LES MOULINS
DE L'HÉRAULT

ISSN
0769-0177

N°30-36
2011/2017

NANT 20 mai 2017

Les Moulins d'autrefois

Par
Louis Gillet

Avec la participation de Mentor De Cooman

*Moulins Hollandais (**Cliché Régis De Cooman**)*

Les moulins d'autrefois

******

par Louis Gillet
et la participation de Mentor De Cooman

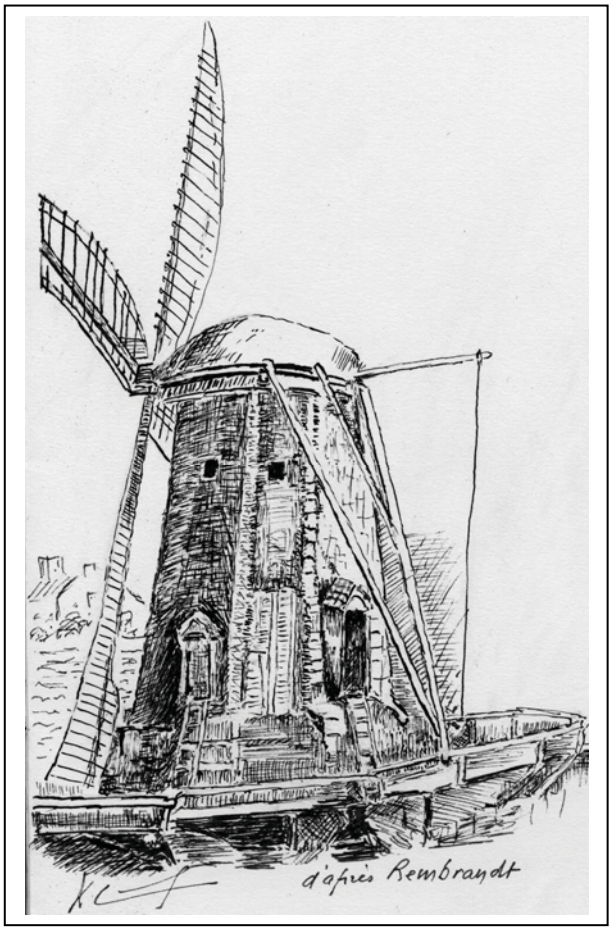
Ce petit document fait apparaître l'évolution des Moulins à travers les siècles.

Histoire

****

L'homme dit « préhistorique » vit en tribu et parcourt un certain domaine pour collecter sa nourriture animale et végétale .

Au néolithique vers -7000 l'homme découvre la culture et l'élevage ; de ce fait il se sédentarise : ses ressources augmentent et sa population aussi.
Les céréales dont il consomme les grains crus ou grillés constituent une part importante de sa nourriture.
Ce sont les Egyptiens, environ 3000 ans avant J.C. qui seront, semble-t-il, les premiers à manger du pain (la figuration du pain se trouve sur les murs des tombeaux des pharaons de cette époque.)
Mais pour faire du pain il faut de la farine ! !
Le grain de blé est composé principalement de l'enveloppe qui donne le son , du germe, et de l'amande qui donne la farine.
Mais pour séparer l'enveloppe de l'amande, il faut écraser le grain !
L'écrasement des grains manuellement est un travail astreignant aussi vers - 200 ,l'utilisation de l'énergie hydraulique apparaît aussi bien en Grèce, en Chine, en Orient, en Norvège. C'est le Moulin à roue horizontale.
Vers -100 les moulins à roue verticale sont développés par les Romains principalement.
Ils resteront à peu près dans leur forme primitive jusqu'à nos jours .
Nota 1 jusqu'au 17ème s. les céréales étaient appelées blé ou bled. Elles comprenaient principalement le froment, l'orge, le seigle et l'avoine.
Par la suite le mot blé a remplacé le froment, principale céréale consommée par l'homme pratiquement.



Autrefois

Les Moulins

****

Meule roulante
Verticale

Fruits : olives
Pommes, noix, etc

Meule tournante
Horizontale
Céréales, fruits secs, tan

Sans meule
Scieries

Foulons à laine,
à papier
Martinet, etc

Energies utilisées.

Musculaire (humaine et animale)	**Eau**	**Vent.**
Avant J.C.	*1er Millénaire*	*2éme millénaire*
pierre molette	roue horizontale	pivot tournant
meule à main	roue verticale	pivot fixe
manège	à aubes	tour
	à auges	cavier

Moulin manège

Energie humaine et animale
****

Moulins mus par des chèvres ou des hommes (AGRICOLA)

Meule à main trouvée à Lodève (Hérault)

1.L'apparition et l'évolution de la meule à travers les siècles.

Une pierre ronde et une plate ! Qui n'a pas utilisé cet ensemble étant enfant pour écraser une noisette ou tout autre fruit sec. L'inné était en nous.

Mais utiliser ce matériel pour écraser des grains de céréales est une toute autre histoire. Le grain est petit et très dur, difficile à réduire en poudre. Il faut remplacer la frappe par un frottement sur des surfaces rugueuses ;

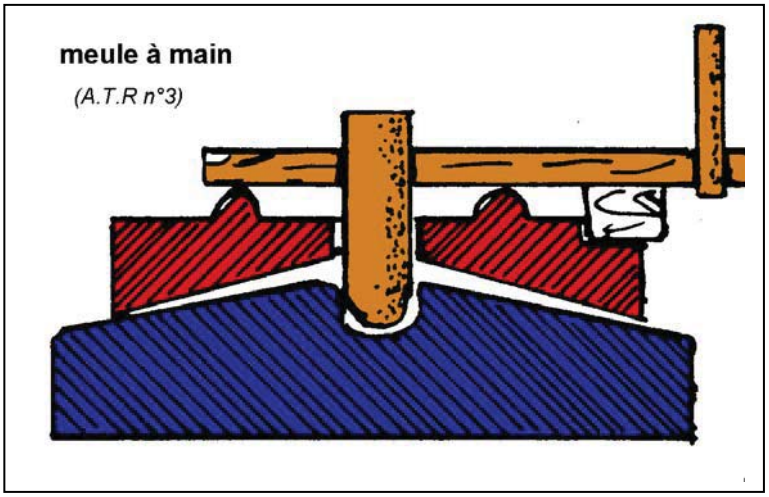
Ainsi est peut-être né, dans l'esprit de l'homme, la première meule. Quand ? ? Vraisemblablement vers le néolithique, peut-être avant. On retrouve en effet, très souvent, lors de fouilles archéologiques, des pierres rondes et plates ayant manifestement servi à cet usage.

Mais pour utiliser cet ensemble il faut :

- enlever la pierre supérieure
- mettre le grain
- faire tourner la pierre supérieure pour l'écraser
- enlever cette pierre pour récupérer la mouture
- recommencer le processus .

Des améliorations viennent de suite à l'esprit :

- percer la pierre supérieure d'un trou central permettant l'introduction du grain.
- rendre convexe le dessous de la pierre supérieure, et concave le dessus de la pierre inférieure afin de permettre l'écoulement de la mouture.
- adapter une poignée verticale à la pierre supérieure tournante pour faciliter la rotation et accroître sa vitesse pour « éjecter » la mouture.



On voit apparaître les meules de nos futurs moulins.

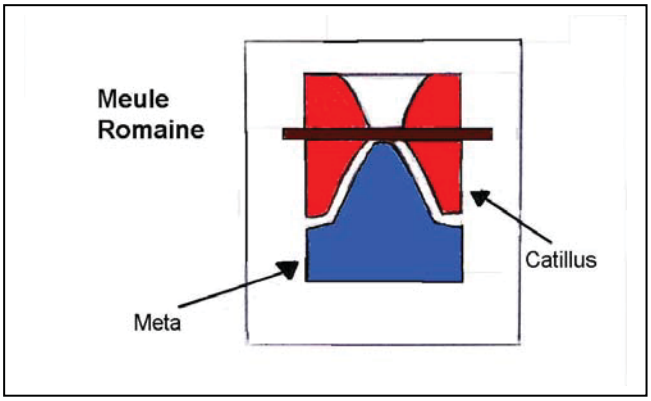
Cet ensemble manuel est encore utilisé dans de nombreux pays dits « sous développés ».

Les Romains ont encore amélioré ce système :

La pierre du dessus prend la forme d'un sablier (catillus) et celle du dessous d'un pain de sucre (méta) –(voir dessin).

Ceci permet de stocker du grain à la partie supérieure et de faciliter l'écoulement de la mouture par la très forte pente des deux parties.

Moulin à pierre

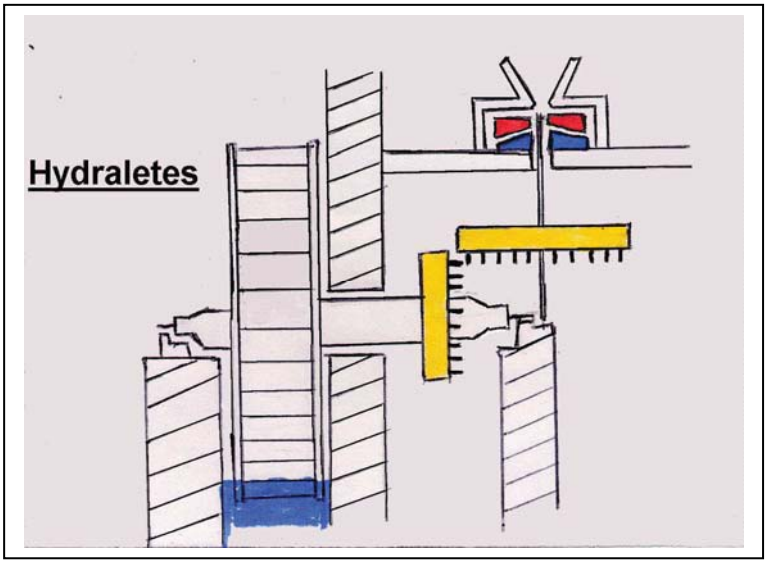


Des meules de ce type ont été retrouvées à Pompeï, elles atteignent près de 2 m de haut.

(Cliché De Cooman)

Deux siècles avant J.-C., les Grecs d'abord puis les Romains développent l'utilisation de l'énergie hydraulique.

Le premier dessin est dû à VITRUVE, ingénieur romain 1er siècle avant J.-C. C'est l'Hydraletes grec.



On constate que :

-les meules sont petites et « pentues »

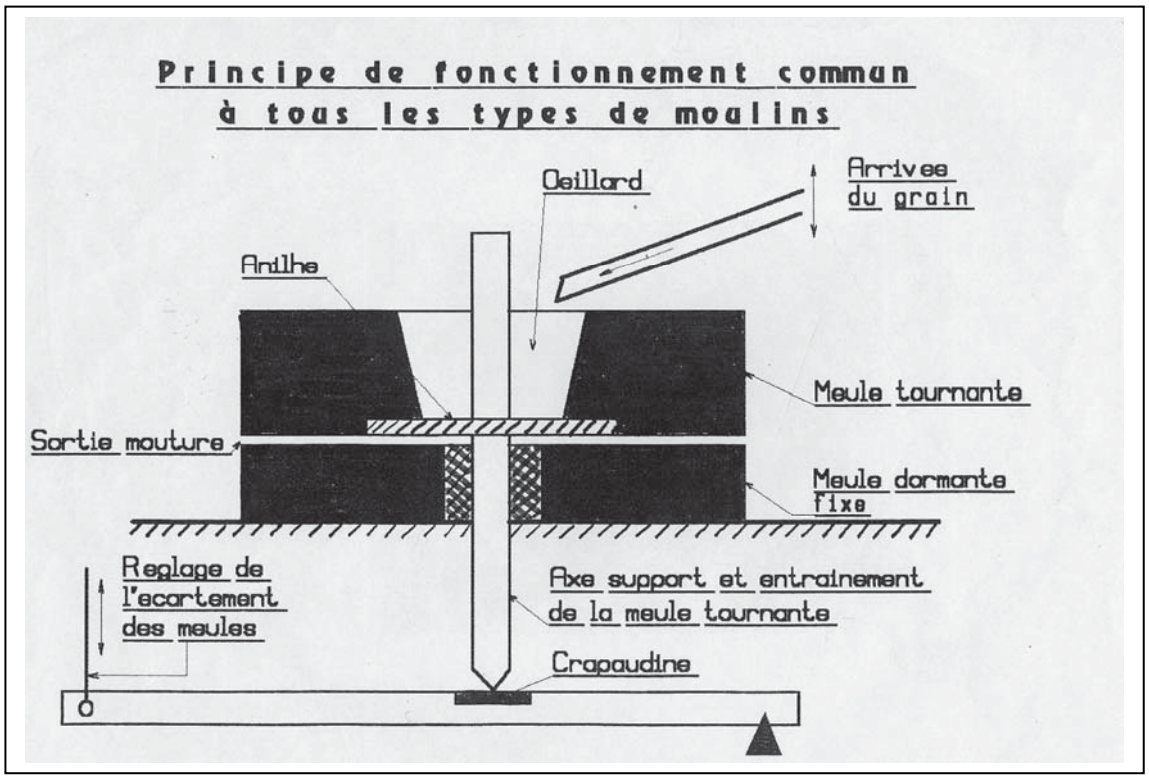
- le diamètre de la roue menée est supérieur à celui de la roue menante, d'où diminution de la vitesse de rotation de la meule tournante.

On peut déduire de ces deux constatations que ce schéma reprend les données utilisées pour la réalisation des meules à main .

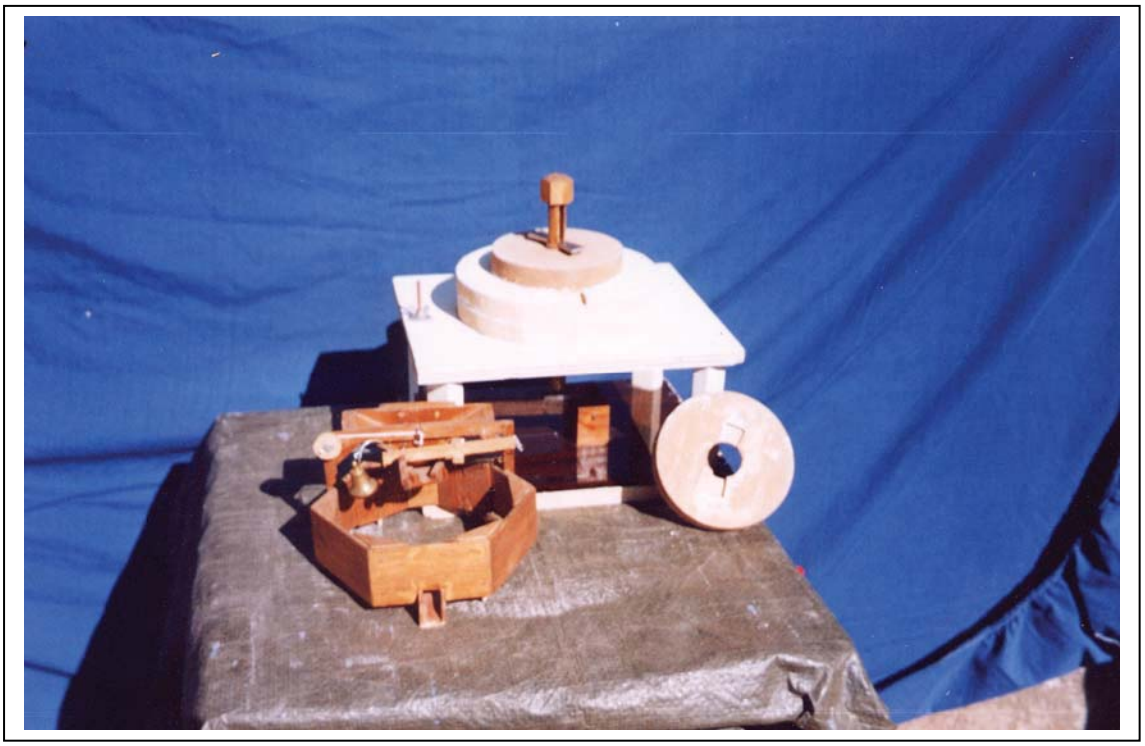
Toutefois les meules plates étant plus simples à fabriquer que les pentues, il est devenu logique d'accroître la vitesse de rotation et la puissance hydraulique aidant, d'augmenter le diamètre des meules plates.

Pour corroborer cette hypothèse il y a lieu de noter que des morceaux de meules brisées, pentues et plates ont été retrouvés à l'usine romaine de Barbegale (4ème s. après J.-C.)

Nous arrivons au schéma actuel valable pour tous les moulins quelle que soit l'énergie utilisée (voir ci-dessous).



On voit de suite que pour les moulins hydrauliques l'entraînement se fera par l' intermédiaire d'un engrenage fixé sur l'arbre, sous la meule et pour les moulins à vent par un axe vertical situé au-dessus.

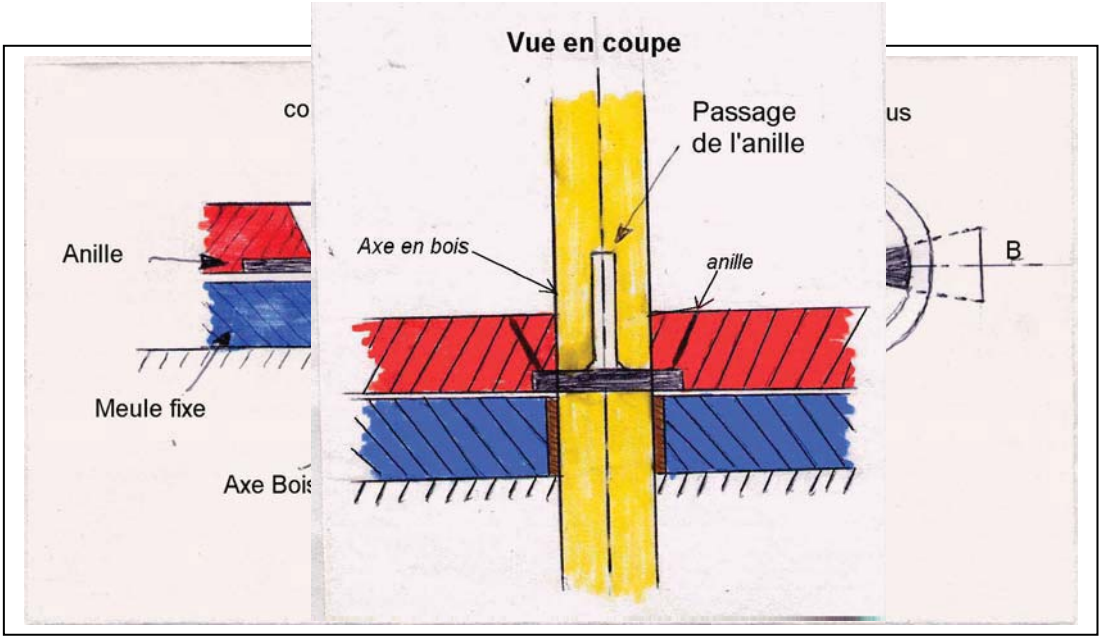


Maquette démontée du schéma ci-dessus

Fonctionnement détaillé

1) Entraînements de la meule tournante

la meule tournante repose sur une pièce métallique très souvent en forme de nœud papillon appelée anille ou anilhe.



Cette pièce est encastrée à la partie inférieure de la meule (elle peut y être scellée). On différencie d'ailleurs la meule tournante de la meule fixe par la présence de cet encastrement.

Le rôle de l' anille est donc double :

supporter la meule tournante horizontalement

assurer la rotation de la meule.

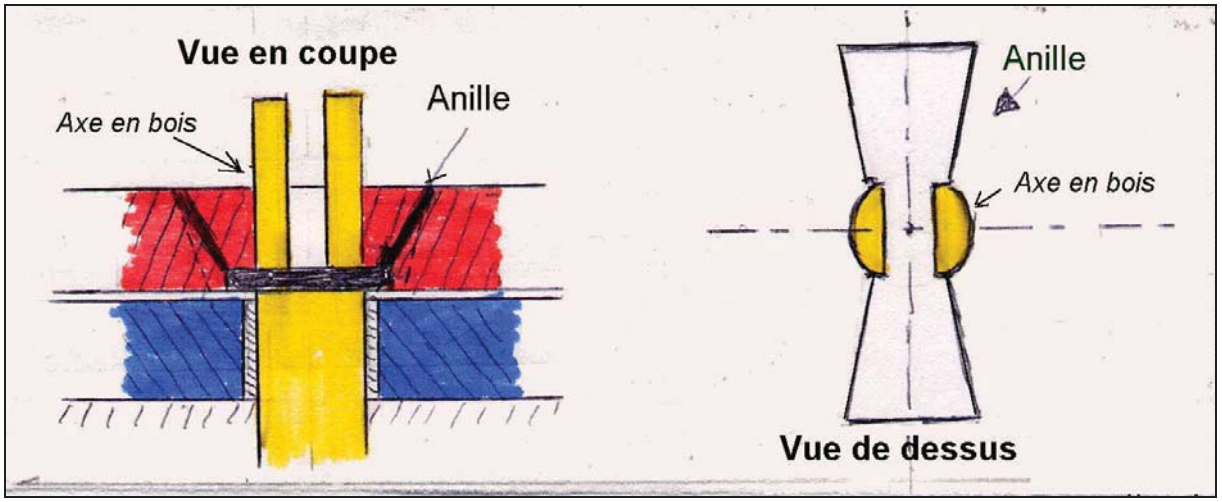
L'axe vertical de la meule, à l'origine en bois, a été conçu en métal par la suite ; sa liaison avec l' anille varie selon que l'entraînement se fait par dessous (moulins à eau) ou par dessus (moulins à vent).

a) Axe en bois

seule la partie inférieure, pointue, reposant sur la crapaudine, était en métal rapporté sur le bois

a1) moulins à eau

la partie supérieure de l'axe comporte une échancrure où vient reposer le centre de l' anille



a2) moulins à vent

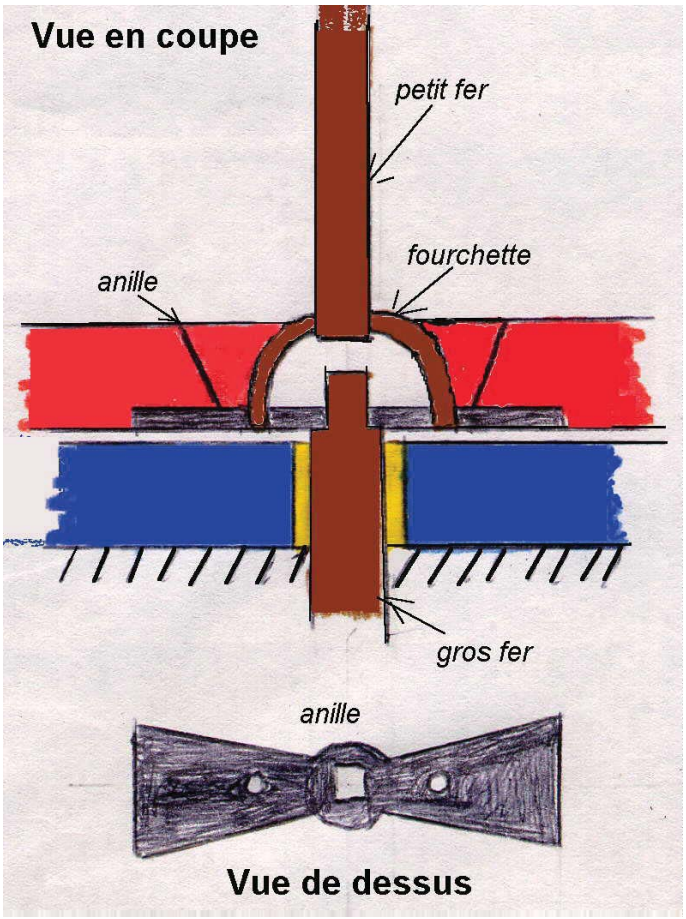
l'arbre est monobloc du haut jusqu'à la crapaudine. Il comporte une fente verticale permettant d'y glisser l'anille verticalement et de la remettre à plat.

Afin d'avoir un axe court plus facile à fabriquer et surtout plus fiable les meules sont montées à l'étage plus près de la tête du Moulin.

Moulin à vent ,axe monobloc en bois

b) axe métallique
appelé gros fer
b1) moulin à eau
l'extrémité supérieure taillée en carré bien souvent traverse l'anille

moulin à vent, axe métallique avec fourchette



b2) moulin à vent

le gros fer est semblable au moulin à eau. L'arbre vertical ou petit fer descendant de la tête du moulin s'emboîte sur l'extrémité du carré du fer au dessus de l'anille.

Une variante a été introduite par la suite

. Le petit fer comporte à son extrémité inférieure une fourchette venant s'encastrer sur l'anille pour en assurer la rotation.

Le gros fer supporte l'anille par l'intermédiaire d'une bille centrale ou par le carré du petit fer.

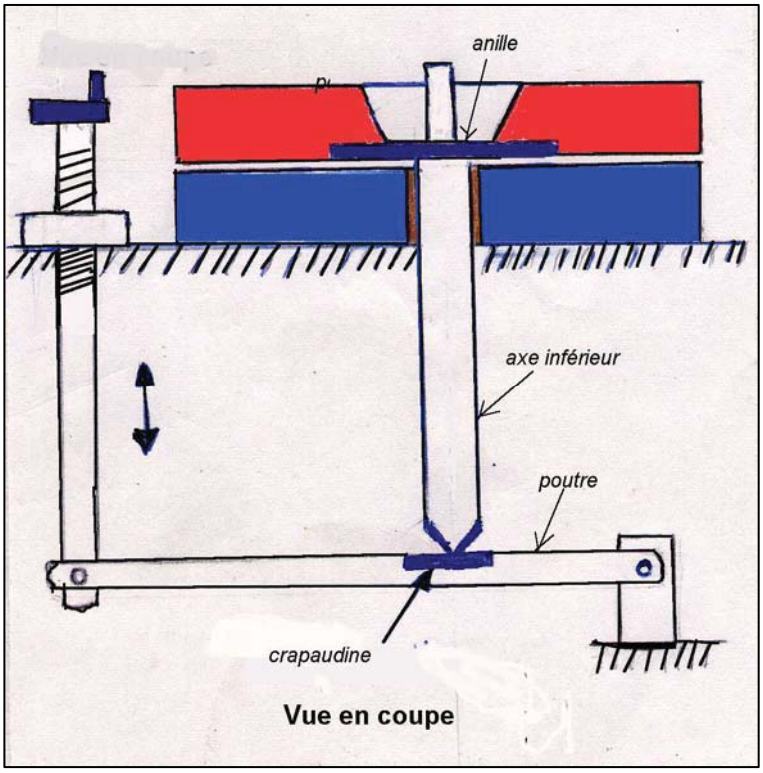
II Réglage de l'écartement des deux meules

Le meunier doit pouvoir agir sur l'espace existant entre les deux meules afin :

- de l'adapter au type de grains à écraser (maïs ou blé) par exemple)
- d'obtenir une mouture plus ou moins grosse .

Pour ce faire, l'axe inférieur supportant la meule repose sur une crapaudine (voir schéma de principe) Celle-ci est fixé sur une poutre horizontale articulée à une extrémité. Une action verticale sur l'autre extrémité (à la disposition du meunier) permet de monter ou descendre l'axe dans la meule tournante

Nota : les meules ne doivent jamais se toucher sous peine d'étincelles pouvant provoquer l'inflammation du mélange air-farine dans certaines proportions.



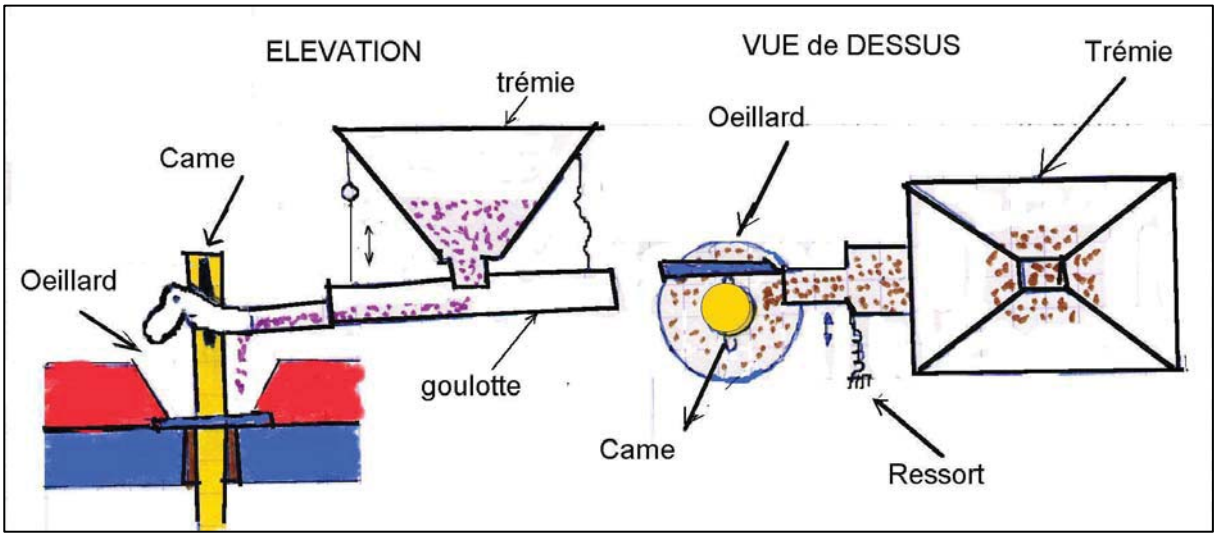
III Alimentation de la meule

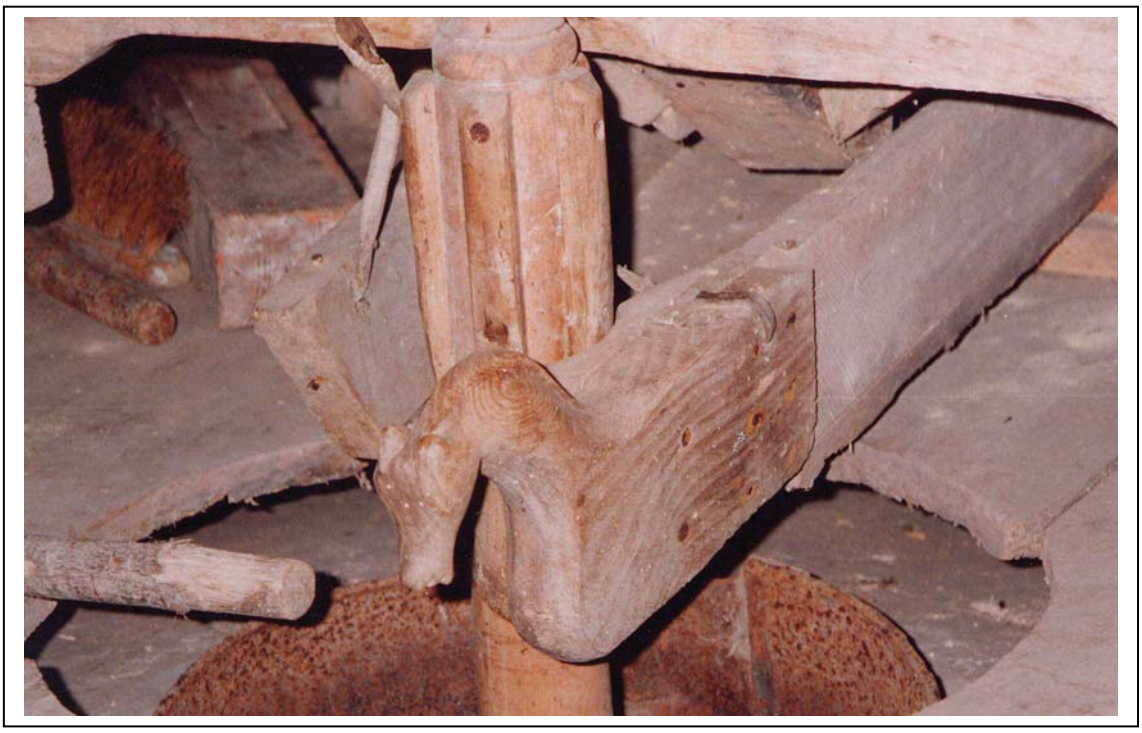
L'alimentation en grains se fait par le trou central en forme d'entonnoir de la meule tournante appelé « oeillard ». Le meunier doit pouvoir agir sur le débit du grain. Un trop grand débit réduit la vitesse de rotation de la meule (60 à 120 t/m) suivant le diamètre de la meule.

Ce freinage est utilisé par les meuniers « à vent » afin de compenser les variations de vitesse du vent.

Pour ce faire une trémie en bois reçoit le grain a écraser. Une goulotte en bois est suspendue sous la trémie ; elle reçoit le grains de la trémie et l'achemine vers l'oeillard. Le meunier peut 'agir sur la pente de la goulotte pour régler le débit du grain.

Cette goulotte est agitée latéralement par un excentrique (came) fixé sur l'arbre de la meule afin d'éviter que les grains ne se « collent » entre eux.





Alimentation centrale de la meule (oeillard), agitateur excentrique (Cliché De Cooman)

IV Indicateur de fin de trémie

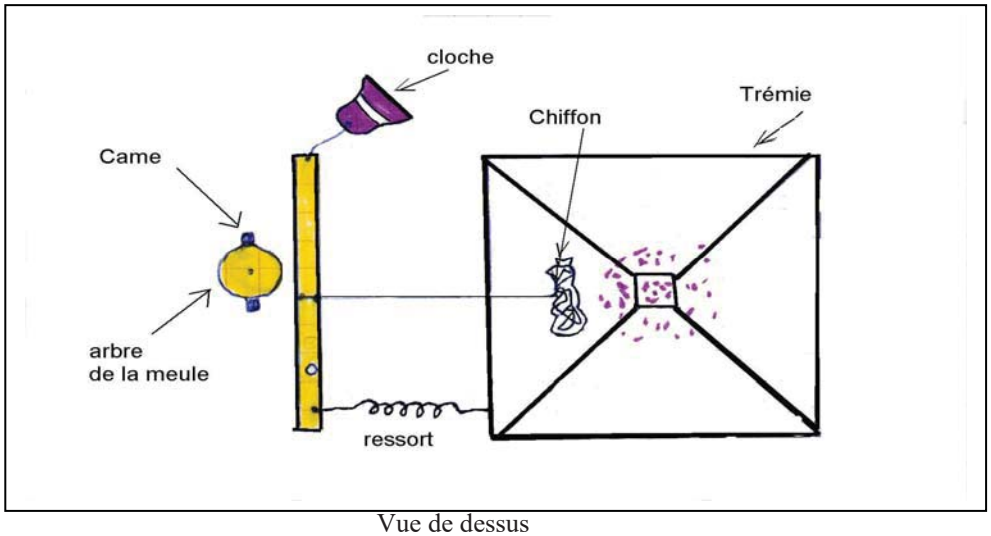
****

Nous avons vu que la meule doit toujours contenir du grain. Pour ce faire les meuniers ont recours à différents systèmes avertisseurs. Le plus simple et le plus efficace est le suivant :

La trémie est percée d'un petit trou à l'avant. Une tige métallique horizontale passe par ce trou. Un chiffon est attaché à cette tige à l'intérieur de la trémie. L'autre extrémité est fixée à une barre de bois qui peut venir frotter contre la came de l'arbre.

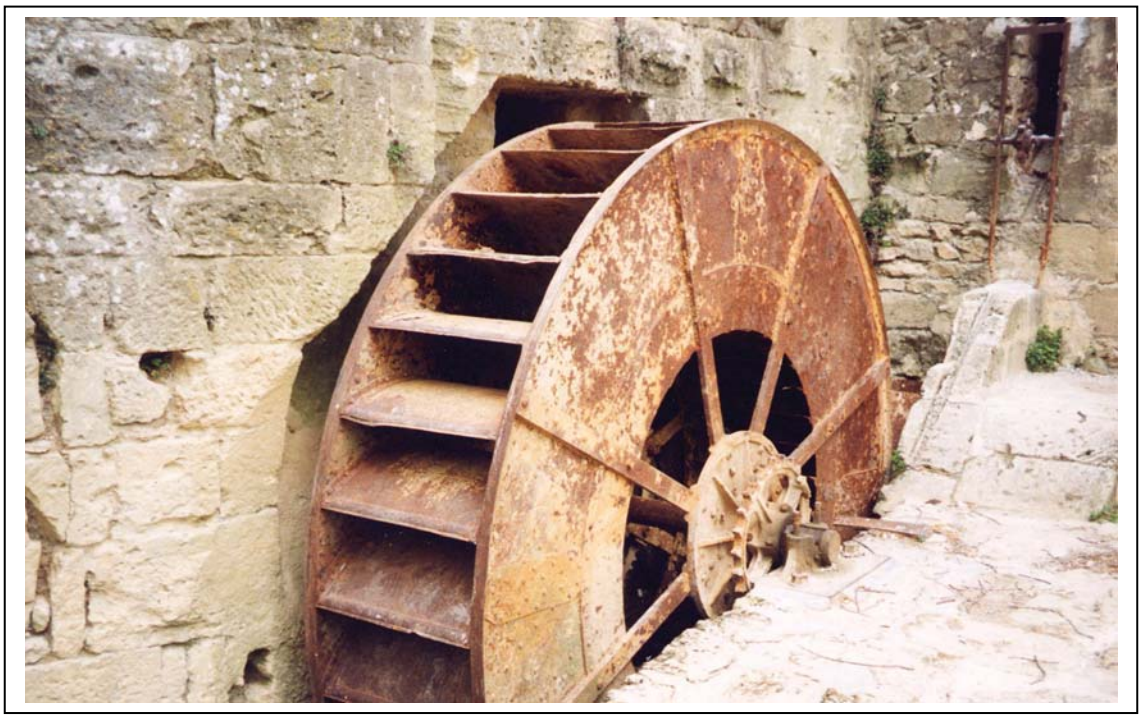
Au remplissage, cette barre est poussée contre la trémie. La barre de bois ne frotte pas contre la came et le grain par l'intermédiaire du chiffon la retient dans cette position.

Vers la fin de la trémie, le chiffon n'est plus retenu et la barre de bois vient toucher la came et agite une petite cloche.



Vue de dessus

Nota : la France a été le 1er pays producteur et exportateur de meules (La Ferté sous Jouarre principalement) en 1900 il a encore été exporté 12168 meules dans le monde dont 4119 aux U.S.A.



Roue Poncelet (sur le Vidourle à Aubais) cliché Gillet

Les Moulins précurseurs de l'industrie

****

L'énergie hydraulique utilisée depuis J.-C. n'a pas connu un essor véritable pendant le 1er millénaire.

A cela deux raisons principales :

1)L'absence de réseaux routiers imposant à chaque famille d'écraser elle-même le grain pour subvenir à ses besoins.

2)la présence d'une main-d'œuvre relativement abondante sur place.

Pourquoi dans ces conditions chercher à mécaniser les systèmes et donc bouleverser les habitudes.

A partir du 10ème s., peut-être avant, le moulin hydraulique à grain est vu sous l'angle d'un axe pouvant tourner très longtemps en fournissant une énergie très supérieure à celle de l'homme. On voit alors se développer au cours des siècles des adaptations à la place des meules. Toutefois le moulin reste dans le langage et c'est ainsi que l'on parle de moulin foulon (pour fouler la laine principalement), de moulin à papier (brassage de la pâte de chiffons, de moulins scierie (remplacement des scieurs de long), de moulin martinet (pour la fabrication des cuves en cuivre, ou des lames de faux etc.

Ces machines ont été construites au cours des siècles suivants le Moyen âge, toutefois elles amenèrent déjà des problèmes sociaux. A titre d'exemple au 13ème s. un moulin foulon à laine de quatre cuves produit le même travail que 40 hommes. Or le métier à tisser existe et sera rapidement mécanisé ; par contre il faut attendre le 18ème s. pour voir apparaître les 1ères filatures avec la « mule Jenny ».

Jusque-là le filage se fait à la main, au rouet principalement. Tout le monde file la laine pour alimenter les métiers à tisser et ensuite les foulons. Il faudra donc près de cinq siècles pour que le « tout mécanique » soit réalisé.

Nota : lors du recensement en 1809 on compte près de 98 000 moulins de tout type en France dont un à vent pour quatre à eau environ.

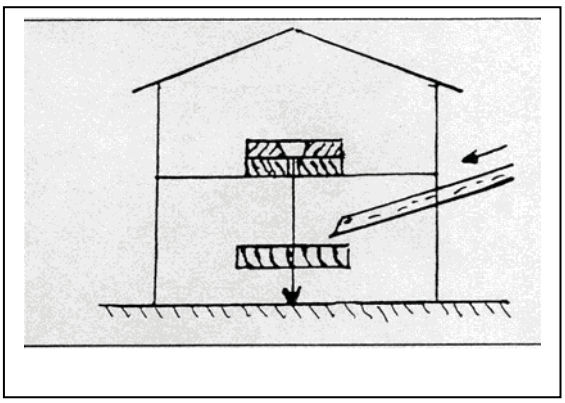
Maquette moulin scierie (bâtiment enlevé)

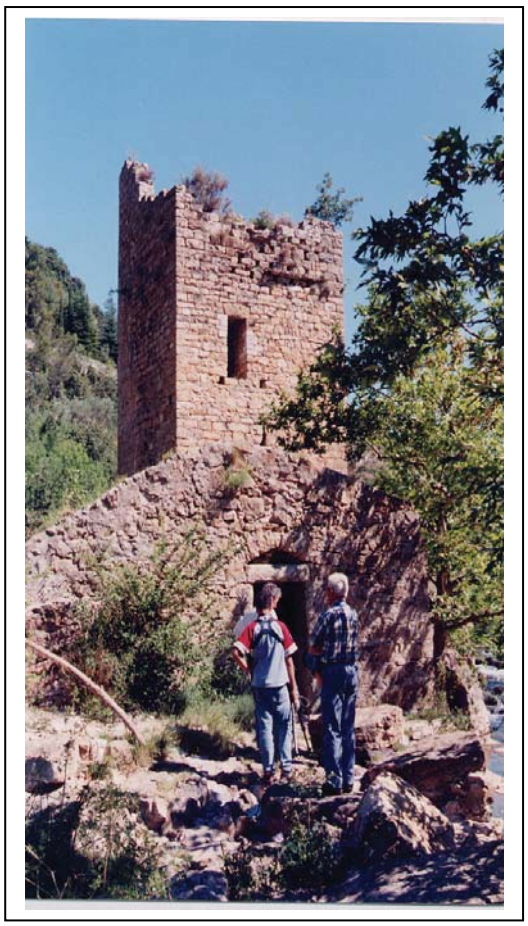
Différents Moulins à eau

&&&&&&&

I Moulin à roue horizontale

C'est le plus ancien des Moulins hydrauliques et le plus simple.
Une roue horizontale comporte des cuillères ou des pales sur son pourtour. Elle reçoit l'eau par une conduite (qui peut être forcée) à l'extrémité d'un rayon. Montée axialement elle entraîne donc la meule tournante directement.
Ce type de moulin s'est très vite répandu en zone montagneuse sur les petits cours d'eau. Il est relativement facile à construire (il n'y a pas d'engrenage et l'ensemble est à l'intérieur d'un bâtiment).
Entre Saint Guilhem le Désert et la grotte de Clamouse dans les gorges de l'Hérault on peut voir des bâtisses en pierre, très basses, (le toit et les murs forment un arc de cercle) appelées moulins « grottes » qui supportent plus de 10 m de hauteur d'eau.
En cas d'inondation, la vanne d'arrivée d'eau est fermée et tout est inondé ; mais l'absence de courant produit très peu de dégradations, ce qui n'est pas le cas avec les roues verticales en général à l'extérieur des bâtiments.
Ce type de moulin utilise les deux formes d'énergie hydraulique. Aussi on peut en trouver avec de faibles débits et de fortes hauteurs de chute ou inversement.
Le rendement est assez faible et variable.
La vitesse de la meule est réglée par une vanne agissant sur le débit de l'eau. (en amont)
C'est l'ancêtre de la turbine « PELTON »
Ce type de moulin de réalisation simple (il n'y a pas d'engrenages) s'est très vite répandu dès le XI ème siècle particulièrement dans le Rouergue.
Par la suite une amélioration a été apportée en installant la roue horizontale dans un cylindre en pierre ou en bois.



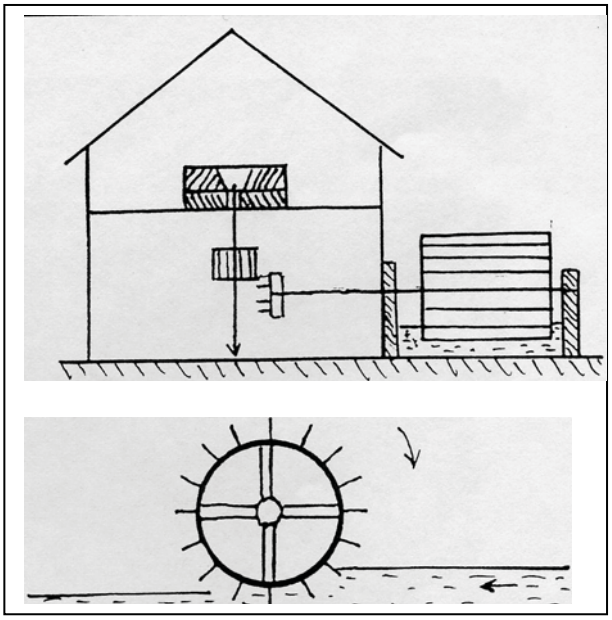


Moulin inondables de Plancameil entre St Guilhem le Désert et Clamouse (Hérault). (cliché Gillet)

Roue horizontale et arrivée de l'eau à gauche

II moulins à roue verticale à aubes

Déjà cité par Vitruve un siècle avant J.-C. ce type de moulin utilise la plupart du temps un canal de dérivation d'une rivière.
La roue à aubes placées dans le canal est entraînée en dessous par le courant. La dénivellation amont-aval est évidemment inférieure au rayon de la roue. Si elle approche le rayon on appelle cela une roue de « côté ». Seule la forme des aubes varie.
Ce type de moulin est le plus répandu en plaine, principalement dans la moitié nord de la France.
Il utilise surtout l'énergie cinétique de l'eau. Le moulin à « marée » de même technologie utilise, lui, la réserve d'eau constituée à marée haute et libérée à marée basse.
.

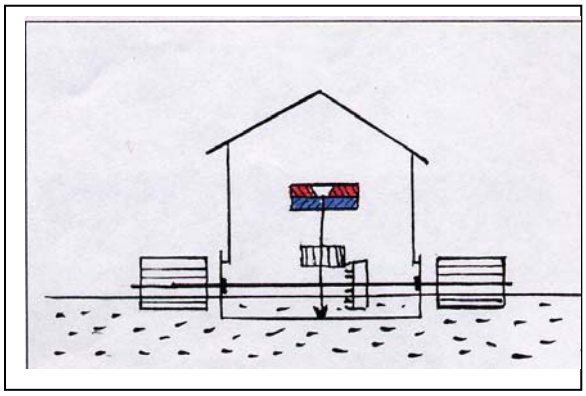


Maquette d'un moulin à foulons (à gauche) et d'un moulin martinet (à droite) entraînés par des roues à aubes. (Le bâtiment a été enlevé)

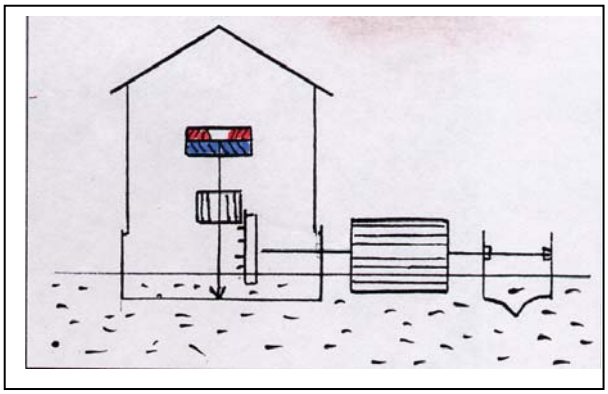
III Le Moulin Bateau

Origine

En 532 après J.-C. Rome est assiégée par les Wisigoths.
Ils ont détruit les quatre aqueducs qui alimentaient la ville et faisaient tourner des moulins.
Le général byzantin BELISAIRE aurait eu l'idée de monter une meunerie sur une barque ancrée dans le Tibre.
Une roue à aubes est accouplée à une 2ème barque, également ancrée et tourne sous l'effet du courant entraînant la meunerie.
Cette invention s'est très vite répandue en France : à Angers vers 1028 le Comte d'Anjou autorise le monastère de Ronceray à établir moulins sous toutes les arches du pont (sauf une) sur la Maine.
A Paris des moulins sont accrochés aux ponts vers 1033.
Le pont aux meuniers qui allait du quai de l'horloge au quai de la mégisserie comportait 13 moulins des 1220 sous ses arches, la 14ème étant réservée à la navigation.
Ces moulins bateaux ont été partiellement remplacés par des moulins « pendants » plus robustes et plus efficaces
Ils préfigurent les Grands Moulins de Paris.

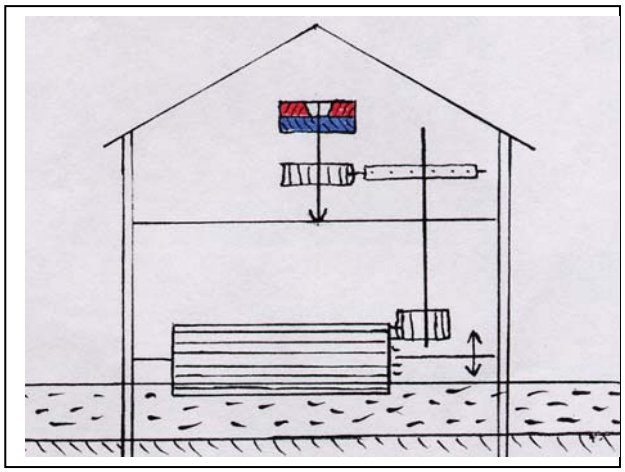


Moulins Bateaux à une nef et 2 roues à aubes

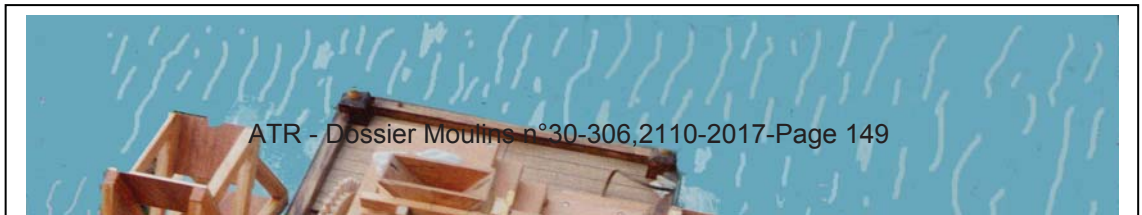


Moulins Bateaux à deux nefs et 1 roue à aubes

Avantage : la hauteur de l'eau n'influe pas sur le fonctionnement
Inconvénient : doit être ancré dans le courant, ce qui nécessite le transport des grains et de la mouture à la rive.
Moulin Pendant
Plus rare la hauteur de la roue à aube est réglable, donc peut-être adaptée au niveau de l'eau
Avantage ; est construit sur le fond de la rivière, donc peut-être relié à la rive par une passerelle (ou accolé aux piles d'un pont)
permettant le transport des produits
Inconvénient : fragilité de la construction sur pilotis et du système de levage de la roue à aubes.



Moulin pendant

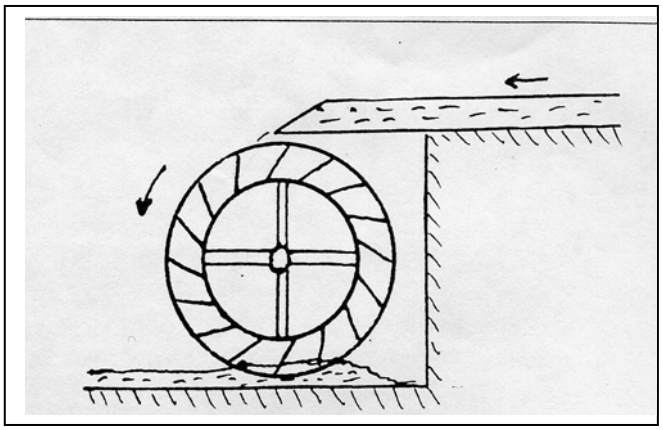


Maquette d'un moulin bateau (bâtiment enlevé)

Maquette d'un moulin pendant sur pilotis

III moulin à roue verticale à auges

La roue est constituée de récipients (auges) disposés sur le pourtour, elle reçoit au-dessus. Chaque auge se remplit en haut et se vide en bas. C'est donc l'énergie gravitationnelle qui est utilisée.
Ce type de moulins nécessite une roue de diamètre légèrement inférieur à la hauteur de chute amont-aval.
Il était renommé pour sa régularité, sa puissance et son rendement.
Les Romains avaient construit vers 327 à Barbegal prés d'Arles une meunerie constituée de deux fois huit moulins en série (hauteur totale de dénivellation 30 m soit 3 m par moulin). L'eau nécessaire aux seize moulins est amenée par un aqueduc en provenance des Alpilles.
Cet ensemble est encore visible actuellement (ruines).



Maquette fonctionnelle d'un moulin à roue verticale à auges

Les Moulins à vent

****

Histoire

Le 1er moulin à vent est mentionné en France en 1180.
Pourquoi à cette époque ?

Les moulins hydrauliques appartiennent comme la terre et l'eau à la noblesse ou au clergé. Ils sont banalisés jusqu'en 1789. Les producteurs de céréales sont obligés d'apporter leur production à écraser au moulin seigneurial, (en principe tous les quinze jours ou trois semaines car le grain se conserve bien mais la farine mal) et de laisser 1/16 au meunier (en plus du ban) comme prix de son travail. Ceci explique le nombre important de moulins et les problèmes rencontrés dans les régions où l'eau est rare et le réseau routier inexistant.
Le vent étant à tout le monde, l'idée de son utilisation a très vite été mise en pratique et les moulins à vent se sont développés dans toute la France dès le 13ème siècle (ils ont quand même été banalisés par la suite).

Qu'elles étaient les connaissances à l'époque ?
L'origine du moulin à vent a été longtemps attribuée aux Arabes or une anecdote rapportée par les historiens réfute cette origine.
En effet en 1189, lors du siège de Saint-Jean d'Acre en Palestine (3ème croisade) Philippe Auguste et Richard Coeur de Lion auraient emmené sur leurs bateaux un moulin à vent, ceci afin de permettre la nourriture des troupes par de la farine fraîche. Lorsque les Arabes auraient vu les ailes tourner dans le ciel, ils auraient pris peur et se seraient enfuis. Ceci prouve que ce type de moulin leur était inconnu.

« *Jusqu'à présent, le premier moulin à vent connu en Occident se dressait en Normandie, à Liesville, dans le département actuel de la Manche. Vers l'an 1180, le seigneur de Liesville fit don des terres de sa seigneurie à l'abbaye de Saint-Sauveur-le-Vicomte. Ces terres s'étendaient entre le cloître de Saint-Martin et le molendino de vento, en bordure de la route entre le château et l'église.*

La deuxième attestation connue nous vient du comté de Flandre. Dans une charte de 1183, le comte de Flandre, Philippe d'Alsace, ratifia les biens, les droits et les privilèges de l'abbaye de Bénédictins à Bergues. Il fut question entre autres d'un moulin à eau (molendinum aquaticuni) à Wormhout, sans doute situé sur la Peene Becque. Le comte ajouta qu'à Wormhout, personne n'était autorisé à posséder un moulin à eau ni un moulin mû par le vent (molendinum quod vento movetuî) sans la permission de l'abbé. » (Bruggeman. Travailler au moulin)

Les technologies nécessaires à la réalisation : *(Hypothèse)*
Les ailes :
le fruit de l'érable est une hélice qui tourne lorsqu'elle tombe des arbres sous l'effet du vent relatif .Disposée verticalement elle doit pouvoir faire tourner un axe horizontal sous l'effet du vent .
la rotation des meules : ce problème est résolu depuis plus de 1000 ans dans le moulin hydraulique par un renvoi d'équerre à engrenages (rouet - lanterne)
L'orientation des ailes :
Le vent soufflant de toutes les directions il est nécessaire d'orienter l'axe des ailes sur 360 °.
Si on considère la meule tournante sur son pivot traversant la meule fixe, la solution est immédiate. Les ailes, les engrenages, la meunerie sont installés dans un bâtiment en bois supporté par un pivot solidaire de ce bâtiment . Un palier horizontal maintenu par une tour maçonnée, ou une construction en bois assure le soutien et la rotation de l'ensemble. une tour de ce type existe encore à Chaintre prés de Fontevraud.

De plus à Templeuve près de Lille, le Moulin VERTAIN a été restauré en 1985. L'historique de ce moulin à vent précise qu'il remonte à une époque très reculée puisqu'il est mentionné en 1328. dans les rentes de l'abbaye d'Anchin. Il est précisé qu'il s'agit d'un moulin sur pivot. Ce moulin fragile a été modifié au 16ème siècle. L'ensemble du moulin sur pivot tournant a été enfermé dans une tour énorme et tourne par l'intermédiaire de rouleaux horizontaux portant à l'intérieur en haut de la tour.
Conclusion : il semblerait que le moulin à pivot tournant soit le 1er type de moulin à vent développé au 13ème siècle. Ce moulin fragile au niveau du palier horizontal n'aurait pas survécu plus de deux à trois siècles. Il aurait été remplacé dès le 14ème siècle par les moulins type Tour et à pivot fixe eux-mêmes évoluant en moulin cavier dès le 16ème siècle.
Telle est mon hypothèse sur l'origine du moulin à vent en France. Cela n'engage que moi.
Elle est basée sur les études technologiques que j'ai été amené à faire pour la réalisation de mes maquettes.

Nota : le vent est une énergie aléatoire mais présente sur toute la terre. Les moulins à vent installés sur le pont des bateaux de La Pérouse (1785) et Dumont Durville (1826) ont contribué au succès de ces expéditions.

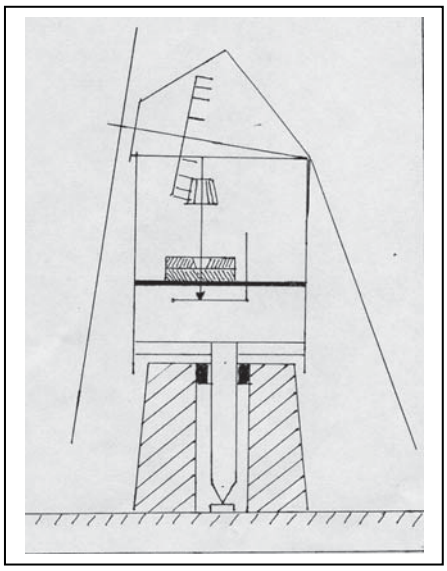
Moulins à vent vendéens

Moulin de Faugères (Hérault) après rénovation

L'évolution des moulins à vent au 14ème siècle.

-Le moulin à Pivot Tournant

Le bâtiment en bois est cylindrique et solidaire d'un pivot reposant sur le sol.
Une tour en maçonnerie cylindrique ou tronconique assure le maintien du haut du pivot et permet la rotation de l'ensemble.



Maquette du moulin VERTAIN (TAMPLEUVE près de LILLE)

Maquette d'un moulin à pivot tournant (reconstitution)

Si on examine le moulin à pivot tournant, deux points faibles retiennent l'attention :

1) le plus critique est sans conteste le palier horizontal. C'est lui qui supporte tous les efforts horizontaux causés par le vent. L'usure de cette pièce, en bois, devait être très rapide et son échange problématique eu égard aux moyens de levage utilisés à l'époque.

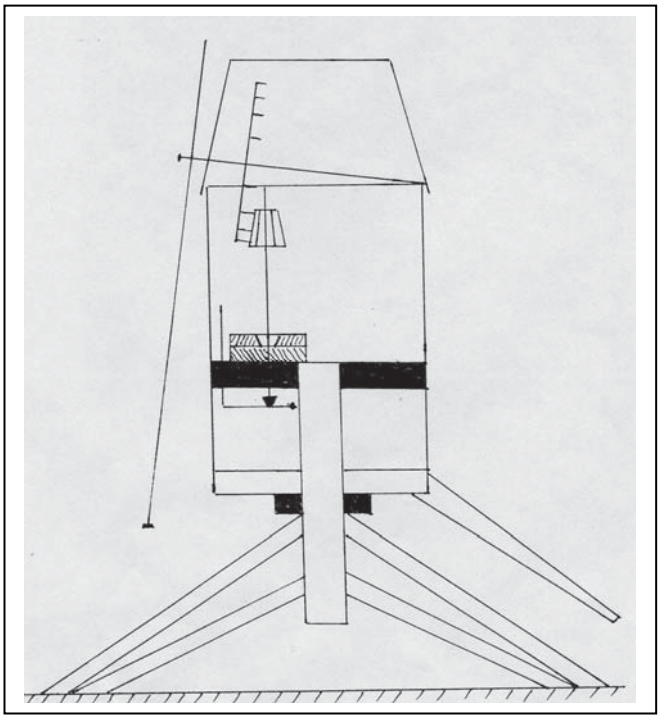
2) par contre l'ensemble étant supporté par une crapaudine, le frottement vertical est très faible et l'orientation du moulin peut se faire très facilement. Toutefois ce faible frottement est susceptible de causer des oscillations autour de l'axe vertical. Pour pallier cet inconvénient la queue d'entraînement est fixée au sol (solution rencontrée à Templeuve)

Pour remédier à ces deux inconvénients et particulièrement au premier, deux solutions viennent à l'esprit :

1) le pivot est fixé au sol par une maçonnerie ou une chaise en bois. Il peut entrer à l'intérieur du bâtiment et comporter deux paliers horizontaux superposés donc plus robustes. De plus le bâtiment repose sur une chaise horizontale fixée au pivot inférieur. C'est donc le moulin qui tourne autour du pivot fixe.

-Le Moulin à Pivot Fixe

A remplacé, très tôt, le moulin à pivot tournant peu robuste et difficile à réparer.
Le pivot, fixé au sol par une charpente, supporte seul le bâtiment en bois de forme rectangulaire le plus souvent.
La totalité du moulin tourne autour du pivot.



Ce type de moulin dit à pivot fixe est apparu principalement au nord de la Loire dans les pays plats où les moulins hydrauliques étaient peu nombreux.

Ce sont les moulins que nous connaissons encore en service en Hollande principalement. Appelés moulins pivot ils sont construits en bois. Le bâtiment peut être de section carrée, rectangulaire, polygonale ou ronde suivant les régions et l'utilisation (exemple moulin scierie en Hollande.)

Moulin de Pitgam prés de Dunkerque (cliché De Cooman)

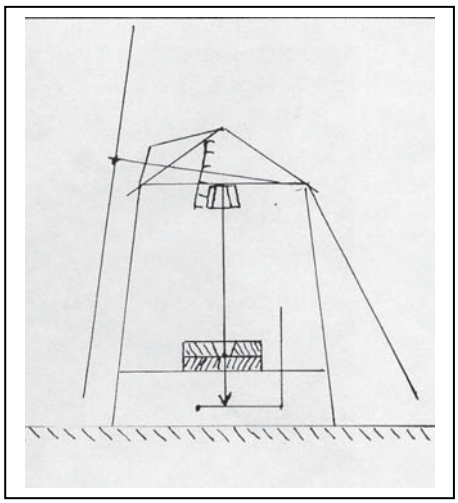
2) le pivot est supprimé. La tour enferme la meunerie et seule la tête comportant les ailes avec leur axe, le rouet et le toit est susceptible de pouvoir tourner en s'appuyant sur le dessus de la tour.

Avantage : très grande robustesse, pas d'oscillation autour de l'axe vertical.

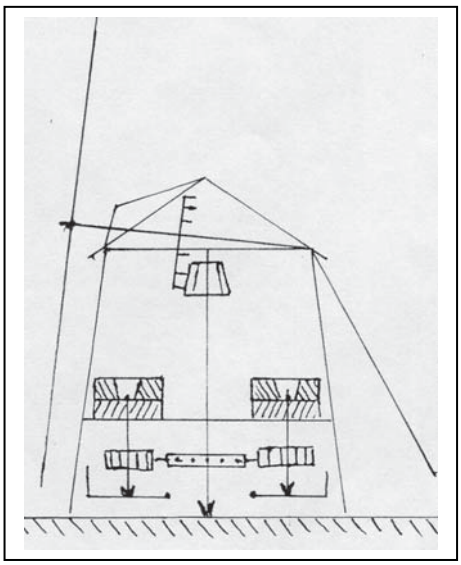
Inconvénient : nécessité de rendre coaxial l'arbre vertical d'entraînement de la meule et l'axe de la tour. C'est donc le moulin Tour. Cette solution a été adoptée surtout au sud de la Loire où les vents peuvent être très puissants. Les tours sont en maçonnerie, cylindriques ou tronconiques. Le moulin de Daudet près de Fontvielle est le type même du moulin Tour pouvant résister au mistral.

Moulin de Daudet (cliché De Cooman)

Le Moulin Tour



Dans ce type de moulin, seule la tête est orientable.



Variante : avec une roue dentée inférieure (hérisson) entraînant deux jeux de meules

Le corps est en maçonnerie. La tête est constituée d'une chaise qui peut tourner sur le dessus de la maçonnerie, cette chaise supporte les ailes, l'arbre, le rouet et le toit.

L'orientation s'effectue de deux manières :

- par une « queue » en bois fixée à la chaise et descendant prés du sol à l'extérieur.

- par un levier permettant de pousser la chaise de l'intérieur.

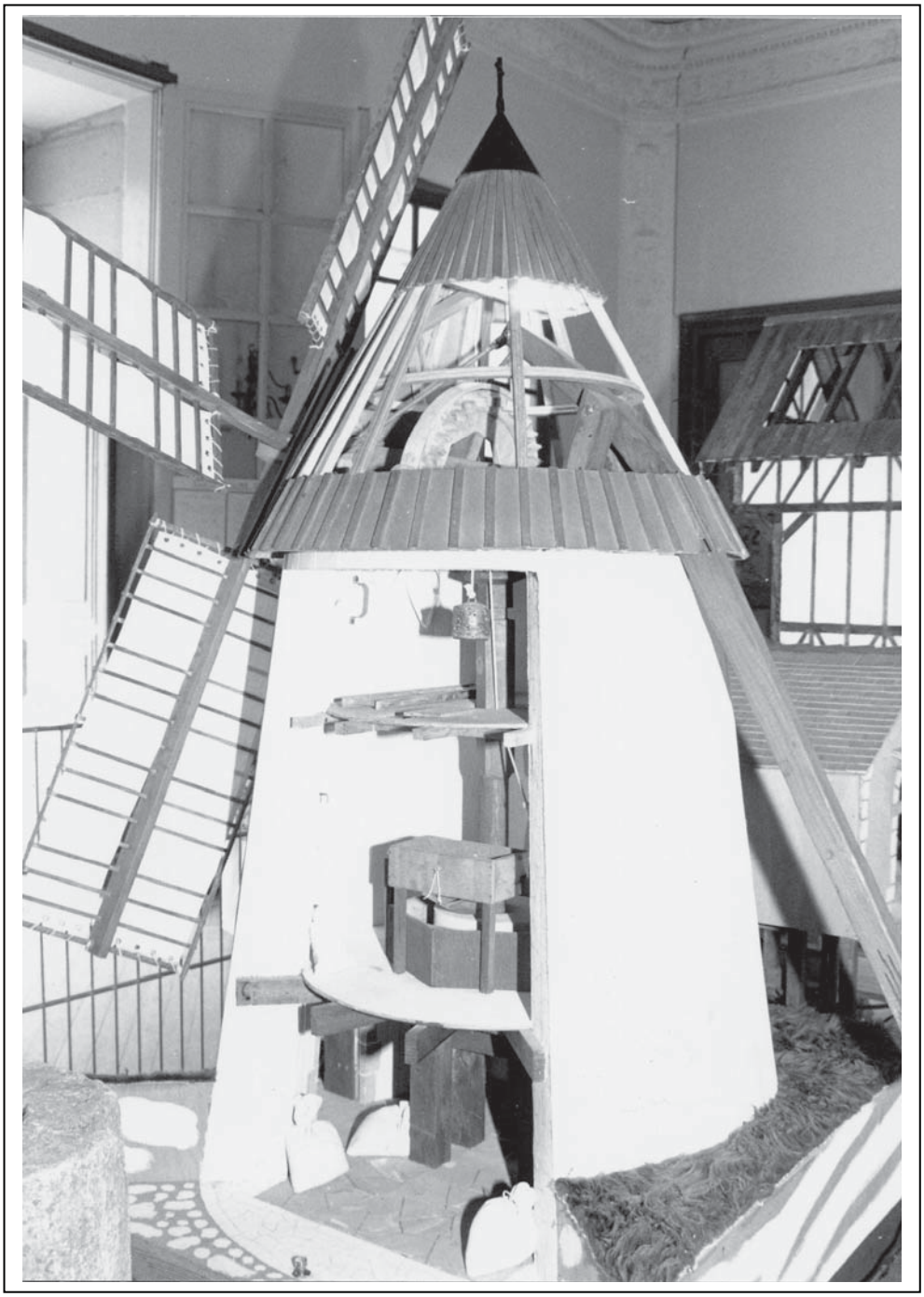
Le rouet entraîne un petit engrenage conique appelé « lanterne ». Cet engrenage est solidaire de l'axe vertical supportant la meule mobile. Ce système implique que cet axe coïncide exactement avec celui de la tour.

Pour tenir compte de la rotation de la terre, les ailes tournent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre lorsqu'il y a une paire de meules et en sens direct lorsqu'il y en a deux. Le modèle à deux paires de meules permet :

-Un démontage plus aisé de la meule mobile (repiquage).

-Un débrayage indépendant de chaque meule. (entraînement « par dessous ».)

Nota : Ce type de moulin existe surtout dans le sud de la France, région montagneuse avec des vents très forts. Situés sur les sommets, les ailes passent prés du sol. Elles « épargnent la poule, pas le chien ».



Maquette d'un moulin Tour

L'apparition du moulin « Cavier »

XVII° siècle

****

Le Moulin à vent est beaucoup plus compliqué à exploiter que le Moulin à eau.

Si la meunerie elle-même est identique les deux énergies eau et vent ont amené des technologies très différentes et des conditions d'emploi quelquefois opposées sinon complémentaires.
En effet :

a) L'eau
- existe dans les vallées (en bas)
- peut se stocker (barrages, paissières)
- peut se « piloter » (vannes,…..)
- permet une meunerie de plain-pied.

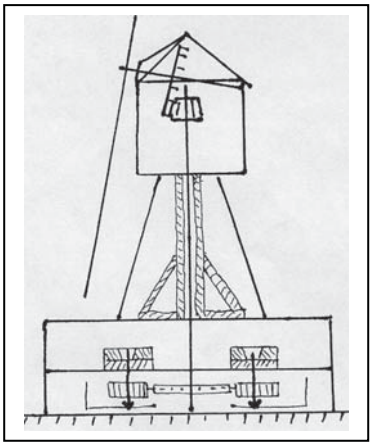
b) le Vent
- apparaît surtout sur les sommets (en haut)
- ne peut se stocker
- est sporadique.
- ne peut être « piloté »
- amène très souvent une meunerie en étage d'où des transports de grains et de mouture fastidieux.

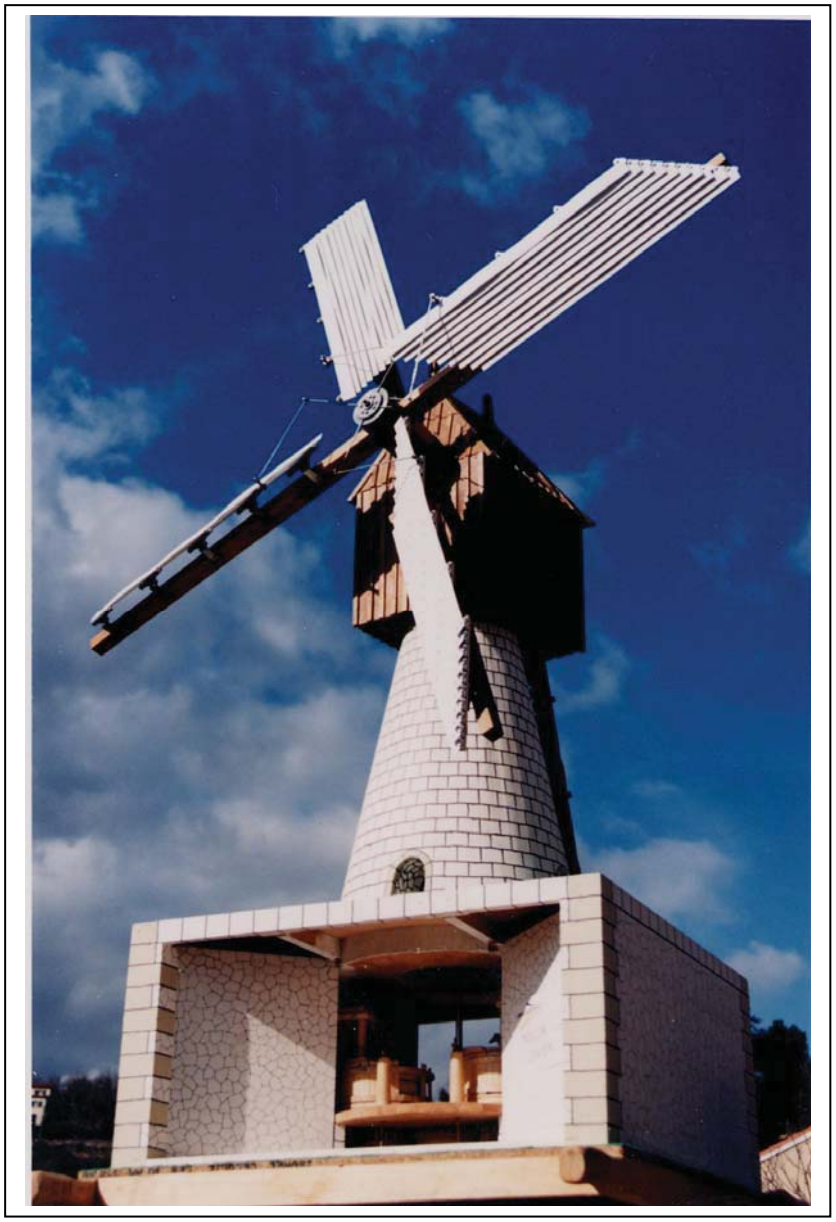
De ces considérations il ressort que le meunier à vent n'est pas maître de son moulin comme le meunier à eau.
Il doit moudre dès que le vent est bon (vitesse 5 à 15 m/s) de jour comme de nuit.
Si le vent devient fort, (supérieur à 15 m/s) il doit arrêter les ailes par le frein, monter dans les ailes pour enlever de la toile et remettre en marche.
On voit que les deux énergies amènent des modes de vie différents ainsi que des coutumes.
Le métier de meunier se transmet fréquemment de père en fils mais les relations entre familles vent-eau sont assez limitées voir rivales dans certains cas.
Le meunier à vent a donc toujours cherché à simplifier son travail et au 17ème siècle un nouveau moulin à vent apparaît. C'est un compromis des deux moulins TOUR- PIVOT FIXE.
- le pivot fixe est creusé axialement et laisse passage à l'arbre vertical du pivot tour.
- la meunerie est placée en dessous de l'ensemble du bâtiment.
- le bâtiment proprement dit ne comporte plus que le toit, les ailes avec leurs arbres et les engrenages (appelé Hucherole).
- pour réaliser les premiers moulins de ce type le sol a été creusé sous les moulins existants et ils ont de ce fait été appelés « Caviers ». Par la suite ils ont été entièrement construits, la meunerie se trouvant au niveau du sol cette amélioration réduisait considérablement le transport de grain et de mouture, aussi elle a concerné surtout les moulins pivot.

Toutefois le « pilotage » des ailes entoilées était inchangé. Il a fallu attendre le 19ème siècle pour qu'en 1840 l'ingénieur Berton invente les ailes en planches repliables à la façon d'un éventail. La commande se fait de l'intérieur de la hucherole par un axe traversant longitudinalement l'arbre des ailes.
En 1860 un engrenage monté sur cet arbre permet au meunier « d'ouvrir » ou de « fermer » les ailes à partir du bas.
Le moulin « idéal » était inventé. Cette invention a surtout concerné le centre et l'ouest de la France. De nombreux moulins ont été restaurés, mais les ailes repliées laissent à penser qu'ils sont à nouveau détériorés ce qui est erroné évidemment.

- Le Moulin Cavier

Apparu au XVII° siècle dans le Centre et l'Ouest
C'est un mélange des moulins tour et pivot fixe.
La meunerie est descendue au sous-sol (d'où le nom de cavier). L'axe d'entraînement des meules traverse axialement le pivot fixe sur lequel tourne la cabine (appelée Hucherole).
A partir de 1840 les ailes en toile ont été progressivement remplacées par des ailes en planches, repliables.
Vers 1860 des engrenages montés sur l'arbre ont permis d'actionner L'ouverture et la fermeture des ailes sans arrêter le moulin (système BERTON).





Moulin Cavier

Moulin à Vent Méditerranéen

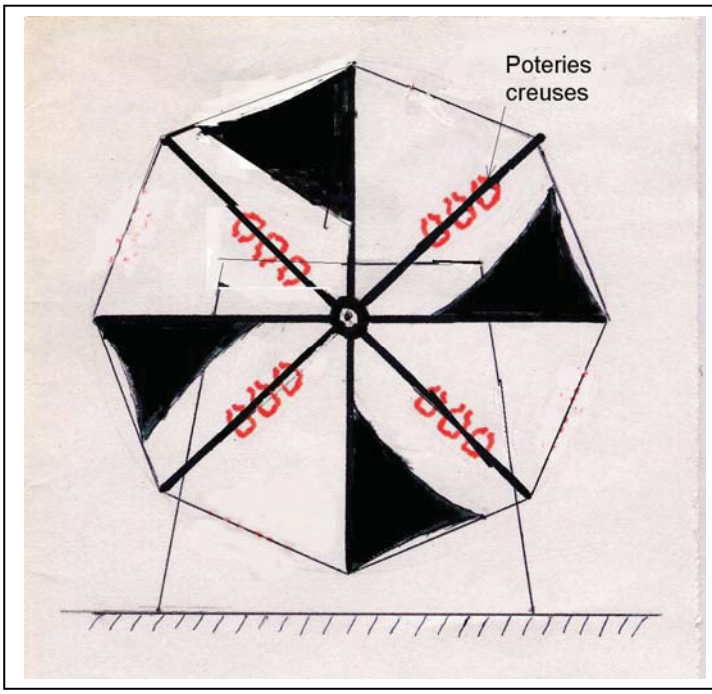
****

Ces moulins diffèrent de nos moulin classiques uniquement par les ailes.
Celles-ci sont constituées de voiles triangulaires vraisemblablement inspirées des voiles latines des bateaux.
Ces voiles triangulaires sont tendues sur des rayons en bois traversant l'arbre de rotation. Unidirectionnels au début ces moulins étaient construits pour faire face au vent dominant.

Par la suite la construction est devenue analogue à nos moulin type « Tour ». Seule la tête (supportant l'arbre, les ailes et le toit) peut tourner pour orienter les ailes face au vent. Ils peuvent donc fonctionner quelle que soit la direction de celui-ci.

On trouve ces moulins particulièrement en Grèce, Malte, Crête, Espagne, Portugal, Baléares, Canaries.

Nota : les poteries en tournant donnent au meunier les indications sur la vitesse de rotation des ailes par les sons qu'elles émettent.



Moulins De Créte (cliché De Cooman)

Des Moulins méconnus ou inconnus

*****

Le Moulin Grudier

*****

Le Moulin grudier n'est pas un moulin au sens propre du mot. Il est destiné à produire un grain (gruau ou « gruda » en occitan) propre, apte à être écrasé sous les meules. Il est très répandu en pays montagneux (particulièrement en Cévennes) jusqu'au début du 18ème siècle, les transactions immobilières n'en font plus état par la suite.

Fonctionnement :

Après récolte les céréales coupées sont amenées sur une aire de battage en pierre afin de séparer le grain de la paille. Cette opération s'effectue au moyen de fléaux en bois ou du rouleau à dépiquer en pierre (tronconique).

Le grain comporte fréquemment deux petites coques indésirables ainsi que des corps étranger tels que grève, graines étrangères etc….

Le moulin grudier est constitué d'un bac circulaire (en pierre ou en bois) dans lequel roule en tournant autour d'un axe central une meule conique. Cette meule est suivie d'un peigne.

En roulant cette meule légère (une cinquantaine de kilos) déplace le grain et le frottement des grains l'un contre l'autre détache les petites coques. Le peigne remue le total. Le grain plus lourd va au fond et les coques légères au-dessus. Leur séparation s'effectue au moyen du vent.

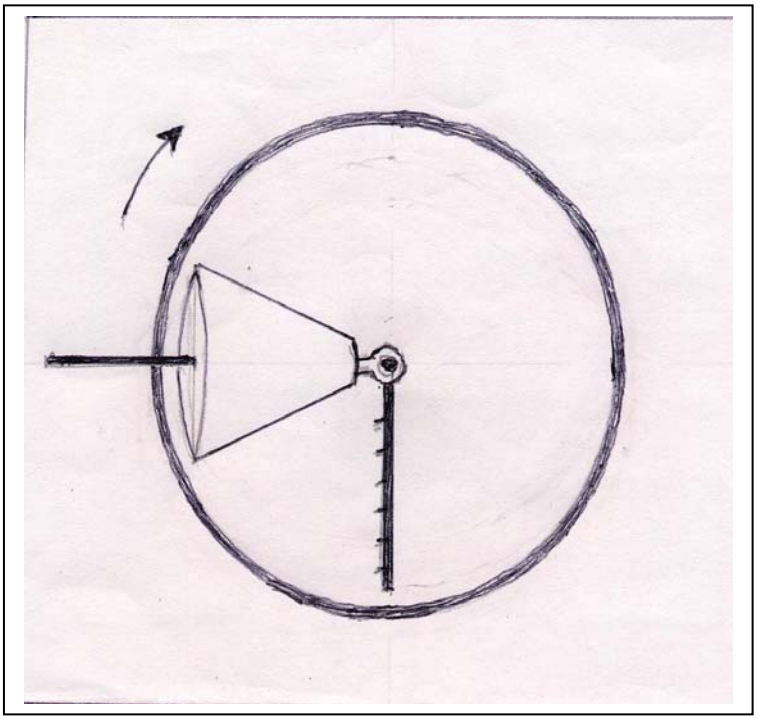
Par la suite le tarare remplacera le moulin grudier qui utilisait principalement l'énergie musculaire ou hydraulique.

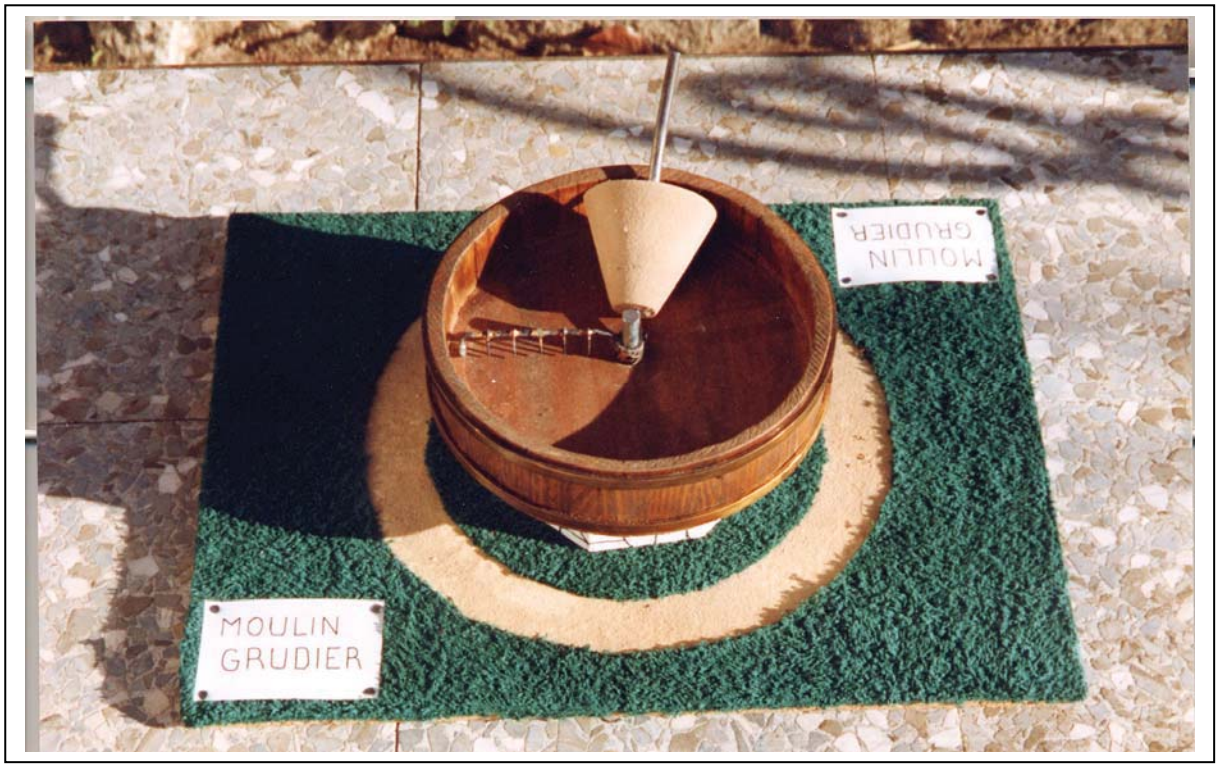
Nota: dans les Cévennes le gruau était utilisé pour préparer un plat appelé « Cassola » du nom du récipient en terre à deux anses et couvercle utilisé.

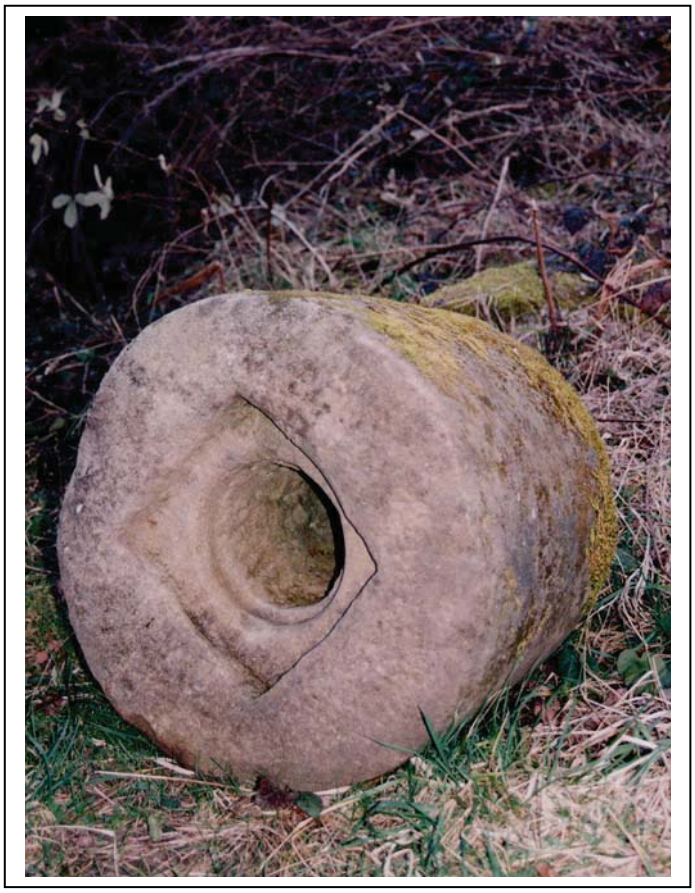
Le gruau était accompagné de « petits salé » ou de missons (saucisse de couenne). L'ensemble, cuit au four a constitué une des nourritures de base pendant des siècles.

Par la suite vers l'ouest, le haricot a remplacé le gruau et le canard le petit salé, ce qui aurait donné naissance au …….cassoulet. ! !

(Vue de dessus)







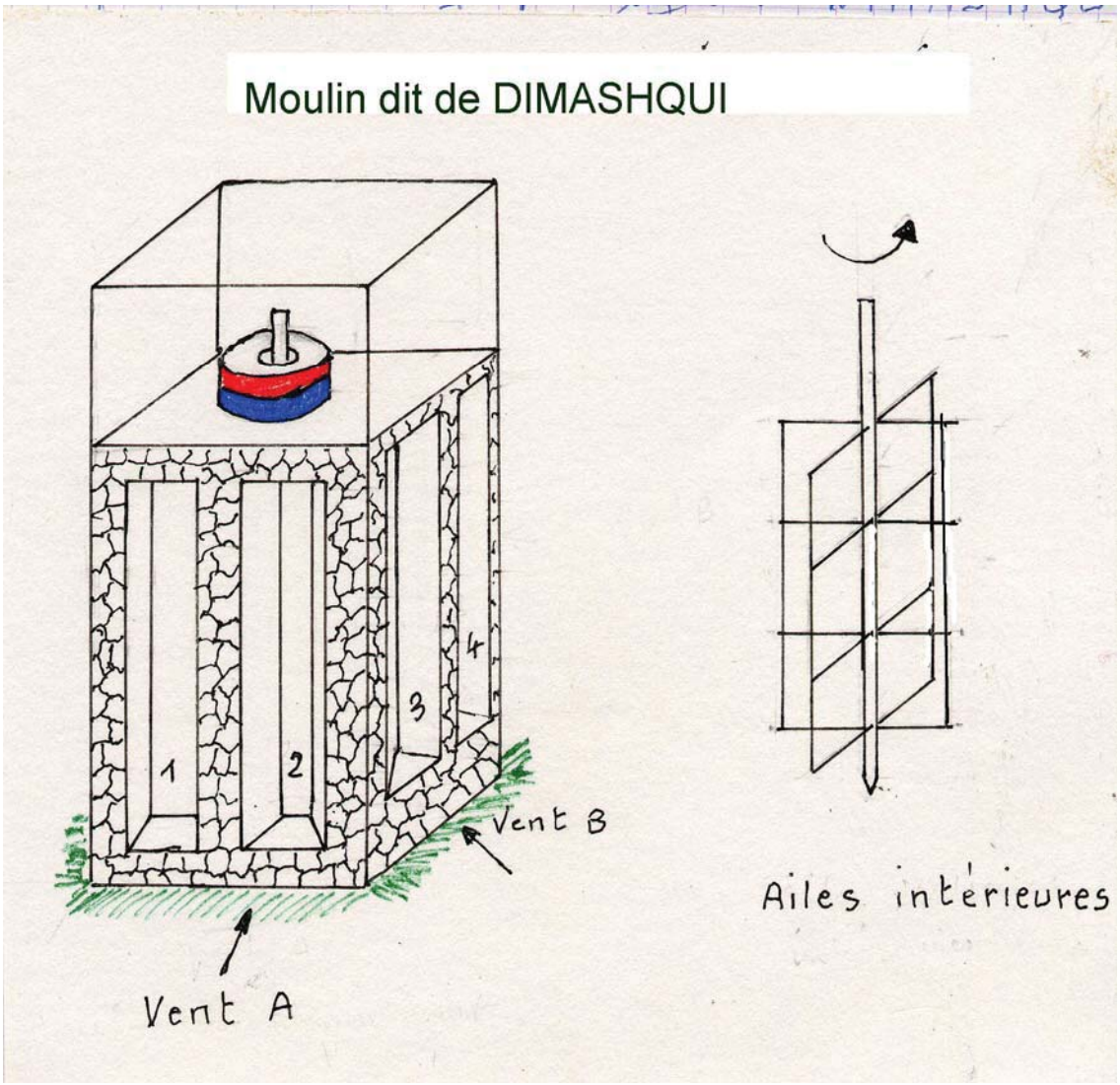
Rouleau à dépiquer (enlever le grain de l'épi)
Tiré par un cheval, il roule sur les épis et décroche les grains

Moulins à vent Oriental
à axe vertical
****

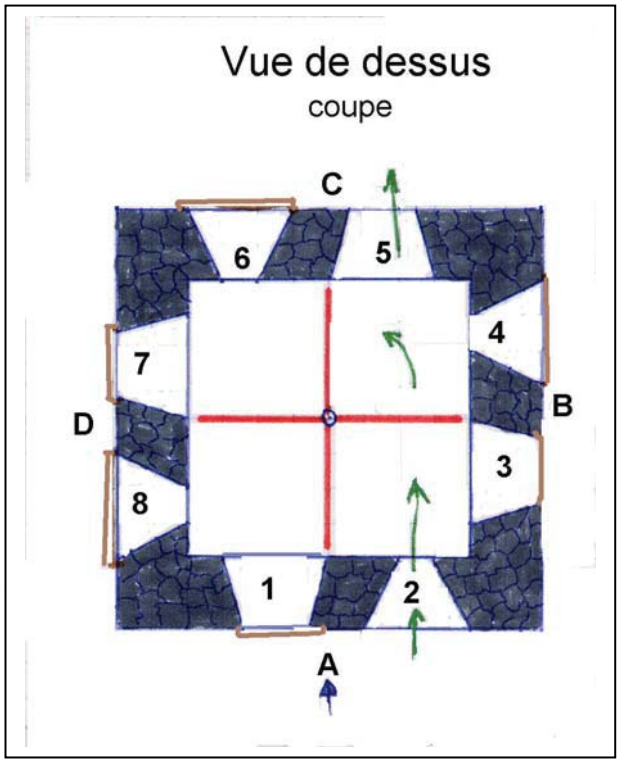
Les moulins à vent existaient déjà au Moyen Orient depuis le 7ème siècle.
Ils sont mentionnés pour la première fois en Europe dans un texte anglo-saxon de 833. Ce sont des Moulins dont l'axe des ailes est vertical.
Deux types sont connus.

1) **Moulin dit de DIMASHQUI**

Ce moulin a été décrit à la fin du 13ème siècle par le Cosmographe syrien DIMASHQUI.

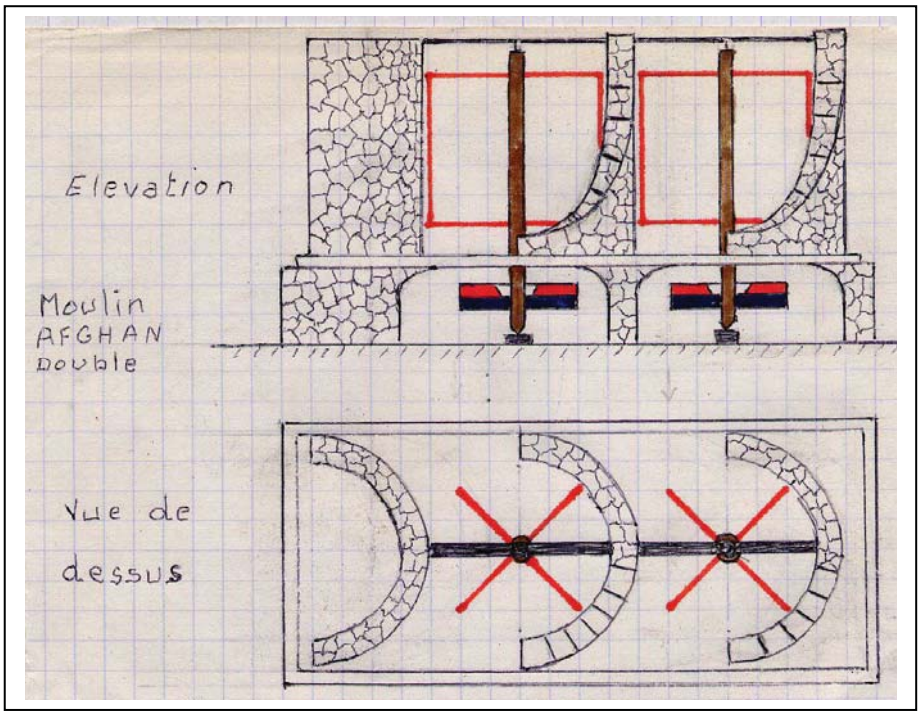


Description :
Une tour carrée en maçonnerie possède deux fentes verticales sur chaque face. A l'intérieur un axe vertical central supporte quatre ailes horizontales. Cet axe entraîne par en dessous une meunerie située à l'étage.
Fonctionnement :
Si le vent souffle sur la face A du bâtiment il suffit d'occulter, par des volets, toutes les ouvertures sauf A2 et C5. Le vent en entrant par A2 fait tourner les ailes dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (vue de dessus) et donc la meule tournante. Il ressort par la fente opposée C5. On voit donc que ce moulin pourra fonctionner quelle que soit la direction du vent.
Ce système, séduisant à priori, comporte un gros défaut. En effet le vent après avoir cédé une partie de son énergie aux ailes, éprouve de grandes difficultés à ressortir par la fente opposée.
Un matelas d'air tourbillonnaire se forme dans le bâtiment et gène l'air voulant y entrer. Le rendement de ce type de moulin devait être assez faible.



2) Moulins AFGHANS

Au SEISTAN (correspondant à la partie orientale de l'Iran et aux régions attenantes de l'AFGHANISTAN et du PAKISTAN souffle un tiers de l'année un vent de direction et intensité constantes appelé « vent des 120 jours »
Cette particularité a amené la conception d'un moulin extrait de celui de DIMASHQUI mais n'en ayant pas les défauts. Ces moulins dits « afghans » ont été photographiés au début du 20ème siècle par des ethnologues belges.
Description : l'axe vertical est situé au centre d'une demi-tour en maçonnerie.



Une 2ème demi-tour, identique, permet de canaliser le vent, sur la partie gauche des ailes, pour produire la rotation.
Afin de faciliter la sortie de l'air, le bâtiment ne comporte pas de toit et le mur de sortie du vent est échancré du bas vers le haut.
La meunerie est située sous les ailes au niveau du sol ce qui facilite le travail du meunier.
Ce moulin ne peut donc fonctionner que dans une seule direction du vent.
Il peut être « multiple » en ajoutant des constructions identiques vers la gauche.
La maquette réalisée d'après photos comporte deux moulins « siamois ». La rotation des ailes est très aisée.
Par contre comme prévu, si on ajoute un toit et que l'on rétablit le demi cercle du bâtiment dans toute la hauteur, on constate un très net ralentissement des ailes.

Maquettes moulins afghans

L'Evolution des ailes

des moulins à vent.

****

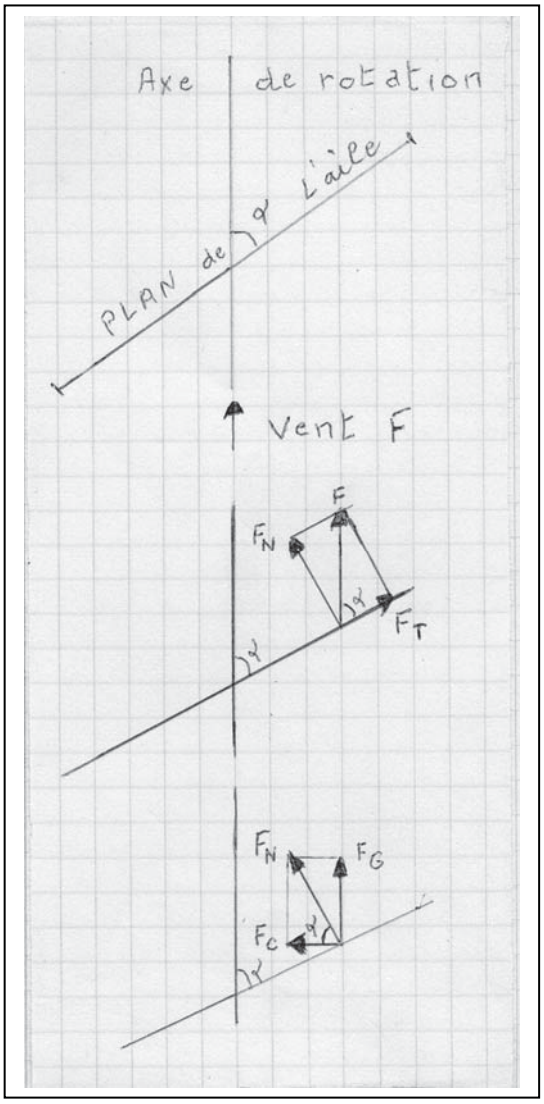
Le plan d'une aile d'un moulin à vent fait un angle avec l'axe de rotation (appelé angle d'incidence) afin d'assurer une composante tangentielle à la force du vent.
Dans les moulins d'autrefois on constate que cet angle varie entre 50 et 60 ° suivant les pays.
Vers le 18ème siècle, on voit apparaître des ailes gauchies, c 'est à dire dont l'angle d'incidence varie tout du long de l'aile de 45 à 75 ° à la façon d'une pale d'hélice. (du centre vers l'extrémité)
De plus au début les ailes sont courtes et larges puis elles s'allongent et se rétrécissent ; il n'y a même plus qu'un côté du bois qui est entoilé (en Hollande particulièrement)
Ces évolutions ne sont dues qu'au bon sens et à l'observation des meuniers. Ils ont dû « sentir » que chaque aile produit un remous dans l'air et donc gène l'aile qui la suit. (Certains moulins ont été construits avec six ailes au lieu de quatre, le résultat a été décevant évidemment)
Les meuniers pressentaient que le « pas variable » c'est à dire la possibilité d'adapter l'incidence de l'aile à la vitesse du vent était la solution à l'exploitation rationnelle des moulins à vent. Mais tous les dispositifs essayés n'ont pas assurer la fiabilité nécessaire. Seule l'aile Berton à surface variable et à incidence fixe à survécu au 19ème siècle.
Nous avons vu que l'angle d'incidence fixe relevé dans les moulins à vent variait de 50 à 60 °.
Or l'encyclopédie Diderot et d'Alembert au début du 18ème siècle donne un calcul de l'incidence maximale.
Le voici :
A une vitesse V le vent exerce une pression sur une surface S normale à sa direction. Cette action engendre une force F telle que l'on ait : P=F/S ou F=PS.
Soit α l'angle d'incidence. Si l'aile est bien orientée, le vent et l'axe de rotation coïncident et la surface normale au vent est :

$Sn = S \text{ sinus } \alpha$

S étant la surface de l'aile.
La force exercée est donc :

$F=PSn = PS \text{ sinus } \alpha$

Cette force est la résultante de :
Ft force inutile qui fait glisser l'air sur la toile.
Fn force qui gonfle la toile.
On a $Fn= F \text{ sinus } \alpha = PS \text{ sinus}^2 \alpha$.
Cette force Fn peut se décomposer en deux forces :
Fg qui maintient la toile gonflée.
Et Fc qui assure la rotation :
On a $Fc= Fn \text{ cosinus } \alpha = PS \text{ sinus}^2\alpha \text{ cosinus } \alpha$
α étant la variable, dérivons par rapport à α
on a : $F'c = PS (\text{sinus } \alpha) (2\text{-}3 \text{ sinus}^2 \alpha)$
Cette dérivée s'annule pour :
$\text{Sinus } \alpha = 0 \longrightarrow \alpha = 0$ évidemment et
$2 - 3 \text{ sinus}^2 \alpha = 0$ ou $\text{sinus}^2 \alpha = 2/3$
ou $\text{sinus } \alpha = \sqrt{2/3} = 0{,}816$
d'où l'arc sinus $\sqrt{2/3} \neq 55°$ (en effet sinus 55° = 0,819)
Les anciens avaient vu juste.



La fin des Moulins d'autrefois

******

A compter du 18ème siècle, . la Révolution française supprime le droit de banalité.
Les moulins sont très souvent rachetés par les meunier eux-mêmes. La concurrence apparaît avec le commerce Les meuniers achètent les grains et revendent la farine et les sous-produits.
Au 19° siècle l'arrivée de la vapeur puis de l'électricité ensuite, provoque de profonds changements.
L'expansion des moulins caviers est freinée. Les meunier peuvent moudre quand ils veulent mais il faut payer ces nouvelles énergies pour les utiliser.
Dans la 2ème moitié du 19ème siècle les minoteries à cylindres et planchisters apparaissent en provenance de Hongrie.
Elles assurent une facilité d'emploi et un meilleur rendement. C'est le début des Grands Moulins de Paris.
De plus l'invention de la turbine hydraulique, robuste et de meilleur rendement amène certains meuniers ou propriétaires à modifier leur installation pour « fabriquer de l'électricité » et vendre leurs surplus, opération plus lucrative que la meunerie traditionnelle.
Les moulins d'autrefois seront progressivement abandonnés pour disparaître à peu près totalement à la dernière guerre.
Mais le mot « Moulin » évoquera toujours de grandes ailes tournant dans le ciel.
Maître Cornille n'est pas mort…… ! !

Florensac (Vieux moulin et usine Electrique)

Petite histoire souvenir

****

Tout le monde connaît l'histoire du Moulin de Valmy, des Moulins Chouans, prélude au télégraphe de CHAPPE au 19ème siècle.
Mais à WATTON, comté de Norfolk en Angleterre, lors de la dernière guerre, il y avait un moulin à vent du type pivot fixe, très petit, et se trouvant sur un terrain d'aviation.
Le meunier du genre Cornille, a raconté à des « GEE-MEN » (nom donné au personnel mettant en œuvre un radar de navigation appelé GEE) français (dont je faisait partie) alors en stage radar en 1946, que lors des incursions des bombardiers allemands en 1940, il tournait son moulin afin de donner une fausse indication du vent au sol aux bombardiers.
La piste aurait ainsi été épargnée? ? ! ! !

Une curiosité !
Moulin à vent à huit ailes
A 700km au Nord de Moscou dans l'île KIJI
Sur le lac ONEGA
Cliché J.M. ARNAL

Complément à l'édition 2008

Le présent complément a pour but :

- d'ajouter 5 types de moulins ne figurant pas dans la brochure initiale afin de faire apparaître la totalité des 22 maquettes résumant les technologies et l'histoire des moulins d'autrefois.
- de fournir un index de numérotation des maquettes facilitant les recherches éventuelles.

1- Moulin pierres brutes - *(figure 1) © L.Gillet 2008.*

- D'origine pré-néolithique - C'est le véritable grand ancêtre constitué de 2 pierres brutes permettant, par un mouvement de va-et-vient, d'écraser les grains des plantes sauvages. Encore utilisé dans certaines contrées.

2 - Moulins à Olives - *(figure 2) © L.Gillet 2008.*

- D'après l'Encyclopédie DIDEROT et D'ALEMBERT, reconstitution des moyens utilisés à travers les âges pour l'obtention de l'huile d'Olive.

- écrasement : par une meule roulante verticale entraînée par un cheval ou à bras d'hommes

- pressage : a) par une presse dite « à long banc » dont le rapport des bras de levier permet une force de plusieurs tonnes sur les scourtins contenant la pâte obtenue par la meule

b) par deux presses à vis mises en mouvement à la main.

Nota 1 : à l'origine au Moyen-Orient les olives étaient écrasées par les pieds des hommes munis de sandales à grosses semelles de bois appelées « Kroupetzaï »

Nota 2 : Une meule a été retrouvée dans les ruines d'Olynthe ville détruite en 348 avant J.C. par Philippe de Macédoine père d'Alexandre le Grand.

3 - Moulin hydraulique - roue à aubes - *(figure 3) © L.Gillet 2008*

Le plus connu des moulins à eau.

Fonctionnement : une roue à aubes plonge dans un courant d'eau qui la fait tourner et entraîne la meule par un renvoi d'angle à engrenages. appelé alimentation par dessous, peut plonger directement dans le courant d'une rivière, mais le plus souvent par l'intermédiaire d'un petit canal (béal) de dérivation.

4 - Moulins à marée - *(figure 4) © L.Gillet 2008.*

- apparait en Bretagne à la fin du XIIe siècle comme les moulins à vent et pour les mêmes raisons (la mer comme le vent est à tout le monde).
- **Fonctionnement** : le moulin à marée utilise l'énergie dûe à la différence des niveaux de la mer pour entraîner une roue à aube.

marée montante : l'étang se remplit

marée descendante : les portes battantes se referment

marée basse : le meunier soulève la vanne pour alimenter la roue à aubes

- La maquette représente le moulin BIRLOT situé dans l'île de Bréat (échelle 3/100) dimensions de la digue : L. 140m - H. 4 à 5m - l. 8 à 10m

5 - Moulins à main sur chariot - *(figure 5) © L.Gillet 2008.*

- Origines : Nuit du 4 août 1789 - l'abolition des privilèges et des droits seigneuriaux amène un retour des moulins à main ou à manège.
- 40 de ces moulins ont été livrés à Versailles afin de satisfaire aux besoins de l'Assemblée Nationale. En 1793, le constructeur Durand père et fils, propose un moulin sur chariot à main susceptible de satisfaire aux besoins des armées.

- après essais, adopté par la Convention Nationale (décret du 15 mai 1793-an II)

- Technologie

échelle 1/5 - meules : diamètre 0,60 m - blutoir rotatif - entraînement : 2 manivelles

Fig. 1 - Moulin pierres brutes

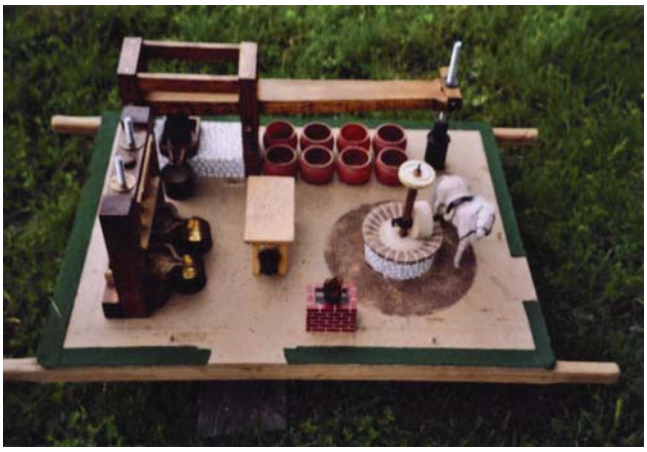


Fig. 2 Moulins à olives
Bâtiment enlevé échelle 1/16 environ

Fig. 3 Moulin hydraulique
Roue à aube échelle 3/100 environ

Fig. 4 Moulins à marées
échelle 3/100 environ

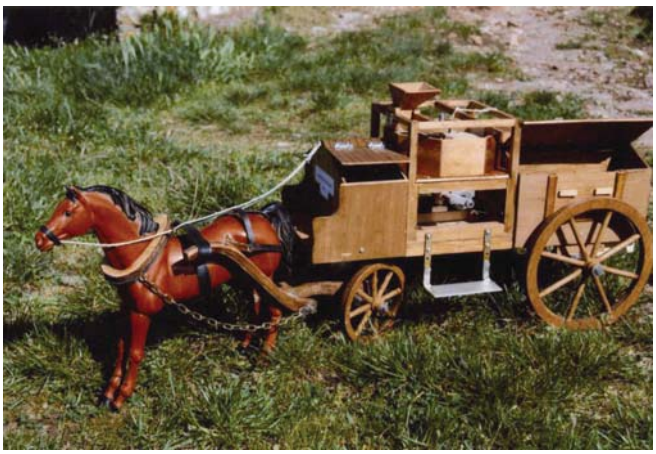


Fig. 5 Moulin à main sur chariot
1793 - échelle 1/5 environ

Index des 22 moulins

Energies	N°	Types de moulins	page
Muscle	1	pierres brutes	38
Muscle	2	pierres taillées	5
Muscle	3	familial à main	4
Muscle	4	à olives	38
Muscle	5	manège à cheval	3
Muscle	6	grudier	30
Eau	7	du Rouergue roue horizontale	15
Eau	8	roue à aubes par dessous	16 et 38
Eau	9	roue à auges par dessus	19
Eau	10	bateau	18
Eau	11	pendant	18
Eau	12	à marée	38
Eau	13	foulon à laine et martinet	16
Eau	14	scierie catalane	14
Vent	15	Turquoi à pivot tournant	22
Vent	16	vertain à Templeuve	22
Vent	17	pivot fixe	23
Vent	18	St Pierre-de-la-Fage (Hérault) - Tour	25-26
Vent	19	Cavier	27-28
Vent	20	Méditerranéen	29
Vent	21	Afghans	33-34
Muscle	22	à main sur chariot	38