

Et si on se faisait les dents !

Nos moulins sont de belles mécaniques. Les engrenages se succèdent pour augmenter la vitesse de la roue, changer la direction de l'axe de rotation, transmettre le mouvement à toute sortes de mécanismes. Ça roule, ça glisse, ça grogne ou ça ronronne mais ça s'use et quand les dents de bois, deviennent trop faibles, on risque la catastrophe. Mon rouet de fosse de 1m80 en fonte semble bien avoir été cassé pour cette raison, c'est vous dire...Ca doit faire vilain quand ça arrive. J'ai donc décidé de remplacer les dents avant qu'il ne soit trop tard. Voilà bien le problème.

D'abord, ce qu'on appelle un engrenage comporte deux roues dentées. Souvent, l'une est plus grande que l'autre. La petite, alors appelée « pignon » est généralement toute en fonte, moyeu et dents coulés ensemble et le moyeu de la grande, appelée « roue » ou « rouet » est aussi en fonte, mais il comporte des logements dans lesquels s'implanteront les « alluchons » des dents qui elles sont en bois. Un bois dur évidemment et à grain fin, sans trop de fil, qui résiste aux efforts et à l'usure. Traditionnellement, c'est le « cormier » (sorbier) chez nous, le charme, le hêtre, le robinier ou le « croissonnier » (pommier sauvage) ou d'autres arbres fruitiers comme le cerisier, le pommier, le cornouiller ailleurs mais d'autres bois peuvent aussi faire l'affaire : le houx, l'acacia (plus cassant) et des bois exotiques : Gaïac (dur et lubrifiant), Hickory (noyer d'Amérique) par exemple.

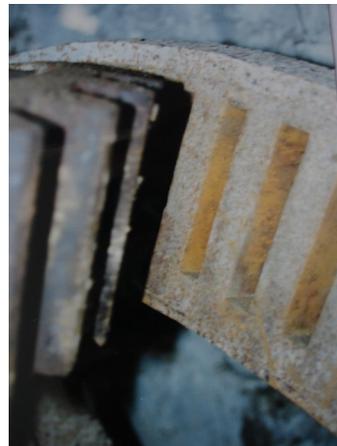
L'alluchon de bois est donc composé d'une partie saillante que j'appellerai la « dent » et d'une partie encastrée que j'appellerai « l'encastrement ».

Dans nos moulins, on rencontre principalement deux types d'engrenages : les engrenages cylindriques à axes parallèles dont la dent a un profil constant et les engrenages coniques à axes perpendiculaires dont le profil diminue avec le diamètre. Il me paraît important ici de dire que pour diminuer l'usure prématurée des dents, le parallélisme des axes des premiers doit être assuré et que pour les seconds il est essentiel que le sommet du pignon et celui de la roue coïncident avec le point de concours de leurs axes appelé « sommet de l'engrenage ». Ce point particulier (S) est essentiel. Il déterminera le tracé de toute la denture.

Partant du principe que celui qui dit tout savoir n'a aucune chance de progresser je n'ai pas l'intention de vous faire la leçon. Je vais simplement, vous faire part de ce que d'autres m'ont transmis et de quelques idées personnelles qu'il me semble intéressant de partager. Mais ce sera à vous de juger de leur intérêt.

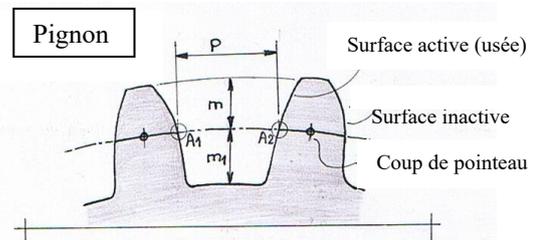
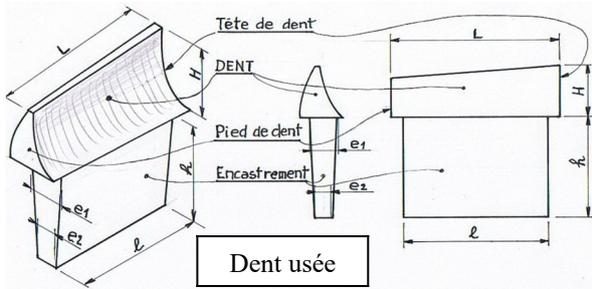
Les étapes de la réalisation

- 1- Démontage des dents et mesures
- 2- Contrôle et réglages
- 3- Réalisation des l'ébauches
- 4- Installation des dents et régularisation des ébauches
- 5- Répartition des dents
- 6- Réalisation du profil des dents
- 7- Mise en place et essais.



1- Démontage des dents et mesures

Après avoir chassé les dents de leur logement. Mesurer les dimensions de la partie saillante de la dent ; largeur (L) et hauteur (H). Mesurer aussi les dimensions (h, l, e_1 et e_2) de l'encastrement le plus gros (les logements sont rarement très réguliers) puis vous observerez qu'un traçage a été fait sur la partie saillante des dents du pignon. Mesurez y les cotes (m, m_1 et P)



2

2- Contrôle et réglages

Pour les engrenages à axes parallèles verticaux on contrôlera simplement la verticalité des deux arbres avec un niveau à bulle et pour les engrenages à arbres parallèles horizontaux, c'est après avoir contrôlé le parallélisme des arbres qu'on s'assurera que l'écartement des deux arbres est identique d'un bout à l'autre.

Pour les engrenages à axes perpendiculaires, c'est le cas de l'engrenage « rouet de fosse » et « rouet de volée » il est essentiel de faire coïncider au mieux le sommet du pignon et celui de la roue. Je vous propose d'utiliser de la ficelle fine ou du fil blanc comme le montre la photo pour matérialiser leur sommet. Le fil à plomb permettra d'aligner verticalement les axes.

Quand vous aurez effectué les réglages éventuels, prenez des repères pour retrouver cette position puis dégagez le rouet de volée pour qu'il ne puisse plus engrener avec les ébauches des dents que vous allez placer sur le rouet de fosse.

C'est sans doute aussi le moment de mettre un « coup de jeune » au moyeu en fonte. Brossage et peinture lui feront sans doute grand bien.

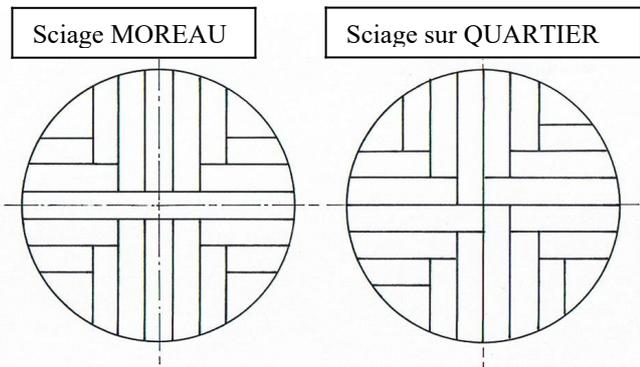


3- Réalisation des l'ébauches

Après avoir bien choisi son bois. On va maintenant le faire débiter en planches. De belles planches sciées selon la méthode « Moreau » ou « sur quartier », technique plus lente mais les scieurs savent le faire. Ainsi, le fil du bois sera placé dans le sens de la force et la dent résistera mieux.

Pour compenser le retrait et la déformation des planches durant le séchage (et les irrégularités du moyeu), l'épaisseur des planches sera 4 ou 5mm plus épaisse que celle de la dent et la largeur aussi. Si le séchage doit être fait en étuve, bien veiller à ce qu'il se fasse lentement. C'est du bois au grain serré, un séchage trop rapide le ferait fendre.

Quand elles seront bien sèches les planches seront d'abord blanchies par rabotage pour conserver le maximum de surépaisseur puis débitées en petites planchettes de la hauteur maximale des dents augmentée de la longueur de l'encastrement et de quelques millimètres supplémentaires, 2ou 3mm au moins.



L'ébauche des encastresments devra s'adapter à tous les logements. On choisira donc les cotes les plus grandes déjà relevées sur les dents usées.

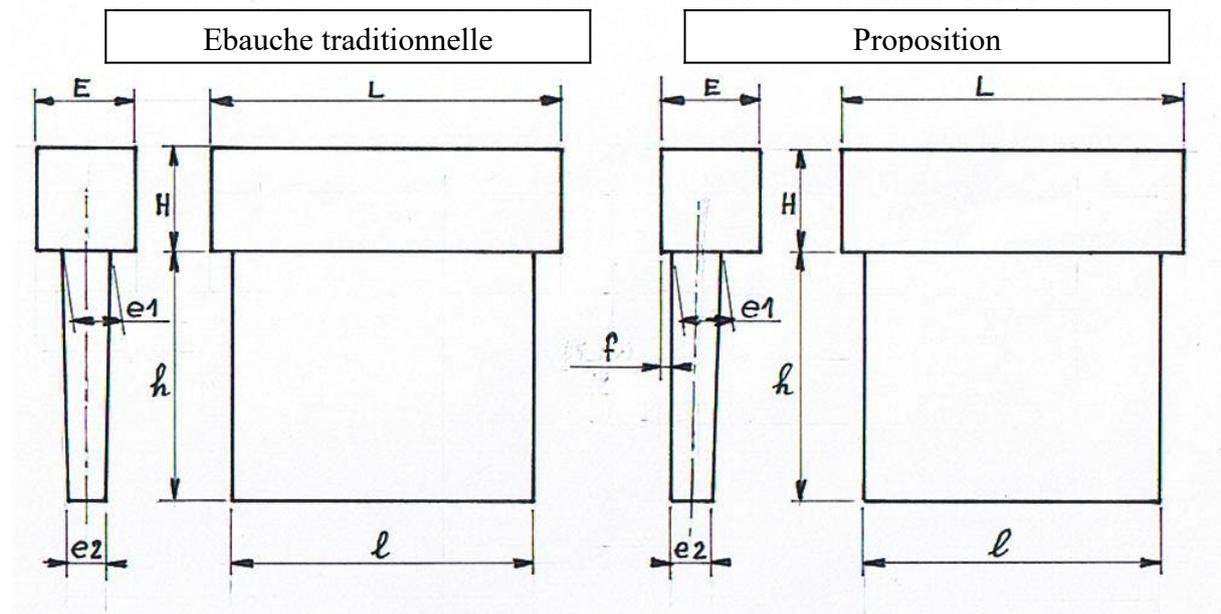
Cette opération se fera à la scie circulaire ou à la scie à ruban qui remplaceront avantageusement l'égoïne d'autrefois. Un montage de calage sera réalisé pour positionner les planchettes sur la table de la machine, ainsi les ébauches d'encastrement seront identiques sans avoir à faire de traçage.

Traditionnellement, cet encastrement est centré sous la dent ce qui conduit à réduire les planchettes sur ses quatre faces mais on remarquera sur les dents usées que l'usure de la face active entame l'âme des dents alors qu'il reste encore du bois déporté non usé sur la face inactive. Ceci ne m'a pas paru logique. Personnellement, j'aurais préféré placer toute l'épaisseur de bois à user du côté de la face active, les dents n'en auraient duré que plus longtemps.

J'ai cherché les raisons qui pouvaient justifier ce choix et n'en ai pas trouvé de convaincantes, même auprès des anciens. J'ai donc réalisé mes dents en déportant l'implantation de telle sorte que la majorité du bois soit déportée vers la surface active.

Notre regretté ami Paul JOUFFLEAU, meunier confirmé au moulin de « la Ricotière », fin connaisseur à qui je demandais l'avis, m'a même dit après un bon temps de réflexion qui montre son ouverture d'esprit « *je n'ai jamais vu ça.....mais ça pourrait marcher* ». J'ai donc déporté l'implantation.

Je vous laisse à votre réflexion, n'ayant pas le recul de l'expérience pour vous assurer de l'intérêt de cette « amélioration de l'ancien ».



4- Installation des dents et régularisation des ébauches

Avant d'installer les dents, il semble utile de laisser les ébauches séjourner quelque temps dans le moulin pour que le taux d'humidité du bois s'équilibre avec celui du lieu.

Dans les moyeux en fonte les logements sont rarement réguliers. Il va falloir s'armer d'une ponceuse ou d'une meuleuse à main (des disques abrasifs métalliques existent et permettent de meuler efficacement très longtemps) et d'une massette pour ajuster chaque implantation à son logement. (Si vous avez opté pour l'implantation décalée, attention de mettre la surépaisseur du côté qui va travailler). En enduisant le logement à la sanguine, la craie ou la chaux on pourra plus facilement repérer les zones à meuler. C'est un peu long mais les dents doivent être encastrées à force dans leur logement jusqu'à être en butée sur son épaulement.

Chacune des dents doit maintenant être arrêtée pour que sous l'effet des efforts et du vieillissement, elle ne sorte pas de son logement. Une pointe enfoncée dans le bois, derrière le logement, au raz du moyeu était autrefois utilisée. Personnellement, j'ai préféré utiliser des vis placées chacune dans son avant trou, graissé pour mieux pouvoir les retirer si besoin.

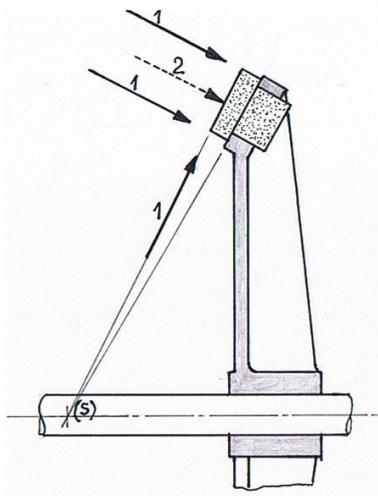


Les moyeux en fonte sont eux même rarement réguliers, voilés ou excentrés. A moins que vous n'ayez vérifié le contraire, il est utile pour que l'engrènement se fasse bien de régulariser les dents de la façon suivante.

Conseillé par Armand MAROT, le dernier Menuisier « amoulangeur » de Sainte Hermine et son employé André GENDRON j'ai réalisé des petits bouts de bois d'essence quelconque que j'ai ajusté à la hache pour qu'ils s'encastrent à force entre les dents, ceci pour former une couronne continue de bois saillant sur le moyeu. Ainsi, on évitera les chocs, les éclats, les vibrations et les irrégularités de coupe de l'outil sur chaque dent lors du tournage.

Cette couronne irrégulière étant réalisée j'ai monté le chariot « porte outil » que les anciens utilisaient autrefois et fait tourner le moulin aussi vite que possible pour donner à la couronne de bois régulière contenant la forme extérieure de l'ensemble des dents.

1= Usinages
2= Cercle de milieu



Avant de pouvoir me faire prêter ce « porte outil », j'envisageais de réaliser un support, permettant de guider une meuleuse à main pour faire ce même travail.

L'usinage de la couronne terminé (1). Il ne reste plus qu'à tracer avec l'outil ou une pointe à tracer placée sur le porte outil, le « cercle de milieu » (2). Les anciens en faisaient un autre au milieu de l'épaisseur de la « tête de dent » et du « pied de dent » pour pouvoir tracer le profil au compas.

Enfin, on ôte les cales placées entre les dents.

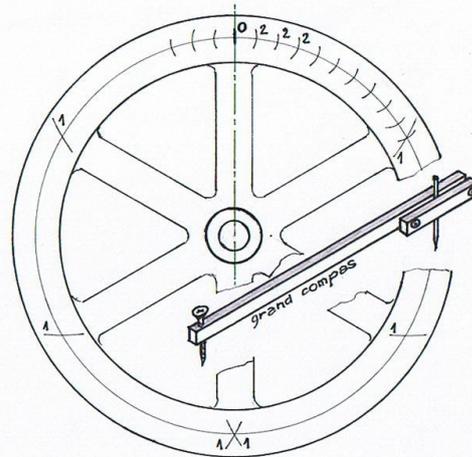
5- Répartition des dents

Il va de soi que pour obtenir un engrènement régulier, la distance entre chaque dent est essentielle. Il va donc falloir maintenant répartir (on dit « balancer ») c'est à dire tracer l'axe de chaque dent à intervalles égaux.

La technique traditionnelle valable aussi bien pour les roues coniques que cylindriques comporte les étapes suivantes :

Attention, pour obtenir la précision suffisante, les tracés se feront tous à la pinte à tracer (une vis affûtée peut faire l'affaire).

- 1- Faire un trait sur le « cercle de milieu » au milieu de l'épaisseur de la dent que vous aurez choisie comme origine (notée « 0 » sur dessin ci contre).
- 2- Si le nombre de dents est pair ou mieux, s'il est divisible 3, 4, 5 ou six (comme s'est souvent le cas), on pourra diviser au grand compas le cercle de milieu en 2, 3, 4, 5 ou 6 secteurs égaux (notés « 1 »). La répartition des dents n'en sera que plus rapide et précise.



Si vous ne possédez pas de grand compas vous pourrez vous en fabriquer un facilement avec une baguette de bois de la longueur voulue au bout de laquelle vous placerez une vis ou une pointe bien pointue et une pointe réglable en position de l'autre côté, bien pointue aussi (voir dessin).

Cette division terminée, c'est avec le petit compas à pointes sèches qu'on divisera chaque secteur pour trouver le milieu des dents qu'il contient. Ainsi, vous aurez tracé le « point milieu » qui donne l'écartement entre toutes les dents (noté « 2 »).

Si le nombre total de dents n'est pas divisible, vous devrez tâtonner plus longtemps pour trouver le bon écartement. Vous gagnerez alors du temps en calculant approximativement l'écartement de votre petit compas :

$$E \approx \pi D / n \text{ avec}$$

E = ouverture du compas en (mm)

D = Diamètre du cercle de milieu en (mm)

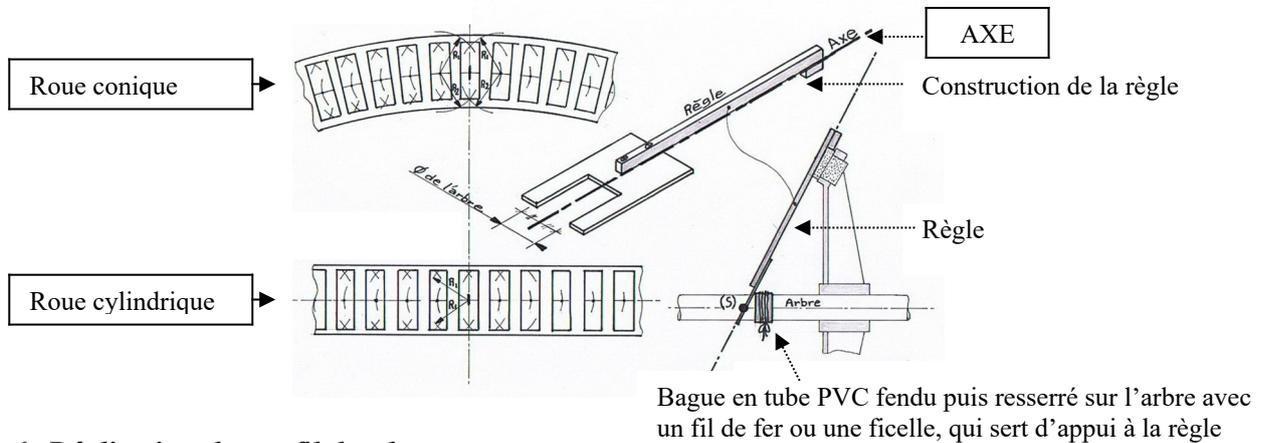
N = nombre de dents

- 3- Pour que l'axe de chaque dent soit dans l'axe de la roue les anciens traçaient sur le dessus des dents le « tré carré » ou « trait carré ». Cette ligne était définie par deux points tracés au compas à pointes sèches à chaque extrémité du dessus de la dent. Le principe est simple. Il suffit de piquer le petit compas sur le « point milieu » de la dent suivante et de tracer un arc de cercle (R1) sur la dent qui nous intéresse puis, sans changer l'ouverture du compas de piquer sur le « point milieu » de la dent précédente et faire un arc de cercle qui croisera le premier (voir dessin suivant). Ainsi sera tracé un point d'extrémité du trait carré qu'on pourra tracer ainsi sur chaque dent puis on reproduira la même opération pour faire l'autre point d'extrémité (R2). Sur les engrenages à axes parallèles, on pourra faire ces deux points simultanément sans changer l'ouverture du compas (R1). Pour tracer les « traits carrés » il suffira alors de rejoindre ces deux points par un trait à la pointe à tracer.
- 4- Enfin, on terminera par le tracé d'un trait prolongeant le trait carré sur la « tête » et sur le « pied » puis, le « trait de milieu de tête » et le « trait de milieu de pied » de chaque dent perpendiculairement à la surface du dessus de la dent jusqu'à ce qu'il coupe le « cercle de milieu de tête et de pied ». Ainsi seront tracés sur chaque dent un « point milieu de tête » et « point milieu de pied » qui permettaient traditionnellement de tracer au compas la forme de la dent.

Pour éviter les fastidieux tracés de ce §3 & 4, je vous propose une méthode plus rapide qui évitera d'avoir recours au compas :

Après avoir fait la répartition des dents (paragraphe 2), construire une règle simple qui vous permettra de tracer simultanément, le « trait carré » et le « trait de tête ».

Cette règle sera positionnée sur l'arbre par une bague faite en tube PVC préalablement fendue (ou en tôle), serrée sur l'arbre de telle sorte que l'AXE passe par le sommet (S).
 Observez bien la position de l'AXE sur la règle. On posera la règle à cheval sur l'arbre, contre la bague. En la faisant tourner autour de l'arbre jusqu'au « point milieu » de chaque dent on pourra tracer simultanément le « trait carré » et son prolongement sur la « tête de dent ».



6- Réalisation du profil des dents,

Le profil des dents est difficile à tracer avec exactitude. Traditionnellement, un tracé approché était fait au compas sur la tête et sur le pied de chaque dent. On piquait le compas sur le point milieu du bout de la dent suivante, on ouvrait le compas pour obtenir la largeur de dent voulue puis on traçait un arc de cercle approchant le profil idéal de la « surface active » on faisait ensuite la même opération avec la dent précédente pour tracer le profil de la « surface inactive » et ceci sur chaque tête et chaque pied de toutes les dents puis, après avoir démonté les dents, on suivait habilement ce tracé avec la « scie à chantourner » pour donner à la dent sa forme définitive. Pour se simplifier la vie car non seulement la scie à chantourner, ce grand cadre en bois équipé d'une fine lame se fait rare, mais elle demande une bonne maîtrise du geste.

Pour se simplifier la vie, certains préfèrent « couper droit » à la scie circulaire et jouer de la raboteuse pour obtenir quelque chose d'approximatif. L'usure fera le reste.

D'autres réalisent les dents toutes pareilles sans se soucier de l'irrégularité du moyeu.

Enfin, chacun y va de sa petite recette. Je vous propose donc la mienne.

Après avoir pris soin de numéroter chaque dent et reporté celui-ci sur le logement d'au moins deux dents, j'ai préféré moi aussi, démonter les dents de mon rouet de fosse pour travailler plus aisément.

Puis j'ai construit un gabarit de traçage qui m'a permis de reproduire à l'identique le tracé de chaque tête de dent.

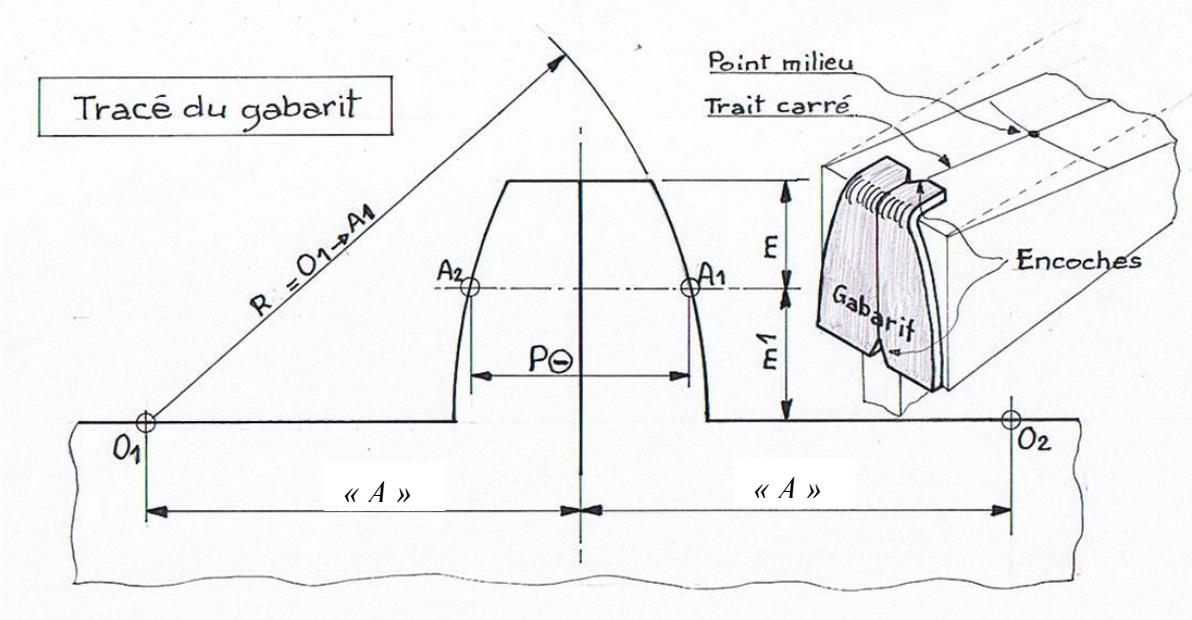
Construction du gabarit de traçage

Avec une tôle mince ou plaque plastique, réaliser un gabarit dont le profil sera tracé comme le montre le dessin ci-dessous.

(La cote « A » dépendra du nombre de dents. Pour 96 dents, j'ai pris 4 fois « m »)

Réaliser deux encoches de positionnement.

Tracer le profil de chaque tête de dent en positionnant les encoches du gabarit sur le « trait carré de tête ».



Particularité des dents d'engrenage conique.

On comprend aisément que la largeur de la dent d'un engrenage conique s'amenuise au fur et à mesure qu'elle s'approche du sommet (S) du couple Pignon/Roue jusqu'à devenir nulle en ce point.

Plutôt que de faire comme autrefois des tracés longs et compliqués comme indiqué plus haut, je vous propose faire un « montage de sciage » pour réaliser les deux faces de la dent en suivant simplement le tracé du profil de tête de la dent à la scie à ruban.

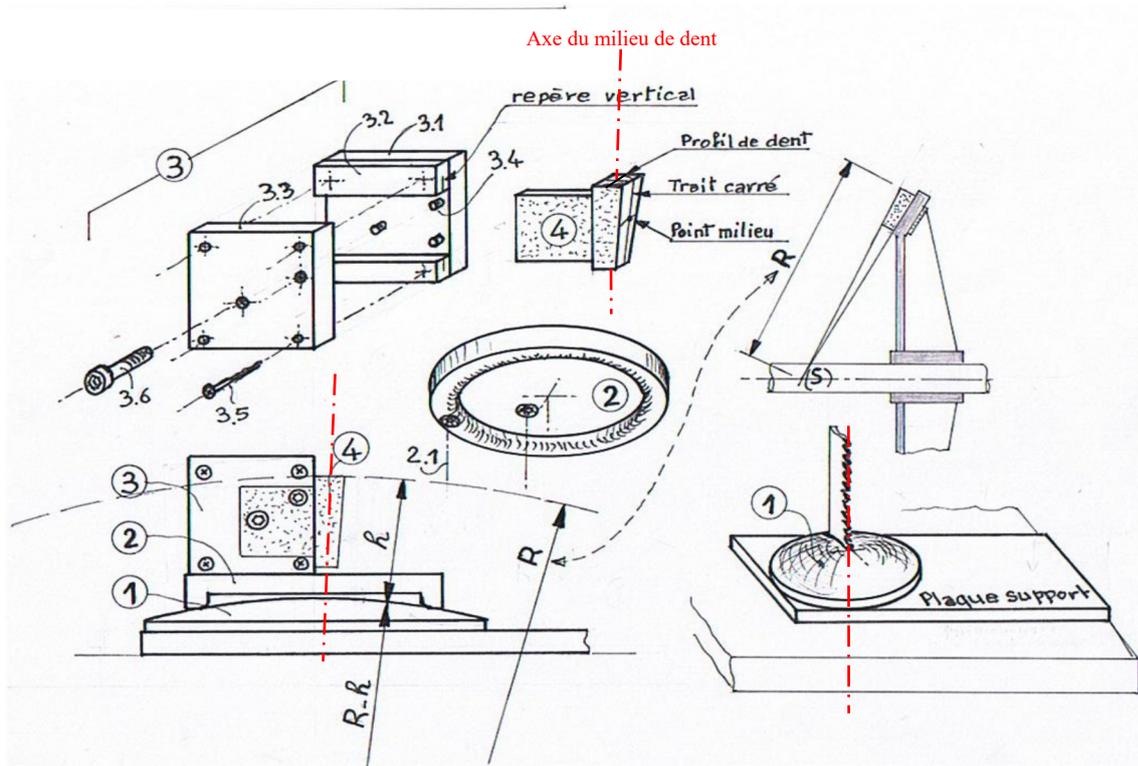
Ce montage comprend deux parties (voir dessin suivant):

- 1- Un « plateau sphérique (1) » en aggloméré par exemple, de rayon (R-h) (voir dessin suivant) qu'on fixera à la table. On pourra le réaliser au tour à bois bien entendu mais on peut aussi le réaliser à la ponceuse en suivant un gabarit. Après l'avoir scié jusqu'à l'axe de la sphère, il sera fixé sur la table.
- 2- Une partie mobile dans laquelle on immobilisera l'ébauche de la dent et qu'on déplacera sur la sphère pour détourer la dent.

Cette partie mobile comprend une « base circulaire (2) ». Je l'ai réalisée en bois mais on peut aussi prendre un morceau de tube PVC par exemple.

Sur cette base circulaire on fixera le « support (3) » dans lequel sera positionnée et immobilisée l'ébauche de la dent.

Les dimensions données au support sont essentielles. Elles permettront de faire coïncider l'axe du milieu de dent avec la partie active de la scie.



7- Mise en place et essais.

Toutes les dents terminées, il suffit de les remettre dans leur logement, de replacer la ou les vis d'arrêt, de remettre en place le pignon jusqu'au repère tracé au début et de faire tourner doucement la roue, à la main d'abord pour s'assurer que rien ne force (Un léger jeu est même utile). Quelques tours de roue encore, d'abord lentement, sans efforts, pour que tout se mette en place.

Graissage, pas graissage ? Il semble bien que l'absence de graissage soit la règle, compte tenu de l'environnement farineux (pour éviter la pâte). Un peu de paraffine peut être où mieux, une

crème siliconée utilisée pour faciliter le glissement sur la table des machines à bois et c'est parti pour de longs et loyaux services.

Maintenant, c'est à vous de jouer.

Jean MICHAUD