

SPÉCIALITÉ

1<sup>re</sup>

# Sciences de l'Ingénieur

Cours

Exercices

Problèmes corrigés

ellipses

### Préambule :

Les nombres font partie du métier de l'ingénieur. Ils donnent corps à ses projets, sont issus de projections et de simulations ou, au contraire, de résultats expérimentaux, validant ou non le modèle utilisé. Leur maîtrise est importante et à l'heure du numérique, leur constitution aussi. Le programme de sciences de l'ingénieur tourne autour de la modélisation, de la simulation et des résultats expérimentaux. Les nombres sont donc l'interface indispensable entre ces entités. Le métier de l'ingénieur consiste à estimer les dimensions, les volumes, les quantités et la maîtrise des nombres lui est vitale.

### 1. Propriétés de 12 et de 60

Douze peut se diviser par 2, 3, 4, 6.

Soixante par 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30.

Le partage est plus facile, cette propriété est mise à profit dans les cas suivants :

- une journée est décomposée en 24 heures soit 2 fois 12 heures ;
- une heure comporte 60 minutes et chaque minute 60 secondes ;  
(Au-delà, les secondes sont découpées en millisecondes)
- un angle se mesure en degrés. Un tour correspond à  $360^\circ$ , c'est-à-dire  $6 \times 60^\circ$  ;
- un pied vaut 12 pouces.

### 2. Le système pied / pouce

Les propriétés précédentes expliquent en partie les unités utilisées au moyen âge :

- un pouce vaut 2,54 centimètres ;
- un pied vaut 12 pouces, soit 30,48 centimètres ;
- un mile vaut 5280 pieds soit 1609,3 mètres ;
- le gallon impérial (anglais) vaut 160 onces, soit 4,546 litres ;
- le gallon US vaut 231 pouces cubes, soit 3,785 litres.

(20 % d'écart entre le système américain et le système anglais)

Ce système est toujours en vigueur aux États-Unis .

Ce système est utilisé en France dans certaines professions :

- l'aéronautique (altitude, vitesse ...) ;
- la plomberie (raccords, filetage et diamètre des tuyaux ...) ;
- les composants électroniques ...

### 3. Le système métrique et le système décimal

- le système métrique fut défini en 1792, pendant la Révolution française ;
- pour être accepté par tout le monde, l'étalon de mesure fut la terre, son périmètre fut choisi égal à 40 000 km ;
- au fil du temps, le système métrique a été adopté par la plupart des pays du monde ;
- ce système fait un lien entre les unités de longueur, de volume et de masse :
  - un  $\text{dm}^3$  est équivalent à 1 litre ;
  - une masse de 1 kg est équivalente à la masse d'un litre d'eau.

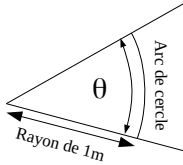
La notation décimale fut choisie. Cette notation permet de changer d'unité en changeant l'emplacement de la virgule, ce qui est impossible avec des mesures en pieds et en pouces.

## 4. Les angles

### • 4.1. Le radian

**Définition :** le radian est une unité dont la valeur est égale à la longueur de l'arc de cercle. Le cercle doit avoir un rayon unitaire. Un angle plat vaut  $\pi$ , un angle complet vaut  $2\pi$ .

**Remarque :** le radian est une unité qui permet de passer d'une longueur analogue à un rayon d'une longueur analogue à un périmètre.



Si le rayon du cercle est égal à 1, la longueur de l'arc de cercle est égale à la valeur de l'angle.

Si le rayon du cercle est différent de 1, la longueur de l'arc de cercle est proportionnelle au rayon multiplié par la valeur de l'angle.

$$\text{longueur de l'arc de cercle} = R \times \theta$$

$\swarrow$                        $\uparrow$                        $\uparrow$   
 $m$                        $m$                        $\times \text{ rad}$

Fig. 1.1

**Remarque :** lors d'un tour complet, l'angle vaut  $2\pi$ , l'arc de cercle vaut alors  $2\pi R$ , c'est le périmètre.

### • 4.2. Les degrés

**Définition :** un angle complet (un tour) équivaut à  $360^\circ$ .

**Remarque :** les astronomes babyloniens utilisaient pour établir les cartes du ciel un découpage en degrés, un degré correspondant à une journée. Pour des raisons pratiques, 365,25 a été arrondi à 360.

## 5. Les surfaces

L'aire donne la superficie d'une surface. Si la surface est bombée, l'aire donne la superficie de la surface plane équivalente.

### • 5.1. Rectangle

L'aire d'un rectangle est égale à la longueur, qui est aussi égale au nombre de  $m^2$  d'une bande de 1 m de largeur, par la largeur, qui est aussi égale au nombre de bandes. Le produit donne donc le nombre de  $m^2$  contenus dans le rectangle.

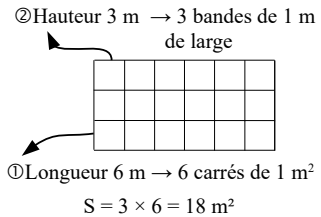


Fig. 1.2

### • 5.2. Triangle

Démonstration de la relation à partir de considération géométrique :

Un triangle quelconque est découpé en deux triangles rectangles (parties foncées) avec une longueur commune nommée hauteur. La duplication des zones foncées donne des zones claires dont l'ensemble forme un rectangle.

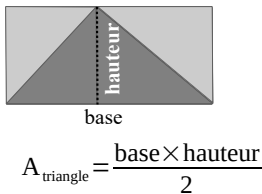


Fig. 1.3

### Remarque :

Le format **.STL** utilisé en impression 3D, découpe les surfaces en triangles.

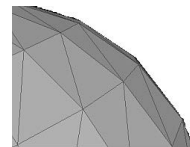


Fig. 1.4

• 5.3. Disque

Démonstration de la relation à partir de considération géométrique :

Sur la figure 1.5 a) le disque est coupé en deux, horizontalement. Dans chaque partie on sélectionne des portions que l'on reporte tête-bêche sur la figure 1.5 b) de manière à former un rectangle. L'aire du rectangle et donc du disque est égale à  $\pi R^2$ .

Cette méthode, connue des Grecs, était justifiée par le fait que les portions devaient être **infinitement** petites. Dans ce cas, les zones blanches du rectangle sont négligeables. Ce principe sera repris au 17<sup>e</sup> siècle avec les nombres infinitésimaux.

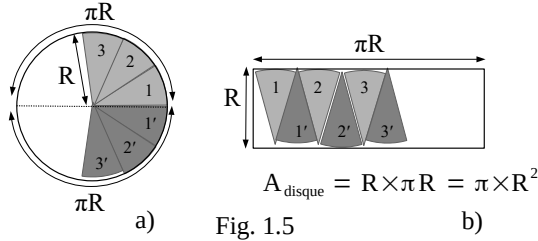


Fig. 1.5

6. Les volumes

• 6.1. Changement d'unité

Le schéma ci-dessous montre que le passage de  $\text{cm}^3$  à  $\text{dm}^3$  nécessite un déplacement de la virgule de 3 chiffres, chaque chiffre ayant une signification géométrique.

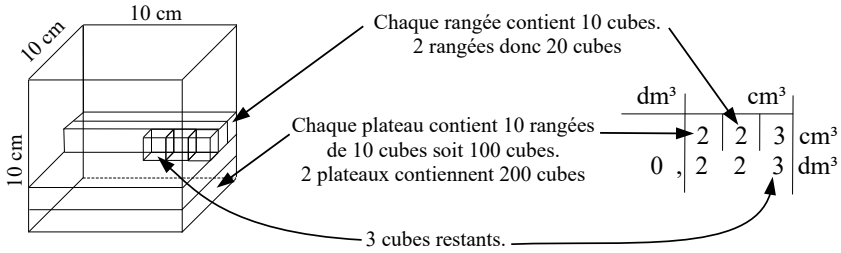


Fig. 1.6

• 6.2. Règle générale concernant le calcul d'un volume

Pour calculer un volume, il faut connaître le nombre de cubes unitaires. L'aire de la base du volume représente le volume d'un "plateau" d'épaisseur unitaire. La multiplication du plateau par la hauteur et donc par le nombre de plateaux donne le volume.

$$V = \text{aire de la surface} \times \text{hauteur}$$

Attention : le mot hauteur convient parce que la surface est considérée horizontale mais toute longueur perpendiculaire à une surface convient.

$$V = \pi \times R^2 \times \text{hauteur}$$

Aire du disque qui est à la base du cylindre

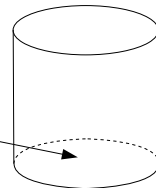


Fig. 1.7 : volume d'un cylindre

## 7. Les unités

**Règle :** La multiplication ou la division de deux grandeurs physiques s'accompagne de la multiplication ou de la division des unités.

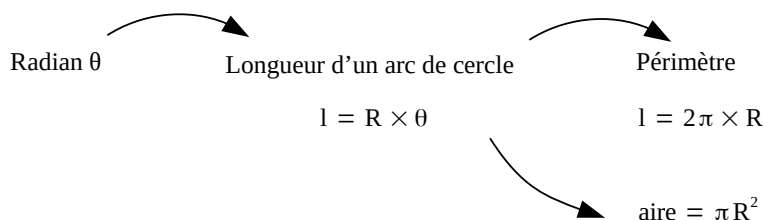
$$\begin{array}{l} \text{aire} \times \text{hauteur} = \text{volume} \\ \text{m}^2 \times \text{m} = \text{m}^3 \end{array}$$

$$\frac{\text{volume}}{\text{débit}} = \text{temps} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}} = \text{s}$$

Fig. 1.8



### CE QU'IL FAUT RETENIR



Surface, aire →  $A = a \times b$  avec  $a$  et  $b$  perpendiculaires entre eux.  
 $\text{m} \times \text{m} \rightarrow \text{m}^2$

$\text{m}^2$	$\text{dm}^2$	$\text{cm}^2$
0	0	0

Volume →  $V = A \times h$  avec  $A$  et  $h$  perpendiculaires entre eux.

$\text{m}^2 \times \text{m} \rightarrow \text{m}^3$	$\text{dm}^3$	$\text{cm}^3$
0	0	0

1000 l → 1 m<sup>3</sup>  
 1000 cm<sup>3</sup> → 1 l  
 1 dm → 1 l  
 1 l d'eau → 1 kg

Péta	Téra	Giga	Méga	kilo	unité	milli	micro	nano	pico
10 <sup>15</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-12</sup>

Notation des nombres : 1 256 000 m<sup>2</sup>  
 1,26.10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>  
 1,26 Mm<sup>2</sup>

Prise en compte des trois premiers chiffres  
 sauf si le premier commence par zéro,  
 prendre 4 chiffres dans ce cas.

## MATÉRIAUX : LA CHAUX, LE CIMENT

### Histoire

La chaux était connue dans l'antiquité, les Égyptiens l'utilisaient couramment. Les Romains utilisaient la chaux avec de la brique pilée, ce qui améliore les qualités mécaniques. En 1817 l'ingénieur Louis Vicat met au point le ciment à partir de chaux hydraulique.

### Fabrication de la chaux

La chaux s'obtient en chauffant des pierres calcaires (carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ ) à  $900\text{ }^\circ\text{C}$ .

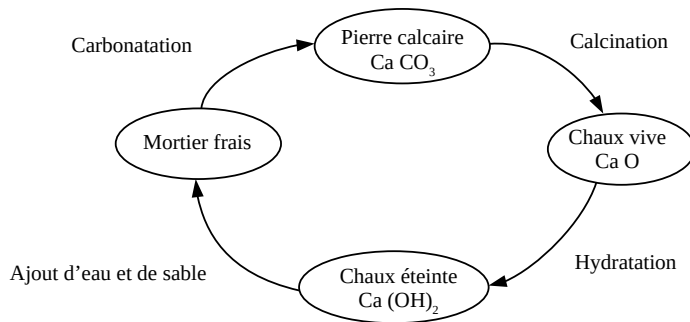


Fig. 1.9 : cycle de la chaux

**Définition** : la calcination de pierre calcaire donne de la chaux vive. Cette chaux vive réagit vivement avec l'eau, d'où le nom.

**Définition** : la chaux éteinte s'obtient en hydratant la chaux vive.

**Définition** : la chaux aérienne désigne une chaux éteinte obtenue à partir de pierre calcaire. C'est le gaz carbonique de l'air qui provoque la prise, d'où le nom.

**Définition** : une chaux hydraulique désigne une chaux éteinte obtenue à partir de pierre calcaire impropre, c'est-à-dire contenant un peu d'argile. C'est l'eau qui provoque la prise, d'où le nom.

### Utilisation de la chaux

- la chaux vive est utilisée en agriculture comme désinfectant et pour améliorer les sols :
  - culture, amendement des sols des vergers (pommiers, kiwi ... ) ;
  - désinfection (élevage de poulet).
- la chaux vive est utilisée dans l'industrie :
  - traitement des eaux dans les stations d'épuration ;
  - traitement des fumées ;
  - retient les impuretés contenues dans la fonte des hauts fourneaux.
- la chaux aérienne est utilisée pour faire des peintures ou des enduits :
  - ces enduits sont respirants, ils laissent passer l'humidité de l'air.
- la chaux hydraulique sert en maçonnerie, construction de murs, rénovation.

## Fabrication du ciment

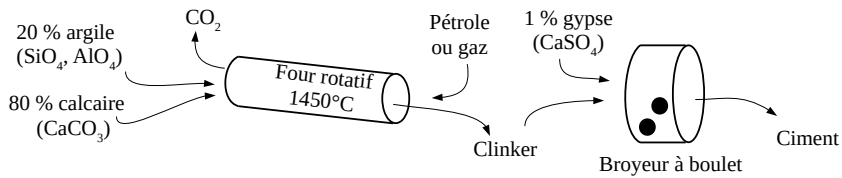


Fig. 1.10 : fabrication du ciment

**Définition** : le cru ou farine désigne le mélange de calcaire et d'argile.

**Définition** : le clinker est obtenu en fondant le cru à 1450°C.

**Définition** : le ciment est obtenu en broyant le clinker avec un peu de gypse.

L'ajout d'autres éléments comme des cendres volcaniques ou des résidus de haut fourneau (laitier), abaisse le coût ou améliore les qualités mécaniques du ciment.

### Types de ciment :

- prompt                    prise rapide
- Portland                ciment utilisé couramment
- de laitier                ciment utilisé pour faire les piles de ponts (moins cher)

### Utilisation du ciment

On utilise le ciment pour réaliser des mortiers (mélange de sable et de ciment) qui servent à jointer des pierres ou des parpaings. La prise d'un mortier c'est-à-dire le durcissement commence au bout de quelques heures. Il est possible d'ajouter des adjuvants pour modifier le temps de prise et même pour rendre le mortier hydrofuge (étanche à l'eau).

Une autre utilisation du ciment concerne la réalisation de bétons. Le béton est un mélange de gravier, sable ciment et d'eau. Pour obtenir un béton armé, on place des tiges d'acier. Il peut alors subir des efforts de traction. Si ces tiges sont tendues avant la prise, on parle de béton précontraint, les qualités de tractions sont encore améliorées.

## X<sup>2</sup> EXERCICES ET PROBLÈME

### • Exercice 1

Le barrage de Grand-Maison est constitué d'un noyau d'argile (imperméable) et de contreforts en terre. La figure 1.11 représente de façon simplifiée la digue.

- 1) Calculer le volume d'argile nécessaire à la construction du noyau.
- 2) Calculer le volume de terre nécessaire à la construction des contreforts.

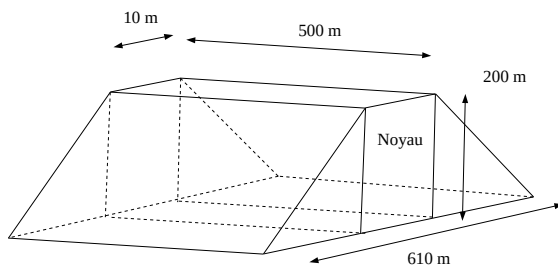


Fig. 1.11

### • Exercice 2

Il s'agit de déterminer le volume de béton de la voûte du barrage modélisée figure 1.12.

- 1) Déterminer la valeur de l'angle  $\alpha$  en radians et en degrés.
- 2) Déterminer l'aire de la surface figure 1.13 sachant qu'elle est proportionnelle à l'angle et à l'aire du disque.
- 3) Par soustraction, déterminer l'aire de la voûte, vue de dessus. En déduire le volume de béton nécessaire.

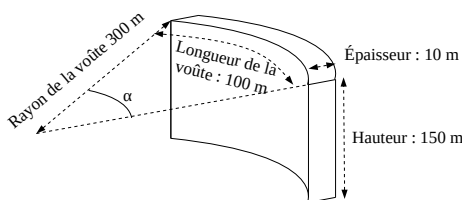


Fig. 1.12

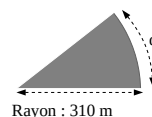


Fig. 1.13

### • Problème 1: Barrage de Manicouagan

#### I Analyse du besoin

Visionnez le film à partir du QR code ci-contre :  
Construction du barrage Daniel Johnson dit aussi Manic5.  
Regarder le début de la vidéo et arrêtez au niveau du titre "La Manic".



Documentaire sur la construction  
du barrage de Manicouagan

- 1) Aller sur le site Google Map et rechercher l'emplacement du barrage Daniel Johnson. Regarder les photos présentes sur Google Map.  
Dans quel pays se situe le barrage ? Est-ce un pays favorable à une installation hydroélectrique ? Pourquoi ?
- 2) Regarder la suite de la vidéo (pas plus de 3 min) et vérifier que le diagramme des exigences figure 1.14. correspond aux raisons pour lesquelles ce barrage a été construit dans les années 60.



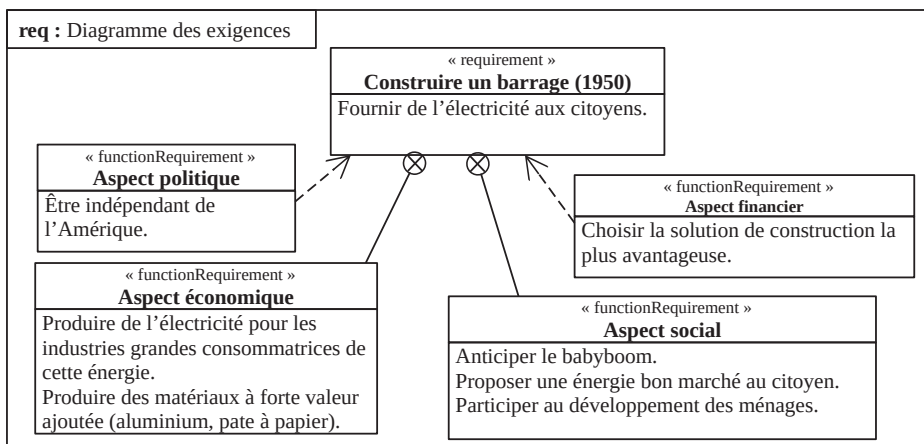


Fig. 1.14 : diagramme des exigences

3) Quels sont les matériaux à forte valeur ajoutée qui seront produits économiquement grâce à l'électricité fournie par ce type de barrage ?

## II Volume d'eau utile, énergie

La figure 1.15 représente la carte du réservoir Manicouagan (barrage Daniel Johnson) et la figure 1.16 représente la modélisation de la partie utile de ce réservoir.

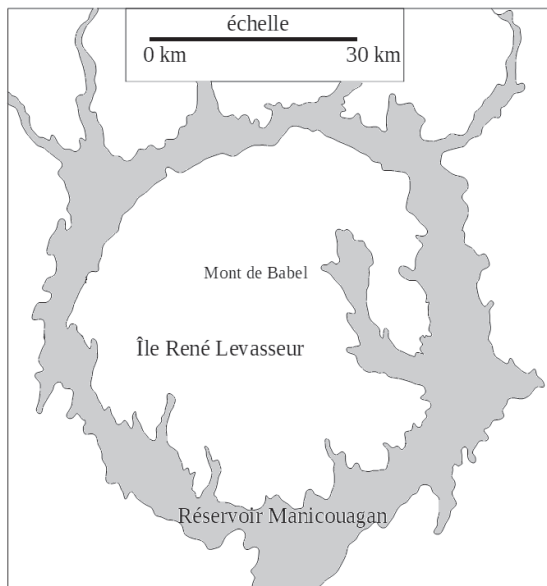


Fig. 1.15