

# Stage DAFOP: distances dans l'Univers

## Histoire du mètre

CLEA (S.Thiault)  
4 février 2020

Observatoire de Lyon

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

## Objectifs généraux de formation

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

## Objectifs généraux de formation

- Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration.
- Identifier et mettre en oeuvre des pratiques scientifiques.
- Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement.

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

Le thème : la Terre un astre singulier

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

## Le thème : la Terre un astre singulier

### Histoire, enjeux et débats

- L'histoire de la mesure du méridien terrestre par Ératosthène (et les hypothèses d'Anaxagore).
- L'histoire de la mesure du méridien terrestre par Delambre et Méchain (détermination de la longueur du méridien reliant Dunkerque à Barcelone).
- Histoire de la définition du mètre.

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

Ce qui est attendu des élèves.

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

## Ce qui est attendu des élèves.

- Savoir qu'un point à la surface de la Terre se repère par deux coordonnées angulaires, sa latitude et sa longitude.
- Savoir que le plus court chemin entre deux points à la surface de la Terre est l'arc du grand cercle qui les relie.
- Calculer la longueur du méridien terrestre par la méthode d'Ératosthène.
- Calculer une longueur par la méthode de triangulation utilisée par Delambre et Méchain.
- Calculer le rayon de la Terre à partir de la longueur du méridien.

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

## Prérequis et limites

# 1. Le mètre au programme de l'enseignement scientifique de première

## Prérequis et limites

- La connaissance de la loi des sinus n'est pas exigible pour mettre en oeuvre le principe de triangulation plane (calcul d'une longueur à partir de la mesure d'une autre longueur et de deux angles).  
Elle est fournie pour mettre en oeuvre le principe de triangulation plane (calcul d'une longueur à partir de la mesure d'une autre longueur et de deux angles).
- On admet que la longueur d'un arc de cercle est proportionnelle à l'angle qui l'intercepte.
- Le repérage sur une sphère, déjà connu des élèves, est remobilisé.
- Le calcul de la longueur entre deux points le long d'un grand cercle n'est pas exigible.

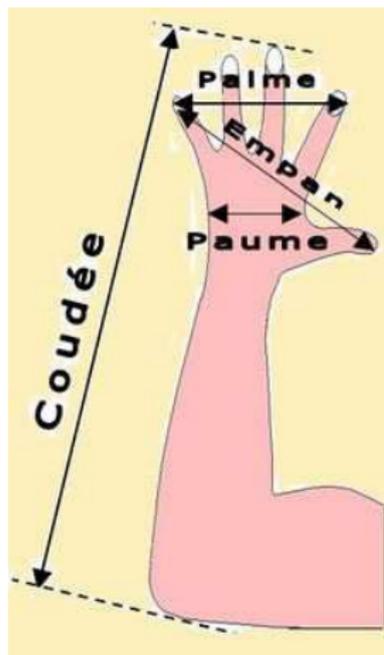
## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

De la nécessité d'une référence "universelle"

## 2. Avant le mètre

De la nécessité d'une référence "universelle"



- Les anciennes unités de longueur avaient le plus souvent un rapport avec le corps humain : pied, doigt, palme, coudée....
- Avec un même nom, on pouvait avoir des unités de mesure différentes ( la toise !).
- Elles sont nées de l'usage : la chose mesurée est associée à une unité de mesure spécifique.  
(travail humain/ corps humain / quantité de grains...)

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

De la nécessité d'une référence "universelle"

## 2. Avant le mètre

De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...
- Toise = "tensa brachia" = "bras étendus"(latin)

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...
- Toise = "tensa brachia" = "bras étendus"(latin)
  - ▶ 1 toise = 6 pieds,

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...
- Toise = "tensa brachia" = "bras étendus"(latin)
  - ▶ 1 toise = 6 pieds,
  - ▶ 1 pied = 12 pouces,

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...
- Toise = "tensa brachia" = "bras étendus"(latin)
  - ▶ 1 toise = 6 pieds,
  - ▶ 1 pied = 12 pouces,
  - ▶ 1 pouce = 12 lignes.

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...
- Toise = "tensa brachia" = "bras étendus"(latin)
  - ▶ 1 toise = 6 pieds,
  - ▶ 1 pied = 12 pouces,
  - ▶ 1 pouce = 12 lignes.
- Autrement dit 1 toise =

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...
- Toise = "tensa brachia" = "bras étendus"(latin)
  - ▶ 1 toise = 6 pieds,
  - ▶ 1 pied = 12 pouces,
  - ▶ 1 pouce = 12 lignes.
- Autrement dit 1 toise = 864 lignes...

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...
- Toise = "tensa brachia" = "bras étendus"(latin)
  - ▶ 1 toise = 6 pieds,
  - ▶ 1 pied = 12 pouces,
  - ▶ 1 pouce = 12 lignes.
- Autrement dit 1 toise = 864 lignes...
- Mais quel est le pied de référence ?

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

- Avant le mètre il y avait la toise ou plutôt les toises...
- Toise = "tensa brachia" = "bras étendus"(latin)
  - ▶ 1 toise = 6 pieds,
  - ▶ 1 pied = 12 pouces,
  - ▶ 1 pouce = 12 lignes.
- Autrement dit 1 toise = 864 lignes...
- Mais quel est le pied de référence ?

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

De la nécessité d'une référence "universelle"

## 2. Avant le mètre

De la nécessité d'une référence "universelle"



Une certaine universalité pendant la période romaine.

## 2. Avant le mètre

De la nécessité d'une référence "universelle"



Une certaine universalité pendant la période romaine.

Charlemagne impose des mesures universelles pour l'Empire...

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"



Une certaine universalité pendant la période romaine.

Charlemagne impose des mesures universelles pour l'Empire...

La Toise du Chatelet : barre de fer terminée à chaque extrémité par deux saillies. L'écart entre les deux saillies mesure une toise. Mais usure, déformation du support...

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"



Une certaine universalité pendant la période romaine.

Charlemagne impose des mesures universelles pour l'Empire...

La Toise du Chatelet : barre de fer terminée à chaque extrémité par deux saillies. L'écart entre les deux saillies mesure une toise. Mais usure, déformation du support...

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

De la nécessité d'une référence "universelle"

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

Au moyen âge, chaque seigneur fixe sa référence, ainsi que le clergé, les villes...

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

Au moyen âge, chaque seigneur fixe sa référence, ainsi que le clergé, les villes...

Plusieurs tentatives pour une uniformisation, mais quelle référence choisir ?

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

Au moyen âge, chaque seigneur fixe sa référence, ainsi que le clergé, les villes...

Plusieurs tentatives pour une uniformisation, mais quelle référence choisir ?

A la révolution, dans tous les cahiers de doléances : le tiers état ne veut plus "deux poids deux mesures" !

On réclame une mesure et un poids universels.

calcul. Nous concluons donc en peu de mots que la diversité des poids et mesures est toujours préjudiciable au public, qu'il vende ou qu'il achète, et souvent embarrassante pour l'homme commerçant.

BnF Gallica ; cahiers de doléances de Vers

15. Que la gabelle soit supprimée, ou le prix du sel diminué ;

16. Qu'il n'y ait qu'une même uniformité de poids et mesures dans tout le royaume ;

BnF Gallica ; cahiers de doléances de Remoulins

## 2. Avant le mètre

### De la nécessité d'une référence "universelle"

Au moyen âge, chaque seigneur fixe sa référence, ainsi que le clergé, les villes...

Plusieurs tentatives pour une uniformisation, mais quelle référence choisir ?

A la révolution, dans tous les cahiers de doléances : le tiers état ne veut plus "deux poids deux mesures" !

On réclame une mesure et un poids universels.

calcul. Nous concluons donc en peu de mots que la diversité des poids et mesures est toujours préjudiciable au public, qu'il vende ou qu'il achète, et souvent embarrassante pour l'homme commerçant.

BnF Gallica ; cahiers de doléances de Vers

15. Que la gabelle soit supprimée, ou le prix du sel diminué ;

16. Qu'il n'y ait qu'une même uniformité de poids et mesures dans tout le royaume ;

BnF Gallica ; cahiers de doléances de Remoulins

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

Deux étalons naturels : le pendule et le méridien.

## 2. Avant le mètre

Deux étalons naturels : le pendule et le méridien.



obs de Paris

- Dès 1670, les astronomes Picard, Huygens et Roemer suggèrent de prendre pour étalon de longueur la longueur du pendule qui bat la seconde.

## 2. Avant le mètre

Deux étalons naturels : le pendule et le méridien.



obs de Paris

- Dès 1670, les astronomes Picard, Huygens et Roemer suggèrent de prendre pour étalon de longueur la longueur du pendule qui bat la seconde.
- 1672 : Richer à Cayenne pour la mesure de la parallaxe de Mars.  
Le pendule apporté de Paris oscille plus lentement à Cayenne.

## 2. Avant le mètre

Deux étalons naturels : le pendule et le méridien.



obs de Paris

- Dès 1670, les astronomes Picard, Huygens et Roemer suggèrent de prendre pour étalon de longueur la longueur du pendule qui bat la seconde.
- 1672 : Richer à Cayenne pour la mesure de la parallaxe de Mars.  
Le pendule apporté de Paris oscille plus lentement à Cayenne.
- Exit le pendule ! (même s'il garde quelques défenseurs)

## 2. Avant le mètre

Deux étalons naturels : le pendule et le méridien.



obs de Paris

- Dès 1670, les astronomes Picard, Huygens et Roemer suggèrent de prendre pour étalon de longueur la longueur du pendule qui bat la seconde.
- 1672 : Richer à Cayenne pour la mesure de la parallaxe de Mars.  
Le pendule apporté de Paris oscille plus lentement à Cayenne.
- Exit le pendule ! (même s'il garde quelques défenseurs)

L'abbé Gabriel Mouton (1618-1694) suggère en 1670 d'adopter comme unité de longueur la "virga", millième partie de l'arc du méridien correspondant à une minute.

## 2. Avant le mètre

Deux étalons naturels : le pendule et le méridien.



obs de Paris

- Dès 1670, les astronomes Picard, Huygens et Roemer suggèrent de prendre pour étalon de longueur la longueur du pendule qui bat la seconde.
- 1672 : Richer à Cayenne pour la mesure de la parallaxe de Mars.  
Le pendule apporté de Paris oscille plus lentement à Cayenne.
- Exit le pendule ! (même s'il garde quelques défenseurs)

L'abbé Gabriel Mouton (1618-1694) suggère en 1670 d'adopter comme unité de longueur la "virga", millième partie de l'arc du méridien correspondant à une minute.

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

## 2. Avant le mètre

Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

On choisit deux points d'un même méridien. On a besoin de deux mesures :

## 2. Avant le mètre

### Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

On choisit deux points d'un même méridien. On a besoin de deux mesures :

- une mesure de longueur entre deux points du méridien au sol.

## 2. Avant le mètre

### Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

On choisit deux points d'un même méridien. On a besoin de deux mesures :

- une mesure de longueur entre deux points du méridien au sol.
- l'angle correspondant, soit la différence de latitude si on a veillé à choisir deux points d'un même méridien.

## 2. Avant le mètre

### Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

On choisit deux points d'un même méridien. On a besoin de deux mesures :

- une mesure de longueur entre deux points du méridien au sol.
- l'angle correspondant, soit la différence de latitude si on a veillé à choisir deux points d'un même méridien.

## 2. Avant le mètre

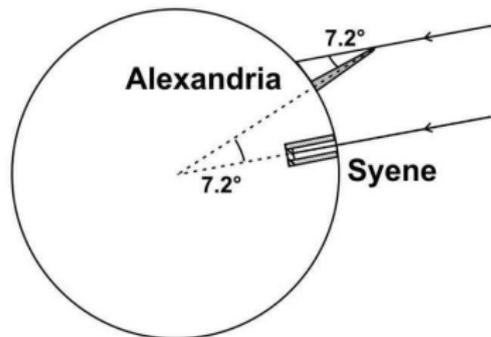
## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.

## 2. Avant le mètre

Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.

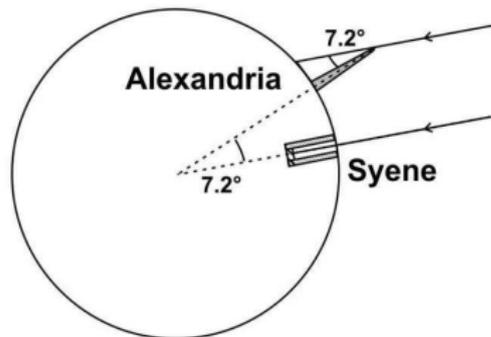


LaMaP

## 2. Avant le mètre

Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.

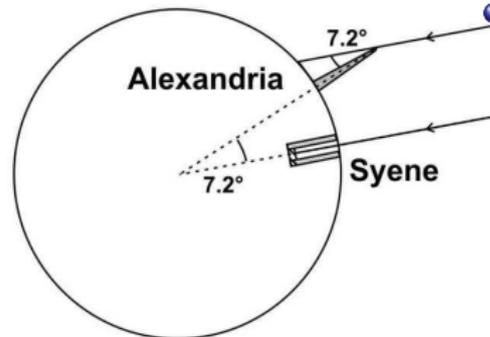
- Distance Syène-Alexandrie : 5000 stades.



LaMaP

## 2. Avant le mètre

Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.

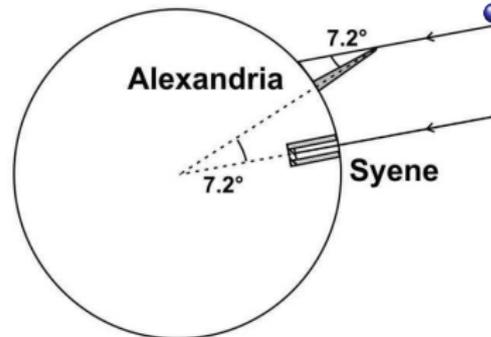


LaMaP

- Distance Syène-Alexandrie : 5000 stades.
- Le jour du solstice d'été à midi :
  - ▶ Le Soleil à Syène est au zénith.

## 2. Avant le mètre

Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.

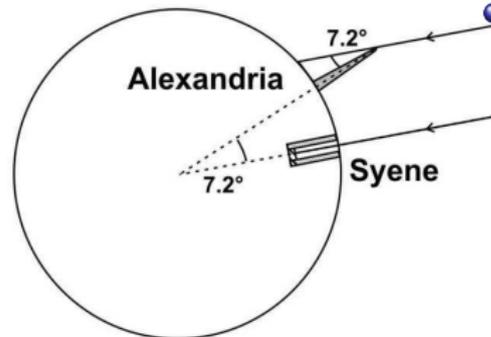


LaMaP

- Distance Syène-Alexandrie : 5000 stades.
- Le jour du solstice d'été à midi :
  - ▶ Le Soleil à Syène est au zénith.
  - ▶ L'ombre de l'obélisque d'Alexandrie permet de calculer la distance zénithale du Soleil :  $7^{\circ} 12'$ .

## 2. Avant le mètre

Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.

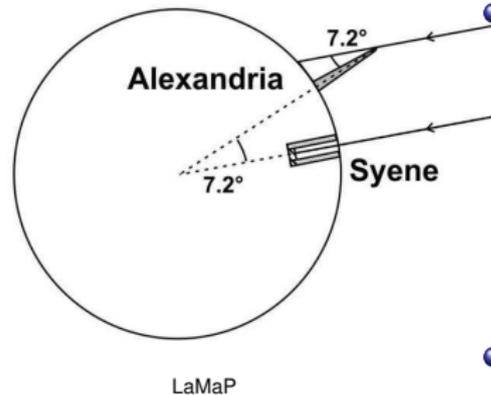


LaMaP

- Distance Syène-Alexandrie : 5000 stades.
  - Le jour du solstice d'été à midi :
    - ▶ Le Soleil à Syène est au zénith.
    - ▶ L'ombre de l'obélisque d'Alexandrie permet de calculer la distance zénithale du Soleil :  $7^{\circ} 12'$ .
- La légende fait bien les choses : c'est  $1/50$  du méridien .

## 2. Avant le mètre

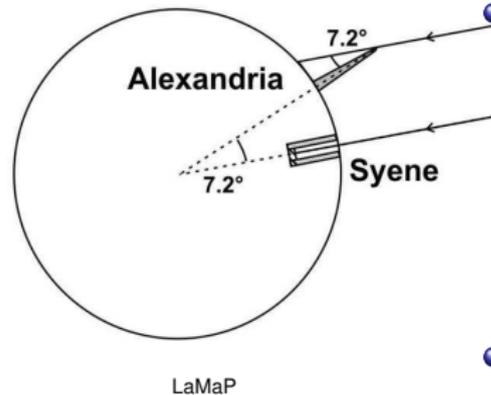
Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.



- Distance Syène-Alexandrie : 5000 stades.
- Le jour du solstice d'été à midi :
  - ▶ Le Soleil à Syène est au zénith.
  - ▶ L'ombre de l'obélisque d'Alexandrie permet de calculer la distance zénithale du Soleil :  $7^{\circ} 12'$ .La légende fait bien les choses : c'est  $1/50$  du méridien .
- Ce qui donne un méridien de 250 000 stades...mais de quel stade parle-t-on ?

## 2. Avant le mètre

Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.

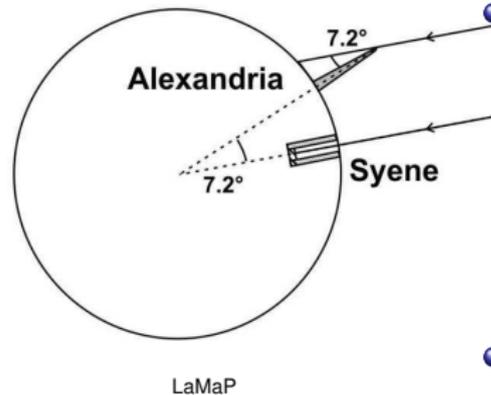


- Distance Syène-Alexandrie : 5000 stades.
- Le jour du solstice d'été à midi :
  - ▶ Le Soleil à Syène est au zénith.
  - ▶ L'ombre de l'obélisque d'Alexandrie permet de calculer la distance zénithale du Soleil :  $7^{\circ} 12'$ .La légende fait bien les choses : c'est  $1/50$  du méridien .
- Ce qui donne un méridien de 250 000 stades...mais de quel stade parle-t-on ?

Converti en mètres, suivant le stade pris comme référence : entre 39 700 et 46 600 km. On a déjà l'ordre de grandeur !

## 2. Avant le mètre

Alexandrie et Syène sont situées sur le même méridien.



- Distance Syène-Alexandrie : 5000 stades.
- Le jour du solstice d'été à midi :
  - ▶ Le Soleil à Syène est au zénith.
  - ▶ L'ombre de l'obélisque d'Alexandrie permet de calculer la distance zénithale du Soleil :  $7^{\circ} 12'$ .La légende fait bien les choses : c'est  $1/50$  du méridien .
- Ce qui donne un méridien de 250 000 stades...mais de quel stade parle-t-on ?

Converti en mètres, suivant le stade pris comme référence : entre 39 700 et 46 600 km. On a déjà l'ordre de grandeur !

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

## 2. Avant le mètre

Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

D'autres mesures suivront :

## 2. Avant le mètre

Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

D'autres mesures suivront :

- Bagdad, sous l'impulsion du calif Al Mamûn : mesure en suivant un méridien dans le désert syrien jusqu'à ce que la latitude varie d'un degré. Distance mesurée : 56 plus  $\frac{2}{3}$  en milles arabe. Avec un mille arabe utilisé par Al Fargani de 1995 m.

## 2. Avant le mètre

Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

D'autres mesures suivront :

- Bagdad, sous l'impulsion du calif Al Mamûn : mesure en suivant un méridien dans le désert syrien jusqu'à ce que la latitude varie d'un degré. Distance mesurée : 56 plus  $\frac{2}{3}$  en milles arabe. Avec un mille arabe utilisé par Al Fargani de 1995 m.
- En Chine au VIII siècle

## 2. Avant le mètre

### Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

D'autres mesures suivront :

- Bagdad, sous l'impulsion du calif Al Mamûn : mesure en suivant un méridien dans le désert syrien jusqu'à ce que la latitude varie d'un degré. Distance mesurée : 56 plus  $\frac{2}{3}$  en milles arabe. Avec un mille arabe utilisé par Al Fargani de 1995 m.
- En Chine au VIII siècle
- Comptage de tours de roues entre Paris et Amiens par Jean Fernel en 1527 : 56746 toises avec une toise de 1,95m. Il a fait des corrections "très empiriques" (!) pour tenir compte des irrégularités du terrain.

## 2. Avant le mètre

### Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

D'autres mesures suivront :

- Bagdad, sous l'impulsion du calif Al Mamûn : mesure en suivant un méridien dans le désert syrien jusqu'à ce que la latitude varie d'un degré. Distance mesurée : 56 plus  $\frac{2}{3}$  en milles arabe. Avec un mille arabe utilisé par Al Fargani de 1995 m.
- En Chine au VIII siècle
- Comptage de tours de roues entre Paris et Amiens par Jean Fernel en 1527 : 56746 toises avec une toise de 1,95m. Il a fait des corrections "très empiriques" (!) pour tenir compte des irrégularités du terrain. Il a eu de la chance...

## 2. Avant le mètre

### Mesurer la Terre : la méthode d'Erastosthène (IV siècle avant notre ère)

D'autres mesures suivront :

- Bagdad, sous l'impulsion du calif Al Mamûn : mesure en suivant un méridien dans le désert syrien jusqu'à ce que la latitude varie d'un degré. Distance mesurée : 56 plus  $\frac{2}{3}$  en milles arabe. Avec un mille arabe utilisé par Al Fargani de 1995 m.
- En Chine au VIII siècle
- Comptage de tours de roues entre Paris et Amiens par Jean Fernel en 1527 : 56746 toises avec une toise de 1,95m. Il a fait des corrections "très empiriques" (!) pour tenir compte des irrégularités du terrain. Il a eu de la chance...

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

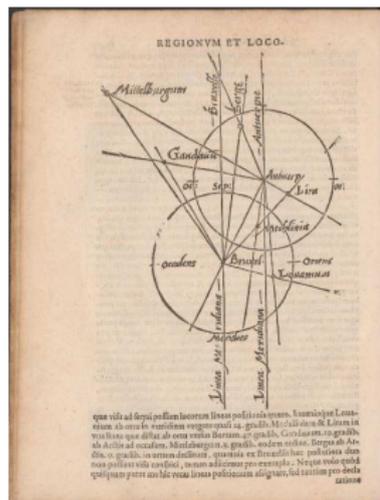
Les sciences progressent...





## 2. Avant le mètre

### Les sciences progressent...



ETH Bibliothek dans e.Rara.ch

- 1533 : Méthode de triangulation proposée par Frisius (1508-1555) pour évaluer des distances inaccessibles.
- 1581 Galilée (1564-1642) découvre que deux pendules de même longueur oscillent avec la même période.
- 1585 : "la Disme" de Simon Stévin (1548-1620) : le système décimal.



## 2. Avant le mètre

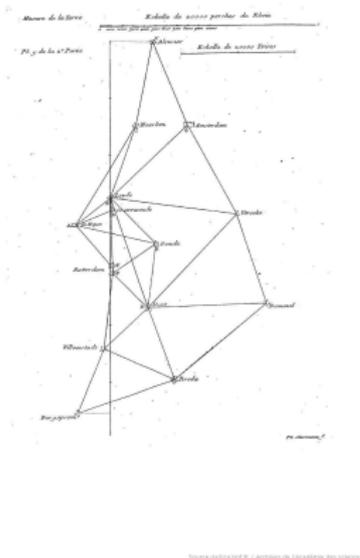
## 2. Avant le mètre

Les sciences progressent...



## 2. Avant le mètre

Les sciences progressent...



- 1615 : Snellius (1581-1626) évalue le degré de méridien entre Almar et Berg op Zoom  $1^\circ = 55021$  toises.  
Problème : la base de Snellius est trop courte : 168 toises.







## 2. Avant le mètre

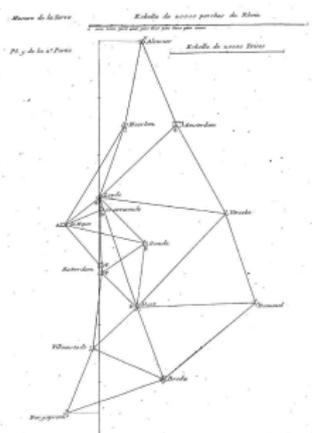
## 2. Avant le mètre

la méthode de triangulation pour une chaîne de triangles

## 2. Avant le mètre

### la méthode de triangulation pour une chaîne de triangles

Pour mesurer la distance entre deux lieux A et B d'un même méridien, on procède à une triangulation du terrain par une chaîne de triangles adjacents dont les sommets sont situés du part et d'autre du méridien.



- On détermine avec précision le côté du premier d'entre eux : c'est la base.
- Pour chaque sommet, on détermine l'angle sous lequel on voit les deux autres sommets de ce premier triangle .
- On résout ce premier triangle.
- On procède de la même manière de proche en proche pour chacun des triangles de la chaîne de triangles.

Source géométrique / Archives de l'Académie des sciences

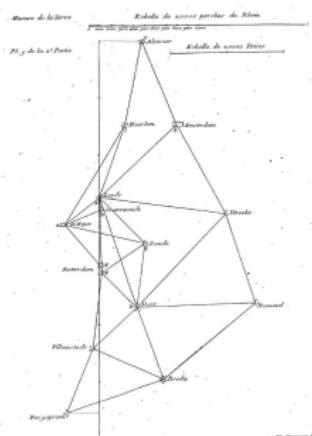
## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

la méthode de triangulation pour une chaîne de triangles

## 2. Avant le mètre

### la méthode de triangulation pour une chaîne de triangles



Stora geographisk & astronomisk observatorium

- On détermine la direction de chaque côté par rapport à la direction A-B et on projette les côtés des triangles sur cette direction. Il ne reste qu'à ajouter les mesures des projections pour avoir la longueur AB.
- Il faut faire les corrections dûes aux "accidents" de terrain, aux différences de hauteur .
- Il faut éventuellement tenir compte de la rotondité de la Terre : trigonométrie sphérique.

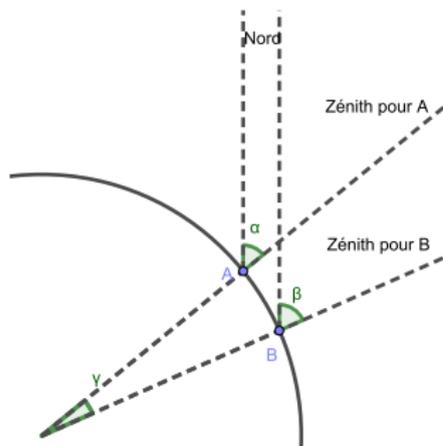
## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

la méthode de triangulation pour une chaîne de triangles

## 2. Avant le mètre

### la méthode de triangulation pour une chaîne de triangles



- Il faut enfin déterminer en degré l'arc de méridien mesuré, c'est à dire la différence de latitude entre les deux extrémités de l'arc de méridien .
- on relève la hauteur d'une même étoile en A et en B . Puis on calcule la différence de hauteur : c'est la différence de latitude.

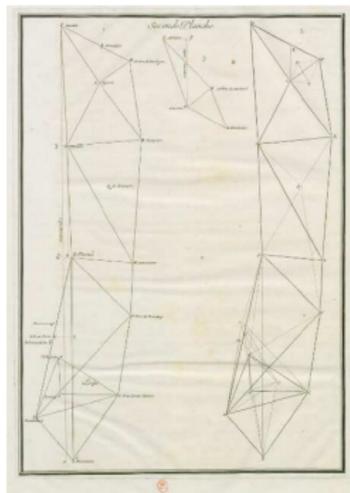
## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

### La Mesure de la Terre par Picard

## 2. Avant le mètre

### La Mesure de la Terre par Picard



gallica-BnF

- Base : Villejuif et Juvisy ( chemin “pavé en ligne droite” ).
- Base mesurée avec des perches en bois de 4 toises , étalonnées avec la ” toise du Châtelet ”.
- La base mesure 5663 toises à 1 pied près.
- Les côtés des triangles mesurent le plus souvent entre 20 et 30 de nos kilomètres.
- Maillage de 133 km du Nord au Sud.



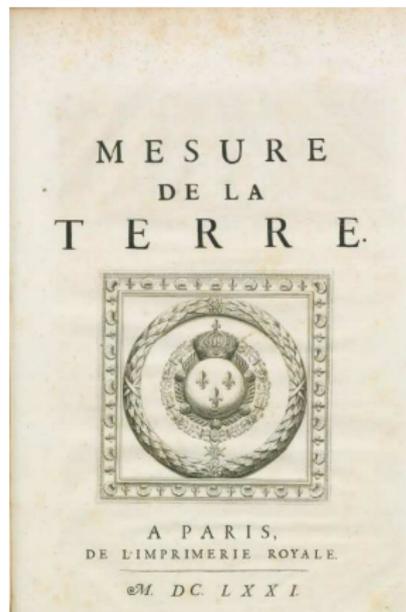
## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

### La Mesure de la Terre par Picard

## 2. Avant le mètre

### La Mesure de la Terre par Picard



gallica-BnF

- Picard expose dans son ouvrage la Mesure de la Terre l'inconvénient qu'il y a au manque d'unités de mesures universelles.
- Il suggère le recours à la longueur du pendule qui bat la seconde : problème, la longueur de ce pendule n'est pas la même suivant le lieu. Mais au moins aurait-t-on une référence stable pour un lieu donné !

- Le mot "mètre" apparaît avec Tito Livio Burattini (savant Italien), qui appelle "metro cattolico" (in Misura Universale, 1675) la longueur du pendule battant la seconde.

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

### Les grandes expéditions géodésiques du XVIIIème siècle

## 2. Avant le mètre

### Les grandes expéditions géodésiques du XVIIIème siècle



gallica-BnF

- Controverse sur l'aplatissement de la Terre.
- L'expédition vers les Tropiques menée par Godin s'est embarquée en 1736 pour le Pérou. Avec Bouguer, Joseph de Jussieu et La Condamine.
- Maupertuis, La Caille, Camus, Clairaut et le Monnier partent en 1737 vers le cercle polaire.

L'expédition polaire ramène en 1738 la confirmation que la Terre est aplatie au pôle :  $1^\circ$  de méridien est plus long au pôle qu'à Paris

## 2. Avant le mètre

## 2. Avant le mètre

### Les grandes expéditions géodésiques du XVIIIème siècle

## 2. Avant le mètre

### Les grandes expéditions géodésiques du XVIII<sup>ème</sup> siècle



obspm, bibliothèque de l'obs de Paris

- Bouguer revient en juin 1744 à Paris.  
Avec ses calculs : 56746 toises pour 1<sup>o</sup> de méridien.  
Confirmation des résultats de Maupertuis : la Terre est aplatie aux pôles.
- La Condamine revient en Europe fin novembre 1744.  
Avec ses calculs : 56749 toises pour 1<sup>o</sup> de méridien.
- Lot de consolation : c'est la toise du Pérou qui va servir dorénavant d'étalon de longueur

### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

#### La définition du mètre par l'Assemblée Constituante

### 3. Les définitions du mètre

#### La définition du mètre par l'Assemblée Constituante

- 8 mai 1790 : l'Assemblée Constituante décide que : "l'unité naturelle des longueurs sera celle d'un pendule battant la seconde suivant une latitude à définir en accord avec d'autres pays"(proposition de Talleyrand).
- 27 octobre 1790 : l'Académie des Sciences adopte le système décimal pour les poids et mesures.  
Une commission ( Borda, Lagrange, Laplace, Monge et Condorcet) est chargée de fixer la base des unités : unité incontestable, liée à une référence naturelle, qui pourra être acceptée par les autres nations.
- 19 mars 1791 : La commission de l'Académie royale des sciences propose comme étalon de longueur la dix-millionième partie du quart de méridien terrestre. Donc le méridien terrestre mesurera 40000km !
- 30 mars 1791 : l'Assemblée Constituante ordonne la mesure de l'arc de méridien de Dunkerque à Barcelone. Delambre et Méchain en seront chargés.

### 3. Les définitions du mètre

# 3. Les définitions du mètre

## Le cercle de Borda

## 3. Les définitions du mètre

### Le cercle de Borda

Instruments imaginé par Mayer et repris par Borda, .



- Constitué d'un cercle gradué mobile dans son plan autour de son centre , orientable comme on veut avec une lunette sur la face supérieure suivant un diamètre, une lunette sur la face inférieure décalée par rapport au diamètre
- C'est un cercle répétiteur...animation ggb
- Avantages ? réduction de l'erreur de lecture qui se répartit sur le " grand angle" finalement mesuré et atténuation de l'erreur de pointé ( en + et en -)
- précision : moins d'une seconde de degré.

### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

Jean Baptiste-Joseph Delambre ( 1749 - 1822)

### 3. Les définitions du mètre

#### Jean Baptiste-Joseph Delambre ( 1749 - 1822)

- 1786 : il présente à l'Académie des sciences un compte-rendu d'observation du passage de Mercure devant le Soleil du 4 mai 1786.
- 1788 : il est élu membre étranger à l'Académie royale des sciences de Suède.
- 1792 : il est nommé "associé géomètre" de l'Académie des sciences.
- 1792 à 1798 : Il est chargé de mesurer la portion de méridien entre Dunkerque et Rodez.
- 1795 : il entre au Bureau des Longitudes.
- 1800 : il est nommé secrétaire pour les sciences mathématiques de l'Académie des sciences.
- 1807 : il succède à Lalande à la chaire d'astronomie du Collège de France.
- 1811 : il est nommé baron de l'Empire.
- Directeur de l'observatoire de Paris (1804-1822)



Obspm peint en 1879 par Coroëgne Henri  
(1822 - 1909) - peintre

### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

Pierre François Méchain( 1744 - 1804)

### 3. Les définitions du mètre

Pierre François Méchain( 1744 - 1804)

Méchain est remarqué par Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande (1732-1807) qui l'engage comme assistant.



obspm, les collections de l'observatoire de Paris, peint par Hurle

- 1782 : il est admis à l'Académie des sciences.
- entre 1779 et 1782 : il découvre près de 30 "objets de Messier".
- entre 1781 et 1799 : il découvre 7 comètes.
- 1788 : il devient responsable de la "Connaissance des temps".
- 1792 à 1798 : La mesure de la portion de méridien entre Barcelone et Rodez. Il est resté diminué par un accident dont il a été victime en 1793.
- Il ne reviendra à Paris qu'en 1798

### 3. Les définitions du mètre

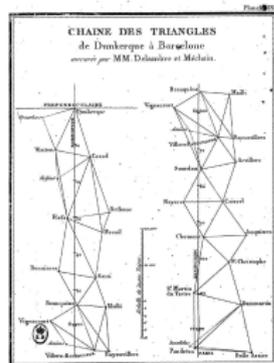
### 3. Les définitions du mètre

La mesure du méridien par Delambre et Méchain

### 3. Les définitions du mètre

#### La mesure du méridien par Delambre et Méchain

- juin 1792 : tout est prêt... Thermomètres, cercles répétiteurs, règles, niveaux...
- 20 juin 1792 : Méchain quitte Paris pour Barcelone.
- 21 juin 1792 : Delambre quitte Paris pour Dunkerque.
- Il est prévu qu'ils se rejoignent à Rodez.
- Ils partent muni d'une "proclamation du roi" en guise de sauf conduit"... Les circonstances politiques changeantes rendent difficiles les déplacements et les mesures.
- En 1793 Méchain est gravement blessé et reste longtemps indisponible...
- Entre guerre et Terreur. Les mesures sont interrompues en 1794.



### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

La mesure du méridien par Delambre et Méchain

# 3. Les définitions du mètre

## La mesure du méridien par Delambre et Méchain



mètre étalon de la rue de Vaugirard à Paris



Source gallica.fr / Bibliothèque nationale de France

- 7 avril 1795 : adoption du le système métrique décimal . Adoption d'un mètre étalon provisoire , diffusé dans toute la France.
- Juin 1798 : les mesures reprises en 1795 se terminent avec la mesure de la base de Melun.
- fin 1798 : Retour de Delambre et Méchain à Paris.
- 27 mai 1799 : après vérification et calculs par d'autres savants. Le rapport final est confié à des savants étrangers, Van Swinden et Trallès.
- 22 juin 1799 : proclamation des résultats . Les prototypes définitifs en platine sont présentés au Conseil des cinq-cents et au conseil des Anciens.

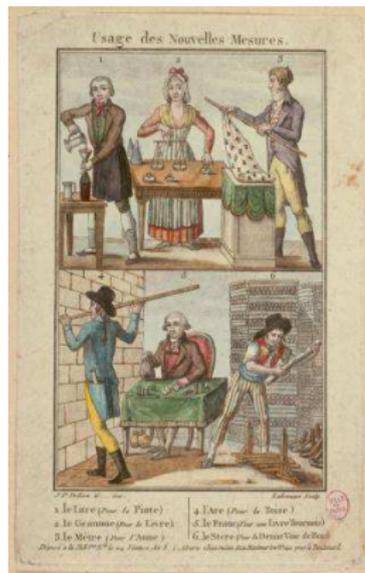
### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

La diffusion de l'usage du système métrique

### 3. Les définitions du mètre

#### La diffusion de l'usage du système métrique



BnF-Gallica

- Avril 1795 : adoption du système métrique décimal et d'un mètre provisoire.
- On charge des personnes compétentes, de porter la bonne parole. Diffusion par mètres étalon, ouvrages d'explications .
- Il faut remplacer les anciennes unités, et faire reconnaître l'avantage du système décimal : plus de 1/12, 1/60...
- Les anciennes mesures étaient "naturelles", les nouvelles doivent être expliquées : le système métrique décimal tient sa légitimité de la Nature et de la Raison.

### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

La diffusion de l'usage du système métrique

### 3. Les définitions du mètre

#### La diffusion de l'usage du système métrique

Il y aura quelques retour en arrière sous l'Empire et la Restauration.

Refus de l'utilisation des préfixes grecs



- Novembre 1800 : tolérance pour ne pas utiliser le système décimal.
- Mars 1812 : Retour à la toise de 6 pieds... Une toise : 2 mètres.
- 4 juillet 1837 : loi imposant le système métrique en France.

### 3. Les définitions du mètre

# 3. Les définitions du mètre

## La Convention du mètre

### 3. Les définitions du mètre

#### La Convention du mètre

Le développement de la technologie et des sciences nécessite une plus grande précision . .

### 3. Les définitions du mètre

#### La Convention du mètre

Le développement de la technologie et des sciences nécessite une plus grande précision . .

Les échanges internationaux tant commerciaux que scientifiques nécessitent le recours à des unités comparables d'un pays à l'autre..

### 3. Les définitions du mètre

#### La Convention du mètre

Le développement de la technologie et des sciences nécessite une plus grande précision . .

Les échanges internationaux tant commerciaux que scientifiques nécessitent le recours à des unités comparables d'un pays à l'autre..

- 1875 : signature de la Convention du mètre par 17 pays et création du Bureau International des Poids et Mesures..

## 3. Les définitions du mètre

### La Convention du mètre

Le développement de la technologie et des sciences nécessite une plus grande précision . .

Les échanges internationaux tant commerciaux que scientifiques nécessitent le recours à des unités comparables d'un pays à l'autre..

- 1875 : signature de la Convention du mètre par 17 pays et création du Bureau International des Poids et Mesures..
- 1889 : 1ère Conférence Générale des Poids et Mesures et réalisation des premiers prototypes internationaux d'étalons du mètre et du kilogramme déposés à Sévres au pavillon de Breteuil, le siège du BIPM..

## 3. Les définitions du mètre

### La Convention du mètre

Le développement de la technologie et des sciences nécessite une plus grande précision . .

Les échanges internationaux tant commerciaux que scientifiques nécessitent le recours à des unités comparables d'un pays à l'autre..

- 1875 : signature de la Convention du mètre par 17 pays et création du Bureau International des Poids et Mesures..
- 1889 : 1ère Conférence Générale des Poids et Mesures et réalisation des premiers prototypes internationaux d'étalons du mètre et du kilogramme déposés à Sévres au pavillon de Breteuil, le siège du BIPM..

### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

- 1960 : 1 650 763,73 longueurs d'onde de la lumière d'une transition spécifique de l'isotope 86 du krypton (11e CGPM).

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

- 1960 : 1 650 763,73 longueurs d'onde de la lumière d'une transition spécifique de l'isotope 86 du krypton (11e CGPM).
- 1983 : Longueur de la distance parcourue par la lumière dans le vide en  $1/299792458$  de seconde (17e CGPM) .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

- 1960 : 1 650 763,73 longueurs d'onde de la lumière d'une transition spécifique de l'isotope 86 du krypton (11e CGPM).
- 1983 : Longueur de la distance parcourue par la lumière dans le vide en  $1/299792458$  de seconde (17e CGPM) .
- en novembre 2018 à Versailles, la 26ème CIPM décide que 7 constantes définissent le Système international de mesures (SI).

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

- 1960 : 1 650 763,73 longueurs d'onde de la lumière d'une transition spécifique de l'isotope 86 du krypton (11e CGPM).
- 1983 : Longueur de la distance parcourue par la lumière dans le vide en  $1/299792458$  de seconde (17e CGPM) .
- en novembre 2018 à Versailles, la 26ème CIPM décide que 7 constantes définissent le Système international de mesures (SI).

### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel ..

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel .:

- la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$  est égale à  $9192631770 Hz$ .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel .:

- la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ , est égale à  $9192631770\text{Hz}$ .
- la vitesse de la lumière dans le vide,  $c$ , est égale à  $299792458\text{m/s}$ .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel .:

- la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ , est égale à  $9192631770\text{Hz}$ .
- la vitesse de la lumière dans le vide,  $c$ , est égale à  $299792458\text{m/s}$ .
- la constante de Planck,  $h$ , est égale à  $662607015 \times 10^{-34}\text{Js}$ .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel .:

- la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ , est égale à  $9192631770\text{Hz}$ .
- la vitesse de la lumière dans le vide,  $c$ , est égale à  $299792458\text{m/s}$ .
- la constante de Planck,  $h$ , est égale à  $662607015 \times 10^{-34}\text{Js}$ .
- la charge élémentaire,  $e$ , est égale à  $1602176634 \times 10^{-19}\text{C}$ .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel .:

- la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ , est égale à  $9192631770\text{Hz}$ .
- la vitesse de la lumière dans le vide,  $c$ , est égale à  $299792458\text{m/s}$ .
- la constante de Planck,  $h$ , est égale à  $662607015 \times 10^{-34}\text{Js}$ .
- la charge élémentaire,  $e$ , est égale à  $1602176634 \times 10^{-19}\text{C}$ .
- la constante de Boltzmann,  $k$ , est égale à  $1380649 \times 10^{-23}\text{J/K}$ .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel .:

- la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ , est égale à  $9192631770\text{Hz}$ .
- la vitesse de la lumière dans le vide,  $c$ , est égale à  $299792458\text{m/s}$ .
- la constante de Planck,  $h$ , est égale à  $662607015 \times 10^{-34}\text{Js}$ .
- la charge élémentaire,  $e$ , est égale à  $1602176634 \times 10^{-19}\text{C}$ .
- la constante de Boltzmann,  $k$ , est égale à  $1380649 \times 10^{-23}\text{J/K}$ .
- la constante d'Avogadro,  $N_A$  est égale à  $602214076 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel .:

- la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ , est égale à  $9192631770\text{Hz}$ .
- la vitesse de la lumière dans le vide,  $c$ , est égale à  $299792458\text{m/s}$ .
- la constante de Planck,  $h$ , est égale à  $662607015 \times 10^{-34}\text{Js}$ .
- la charge élémentaire,  $e$ , est égale à  $1602176634 \times 10^{-19}\text{C}$ .
- la constante de Boltzmann,  $k$ , est égale à  $1380649 \times 10^{-23}\text{J/K}$ .
- la constante d'Avogadro,  $N_A$  est égale à  $602214076 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ .
- l'efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \times 10^{12}\text{Hz}$ ,  $K_{cd}$  est égale à  $683\text{lm/W}$ .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

SI, système d'unités selon lequel .:

- la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ , est égale à  $9192631770\text{Hz}$ .
- la vitesse de la lumière dans le vide,  $c$ , est égale à  $299792458\text{m/s}$ .
- la constante de Planck,  $h$ , est égale à  $662607015 \times 10^{-34}\text{Js}$ .
- la charge élémentaire,  $e$ , est égale à  $1602176634 \times 10^{-19}\text{C}$ .
- la constante de Boltzmann,  $k$ , est égale à  $1380649 \times 10^{-23}\text{J/K}$ .
- la constante d'Avogadro,  $N_A$  est égale à  $602214076 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ .
- l'efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \times 10^{12}\text{Hz}$ ,  $K_{cd}$  est égale à  $683\text{lm/W}$ .

### 3. Les définitions du mètre

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26<sup>ème</sup> Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

Le mètre est défini à partir de la vitesse de la lumière dans le vide, elle-même définie à partir de la seconde, donc de la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ .

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

Le mètre est défini à partir de la vitesse de la lumière dans le vide, elle-même définie à partir de la seconde, donc de la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ .  
C'est le retour de la seconde pour définir le mètre !

### 3. Les définitions du mètre

La définition actuelle du mètre : la 26ème Conférence Générale des poids et mesures , CGPM

Le mètre est défini à partir de la vitesse de la lumière dans le vide, elle-même définie à partir de la seconde, donc de la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé,  $\Delta\nu_{Cs}$ .  
C'est le retour de la seconde pour définir le mètre !

## 4. Mise en oeuvre dans ou hors la classe : des pistes

## 4. Mise en oeuvre dans ou hors la classe : des pistes

Mesures de longueurs inaccessibles par mesures d'angles au rapporteur ou par visée..

## 4. Mise en oeuvre dans ou hors la classe : des pistes

Mesures de longueurs inaccessibles par mesures d'angles au rapporteur ou par visée..

Pour la latitude, on peut utiliser le GPS !

## 4. Mise en oeuvre dans ou hors la classe : des pistes

Mesures de longueurs inaccessibles par mesures d'angles au rapporteur ou par visée..

Pour la latitude, on peut utiliser le GPS !

On peut faire un maillage dans la classe, dans l'école, ou plus grand...

## 4. Mise en oeuvre dans ou hors la classe : des pistes

Mesures de longueurs inaccessibles par mesures d'angles au rapporteur ou par visée..

Pour la latitude, on peut utiliser le GPS !

On peut faire un maillage dans la classe, dans l'école, ou plus grand...

## 5. Pour aller plus loin

## 5. Pour aller plus loin

A la BnF/Gallica :

- Mesure de la Terre par l'abbé Picard
- Base du système métrique décimal par Jean Baptiste Delambre et Pierre Méchain

Les lois fondatrices

- les décrets et lois instaurant le système métrique décimal
- Un projet international pour refaire la mesure avec vos élèves :  
site de la Main à la Pâte: sur les pas d'Eratosthène

## 5. Pour aller plus loin

## 5. Pour aller plus loin

Sur la définition des unités et leur histoire :

- Bureau international des poids et mesures
- Histoire du mètre
- à l'académie des sciences

## 5. Pour aller plus loin

## 5. Pour aller plus loin

De l'aventure...

- Denis Guedj : Le mètre du monde ( ed Seuil , 2000)
- Ken Alder Mesurer le monde : 1792-1799, l'incroyable histoire de l'invention du mètre , (Ed Flammarion, , 2008).
- Florence Tristram : Le procès des étoiles
- Arkan Simaan : la science au péril de sa vie ( Ed vuibert/adapt)

## 5. Pour aller plus loin

## 5. Pour aller plus loin

Dans les productions du CLEA

- la mesure du rayon de la Terre
- la triangulation
- Sur le système SI : CC 46 p 6 à 9 Les origines du système métrique décimal  
CC 154 p 2 à 5 le système SI des origines au  $XX^e$  siècle  
CC 156 Vers une redéfinition du système SI en 2018
- Sur le cercle de Borda C 67 p 32-33

## 5. Pour aller plus loin

## 5. Pour aller plus loin

Et aussi...

- Calculer la longueur du méridien terrestre par la méthode d'Ératosthène.  
CC 107 (2004) Deux calculs du rayon de la Terre avec la méthode d'Ératosthène (en Égypte et en France)  
CC 107 (2004) Le retour d'Ératosthène. Réflexions sur les hypothèses dans cette expérience célèbre.  
CC 098 (2002) Quelques suggestions pour mesurer la Terre (si les deux villes ne sont pas sur le même méridien)
- Calculer une longueur par la méthode de triangulation utilisée par Delambre et Méchain.  
CC 147 (2014) Mesure du rayon de la Terre avec triangulation par une classe de lycée  
CC 113 (2006) Triangulation et aplatissement de la Terre  
HS 10 Maths et Astronomie p 9 Mesure du rayon de la Terre (2 exercices), p 10 Calculs de distances à la surface de la Terre  
HS 12 Astronomie à l'école p 18 Comment a-t-on calculé le rayon de la Terre?