

## 1. ENGRENAGES DROITS NOTIONS ELEMENTAIRES

Les dents d'un engrenage ont un profil particulier qui leur permet de rouler l'une sur l'autre sans glisser. On utilise presque toujours le profil de dent en développante de cercle défini par un angle<sup>1</sup>, en général 20°. Ce type de profil n'est pas trop sensible à de petites erreurs d'entraxe.

**Deux roues de même angle de pression ne s'engrènent que si elles ont le même module « m ».**

Le module est homogène, en terme d'unité, à des millimètres. Les anglo-saxons utilisent le *Diametral Pitch* ; (DP)= m x Pi. Les engrenages en DP ne s'engrènent pas sur des engrenages métriques au module.

Commentaire :

- On notera qu'il existe un nombre minimal de dents en développante de cercle pour que deux roues s'engrènent sans se coincer. Cela est dû à la géométrie des dents. On parle d'interférence des dents.

Nombre minimal de dents (pour éviter l'interférence) avec une denture à développante de cercle entre deux pignons

za	13	14	15	16	17
zb	de 13 à 16	de 13 à 26	de 13 à 45	de 13 à 101	de 14 à ∞

- On notera aussi que dans les trains d'engrenages on choisit des roues<sup>2</sup> dont le nombre de dents ne soit pas un multiple entier de l'autre afin d'assurer une usure régulière de toutes les dents.

Normativement **z** est le nombre de dents de la roue. Lorsque l'on veut engrener un pignon **za** avec une roue menée **zb**, les dents doivent avoir une géométrie exacte et cela pour un module donné. On doit alors les tailler avec un **fraise module** dédiée.

Par exemple, lorsque **za = 13** dents on pourra l'engrener uniquement avec un **zb** de 13 à 17 dents, comme marqué dans le tableau. On utilisera alors la première fraise module de la série. Il n'y a pas de norme rigide chaque fabricant marque un signe, un nombre, une lettre ou le nombre de dents acceptables pour la roue menée **zb**. Une série complète de fraises module comprend 5 fraises pour un module donné.

1 - Angle de pente appelé aussi angle de pression en mécanique ; il existe d'autres angles dont celui de 14,5° utilisé sur des machines anciennes.

2 - Les méthodes de développement en séries fractionnaires ne seront pas abordées dans ce court document.

Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45**

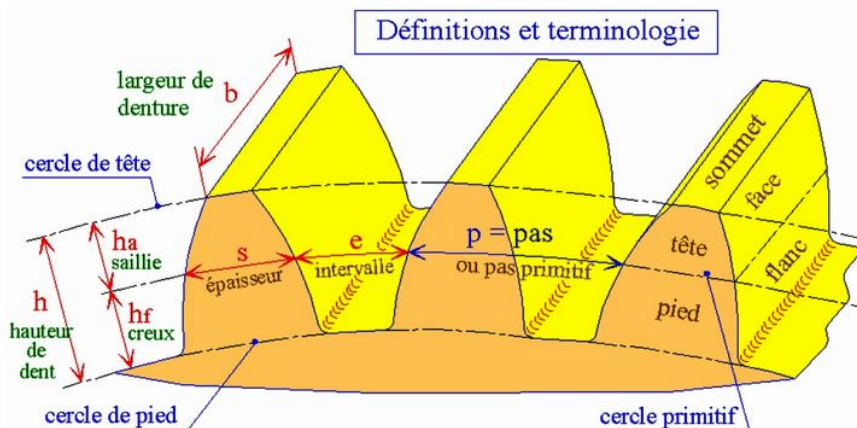


**- VAPEUR 45 -**

FOLIO 1/4 - JAN.2020

Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>



## 2. DEFINITIONS DES ENGRENAGES :

### Diamètre primitif $d$ :

C'est de diamètre des roues de friction qui donnerait sans glissement le même rapport des vitesses que l'engrenage considéré.

### Nombre de dents $z$ :

Il est calculé d'après le rapport des vitesses à obtenir.

### Module $m$ :

Il permet de calculer tous les éléments caractéristiques de l'engrenage.

### Profil de dents :

Profil en développe de cercle : c'est la courbe décrite par un point A de la ligne qui roule sans glisser sur la circonférence de base.

### Angle de pression :

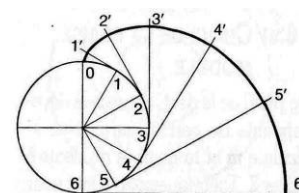
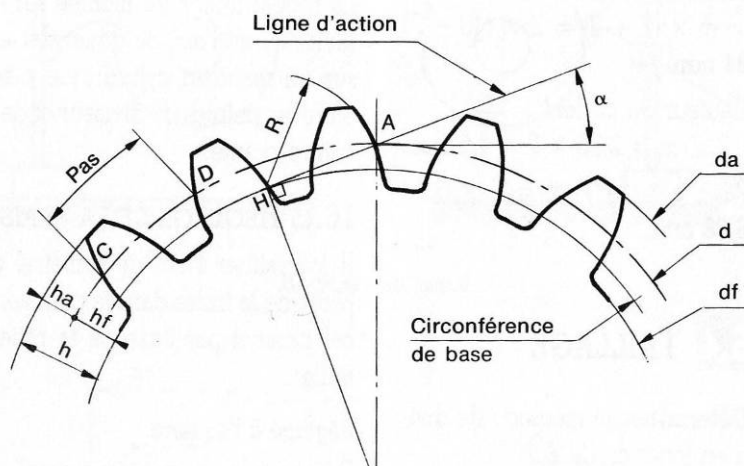
C'est l'angle formé par la tangente au cercle primitif avec la ligne d'action. L'angle normalisé est  $20^\circ$ .

### Diamètre de tête $d_a$ :

C'est le diamètre contenant les sommets des dents.

### Diamètre de pied $d_f$ :

C'est le diamètre tangent au fond de dents.



Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45



- VAPEUR 45 -

FOLIO 2/4 - JAN.2020

Villeneuve d'Ascq  
Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE ENGRENAGE DROIT

FPe17

## Hauteur de la dent $h$ :

C'est la distance radiale entre le diamètre de tête et le diamètre de pied ; elle comprend la saillie  $h_a$  et le creux  $h_f$ .

## Pas $p$ :

C'est la longueur de l'arc CD mesurée sur le cercle primitif.

## Série principale des modules :

0,5 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,25 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25.

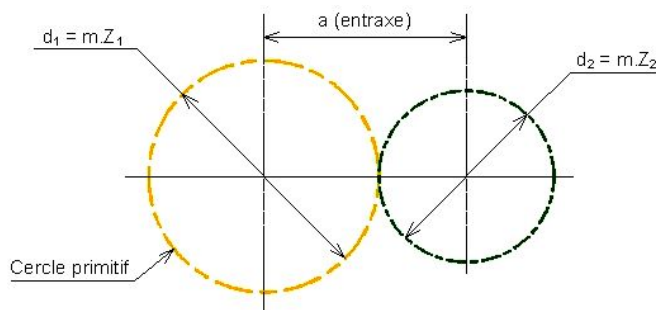
## 3. CALCUL DES ELEMENTS DE L'ENGRENAGE :

Module	<b>m</b>	(Résistance des matériaux)
Nombre de dents	<b>z</b>	(Rapport des vitesses)
Pas	<b>p</b>	$P = m \times \pi$
Saillie	<b>h<sub>a</sub></b>	$H_a = m$
Creux	<b>h<sub>f</sub></b>	$H_f = 1,25 \times m$
Hauteur de dent	<b>h</b>	$h = h_a + h_f = 2,25 \times m$
Diamètre primitif	<b>d</b>	$d = m \times Z$
Diamètre de tête	<b>d<sub>a</sub></b>	$d_a = d + 2 \times m$
Diamètre de pied	<b>d<sub>f</sub></b>	$d_f = d - 2,5 \times m$
Largeur de denture	<b>b</b>	$b = k \times m$ (k = 8 ou 10)

Idéalement les deux cercles primitifs de deux roues dentées accouplées sont tangents. Ainsi l'entraxe théorique vaut

Entraxe :

$a = m (z_1 + z_2) / 2$  ou  $(d_1 + d_2) / 2$   
avec  $z_1$ ,  $z_2$  nombre dents de chaque engrenage ou  $d_1$  et  $d_2$  les diamètres primitifs de chaque engrenage.



Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45



- VAPEUR 45 -

FOLIO 3/4 - JAN.2020

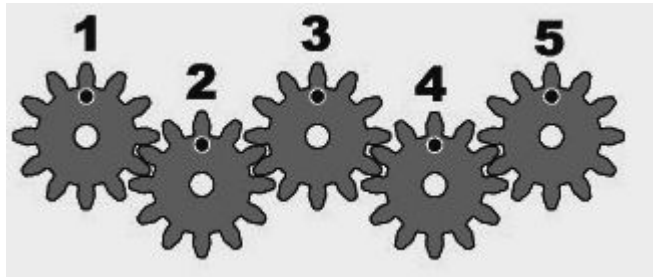
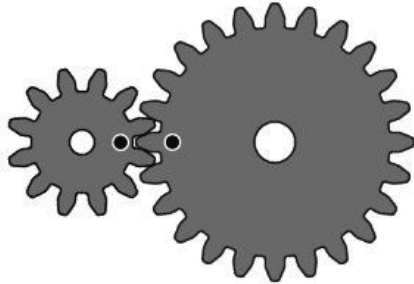
Villeneuve d'Ascq  
Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

## 4. TRAINS D'ENGRENAGES

Par construction, dans un engrenage idéal, les dents de chaque roue roulent l'une sur l'autre sans glisser. Cela implique qu'elles aient la même vitesse de déplacement périphérique (vitesse tangentielle). C'est cette propriété qui est utilisée dans les trains d'engrenages.

### 4.1 Train simple



Sur le schéma ci-dessus les roues 1 et 5 tournent dans le même sens.

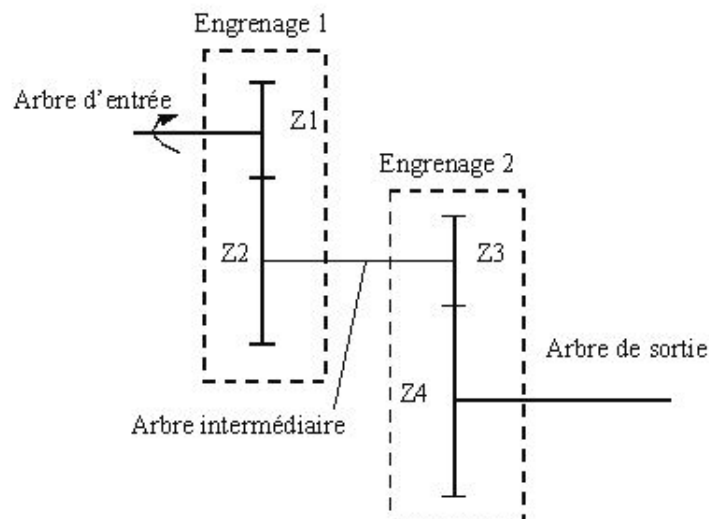
### ∞4.2 Sens de rotation

- Si le nombre d'engrenages est impair, le sens de rotation reste inchangé.
- Si le nombre d'engrenages est pair, le sens de rotation est inversé.

Le rapport de démultiplication (ou de surmultiplication) ne dépend que du nombre de dents du pignon d'entrée et du nombre de dents du pignon de sortie

### 4.3 Train étagé

Lorsque de grosses réductions de vitesse sont nécessaires et/ou lorsque l'on cherche un rapport de réduction particulier on utilise des montages comme ci-dessous.



Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45**



- **VAPEUR 45** -

FOLIO 4/4 - JAN.2020

 **Villeneuve d'Ascq**  
Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

# FICHE TECHNIQUE ENGRENAGE DROIT

FPe17

Le rapport de démultiplication est facile à calculer. On rappelle que  $z$  est le nombre de dents de la roue. Considérons le schéma ci-dessus.

La roue 1 ( $z_1$ ) mène la roue 2 ( $z_2$ ), et la roue 3 ( $z_3$ ) mène la roue 4 ( $z_4$ ). En appelant  $W$  la vitesse de rotation on peut écrire

$$W_{\text{sortie}} = (z_1 * z_3) / (z_2 * z_4) * W_{\text{entrée}} \text{ soit}$$
$$W_{\text{sortie}} = \text{Roues\_menantes} / \text{Roues\_menées} * W_{\text{entrée}}.$$

NB :

Dans les transmissions par engrenages il y a des pertes mécaniques. En engrenages grand public on admet que le rendement d'un étage ne dépasse guère 90 %, et il serait plus près de 85 % pour un agencement amateur. Avec deux étages on a donc un rendement mécanique entrée-sortie de  $0,9 \times 0,9 = 0,81$  on perd environ 20 % de puissance mécanique. Sur un moteur à vapeur ce n'est pas rien.

## 5. TAILLAGE

Le taillage des engrenages à denture droite, consiste au fraisage du profil compris entre deux dents, nous parlerons de **fraise module**.

### 5.1 Choix de la fraise module



Le profil de la dent, donc de la développante de cercle, varie avec le module  $m$  et le nombre de dents à tailler  $z$ . théoriquement, il faut pour un même module, une fraise pour chaque nombre de dents  $z$  à tailler. Pratiquement, les nombres de dents à tailler ont regroupés en 8 paliers jusqu'au module 10 inclus, et 15 paliers au dessus du module 10. Pour nous modéliste, nous utiliserons les modules entre 0,4 et 1,25.

Un jeu est constitué de 8 fraises numérotées de 1 à 8 pour tailler de 12 à 135 dents.

N° des fraises utilisées							
1	2	3	4	5	6	7	8
12 - 13 dents	14 - 16 dents	17 - 20 dents	21 - 25 dents	26 - 34 dents	35 - 54 dents	55 - 134 dents	135 à ∞

NB :

L'infinie de la N°8 correspond à la crémaillère.

*Ce document est la propriété de VAPEUR 45. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de VAPEUR 45*



- VAPEUR 45 -

FOLIO 5/4 - JAN.2020

Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>

## 5.2 Montage de la pièce :

La roue à tailler est montée sur un diviseur, entre un mandrin cylindrique et une contre pointe.

## 5.3 Réglage e la fraise

Il faut situer l'axe de symétrie du profil de la fraise dans le plan horizontal passant par l'axe de la roue à tailler.

## 5.4 Précautions à prendre

- Le diamètre extérieur de la roue doit être exact et jamais plus grand que la cote calculé **da**.
- La périphérie doit être parfaitement concentrique avec l'alésage et les faces ne doivent pas voiler.
- Après montage sur un arbre lisse, l'engrenage doit tourner rond au comparateur.



Source : Guide pratique de l'usinage L.RIMBAUD, G.LAYES, J.MOULIN.

Ce document est la propriété de **VAPEUR 45**. Il ne doit pas être copié ni donné à des tiers sans l'autorisation de **VAPEUR 45**



**- VAPEUR 45 -**

FOLIO 6/4 - JAN.2020

 **Villeneuve d'Ascq**  
Une ville en mouvement

Un site régulièrement mis à jour <http://vapeur45.fr>