

## EX 2.1 - L'ORGUE HAMMOND

Depuis la découverte de l'électricité, de nouveaux instruments, dont l'orgue Hammond, ont été inventés, sans aucune pièce vibrante.

**Comment cet instrument émet-il des sons ?**



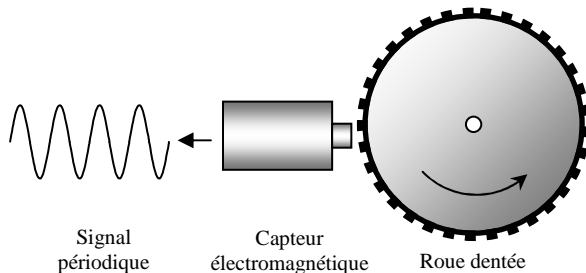
Laurens Hammond (1895-1973) et son orgue

### Document 1 : L'invention d'un nouvel instrument

Laurens Hammond, horloger de métier, est né en 1895 à Evanston dans l'Illinois (États-Unis). C'était un véritable chercheur, aventurier, à une époque où grâce à la « fée électricité », la technologie moderne prenait tout son envol. Au début des années 1930, après avoir conçu une table de bridge automatique et les prémices de l'embrayage automatique pour automobile, il imagina un instrument de taille modeste et capable de reproduire les sons d'un orgue à tuyaux. Cet instrument fonctionnait grâce à un générateur de sons révolutionnaire, constitué d'un moteur synchrone aussi précis qu'une horloge et qui permettait de faire tourner des dizaines de roues phoniques avec une fréquence stable.

### Document 2 : Le principe de la roue phonique

La « roue phonique », inventée à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, est un générateur de fréquence monophonique. Le principe est simple : une roue crantée tourne à une vitesse déterminée devant un capteur électromagnétique. Ce capteur « voit » donc un objet de métal qui oscille. Si la roue a 20 dents et qu'elle tourne à 50 tours par seconde, le capteur voit l'objet qui oscille  $20 \times 50 = 1.000$  fois par seconde. Le capteur produit, à sa sortie, une tension électrique qui oscille à 1.000 Hz. On obtient ainsi un générateur de fréquence, dont le signal peut être amplifié.



### Document 3 : De la roue phonique à l'instrument complet.

Le principe de l'orgue Hammond, commercialisé en 1934, consiste à mettre des séries de roues phoniques sur plusieurs axes tournant à différentes vitesses, chaque roue aillant un nombre déterminé de dents. Un capteur se trouve en face de chacune, pour obtenir au final toutes les fréquences, demi-ton par demi-ton, entre le Do le plus grave (32 Hz) et la note la plus aiguë « utile », en l'occurrence un Fa# (8 000 Hz).

### Questions

1. Quels sont les premiers objectifs d'un instrument électroacoustique ?
2. Quel est le point commun entre une roue phonique et une corde de guitare ?
3. Quels paramètres permettent de modifier la fréquence du signal créée par la roue phonique ?
4. Pourquoi l'orgue Hammond est-il constitué de plusieurs roues phoniques ?
5. Justifier le terme de « synthèse additive » utilisé pour décrire la création d'un son complexe à l'aide de roues phoniques.
6. On souhaite émettre une note la plus proche possible du La3, de fréquence fondamentale  $F_1 = 440$  Hz, enrichi de ses harmoniques 3 ( $F_3 = 3 \cdot F_1$ ) et 5 ( $F_5 = 5 \cdot F_1$ ). Proposer une combinaison de roues dentées, tournant toutes à 50 tours par seconde, permettant de produire ce signal.

### Correction

1. Reproduire des sons existants ou synthétiser des sons nouveaux (tout en réduisant éventuellement l'encombrement de l'instrument dans le cas de l'orgue). [1 pt]
2. La corde de guitare et la roue phonique sont capables de générer un signal périodique de fréquence stable (qui est par la suite amplifié, acoustiquement par la caisse de résonance ou électriquement grâce à un amplificateur). [1 pt]
3. Le nombre de dents de la roue et sa vitesse de rotation [1 pt]
4. Chaque note est un signal ayant plusieurs harmoniques. Il faut donc plusieurs roues pour chaque note, et il y a de nombreuses notes. [1 pt]
5. Un son complexe est **généré par l'addition** de plusieurs signaux sinusoïdaux, générés par les roues dentées. [1 pt]
6. La première roue doit avoir  $440/50 = 8,8$  soit 9 dents, la deuxième roue doit avoir  $3 \times 9 = 27$  dents et la 3<sup>ème</sup> roue doit avoir  $5 \times 9 = 45$  dents. [1 pt]