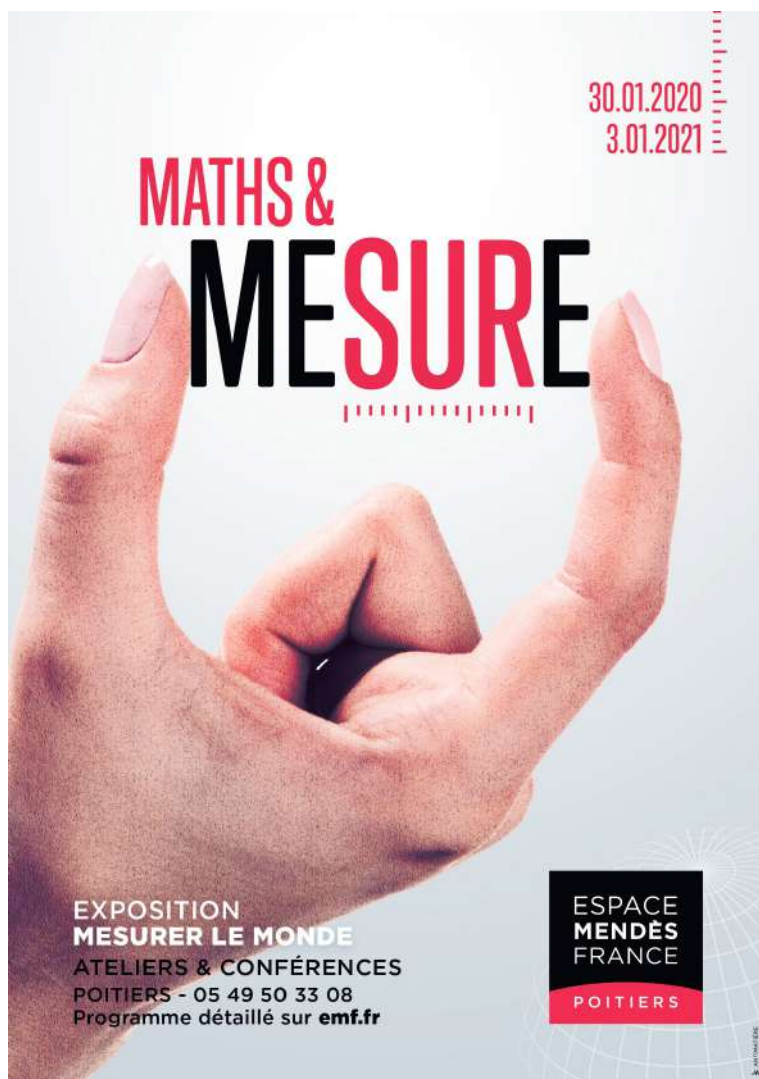


# DOSSIER DE PRÉSENTATION



## Exposition itinérante **Maths & mesure**

de l'Espace Mendès France - Poitiers

ESPACE | **MENDÈS** | FRANCE

POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

# EXPOSITION

## « MATHS & MESURE »

---

Dans la continuité des expositions précédentes, la régionale Poitou-Charentes de l'APMEP, l'IREM, les conseillers mathématiques départementaux de la Vienne, l'AGEEM et l'Espace Mendès France proposent une nouvelle exposition consacrée à la mesure de notre monde.

Rares sont les expositions consacrées aux mathématiques. Mais force est de constater que celles que nous concevons avec l'Espace Mendès-France ont un grand succès auprès du public en particulier auprès du public scolaire. Comme pour la précédente exposition, nous avons fait en sorte que celle-ci soit aussi accessible dès la maternelle. Les raisons de ce succès tiennent certainement aux intentions qui nous ont animés. À savoir, montrer que :

- les mathématiques ont été créées par les humains pour comprendre notre monde mais aussi pour aider à vivre en société,
- les mathématiques font partie de notre histoire tout autant que l'art ou les techniques,
- les mathématiques vivent dans le sens où se créent encore et toujours de nouvelles théories,
- les mathématiques sont présentes dans notre vie de tous les jours,
- les concepts mathématiques s'acquièrent par une longue maturation et qu'une des étapes essentielles à cette acquisition est la manipulation,
- chaque visiteur quel que soit son âge doit pouvoir trouver matière à réfléchir et à apprendre.

Bien souvent l'enseignement des mathématiques est trop formel, coupé des vrais problèmes de la vie quotidienne et réduit à la connaissance de formules vides de sens. Par cette exposition qui fait une large place aux manipulations, aux images mentales, à la perception des ordres de grandeur, nous espérons montrer une autre image des mathématiques au grand public et peut être susciter des pistes prouvant aux enseignants qu'il est possible d'enseigner les mathématiques autrement.

La visite de cette exposition n'est pas celle d'un musée : elle est à la fois un moment d'apprentissage, un moment de culture et un moment de manipulations.

## NOS CHOIX

Dans la mesure de notre monde, les mathématiques sont largement impliquées, car les humains ont toujours voulu, et veulent toujours mesurer plus et mieux : qu'il s'agisse de longueurs, d'aires ou de volumes, de temps, de productions, de fluctuation de prix, de chance au jeu, de pauvreté ou de bonheur des états ... Il nous a fallu faire des choix : 6 thèmes pour 6 pôles. La mesure de la Terre, notre planète, s'imposait (pôle 1). Mais aussi celle de notre environnement spatial : la lune, le soleil, les planètes, les étoiles (pôle 5). Pour les pôles 2, 3, 4, nous avons choisi les longueurs, les aires et les volumes qui sont au cœur de notre vie quotidienne et aux origines des mathématiques et de la création de la géométrie. La mesure de ces grandeurs est étudiée en mathématiques tout au long de la scolarité et même à l'université à travers la théorie de la mesure. La familiarisation avec les longueurs et volumes commence dès la maternelle. Et c'est à travers la mesure de ces trois grandeurs que vont se construire les nombres fractionnaires et décimaux à l'école, et les nombres irrationnels au collège. C'est dire l'importance de ces 3 pôles au niveau des apprentissages scolaires. Pour notre dernier pôle, nous voulions un thème qui montre l'implication des mathématiques dans la vie actuelle et dans la mesure d'un phénomène complexe, mais où sont en jeu des outils élémentaires. Nous avons choisi le changement climatique (pôle 6) qui implique les 3 grandeurs de base, mais aussi d'autres grandeurs à découvrir avec expériences et instruments.

# INFORMATIONS PRATIQUES

---

## Conditions d'accueil de l'exposition

18 mètres linéaires minimum pour la présentation des panneaux. Les supports de présentation (grilles, cimaises,...) ne sont pas compris dans la location.

Un écran ou un mûr blanc pour la projection des animations multimédias.

L'ordinateur et le vidéoprojecteur font partis du matériel fourni.

Un espace de 120 mètres carrés minimum au sol.

12 tables minimum.

Même si cette exposition peut être présentée au public en libre accès, nous concevons nos expositions pour qu'elles amènent un échange, une réflexion à partir de concepts et de manipulations.

Nous vous recommandons fortement de former une personne à l'usage et à l'exploitation de cette exposition pour en tirer le meilleur.

### TARIFS (TTC)

Location version légère (panneaux uniquement) :

- semaine en Région Nouvelle-Aquitaine : 100€
- mois en Région Nouvelle-Aquitaine : 3000€
- semaine hors Région : 160€
- mois hors Région : 500€

Location version lourde (panneaux, maquettes, manipulations, multimédias) :

- semaine en Région Nouvelle-Aquitaine : 250€
- mois en Région Nouvelle-Aquitaine : 750€
- semaine hors Région : 400€
- mois hors Région : 1 490€

Déplacement /montage / démontage à 1 personne (forfait par jour) - 300 €

Formation pour enseignants/animateur(s) : 80€/heure (prévoir 2 heures)

Frais de déplacement : 0,91€/km

Repas : 21€

Hébergement : 84€

Devis sur demande : [antoine.vedel@emf.fr](mailto:antoine.vedel@emf.fr)

## Dossier de présentation

---

### PÔLE 1 - MESURER LA TERRE

#### PANNEAU 1 : REPRÉSENTATION DE LA TERRE DANS L'ANTIQUITÉ

Depuis quand sait-on que la Terre est ronde et comment les hommes ont-ils pu s'en convaincre ?

Comment connaître les dimensions de cette sphère qu'est notre Terre et s'y repérer ? Les mathématiciens grecs Eratosthène et Hipparque sont les premiers à apporter une réponse.

À partir de maquettes vous pourrez vous confronter aux preuves de la rotondité de la Terre, et calculer son rayon à la manière d'Eratosthène.

#### PANNEAU 2 : SE RÉPÉRER SUR TERRE

Se repérer sur le globe terrestre est fondamental pour la navigation en mer, et depuis le 20<sup>e</sup> siècle pour la navigation aérienne. Mais comment faire pour se repérer sur une surface courbe ? Comment vont être définies latitude et longitude ? Comment les mesurer ? On comprendra l'importance des mathématiques dans toutes ces questions : géométrie dans l'espace, longueur de cercles et d'arcs de cercles, rôle central des angles et de leur mesure.

À partir de maquettes, vous apprendrez comment on se repère sur Terre par latitude et longitude, et comment se sont effectuées les mesures de méridiens à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle.

#### PANNEAU 3 : CARTOGRAPHIER LA TERRE

S'il est facile de mettre à plat la surface d'un cylindre, impossible de le faire pour la sphère. Or on a besoin de cartes planes pour représenter la Terre, et au premier chef pour naviguer, mais aussi pour se déplacer sur de grandes distances, pour connaître et maîtriser le monde. Par exemple comment faire pour calculer la superficie des continents et des différents pays ?

Ce panneau propose des réponses à deux questions : comment représenter la Terre sur un plan ? Et comment savoir si un planisphère conserve les aires des pays ou bien les caps pour la navigation ?

Ce sont les mathématiques qui ont permis de définir les différents types de projection, leurs propriétés, et la réalisation pratique de ces planisphères.

#### MATERIEL :

- 1 maquette « Mesure de la Terre par Eratosthène » et une carte d'Égypte
- 3 affiches représentant la Terre sur planisphère : projection de Mercator, projection de Peters, présentation du modèle du monde vu d'Australie.
- 1 globe terrestre gonflable et son support de présentation
- 1 maquette « Projection de Mercator »
- 1 maquette « Projection de Peters »
- 1 outil multimédia « se repérer sur Terre »

#### ANIMATIONS :

- Calculer le rayon de la terre comme l'a fait Eratosthène,
- Savoir comment on a découvert que la Terre était ronde,
- Se repérer sur un planisphère et le globe terrestre par latitudes et longitudes
- Repérer le plus court chemin d'un point à un autre sur Terre,
- Comprendre comment on a mesuré au XVIII<sup>e</sup> la longueur du méridien.

**ESPACE MENDÈS FRANCE**

POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

# MESURER LA TERRE

## DES REPRÉSENTATIONS GLOBALES DU MONDE

Farmi les premières représentations de la Terre, on trouve des cartes comme les cartes TO jusqu'au XIII<sup>e</sup> siècle qui représentent très globalement la Terre sans se soucier des contours géographiques et dont le fondement est religieux et non pas scientifique.

Avec la multiplication des observations géographiques, le perfectionnement des instruments de mesure et les besoins liés aux voyages de plus en plus lointains, les cartes vont devoir représenter plus précisément la surface de la Terre, les continents, les océans...

### PROJETER UNE SPHÈRE SUR UN PLAN

Une projection cartographique est un procédé qui permet d'associer des points de la surface de la Terre à des points d'une surface plane. Elle correspond à la donnée de deux fonctions  $f_1$  et  $f_2$ , telles que  $x = f_1(\varphi, \lambda)$  et  $y = f_2(\varphi, \lambda)$  où  $x$  et  $y$  sont les coordonnées sur la carte et  $\varphi$  et  $\lambda$  la latitude et la longitude d'un point. Parmi les projections les plus utilisées dans la cartographie, on trouve des projections cylindriques, comme celles de **Mercator** ou de **Peters** et des projections azimutales comme la projection stéréographique.

Sphère dans une position quelconque

Sphère dans une position particulière

**Défi 1** Essayer d'ambuler une sphère dans une feuille de papier!

Quand on projette une sphère sur un plan, il n'est pas possible de conserver toutes les propriétés, il faut faire des choix. Par exemple, il existe des projections **conformes** (conservant les angles donc les formes) et des projections **équivalentes** (conservant les aires, les proportions entre les surfaces).

Projection Peters

Carte en projection de Mercator

Carte en projection de Gall-Peters

**Défi 2** Entre les projections de Mercator et de Peters, laquelle conserve les aires, laquelle conserve les angles ?

Il existe de nombreuses autres projections cartographiques, très différentes selon les fonctions mathématiques choisies.

### LES ANAMORPHOSES

Les images par satellite donnant maintenant de bonnes représentations de la Terre, les cartes évoluent pour nous donner d'autres informations, souvent issues de données statistiques. C'est le cas des cartes par anamorphose où les informations sont matérialisées par des formes géométriques dont la surface est proportionnelle à la quantité représentée.

**Produit intérieur brut par habitant en 2017 (en dollars)** source : Banque mondiale

- Plus de 50 000
- Entre 30 000 et 50 000
- Entre 10 000 et 30 000
- Moins de 10 000
- Absence de données

## Dossier de présentation

---



**ESPACE MENDÈS FRANCE**

POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

## Dossier de présentation

### PÔLE 2 - MESURER LES LONGUEURS

#### PANNEAU 1 : LE CORPS PREMIÈRE RESSOURCE POUR MESURER

De nombreuses expériences amènent à comparer des longueurs droites ou courbes avec des parties de son corps (pied, coudée), puis avec des instruments qui en dérivent. C'est ainsi l'occasion de comprendre ce que veut dire mesurer, tant du point de vue mathématique que du point de vue pratique. Et aussi le rôle des unités et sous-unités en vivant le problème de la mesure.

#### PANNEAU 2 : LA RÉVOLUTION DU MÈTRE

Les expériences précédentes amènent à se poser la question d'une unité de mesure universelle. Quand et comment a été défini le mètre ? Quel est son lien avec la Terre ?

La révolution du mètre a été aussi celle du choix d'un système décimal d'unités qui va faciliter les calculs. C'est à travers les mesures que les nombres décimaux vont s'imposer. Et c'est donc le lieu à partir duquel devrait se faire leur apprentissage.

Certains objets sont encore mesurés avec d'autres unités comme le pouce, le pied. Lesquels ? Comment passer d'une unité à une autre ?

Différents types d'outils de mesure sont proposés pour mesurer divers objets. Au visiteur de choisir l'outil le plus adapté pour mesurer chaque objet.

#### PANNEAU 3 : MESURER PLUS ET MIEUX

Peut-on loger une ligne aussi longue que l'on veut dans une surface contrainte ? Il s'agit d'expérimenter afin d'en comprendre l'intérêt pratique, et de déboucher vers la notion de fractale largement utilisée dans la modélisation de phénomènes de la vie quotidienne.

Comment mesurer une ligne courbe ? Comment peut-on connaître la circonférence du cercle ? Comment Archimède a-t-il procédé pour la calculer ? Comment calculer  $\pi$  ? Des calculs et expériences à faire ou à voir. Parce que les distances à mesurer sur Terre ne sont pas toujours accessibles comme la hauteur d'un arbre par exemple, les hommes se sont servi des mathématiques et ont créé des outils simples que vous pourrez utiliser pour calculer la hauteur de la salle par exemple

#### MATERIEL :

- 1 jeu de pétanque sur plateau

- 1 coudée royale en bois

- 1 support avec des tiges : pied Bourguignon, pied Anglais, pied Romain, pied de Roi

- 1 pentagone sur planche en bois avec une coudée royale pliante

- 8 coudées royales en bois (rouges)

Divers outils de mesure :

- 1 odomètre

- 1 télémètre laser

- 1 pied à coulisse dans sa boîte de rangement

- 2 croix de bucheron

- 4 mètres de couturière

- 4 mètres ruban

**ESPACE MENDÈS FRANCE**

POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

## Dossier de présentation

---

### PÔLE 2 - MESURER LES LONGUEURS

- 4 double décimètres
- 1 mètre pliant
- 1 compas de marin
- 1 pied à coulisse de bûcheron
- 1 quadrant géométrique
- 1 maquette d'un stade olympique

Divers objets à mesurer :

- 2 courbes à tracer au sol
- 2 segments « brisés » à tracer au sol
- 1 très grande courbe à tracer au sol
- 1 bouche de VMC
- des jouets en plastique

1 outil multimédia : « mesurer la hauteur d'un grand édifice avec une croix de bûcheron ».

#### **ANIMATIONS :**

- Mesure de distances avec des parties de son corps,
- Mesure de distances avec différents outils,
- Mesure de différents objets avec l'instrument le plus approprié,
- Comprendre d'où vient la formule du périmètre du cercle et comment a procédé Archimède,
- Mesurer des distances inaccessibles à l'aide de différents outils.
- Comprendre pourquoi les hommes ont inventé une mesure universelle, le mètre.
- Utiliser le mètre, ses sous unités et ses multiples.



# Dossier de présentation

**LA PARTIE DE BOULES**  
 Dans la vie quotidienne on n'a pas toujours un mètre sur soi. Alors comment comparer des distances ? Dans cette partie de boules, quelles boules sont le plus près du but (cochonnet) ? Cela peut se voir à l'œil nu, mais il peut y avoir doute. Alors comment faire ? Les joueurs professionnels utilisent un crayon à longueur variable, un compas...

**LE CORPS**  
**1ÈRE RESSOURCE POUR MESURER**

**LE PIED DE ROI**  
 Chacun, avec une partie de son corps, peut mesurer des longueurs. Choisissons des **longueurs au sol** : distance entre deux piliers, tour d'un piliers, d'une table, longueur d'un tapis... Et mesurons ces longueurs en comptant le nombre de pieds qu'il nous a fallu mettre bout à bout. Trouverons-nous tous la même mesure ?

Composons les diverses longueurs. Trouverons-nous tous le même ordre ? Et si on prenait un robot ?

Pour les besoins de la vie en société, il faut utiliser le même pied, par exemple si nous voulons vendre ou acheter une longueur de tissu. Mais lequel ? Chaque civilisation, chaque pays, parfois chaque région a défini un pied étalon :  **pied égyptien**,  **pied romain**, et en France le  **pied de roi**. Pour ce dernier, il pourrait s'agir de la longueur du pied de Charlemagne ! Le pied s'utilise toujours au Royaume-Uni et dans les pays anglo-saxons, ainsi que dans les avions pour mesurer l'altitude, et en navigation pour la longueur des voiliers.

Pour mesurer une longueur, il faut choisir une longueur comme unité, et compter le nombre d'unités qui contient la longueur.

**DEFI 1** En utilisant un crayon, un morceau de bois, une fiole, vos doigts, votre main, votre pied, désigner la boule gagnante.

**DEFI 2** En utilisant votre bras, votre main, vos doigts, trouver combien une coudée fait de paumes et combien une paume fait de doigts ?

**LA COUDÉE ÉGYPTIENNE ET LA PIGE DES BÂTISSEURS**  
 Si nous mesurons la longueur d'une table avec une coudée, il y a des chances qu'il reste un bout de longueur à mesurer. Il faut alors utiliser une unité plus petite : la paume, puis pour ce qu'il reste, une unité encore plus petite : le doigt, puis des fractions du doigt. Pour faciliter le travail de mesure, toutes ces unités sont gravées sur la coudée.

Pour avoir une mesure plus précise, on partage l'unité en sous-unités (unités plus petites).

**DEFI 3** Est-il vrai que les divers segments du pentagone régulier représentent toutes les unités de la pige, et qu'on passe de l'une à l'autre en multipliant ou divisant par le nombre d'or ?

**LONGUEUR MESURER LES**

**LE CORPS**

**LA PIGE DES BÂTISSEURS**

ESPACE MENDÈS FRANCE  
 POITIERS - 05 49 50 33 08 - emf.fr

## Dossier de présentation

---



**ESPACE MENDÈS FRANCE**

POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

## Dossier de présentation

---

### PÔLE 3 - MESURER LES AIRES

#### PANNEAU 1 : DES ORIGINES AU CALCUL DE AIRES

Quelles sont les questions qui ont conduit aux calculs d'aires ?

Vous pourrez expérimenter des carrelages et quadrillages pour comparer des aires sur des plans ou au sol et prendre conscience de la nécessité de définir un étalon et des sous-unités.

Mais pour comparer des surfaces polygonales, les mathématiciens de l'Antiquité ont aussi eu recours à des moyens purement géométriques : rectangulations et quadratures qui vous sont expliquées.

#### PANNEAU 2 : CALCULER DES AIRES

Sous l'ancien régime, avant le mètre, il était très difficile de comparer des aires des champs. Une unité devait s'imposer, le m<sup>2</sup>. Mais a-t-on une bonne image mentale de ce que représente un mètre carré ? Que représente 1 dm<sup>2</sup>, 1 cm<sup>2</sup> ? Expérimentez le pavage d'un m<sup>2</sup> ! Il est important de savoir que selon les métiers, ou bien suivant la grandeur des surfaces, on utilise d'autres unités.

Très vite on s'est aperçu qu'il était plus facile de calculer une aire par une formule : les premières formules, apparues dès l'aube des mathématiques, sont déduites de l'aire du rectangle. Les plus jeunes pourront expérimenter pour voir que l'aire du rectangle correspond bien à la largeur multipliée par la longueur et que deux rectangles de même aire n'ont pas nécessairement le même périmètre.

Une curiosité à ne pas manquer : mesurer des aires avec une planche à clous. Les élèves pourront utiliser la formule ou l'algorithme de Pick pour retrouver les formules des aires des figures usuelles.

#### PANNEAU 3 : COMMENT ÉTABLIR DES FORMULES ?

S'il est facile de déterminer l'aire d'un polygone en le découpant en triangles, il est plus difficile de déterminer les aires des surfaces courbes. Comment Archimède a-t-il trouvé l'aire du disque ?

Pour déterminer des aires avec des courbes plus sophistiquées, les mathématiciens ont inventé des nouvelles méthodes, dont les indivisibles. En manipulant vous pourrez comprendre les principes de cette théorie et ses limites, mais aussi saisir ses vertus pédagogiques. Ses limites ont conduit à la théorie de l'intégration très simple à comprendre dans son principe par une animation.

Enfin comment calculer l'aire d'une surface tracée sur une surface non plane (tore, cylindre, sphère...) ? En

expérimentant, vous verrez que la question devient : quels sont les solides qui ont un patron ?

#### MATERIEL :

- 1 mètre carré démontable en aluminium
- 4 surfaces différentes en bois
- 1 lot de carrés de différentes tailles pour faire des pavages et mesurer des surfaces
- 1 plan de Paris (impression sur bâche)
- 3 supports en plastique avec impression de pixels de différentes tailles
- 4 rectangles en bois + 4 triangles en bois
- 2 maquettes explicatives avec des pailles « mesurer des aires »
- 1 cylindre en polystyrène, 1 couronne en polystyrène, 1 transparent et 1 feutre velleda

**ESPACE MENDÈS FRANCE**

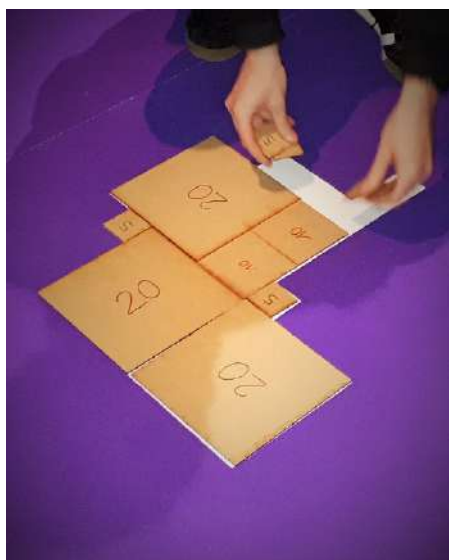
POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

## Dossier de présentation

---

### ANIMATIONS :


- Comparer des aires par carrelages et quadrillages,
- Comparer des aires par rectangulations et quadratures,
- Mesurer des aires par quadrillages et carrelages,
- Donner une image des ordres de grandeur des unités usuelles,
- Comprendre d'où vient la formule de l'aire du disque, de celle la sphère,
- Calculer l'aire d'un polygone sur une planche à clous,
- Comprendre le principe du calcul intégral,
- Mesurer une aire sur une surface non plane,
- Mesurer directement une portion d'une carte par un logiciel.



ESPACE MENDÈS FRANCE

POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

Les aires des polygones, et en particulier du triangle, permettent d'établir certaines formules pour des domaines non rectilignes.



### L'aire du disque de rayon R

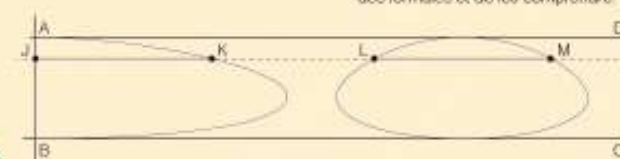
On peut **inscrire dans un disque** des polygones réguliers ayant de plus en plus de côtés. L'aire du polygone est égale à son demi-périmètre multiplié par son apothème. Plus le nombre de côtés augmente, plus l'aire du polygone se rapproche de l'aire du disque, l'apothème se rapproche du rayon du cercle et le périmètre du polygone se rapproche de celui du cercle.

Ainsi l'aire du disque est égale à :

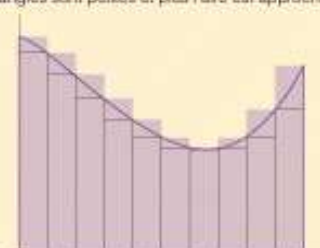
$$A_d = \frac{P_{\text{polygone inscrit}} \times r_{\text{poly}}}{2} = \frac{2 \times \pi \times R_{\text{disque}} \times R_{\text{disque}}}{2} = \pi R^2$$

Au XVII<sup>e</sup> siècle, on récuse les méthodes des anciens, trop compliquées et qui ne permettent pas de trouver de nouvelles formules. **Cavalieri, Galilée et Torricelli** créent la technique des indivisibles.

Deux figures sont comprises entre deux droites parallèles, ici AD et BC. Par un point J de AB, on mène une parallèle à AD et on obtient les indivisibles JK et LM. Si en déplaçant J sur AB les indivisibles sont toujours égaux alors les figures ont la même aire. Cela permet d'établir des formules et de les comprendre.



La technique des indivisibles, fiable en étant employée sous certaines conditions, a permis de trouver de nouvelles formules comme l'aire sous la cycloïde. Mais peut-on dire qu'une aire est constituée de segments qui n'ont pas d'épaisseur ? La compréhension de certains paradoxes apparus avec cette théorie a rendu possible la création du calcul intégral par **Riemann** (XIX<sup>e</sup>). Il permet de calculer les aires sous les courbes à l'aide de la somme des aires des rectangles (plus les largeurs des rectangles sont petites et plus l'aire est approchée).



### COMMENT ÉTABLIR DES FORMULES

### MESURER LES AIRES

**Déf 1 :** Expliquer à l'aide de cette technique les formules des aires du triangle et du parallélogramme.

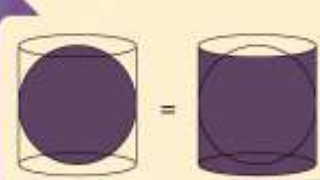
### COMMENT CALCULER DES AIRES DE SURFACES NON PLANES ?

L'aire de la sphère de rayon  $r$  est égale à l'aire latérale du cylindre, soit le produit de la circonférence d'un diamètre par le diamètre de la boule, soit :

$$2\pi r^2 = 2r^2\pi$$

Mais est-il aisé de déterminer l'aire d'une surface sur un objet ? Si le solide possède un patron comme par exemple le cylindre, on est ramené à un problème de géométrie plane.

**Déf 2 :** Sur les solides sont tracées des surfaces. Quelles sont les surfaces dont on peut calculer facilement les aires ?



Mais les aires de certains solides ne sont pas aussi simples à calculer. Quelle est la surface de notre peau ? Et celle de nos poumons ?

### PÔLE 4 - MESURER DES VOLUMES

#### PANNEAU 1 : MESURER DES LIQUIDES ?

Dans ce panneau, on s'intéresse aux capacités. Pourquoi vouloir les comparer, les mesurer ? De nombreux objets de la vie quotidienne nous fournissent l'occasion de nous familiariser avec les capacités mais les formes sont trompeuses : différentes formes peuvent avoir la même capacité !

Avoir en tête un ordre de grandeur des différentes unités est fondamentale. Les élèves pourront, de manière ludique, associer des objets réels (de l'échantillon de parfum au jerrycan) dont les capacités sont données, dans différentes unités.

Autre expérience : graduer un récipient non cylindrique avec un gobelet étalon. Les graduations sont irrégulières et cela permet de questionner sur les graduations d'une autre (fournie à l'exposition).

#### PANNEAU 2 : MESURER DES CUBES

Comment comparer les volumes de deux solides pleins : expérimenter par débordement, remplissage ou patron quand c'est possible. L'unité qui s'est imposée suite à l'adoption du mètre est le mètre cube. Mais les enfants, et les adultes, se représentent-ils bien ce qu'est un  $m^3$  ? Un cube d'un mètre de côté permet d'avoir une image mentale ainsi que des sous-unités. Combien de  $cm^3$  dans un  $dm^3$  ? Il faut les compter.

Mais le transport maritime utilise une autre unité l'EVP. Combien d'EVP pour un porte-conteneurs ? Cela fait combien de  $m^3$  ?

Même volume mais forme différente : avec 12 cubes, on peut faire de nombreux pavés et autres solides. Ils ont le même volume, mais pas les mêmes dimensions, pas la même forme. De même, il est courant de fagoter le bois en cylindres (fagoteuses) d'un mètre cube donc d'un stère. Ce cylindre a le même volume qu'un cube d'un mètre de côté. A expérimenter avec un mini-stère.

#### PANNEAU 3 : MESURER AVEC DES FORMULES

Comment calculer un volume ? La formule la plus simple est celle du pavé qui est la figure fondamentale dont se déduisent toutes les formules des solides usuels. Des manipulations avec des cubes permettent de comprendre la formule.

Le découpage d'un prisme permet de comprendre les formules du prisme et du cylindre. Toutes les formules sont valables pour des solides penchés : on peut l'expliquer avec la théorie des indivisibles.

Des transvasements montrent les relations qui lient les volumes du cône, du cylindre et de la sphère ayant même diamètre et même hauteur, et permettent donc d'établir et de retenir facilement les formules de ces 3 solides. C'est un moyen mnémotechnique fort, et bien utile si on en juge par les difficultés de nos élèves à retenir correctement ces formules.

Des animations permettent de comprendre d'où viennent les formules du volume de la pyramide et de la sphère.

## Dossier de présentation

---

### MATERIEL :

- 4 bouteilles d'huile de différent volume
- 1 mètres cube démonstrable en aluminium
- 3 décimètres cube en plastique (rouge, vert, bleu)
- 1 centimètre cube en plastique
- 1 mini stère de bois
- 2 (4 boîtes de forme différente mais de même volume avec cubes de remplissage)
- 3 (caisse de manipulation comprenant du blé et des solides à comparer par remplissage)
- 1 becher avec une vidange trop-plein pour l'explication de la mesure des solides par déplacement d'un liquide
- 1 kit de 10 solides différents et 10 étiquettes pour estimer le volume de chacun des solides.
- 1 tableau de conversion effaçable sur pied
- 2 maquettes «les indivisibles»
- 1 maquette volume d'un cylindre
- 1 outil multimédia pour l'explication du raisonnement de la mesure d'Archimède pour la couronne du roi Hiéron 2.

### ANIMATIONS :

- Comparer des volumes,
- Donner une image de l'ordre de grandeurs des contenances d'objets de la vie courante,
- Graduer un récipient à l'aide d'un verre unité,
- Comparer les volumes de différents objets par remplissage ou immersion,
- Mesurer le volume d'un objet par remplissage ou immersion,
- Manipuler les unités, les convertir,
- Donner une image de ce qu'est un m<sup>3</sup>, un dm<sup>3</sup>, 1 cm<sup>3</sup>,
- Montrer et construire des objets de différentes formes et de même volume,
- Comprendre d'où viennent les formules des solides usuels,
- Comprendre les relations liant les volumes du cylindre, de la sphère et du cylindre de même diamètre et de même hauteur.



**ESPACE MENDÈS FRANCE**

POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

## LE VOLUME DU PAVÉ : UNE FORMULE EN 3 DIMENSIONS

Si les dimensions du pavé, un carton par exemple, sont 30 cm x 25 cm x 20 cm, on peut remplir ce pavé avec des cubes de 1 cm de côté. Il en faut 15 000 ! Ce dénombrement obtenu en multipliant 30 par 25 par 20, valable quelle que soit l'unité, donne comme formule :

$$V_{\text{pavé}} = L_{\text{longeur}} \times l_{\text{largeur}} \times h_{\text{hauteur}}$$

Les trois dimensions doivent être données avec la même unité de longueur, et l'unité de volume sera le cube qui a pour côté cette unité de longueur. On démontre que la formule est toujours valable, même si les mesures ne sont pas des nombres entiers.

**Defi 1** : Combien de décimètres cubes pour remplir un carton de 30 cm x 20 cm x 20 cm ? Et pour un carton de 30 cm x 25 cm x 20 cm ?

## DU PAVÉ AU PRISME ET AU CYLINDRE

La décomposition d'un prisme droit en demi-pavés permet d'établir la formule :

$$V_{\text{prisme}} = A_{\text{surface de base}} \times h_{\text{hauteur}}$$

Cette formule est aussi valable pour le cylindre, en approchant son cercle de base par des polygones réguliers. Et si les solides sont penchés ? On peut utiliser le **principe de Cavalieri** illustré par les deux piles de pièces : elles ont même volume car leurs sections par des plans parallèles ont la même aire.

**Defi 2** : Le cône, la sphère et le cylindre ont même hauteur et même largeur. Etablir les relations entre ces 3 volumes.

## MESURER AVEC DES FORMULES

## DU PRISME À LA PYRAMIDE ET AU CÔNE

Les pyramides égyptiennes ou aztèques sont fabriquées par empilement de prismes. On peut en calculer le volume en **ajoutant le volume** de chaque tranche. Ainsi procède le calcul intégral qui découpe les solides en tranches. La décomposition d'un prisme en trois pyramides de même volume, telle que celle faite par Euclide (vers 300 avant notre ère), permet d'établir la formule :

$$V_{\text{pyramide}} = \frac{1}{3} \times A_{\text{surface de base}} \times h_{\text{hauteur}}$$

La formule est valable pour toutes les pyramides et tous les cônes.

On peut également approcher le volume d'une sphère grâce à une géode et le calculer par la somme des prismes.

**Defi 3** : Comment explique-t-on, à partir de cette affirmation, que le volume de la sphère est égal à  $\frac{4}{3} \pi r^3$  ?



## Dossier de présentation

---

### PÔLE 5 - MESURER LE MONDE LOINTAIN

#### PANNEAU 1 : TERRE LUNE SOLEIL

Dans l'Antiquité, on mesure le diamètre de la Lune puis la distance Terre-Lune. De même avec le Soleil. Bel exemple de calcul de distances et longueurs inaccessibles, et de l'efficacité des mathématiques. Comment les astronomes de l'Antiquité ont-ils procédé ? Vous découvrirez les résultats d'Aristarque de Samos, et pourrez calculer vous-même toutes ces grandeurs et distances. On découvre une nouvelle unité de longueur : l'UA. Expérimenter aussi pour comprendre la mesure du diamètre apparent de la Lune et du Soleil.

#### PANNEAU 2 : MESURER LE SYSTÈME SOLAIRE

La Terre et les planètes forment le système solaire. Décrire le déplacement des astres et des étoiles dans le ciel, prévoir leur position, connaître leur distance à la Terre ou au Soleil, préoccupent les hommes depuis la plus haute Antiquité. Le panneau présente les deux représentations du monde qui se sont affrontées : géocentrisme et héliocentrisme. Comment est-on passé des orbites circulaires aux orbites elliptiques ? Les lois de Képler vont révolutionner la vision du système solaire et simplifier les calculs. Vous pourrez vous y essayer, et découvrir la loi de Titius-Bode qui a fascinée et troublée les scientifiques. Calculez en un clin d'œil la distance des planètes au Soleil.

#### PANNEAU 3 : MESURER LE SYSTÈME SOLAIRE ET AU-DELÀ

Pour le très lointain, les humains ont été obligés de faire preuve d'ingéniosité pour pouvoir mesurer des distances aussi grandes. Parallaxe, petits angles, trigonométrie vous permettront de calculer la distance de la Terre aux étoiles. On découvre une nouvelle unité de longueur : le parsec. Les techniques évoluant sans cesse, comment procède-t-on actuellement ?

#### MATERIEL :

- 1 bâche qui représente le système solaire avec les 4 orbites des planètes telluriques
- 8 planètes en 2D à replacer (échelle de taille comparative respectée)
- 1 outil multimédia pour l'explication de la mesure Terre-Lune à l'aide d'un laser.

#### ANIMATIONS :

- Comprendre les unités utilisées pour mesurer des angles (très petits) en astronomie,
- Mesurer l'angle Lune-Terre-Soleil au quartier et calculer le rapport des distances Terre-Lune et Terre-Soleil,
- Mesurer une parallaxe et une distance d'éloignement
- Représenter le système solaire en temps réel en plaçant les 8 boules des planètes sur leurs orbites aux positions angulaires réelles du jour
- Représenter le système solaire en minutes lumière : 6 cm au sol correspondent à 1 minute lumière,
- Déterminer les planètes qui sont observables ce soir ou demain matin et celles qui ne sont pas visibles,

# Dossier de présentation

## LES MODÈLES DU SYSTÈME SOLAIRE

Le modèle géocentrique de **Ptolémée** est le premier à s'imposer, du II<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle. Les planètes se déplacent sur des cercles réels et invisibles appelés orbites. Ce système a évolué pour tenter d'expliquer les mouvements rétrogrades des planètes et est devenu trop complexe, donc inutilisable.

Au XVI<sup>e</sup> siècle, les travaux de **Copernic** et **Tycho Brahé** amènent **Galilée** et **Kepler** à proposer de nouveaux modèles.

Le modèle héliocentrique avait été proposé par **Aristarque** au III<sup>e</sup> siècle avant notre ère. Mais on attribue à Copernic sa popularisation au XVI<sup>e</sup> siècle dans son ouvrage *De revolutionibus orbis*.

### MODÈLE GÉOCENTRIQUE

(Modèle d'Aristote et de Ptolémée)

### MODÈLE HÉLIOCENTRIQUE

(élaboré par Copernic, Galilée, Giordano Bruno)

## MESURER

### LE SYSTÈME SOLAIRE

## LES LOIS DE KEPLER

Johannes Kepler (1571-1630) rompt avec le mouvement circulaire des planètes et émet des lois mathématiques.

**Première loi de Kepler** : Les orbites des planètes sont des ellipses dont le Soleil est l'un des foyers.

**Deuxième loi de Kepler (loi des aires)** : Les aires balayées par le segment planète-Soleil dans des intervalles de temps égaux sont égales.

Loi des aires  
 $A_1 = A_2 = A_3$

**Troisième loi de Kepler** : Le carré de la période de révolution d'une planète est proportionnel au cube du demi-grand axe de son orbite.  $\frac{T^2}{a^3}$  est constant.

$T$  : période de révolution de la planète  
 $a$  : demi-grand axe de l'orbite elliptique de la planète

Si on connaît  $T$  et  $a$  pour une des planètes, on en déduit  $\frac{T^2}{a^3}$  pour toutes les planètes, on en déduit leur demi-grand axe. L'abandon des orbites est une conséquence de la loi de la gravitation de Newton.

## MESURER LE MONDE

Planète	T (années)	a (unités astronomiques)	$\frac{T^2}{a^3}$
Mercure	0,25 (88 jours)	0,4	1,00
Vénus	0,7 (225 jours)	0,7	1,00
Soleil	1	1	1
Mars	1,88 (687 jours)	1,5	1,00
Terre	1	1	1,00
Jupiter	11,8 (4333 jours)	5,2	1,00
Saturne	29,5 (10759 jours)	9,5	1,00
Uranus	84 (30688 jours)	19,2	0,96
Neptune	165 (60190 jours)	30,1	1,00

**Défi 1** : La période de révolution de Pluton est 90 500 jours. Déterminer la distance du demi-grand axe.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, des astronomes (**Titus Bode**, ...) formulèrent une loi empirique, simplifiée, qui donne la distance (D) Soleil-planète en UA pour toutes les planètes du système solaire connues à l'époque :

$D = 0,4 + 0,3 \times 2^{n-1}$  avec  $n$  = rang de la planète dans son énumération au Soleil, de la plus proche à la plus éloignée en commençant par Vénus. La découverte d'Uranus corrobore cette loi. Pour  $n=7$ , la formule prédit un astre à une distance de 2,8 UA, ce qui provoqua des recherches menant à la découverte de la ceinture d'astéroïdes. La découverte de **Neptune** infirma cette loi.

**Défi 2** : Selon cette loi de Titius-Bode, quelle serait la distance en UA de Jupiter au Soleil ?

### PÔLE 6 - MESURER LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

#### PANNEAU 1 : MESURER LA MÉTÉO

Pour pouvoir parler du temps qu'il fait et le prédire, comme savent si bien le faire nos présentateurs météo, il faut s'intéresser au vent, à la température, à la pluie, à la pression. Mais comment faire de ces éléments des grandeurs que l'on puisse mesurer ? C'est ce que l'on vous propose de découvrir ici à partir de plusieurs expériences : manipulations et instruments sont au rendez-vous.

Mesurer un volume d'eau par des millimètres, cela ne vous a-t-il jamais perturbé ?

#### PANNEAU 2 : COMMENT MESURER LE CLIMAT ?

Pour prévoir le temps qu'il fera, il faut rassembler un grand nombre de mesures dont les principales sont celles vues dans le panneau 1, et en faire une synthèse. C'est donc le lieu des représentations diverses que l'on retrouve sur les cartes météo qu'il faut savoir lire et interpréter, voire construire.

Et pour tenter de mesurer le climat, il faut synthétiser ces données sur de longues périodes de temps à l'aide de courbes et d'histogrammes, et en calculant des valeurs moyennes, des écarts. C'est le lieu des statistiques. Vous pourrez étudier un certain nombre de résultats graphiques, et mieux comprendre sur quoi va se baser la mesure du climat.

#### PANNEAU 3 : VISUALISER LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Une façon de voir le changement climatique est de pouvoir en mesurer certains de ses effets. Le plus spectaculaire et accessible est certainement celui de la mesure de la fonte des glaces et de l'augmentation corrélative du niveau des océans.

La lecture de courbes et de schémas vous permettra de comprendre les outils de cette mesure.

Des mesures et courbes qui ne peuvent se faire sans mathématiques.

#### MATERIEL :

- Pluviomètres indiquant les quantités annuelles relevées de 2010 à 2019, ainsi que les 2 records extrêmes relevés sur la période 1999-2019.
- 1 Maquette d'un mètre carré montrant ce que représente 5 et 10 mm de pluie au mètre carré, 1 bassine et 1 raclette.
- 3 pluviomètres différents
- 1 Thermomètre
- 1 Anémomètre
- 2 histogrammes à construire à partir de données
- 3 volumes à remplir (cube, sphère, cône)
- 1 outil multimédia pour comprendre le fonctionnement de l'anémomètre

## Dossier de présentation

---

### **ANIMATIONS :**

- Visualisation de l'unité de mesure de la pluviométrie
- Construire un graphique de pluviométrie
- Mesurer la vitesse du vent (dispositif expérimental et animation numérique).
- Graduer différents pluviomètres
- Lecture d'une carte météo
- Lecture de graphique statistique

# Dossier de présentation

La **météorologie** a pour objet l'étude du temps qu'il fait et le temps qu'il fera en un lieu donné. La plupart des mesures météorologiques sont des mesures indirectes. Par exemple, lorsque l'on mesure la température avec un thermomètre classique, on mesure la hauteur d'un liquide (qui se dilate ou se rétracte suivant les variations de la température). Il en est de même pour la vitesse du vent ou la pression atmosphérique.



Défi 1 : Comment mesurer la vitesse du vent ?

## MESURER LE VENT

En météorologie, le vent désigne le mouvement horizontal de l'air. La mesure du vent comporte deux paramètres, la force et la direction. L'anémomètre est l'instrument de mesure de la vitesse du vent et la girouette celui de la direction. Sur terre, la force du vent est exprimée en km/h ou en m/s. En mer, la vitesse du vent est exprimée en noeuds. Le premier anémomètre aurait été inventé vers 1450, par **Leon Battista Alberti** (1404-1472).

## MESURER LA MÉTÉO



Le thermomètre **Bourne** du XIX<sup>e</sup> siècle (photo de Mediatek / Laboratoire Polaris) est un instrument qui donne des mesures exactes de température.

## MESURER LA TEMPÉRATURE

La température n'est pas une grandeur directement mesurable. Il s'agit de repérer la perception de chaud et de froid. L'instrument de mesure est le thermomètre. Le premier thermomètre aurait été inventé vers 1724, par **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686-1736).

Depuis 1948, l'unité la plus utilisée est le degré Celsius (du nom du physicien et astronome suédois **Anders Celsius** 1701-1744). L'unité officielle du système international d'unités de mesure est le degré Kelvin.

Thermomètre (scale graduée) (°C et °F)



## MESURER LA PLUVIOMÉTRIE

La pluviométrie est la mesure des précipitations (eau, neige, grêle...). L'instrument de mesure est le pluviomètre. L'unité de mesure est le mm. Un millimètre de pluie correspond à un litre d'eau au m<sup>2</sup>. Le plus vieux pluviomètre connu est coréen (XV<sup>e</sup>).

Beaucoup d'autres paramètres peuvent être mesurés : l'humidité de l'air, la nébulosité, les impacts d'orages, l'évaporation, l'ensoleillement.

Défi 2 : Comment graduer un pluviomètre ?



## MESURER LA PRESSION

La pression est définie comme le poids de l'air au-dessus d'une certaine surface. L'instrument de mesure de la pression est le baromètre. Les premiers baromètres utilisaient du mercure, l'unité de mesure était le millimètre de mercure (mm Hg). L'unité de mesure utilisée est l'hecto-Pascal (hPa). Le premier baromètre à mercure aurait été construit en 1644 par **Evangelista Torricelli** (1608-1647).

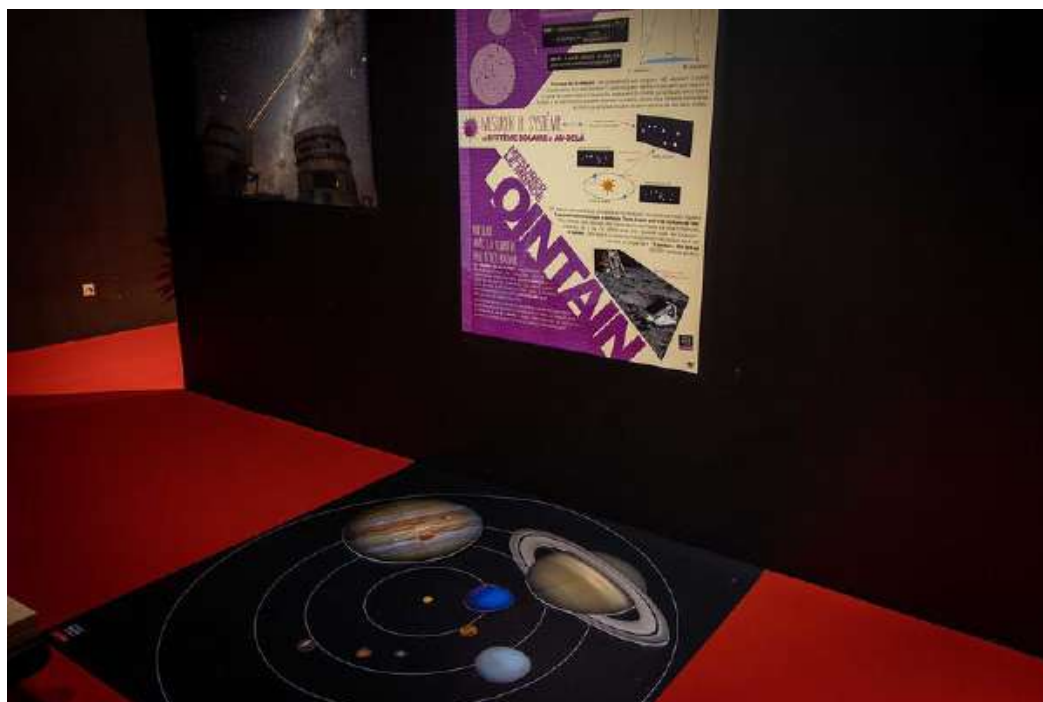


ESPACE MENDES FRANCE

POITIERS - 05 49 50 33 08 - emf.fr

## Dossier de présentation

---



**ESPACE** | **MENDÈS** | **FRANCE**

POITIERS - 05 49 50 33 08 - [emf.fr](http://emf.fr)

### VIDEOS REALISÉES DANS L'EXPOSITION

vous trouverez ci-dessous une liste de 6 vidéos réalisées dans l'exposition.

Elles pourront vous permettre de découvrir comment est contruite l'exposition mais aussi d'en appréhender le contenu d'un point de vue historique et anecdotique.

L'étude ce ces vidéos peut servir pour parfaire une formation avant l'animation de l'exposition.

Enfin, n'hésitez pas à les utiliser avec vos élèves en préparation ou en complément d'une visite de l'exposition.

#### MESURER LA TERRE :

<https://www.youtube.com/watch?v=8cLkuCG4uVg&t=463s>

#### MESURER LES LONGUEURS :

<https://www.youtube.com/watch?v=b4Vufyu0N6g&t=217s>

#### MESURER LES AIRES :

<https://www.youtube.com/watch?v=S-3rs7VwFXU&t=193s>

#### MESURER LES VOLUMES :

<https://www.youtube.com/watch?v=mtzhMCuRCo0&t=129s>

#### MESURER LE MONDE LOINTAIN :

[https://www.youtube.com/watch?v=fEgHv\\_56lhk&t=36s](https://www.youtube.com/watch?v=fEgHv_56lhk&t=36s)

#### MESURER LE CHANGEMENT CLIMATIQUE :

<https://www.youtube.com/watch?v=b5pojfwlEmg&t=62s>