

## **Le premier instrument de musique mécanique dans le monde arabe**

La musique mécanique plante ses racines dans un manuscrit arabe datant du IXe siècle de notre ère. Ce manuscrit attribué au Banû Mûssa ben Chakir est intitulé: "Al-Alat allati tuzamiru binafsiha" (L'instrument qui donne un son de lui-même ).  
(voir :la première page du manuscrit, sa transcription et sa traduction )

### **Notice biographique des Banû Mûssa**

Les Banu Musa Ben Chaker, trois frères du IIIe siècle de l'hégire (Abû Dja'far, Abu al-Qasim et Al-Hassan), qui sous les Abbasides , depuis AL-Ma'mun jusqu'à AL-Mutawakil, se sont faits un nom comme mathématiciens, astronomes, techniciens et musiciens ; ils ont même à l'occasion joué un rôle politique. Leur père Mûssa Ben Chaker était astronome et astrologue à la cour du calife Al-Ma'mun (813-833 après J.C).

Après le décès de Mussa, Al-Ma'mun s'est chargé des trois fils et les ait confié à l'astronome Yahya ben abi Mansûr pour qu'il leur enseigne les mathématiques dans son école "la maison de la sagesse" fondée à cette époque.

Ainsi les Banû Mûssa pénétrèrent relativement jeunes dans ce cercle de savants qui par leurs traductions précises introduisirent la science grecque à l'Islam et préparèrent par leurs recherches originales l'épanouissement des sciences qui caractérise le IIIe et le IVe siècle de l'hégire ( IXe – Xe de notre ère) .

### **Le manuscrit**

L'original de ce manuscrit se trouve dans un petit livre qui comprend un ensemble de lettres traitant des sujets divers. Ce livre appartient à la bibliothèque de l'école nationale des Grecs Orthodoxe à Beyrouth –Liban. Cette école est connue encore sous le nom de "l'école des trois lunes". Une photo copie de ce manuscrit se trouve à la bibliothèque de l'université des frères Jésuite (Beyrouth – Liban) et une autre à la bibliothèque de l'université américaine (Beyrouth – Liban).

L'intérêt de ce manuscrit réside dans sa richesse scientifique touchant à plusieurs domaines. Il est composé de dix neuf pages dont le contenu est divisé en quatre parties .

La première partie s'intéresse à la description de l'instrument et son fonctionnement . La deuxième traite deux méthodes d'enregistrement graphique afin de distribuer les chevilles sur le cylindre pointé selon la mélodie désirée. La troisième s'attaque au domaine des automates et la quatrième renferme tous les conseils nécessaires au bon fonctionnement de l'appareil .

Notons que le transcripateur a négligé tous les schémas, de sorte que juste les descriptions s'y présentent. Pourtant les auteurs répètent à plusieurs reprises l'expression ;"comme nous l'avons dessiné".

La description claire et minutieuse nous a permis de faire une reconstitution de l'instrument à trois dimensions sur ordinateur suivie d'une animation.

### **I - Description de l'instrument**

Dans son ensemble, l'instrument se compose de quatre parties, bien distinctes, dont chacune comporte plusieurs éléments.

#### ***1- Le corps principal de l'instrument ou la pompe d'air***

Il est formé essentiellement d'une grande cuve parallélépipédique, divisé verticalement en deux compartiments identiques (C) et (C').

Chaque compartiment comporte les éléments suivants:

A – Un levier composé d'une barre rigide mobile autour d'un axe horizontal (X) fixé aux parois du compartiment. Un récipient (V) et un contrepoids (W), fixés respectivement aux deux bouts de la barre, accordent l'équilibre du levier si le récipient (V) est vide. Au fond de ce dernier on a pratiqué un petit trou pour le vider (Fig-1- en perspective et fig 1 en couleur trois dimensions)

B – Une soupape (S) reliée au récipient (V) par une chaîne, est fixée au fond du compartiment. C'est par l'intermédiaire de cette chaîne que la soupe s'ouvre pour se refermer sous l'action de son poids ( vue en perspective Fig. - 2 - )

C- Un tuyau d'échappement (MN) soudé en (M) à la surface supérieure du compartiment (C) de la pompe, conduit l'air au ballon de compression. L'extrémité (N) porte un clapet (non représenté) qui s'ouvre sous l'action de la pression de l'air et se referme sous l'action de son poids. Un petit tuyau (mn) dont l'extrémité (n) est bien soudée à la surface supérieur du compartiment pénètre à l'intérieur de ce dernier. Son rôle est de ramener l'air au compartiment au moment de son vidage. (Fig -3-)

## **2 - Le distributeur d'eau,**

Il est formé d'un bassin parallélépipédique (B), toujours plein d'eau, qui se monte directement sur le corps principale de l'instrument c'est-à-dire sur la grande cuve à deux compartiments (C) et (C'). Deux tuyaux, munis chacun d'un robinet régulateur du débit d'eau (I), traversent le fond du bassin(B) et montent jusqu'au deux tiers de sa hauteur pour se recourber jusqu'au tiers. L'extrémité recourbée porte une petite soupape (J) munie d'une petite tige. La seconde extrémité de chaque tuyau, traverse la surface supérieure du compartiment correspondant. À cette extrémité on a accordé le godet (g) qui doit rentrer dans le récipient (V). Ce godet est muni d'un petit clou fixé dans son fond et qui rentre directement dans le trou du récipient pour le débarrasser des résidus calcaires précipités par l'eau(Fig.- 4 )

Un axe vertical (K), dont l'une des deux extrémités est mobile dans un trou pratiqué au milieu d'une traverse horizontale (fg) montée au-dessus du bassin (B). Tandis que l'autre traverse verticalement la surface supérieure du bassin (B) pour se poser dans un trou pratiqué dans une petite plaque de bois fixé au fond de (B). Cet axe porte un demi-anneau (pq) qui plonge dans l'eau et qui doit tourner dans un plan horizontal au-dessous des deux soupapes (J) et (J') (Fig. - 5). Ce même axe porte aussi, dans un plan horizontal au- dessus du bassin un disque denté (d) qui forme avec un pignon (Z) un système d'engrenage droit. L'axe horizontal du pignon (Z) porte une roue hydraulique (D) (roue à aubes) actionnée par l'eau du robinet (A) qui est alimenté par le grand réservoir d'eau (R) (Fig.- 4).

## **3 - Le ballon compresseur d'air**

Les deux tuyaux (MN) et (M'N') se recourbent horizontalement à l'intérieur d'une grande sphère (S) ou ballon de compression. Aux deux bouts opposés de ces deux tuyaux se trouve un clapet (non représenté), qui en l'absence de la pression de l'air se referme sous l'action de son propre poids. Cette sphère qui reçoit continuellement de l'air par l'un ou l'autre des deux tuyaux recourbés, est munie d'un coude (E) solidaire à un tube (T) où de nouveau l'air est comprimé puis refoulé à la flûte d'où il sort par ses trous selon la programmation d'un air musical (Fig. -3) .

#### **4 - La flûte siffleuse et son cylindre compositeur des mélodies**

Un tuyau sonore, percé de neuf trous et muni d'un sifflet, forme la flûte (F). Huit tiges rigides (L) mobiles autour d'un axe horizontal parallèle à l'axe du tuyau, ouvrent et ferment les trous de la flûte, tandis que le neuvième trou reste toujours ouvert. Chaque tige porte à l'une de ses deux extrémités une rondelle associée au trou tandis que l'autre extrémité s'appuie sur la surface latérale du cylindre sur lequel ont été composées la mélodie, munie de picots et de ponts.

#### ***Le cylindre porteur des mélodies et son entraînement par une roue à aube.***

Sur la surface latérale d'un gros cylindre (U), mobile autour d'un axe horizontal, sont fixées, suivant des lignes circulaires parallèles aux tiges de transmission, des chevilles assez épaisses dont les longueurs sont proportionnées aux notes d'une mélodie bien choisie. Ce cylindre tourne d'un mouvement circulaire uniforme grâce à un système d'engrenage droit formé de deux disques dentés (O) et (H). Le premier (O) est mis en rotation par une chute d'eau actionnant une grande roue à aubes (D') solidaire à son axe. Le mouvement de rotation de (D') peut être accéléré en recevant un courant d'eau supplémentaire venant d'un autre robinet fixé au grand bassin d'eau qui alimente un système régulateur du débit formé par le petit récipient et son contrepoids. (Fig.-6-figure générale).

**Remarque:** La figure générale montre tous les éléments de l'instrument. Signalons que les leviers formés par les tiges qui sont actionnées par les picots du cylindre pointé sont à bras inégaux. Le bras qui porte la rondelle feutrée est plus long donc plus lourd afin qu'une fois libéré de la cheville tombe sous l'action de son poids et ferme hermétiquement l'orifice de la flûte.

## **II- Fonctionnement de l'instrument**

Afin de bien comprendre le fonctionnement de la machine il est nécessaire de suivre les explications tout en examinant point par point le plan d'ensemble de la figure d'ensemble 6

Une chute d'eau venant du robinet (A) alimenté par le réservoir (R), exerce par son poids une force sur les aubes de la roue hydraulique (D) et la fait tourner. Cette roue entraîne avec elle la rotation du pignon (Z) fixé à son axe et par la suite du disque denté (d) dont les dents s'engrènent avec le pignon (Z). La rotation du disque (d) entraîne la rotation de l'axe (K) et du demi-anneau (W). La rotation de ce dernier, qui se trouve dans un plan horizontal au-dessous des soupapes J et J', entraîne l'ouverture de ces deux soupapes alternativement. Dès qu'une soupape est ouverte, l'eau pénètre dans le tuyau correspondant pour remplir le godet (g') et se déverser dans le récipient (V'). Ce dernier plein rompt l'équilibre du levier et ferme la soupape (S') du compartiment (C') pour permettre à l'eau de s'y accumuler. Durant le remplissage du compartiment (C') l'air est chassé par le tuyau (M'N') dans le ballon de compression (S). Entre temps le demi-anneau (pq) aura terminé son demi-tour et vient d'ouvrir la soupape opposée (J) tandis que (J') une fois libéré se referme sous l'action de la force de traction d'un ressort qui lui est accordé. Le même phénomène se reproduit du côté du compartiment (C) qui se remplit à son tour pour refouler l'air par le tuyau (MN) au ballon de compression. Durant le remplissage du second compartiment (C) La

soupape (J') se referme et le récipient (V') commence à se vider par le petit trou pratiqué dans son fond. Une fois vide il bascule vers le haut pour refaire l'équilibre du levier avec le contrepoids, tire la chaîne pour ouvrir la soupape (S') et c'est le compartiment (C') qui commence à se vider pendant que l'autre (C) est entrain de se remplir.

Notons que, tant que le grand réservoir d'eau alimente le robinet l'air comprimé alimente la flûte. Les leviers associés à cette flûte sont actionnés par les picots du cylindre musical. Ce dernier tourne autour de son axe principale d'un mouvement circulaire uniforme par l'intermédiaire de la roue hydraulique fixé à son axe.

### **III-Enregistrement et distribution des picots sur le cylindre musical**

Pour distribuer les picots sur le cylindre musical, les Banû Mûssa propose la méthode suivante :

On considère un grand cylindre en bois, on enduit sa surface de la cire noire et on lui accorde un système d'engrenage (non représenté) qui lui permet de tourner d'un mouvement circulaire uniforme autour de son axe principal.

De plus, on dispose de huit réglettes mobiles autour d'un axe horizontal parallèle à l'axe du grand cylindre. Chaque réglette est attachée à un doigt d'un flûtiste par une ficelle fine et rigide. L'autre extrémité pointue doit s'appuyer sur la surface latérale du cylindre (Fig.- 7 - )

On met le cylindre en mouvement et on demande au flûtiste de jouer sa mélodie. Ainsi, on remarque directement des traces assez claires sur la cire. En effet, lorsque le flûtiste relève son doigt pour ouvrir un trou de la flûte, la ficelle qui lie son doigt à une réglette relève l'extrémité de cette dernière afin que l'autre extrémité qui affleure la surface de la cire appuie plus profondément et laisse une gravure. L'action se répète pour chaque doigt, donc pour chaque note. Ainsi les notes de la mélodie sont bien gravées sur la cire.

Finalement, il suffit de mesurer les longueurs respectives des gravures, de tailler les picots correspondants, et de les fixer sur le cylindre musical de l'instrument tout en respectant l'ordre et les distances qui les séparent.

#### ***Changement de mélodie***

Dans le texte, les Banû Mûssa proposent deux méthodes pour enregistrer plusieurs mélodies sur un même cylindre.

##### **Première méthode**

Cette première méthode consiste à agrandir le diamètre de la roue musical afin de pouvoir enregistrer deux ou trois mélodies qui se succèdent pour un seul tour.

##### **Deuxième méthode**

Par cette méthode, les Banû Mûssa proposent d'augmenter la longueur du cylindre et de lui accorder un mouvement de translation latéral ou même hélicoïdal.

### **IV- Les automates**

Dans cette partie du texte, les Banû Mûssa explique le mécanisme d'un flûteur automate donnant par là le premier embryon d'un androïde (fig. – 8)

Ils disent: " Si l'on veut créer un androïde flûtiste, il suffit d'incorporer tout l'instrument dans le corps même d'une statue, de fixer la flûte dans sa bouche et

d'habiller les leviers en doigts et le adapter à ses bras. De plus il faut recourber ces leviers à l'intérieur du corps de la statue pour qu'ils aboutissent aux picots fixés sur le cylindre musical. Enfin il faut introduire les conduits d'air dans le corps de la statue et les diriger vers sa bouche donc vers l'ouverture de la flûte. On peut encore cacher tout l'instrument dans un endroit invisible et de ne faire apparaître que le flûtiste qui joue sur sa flûte".

Puis les Banû Mûssa explique le fonctionnement de l'androïde comme suit: " lorsqu'on alimente l'ensemble de l'appareil par la quantité d'eau nécessaire au mouvement de tous ses éléments, l'air arrive continuellement à l'embouchure de la flûte. Le flûtiste chante alors la mélodie enregistré sur le cylindre musical par l'intermédiaire du mouvement des leviers (donc les doigts). Lorsque les doigts du flûtiste bouchent les huit trous de la flûte, on entend la note produite par le neuvième trou, qui est toujours ouvert. Puis les autres notes de la gamme se succèdent par le jeu des leviers actionnés par les picots du cylindre pointé. De cette façon, la statue compose toute la mélodie enregistrée sur le cylindre tout en maniant ses doigts sur la flûte comme un véritable instrumentiste".

Puis les Banû Mûssa ne tardent pas à donner les notes produites par chaque trou de la flûte en comparaison avec les notes des cordes du luth.

Au temps des Banû Mûssa le luth est formé de quatre corde tendu sur sa caisse de résonance (al-Bamm, al-Mathlath, al-Mathna et al-Zir ) (Fig.-8). Chaque corde peut produire cinq note selon qu'elle est libre (Motlaq) ou pincer par un doigt à une position bien déterminée (Fig.- 9).

La comparaison faite par les Banû Mûssa nous a permis de traduire la gamme produite par les trous de la flûte en note moderne d'où les deux cas présentés dans la figure -10

Dans le premier cas, la première corde (al-Zir), celle qui donne les notes les plus aiguës, occupe la position la plus basse par rapporte au luth, pris à l'état d'action. Les autres cordes se succèdent de la façon suivante : Du haut en bas al-Bamm, al-Almathlath, al-Mathna , al-Zir

Dans le second cas c'est : al-Zir , al-Mathna, al-Mathlath, al-Bamm(Fig.-10).

La figure 11 représente les notes émises par les trous de la flûte d'après les Banû Mûssa.

#### **V- Les précautions à prendre pour un bon fonctionnement de l'appareil.**

Dans le dernier paragraphe du texte, les Banû Mûssa relatent des conseils précieux pour le bon fonctionnement de l'appareil ce qui montre que l'appareil fût sans doute réellement construite. Ils disent: "Il faut que nous examinons attentivement la flûte comme instrument, afin que les doigts soient bien accordés. Nous devons aussi examiner la partie interne de la flûte pour qu'il n'y ait pas des fils d'étoffe ou quelque chose de semblable qui gêne le son. La flûte sera adoucie par une onction de matière grasse. On mettra sur les soupapes qui font la fonction des doigts, de la pommade chinoise, ou de la pommade épaisse, afin qu'il n'y ait pas de fuite d'air et qu'elles donnent juste la note voulue. Nous vérifions l'adhésion du grain de résonance (le sifflet) inséré dans l'embouchure de la flûte, pour qu'il n'y ait pas de fuite d'air de son contour. Nous vérifions encore la valve du robinet et son corps afin que, après avoir été adapté au robinet, cette valve ne le bouche pas s'il n'est pas bien fermé. Nous examinons aussi les robinets accordés aux tuyaux d'air afin que chacun s'ouvre au moment voulu. Nous vérifions le mouvement de rotation des roues hydrauliques et celle du cylindre musical. Nous accordons notre attention aux deux soupapes des tuyaux recourbés afin que chacune s'ouvre au moment voulu. Quand l'une de ces deux

soupapes s'ouvre, l'eau se déverse dans le petit godet et de là dans le récipient qui permet d'ouvrir et de fermer la soupape inférieure d'un des compartiments de la pompe. Il faut faire attention à ce que chaque compartiment ne se remplisse jamais complètement, car dans ce cas le petit récipient ne se vide pas et la soupape inférieure ne s'ouvre pas pour vider à son tour le compartiment. Nous vérifions aussi l'état des compartiments afin qu'il n'y ait pas de fuite d'air. Nous examinons encore le grain de résonance et le son qu'il donne avant qu'il ne soit ajusté à la flûte, pour qu'il donne un son net et clair, Nous vérifions s'il contient des cheveux ou des traces de poussière qui le gênent. Nous veillerons à la vitesse de rotation des roues hydrauliques. Cette vitesse doit être uniforme de valeur moyenne, ni trop rapide, ni trop lente car c'est cette vitesse qui régularise la continuité du mouvement de la machine".

## **Conclusion**

Une étude technique critique et analytique de ce traité nous a permis de montrer que l'instrument siffleur des Banû Mûssa est un orgue hydraulique mécanique automatique.

Le nom d'orgue hydraulique est accordé à cet instrument après sa comparaison avec l'hydraule de Ctésibios (3<sup>e</sup> siècle avant J.C., à Alexandrie) et son mécanisme de fonctionnement. Certes les tuyaux de Ctésibios dont chacun produit une seule note sont remplacés chez les Banû Mûssa par la flûte à neufs trous capable de produire neufs notes différents.

Le cylindre musical pointé, élément de base d'un instrument de musique mécanique, qui est lié à l'instrument siffleur des Banû Mûssa, nous a permis de lui donner le nom d'orgue hydraulique mécanique.

Le fonctionnement automatique de l'instrument sous l'action de la pression de l'eau et de son poids qui actionne les systèmes d'engrenages, nous oblige à lui accorder le nom « d'orgue hydraulique mécanique automatique ».

Dans cet œuvre, les Banû Mûssa ont montré un génie vivant présentant des nouveautés dans plusieurs domaines scientifiques. Ainsi on leur doit trois inventions scientifiques majeures : la musique mécanique, l'enregistrement graphique et l'androïde musical.

*Ainsi la description minutieuse qui se présente le texte des Banû Mûssa nous incite largement à tenter la reconstitution de cet instrument datant du IX<sup>e</sup> siècle de notre ère. Il n'y a plus qu'à trouver le lieu et les fonds nécessaires.*

## **L'apport des Banû Mûssa à la musique mécanique**

Avec les trois frères « Banû Mûssa », la musique mécanique a pris son essor dans le monde arabe à la fin du IX<sup>e</sup> siècle de notre ère.

Ils ne se sont pas contentés d'utiliser le cylindre pointé qui est un élément de base de la musique mécanique, mais ils ont englobé tout ce domaine ne donnant des procédés techniques assez avancés pour :

- Enregistrer graphiquement une mélodie à partir d'un flûtiste humain
- Répartir les chevilles sur le cylindre musical suivant une mélodie bien rythmée
- Accélérer ou retarder la vitesse de jeu suivant le rythme désiré
- Enregistrer sur un même cylindre deux ou trois mélodies
- Donner à ce cylindre un mouvement de translation latéral ou même hélicoïdal, pour passer d'une mélodie à une autre

- Associer au cylindre outre les leviers de la flûte, d'autres leviers permettant d'actionner des automates : luthiste, joueur de tambour ou danseuse , proposant par là un véritable orchestre automatique.

Mona Sanjakdar Charani