

## Mini-projet : le Thérémine

### Présentation

D'après Wikipedia, article Thérémine

Le thérémine, theremine, theremin ou thereminvox est un des plus anciens instruments de musique électronique, inventé en 1919 par le russe Lev Sergeïevitch Termen (connu sous le nom de Léon Theremin). Composé d'un boîtier électronique équipé de deux antennes, le thérémine a la particularité de produire de la musique sans aucun contact physique de l'instrumentiste. Dans sa version la plus répandue, on contrôle la hauteur de la note de la main droite, en faisant varier sa distance par rapport à l'antenne verticale. L'antenne horizontale, en forme de boucle, est utilisée pour faire varier le volume selon sa distance par rapport à la main gauche.



**Leon Theremin avec son instrument**

Dans les années 1950, le thérémine a été largement utilisé pour créer les ambiances sonores des films de science-fiction. On le retrouve depuis régulièrement dans la musique populaire ou électronique, par exemple :

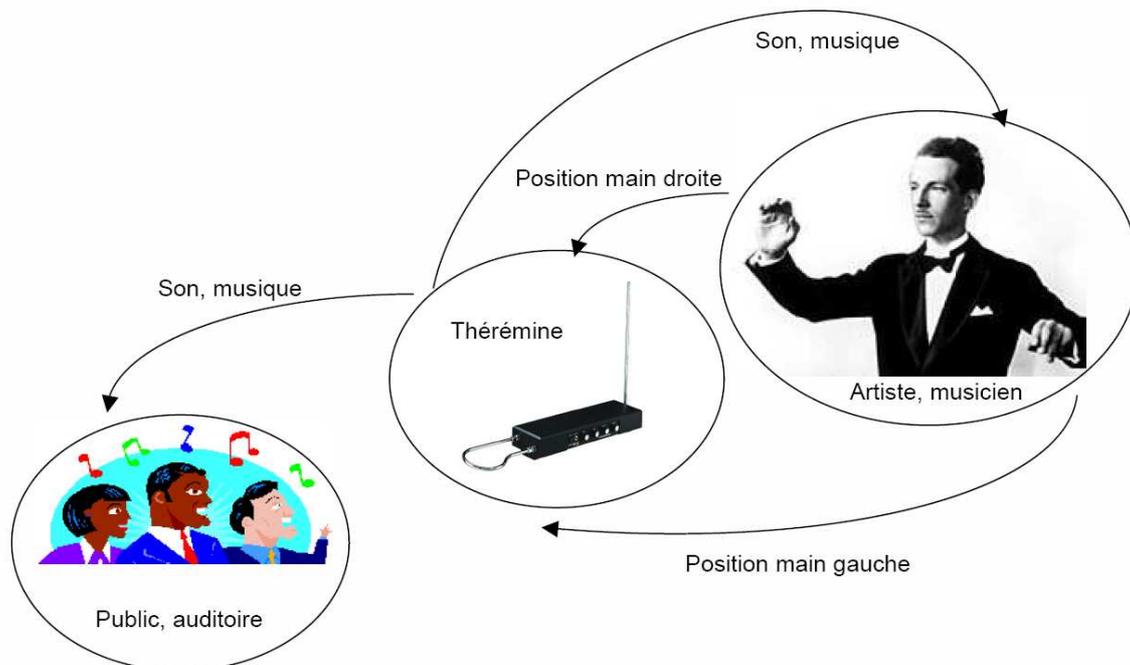
**The Beach Boys** : sur les morceaux Good Vibrations et I Just Wasn't Made For These Times. Il s'agit en réalité d'un instrument proche, le Tannerin, inventé et joué par Paul Tanner. **Bee Gees, Led Zeppelin** : sur le morceau whole lotta love, **Nine Inch Nails** (Notamment Charlie Clouser sur plusieurs morceaux de l'album live And All That Could Have Been, comme l'intro de Sin ou Just Like You Imagined), **Zazie** : sur le morceau Cyber de l'album Rodéo Tour extrait de la tournée du même nom. On peut citer aussi **Jean Michel Jarre** comme utilisateur épisodique du thérémine sur des morceaux comme Oxygène 10, les Chants magnétiques 1 ou encore plus récemment Zoolookologie, lors du concert à Pékin en 2004.

## Principe

*D'après Wikipedia, article Thérémine*

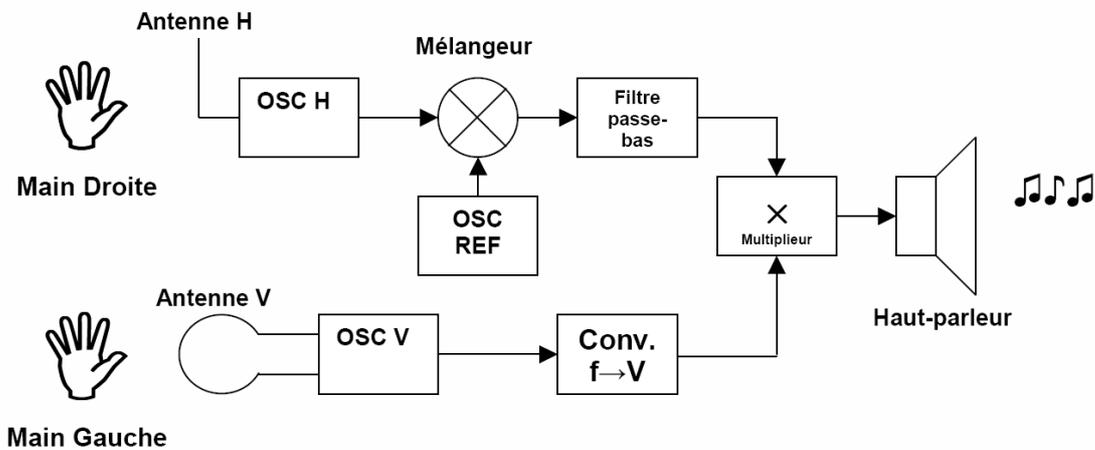
Le signal audio est généré par un oscillateur hétérodyne à tubes électroniques. Deux signaux de fréquences élevées (l'un fixe à 170 kHz, l'autre variable entre 168 et 170 kHz) se combinent pour former un battement et fournir un signal audible, entre 20 et 20000 Hz. L'effet de capacitance apporté par le corps de l'instrumentiste, à proximité des antennes, affecte la fréquence produite, tout comme une personne se déplaçant dans une pièce peut altérer la qualité d'une réception de radio ou de télévision. Cette caractéristique est mise à profit dans le thérémine, et la combinaison des deux mains, l'une contrôlant le volume et l'autre la hauteur de la note, permet d'obtenir des effets sonores insolites. Le thérémine, disposant d'un seul oscillateur, est un instrument monophonique. Son timbre, que l'on ne peut modifier, s'apparente de loin à celui de la voix humaine ou à celui de la scie musicale.

## Diagramme sagittal du système



## Schéma fonctionnel

Schéma fonctionnel d'un Thérémine «traditionnel»



### Fonctionnement et rôle des différentes fonctions

**Antenne H et oscillateur H :** Ils constituent le capteur associé à la main droite qui définit la hauteur (H) du son. Lorsque la main droite s'approche ou s'éloigne de l'antenne H, la fréquence  $f_H$  de l'oscillateur H varie.

**Antenne V et oscillateur V :** Ils constituent le capteur associé à la main gauche qui définit le volume (V) du son. Lorsque la main gauche s'approche ou s'éloigne de l'antenne V, la fréquence  $f_V$  de l'oscillateur V varie.

**L'oscillateur de référence (OSC REF) :** C'est un oscillateur sinusoïdal de fréquence fixe  $f_{REF}$ .

**Le mélangeur :** Il reçoit le signal de sortie de l'oscillateur H et celui de l'oscillateur de référence. Il effectue le mélange (la multiplication) des deux signaux. En sortie du mélangeur, on obtient un signal ayant des composantes aux fréquences  $f_H - f_R$  et  $f_H + f_R$ .

**Le filtre passe-bas :** Il permet de ne conserver que la composante basse fréquence du signal de sortie du mélangeur soit  $f_H - f_R$ .

**La conversion fréquence-tension :** Elle permet de fournir une tension continue proportionnelle à la fréquence du signal  $f_V$ .

**Le multiplieur :** Il effectue la multiplication entre le signal basse fréquence issu du filtre passe-bas et le signal continu issu de la conversion fréquence tension.

**En sortie du multiplieur, on obtient donc un signal basse fréquence dont la fréquence varie en fonction de la position de la main droite et dont l'amplitude varie en fonction de la position de la main gauche.**

## **Spécifications visées et cahier des charges du système**

### Spécifications visées pour le système complet :

Sensibilité de la position de la main par rapport à l'antenne : 0 à 30 cm

Variation de la fréquence : Au moins 1 décade (100Hz à 1KHz)

Variation du volume : de 0% à 100%.

Fréquence des oscillateur H et V : A définir en cours de projet (recherche bibliographique) mais vraisemblablement entre 100KHz et 1MHz.

Le sens de variation de la hauteur et du volume devra être conforme aux thérémines « du commerce ».

## **Liste des différents mini-projets**

Oscillateur H et Oscillateur V : 1 à 2 projets (\*)

Multiplieur et adaptation audio : 1 projet (\*)

Conversion fréquence-tension : 1 projet (\*)

Oscillateur de référence + mélangeur + filtre : 1 projet (\*)

Thérémine Labview : 1 projet

Thérémine numérique : 1 projet

Capteurs H et V pour thérémine numérique et Labview : 1 projet

\* : projets obligatoires devant être absolument retenus.

## **Spécifications et organisation du travail pour chaque mini projet :**

### Points communs à tous les projets :

Tous les modules sont alimentés en +12V,0V,-12V (si nécessaire)

Déroulement de l'étude (pour tous les projets sans logiciel) :

- Etude bibliographique : recherche de schémas sur internet

- Réalisation d'une maquette sur plaquette d'essais

- Réalisation d'un circuit imprimé réalisant la fonction, dès que le schéma est stabilisé.

(Outil CAO au choix de l'étudiant : proteus ou protel ou autre)

### **Oscillateur H et Oscillateur V (et antenne associées):**

Caractérisation de la variation de fréquence en fonction de la position de la main. L'écart de fréquence absolu doit être au moins de 1 KHz pour une position de la main de 0 à 30 cm de l'antenne.

Le schéma de base de chaque oscillateur (H ou V) pourra être commun, les fréquences devront être suffisamment différentes (pour éviter les interférences).

L'amplitude des signaux de sortie de chaque oscillateur devra être comprise entre 1V et 10V avec possibilité de réglage (potentiomètre).

**Techniques et circuits mis en jeu :** Electronique analogique, oscillateur, transistors, etc..

### **Multiplieur et adaptation audio :**

Cette fonction réalise la multiplication d'un signal audiofréquence (100Hz à 10KHz) d'amplitude 1V par un signal continu d'amplitude comprise entre 0 et 10V.

Le signal de sortie doit attaquer directement une paire d'enceintes amplifiées (type enceintes PC).

Si le temps le permet, prévoir un réglage du timbre (de la forme de l'onde).

**Techniques et circuits mis en jeu :** Electronique analogique, multiplieur, etc..

### **Conversion fréquence-tension :**

Réaliser à partir d'un signal de fréquence variable (cf projet oscillateur V), une tension continue comprise entre 0 et 10V pour une fréquence comprise entre  $f_{\text{MIN}}$  et  $f_{\text{MAX}}$ . La caractéristique fréquence tension devra être sinon linéaire, au moins monotone.

On étudiera la possibilité d'utiliser le circuit intégré PLL 4046.

**Techniques et circuits mis en jeu :** Electronique analogique, boucles à verrouillage de phase (PLL), etc..

### **Oscillateur de référence + mélangeur + filtre :**

Réalisation de l'oscillateur : la fréquence de celui ci devra être ajustable. Sa fréquence est telle que le battement avec l'oscillateur H devra être audible. Amplitude de l'ordre de 1 à quelques volts.

Le mélangeur doit recevoir le signal issu de l'oscillateur H et de l'oscillateur de référence.

On étudiera la possibilité d'utiliser le circuit intégré PLL 4046.

**Techniques et circuits mis en jeu :** Electronique analogique, boucles à verrouillage de phase (PLL), oscillateur, etc..

*Pour les projets qui suivent, le schéma fonctionnel n'est plus celui du Thérémine « traditionnel ».*

### **Thérémine Labview :**

Réalisation d'un Thérémine virtuel sur labview. On suppose que des capteurs de position de la main délivrent 2 tensions H et V comprises entre 0 et 10V. On dispose de 2 entrées analogiques H et V, le son est fourni par la carte son du PC.

**Techniques et circuits mis en jeu :** Labview

### **Thérémine numérique :**

But de l'étude : réaliser un thérémine, à plusieurs timbres à partir d'une carte carillon CPLD. On suppose que des capteurs de position de la main délivrent 2 tensions H et V comprises entre 0 et 10V. Il s'agit de définir et de valider les modifications à effectuer.

**Techniques et circuits mis en jeu :** Electronique numérique, CPLD et VHDL, électronique analogique, etc..

### **Capteurs H et V pour Thérémine numérique et Labview :**

Réaliser 2 capteurs de position qui délivrent une tension comprise entre 0 et 10V en fonction de la position de la main. Plusieurs techniques possibles : capteur à ultrason, autres capteurs. Cette étude nécessite une recherche bibliographique approfondie des solutions technologiques.

**Techniques et circuits mis en jeu :** Capteurs, conditionneurs, etc..

Retrouvez d'autres cours et documents sur :

<http://www.louisreynier.com>