

LES TECHNOLOGIES ISOPHASES

par Claude Carpentier

Le 20/11/03

1 - INTRODUCTION

La marque **ISOPHASES**, regroupe deux technologies distinctes ayant chacune fait l'objet d'une demande de brevet internationale. Il s'agit :

D'une part d'un filtre permettant d'obtenir une amélioration de la reproduction stéréophonique en automobile simultanément pour deux auditeurs situés côte à côte. Ce filtre porte en français le nom de filtre **ISOPHASE THEORIQUE** et en anglais **ISOPHASE IN-CAR filter**. Il apporte une amélioration sensible de l'image stéréophonique quel que soit le véhicule. Il est destiné à être incorporé aux autoradios montés d'origine sur les véhicules ou destinés à l'after-market.

D'autre part d'une cellule de contrôle de la phase stéréophonique très économique en ressources de calcul et très facile à régler. Cette cellule porte en français le nom de **CELLULE PARAMETRIQUE ISOPHASE** et en anglais **ISOPHASE PARAMETRIC CELL**. Elle permet de réaliser des égaliseurs de phase stéréophonique destinés à être incorporés aux systèmes audiomobiles after-market mais aussi des égalisations personnalisées de la phase stéréophonique dans les équipements d'origine.

2 - Le filtre **ISOPHASE THEORIQUE**

Dans une voiture automobile courante, les auditeurs ne sont jamais situés à égale distance des haut-parleurs et le son semble le plus souvent provenir du haut-parleur le plus proche de l'auditeur.

La figure 1 illustre schématiquement que le registre des fréquences aiguës est en général assez bien reproduit sur toute la largeur de l'habitacle. Que celui des haut-médiums l'est moins bien et que la reproduction des bas médiums est en général franchement catastrophique pour une raison que nous montrerons plus loin.

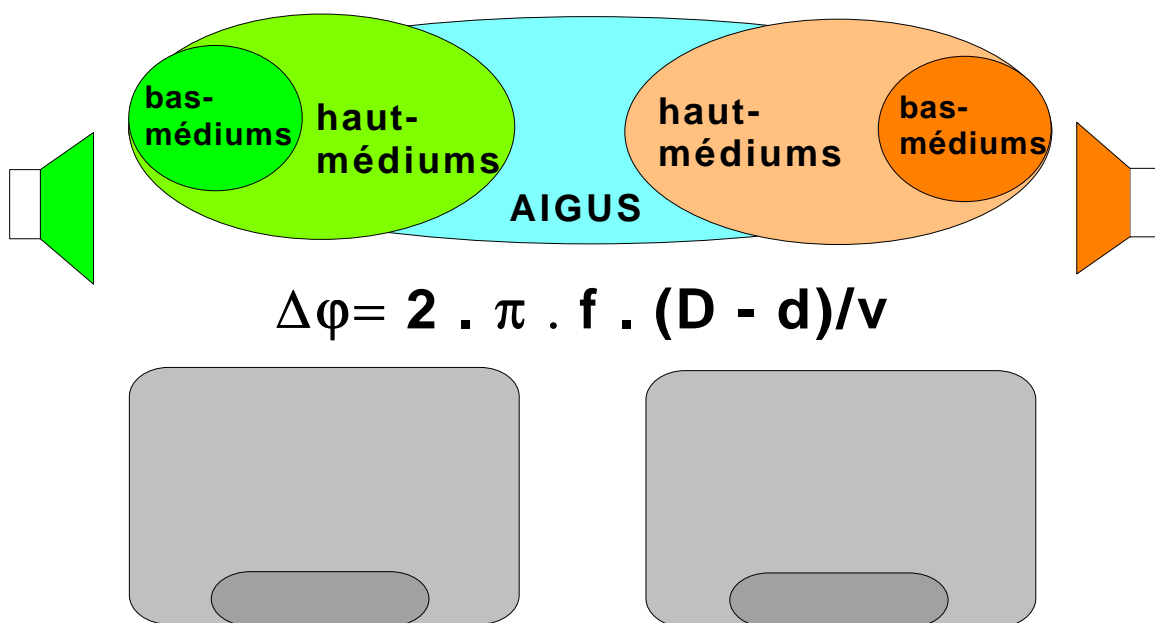


Fig. 1 La restitution stéréophonique en automobile dépend de la fréquence.

La différence de distance entre les haut-parleurs et les auditeurs entraîne d'une part une différence de niveau apparent et d'autre part un déphasage entre les haut-parleurs droit et gauche dénommé ici « déphasage stéréophonique structurel ».

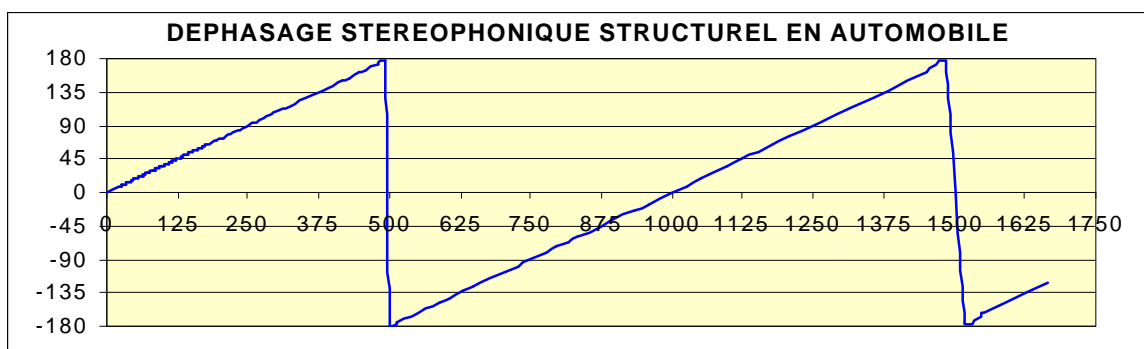


Fig. 2 Déphasage stéréophonique structurel en automobile

La figure 2 illustre le déphasage stéréophonique structurel dans la bande de fréquences où l'oreille est sensible à la différence de phase à savoir entre 0 et 1700 Hz. Par convention, la polarité du déphasage stéréophonique est affectée du signe « + » lorsque c'est le haut-parleur le plus proche qui est en avance de phase sur le plus éloigné et elle est affectée du signe « - » dans le cas contraire.

- entre 0 et 125 Hz les 2 haut-parleurs sont sensiblement en phase
- entre 125 et 375 Hz la polarité du déphasage stéréophonique est positive donc le haut-parleur le plus proche est en avance de phase sur le plus éloigné
- entre 375 et 625 Hz les haut-parleurs gauche et droit sont sensiblement en opposition de phase
- entre 625 et 875 Hz la polarité du déphasage stéréophonique est négative donc c'est le haut-parleur le plus éloigné est en avance de phase
- entre 875 et 1125 Hz les deux haut-parleurs sont à nouveau sensiblement en phase
- et ainsi de suite...

Le procédé actuellement utilisé pour améliorer la restitution stéréophonique en automobile est l'alignement temporel. Il s'agit d'un procédé asymétrique qui annule le déphasage stéréophonique pour l'auditeur proche du canal retardé mais double la différence de distance virtuelle entre les deux haut-parleurs pour « l'autre côté ».

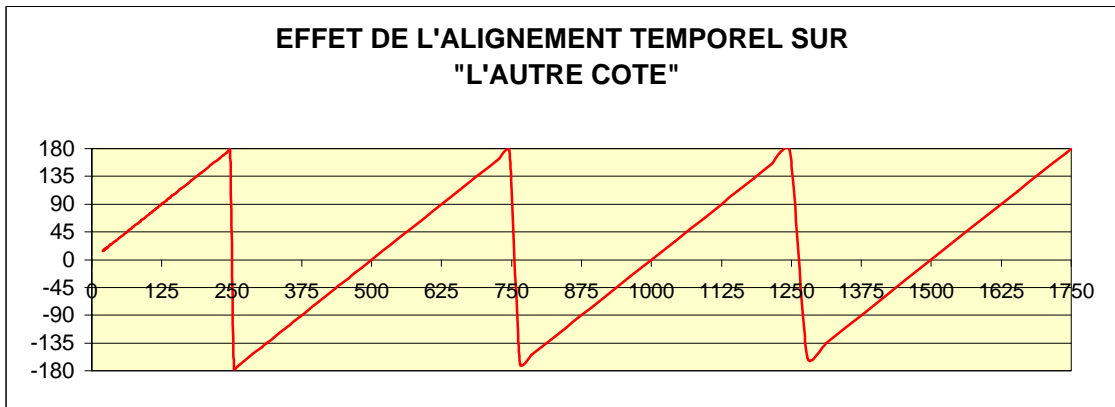


Fig. 3 Les conséquences de l'alignement temporel pour « l'autre côté »

La figure 3 illustre le déphasage stéréophonique apporté par l'alignement temporel pour l'auditeur situé « de l'autre côté ». La différence de distance virtuelle entre les haut-parleurs est à peu près doublée et donc, la fréquence de la première opposition de phase est divisée par deux.

Le filtre **ISOPHASE THEORIQUE** n'est pas basé sur le temps mais agit sur la polarité du déphasage stéréophonique.

Il repose sur les trois considérations suivantes :

1 - Lorsqu'il existe une différence de phase entre deux haut-parleurs d'une installation stéréophonique, l'image sonore est attirée vers celui qui est en avance de phase sur l'autre.

2 - Lorsque c'est le haut-parleur le plus proche qui est en avance de phase côté conducteur, c'est aussi le haut-parleur le plus proche qui est en avance de phase côté passager.

3 - En stéréophonie automobile, lorsqu'on inverse la polarité du déphasage stéréophonique pour un auditeur elle est automatiquement inversée pour l'autre auditeur.

Le filtre **ISOPHASE THEORIQUE** inverse la polarité du déphasage stéréophonique lorsque les deux haut-parleurs sont en opposition de phase et lorsque le haut-parleur le plus proche de l'auditeur est en avance de phase sur le plus éloigné et il ne fait rien lorsque c'est le haut-parleur le plus éloigné qui est en avance de phase sur le plus proche.

La figure 4 illustre la mise en œuvre du filtre **ISOPHASE THEORIQUE**. Dans cette figure la courbe bleue est la différence de phase structurelle ; la courbe noire est la courbe de réponse du filtre **ISOPHASE THEORIQUE** et la courbe rouge est la courbe de phase stéréophonique résultante entre les haut-parleurs.

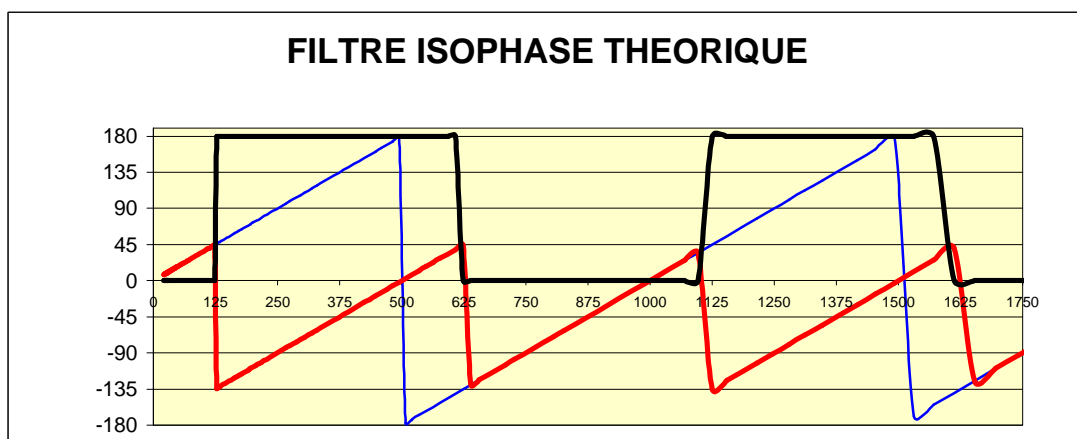


Fig. 4 Le filtre ISOPHASE THEORIQUE

- Entre 0 et 125 Hz on ne fait rien pour ne pas se retrouver en opposition de phase dans les basses fréquences.
- Entre 125 Hz et 375 Hz on inverse la polarité du déphasage stéréophonique pour favoriser le haut-parleur le plus éloigné
- Entre 375 Hz et 625 Hz on inverse la polarité du déphasage stéréophonique car les deux canaux sont en opposition de phase.
- Entre 625 Hz et 875 Hz on ne fait rien car la polarité du déphasage stéréophonique est favorable au haut-parleur le plus éloigné
- Entre 875 Hz et 1125 Hz on ne fait rien car les haut-parleurs sont en phase.
- Et, au-dessus, on peut ne rien faire en version standard car comme le montrent les Fig. 6 et 7 des réflexions parasites propres au véhicule viennent sérieusement modifier le déphasage structurel.

Le FILTRE ISOPHASE THEORIQUE, supprime les conflits de phase acoustique entre les deux haut-parleurs et avantage la phase du haut-parleur le plus éloigné de manière à compenser les effets de la différence de niveau apparent du haut-parleur le plus proche.

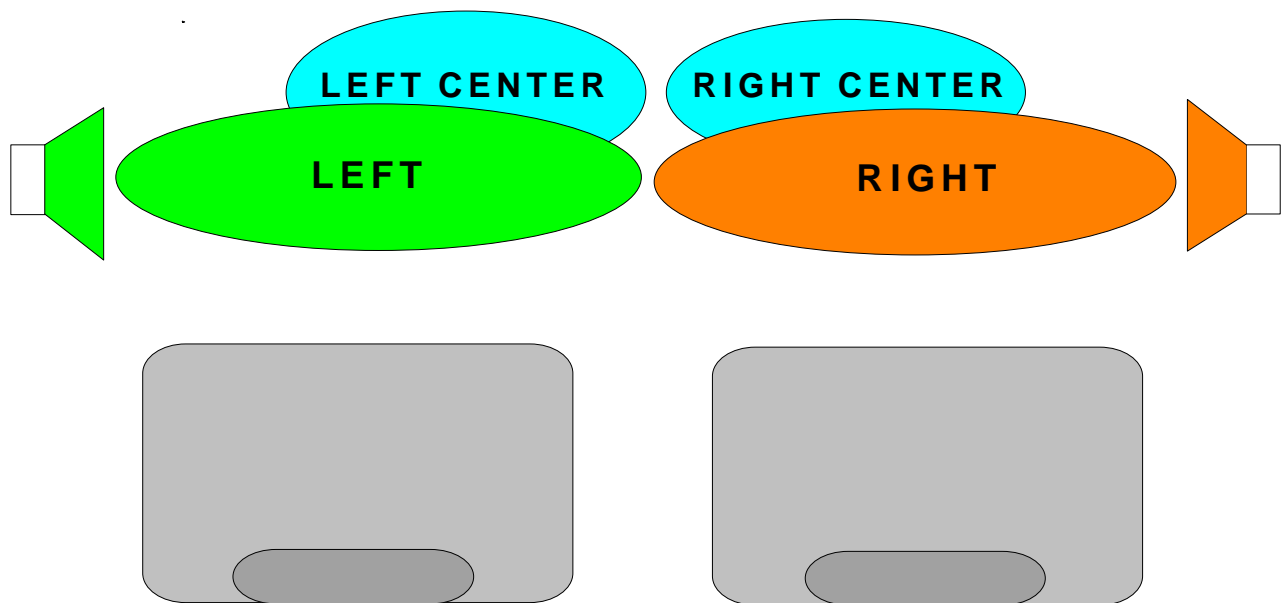


Fig. 5 La stéréophonie en automobile avec le **FILTRE ISOPHASE THEORIQUE**

La figure 5 illustre l'amélioration que procure le **FILTRE ISOPHASE THEORIQUE** à savoir une amélioration de l'image stéréophonique et notamment le déplacement du centre de l'image sonore vers l'axe du véhicule pour les deux emplacements d'écoute.

Les autres avantages du filtre ISOPHASE théoriques sont

- une amélioration du timbre des instruments obtenue par la suppression du conflit de phase entre 375 et 625 Hz
- une amélioration sensible de la restitution sonore quel que soit le véhicule
- sa mise en œuvre ne requiert qu'un filtre d'ordre 10 sur chaque canal.

2 – LA CELLULE PARAMETRIQUE ISOPHASE

Depuis des décennies nous disposons d'égaliseurs pour compenser les écarts des niveaux de différentes bandes de fréquences d'un même canal (égalisation monophonique de niveau) ou des deux canaux sur une même bande de fréquences (égalisation stéréophonique de niveau)

Mais aujourd'hui il n'existe aucun appareil permettant de contrôler la phase stéréophonique de manière conviviale.

Or, la différence de distance entre les deux haut-parleurs n'est pas la seule cause provoquant une différence de phase entre les haut-parleurs droit et gauche. Dans beaucoup de véhicules, des phénomènes de résonance de réflexion entraînent des accidents supplémentaires dans la phase stéréophonique.

Dans la figure 6, la courbe noire indique le déphasage stéréophonique calculé en fonction de la différence entre les haut-parleurs droits et gauche et la courbe bleue est le déphasage stéréophonique mesuré dans un véhicule réel en l'occurrence ici au niveau du siège conducteur d'une Renault 21. La figure 7 est l'application du filtre ISOPHASE THEORIQUE aux courbes de la figure 6.

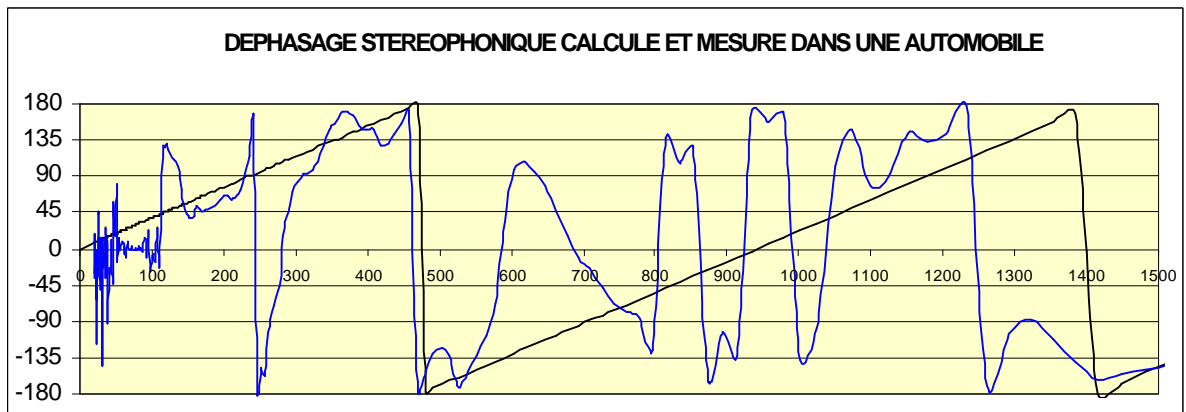


Fig. 6 Phases stéréophoniques calculées et mesurées

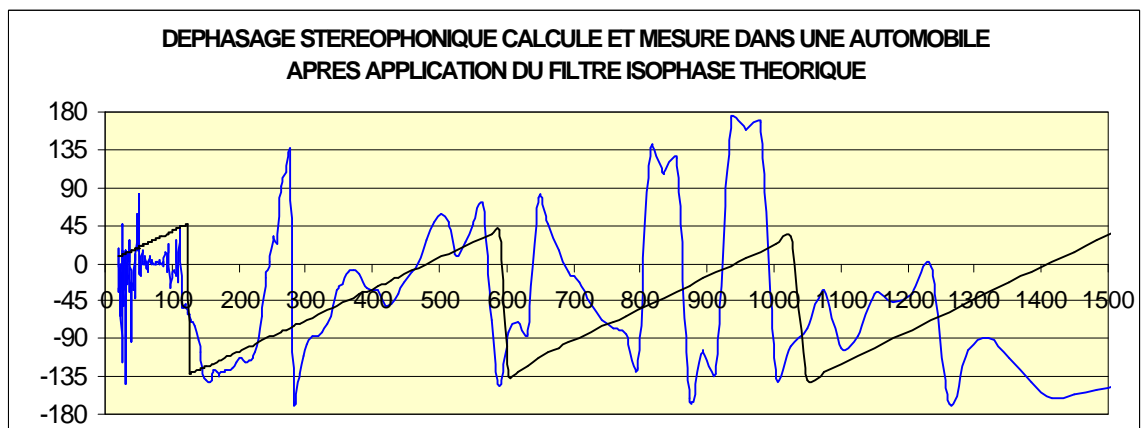


Fig. 7 Application du filtre ISOPHASE THEORIQUE

Cet exemple permet de constater sur un cas réel que d'une part de très bons résultats sont obtenus avec le filtre **ISOPHASE THEORIQUE** jusqu'à 500 Hz et d'autre part qu'une action personnalisée à 250, 630, 800 et 1000 Hz permettrait d'améliorer la réponse en phase du véhicule.

La majorité des accidents « en creux » dans les courbes de réponse en niveau proviennent de conflits de phase entre les haut-parleurs droit et gauche et il est tout à fait vain dans ces conditions d'intervenir par une égalisation de niveau. Pour corriger ces accidents et parvenir à une reproduction sonore de haute qualité, il est de beaucoup préférable de pratiquer au préalable une égalisation de la phase stéréophonique.

Pour mettre l'égalisation de phase à la portée de tous les amateurs, nous avons développé des égaliseurs de phase stéréophonique ayant une interface utilisateur rappelant celle des égaliseurs de niveau de types connus.

Ces égaliseurs sont basés sur une cellule paramétrique d'égalisation de phase de conception originale dont le réglage s'effectue par la variation de trois paramètres indépendants à savoir la fréquence, la différence de phase en degrés et la largeur Q.

Dans une cellule **PARAMETRIQUE ISOPHASE**, Q a la même définition que dans une cellule d'égalisation de niveau. C'est le rapport entre la fréquence d'accord et la différence entre les fréquences où la différence de phase entre les canaux est 0,707 fois (-3dB) la différence de phase à la fréquence d'accord.

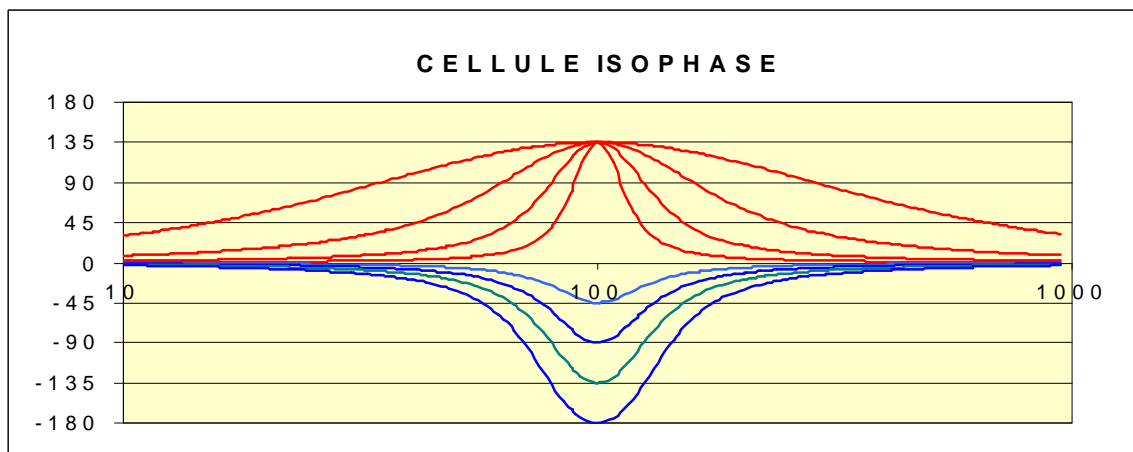


Fig.7 La cellule paramétrique ISOPHASE en action

La figure 7 montre différents états d'une même **CELLULE PARAMETRIQUE ISOPHASE**. Les courbes rouges représentent une variation de la largeur pour un même gain et les courbes bleues une variation du gain pour une même largeur.

Lorsque nous mettons 31 **CELLULES ISOPHASE** de fréquence ad hoc en série dont nous fixons la largeur nous obtenons un égaliseur graphique de phase stéréophonique à 31 bandes.

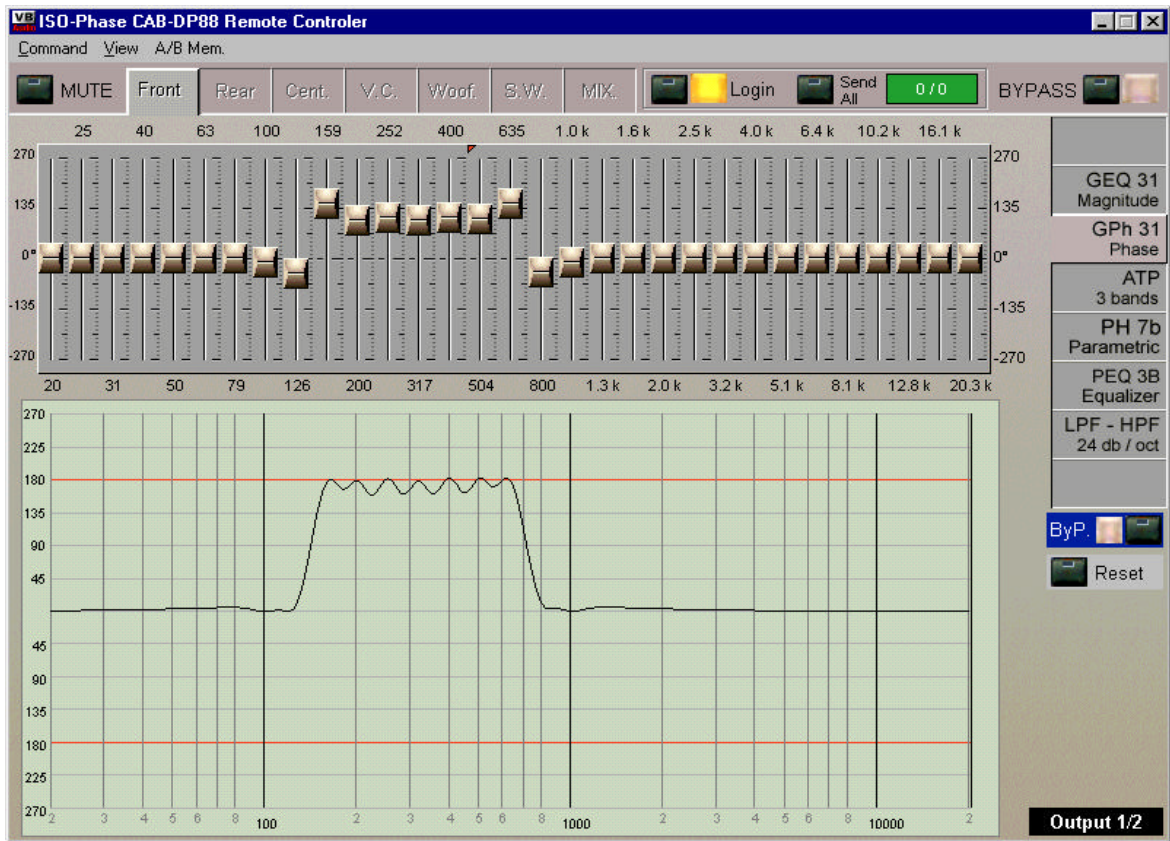


Fig. 8 Interface utilisateur d'un égaliseur de phase stéréophonique à 31 bandes

La figure 8 illustre l'interface utilisateur de l'égaliseur stéréophonique de phase à 31 bandes équipant le système automobile **SLX 7.1**

Contrairement à l'égalisation niveau, l'égalisation de la phase stéréophonique est très facile à réaliser à l'oreille.

Il suffit pour cela d'utiliser un égaliseur de type graphique d'écouter des bandes étroites de bruit rose corrélées et d'ajuster le bouton correspondant à la bande écoutée pour obtenir l'image à l'endroit désiré.

Il est aussi possible de mettre plusieurs **CELLULES ISOPHASE** en série avec possibilité de faire varier pour chacune la fréquence, le gain, et la largeur et ainsi d'obtenir un égaliseur paramétrique d'égalisation de phase.

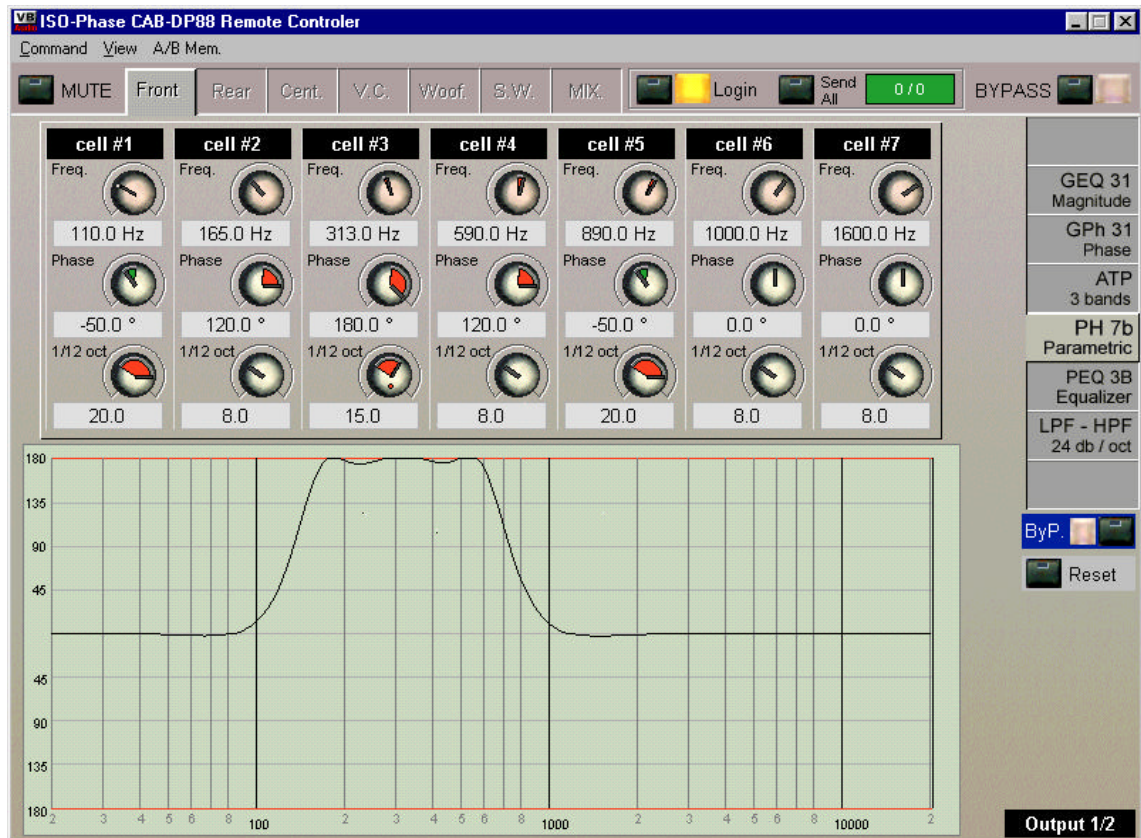


Fig. 9 L'interface utilisateur d'un égaliseur paramétrique de phase stéréophonique

La figure 9 montre l'interface utilisateur de l'égaliseur paramétrique de phase à 7 cellules du système automobile **SLX 7.1**.

L'égalisation paramétrique de phase à l'avantage d'être plus économique en ressources que l'égalisation graphique.

L'égalisation stéréophonique de phase est née dans l'automobile où la distorsion de phase est structurelle et rédhibitoire. Mais aucun système de reproduction sonore n'est exempt de distorsion de la phase stéréophonique et aucune oreille humaine n'est parfaite.

L'égalisation de la phase stéréophonique a donc sa place dans les systèmes HIFI de haute qualité et les systèmes monitor.

Contrairement à l'égalisation de niveau dont l'automatisation pose toujours des problèmes délicats, l'égalisation automatique de la phase stéréophonique ne pose aucun problème de fond.

Pour toutes autres informations techniques : support@isophases.com

Pour des informations concernant les licences : licencing@isophases.com

Pour des informations sur les produits de démonstration : demo@isophases.com

Pour des informations sur les produits OEM : oem@isophases.com

Pour contacter ClaudeCarpentier : cc@isophases.com