

# Présentation technique du ProTune6

## Introduction

Tout instrument de musique à tendance à se désaccorder. Les instruments à cordes, en particulier les guitares électriques subissent de nombreuses contraintes qui augmentent le désaccord.

ProTune6 est un système capable, d'une part de compenser en temps réel le désaccord subi par l'instrument et d'autre part de sélectionner différents types d'accordages en fonction du morceau de musique. Le produit est intégré au corps de la guitare électrique et ne nécessite pas de périphériques externes.

Compte tenu des résultats obtenus avec le prototype, un brevet a été déposé n° 2002 1940/02. Le projet se poursuit actuellement à l'Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg afin de rechercher des partenaires pour industrialiser le produit.

## Le concept

La guitare électrique est un instrument en bois, donc sensible aux changements de température, de taux d'humidité et de force exercée sur les cordes en jouant. Même dans un environnement où ces paramètres ne fluctuent que très peu il est nécessaire d'accorder la guitare après chaque morceau pour garantir une tonalité correcte.

A l'heure actuelle le guitariste dispose de deux solutions pour effectuer l'accordage de son instrument :

- L'oreille, si ce dernier dispose d'une bonne « oreille musicale ».
- L'accordeur de guitare.

La première solution consiste à comparer la hauteur des cordes les unes par rapport aux autres. Pour un accordage standard, la corde la plus basse est accordée sur un MI, la corde suivante sur un LA. En posant un doigt sur la 5<sup>ème</sup> case du manche de la guitare de la corde de MI, on obtient un LA (de la même octave). En comparant ces deux notes, le guitariste ajuste la deuxième corde en fonction de la première. L'accordage complet de la guitare se fait selon le même procédé. Cette technique fonctionne relativement bien pour autant que la première corde soit bien accordée. Dans le cas contraire, toutes les cordes seront mal accordées. Le grand défaut de cette technique réside dans le temps d'accordage, sans compter les difficultés de précision de l'accord.

L'utilisation d'un accordeur de guitare est une solution plus répandue. Avant l'arrivée de l'électronique, on utilisait un diapason qui donne un LA à 440 Hz. Cet instrument est à l'heure actuelle de plus en plus remplacé par les accordeurs électroniques. Ce dernier, mesure la note jouée et indique le désaccord. Il ne permet pas au guitariste de jouer pendant qu'il accorde son instrument. Chaque corde doit être jouée indépendamment des autres et ajustée à la main avec les vis de serrage sur le manche de l'instrument.

Le produit développé offre de nombreux avantages sur les méthodes traditionnelles d'accordage au niveau précision et rapidité d'accordage. Après détection de la fréquence de la note jouée, le système mesure si la corde est accordée ou non. Une mécanique montée sur la guitare permet de corriger si nécessaire la tension des cordes. Le ProTune6 fonctionne selon deux modes.

- Mode accordage initial.
- Mode accordage en continu.

Dans le mode accordage initial, le guitariste peut sélectionner plusieurs types d'accordages. Il existe en effet un type d'accordage standard d'une guitare soit MI-LA-RE-SOL-SI-MI (notes des six cordes de la guitare), mais également un grand nombre d'autres combinaisons. Une fois que le type d'accordage désiré est sélectionné, le produit accorde l'instrument à la tonalité désirée et passe dans le deuxième mode. Ce dernier garanti un maintien de l'accordage avec une précision supérieure aux accordeurs du marché actuel. L'utilisateur du produit n'a aucune opération manuelle à effectuer pour accorder son instrument si ce n'est l'enclenchement du système et le choix du type d'accordage.

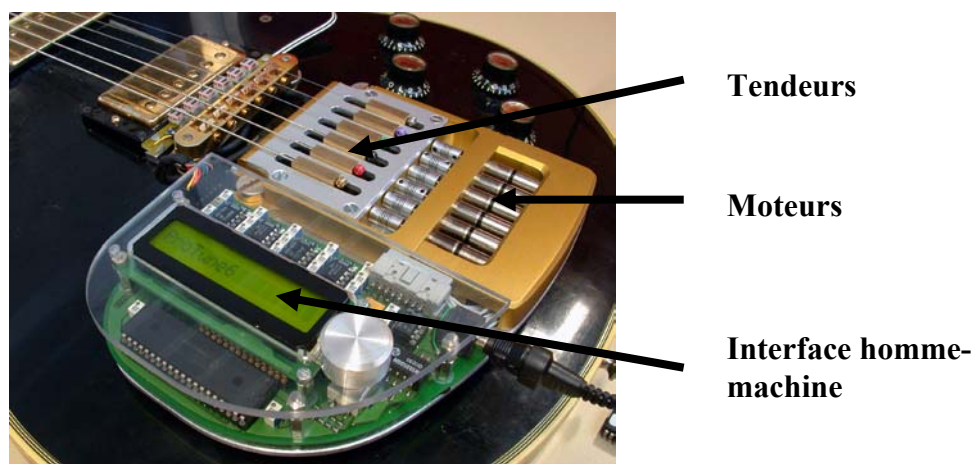


Fig. 1 Le ProTune6 version 1

## Pourquoi deux modes ?

Pour pouvoir effectuer un accordage de l'instrument pendant que le musicien joue, il est indispensable d'avoir recours à deux modes de fonctionnement.

Avec le mode **accordage initial**, le musicien peut sélectionner différents types d'accordage. Comme le non l'indique, ce mode est utilisé pour initialiser l'accordage de la guitare. Si l'instrument n'a pas été utilisé pendant quelques jours ou même quelques heures, il ne sera pas accordé. Une fois le type d'accordage sélectionné, le musicien joue toutes les cordes de son instrument en même temps, mais à vide, (sans presser sur les cases du manche). La guitare sera accordée par ajustage de la tension des cordes.

Les fréquences mesurées des notes jouées sont comparées avec les fréquences correctes du type d'accordage désiré. En fonction du signe de la différence, le microcontrôleur commande la rotation des moteurs pour tendre ou détendre les cordes. Lorsque toutes les cordes sont accordées, le système passe dans le second mode.

Le mode **accordage en continu** maintient l'instrument accordé tout au long du jeu. Le principe utilisé est le même que pour le précédent mode. Dans ce mode la comparaison ne peut se faire avec une valeur fixe car il est possible de jouer plusieurs différentes notes avec la même corde. Le microcontrôleur compare donc la fréquence mesurée avec un tableau contenant toutes les fréquences de notes correctes. Comme la guitare est parfaitement accordée, grâce au premier mode, la comparaison se fait avec la note la plus proche

contenue dans le tableau. Cette comparaison est possible car l'erreur ne sera jamais plus grande que le quart de note car la guitare ne se désaccorde pas brusquement. Le ProTune6 détecte les erreurs d'accordage avant que l'oreille humaine ne les entendent. Les corrections effectuées pendant le jeu du musicien sont donc inaudibles.

En travaillant avec le signe de la différence entre la fréquence mesurée et la fréquence calculée, on rend l'algorithme robuste aux erreurs de mesures. Pour modifier la tension des cordes, les moteurs tournent toujours avec le même incrément nettement inférieur au seuil audible pour l'oreille humaine. Si la mesure est erronée, la correction se fera d'un incrément dans le mauvais sens mais cette erreur sera corrigée lors de la mesure suivante.

## Réalisation technique

### Schéma fonctionnel

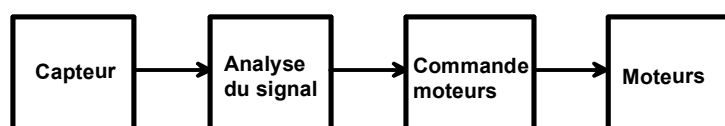


Fig. 2 Schéma fonctionnel

### Electronique analogique

Le système comporte une alimentation externe. Une alimentation par pile peut être facilement intégrée de par la faible consommation du système.

Les guitares électriques possèdent un capteur électromagnétique qui transforme le son de l'instrument en un signal électrique. Ce signal est amplifié pour rendre le son de l'instrument audible. Pour notre application, l'utilisation du capteur d'origine n'a pu être possible car ce dernier est composé de six aimants permanents mais d'une seule bobine. Comme il est possible de jouer la même note sur différentes cordes, en plus de savoir quelle note est jouée, il est indispensable de savoir sur quelle corde cette note est jouée. Il est donc nécessaire que le capteur possède un aimant permanent et une bobine par corde.

L'acquisition du son original de l'instrument se fait donc par un capteur supplémentaire rajouté sur l'instrument.

Ce signal subit un traitement pour obtenir un signal rectangulaire de même fréquence que la fréquence fondamentale de la note jouée. Le signal est amplifié et filtré. A la sortie du filtre, les harmoniques deux et suivantes (fréquences multiples de la fondamentale) sont atténuées. Le signal est finalement mis en forme par un trigger de Schmitt pour obtenir un signal rectangulaire.

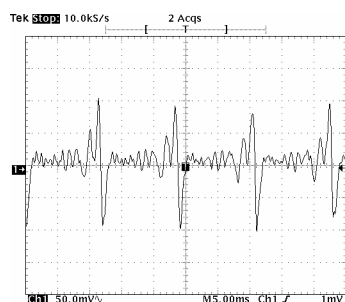


Fig. 3 Signal du capteur

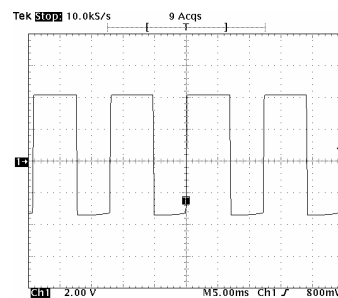


Fig.4 Signal après le trigger de Schmitt

Ce signal rectangulaire est traité par le microcontrôleur qui mesure la période et donc la fréquence. Par comparaison avec les fréquences des notes correctes, on détermine s'il faut effectuer un accordage (tendre ou détendre une corde). Le cas échéant, le microcontrôleur gère la commande des six moteurs (un moteur par corde) par l'intermédiaire de transistors de puissance.

## Réalisation mécanique

La partie mécanique de la version définitive sera complètement intégrée dans le corps de la guitare afin de ne pas modifier le "look" de l'instrument. Le prototype actuel comporte un moteur par corde qui est accouplé à une vis. Sur cette vis se trouve un écrou sur lequel la corde est fixée. La rotation à droite permet de tendre la corde et la rotation à gauche permet de détendre la corde. Tout le système mécanique est à l'heure actuelle trop coûteux et va subir des modifications permettant de diminuer les coûts de production.

Il est envisagé de réaliser deux types de produit. Un Protune6 directement intégré dans le corps de l'instrument (ce qui vous permettrait d'acheter une guitare munie d'un accordeur automatique). Un module ProTune6 externe qui remplace la pièce utilisée pour la fixation des cordes, les guitaristes pourront ainsi équiper leur guitare fétiche d'un accordeur automatique.

## Interface homme-machine

L'interface homme-machine du ProTune6 est simplifiée au maximum. Il est composé uniquement d'un écran LCD avec lequel on affiche les différentes fonctions du système et d'un codeur avec lequel on sélectionne les menus. En pressant sur le codeur, on valide le menu.

On peut finalement résumer les avantages et inconvénient du ProTune6:

## Avantages

- Possibilité pour les guitaristes de pouvoir modifier l'accordage de leur guitare rapidement. L'utilisation d'une guitare par type d'accordage est obsolète. Pour les concerts, les guitaristes ne peuvent changer le type d'accordage entre les morceaux ils ont donc recours à une guitare par type d'accordage.
- Il n'est plus nécessaire pour le guitariste d'accorder son instrument après chaque morceau.
- Système de taille réduite pouvant être facilement intégrable dans le corps d'une guitare électrique
- Il serait envisageable changer la tonalité de l'instrument pendant l'interprétation d'un morceau.
- Système robuste aux erreurs d'acquisition car la correction s'effectue en fonction du signe de l'erreur et non pas selon l'amplitude de l'erreur.
- Concept utilisable pour d'autres instruments à corde notamment pour les pianos.

## Inconvénients

- La partie mécanique est onéreuse.

## Conclusion

La conception est la réalisation de ce prototype s'est fait pendant les dix semaines d'un projet de diplôme. Ce premier prototype montre non seulement la faisabilité du système mais il a été testé par des guitaristes et est fonctionnel. Aussi bien la partie mécanique que la partie électronique peuvent être optimisées afin de diminuer le prix et l'encombrement du système. L'enthousiasme qu'a suscité le ProTune6 auprès des "guitaristes test" montre qu'il existe un marché potentiel pour ce produit.

La poursuite de ce projet se fait à l'école d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg afin d'obtenir une collaboration avec un fabricant de guitare qui intégrerait le système sur ses instruments.

Pour en savoir plus contactez-nous sur [www.ProTune6.com](http://www.ProTune6.com)



Fig. 5 Carte électronique du ProTune6