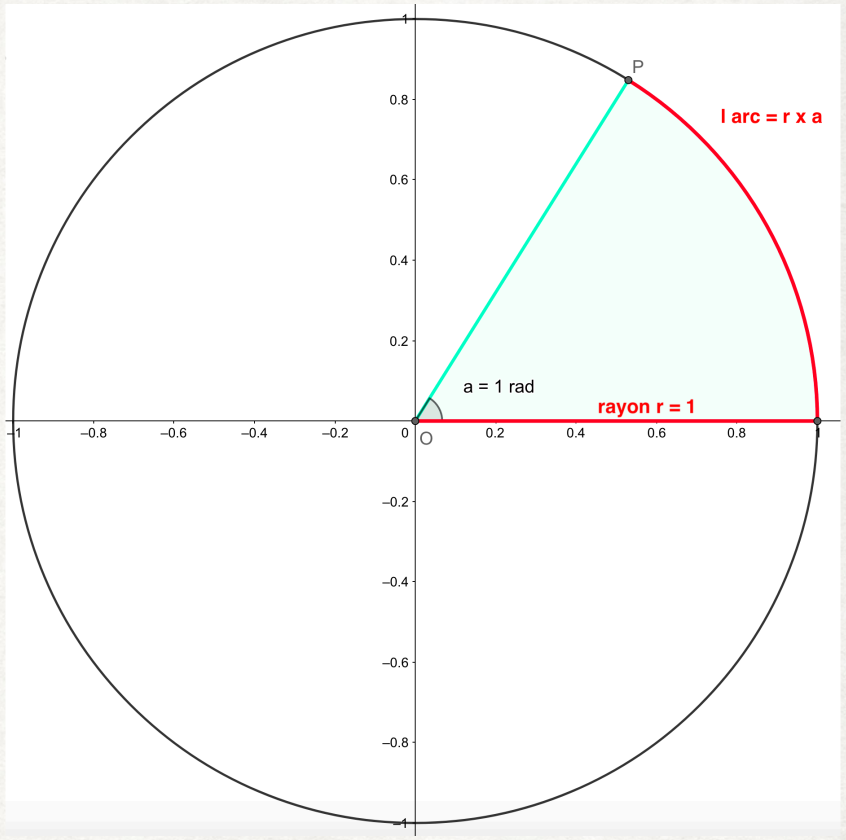


fig. 28 - Angle 1 rad

Pourquoi utilise-t-on le radian ?

Ce qui est intéressant avec le radian, c'est qu'on a cette **équivalence** entre le **rayon** et l'**angle**. Ça nous permet de déterminer la longueur d'arc ou d'obtenir l'angle ou le rayon à partir des éléments connus.
Pour cela, il suffit de relever la valeur en radian et de la multiplier par le rayon pour obtenir la longueur d'arc.
Prenons l'exemple d'un cercle avec un rayon **r = 1** et un angle **a = 1,2** rad (ici nous parlons toujours d'un cercle de rayon 1 sans dimension). Dans la pratique vous pouvez l'appliquer aux mètres, kilomètres…
La longueur d'arc est égale à : a x r = 1 x 1,2 = **1,2** (cf. fig. 29)

À partir de cet exemple, on peut déjà généraliser la règle et la mettre dans une formule réutilisable (***l arc*** signifie longueur d'arc):

l arc = a x r

Par conséquent, on peut obtenir le rayon **r = l arc / a** et l'angle en radian **a = l arc/r**.
Ainsi, on peut constater l'une des utilités du radian !

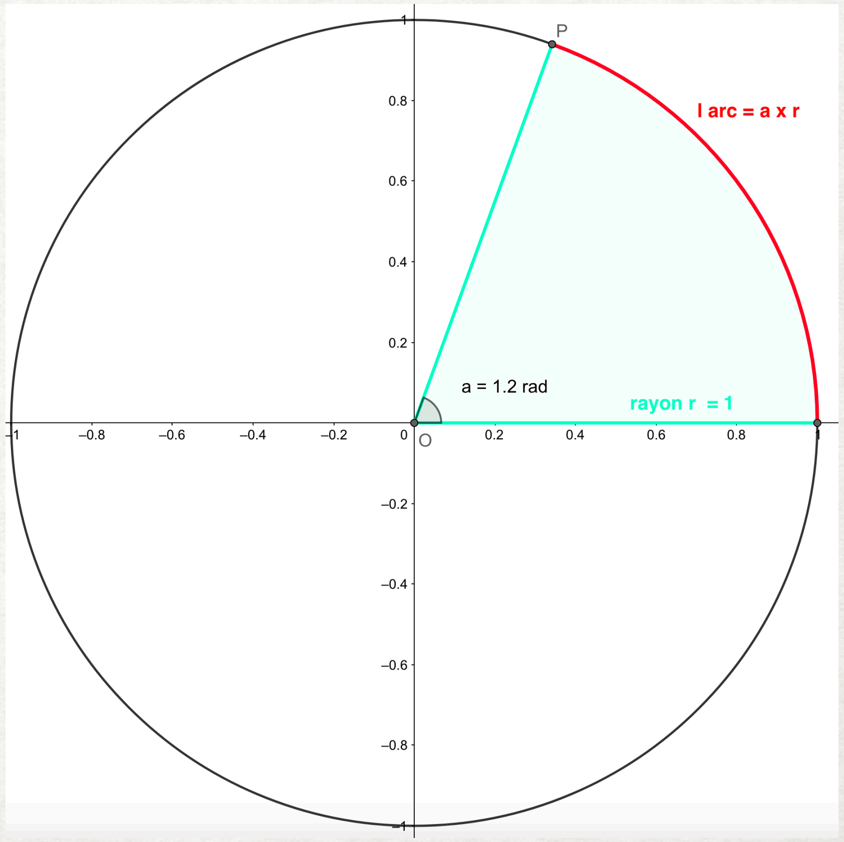


fig. 29 - Angle 1,2 rad

LE RADIAN 2/2

Le radian et la constante π (pi)

Dans ce cercle, nous allons étudier un angle remarquable en radian (cf. fig. 30) :
Avec un angle qui couvre la moitié de la longueur du cercle, nous avons environ 3,141…
radians qui n'est d'autre que la constante π.
La longueur d'arc d'un demi-cercle est égale à un angle de π radians ≈ 3,141 radians

Équivalence radian - degré

Comme on a déjà vu dans le chapitre précédent, la longueur d'un demi-cercle est égale à environ 3,141 rad.
Donc :

π rad = 180°

À partir de cette formule, on peut convertir toutes valeurs de radians en degrés et vice-versa avec une simple règle de 3.
(Pour rappel de la règle de 3, voici un lien : https://www.regledetrois.com).
Prenons par exemple un angle de 80° qu'on souhaite convertir en radians :

(80 x 3,141) / 180 ≈ 1**,396 rad**

On peut aussi dire que l'angle 90° est égal à π / 2 (180 / 2 = 90), et l'angle 360° est égal à 2 x π (180 x 2 = 360)…
Dans cette figure, vous avez les angles fréquemment utilisés avec leurs équivalences.
(cf. fig. 31)

Quand utiliser le radian ou le degré

Le plus souvent, on utilise le radian, hormis les cas de précisions.
Le degré, on l'utilise dans les cas où la précision est nécessaire,
comme pour déterminer une route pour la navigation, calculer une pente,
déterminer les coordonnées géographiques…
Comme vous pouvez le constater, le radian est beaucoup moins précis que le degré
(1 rad = 57,295°) et aussi moins parlant visuellement que le degré (45° est beaucoup plus parlant que π / 4 rad = 0,785 rad).
Dans ce cas, n'oubliez pas la formule de conversion qui vous permet de passer du radian au degré et vice-versa **π rad = 180°**.

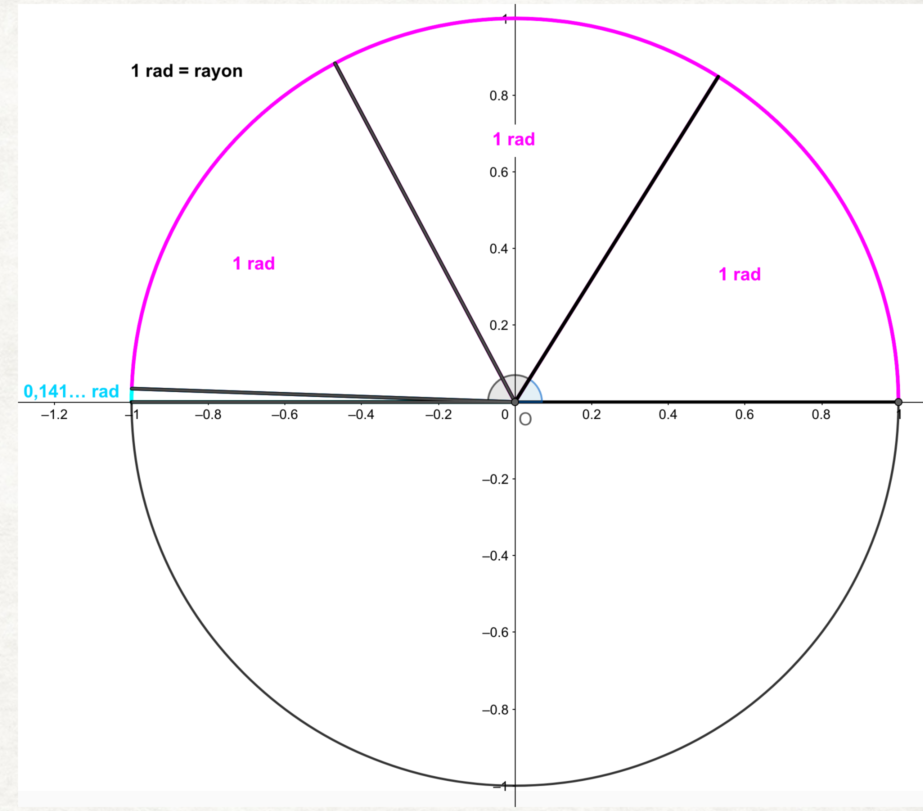


fig. 30 - π rad dans un cercle trigonométrique

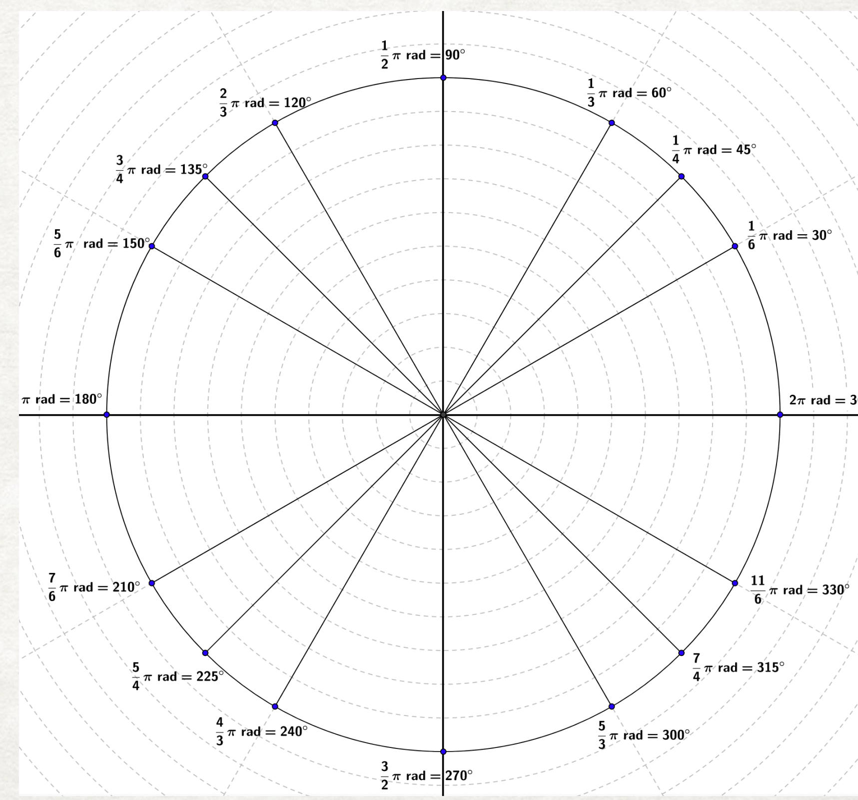


fig. 31 - Équivalence radian — degré

CAS PRATIQUE 1

Scénario

Prenons l'exemple d'un skieur qui possède un smartphone doté d'une puce GPS qui permet de lui restituer la distance parcourue ainsi que l'altitude par rapport au niveau moyen des mers.
Le skieur est basé dans un refuge à **1500 mètres** d'altitude. Il décide de grimper une montagne et de redescendre en skiant.
Au sommet de la montagne, il relève une altitude de **3700 mètres**.
Après avoir skié jusqu'au refuge, il relève **6,4 kilomètres**.
Il souhaite connaître sa pente de descente moyenne en degrés.

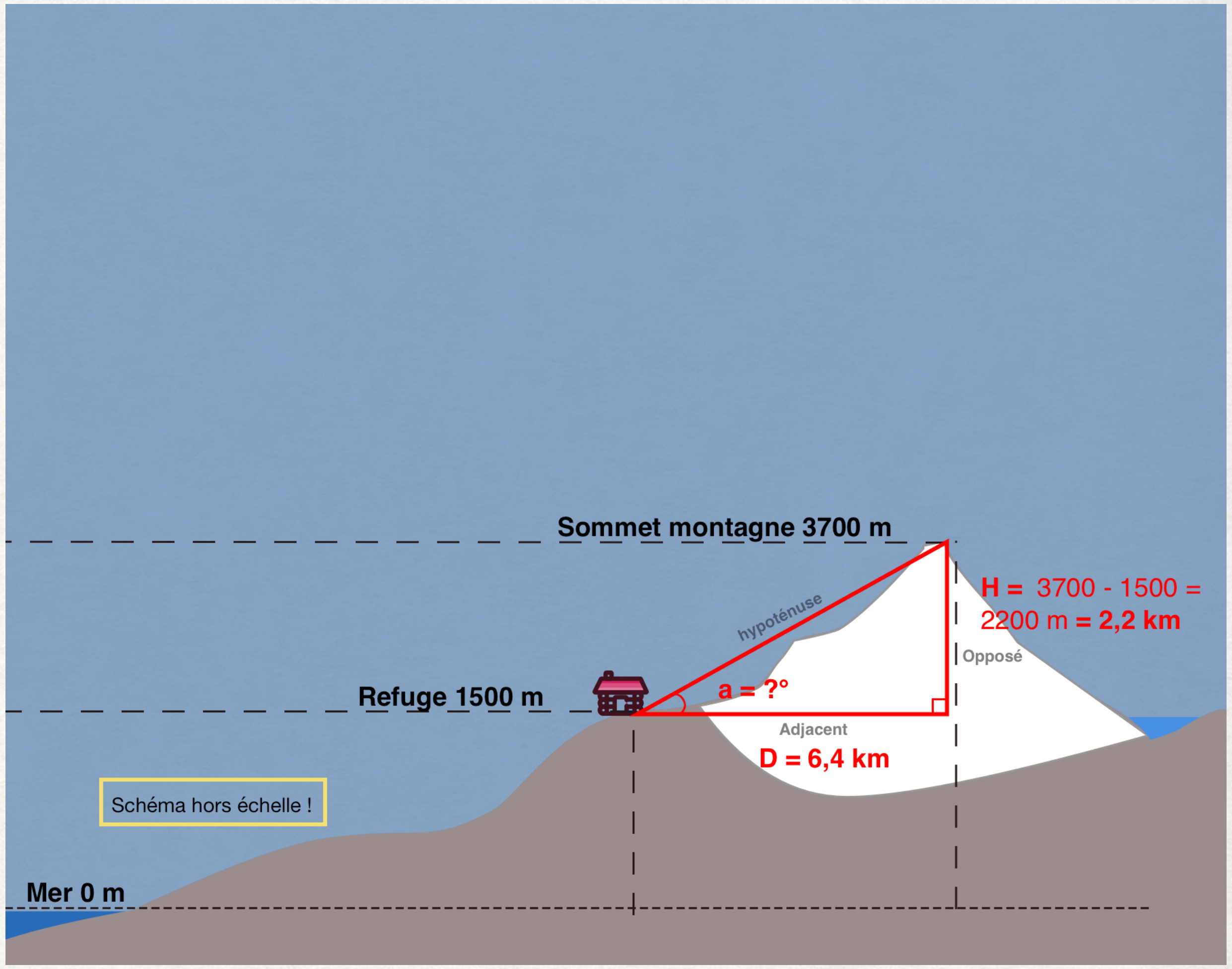


fig. 32 - Schéma du scénario du cas pratique 1

Réflexion

En schématisant le scénario du skieur (cf. fig. 32), on se retrouve avec deux paramètres qui sont la hauteur et la distance parcourue par ce dernier qu'on peut transposer dans un triangle rectangle.
Dans ce triangle rectangle, on retrouve les données du côté opposé et du côté adjacent.
On pose les trois rapports trigonométriques qu'on connaît déjà et on sélectionne le rapport dont on a besoin.
sin a = opposé / hypoténuse
cos a = adjacent / hypoténuse
tan a = opposé / adjacent
Dans notre problème, on reconnaît bien évidemment la tangente.

Résolution

Maintenant, il ne reste qu'à faire l'application numérique.

tan a = opposé / adjacent = H / D = 2,2 / 6,4 ≈ 0,343
0,343 est le résultat du rapport du côté opposé sur l'adjacent. Pour trouver l'angle à partir d'un rapport, il existe 3 possibilités :

1. La calculatrice avec la fonction inverse arctan (existe aussi pour arcsin et arccos).
2. Une table trigonométrique avec les correspondances angles - valeurs.
3. Un cercle trigonométrique convenablement gradué.

Pour ce cas pratique, je choisis la calculatrice et on trouve le résultat final : arctan 0,343 ≈ **18,97°**

Remarque

Voici l'un des intérêts de la trigonométrie !
Avec un simple rapport de 2 valeurs, une fonctionnalité très intéressante peut-être ajoutée à une application mobile, simplement en exploitant les données de géolocalisation du téléphone avec par exemple le framework Core Location pour les mobiles iOS.

CAS PRATIQUE 2

Scénario

Prenons l'exemple d'un avion qui doit survoler un obstacle juste après son décollage d'un aéroport. L'obstacle est une montagne qui se situe à **3 kilomètres** du point de décollage et qui a une hauteur de **500 mètres.** Pour des raisons de réglementation et de sécurité, l'avion doit survoler l'obstacle à au moins une hauteur de **300 mètres** au-dessus (cf. fig. 33).
*L'objectif est de déterminer la **pente minimum** de survol de l'avion pour le franchissement de l'obstacle.*

Réflexion

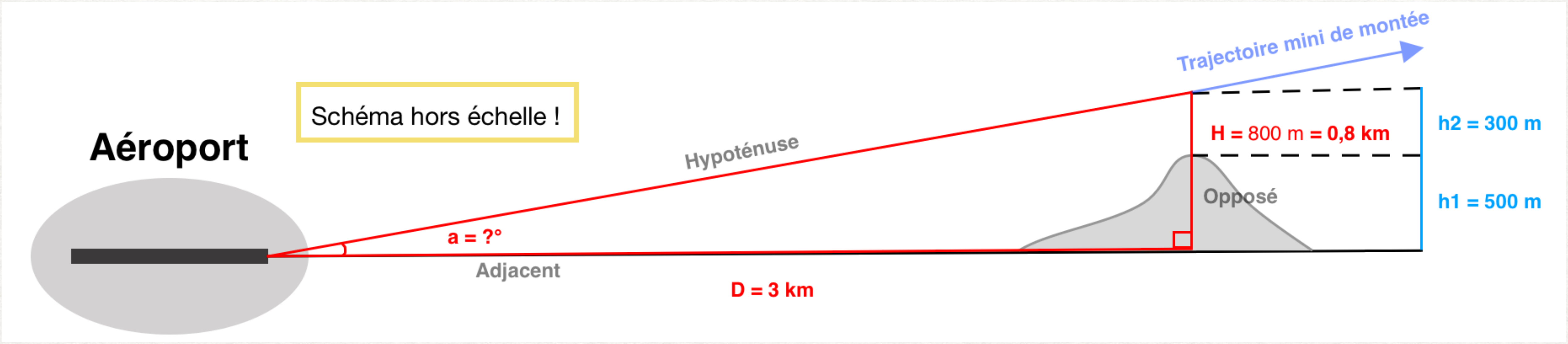


fig. 33 - Schéma du scénario du cas pratique 2

Connaissant la hauteur de survole qui est de **0,8 km** et la distance du point de décollage par rapport à l'obstacle qui est de **3 km**, il devient possible de calculer la pente minimum de décollage de la façon suivante :
On pose les trois rapports trigonométriques et l'on retient évidemment la tangente !
sin a = opposé / hypoténuse
cos a = adjacent / hypoténuse
tan a = opposé / adjacent

Résolution

Il ne reste qu'à faire l'application numérique.

tan a = opposé / adjacent = 0,8 / 3 ≈ 0,266
On détermine l'angle à partir de la valeur de la tangente avec arctan 0,266 ≈ **14,931°**

14,931° est la pente minimale que devra adopter l'avion pour franchir l'obstacle en toute sécurité.

Remarque

Comme on peut constater avec les cas pratiques 1 et 2, on utilise en général la tangente pour mesurer les hauteurs et les pentes.

CAS PRATIQUE 3

Scénario

Prenons un dernier exemple où un autre avion doit effectuer un vol entre l'aéroport A et l'aéroport B.
Par souci de sécurité et d'économie, on doit estimer la consommation du carburant avec une certaine précision. Pour se faire, il nous faut connaitre la distance totale à parcourir. La solution est simple; on relève la distance entre deux points avec une règle graduée avec des kilomètres et adaptée à l'échelle de la carte.
Le seul souci dans notre cas est, à l'arrivée de l'aéroport B, l'approche se fait en arc avec un rayon de 15 kilomètres autour de l'aéroport et non en segment droit.

Nous avons relevé une distance de 200 kilomètres avec la règle et il nous **manque** la **distance** du **point de route 4** jusqu'au **point de route 5** qu'on ne peut pas mesurer avec la règle (cf. fig. 33).

Réflexion

À l'aide d'un rapporteur, on relève l'angle de l'arc à **180°**.
On souhaite compléter le calcul total de la distance en ajoutant la distance manquante (entre le point de route 4 et l'aéroport).

On se retrouve avec deux paramètres qui sont le rayon **r = 15 km** ainsi que l'angle de l'arc **a = 180°**.

Comme nous l'avons vu auparavant , la longueur d'un arc de cercle est égale au rayon multiplié par l'angle en **radian**.

l arc = a x r

Pour passer des degrés en radians, on applique : **π rad = 180°.** Donc nous avons un angle d'environ **3,141 rad.**

Résolution

Maintenant que nous avons les formules adéquates, on applique :
l arc = a x r => l arc = 3,141 x 15 => **l arc = 47,12 km**
Il ne reste plus qu'à le rajouter aux 200 kilomètres plus les 15 kilomètres de l'approche finale pour compléter le calcul.

Remarque

Vous l'aurez peut-être deviné, les cas pratiques 2 et 3 peuvent également faire l'objet d'une application mobile, qui n'est pas spécifiquement liée aux performances ou navigations aériennes.

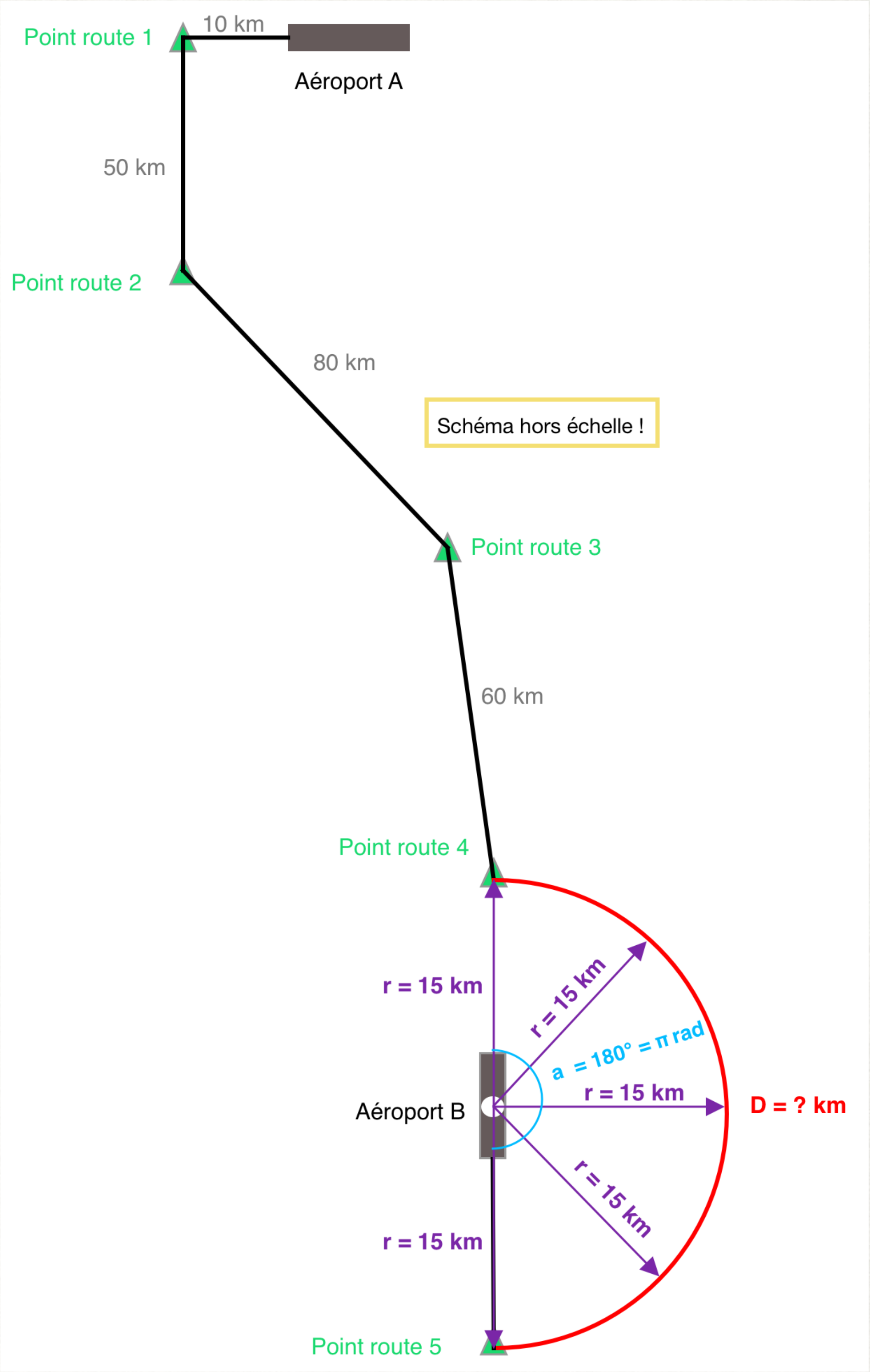


fig. 33 - Schéma du scénario du cas pratique 3

EXEMPLES D'UTILISATION DE LA TRIGONOMÉTRIE DANS XCODE & CONCLUSION

Obtenir le résultat d'un rapport trigonométrique en utilisant les longueurs des côtés d'un triangle

```
let hypotenuse = 4.472
let adjacent = 4.0
let opposite = 2.0
let sinValueFromLengthSides = opposite / hypotenuse
let cosValueFromLengthSides = adjacent / hypotenuse
let tanValueFromLengthSides = opposite / adjacent
```

π est stocké dans une variable statique qui se trouve dans la structure Double, qu'on peut mettre dans une constante pour être réutilisé dans le reste du code

```
let pi = Double.pi
```

Méthodes pratiques, pour obtenir le degré du radian et vice-versa

```
func getDegreeFromRadian(angleInRadian: Double) -> Double {
    let angleInDegree = (180.0 * angleInRadian) / pi
    return angleInDegree
}
func getRadianFromDegree(angleInDegree: Double) -> Double {
    let angleInRadian = (pi * angleInDegree) / 180.0
    return angleInRadian
}
getDegreeFromRadian(angleInRadian: pi / 2.0) // = 90°
getRadianFromDegree(angleInDegree: 180.0)    // = π rad
```

On peut obtenir la valeur de sin, cos et tan de la manière suivante :

```
let sinValueFromAngle = sin(pi / 6.0) // = sin(30°) = 0.5
let cosValueFromAngle = cos(pi / 3.0) // = cos(60°) = 0.5
let tanValueFromAngle = tan(pi / 4.0) // = tan(45°) = 1.0
```

L'unité d'angle à utiliser dans les paramètres est le **radian** !

Les méthodes pour obtenir un angle à partir d'une valeur du rapport trigonométrique (arcsin, arccos et arctan) sont :

```
let arcsin = asin(0.5)  // ≈ 0.523 rad
let arccos = acos(0.7)  // ≈ 0.795 rad
let arctan = atan(1.0)  // ≈ 0.785 rad
```

L'angle obtenu est en **radian** !

Et enfin, pour les convertir en degré :

```
getDegreeFromRadian(angleInRadian: arcsin)  // = 30°
getDegreeFromRadian(angleInRadian: arccos)  // ≈ 45.572°
getDegreeFromRadian(angleInRadian: arctan)  // = 45°
```

Conclusion

Ce cours, qui concerne les notions de base de la trigonométrie, a été rédigé pour un public de développeurs d'applications mobiles. Son but est de donner des explications simples avec un langage facile permettant aux développeurs d'applications d'avoir la main sur beaucoup de problématiques rencontrées.

On a vu que la trigonométrie permet la résolution de différents problèmes dans des domaines divers. Si j'ai choisi d'aborder ce sujet, c'est parce que la trigonométrie est très utile dans le développement mobile. Par exemple, avec quelques notions de base expliquées dans ce cours, on a pu résoudre trois problématiques (cas pratiques). Donc, il suffit au développeur de connaitre les bases de la trigonométrie et de les implémenter dans le code pour étendre sa créativité et pour répondre à des besoins particuliers.