La planète Terre

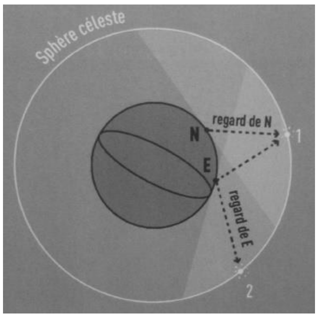
I. La sphéricité de la Terre

➢ *Quelles observations scientifiques ont permis d'affirmer que la Terre est sphérique ?*

⇨ **Activité : La découverte de la sphéricité de la Terre** *(Histoire des sciences)*

Bilan de l'activité

- **Pythagore** est le premier scientifique auquel on attribue l'idée de la sphéricité de la Terre, mais sans preuves. **Pour lui, comme le ciel est une shère donc la Terre doit l'être aussi: représentaton mystique.**
- **Aristote et Straban** en apportent **les premières preuves scientifiques par quelques observations:**

Observations	Lors d'une éclipse de Lune l'ombre de la Terre montre que la Terre est sphérique.	En deux points de la Terre, on ne voit pas les mêmes les étoiles.	Après avoir franchit la ligne d'horizon, on ne voit plus le bateau.
Illustrations	 « Lignes courbées »		 

⇨ *Voir la vidéo « 4 moyens de démontrer que la Terre est ronde sans aller dans l'espace » :*

https://www.youtube.com/watch?v=pxGVzJZu0fA

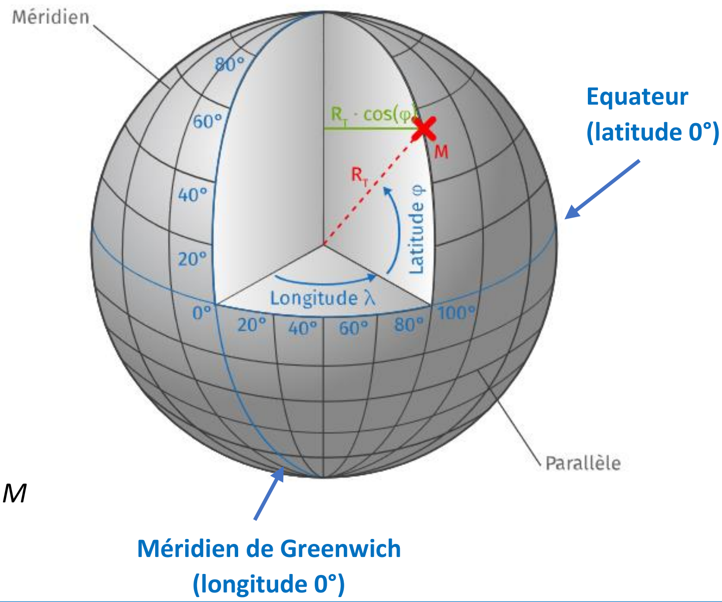
II. Comment repérer une position sur une Terre sphérique ?

Pour se repérer à la surface de la Terre, les cartographes ont fixé des lignes imaginaires particulières :
- Les méridiens (lignes imaginaires passant par les pôles).
- Les parallèles (lignes imaginaires parallèles à l'équateur).

Pour repérer un point à la surface de la Terre, on utilise deux coordonnées angulaires :

➢ **Latitudes:**
indiquée par N (« au Nord de l'équateur ») ou par S (« au Sud de l'équateur ») suivie du degré de l'angle (entre -90° et 90°)

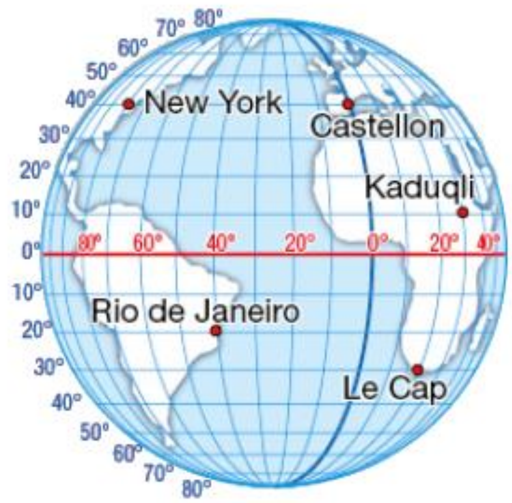
➢ **Longitudes:**
indiquée par E (« à l'Est du méridien de Greenwich ») ou par W (« à l'Ouest du méridien de Greenwich ») suivie du degré de l'angle (entre -180° et 180°)



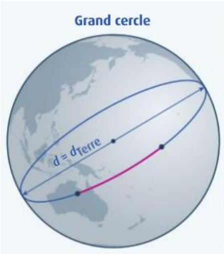
Exemple : les coordonnées géographiques du point M sont : ***(55°N , 100°E)***

Application :
Donner les coordonnées géographiques des 5 villes représentées sur le globe terrestre ci-contre :

New York: Longitude 80°E - Latitude 40°N
Castellon: Longitude 0° - Latitude 40°N
Kaduqli: Longitude 30°O - Latitude 10°N
Le Cap: Longitude 20°O - Latitude 30°S
Rio de Janeiro: 40°E - Latitude 20°S



Remarque :
Le chemin le plus court entre deux points à la surface de la Terre est nécessairement un arc de cercle.



⇨ *C'est pour cette raison que les liaisons entre l'Europe du Nord et l'Alaska ont tout intérêt à ne pas longer le parallèle mais à passer au plus près du pôle Nord pour que le chemin corresponde bien à un arc de cercle sur le globe terrestre :*

III. Calcul de la longueur d'un méridien terrestre

1) Par la méthode d'Eratosthène (IIIè siècle avant JC)

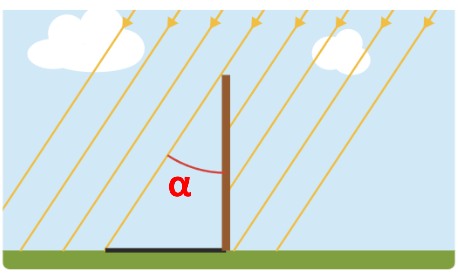
⇨ **Activité: Calcul de la longueur d'un méridien et du rayon terrestre par la méthode d'Eratosthène**

Bilan de l'activité

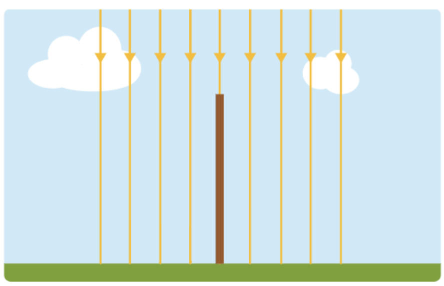
Pour calculer la longueur du méridien terrestre puis le rayon de la Terre par la méthode d'Eratosthène, il faut :

Etape 1

Lors du solstice d'été, on mesure l'angle formé entre les rayons du soleil et le gnomon.



Ombre d'un bâton au solstice d'été, à Alexandrie lorsque le Soleil est à son zénith.

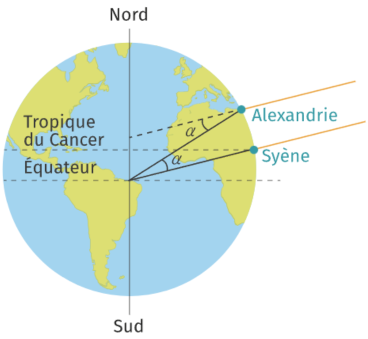

Absence d'ombre du bâton au solstice d'été, à la même heure à Syène.

Etape 2

On mesure la distance séparant les deux villes où se trouve les deux gnomons.

Etape 3

D'après la propriété des angles alternes internes en déduire l'angle **α :**



Etape 4

En appliquant la règle de proportionnalité,
en déduire la longueur du méridien (demi-cercle reliant les deux pôles de la Terre) :

Angle en degré	α	180°
Longueur de l'arc	Distance AS	**Longueur du méridien à calculer**

Etape 5

Après avoir calculé la longueur d'un méridien, on en déduit le rayon de la Terre:

Longueur du méridien = 3,14 x R

⇨ La longueur d'un méridien terrestre (demi-cercle entre les deux pôles) est d'environ 20 000 km.

⇨ La valeur théorique du rayon terrestre est R = 6370 km.

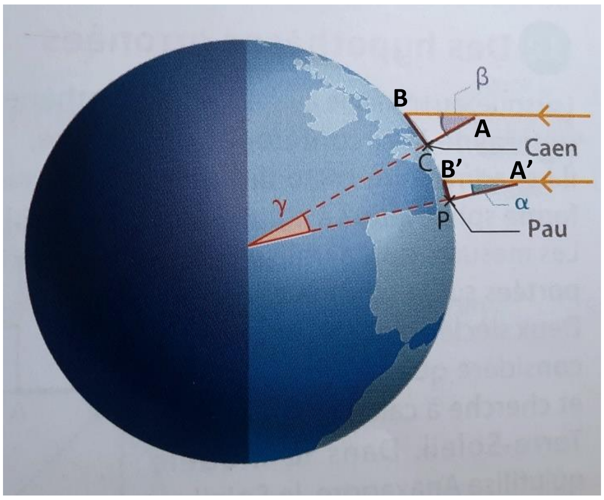
Application 1 : *Sur les pas d'Eratosthène*

Il est possible de reproduire l'expérience d'Eratosthène entre 2 villes situées sur le même méridien.

Nous choisirons Caen (point C) et Pau (point P) qui ont pour longitude commune 0,37°.

Dans chaque ville on plante verticalement un bâton de 1,0 m dans le sol. Le même jour, à midi, au soleil, deux personnes mesurent la longueur de l'ombre portée du bâton et obtiennent les résultats suivants : 38 cm à Caen et 27 cm à Pau. La longueur de l'arc de méridien entre Caen et Pau est 654 km.

Le schéma ci-contre représente la situation sans souci d'échelle.



1) Déterminer les angles α et β (arrondir au degré près) :

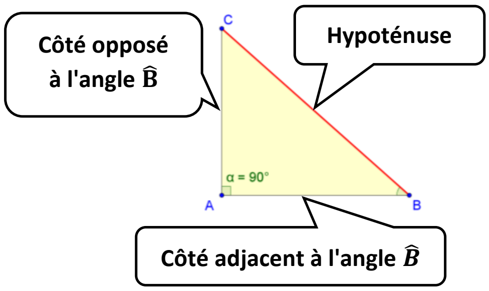
Au niveau de Caen on aura:

tan(béta)=0,38/1=0,38 donc béta=21°

Au niveau de Pau on aura:

tan(alpha)=0.27/1 don alpha=15°

Point Maths : ***Trigonométrie dans le triangle rectangle***



$$\sin(\widehat{ABC}) = \frac{\text{côté opposé}}{\text{hypoténuse}}$$

$$\cos(\widehat{ABC}) = \frac{\text{côté adjacent}}{\text{hypoténuse}}$$

$$\tan(\widehat{ABC}) = \frac{\text{côté opposé}}{\text{adjacent}}$$

D'après la propriété des angles alternes-internes, les angles alpha et béta correspondent aux latitudes de Caen et Pau.

2-a) Montrer que l'angle ϒ est égal à $\beta - \alpha$ et calculer sa valeur.

Comme les angles alpha et béta correspondent aux latitudes de Caen et Pau alors la différence de ces deux angles donnera l'angle gama.

gama = béta -alpha = 21-15=6°

2-b) Déterminer la circonférence de la Terre en utilisant la méthode d'Eratosthène. Donner le résultat en kilomètres avec deux chiffres significatifs.

La circonférence C =2. π. R de la Terre résulte d'une simple relation de proportionnalité:

C = (360/6) x distance = (360/6) x 654 = 39240 km = $3{,}9.10^4$ km

3) En déduire le rayon terrestre et exprimer le résultat avec deux chiffres significatifs.

Le rayon de la Terre est donc: R = C/(2.π) = 39240 x (2. π) = 6250 km = $6{,}3.10^3$ km

<u>Application 2 :</u> *Calcul du rayon de la Terre*

Voici les coordonnées géographiques de deux villes :

Rome (Italie) : 41,90° N ; 12,50° E

Yola (Nigeria) : 9,20° N ; 12,50° E

La distance entre Rome et Yola est de 3687 km.

1) Ces 2 villes présentent une coordonnée angulaire similaire. Sont-elles situées sur le même méridien ou sur le même parallèle ?

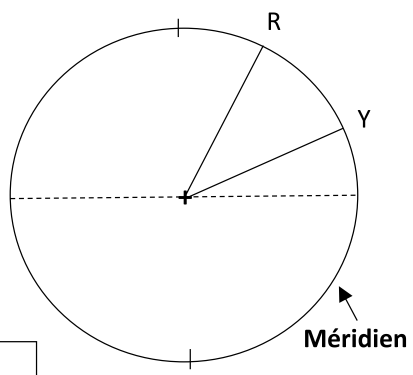
Ces deux villes se trouvent sur le même méridien puisqu'elles on la même longitude: 12,50°E

2-a) Déterminer la longueur du méridien terrestre en utilisant les coordonnées des deux villes. Exprimer le résultat avec deux chiffres significatifs. π

On utilise la même méthode que précédemment.

La différence de latitude est: 41,90° - 9,20° = 32,7°.

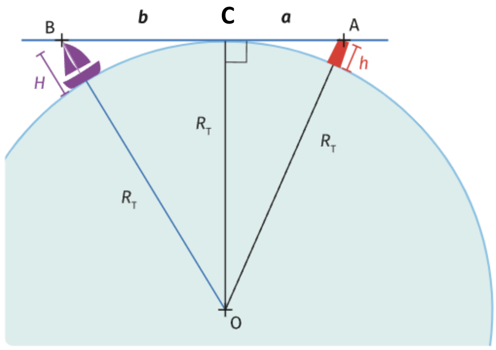
Long méridien = (180/32,7)*3687 = 20295 km = $2{,}0.10^4$ km



2-b) En déduire le rayon terrestre.

On en déduit le rayon terrestre:

R = long méridien/π = 20295/π = 6463 km = $6{,}5.10^3$ km



Application 3 : *Calcul d'une distance à l'horizon*

Benjamin est passionné par les courses de bateaux. Il se rend dans la baie des Sables d'Olonne pour assister au départ du Vendée Globe. Il souhaite calculer la distance à laquelle le mât d'un bateau disparaît à l'horizon.

Données :

Rayon de la Terre : R_T = 6370 km

Hauteur du mât : H = 29 m

Hauteur des yeux de Benjamin : h = 1,75 m

⇨ **A l'aide du théorème de Pythagore, déterminer la distance entre Benjamin et le mât du bateau lorsque celui-ci disparaît à l'horizon :**

D'après le théorème de pythagore on aura:

$a^2 + R^2 = (R + h)^2$ et $b^2 + R^2 = (R+H)^2$

$a = \sqrt{(R + h)^2 - R^2} = \sqrt{h.(2.R + h)}$ et $b = \sqrt{(R + H)^2 - R^2} = \sqrt{H.(2.R + H)}$

$a + b = \sqrt{1,75 \times (2 \times 6370000 + 1,75)} + \sqrt{29 \times (2 \times 6370000 + 29)}$ = 23943 m = 23,9 km

2) Par la méthode de triangulation plane (Delambre et Méchain en 1792)

⇨ **Activité: Comment calculer la longueur du méridien terrestre par la méthode de triangulation plane**

Bilan de l'activité

➢ Pour déterminer la longueur du méridien terrestre, ….

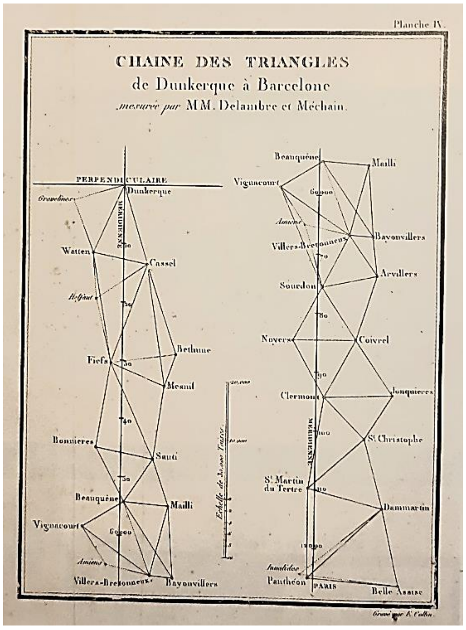
La méthode consiste à mesurer une base entre 2 villes.

La base est alors l'origine d'une opération de triangulation.

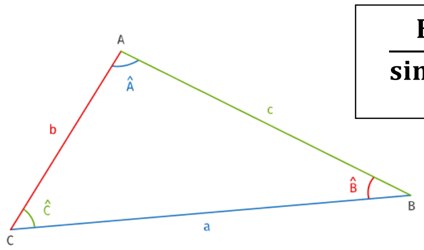
De la mesure des angles, il déduit la distance entre deux autres villes

et celle-ci constitue la base d'un nouveau triangle. Des triangles

formeront ainsi une chaîne ininterrompue le long de la méridienne.



➢ **La loi des sinus :**



$$\frac{BC}{\sin(\hat{A})} = \frac{CA}{\sin(\hat{B})} = \frac{AB}{\sin(\hat{C})}$$

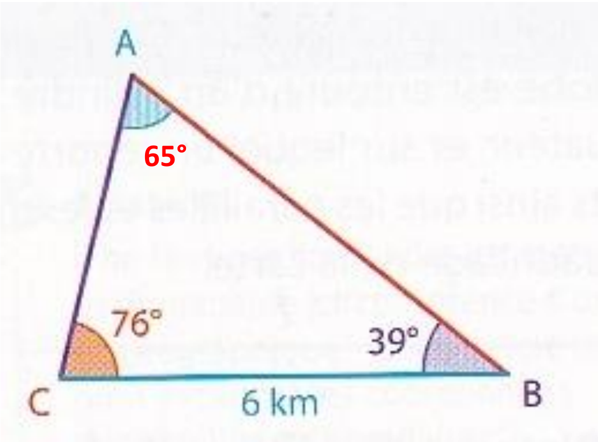
- **Loi des angles :**

La somme des 3 angles d'un triangle ABC mesure 180°.

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180°.$$

Application :

A l'aide de la loi des sinus et/ou des angles dans un triangle, calculer la longueur AB dans le triangle ci – dessous :



On sait que:

CB = 6 km , Angle A = 65° , Angle C = 76°

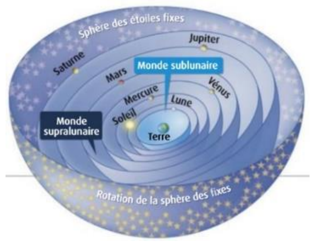
Donc: $\frac{CB}{\sin(\text{Angle A})} = \frac{AB}{\sin(\text{Angle C})}$

D'où: $AB = CB \times \frac{\sin(\text{Angle C})}{\sin(\text{Angle A})} = 6 \times \frac{\sin(76°)}{\sin(65°)} = 6{,}4$ km

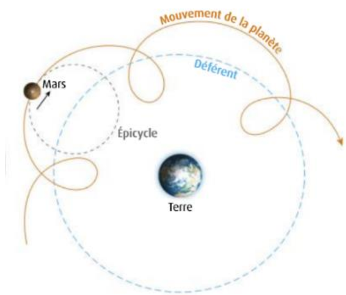
IV. Du géocentrisme à l'héliocentrisme

⇨ **Activité: Du géocentrisme à l'héliocentrisme** *(Histoire des sciences)*

Bilan de l'activité



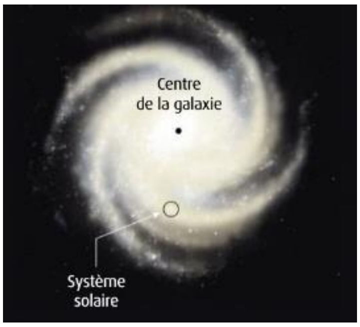
- **Dans la Grèce antique, le géocentrisme est défendu par Aristote et Ptolémée. Cette théorie qui se retrouve dans le texte "l'Almageste" a tenu bon jusqu'au moyen age.**



- Le modèle géocentrique proposé par **Ptolémée** au II^{è} siècle

  nécessite de faire intervenir des épicycles (cercles tournant sur d'autres cercles plus grands).

- **Le modèle héliocentrique a été proposé par Copernic (1530).**
  Au XVII^{è} siècle, plusieurs arguments vont finir par soutenir ce modèle :
  - Observation des satellites de Jupiter par Galilée (1610).
  - Etude de la chute des corps et de la gravitation pa Newton (1687).



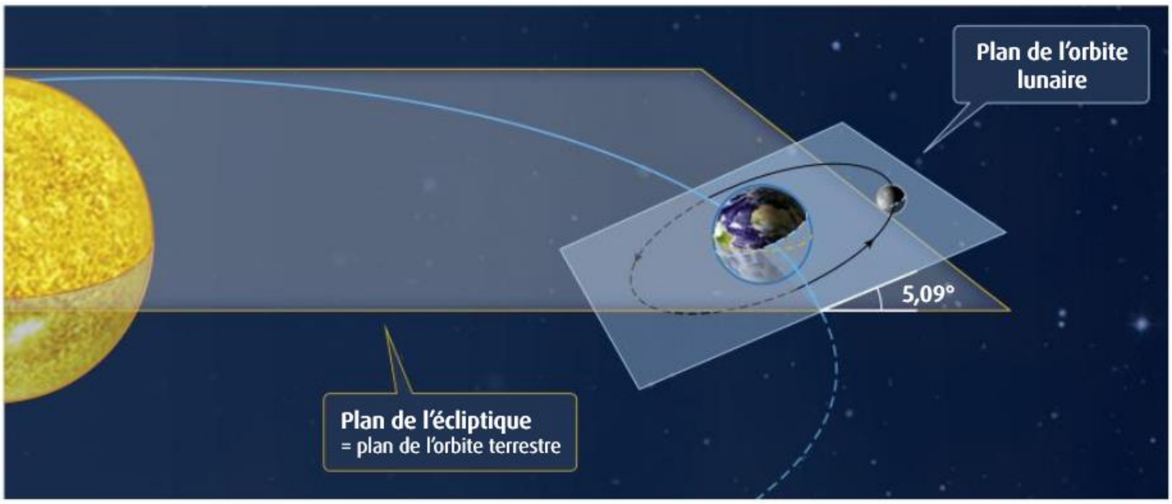
- Aujourd'hui, c'est le modèle héliocentrique qui est adopté et qui fait l'unanimité. Pour autant, **le soleil, n'est pas au centre de l'Univers** mais **au centre de notre système solaire. Le soleil n'est pas immobile puisqu'il tourne autour du centre de notre galaxie, la Voie Lactée.**

V. Le satellite naturel de la Terre : la Lune

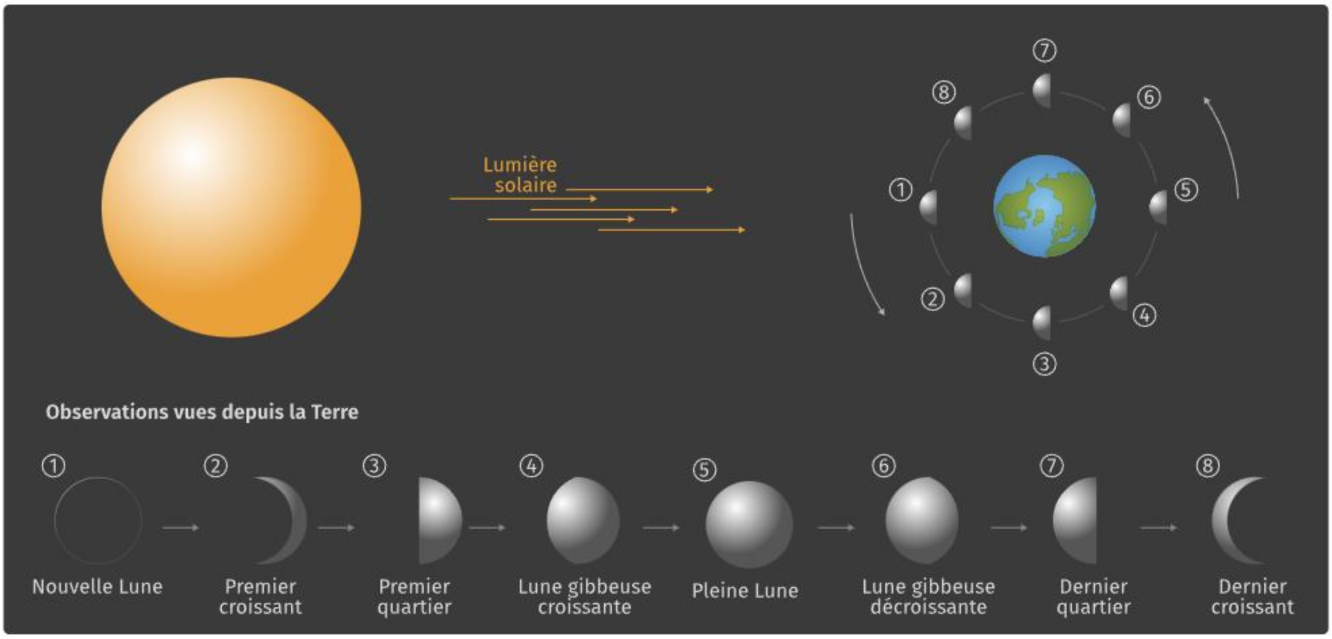
⇨ Activité: Les phases de la Lune

Bilan de l'activité

- **Observée dans un référentiel géocentrique, la Lune …**



- **La Lune met environ нт͘ϯ ũŽƵƌƐ pour accomplir sa révolution autour de la Terre.**
- **[ĂĚƵƌĠĞĚĞƌĠǀŽůƵƚŝŽŶĚĞůĂůƵŶĞƐƵƌĞůůĞͲŵġŵĞĞƐƚůĂĚƵƌĠĞĚĞƌĠǀŽůƵƚŝŽŶ** c'est pourquoi **on ne voit qu'une seule face de la Lune depuis la Terre.**
- En fonction de sa position par rapport à la Terre et au soleil, **un observateur terrestre n'observe qu'une partie plus ou moins grande de la Lune éclairée** : **ce sont ůĞƐƉŚĂƐĞƐĚĞůĂůƵŶĞ͘**



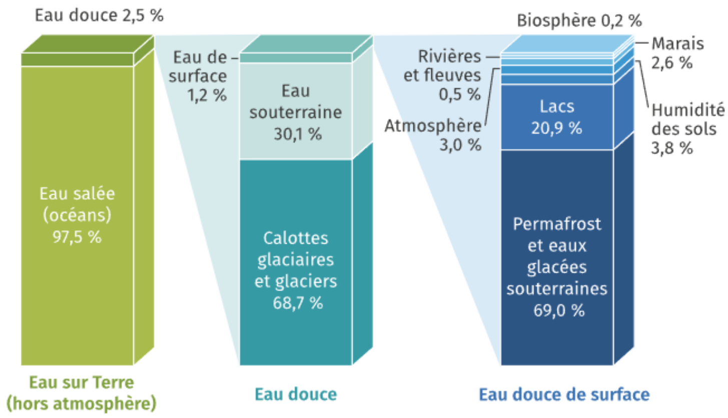
⇨ *Voir vidéo de l'émission l'Esprit Sorcier : Pourquoi voit on toujours la meme face de la Lune?*

https://youtu.be/pI9AKnjp3po

VI. De l'eau sur Terre

1) Répartition de l'eau sur Terre

- L'eau existe sous trois états sur Terre (solide, liquide et gaz).
- La Terre est une planète bleue recouverte en surface par environ **[illegible] d'eau**. Même si elle renferme près de 1,4 milliards de km^3 d'eau, **une grande partie de cette réserve est de l'eau salée.** Sans traitement préalable, cette eau n'est pas consommable par les êtres humains.



Répartition de l'eau sur Terre

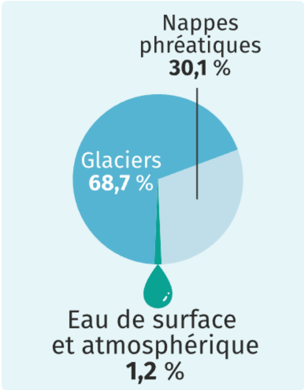


Diagramme de répartition de l'eau douce sur Terre

- **L'eau douce représente environ [illegible] des réserves totales en eau de la planète.**
- **Les nappes phréatiques, les calottes glacières et la banquise** sont les principaux **réservoirs d'eau douce.**

Application :

1- Calculer le volume d'eau douce disponible sur Terre en km^3 :

Le volume d'eau douce disponible sur Terre est: $V = 1{,}4.10^9 km^3 \times 0.025 = 3{,}5.10^7\ km^3$.

2- En déduire le volume d'eau disponible dans les nappes phréatiques :

Dans les nappes phréatique, le volume d'eau douce est: $V = 3{,}5.10^7 \times 0{,}301 = 1{,}1.10^7\ km^3$.

A retenir :

➢ **L'eau sur Terre est inégalement répartie dans l'espace et dans le temps.**

➢ Avec le changement climatique et l'augmentation des températures, **les réserves en eau douce dans les nappes phréatiques ne cessent de diminuer.** Cette tendance, selon les prévisions, devrait s'accentuer et posera forcément des problèmes d'accès à l'eau notamment pour les populations les plus fragiles.

➢ Une des pistes pour limiter les tensions sur les réserves d'eau douce serait de pouvoir **utiliser les eaux grises (recyclage des eaux usées en eau potable).**

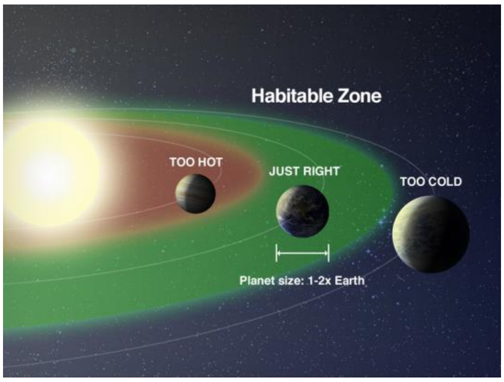
2) L'eau liquide, un critère d'habitabilité indispensable pour une planète

➢ *Pourquoi y-a-t-il de l'eau liquide sur Terre ? Quelles sont les conditions favorables au développement de la vie pour une exoplanète ?*

⇨ **Activité: Etude des conditions favorables au développement de la vie pour une exoplanète**

Bilan de l'activité

- **La zone d'habitabilité correspond à une région de l'espace dans laquelle l'eau peut exister à l'état liquide.**



Si une exoplanète se trouve dans cette zone alors elle réunirait toutes les conditions favorables au développement de la vie ce qui ne signifie pas qu'elle serait forcément habitée.

- Les conditions jugées suffisantes pour qu'une exoplanète puisse être considérée comme habitable sont difficiles à définir tout simplement parce que la Terre est le seul exemple que les astronomes connaissent.
- **Par analogie à notre planète Terre, pour qu'une exoplanète puisse conserver de l'eau liquide à sa surface et qu'elle soit déclarée comme habitable, il faut au moins** :
  - **que la pesanteur soit suffisamment forte pour l'empécher de perdre son atmosphère.**
  - **qu'elle se trouve dans la zone d'habitabilité.**
  - **qu'elle possède de l'eau à l'état liquide.**

Remarque :
L'indice de similarité avec la Terre (IST) est une grandeur qui permet de classer les planètes selon leur ressemblance avec la Terre dont l'IST vaut 1.
Selon les chercheurs qui ont proposé cet indice, une valeur comprise entre 0,8 et 1 est nécessaire pour que la planète présente potentiellement une atmosphère stable et suffisante pour avoir un effet de serre.
Exemples :

	Indice de similarité avec la Terre
Mars	0,70
TRAPPIST-1 d (exoplanète)	0,90
Kepler-438 b (exoplanète)	0,88

⇨ **Vidéo sur « le concept de l'habitabilité des exoplanètes » :**

https://youtu.be/KzBvuuuj3As