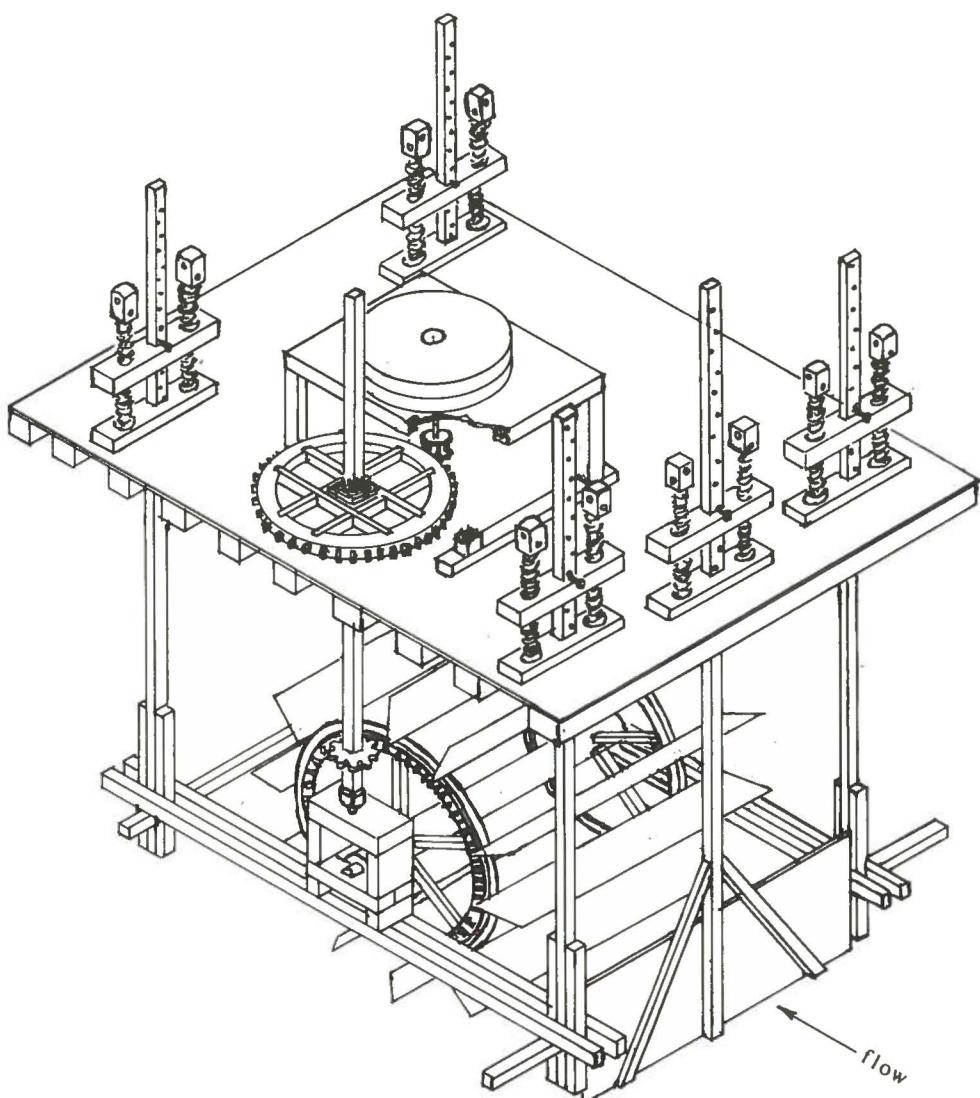


part-section of spurwheel bearing  
Coupe partielle du palier du hérisson



Mechanism of the Moulin Pendant    Mécanisme du Moulin pendant  
Fig. 1.

# TECHNICAL ASPECTS OF THE MOULIN PENDANT

## ASPECTS TECHNIQUES DU MOULIN PENDANT

---

*David JONES*

When I first drew attention to this type of mill<sup>1</sup>, I could only speculate on how it might have worked, but the Moulin d'Andé has at last provided full information on nearly all parts of the mechanism of the moulin pendant. The solution I proposed then has proved to be quite close to the real mill, but is wrong in one important detail : the upper bearing of the upright shaft.

### The Mechanism of the Moulin Pendant

A diagrammatic view of the mechanism at Andé is shown in Fig. 1. The term «moulin pendant» is certainly appropriate ; the mill is carried high above the river, from where it dangles a wheel into the water. The bearings for the waterwheel and the bottom of the upright shaft are supported by a frame surrounding the wheel, which hangs from the floor above on four vertical timbers attached to its corners. These timbers are lifted by screw jacks. The upright shaft is driven by a wallower engaging a cog rim attached to the waterwheel arms, and in turn drives the stones by a spurwheel, but this clasp-arm spurwheel is not permanently attached to the shaft. Instead it is wedged to a built-up wooden centre, square above and circular below, with a square central hole. The circular section is surrounded with vertical iron strips, like the windmill neck bearing on a wooden windshaft, and it runs in a collar built into the floor beams. The square-section upright shaft could move vertically within the wheel centre, but did not fit it closely ; wedges driven in from above locked them together, and were withdrawn before the waterwheel height was changed.

Lorsque j'ai attiré l'attention pour la première fois sur ce type de moulin<sup>1</sup> je ne pouvais avancer que des hypothèses sur son fonctionnement, mais le moulin d'Andé a enfin donné des renseignements sur presque tous les éléments du mécanisme d'un moulin pendant. La solution que j'avais avancé alors, s'est avérée très proche de la réalité, mais elle est erronée sur un détail important : le palier supérieur de l'arbre vertical.

### Mécanisme du moulin pendant

Le diagramme du mécanisme du moulin d'Andé se trouve à la Fig. 1. Le terme de moulin pendant est certainement approprié ; le moulin se dresse au-dessus du cours d'eau et laisse pendre une roue dans l'eau. Les paliers de la roue à aubes et le bas de l'arbre vertical s'appuient sur un cadre qui entoure la roue et qui est suspendu aux quatre coins du niveau supérieur par des tirants verticaux en bois. Ces tirants peuvent être soulevés par des vérins. L'arbre vertical est entraîné par l'intermédiaire d'un couple rouet-lanterne, le rouet étant fixé à la roue à aubes. A son tour il entraîne les meules par l'intermédiaire d'un couple hérisson-lanterne. Toutefois, le hérisson n'est pas fixé d'une façon permanente à l'arbre. Il est tenu en place par des coins enfouis dans un axe en bois fait de plusieurs parties, carré au-dessus, circulaire en-dessous et comportant un trou central carré. La section circulaire est renforcée par des allumelles verticales, comme le palier avant de l'arbre moteur d'un moulin à vent et tourne dans un palier pratiqué dans les poutres du plancher. L'arbre vertical à section carrée dispose d'un jeu suffisant au centre de la roue pour pouvoir bouger de haut en bas. Il est tenu en place par des coins enfouis par en haut. Ces coins sont retirés lorsqu'on veut abaisser ou relever la roue à aubes.

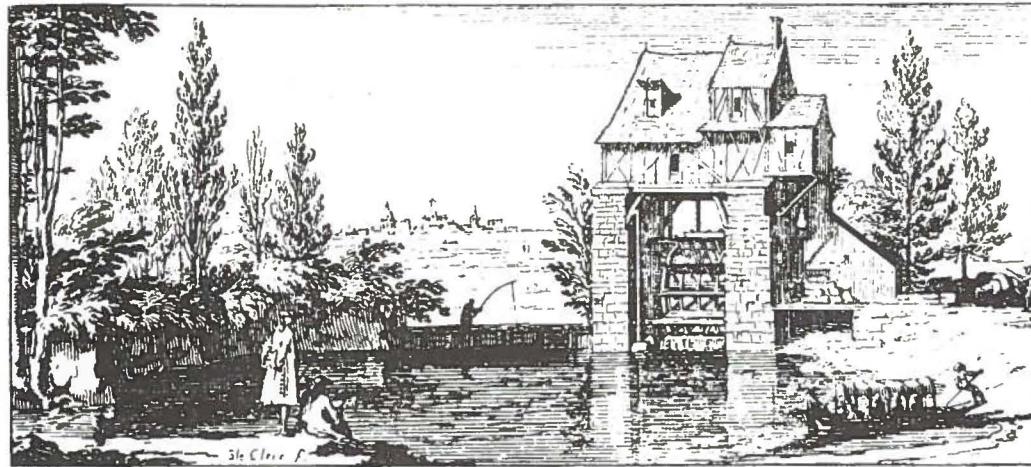


Fig. 3 ; A Watermill, by Sébastien Le Clerc.  
Le Moulin à eau, par Sébastien Le Clerc.



Fig. 4 ; The Mill at Charenton (detail) by François Boucher.  
Le Moulin de Charenton (détail) par François Boucher.

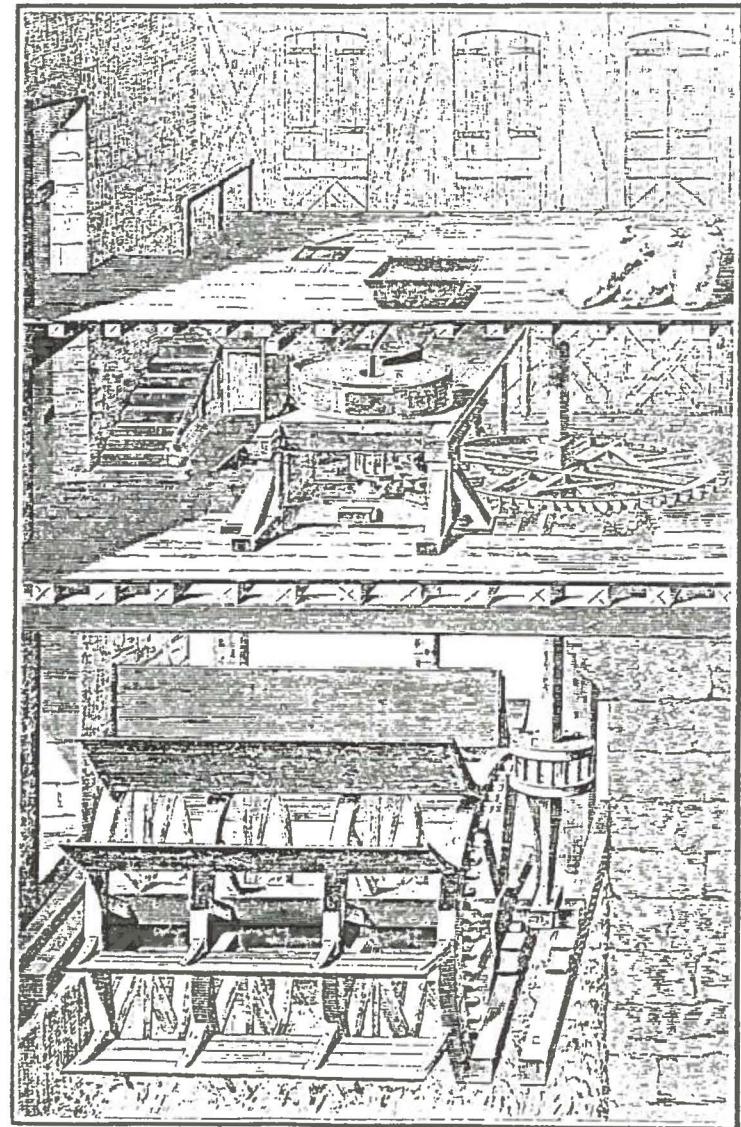


Fig. 2 ; A Watermill, according to Diderot.  
Moulin à eau (Encyclopédie de Diderot).

As it stands, the Moulin d'Andé has no means of stopping the wheel. Lifting it clear of the water is not the answer, as it is unlikely that the spurwheel wedges could be withdrawn when it was turning. Illustrations of other mills show a sluice gate behind the wheel, and we may assume that such a thing once existed at Andé. It was clearly needed, and there is room for it, but it has left no visible traces.

### The pictorial Record

A number of pictures and engravings of moulins pendants exist, many of which show the external parts of the mechanism.

Diderot shows much more (Fig. 2) but presents it merely as an ordinary watermill, without mentioning the lifting wheel. The omission of the lifting jacks makes it even more obscure, but after the other evidence, not only is it identifiable, it shows how standardised the construction was. Almost every detail agrees with the corresponding part at Andé. The plate also clearly shows the lifting post for the sluice gate.

A variety of other illustrations (Fig. 3-5) show in more or less detail that the basic design showed little or no variation.

A particularly important illustration is the frontispiece of a manuscript «History of Alexander»<sup>2</sup>, reproduced in Fig. 6. Fortunately this can be dated to within two years : almost certainly to 1445, and definitely not later than 1447. As the earliest-known reference to a moulin pendant, it dates their introduction to not later than the mid-15th century, and as it is unlikely that a set of three mills on such a scale would be built to an untried design, we may assume that their true origin is even earlier.

The external mechanical features are also shown in some detail. The hanging frame and its lifting bars, the cog rim attached to the waterwheel, the upright shaft and its wallower, and the hanging sluice are all clearly shown. The parallel with the construction at Andé is so close, it is clear that the design scarcely changed over the centuries.

The illustration is the work of an anonymous French master working in Paris. Such detail indicates that he must have seen such a set of mills, and presumably, close by. This agrees with the known distribution of moulins pendants<sup>3</sup>, which shows that Paris was the centre of their region.

Tel qu'il est conçu le moulin d'Andé ne peut bloquer la roue. La sortie de l'eau n'est pas une solution, car il est improbable que les coins puissent être retirés quand la roue tourne. Des illustrations d'autres moulins pendants montrent une vanne derrière la roue et l'on peut supposer qu'il y en avait une à Andé autrefois. Elle était manifestement nécessaire, il y a la place, mais il n'en reste aucune trace.

### Iconographie

Il existe un certain nombre de dessins et de gravures de moulins pendants dont beaucoup montrent les parties extérieures du mécanisme.

Diderot montre davantage mais (Fig. 2) il présente ces moulins comme de simples moulins à eau sans mentionner la mobilité verticale de la roue. L'absence de toute mention des vérins de levage, rend les choses encore plus obscures. Mais d'après les autres indices, ce moulin est non seulement identifiable mais l'on peut voir le degré de standardisation de la construction. Presque chaque détail correspond à son homologue du moulin d'Andé. La planche indique également clairement le poteau permettant de lever la pelle de la vanne.

D'autres illustrations (Fig. 2 à 5) montrent d'une façon plus ou moins détaillée que pour l'essentiel le concept de base varie peu. Le frontispice d'un manuscrit intitulé «Histoire d'Alexandre»<sup>2</sup> reproduit à la Fig. 6 est une illustration particulièrement importante. Fort heureusement il est possible de la dater à deux ans près, elle remonte presque certainement à 1445 et n'est sûrement pas postérieure à 1447. C'est la première mention connue d'un moulin pendant ; elle fait donc remonter son apparition au plus tard au milieu du 15e siècle. Comme il est peu probable qu'une série de trois moulins de ce type ait été construite sans tentatives antérieures, l'on peut supposer que leur origine véritable se situe encore plus tôt.

Le détail des éléments mécaniques extérieurs est également visible. Le cadre suspendu et ses barres de levage, le rouet fixé sur la roue, l'arbre vertical et le couple hérisson-lanterne, ainsi que la vanne apparaissent clairement. L'analogie avec le moulin d'Andé est telle qu'il est clair que cette conception n'a guère varié pendant des siècles.

Les illustrations sont l'œuvre d'un maître français anonyme de Paris. Les détails prouvent qu'il a dû voir de tels moulins probablement de très près. Cela correspond d'ailleurs avec la répartition géographique des moulins pendants qui montre que Paris est au centre de leur région.

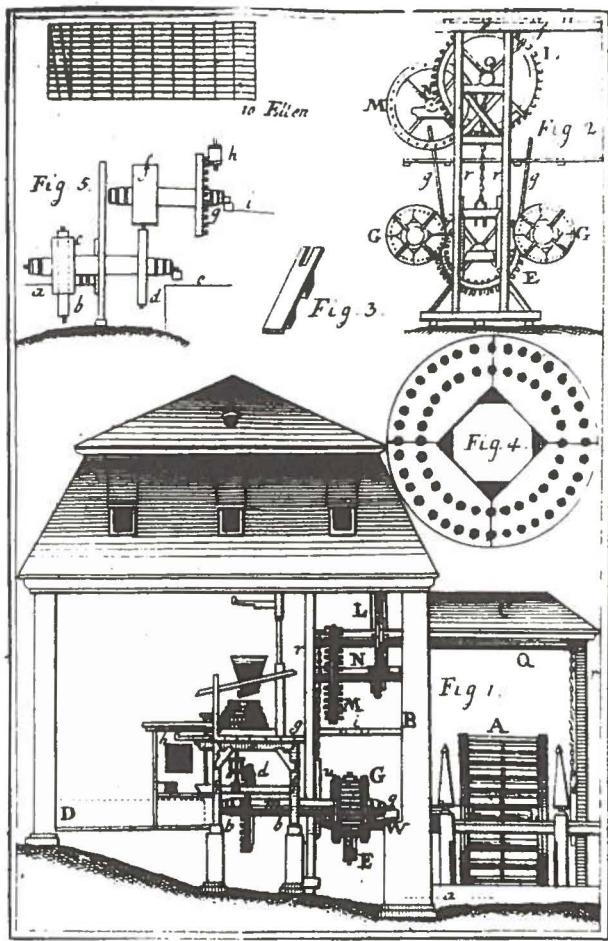


Fig. 6 ; The mechanism of a Pantermühle.  
Le mécanisme d'un Pantermühle.



Fig 5 ; 'The Mills of Babylon' from a manuscript  
of 1465.  
"Les moulins de Babylone", manuscrit de  
1465.



Fig. 7 ; The Pantermühle at Haynsburg, in 1932. (Photograph by Dr. H. Gleisberg).  
Le "Pantermühle" à Haynsburg, en 1932. (Photographie Dr. H. Gleisberg).

## Comparison with the Panstermühle

The moulin pendant was by no means the only type of mill with a lifting waterwheel. The best known of these other designs is the panstermühle of northern and central Germany, and it is interesting to compare it with the moulin pendant.

One of the best drawings of a panstermühle, by Beyern, is reproduced in Fig. 7. With its building standing on the river bank and the waterwheel against the outer wall, it is much closer to the conventional watermill than is the moulin pendant. The waterwheel was lifted by a chain at each end, wound round the shaft Q, which was operated by the handwheel M. As the pitwheel E rose, the pinions G were kept in mesh with it by moving their bearings outward – and in again for the upper half of the wheel lift – by operating the levers g.

It appears to be a more advanced design, and would certainly have been easier to operate. Only one control lifted the wheel through its whole range in one continuous movement, and the only other adjustment could be made without the miller leaving his position. Against this, the moulin pendant required the operation of 8 screws, scattered to the four corners of the room, and which only lifted the wheel in short steps, together with the two screws for the gate and the need to loosen and re-tighten the wedges in the spur-wheel.

It is hardly surprising that the panstermühle was a much later design<sup>4</sup>. It was also designed for very different conditions. As the photograph in Fig. 8 shows, the pansterrad was an undershot wheel turned by a fast water jet from a dammed supply, not a wheel turned by the natural current except under flood conditions. The river was dammed by a weir, and the water was admitted to the wheel race under a sluice gate. In flood, the weir was completely drowned and the tailrace level would rise by a similar amount, when the wheel would have been raised so as to be turned by the now very fast natural flow.

This demanded a very different design. The most significant difference is the amount of lift provided. In the panstermühle, the lift range was about 1 m, whereas the moulin pendant allowed a lift of 3, or even 4 m ! Obviously the panstermühle could not have been built for such a large range.

On a river that could flood several metres, it is hardly surprising that the moulin pendant was built high above the river, rather than on the bank !

## Comparaison avec le «Panstermühle»

Le moulin pendant n'est pas le seul type de moulin à roue mobile dans le sens vertical. Le plus connu de ces autres moulins est le Panstermühle que l'on trouve en Allemagne du Nord et du Centre et sa comparaison avec le moulin pendant est intéressante.

La Fig. 7 reproduit un des meilleurs dessins d'un Panstermühle, par Beryern. Avec le bâtiment sur la berge et la roue à aubes contre le mur extérieur, ce moulin est beaucoup plus proche du moulin traditionnel que le moulin pendant. La roue à aubes pouvant être soulevée à chaque extrémité à l'aide d'une chaîne, qui s'enroulant autour d'un arbre Q, actionné par la manivelle M. Lorsque la roue E s'élève, les pignons G, restent en contact grâce à un glissement de leurs paliers vers l'extérieur, ramenés ensuite à l'intérieur en actionnant les leviers g, pour la moitié supérieure de la course de la roue.

Ce moulin semble d'une conception plus tardive et d'un fonctionnement plus facile, une commande unique permet de lever la roue complètement, en un seul mouvement continu sans que le meunier ait à se déplacer. Par contre, le moulin pendant devait être actionné par 8 écrous répartis aux quatre coins de la salle qui permettaient de soulever la roue peu à peu. En plus, il y avait deux écrous pour la vanne et il fallait dégager et enfoncez à nouveau les coins de la roue dentée.

Il n'est guère surprenant que le Panstermühle ait été conçu beaucoup plus tard<sup>4</sup>. Il devait fonctionner dans des conditions différentes. Comme la photo de la Fig. 8 le montre, la roue est actionnée par en-dessous par une puissante sortie d'eau alimentée par un barrage. Il ne s'agit pas d'une roue qu'un courant naturel fait tourner, sauf en période de crue. Le cours d'eau est barré par une digue et l'eau atteint le coursier de la roue par une vanne. En période de crue le barrage est complètement submergé et le niveau de l'eau en aval monte d'une hauteur égale de sorte qu'il faut soulever la roue afin qu'elle puisse tourner sous l'effet d'un courant naturel rapide.

Ceci explique la différence de conception. La différence la plus importante réside dans la hauteur de levage. Dans le cas du panstermühle, la variation en hauteur est de 1 m, alors que pour le moulin pendant elle va jusqu'à 3 ou même 4 m. Il n'aurait pas été possible de toute évidence de construire un panstermühle pour des variations aussi considérables.

Sur un cours d'eau dont le niveau en période de crue pouvait monter de plusieurs mètres, il n'est guère surprenant que le moulin ait été construit au-dessus de la rivière plutôt que sur la berge.

A further significant difference is in the use they made of two-step gear. Both designs used it to accommodate the changes in wheel level, but only the moulin pendant used it to increase the gear ratio (see below). The higher speed of the pansterrad meant that not only was a higher ratio than could be provided by a single gear unnecessary, but that it developed more power : enough power to drive two pairs of stones, and the two-step gear was used to do that. So far, nothing suggests that a roué pendant ever drove more than one pair.

The pantermühle and the moulin pendant are so different, with nothing in common beyond the ability to lift the waterwheel, that we may doubt whether there is any point in comparing them. Was there any connection between them ?

Perhaps there was. Gleisberg has shown<sup>5</sup> that the pantermühle did not appear initially in its familiar form ; it evolved, and the design of some of its forerunners is known. Most significant is his earliest example : a drawing of a waterwheel lifted by two screws. The drive was taken off by a pair of spur gears, but the details are not very explicit, and the drive to the stones is not shown at all.

This is not a moulin pendant, nor even close to one. Only the screws, and the need for two operators, are in any way reminiscent of the moulin pendant, while the limited lift range and the millstones placed beside the wheel indicate the operating conditions of the pantermühle. Inspiration there may have been ; it seems likely that the German millwright knew something of the moulin pendant, but his very different requirements led him to design most of it afresh.

#### Manning and Occupation

The careful grouping of controls in the pantermühle draws attention to the question of the number of men required to operate such a mill. One man could obviously operate a pantermühle so far as the basic mechanism was concerned, although he would surely need assistance with the other tasks required to run a mill with six pairs of stones (many pantermühlen had three waterwheels). In a moulin pendant, it is unlikely that one man could change the wheel level in a reasonable time, and easy operation would require four people. However, they would only be required when the river level changed ; the output of a single pair of stones, running at a low speed, would hardly cause much work in normal operation.

Une autre différence importante réside dans l'utilisation d'un double engrenage. Les deux types de moulin y ont recours pour effectuer les ajustements du niveau de la roue, mais seul le moulin pendant l'utilisait pour accroître le rapport de démultiplication (voir ci-dessous). Avec la vitesse plus grande de la roue panster, non seulement il était inutile d'avoir un rapport plus élevé que celui fourni par un seul engrenage, mais on disposait aussi d'une puissance plus élevée, suffisante pour actionner deux paires de meules, et le double engrenage était utilisé pour cela. Jusqu'à présent rien n'indique que le moulin pendant en actionnait plus d'une paire.

Le pantermühle et le moulin pendant sont si différents, sans autre trait commun que la possibilité de soulever la roue à aubes, qu'on peut se demander s'il est utile de les comparer. Y avait-il un lien entre les deux ?

Peut-être Gleisberg a montré<sup>5</sup> que le pantermühle n'est pas, à l'origine, apparu sous la forme qui nous est maintenant familière. Il y a eu une évolution et la conception de certains précurseurs est connue. L'exemplaire le plus ancien est significatif. Une roue à aubes soulevée par deux vis. Le mouvement est transmis par des engrenages à dents droites, mais le détail n'est pas explicite et la transmission aux meules n'apparaît pas du tout.

Ce n'est pas un moulin pendant, il n'en approche même pas. La seule analogie se trouve dans les vis et la nécessité d'avoir deux opérateurs, alors que la faible hauteur de levage et la position latérale de la roue rappellent le pantermühle. Il y a eu peut-être inspiration ; il est probable que le constructeur allemand connaissait le moulin pendant, mais ses besoins, très différents, l'ont amené à repenser la plupart des caractéristiques.

#### Manœuvres et Utilisation

Les commandes sont groupées dans le Pantermühle, ce qui fait réfléchir au nombre d'hommes nécessaires pour le faire fonctionner. Pour le mécanisme de base, un seul homme suffisait de toute évidence, mais les autres tâches à remplir dans un moulin avec six paires de meules nécessitaient certainement une main-d'œuvre supplémentaire. (Bon nombre de Pantermühlen avaient trois roues à aubes). Dans le cas d'un moulin pendant, il est peu probable qu'un seul homme ait pu changer la hauteur de la roue dans un temps raisonnable et un fonctionnement sans accroc aurait exigé quatre personnes, mais uniquement dans le cas d'un changement du niveau du cours d'eau. La production d'une seule paire de meules tournant à faible vitesse ne devait pas entraîner beaucoup de travail en fonctionnement normal.

If from time to time the miller required help for short periods, an obvious source was his family. This would be quite likely if the mill formed his living accommodation, and there is evidence to suggest that it sometimes did.

Several pictures show chimneys (Fig. 3-5). This is hardly conclusive, but the Boucher picture of the mill at Charenton shows some activity at a window which is clearly domestic. While this may be artistic licence — which is very evident in some other details — his impression of domestic occupation is quite plausible.

Such occupation would explain the curious structures projecting from the sides of some of the mills in these pictures, and which still exist at Vernon. It is difficult to see any use for them in connection with milling; they are too small to provide much storage, and awkwardly placed for anything else. Domestic occupation could explain them. If we note that they were all on the downstream side, and over the river, an obvious use would be as the privy.

However, if some mills were so occupied, it could not have applied to them all. It is difficult to imagine the mills of Meaux used in this way, while the millers at Andé and Muids lived in extensions of the mill buildings, not in the mills themselves. These extensions seem slightly later than the mills.

## Technical Significance

The moulin pendant is a substantially more elaborate machine than the simple Vitruvian mill, developed at a particular date.

It appears to have been the first watermill to use the spurwheel gear. Before this discovery, the earliest reliable references to waterwheels with spurwheels are from 1735<sup>6</sup> and 1736<sup>7</sup>. Although the earliest illustration to explicitly show the spurwheel in a moulin pendant (Fig. 2) is later than these, I suggest that we may accept that it was used in even the earliest moulins pendants, for four reasons.

First, as the construction of the external parts remained unchanged, it is unlikely that the interior changed much either. Second, inspection of the earlier pictures shows little room for the drive gear, with the upright shaft close to the wall, so it is difficult to see how else it could have been designed. Third, if we deny the spurwheel, we must assume some other mechanism to accommodate the vertical movement of the upright shaft, and it is difficult to imagine a

Si de temps à autre, le meunier avait besoin d'aide pendant de courts moments, il pouvait faire appel à sa famille. C'était la solution probable lorsque la famille habitait le moulin, et il existe des indices qui font penser que cela était parfois le cas.

Plusieurs gravures font apparaître des cheminées (Fig. 3-5). Ce n'est guère concluant, mais le tableau de Boucher du moulin de Charenton montre une activité domestique à une fenêtre. Il s'agit peut-être, d'une licence artistique, mais comme certains autres détails vont dans le même sens, l'impression que le moulin était effectivement habité est possible.

Ceci expliquerait les curieuses constructions accolées aux côtés de certains moulins, dans ces tableaux, et qui subsistent toujours à Vernon. Il est difficile de leur attribuer un rôle dans la production de farine. Elles sont trop petites pour le stockage et mal placées pour toute autre fonction. Le fait d'être habitées expliquerait leur existence. Si elles n'avaient été toutes de l'autre côté du cours d'eau et en aval, on aurait pu penser qu'il s'agissait de cabinets d'aisances.

Toutefois si certains moulins étaient habités, ce n'était pas le cas général. Il est difficile d'imaginer que les moulins de Meaux aient été occupés de la sorte, alors que les meuniers d'Andé et de Muids, vivaient dans des annexes au moulin proprement dit et non dans le moulin même. Ces annexes semblent postérieures aux moulins.

## Importance

Le moulin pendant est un ensemble plus élaboré que le simple moulin de Vitruve qui a vu le jour à une date indéterminée.

C'est, semble-t-il, ce premier moulin à utiliser un engrenage à roues dentées droites. Avant cette découverte, les mentions les plus anciennes de roues à aubes avec engrenages à dents droites datent de 1735<sup>6</sup> et 1736<sup>7</sup>. Bien que l'illustration la plus ancienne montrant clairement un engrenage à dents droites dans un moulin pendant soit moins ancienne (Fig. 2), nous pouvons supposer qu'elle était utilisée dans les plus anciens moulins pendants pour 4 raisons :

D'abord, comme la construction des parties extérieures restait la même il est peu probable que l'intérieur ait beaucoup changé. Ensuite, l'examen des gravures anciennes ne fait apparaître que peu de place pour l'engrenage, l'arbre vertical étant placé près du mur, il est donc difficile d'imaginer quel autre dispositif aurait pu être réalisé. Si la roue dentée n'existe pas, il faut supposer un autre mécanisme pour permettre le mouvement de l'arbre vertical et il est difficile d'imaginer un

simpler means than the one we have found. Finally, the low wheel speed demanded a two-step gear.

At Andé, the overall gear ratio is 22.4 : 1, which is far more than is practicable from a single gear. Although the millstones are exceptionally large (2.01 m) they could hardly have run faster than about 80 rpm, giving a waterwheel speed of 3.6 rpm. This corresponds to a peripheral velocity of 0.85 m/s. This is a very low figure, particularly for an undershot wheel, and yet it is almost certainly an underestimate. More likely figures would be : — millstones turning at about 50 rpm, and a waterwheel velocity of only 0.53 m/s.

This implies a low water velocity, as we would expect from such a site. There was no damming ; the natural flow was left unobstructed in the main channel by-passing the mill, and the mill channel offered no obstruction other than the wheel itself. This makes it difficult to relate the velocities of water and wheel, as the wheel would have little effect on the flow. The situation resembles that of the boat mill, which rides a body of moving water far too large for the mill to influence, while it samples the available power by dipping a wheel into the surface of a small part of the flow.

The comparison with the boat mill goes even further. We would expect that the boat mill also needed two-step gear, for the same reasons, and most sources show that they used it<sup>8-10</sup>. One well-known exception is Verranzio<sup>11</sup>, but the reliability of his drawing is questionable. Of course, the spurwheel drive would not fit easily into a boat hull, so they used an arrangement based on a horizontal shaft (the German millwright's «liegende Vorgelege»). Beyern<sup>12</sup> gives tooth numbers, and the overall ratio is 25 : 1 ; very close to that at Andé.

It is also clear that the floating mill and the moulin pendant were solutions of the same problem : that of building mills on large rivers subject to great changes of level which could only be dammed at vast expense, yet with enough current to yield the limited power required by a small mill without resorting to such works.

This applies to what appears to be the earliest form of the moulin pendant. However, once established, the design was applied to some situations where some damming was possible.

A mill against a bridge automatically gains the benefit of some damming. Bridges at least increase the water velocity by reducing the cross-section

moyen plus simple que celui que nous avons trouvé. Enfin, la faible vitesse de la roue exigeait un double engrenage.

A Andé, le rapport est de 22.4 à 1 ce qui dépasse de loin les possibilités d'un engrenage simple. Puisque les meules sont exceptionnellement grandes (2,01 m) elles ne pouvaient guère dépasser 80 tours/minute ce qui donne une vitesse de la roue de 3,6 tours/minute et une vitesse à la périphérie de 0,85 m/s. Ce chiffre est très bas surtout pour une roue à aube plane et pourtant c'est certainement une surestimation. Les chiffres plus probables seraient : pour les meules 50 t/m et pour la roue 0,53 m/s.

Ceci implique une faible vitesse du courant qui serait normal dans un tel site. Pas de barrage, un débit naturel dans le canal principal contournant le moulin et dans la conduite passant sous le moulin ne comportant d'autre obstacle que la roue elle-même. D'où la difficulté d'établir un rapport entre la vitesse de l'eau et celle de la roue, étant donné que la roue n'aurait que peu d'influence sur la vitesse de l'écoulement de l'eau. La situation ressemble à celle d'un moulin à bateau qui se trouve au milieu d'une masse d'eau en écoulement, beaucoup trop grande pour que le moulin puisse avoir une influence quelconque, alors qu'il prélève une petite partie de l'énergie disponible en plongeant la roue à la surface d'une petite partie du courant.

La comparaison avec le moulin à bateau va encore plus loin. Il y a lieu de penser que ce moulin avait également besoin d'un engrenage à deux étages pour les mêmes raisons, ce que confirment la plupart des sources<sup>8-10</sup>. Une exception bien connue est Verranzio<sup>11</sup> mais la fiabilité de son dessin est douteuse. Bien sûr, un engrenage à roues dentées droites ne tient pas aisément dans une coque mais il est possible de l'y faire tenir en disposant l'arbre horizontalement (ce que les allemands appellent «liegende vorgelege»). Beyern<sup>12</sup> donne le nombre de dents et le rapport global est de 25 à 1, très proche de celui d'Andé.

Il est également clair que le moulin flottant et le moulin pendant constituent la solution du même problème : celui de la construction de moulins sur de larges cours d'eau à grandes fluctuations de niveau, qu'il était très coûteux d'endiguer, alors que le courant était suffisant pour fournir à un petit moulin la puissance dont il avait besoin sans recourir à des travaux coûteux.

Cette explication est valable pour le moulin pendant, sous sa forme primitive. Toutefois le même principe a été utilisé ensuite dans des cas où il était possible d'établir une sorte de barrage.

Un moulin accolé à un pont profite automatiquement d'un certain barrage. Les ponts augmentent la rapidité du courant, en réduisant le

of the channel, and mediaeval bridges often reduced the area considerably.

The moulin pendant at La Ferté-sous-Jouarre had a large dam extending across the river from the mill, while the four arches under the stone approach ramp contained weirs. An opening in the dam, blocked with wooden piles and rails, suggests a flash lock for navigation. The dam appears to be an addition, not part of the original structure.

Finally, two mills on the River Cher must have been built to use a supply from a dam. The Moulin de Boutet, at Châtres, was built on piles against a dam, and the two narrow water-wheels with their restricted lift could hardly have been intended to operate by the slow natural current.

The mill at Savonnières departed even farther from the northern design. The only available picture shows a 3-storey stone building against the bank with a weir extending across the river. The wheel was accommodated in an arched opening, and appears to have been carried in a slightly simplified form of the usual lifting frame. This was a «normal» mill site, with an almost conventional mill, but with the additional feature of the lifting mechanism to deal with the occasional flood.

Such sites were similar to those which, in Germany, were exploited by panstermühlen. It seems that away from its home region in the Paris basin, the moulin pendant was sometimes used out of familiarity, even though its special feature of a very large lifting range was not needed.

#### The Moulin Pendant in the Evolution of Mills

The direct influence of the boat mill in establishing the moulin pendant seems obvious. It is well known that the Seine drove floating mills in the 14th century, and probably much earlier. Given a preference for a fixed mill, the moulin pendant could satisfy it on such a river by using many of the lessons learnt from the boat mill.

The preference for fixed mills is more difficult to explain. The objections to the floating mill were real enough — the short life and heavy maintenance of the hull, obstruction to navigation, difficult access, and limited capacity — but they were not overwhelming. They were certainly not serious enough to prevent the floating mill surviving to quite modern times in some parts of Europe.

passage de l'eau, que les ponts médiévaux diminuaient souvent considérablement.

Le moulin pendant de la Ferté-sous-Jouarre possédait un long barrage à travers la rivière, et les autres arches sous la rampe d'accès comportaient des déversoirs. Une ouverture pratiquée dans la digue et obturée par des pieux en bois et des traverses indique la présence d'une écluse de secours. La digue elle-même ne fait pas partie de la construction primitive, mais s'y est ajoutée plus tard.

Enfin, deux moulins sur le Cher ont été construits pour fonctionner avec un barrage. Le moulin de Boutet, à Châtres a été construit sur pilotis contre la digue et les deux étroites roues à eau avec leur faible jeu en hauteur n'ont probablement pas été prévues pour fonctionner avec un lent courant naturel.

Le moulin de Savonnières s'écarte encore plus du type du Nord. La seule gravure dont on dispose montre un bâtiment de 3 étages en pierre contre la rive avec un déversoir coupant le courant. La roue est placée sous une arche, et le bâti mobile paraît d'une construction simplifiée. Il s'agit d'un site normal, avec un moulin ordinaire disposant d'un système permettant de modifier la hauteur de la roue, en cas de crue. Ces sites sont analogues à ceux où, en Allemagne, on trouve les panstermühlen. On dirait que sortie de sa région naturelle du bassin parisien, le moulin pendant se retrouvait ailleurs dans des situations où pourtant on n'avait pas besoin de ses possibilités de relevage de la roue.

#### Le Moulin Pendant dans l'Evolution des Moulins

L'influence du moulin à bateau dans la conception du moulin pendant est manifeste. Il est bien connu qu'il y avait des moulins flottants sur la Seine au 14ème siècle et même avant. Étant donné la préférence accordée au moulin fixe, le moulin pendant apportait la solution sur ce type de cours d'eau en reprenant un certain nombre de caractéristiques du moulin à bateau.

Il est difficile d'expliquer la préférence pour les moulins fixes. Les objections à l'encontre des moulins flottants étaient réelles. Faible durabilité et entretien coûteux de la coque, gêne à la navigation, accès difficile et faible capacité. Mais ces difficultés n'étaient pas insurmontables. Elles n'ont pas empêché le moulin flottant de survivre jusqu'à l'époque moderne dans certaines parties de l'Europe.

Although the moulin pendant solved some of these problems, it brought difficulties of its own. It certainly avoided the repair and replacement costs of the floating mill, and where durability was the main interest, the moulin pendant must have been attractive provided its construction costs could be met. However, its access was still not good (except when combined with a bridge) and the capacity no more than the floating mill. The miller must also have had mixed feelings about the change when he laboured to raise or lower the waterwheel, for the boat mill did this automatically.

So why was the moulin pendant adopted at all ? Why could the trade not remain with the floating mill ? The advantages must have been well balanced, for moulins pendants and floating mills co-existed on the Seine for centuries. There seems no clear technical reason for its introduction, and I suspect that the answer may lie with legal or political considerations. Property and Administrative boundaries might be formed by rivers (as they often are in England) and a mill which can change position might escape control, so a feudal landlord might well favour a fixed mill which would remain attached to his own domain.

The study of the structure and mechanism of mills frequently raises such questions, but can rarely answer them. The answers must be sought elsewhere, and because of its social and economic interest, I hope that those with the right expertise for such work will follow up this investigation.

In the evolution of mills, the moulin pendant appears to be a dead end. It might well have inspired the work which led to the panstermühle, but that is all. Although it used the spurwheel gear about three centuries before its general adoption, it is unlikely to have served as the example which led to that change. The most plausible suggestion<sup>13</sup> is still that most applications of the spurwheel were based on its use in the Dutch windmill, and the Dutch millwrights did not have to look to the moulin pendant for their ideas. When they developed the tower windmill they were already building spurwheel gear, in horsemills.

However, if the moulin pendant could not develop, it could at least survive, and it did. It served parts of northern France for about five centuries, attracting less and less attention, and when extinct, it seems to have been completely forgotten. I am very glad to be able to revive that memory, so that it may be possible to complete the history of an important regional variety of mill, and an early technical achievement.

Bien que le moulin pendant ait apporté la solution à certains de ces problèmes, il présentait ses propres difficultés. On évitait les coûts de réparation et de remplacement du moulin flottant, le moulin pendant présentant des avantages de durabilité, à condition de pouvoir financer sa construction. Toutefois l'accès n'était pas toujours facile (sauf lorsqu'il constituait en même temps un pont) et sa capacité n'était pas plus grande que celle d'un moulin flottant. Le meunier devait avoir des doutes sur l'intérêt du changement, lorsqu'il devait lever ou baisser la roue, car cette manœuvre se faisait automatiquement sur un moulin flottant.

Alors pourquoi a-t-on adopté le moulin pendant ? Pourquoi n'a-t-on pas gardé le moulin flottant ? Les avantages devaient être à peu près équilibrés car les deux types de moulins ont coexisté sur la Seine pendant des siècles. Il n'existe pas de raison technique bien claire justifiant l'introduction du moulin pendant, et je pense que l'explication se trouve dans des considérations d'ordre juridique ou politique. Les cours d'eau pouvaient constituer une limite administrative ou la limite d'une propriété privée (comme c'est souvent le cas en Angleterre) et un moulin mobile pouvait échapper à tout contrôle en changeant de position. Un seigneur pouvait donc préférer un moulin fixe qui ferait, en permanence, partie de son domaine.

L'étude de la construction et du mécanisme d'un moulin soulève souvent ce genre de question, mais ne permet guère d'y répondre. Les réponses doivent être recherchées ailleurs. En raison de l'intérêt économique et social de ces questions j'espère que d'autres poursuivront mon enquête.

Dans l'évolution des moulins, le moulin pendant semble se situer en bout de course. Il a peut-être inspiré des travaux qui ont conduit au panstermühle, mais c'est tout. Bien qu'il ait eu recours à l'engrenage à dents droites trois siècles avant son adoption générale, il est peu probable qu'il ait été le modèle conduisant à cette évolution. L'idée la plus plausible semble être que la plupart des applications de l'engrenage à dents droites étaient basées sur son utilisation dans le moulin à vent néerlandais et que les constructeurs hollandais n'avaient pas à chercher leur inspiration dans le moulin pendant. Lorsque les moulins à vent apparaissent, ils construisaient déjà les engrenages à dents droites dans leurs moulins à chevaux.

Toutefois, si le moulin pendant n'a pas eu de suite, il a pu au moins survivre pendant cinq siècles dans le Nord de la France, de moins en moins populaire jusqu'à son extinction. Je suis heureux d'avoir pu faire revivre sa mémoire, afin qu'il soit possible d'achever l'historique d'une variété importante de moulins régionaux, qui présente en même temps un progrès technique fort ancien.

**Acknowledgement** — I wish to thank Dr. H. Gleisberg for supplying the photograph of Haynsburg Panstermühle. Fig. 5 is reproduced by courtesy of the Trustees of the British Museum.

**Remerciements** — Je tiens à remercier le Dr. H. Gleisberg, de m'avoir fourni la photographie d'un panstermühle à Haynsburg. La Fig. 5 est reproduite avec l'autorisation du British Museum

## References

1. Jones, D.H. ; The Moulin Pendant, in Trans. 3rd Symp. Mol., Arnhem 1973.
2. Manuscript in the British Library ; Roy 15 E vi 4b.
3. Jones, D.H. ; The Moulin Pendant in Northern France, Trans. 5th Symp. Mol.
4. Stürm, L.C. ; Vollständige Muhlenbaukunst ; Augsburg 1718. This contains the first known description of a Panstermühle.
5. Gleisberg, Dr. H. ; Stellwerke in Wassermühlen, das «Hauptstück der Mühlenbaukunst», in Das Wassertriebwerk, Mai 1962.
6. Forest de Bélidor, B ; Architecture Hydraulique ; 1737, L II, Plate 8.
7. Beyern, J.M. ; Theatrum Machinarum Molarium..., Leipzig 1736, s68 & Tab. XXIII.
8. Beyern ; s78 & Tab. XXIV.
9. Spectacle de la Nature ; 1753. It illustrates the single-hulled two-wheel type of floating mill used on the Seine.
10. Irimie, C. ; Floating Mills on Boats in Rômania, in Trans. 2nd Symp. Mol., København 1969.
11. Verranzio, F. ; Machinae Novae, ca 1500.
12. Beyern, s73.
13. Jespersen, A. ; Gearing in Watermills ; Virum 1953.



## DISTRIBUTION of the MOULIN PENDANT

● Moulin pendant site. C. Gibbons 1981

0 10 20 30 40 50 km

