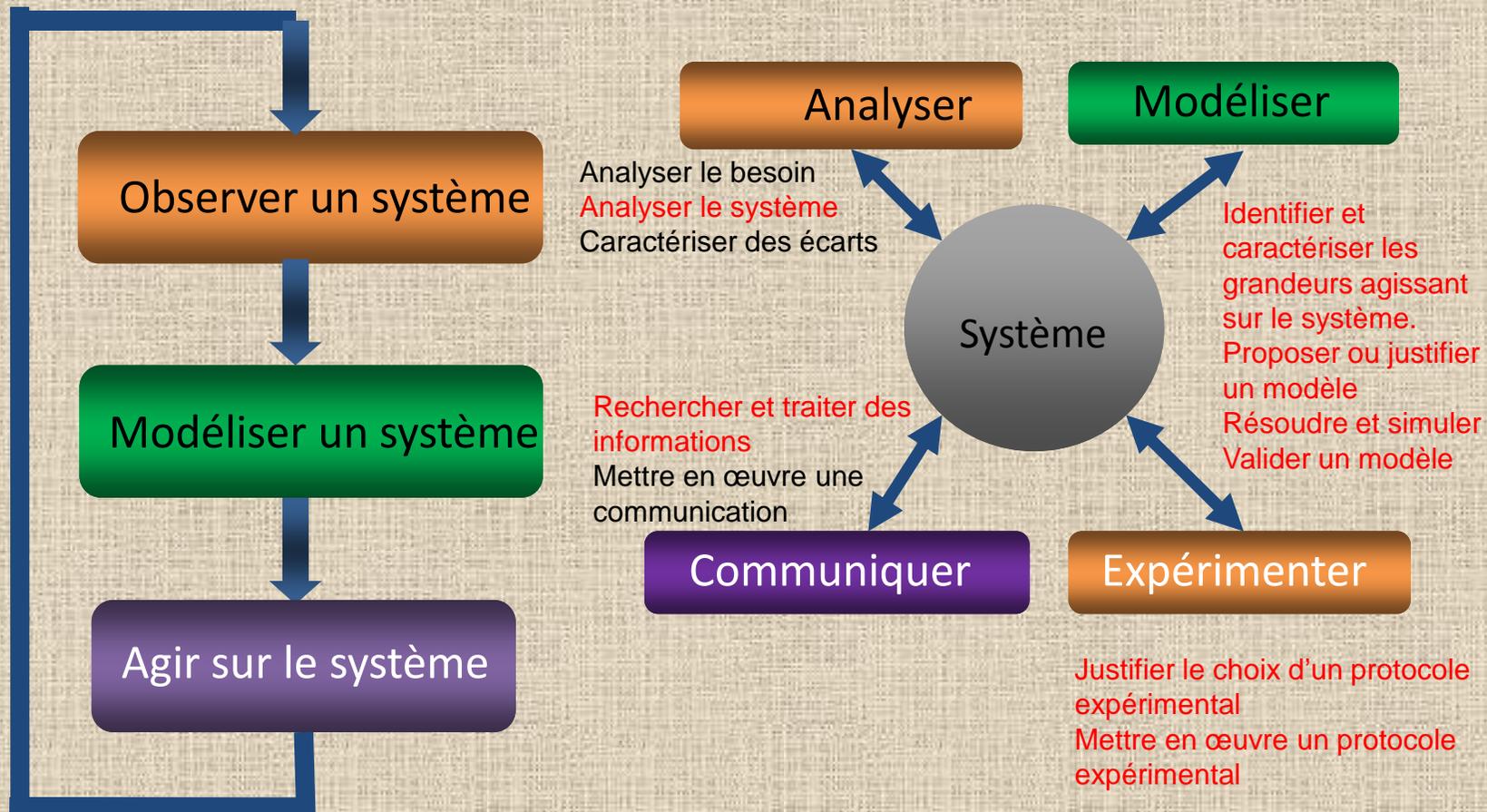


# Séminaire Sciences de l'ingénieur

## Le référentiel



# *Support de formation*

## COMPTEUSE-TRIEUSE DE PIÈCES DE MONNAIE



**Trier les pièces**

**Compter les pièces**

**Organiser des lots  
de pièces par  
quantité définie**

**Conditionner des  
rouleaux de  
pièces**

# COMPTEUSE-TRIEUSE DE PIÈCES DE MONNAIE

## Manuel de l'utilisateur du compteur de pièces Safescan 1200

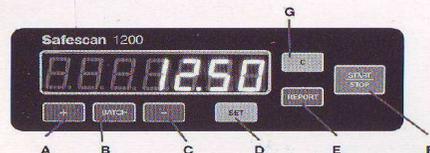
Nous vous remercions d'avoir acheté le Compteur de pièces Safescan 1200. Vous venez d'acquérir un produit d'une simplicité et d'une qualité exceptionnelle. Le Safescan 1200 est équipé de deux modes de comptage et de tri : comptage libre et comptage par lot.

### Attention

- Ne pas utiliser la machine dans un environnement humide ou à température élevée (voir les spécifications pour plus de détails)
- Maintenez la machine en position horizontale lors du fonctionnement
- Ne pas ouvrir le couvercle arrière quand l'appareil est branché

### 1.0 PARTIES DE LA MACHINE

1. TRÉMIE
2. CLAVIER
3. RÉCEPTACLE
4. INTERRUPTEUR



A	TOUCHE "+"	E	TOUCHE « REPORT » (AFFICHER VALEUR)
B	TOUCHE BAT	F	TOUCHE MARCHE/ARRÊT
C	TOUCHE "-"	G	TOUCHE "CLEAR" (EFFACER)
D	TOUCHE RÉGLAGE		

### 2.0 FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE

1. Allumez la machine
2. Sélectionnez le mode de comptage

Cette machine dispose de deux modes : Mode de comptage libre et mode de comptage par lot. En allumant la machine, le mode de comptage libre s'active automatiquement.

- Mode de comptage libre Avec ce mode, la machine compte et trie de façon continue toutes les pièces de la trémie. Remplissez la trémie des pièces non triées et appuyez sur la touche « MARCHE/ARRÊT » pour démarrer le comptage et le tri.



- Mode de comptage par lot Avec ce mode, la machine compte et trie un lot de pièces d'après un nombre déterminé pour chaque valeur de pièces. Appuyez sur la touche « RÉGLAGE » puis sur les touches «+» et «-» pour définir la taille du lot. Répétez l'opération pour chaque valeur de pièces. Puis appuyez sur la touche « MARCHE/ARRÊT » pour démarrer le comptage et le tri.

3. Quand le comptage est terminé, appuyez sur la touche « MARCHE/ARRÊT » pour arrêter la machine. La valeur totale s'affiche sur l'écran.

4. En appuyant sur la touche « REPORT », la quantité individuelle de chaque valeur de pièce s'affiche sur l'écran. Appuyez de nouveau sur la touche « REPORT » pour sélectionner les différentes valeurs de pièces.

5. Si disponible : il est également possible de trier et de conditionner les pièces grâce aux 8 rouleaux de pièces inclus à la place des tiroirs de pièces. Les pièces conditionnées peuvent ensuite être facilement emballées dans les emballages de pièces pour les rouleaux pour la banque.

### 3.0 ENTRETIEN

Nettoyez le compteur de pièces avec un chiffon propre et doux. N'utilisez pas de détergents agressifs ou abrasifs. N'insérez jamais d'objets durs dans la fente.

### 4.0 SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

TEMPÉRATURE DE FONCTIONNEMENT	0° - 40° CELSIUS
HUMIDITÉ AMBIANTE	30 - 80%
CAPACITÉ DE LA TRÉMIE	300 - 500 PIÈCES
CAPACITÉ DU RÉCEPTACLE	80 - 150 PIÈCES
CAPACITÉ DU ROULEAU DE PIÈCES	40 - 50 PIÈCES
AFFICHAGE DU NOMBRE DÉTERMINÉ DU LOT	3-CHIFFRES LED
AFFICHAGE DU COMPTAGE	4-CHIFFRES LED
ALIMENTATION	AC220V/50HZ
CONSUMMATION	45W (MAX)
DIMENSIONS	355X330X266MM
POIDS NET	4,5 KG.
VITESSE DE COMPTAGE	216 PIÈCES PAR MINUTE

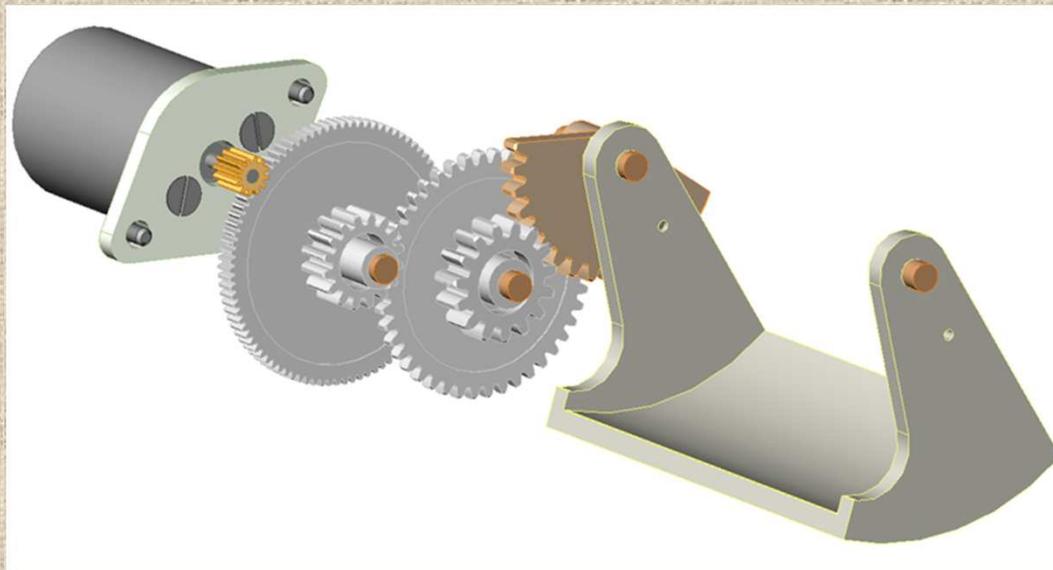
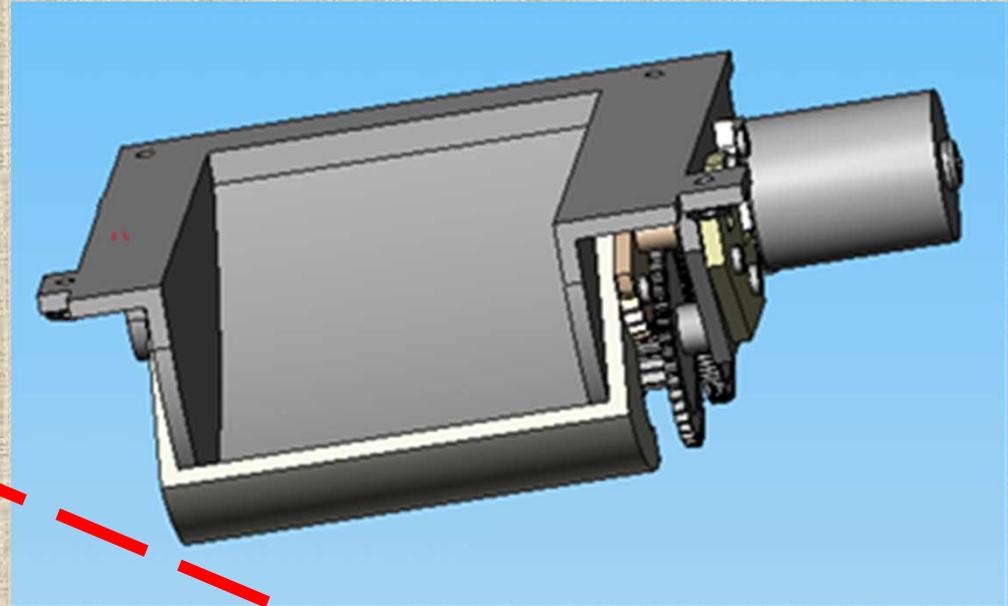
### 5.0 GARANTIE ET DÉFAUTS

#### Procédure de garantie

Contactez Safescan si vous avez besoin d'aide: [www.safescan.com](http://www.safescan.com)

# *Observation du système d'alimentation*

**Evolution visible  
et significative  
du module des  
dentures**



**Analyser  
Modéliser  
Comparer  
Valider**

# Problème posé

Pourquoi les dentures sont elles différentes?  
Sont-elles capables de transmettre les efforts?

POUR

Amener les élèves à comparer des modèles à partir  
des hypothèses faites pour les construire.

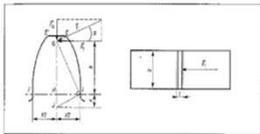
## 4. Dimensionnement d'un engrenage

Le dimensionnement des engrenages passe par la détermination de l'épaisseur de la dent et de son module. Son dimensionnement est régi par des fractions de calcul de résistance (tension et flexion) en fonction du contact entre les dents et d'un calcul de contrainte au pied des dents (voir Exemple).

### 4.1. Méthode de Lewis

Cette méthode simple est à l'origine des autres méthodes. Elle est naïve et suppose qu'une seule dent est en prise. Elle néglige les conditions d'usinage (danc, service...).

La dent est calculée en flexion comme une poutre encastée soumise à un effort  $F$  supporté à son extrémité.

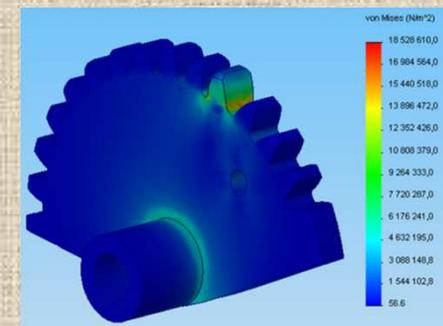
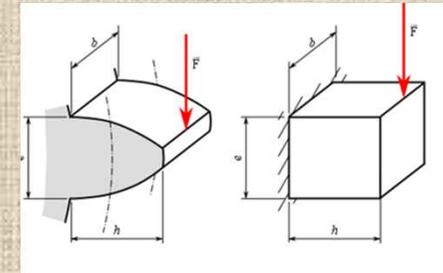
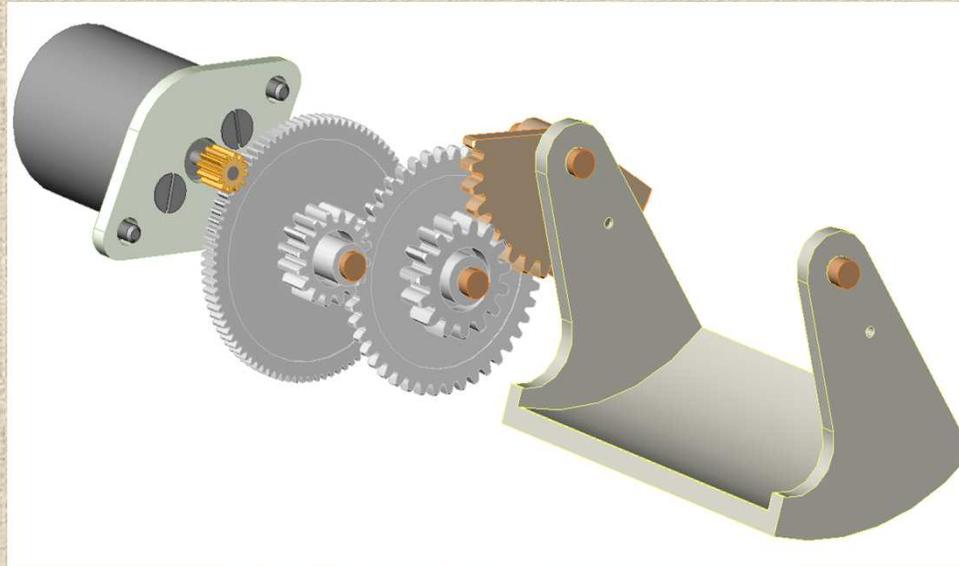


$$\sigma_{\max} = F / (b \cdot m \cdot Y) = F / (k \cdot m^3 \cdot Y) < R_{pe}$$

$h = m \cdot k$  : largeur de dent  
 $m$  : module  
 $R_{pe}$  : contrainte admissible par le matériau  
 $Y$  : dépend de  $\alpha$  et du nombre de dent, donné par des abaques.

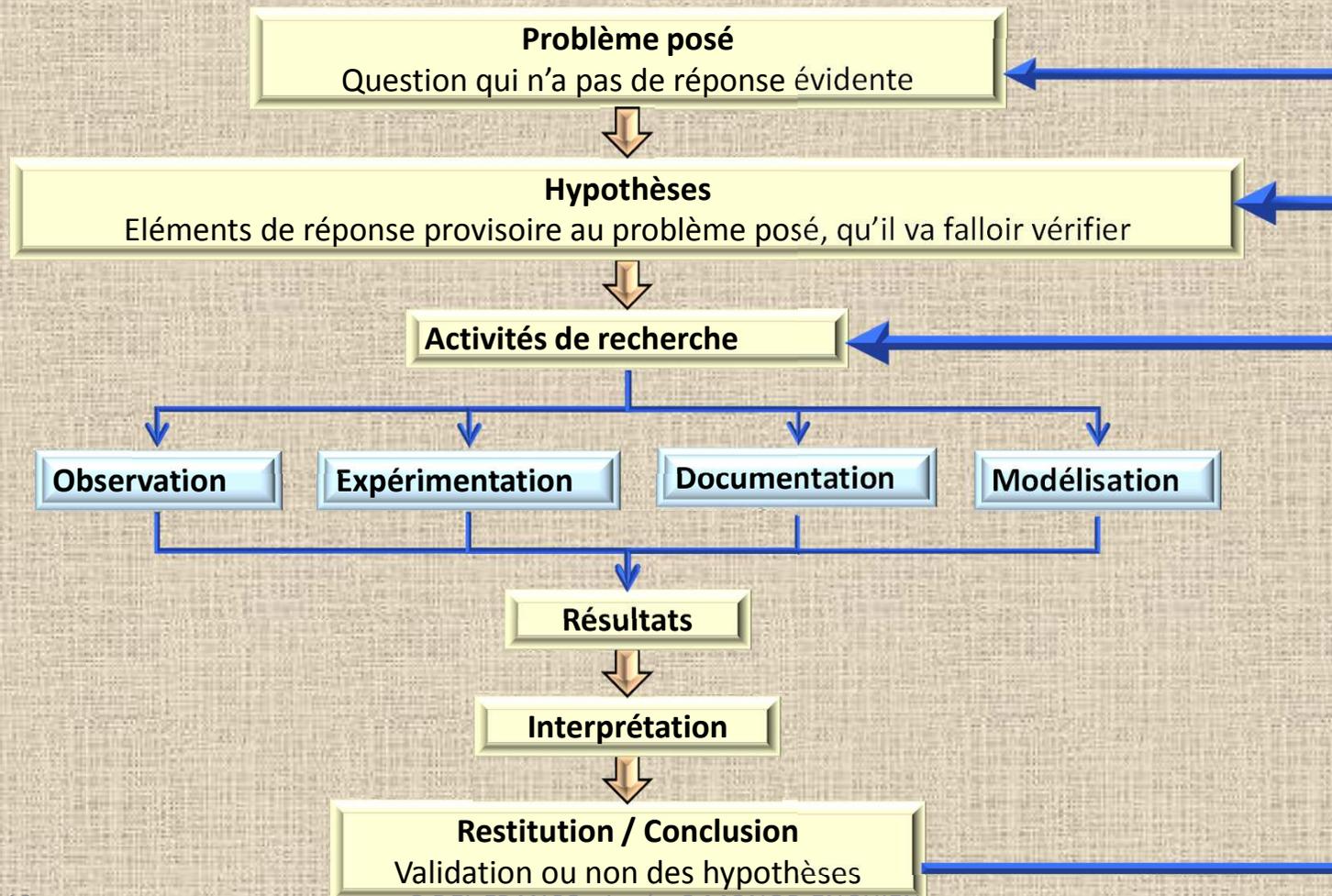
Tableaux des valeurs de  $k$  auxelles

$k$	Qualité de la surface	Vitesse angulaire $\omega$	Effort Tangentiel - Ft
De 4 à 6	Non usinée	Faible	Faible
De 6 à 10	Taillée non rectifiée	Moyenne	Moyen
De 10 à 16	Taillée, rectifiée	Grande	Grand



## ***La démarche d'investigation.....***

La démarche d'investigation est un outil pour décrire et comprendre le réel. Elle est utilisée dans les sciences de la nature (physique, biologie ...) et en technologie. Elle repose sur le questionnement.



# Démarche professeur

- ➔ Analyse cinématique
- ➔ Caractérisation géométrique des éléments
- ➔ Modélisation (détermination des efforts)
- ➔ Vérification des conditions de résistances
- ➔ Modélisation (RDM:conditions de résistance)
- ➔ **Analyse critique** des résultats et **des modèles**
- ➔ Comparaison au réel

# fonctionnement de la trieuse de pièce

## Observation

*Essais permettant de valider le cahier des charges*

### Question N°1 :

Placer la somme de 10 Euro fournie et lancer une procédure de comptage.  
Valider le fonctionnement par le constat de l'égalité de la somme fournie  
et de la somme affichée.

### Question N°2 :

Mesurer le temps de l'opération de comptage et de tri des pièces de monnaies  
et la comparer à la donnée du constructeur.

### *Fonctionnement de la trappe*

### Question N°3 :

Manipuler la trappe à la main,  
combien de sens sont permis ?  
Est-ce un fonctionnement  
monostable, bistable?

Expliquer

### Question N°4 :

Manipuler la trappe à la main,  
quel élément limite la course  
de la trappe? l'entourer sur l  
a photo/ci-contre. Le nommer.



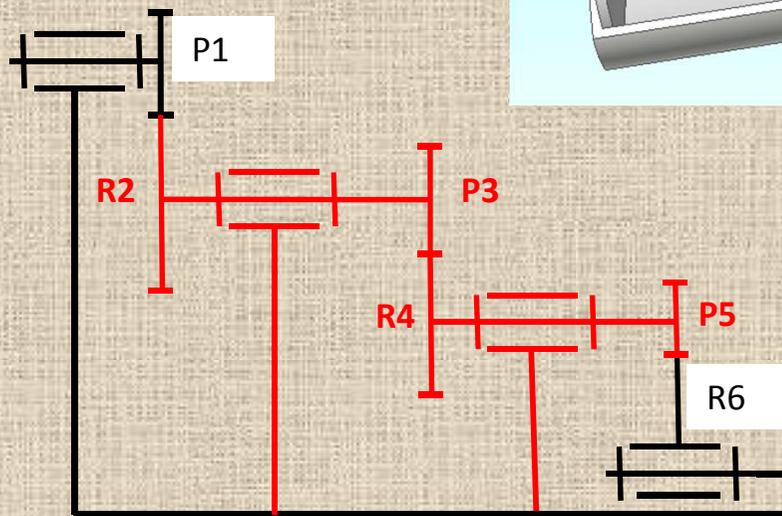
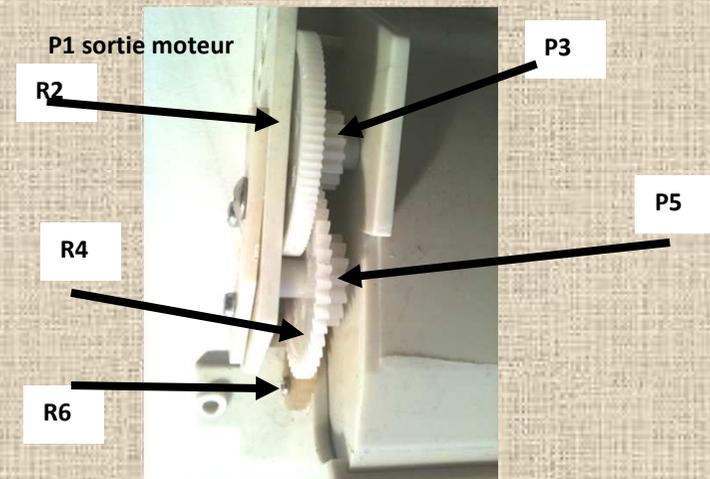
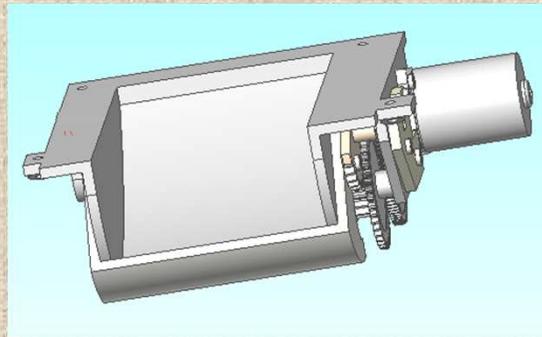
# Observation - Modélisation

## Activités de recherche

## Chaine cinématique

### Question N°5 :

Compléter le schéma cinématique donné ci dessous.



Combien de niveau de réduction présente ce mécanisme ?

Que constatez-vous concernant la forme et la taille des dents des engrenages par rapport aux différents niveaux de réduction de vitesse ?

## Observation

### Question N°6 :

A partir de la trappe démontée, compter le nombre de dents des différents pignons et roues, mesurer les diamètres extérieurs, les épaisseurs et les entraxes.

	Pignon 1 métal	Roue 2	Pignon 3	Roue 4	Pignon 5	Roue 6
Nombre de dents(Z)	12	90	16	44	15	32
Épaisseur (e, en mm)	6	3	6	3	5	3
Diamètre ( $D_{ex}$ , en mm)	5.4	38.8	13.23	34.37	16.65	31.25

**Un des éléments qui caractérise un ENGRENAGE (couple roue-pignon) est le « MODULE » (m en mm)**

### Question N°7 :

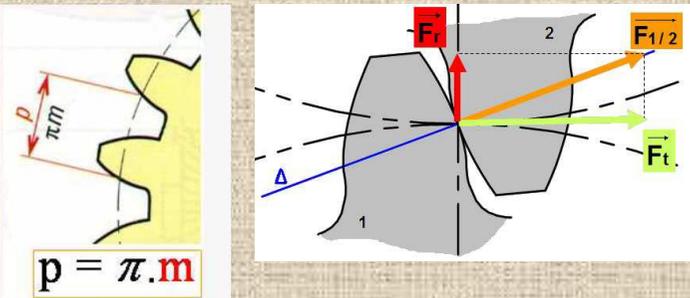
Etablir la relation qui permet de déterminer le module.

$$m = 2E_{ntraxe} / (Z_1 + Z_2)$$

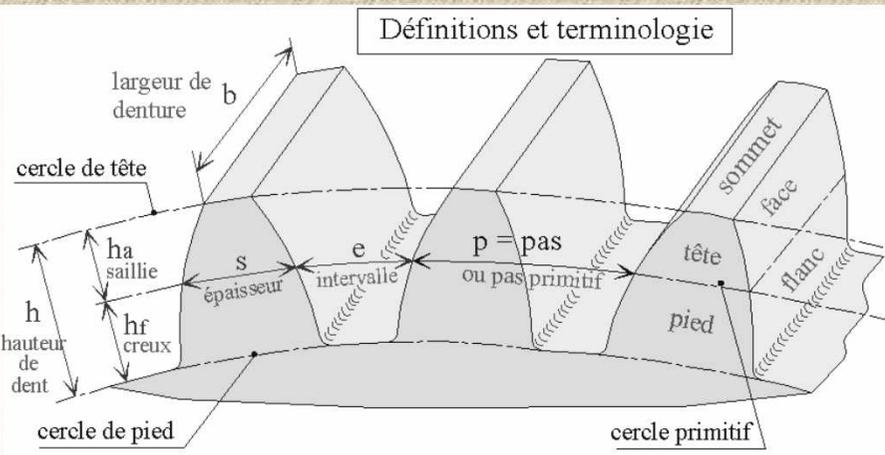
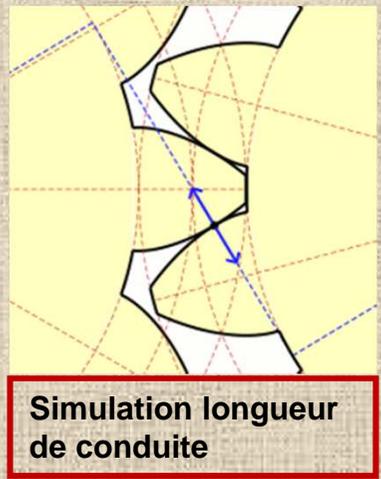
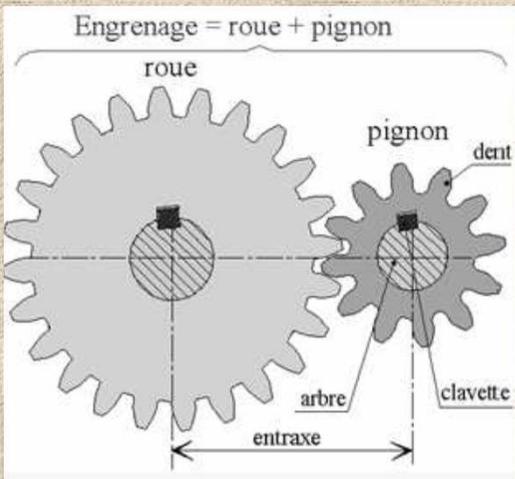
**Remarque les modules sont normalisés**

Compléter le tableau donné à la **question N°6** avec les différents entraxes, puis déterminer les modules et en déduire les diamètres primitifs ( $D_p$ )

# Documentation



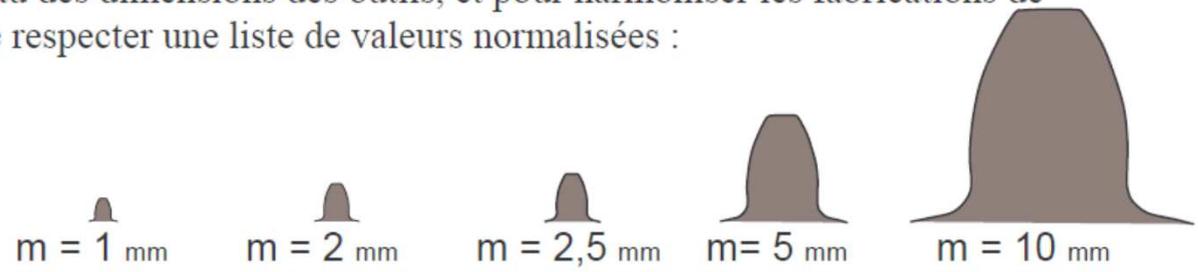
Module	Valeurs principales (mm)							
	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
0,50	0,75	1,00	1,25	1,5	2	2,5	3	4
5	6	8	10	12	16	20	25	32
40	50	60						



Principales caractéristiques		
Caractéristique	Symbole ISO	Relation et unités
Module	m	mm
Pas	P	mm $P = \pi m$
Nombre de dents	Z	
Diamètre primitif	d	mm $d = m Z$
Diamètre de tête	da	mm $da = d + 2 m$
Diamètre de pied	df	mm $df = d - 2.5 m$
Entraxe	a	mm $a = (d1 + d2) / 2$
Angle de pression	$\alpha$	valeur usuelle $20^\circ$

Pour limiter les possibilités au niveau des dimensions des outils, et pour harmoniser les fabrications de dentures, le module doit en principe respecter une liste de valeurs normalisées :

Exemples de modules normalisés et taille approximative d'une dent :



## Question N°8 :

Comment évolue les dimensions de la dent en fonction du module ?

	Pignon 1 Métal	Roue 2	Pignon 3	Roue 4	Pignon 5	Roue 6
Nombre de dents(Z)	<b>12</b>	<b>90</b>	<b>16</b>	<b>44</b>	<b>15</b>	<b>32</b>
Epaisseur (e, en mm)	<b>6*</b>	<b>3</b>	<b>6*</b>	<b>3</b>	<b>6*</b>	<b>3</b>
Diamètre ( $D_{ex}$ , en mm)	<b>5.4</b>	<b>38.8</b>	<b>13.23</b>	<b>34.37</b>	<b>16.65</b>	<b>31.25</b>
Entraxe (en mm)	<b>20</b>		<b>22.5</b>		<b>22.5</b>	
Module (m en mm)	<b>0.3921</b>	<b>0.3921</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>	<b>0.9575</b>	<b>0.9575</b>
<b>Module normalisé réel</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Diamètre primitif ( $D_p$ en mm)	<b>4.6</b>	<b>38</b>	<b>11.63</b>	<b>32.77</b>	<b>14.65</b>	<b>29.25</b>

**\*Largeur « surdimensionnée » pour « confort » de construction**

On propose de vérifier que le système d'engrènement est bien dimensionné, pour cela il faut élaborer des protocoles de mesure permettant de déterminer les valeurs des couples transmis à chaque niveau de réduction.

## Question N°9 :

Identifier à partir de la trappe assemblée quel est l'élément **générateur du couple moteur** et quel est l'élément **générateur du couple résistant**.

# Expérimentation et Modélisation

## Question N°9 :

A partir des constats faits à la question précédente élaborer les protocoles expérimentaux permettant de **mesurer** les différents couples lors de la situation la plus critique (ouverture ou fermeture de la trappe ?).

**PHASE DE REFLEXION ELEVE - PROPOSITION - MISE EN FORME  
PUIS MISE EN OEUVRE**

*A partir de la situation la plus critique:*

*On propose deux voies de recherche :*

- *Déterminer le couple sur l'axe moteur ;*
- *Déterminer le couple sur l'axe de la trappe.*

*Les paramètres du moteur de trappe utilisé :*

- *Tension d'alimentation :  $U = 5$  volts ;*
- *Résistance d'induit moteur :  $R = 13.26$  Ohms ;*
- *Constante de couple :  $K = 0.01785$  Volt. seconde/radian ;*

*Le couple moteur  $M = K.I$ , où  $I$  est le courant moteur et  $M$  le couple moteur.*

# Expérimentation

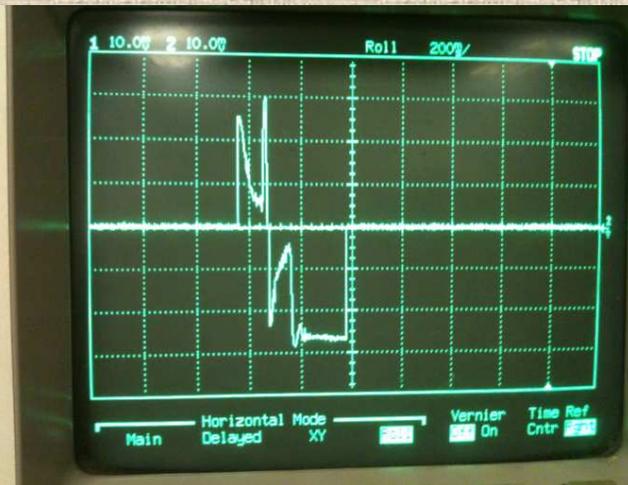
Méthode 1 :

*On cherche la valeur du couple maximal sur l'arbre moteur.*

Question N°10 :

Quelle est la situation de fonctionnement de la trappe représentative du couple maximal ?

Mettre en place la mesure permettant de mesurer l'intensité I.



**Le courant est maximal quand le secteur denté est bloqué par le bâti, on mesure dans ce cas le courant.**

**Courant maximal : 30mV sur l'oscilloscope soit 0.30 A (Avec sonde courant)**

Déterminer le moment du couple maximal.

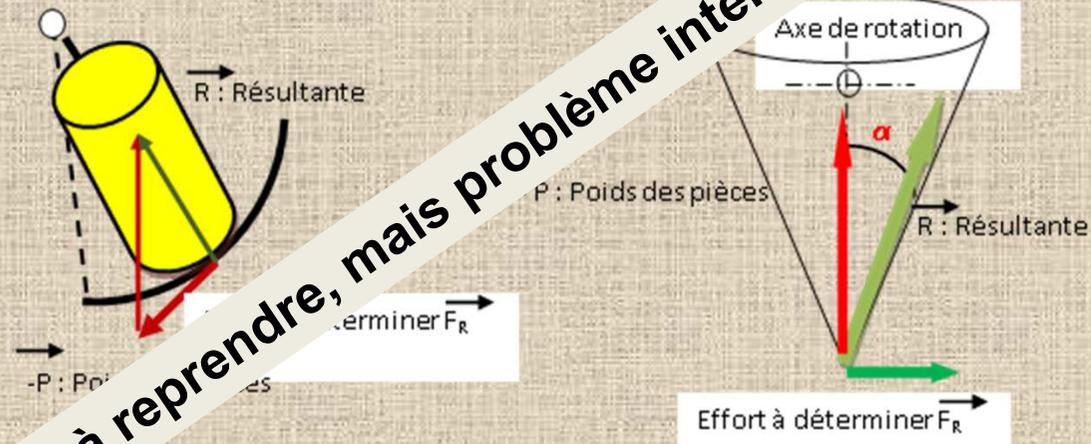
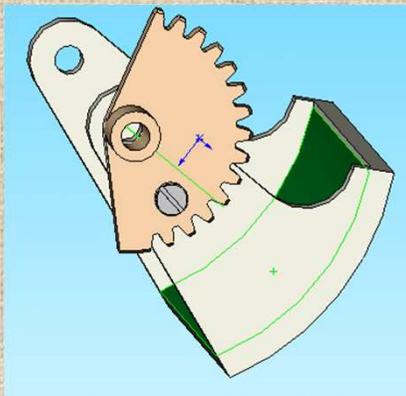
**On en déduit le moment du couple maximal.**

$$M_{\text{moteur}} = K \times I = 0.01785 \times 0.46 = 5.355 \text{ mN.m} \quad (5.4 \text{ mN.m})$$

# Expérimentation - Modélisation

## Méthode 2 :

On cherche le couple maximal sur l'axe de la trappe. Pour cela il est nécessaire d'analyser les charges supportées par la trappe à l'ouverture ou à la fermeture et concevoir un modèle de charge.



## Question N°11 :

Isoler la trappe, modéliser les actions extérieures, écrire les équations d'équilibre

## Question N°12 :

Dans le précédent TP (CP1) on a relevé le poids des différentes pièces, en sachant que la charge maximale est obtenue pour 500 pièces de 1 centime (donnée constructeur) et que celle-ci est placée au centre de la trappe.

Déterminer l'effort dû à la masse puis le couple engendré.

$$P = 500 \times mg = 500 \times 9.81 \times 0.0023 = 11.28 \text{ N}$$

## Expérimentation - Modélisation

Question N°13 :

Déterminer alors la force nécessaire permettant l'ouverture de la trappe.

$$F_R = 0.5 \times 11.28 = 5,75 \text{ N avec } \tan(\alpha) = \text{coefficient de frottement}$$

Question N°14 :

Déterminer le moment du couple nécessaire sur la trappe permettant l'ouverture.

$$M = F_R \times r = 5.75 \times 0.04 = 0.23 \text{ mN.m}$$

Nous connaissons à présent le moment du couple sur l'axe du moteur et le moment du couple sur l'axe de la trappe. Il faut interpréter les résultats. Pour cela il faut ramener ces moments au même niveau.

Question N°15 :

Compléter le tableau ci-dessous et déduire R1, R2, R3, les trois rapports de réduction intermédiaires puis le rapport global.

rapport	Z2/Z1	Z4/Z3	Z6/Z5
Valeur		2.75	2.13

Rapport Global = 44

En déduire le moment du couple sur l'axe moteur :

$$M_{\text{moteur}} = 230/44 = 5.23 \text{ mN.m. (5.4mN.m)}$$

Conclure sur la capacité du moteur à manœuvrer la trappe

Résultats

Interprétation

## Expérimentation - Modélisation

### Recherche des efforts tangentiels sur les roues et pignons afin de vérifier la tenue aux contraintes

#### Question N°16 :

Déterminer ces efforts tangentiels, et les couples associés.

La rotation du moteur entraîne l'évolution de la rotation de la trappe.

Nous allons déterminer comment évolue-la vitesse et le couple tout au long de la« chaine » de transmission. On donne la vitesse nominale de rotation du moteur : 2500 tr/min et on rappelle couple maximal :

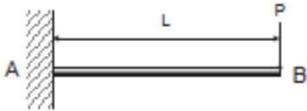
**5.4mN.m.(déterminé en situation de blocage en fin de course de la trappe).**

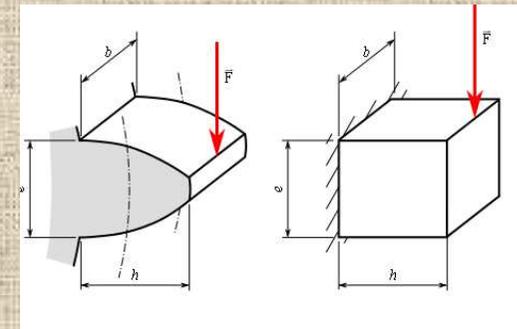
Compléter sur le même tableau les vitesses de chaque élément.

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Moment du couple M (mN.m)	<b>5.4</b>	<b>39.26</b>	<b>39.26</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>230</b>
Effort T en Newton (N)	<b>2.18</b>	<b>2.18</b>	<b>6.13</b>	<b>6.13</b>	<b>14.4</b>	<b>14.4</b>
Vitesse (Tr/min)	<b>2500</b>	<b>333.33</b>	<b>333.33</b>	<b>121.21</b>	<b>121.21</b>	<b>56.82</b>
Module réel (mm)	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

## 1ère MODELISATION : Modèle « simple » poutre encastrée en flexion

Quelles sont les hypothèses nécessaires pour que le cas de sollicitation d'une dent d'engrenage soit représenté par la figure ci-dessous ?

Charge	Réaction des appuis $R$ et $M$	Moment de flexion $M_{max}$	Flèche $f_x$ $f_{max}$
<b>1/ Charge concentrée à l'extrémité :</b> 	$R_A = P$ $M_A = -PL$	$M_x = -Px$	$f_x = \frac{Px^3}{6EI}(3L-x)$ $f_{max} = f_B = \frac{PL^3}{3EI}$



**Remarque : dans ce cas les éléments utilisés sont en « Delrin » et  $R_e$  vaut 70 MPa. Coefficient de sécurité de 2.5 (Chocs mécaniques),  $R_{pe}$  vaut alors  $70/2.5 = 28 \text{ N/mm}^2$**

Longueur dent = 2,25 m  
**a**: largeur dent au pied ( $\pi M/2$  au primitif)  
**b**: épaisseur dent (3mm pour R6)

$$R_{pe} < (M_f/I_G)a/2 =$$

Valeur de la contrainte **sur R6**  
 avec  $m = 1$  et  $b = 3\text{mm}$   
**26N/mm<sup>2</sup>**

Valeur du module **de R6**  
 avec  $R_{pe} = 28\text{N/mm}^2$  et  $b = 3\text{mm}$   
**0.9mm**

## 2ème MODELISATION : « Modèle » de Lewis

### Calcul en flexion

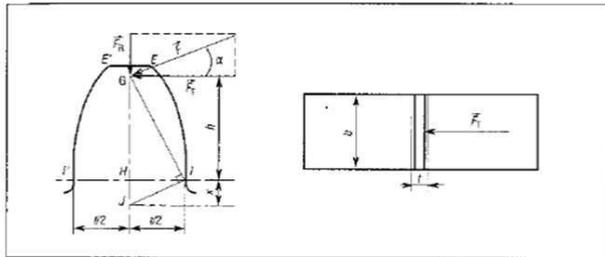
#### 4. Dimensionnement d'un engrenage

Le dimensionnement des engrenages passe par la détermination de l'épaisseur de la dent et de son module. Son dimensionnement est établi en fonction de calculs de résistance (usure et fatigue) au niveau du contact entre les dents et d'un calcul de contrainte au pied des dents (zone fragile).

##### 4.1. Méthode de Lewis

Cette méthode simple est à l'origine des autres méthodes. Elle est majorant et suppose qu'une seule dent est en prise. Elle néglige les conditions d'utilisation (choc, service...).

La dent est calculée en flexion comme une poutre encastrée soumise à un effort F supposé à son extrémité.



$$\sigma_{\max} = Ft / (b m Y) = Ft / (k m^2 Y) < R_{pe}$$

$b = m k$  : largeur de dent

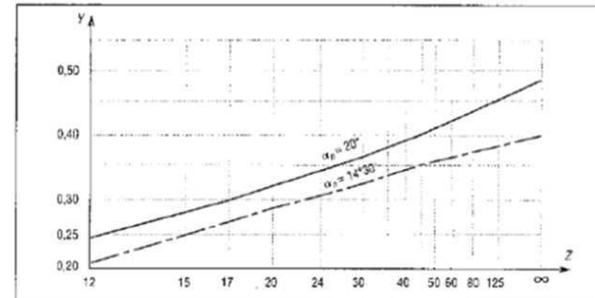
$m$  : module

$R_{pe}$  : contrainte admissible par le matériau.

$Y$  : dépend de  $\alpha$  et du nombre de dent, donné par des abaques.

Tableau des valeurs de  $k$  usuelles

$k$	Qualité de la surface	Vitesse angulaire - $\omega$	Effort Tangentiel - $F_t$
De 4 à 6	Non taillée	Faible	Faible
De 8 à 10	Taillée non rectifiée	Moyenne	Moyen
De 10 à 16	Taillée, rectifiée	Grande	Grand



On peut intégrer un coefficient correcteur  $K_v$  qui permet de tenir compte des effets de la vitesse circonférentielle au diamètre primitif.

$$\sigma_{\max} = Ft / (b m Y K_v) < R_{pe}$$

$$\text{avec } K_v = 6 / (6 + V)$$

Comparer ce modèle au précédent

Dans cette relation  $K$  est constant et fixé entre 8 et 10 nous prendrons 10,  
 $R_{pe}$  = Résistance élastique pratique,  
 $Y$  coefficient dépendant du nombre de dents et de l'angle de pression (varie entre 0,2 et 0,5).

**Remarque : dans ce cas les éléments utilisés sont en « Delrin » et  $R_e$  vaut 70 MPa. Coefficient de sécurité de 2.5 (Chocs mécaniques),  $R_{Pe}$  vaut alors  $70/2.5 = 28 \text{ N/mm}^2$**

## Question N°17 :

Afin de vérifier que les choix du constructeur sont convenables, déterminer les modules théoriques et les comparer aux modules réels déterminés précédemment .  $\sigma = Ft / b.m.Y$

### Résultats

	P1	R2	P3	R4	P5	R6
Rpe	142	28	28	28	28	28
<b>Contrainte calculée</b>						24
Ecart en %						17
<b>Module calculé</b>					0,9	0,9
Module réel	0,4	0,4	0,8	0,8	1	1
Ecart en %					10	10

\*Largeur « surdimensionnée » pour « confort » de construction

Conclure sur la capacité de l'ensemble pour transmettre l'effort. Sur quelle denture y a-t-il le plus de risque ? **Sur le secteur denté R6**

### Interprétation

## SIMULATION: Logiciel de calcul

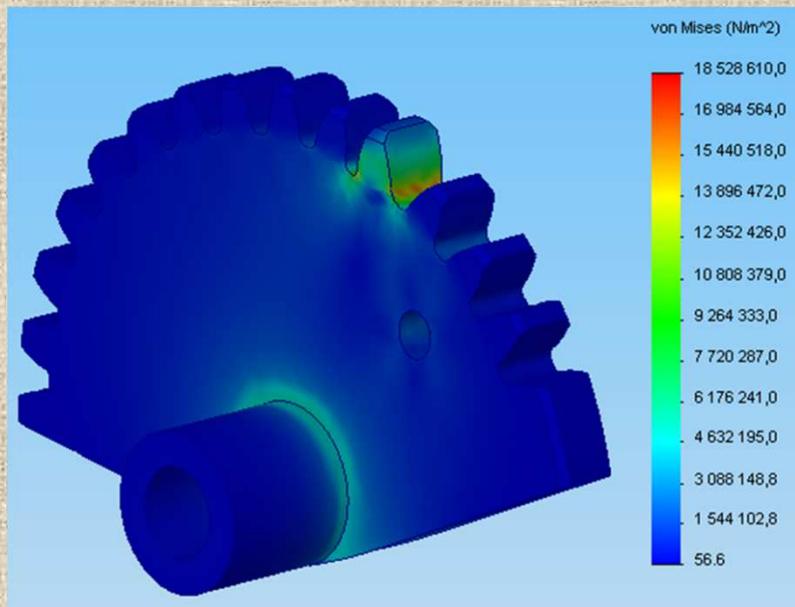
### Question N°20 :

A l'aide d'un logiciel, nous allons vérifier le comportement des dents (contrainte, déformation)

### Remarque :

Le logiciel inclus dans SolidWorks « MODELISE » par éléments finis. (effort réparti sur la surface)

	P1	R2	P3	R4	P5	R6
Couple M (mN,m)	5,23	39,26	39,26	108	108	230
Rayon Primitif (mm)	2,4	18	6,25	17,6	7,5	16
Effort tangentiel (N)	2,18	2,18	6,13	6,13	14,4	14,4



**Module = 1mm**  
**Contrainte maxi : 18.3 N/mm<sup>2</sup>**

# Comparer les modèles (à partir des hypothèses faites)

# Analyse des résultats

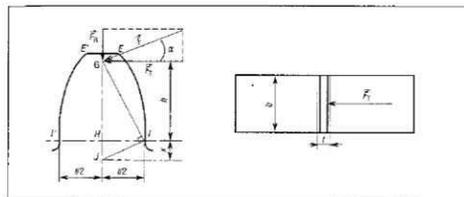
## 4. Dimensionnement d'un engrenage

Le dimensionnement des engrenages passe par la détermination de l'épaisseur de la dent et de son module. Son dimensionnement est établi en fonction de calculs de résistance (usure et fatigue) au niveau du contact entre les dents et d'un calcul de contrainte au pied des dents (zone fragile).

### 4.1. Méthode de Lewis

Cette méthode simple est à l'origine des autres méthodes. Elle est majorant et suppose qu'une seule dent est en prise. Elle néglige les conditions d'utilisation (choc, service...).

La dent est calculée en flexion comme une poutre encastrée soumise à un effort F supposé à son extrémité.

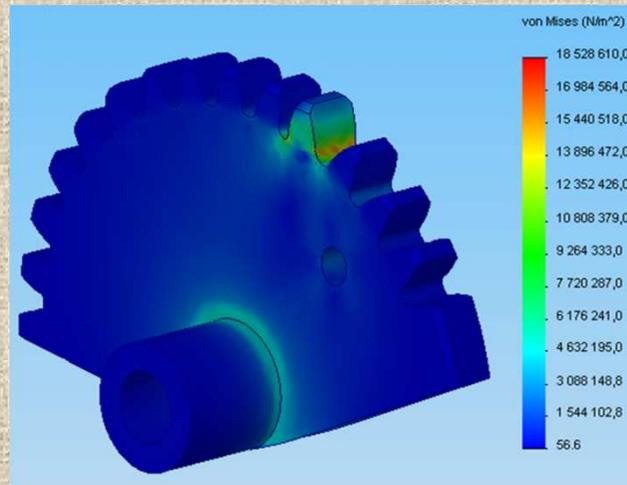


$$\sigma_{\max} = Ft / (b m Y) = Ft / (k m^2 Y) < Rpe$$

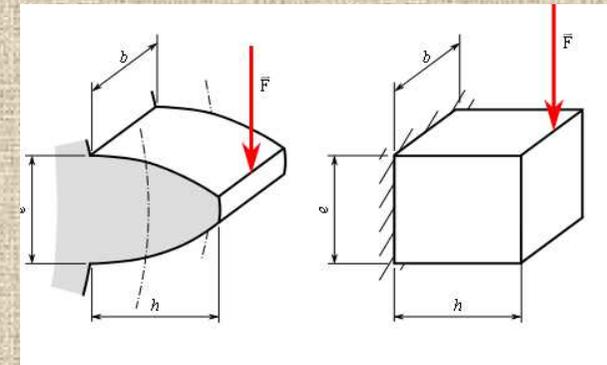
b = m k : largeur de dent  
m : module  
Rpe : contrainte admissible par le matériau.  
Y : dépend de  $\alpha$  et du nombre de dent, donné par des abaques.

Tableau des valeurs de k usuelles

k	Qualité de la surface	Vitesse angulaire - $\omega$	Effort Tangentiel - Ft
De 4 à 6	Non taillée	Faible	Faible
De 8 à 10	Taillée non rectifiée	Moyenne	Moyen
De 10 à 16	Taillée, rectifiée	Grande	Grand



La simulation donne au maximum 18,3 N/m<sup>2</sup> pour un module = 1mm

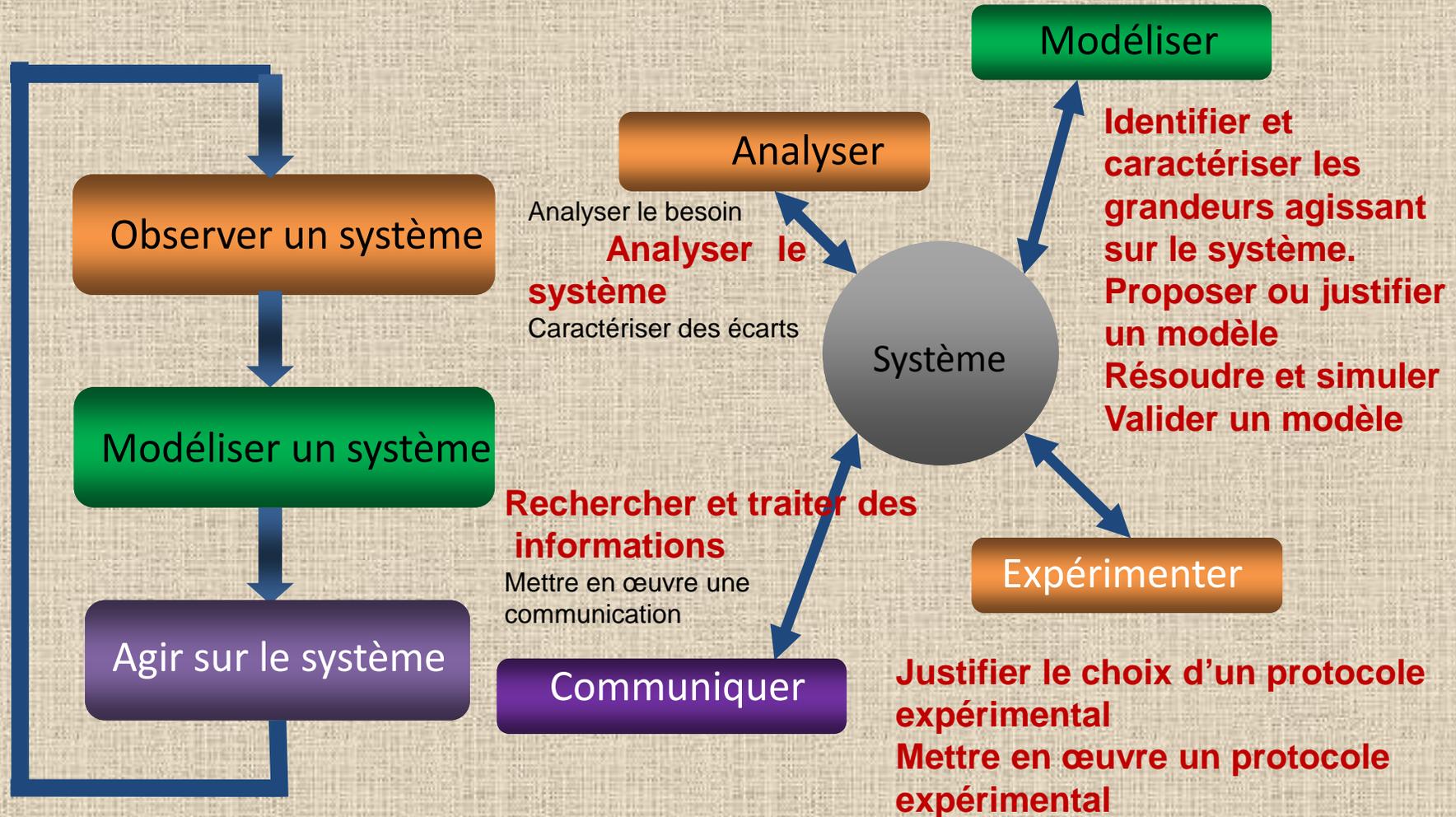


Modélisation de la dent par une poutre encastrée :  
Contrainte maxi = 26N/mm<sup>2</sup>  
Module = 0.9mm

Modélisation de la dent par la méthode de Lewis :  
Contrainte = 24N/mm<sup>2</sup>  
Module = 0.9mm

Le matériau (70N/mm<sup>2</sup>) et le coef. de sécurité (2.5) retenus permettent d'avoir une valeur du module minimum inférieur au module réel, le constructeur a donc choisi une solution qui supporte correctement l'effort dû au blocage du secteur denté sur le bâti.

# Conclusions



# Pour aller plus loin

## Un peu de culture :



L'engrenage est un symbole courant de l'[industrie](#). À ce titre, il est présent par exemple sur les [armoiries du Laos](#), sur les [armoiries du Viêt Nam](#) et sur les anciennes [armoiries de la Birmanie](#) (entre 1974 et 1988, lors de sa période socialiste).

Une roue dentée est également présente dans le logo de l'[École Centrale de Lyon](#)

ainsi que dans celui de l'[École Polytechnique de Montréal](#).

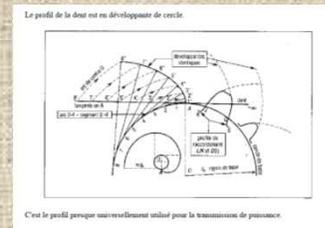
## Modèle à la pression de contact

En général la pression localement exercée et de façon discontinue n'entraîne pas de calcul au matage, sinon le calcul est :

$$p = Ft/S < P_{adm}$$

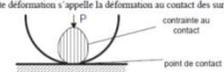
(en général  $2 < P_{adm} < 6$  Mpa)

La difficulté étant d'évaluer la surface en contact d'où la référence au pression de HERTZ



4.7 Contrainte de contact et formule de HERTZ

Quand deux corps sont en contact sous une pression  $P$ , ils produisent des contraintes et des déformations sur les surfaces de contact. Cette contrainte s'appelle la contrainte au contact, et cette déformation s'appelle la déformation au contact des surfaces.



Formule HERTZ :

La contrainte de contact maximum au contact doit être égale ou inférieure à la contrainte admissible au contact. La contrainte maximum peut être calculée avec la formule de HERTZ :

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{N}{\pi L} \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \frac{E_1 E_2}{E_1(1-\nu_1^2) + E_2(1-\nu_2^2)}} \quad \text{en MPa}$$

avec :

- $N$  : force normale entre les deux solides
- $L$  : longueur du contact entre les deux solides
- $r_1$  et  $r_2$  : rayons courbure de deux solides au point du contact
- $E_1$  et  $E_2$  : module longitudinal de deux solides
- $\nu_1$  et  $\nu_2$  : coefficients de Poisson de deux solides

# *Séminaire Sciences de l'ingénieur*

**Merci pour votre attention**