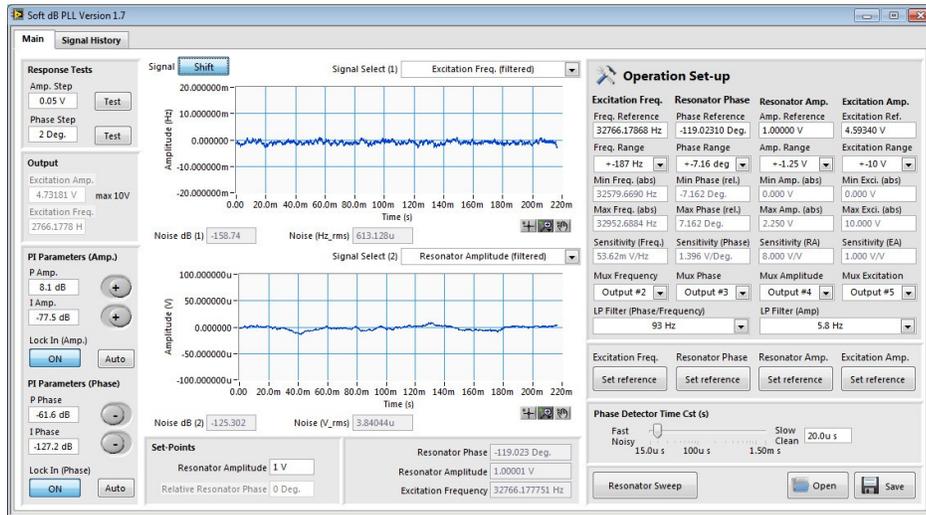


# SPM PLL

## Manuel de l'utilisateur

### Version 1.8



par



En association avec



Janvier 2012



<b>1</b>	<b>CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES.....</b>	<b>4</b>
1.1	Alimentation électrique .....	4
1.2	USB .....	4
1.3	Entrées analogiques.....	4
1.4	Sorties analogiques.....	5
1.5	Performances des PLL .....	6
<b>2</b>	<b>THÉORIE DU FONCTIONNEMENT .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>INSTALLATION DU LOGICIEL ET DU MATERIEL .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>INTERFACE UTILISATEUR PLL.....</b>	<b>9</b>
4.1	Détecteur de phase Temps Cte (s).....	9
4.2	Balayage du résonateur .....	9
4.3	Fonctionnement Paramétrage Contrôles .....	11
4.4	Paramètres d'excitation .....	11
4.5	Consignes .....	12
4.6	Contrôles et interrupteurs PI .....	12
4.7	Contrôles du test de réponse en boucle .....	13
4.8	Indicateurs de phase, d'amplitude de sortie et de fréquence d'excitation.....	14
4.9	Graphique du signal temporel et sélection du signal .....	15
4.10	Historique du signal .....	16
4.11	Sauvegarde et rappel des fichiers de configuration.....	18

## 1 Spécifications

Le logiciel GXSM pour le contrôleur SPM (modèle Mk3) comprend un module PLL. Cependant, le contrôleur SPM (modèle Mk3) peut être utilisé comme une PLL autonome en utilisant le logiciel PC décrit dans ce document. Les figures suivantes présentent l'avant et l'arrière du contrôleur SPM (modèle Mk3) :



### 1.1 Alimentation électrique

La PLL fonctionne avec un bloc d'alimentation externe de 5V (+-5%).

### 1.2 USB

La PLL est contrôlée par un PC Windows via une connexion USB. La liaison PC USB 2.0 à grande vitesse offre un débit supérieur à 35 Mb/s dans les sens de la lecture et de l'écriture.

### 1.3 Entrées analogiques

Nombre d'entrées :	1
Résolution :	16 bits
Figure de bruit brut :	300 $\mu$ V RMS
Taux d'échantillonnage :	150 kHz
Largeur de bande de l'entrée analogique :	0 à 10 MHz (y
compris DC) Type d'entrée :	Simple effet
Fuite d'entrée :	+1 $\mu$ A max
Filtre anti-crénelage :	Aucun
Gamme dynamique :	+10V
Retard de groupe :	2 échantillons

## 1.4 Sorties analogiques

Nombre de sorties :	5
Résolution :	16 bits
Le bruit :	
• Largeur de bande de 20 MHz :	Jusqu'à 55 mV pk-pk sur une séquence de codes alternatifs FFFFH-0000H.
• Largeur de bande de 20 kHz :	<25 $\mu$ V RMS
Dérive de l'offset en fonction de la température :	+2 ppm
FSR / degC Dérive du gain avec la température :	+2 ppm FSR / degC
Dérive de l'offset en fonction du temps :	+13 ppm FSR / 500 heures
Taux d'échantillonnage :	150 kHz
Bande passante de la sortie analogique :	0 à 80 kHz (y
compris DC) Type de sortie :	Simple effet
Gamme dynamique :	+10 V
Capacité Source/Sink :	4mA
Filtre anti-crénelage :	Aucu
n Retard de groupe :	
• Sorties #1 et #2 :	2,5 échantillons
• Sorties #3 et #4 :	2,75 échantillons
• Sortie n°5	3 échantillons

## 1.5 Performance PLL

Spécifications du module PLL			
Plage d'entrée	+-10V		
Plage de sortie	+-10V (atténuateurs externes 1/100 et 1/1000 fournis)		
Gamme de fréquences	3,2 kHz à 75 kHz		
Carte de test du résonateur	Une carte de résonateur actif est incluse dans le contrôleur SPM pour faciliter les tests et la configuration du module PLL.		
Plages de signaux de sortie de la PLL (fonctionnement autonome)	Fréquence d'excitation :	+ -2,85 mHz	à +-23,9 kHz
	Amplitude d'excitation :	+ -1,19 $\mu$ V	à +-10 V
	Phase du résonateur :	+ -6.83 $\mu$ Deg	à +-57.3 Deg
	Amplitude du résonateur :	+ -1,19 $\mu$ V	à +-10 V
Niveaux de bruit du signal PLL*		<b>Contrôleur de phase</b> <b>Bande passante : 1kHz</b>	<b>Contrôleur de phase</b> <b>Largeur de bande : 5Hz</b>
	Fréquence d'excitation	60mHz RMS	20 $\mu$ Hz RMS
	Phase du résonateur	4mDeg RMS	200 $\mu$ Deg RMS
		<b>Contrôleur d'amplitude</b> <b>Largeur de bande : 7,5 Hz</b>	<b>Contrôleur d'amplitude</b> <b>Largeur de bande : 1,5 Hz</b>
	Amplitude d'excitation	400 $\mu$ V RMS	50 $\mu$ V RMS
	Amplitude du résonateur	5 $\mu$ V RMS	2 $\mu$ V RMS
Phase/Amplitude (PAC) Largeur de bande du détecteur	100Hz à 10kHz. La largeur de bande est automatiquement ajustée lorsque le réglage automatique de la boucle est activé.		
Caractéristiques du logiciel	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Balayage de la fréquence du résonateur pour la mesure automatique des caractéristiques de fréquence du résonateur</li> <li>2) Réglage automatique du gain de la boucle pour les contrôleurs d'amplitude et de phase. Les gains sont réglés en fonction de la largeur de bande souhaitée pour la boucle fermée.</li> <li>3) La fonction de mesure de la réponse à l'échelon en boucle fermée en circuit fermé valide la configuration des deux contrôleurs.</li> <li>4) Filtre passe-bas réglable sur les signaux PLL : Amplitude/fréquence d'excitation et phase/amplitude du résonateur. Ces filtres peuvent être réglés de 1,5 Hz à 16 kHz ou contournés.</li> <li>5) Surveillance en temps réel de tous les signaux PLL.</li> <li>6) Surveillance à long terme des signaux PLL pour évaluer la stabilité et le bruit à basse fréquence</li> </ol>		
Coefficient de température	Stabilité du TCXO : 140 ppb sur une plage de température de -20 °C à 70 °C Précision du TCXO : 2 ppm		

\* Note : Les niveaux de bruit sont mesurés en utilisant la carte résonateur fournie avec le contrôleur SPM (gain -13 dB à la résonance) et le réglage automatique des gains de boucle pour les deux contrôleurs. La nouvelle technique PLL garantit que les niveaux de bruit sont indépendants des plages de mesure.

## 2 Théorie du fonctionnement de

Le diagramme de la PLL fonctionnant sur la carte DSP Signal Ranger Mk3 est illustré dans la figure suivante :

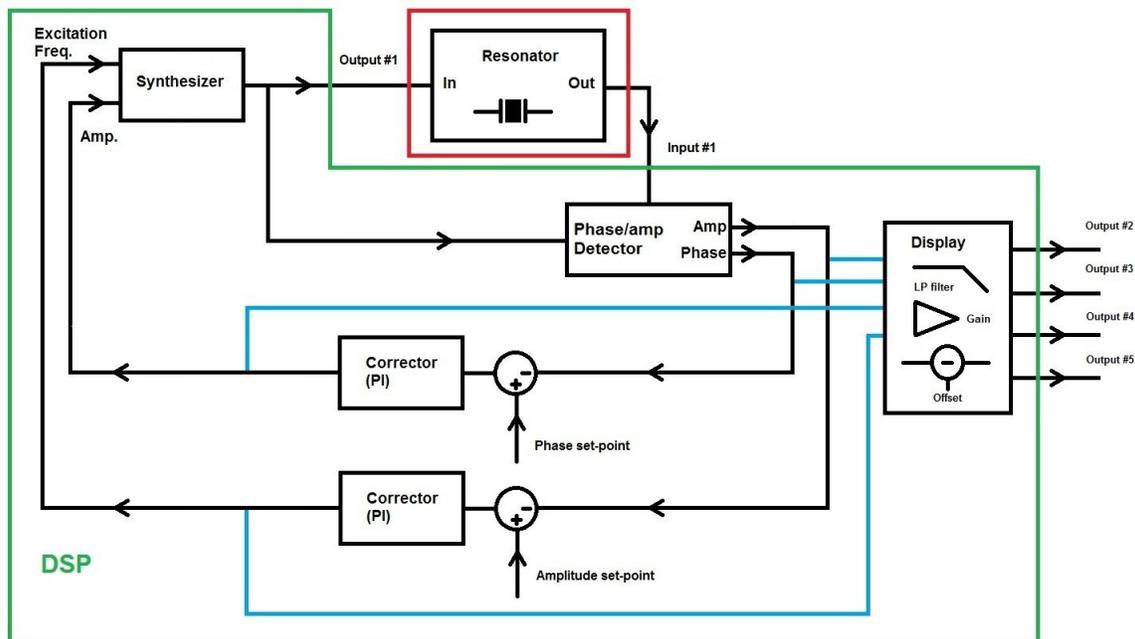


Schéma PLL

Le synthétiseur envoie une onde sinusoïdale sur la sortie #1. L'entrée n° 1 mesure la sortie du résonateur. Le détecteur de phase mesure l'amplitude et la phase du signal de sortie du résonateur, par rapport à son excitation. L'algorithme du détecteur de phase mesure la phase du résonateur seul, en corrigeant automatiquement la phase des chaînes numériques et analogiques de la carte. Aucune calibration particulière n'est donc nécessaire avant d'utiliser la PLL. Lorsque l'on travaille avec un résonateur de second ordre, la spécification d'une phase de -90 degrés verrouillera la PLL précisément à la fréquence de résonance.

Les boucles de contrôle de l'amplitude et de la phase maintiennent la phase du résonateur et l'amplitude de sortie à des points de consigne spécifiques.

La PLL peut générer jusqu'à quatre signaux analogiques sur les sorties #2, #3, #4 et #5. Les sélections possibles pour ces signaux sont les suivantes :

- La phase du résonateur
- L'amplitude du résonateur
- L'amplitude de l'excitation
- La fréquence de l'excitation

Pour chaque signal, le gain (ou la plage) peut être spécifié pour obtenir la sensibilité de sortie souhaitée. Un filtre passe-bas réglable est également ajouté pour augmenter la résolution des signaux de sortie si nécessaire. Un décalage (référence) peut être ajouté afin que le signal de sortie analogique soit centré sur une valeur sélectionnée par l'utilisateur.

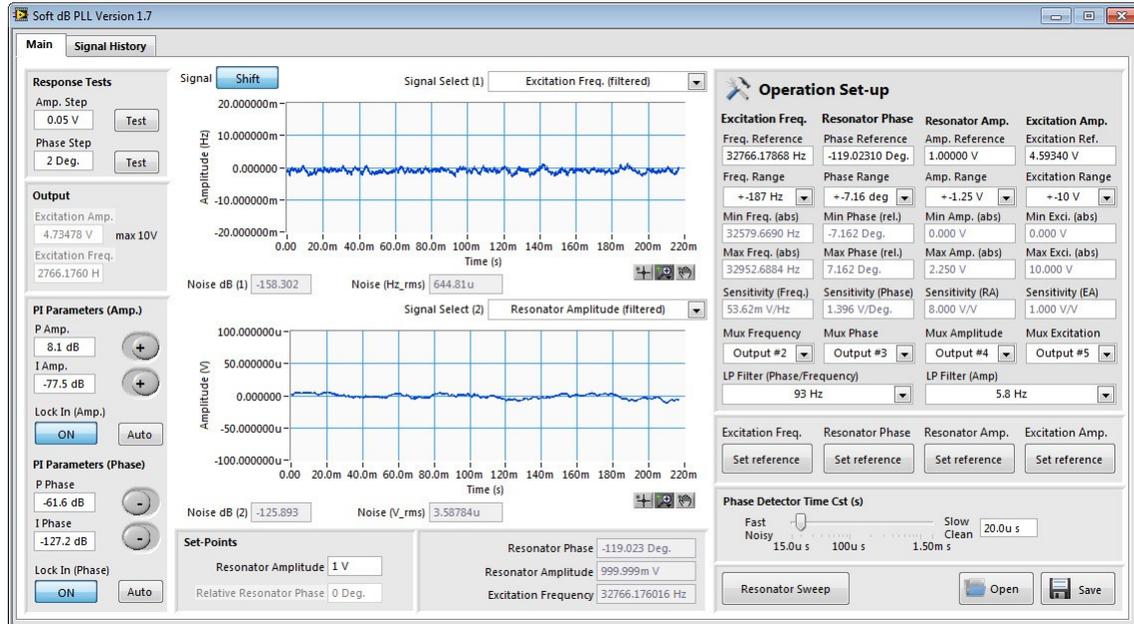
La PLL est contrôlée et réglée à l'aide d'une interface utilisateur graphique fonctionnant sur un PC Windows.

### 3 Logiciel et matériel Installation

Note : Le logiciel doit être installé avant de connecter l'unité PLL à un PC. Le logiciel installe automatiquement le pilote USB. Windows XP, Windows Vista et Windows 7 sont pris en charge sur un PC 32 bits ou 64 bits.

***Pour installer le logiciel, lancez le fichier SoftdB\_SPM\_PLL\_1\_8.exe***

## 4 Interface utilisateur PLL



Interface PLL : Onglet principal

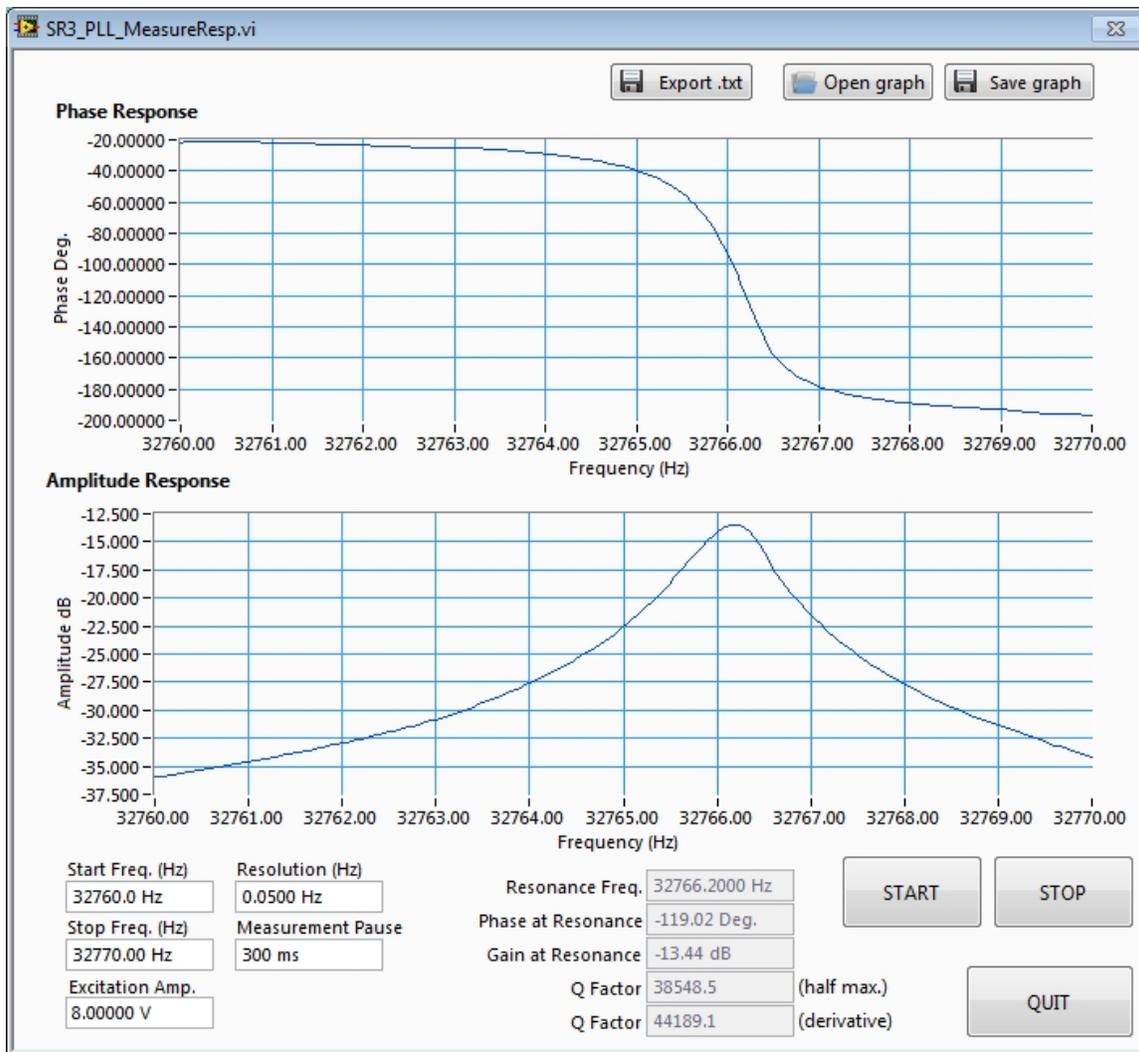
### 4.1 Temps du détecteur de phase Cst (s)



Cette commande permet de régler la constante de temps du détecteur de phase. Nous suggérons de maintenir la constante de temps à 20us (réglage rapide), ce qui permet une largeur de bande d'environ 8 kHz. Notez que les fonctions d'auto-ajustement des gains PI des deux contrôleurs (amplitude et phase) fixent automatiquement la constante de temps à 20us. De cette manière, la largeur de bande du régulateur n'est limitée que par les gains PI et le filtre LP.

### 4.2 Balayage du résonateur

Le bouton *Resonator Sweep* (*balayage du résonateur*) permet d'effectuer un balayage en fréquence du résonateur. Un balayage sur une plage de fréquence limitée est utilisé pour mesurer la réponse en fréquence. La figure suivante présente l'interface de mesure :



Interface de balayage du résonateur

L'interface de balayage du résonateur règle automatiquement la constante de temps du détecteur de phase à 1ms pour obtenir une mesure précise de la phase et de l'amplitude. La constante de temps originale détecteur de phase est remplacée après la mesure du balayage.

Avant de commencer la mesure, les fréquences de départ et d'arrêt doivent être réglées ainsi que la résolution de fréquence et l'amplitude d'excitation. La commande *Pause de la mesure* spécifie la période d'attente entre un changement de la fréquence d'excitation et la mesure correspondante. Lorsque le facteur Q du résonateur est élevé, le temps de stabilisation après le changement d'excitation peut être long. Par exemple, pour un facteur Q de 25k et une résolution de 0,05Hz, un temps de stabilisation de 300ms est nécessaire. À la fin de la mesure, la fréquence de résonance, le gain à la résonance, la phase à la fréquence de résonance et le facteur Q sont calculés et présentés par l'interface. Deux méthodes sont utilisées pour calculer le facteur Q : 1) la dérivée de phase au gain maximal et 2) la méthode du demi-maximum. Le bouton *Quit* permet de quitter l'interface de mesure. L'interface demande une mise à jour de la référence de fréquence et de la référence de phase. Si l'utilisateur clique sur oui, les références de phase et de fréquence seront mises à jour avec la nouvelle phase à la résonance et la nouvelle fréquence de résonance.

**Note :** Le facteur Q et le gain à la résonance sont des informations importantes pour la fonction d'auto-ajustement du régulateur d'amplitude.

## 4.3 Fonctionnement Configuration Contrôles

**Operation Set-up**

Excitation Freq.	Resonator Phase	Resonator Amp.	Excitation Amp.
Freq. Reference 32766.17868 Hz	Phase Reference -119.02310 Deg.	Amp. Reference 1.00000 V	Excitation Ref. 4.59340 V
Freq. Range +-187 Hz	Phase Range +-7.16 deg	Amp. Range +-1.25 V	Excitation Range +-10 V
Min Freq. (abs) 32579.6690 Hz	Min Phase (rel.) -7.162 Deg.	Min Amp. (abs) 0.000 V	Min Exci. (abs) 0.000 V
Max Freq. (abs) 32952.6884 Hz	Max Phase (rel.) 7.162 Deg.	Max Amp. (abs) 2.250 V	Max Exci. (abs) 10.000 V
Sensitivity (Freq.) 53.62m V/Hz	Sensitivity (Phase) 1.396 V/Deg.	Sensitivity (RA) 8.000 V/V	Sensitivity (EA) 1.000 V/V
Mux Frequency Output #2	Mux Phase Output #3	Mux Amplitude Output #4	Mux Excitation Output #5
LP Filter (Phase/Frequency) 93 Hz		LP Filter (Amp) 5.8 Hz	

### Interface PLL : Fonctionnement Configuration Contrôles

Ces commandes permettent de définir les valeurs de référence et de configurer les signaux de sortie analogiques. Jusqu'à quatre signaux analogiques peuvent être générés par la PLL. Pour chaque signal, la référence, la plage et le nombre de sorties peuvent être réglés. Un filtre passe-bas est appliqué aux signaux de sortie et la fréquence de coupure peut être réglée à partir d'un menu. Il existe deux filtres passe-bas : un pour les signaux de phase et de fréquence d'excitation et un autre pour les signaux de résonateur et d'amplitude d'excitation. Pour chaque signal de sortie, la référence peut être automatiquement réglée sur la valeur actuelle à l'aide du bouton *Set reference*. Les valeurs minimales et maximales en unité sont présentées pour chaque sortie. Le minimum et le maximum dépendent de la gamme sélectionnée et de la valeur de référence. La sensibilité de la sortie est également affichée et peut être modifiée en ajustant la gamme.

## 4.4 Paramètres d'excitation

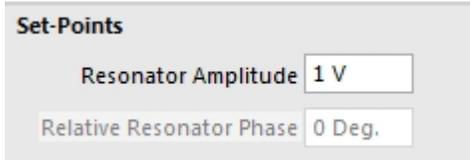
**Output**

Excitation Amp.  
0.00000 V max 10V

Excitation Freq.  
32766.1794 Hz

La sortie n°1 de la PLL génère une onde sinusoïdale de haute pureté. La fréquence et l'amplitude peuvent être réglées à l'aide de ces commandes. Si le contrôleur de phase est engagé, la fréquence n'est pas réglable et la commande *Excitation Freq. (Hz)* devient un indicateur. Si le contrôleur d'amplitude est engagé, l'amplitude d'excitation n'est pas réglable et la commande *Excitation Amp. (V)* devient un indicateur.

#### 4.5 Consignes



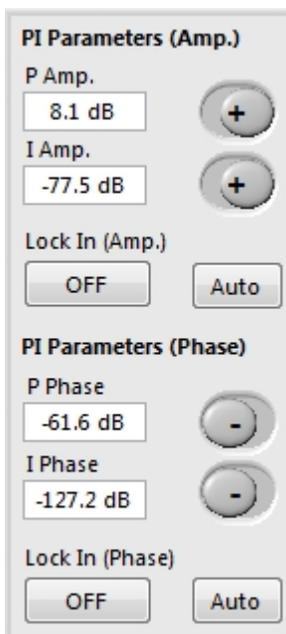
**Set-Points**

Resonator Amplitude

Relative Resonator Phase

Ces commandes permettent de régler les points de consigne de la phase et de l'amplitude du résonateur. Notez que le point de consigne de la phase est toujours la phase de référence. Ainsi, le réglage du point de consigne de la phase se fait par le biais de commande de référence de la phase (voir les commandes de configuration du fonctionnement). De cette façon, le contrôleur de phase fonctionne toujours autour de zéro.

#### 4.6 Commandes et interrupteurs PI



**PI Parameters (Amp.)**

P Amp.

I Amp.

Lock In (Amp.)

**PI Parameters (Phase)**

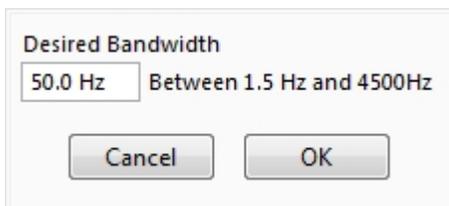
P Phase

I Phase

Lock In (Phase)

Le signe et le gain des facteurs proportionnels et intégraux peuvent être réglés à l'aide de ces commandes pour les deux contrôleurs. Les boutons OFF/ON permettent d'activer ou de désactiver chaque contrôleur.

Les boutons Auto peuvent être utilisés pour déterminer les gains PI et la configuration du filtre LP pour les deux contrôleurs. Pour contrôleur de phase, la boîte de dialogue suivante permet de spécifier la largeur de bande souhaitée :

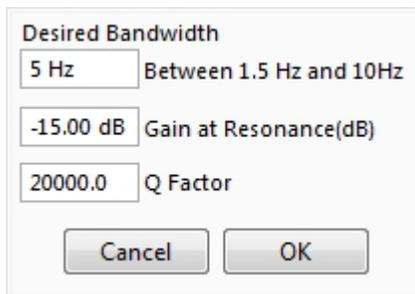


**Desired Bandwidth**

Between 1.5 Hz and 4500Hz

Sélectionnez la largeur de bande souhaitée et cliquez sur ok. L'interface règle alors automatiquement le filtre LP (pour la phase/fréquence), les gains PI et la constante de temps du détecteur de phase/amplitude pour atteindre largeur de bande souhaitée.

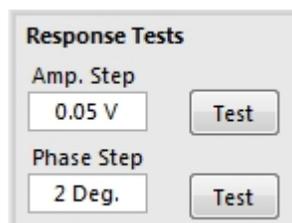
Pour le contrôleur d'amplitude, la boîte de dialogue suivante permet de spécifier la largeur de bande souhaitée :



Desired Bandwidth  
5 Hz Between 1.5 Hz and 10Hz  
-15.00 dB Gain at Resonance(dB)  
20000.0 Q Factor  
Cancel OK

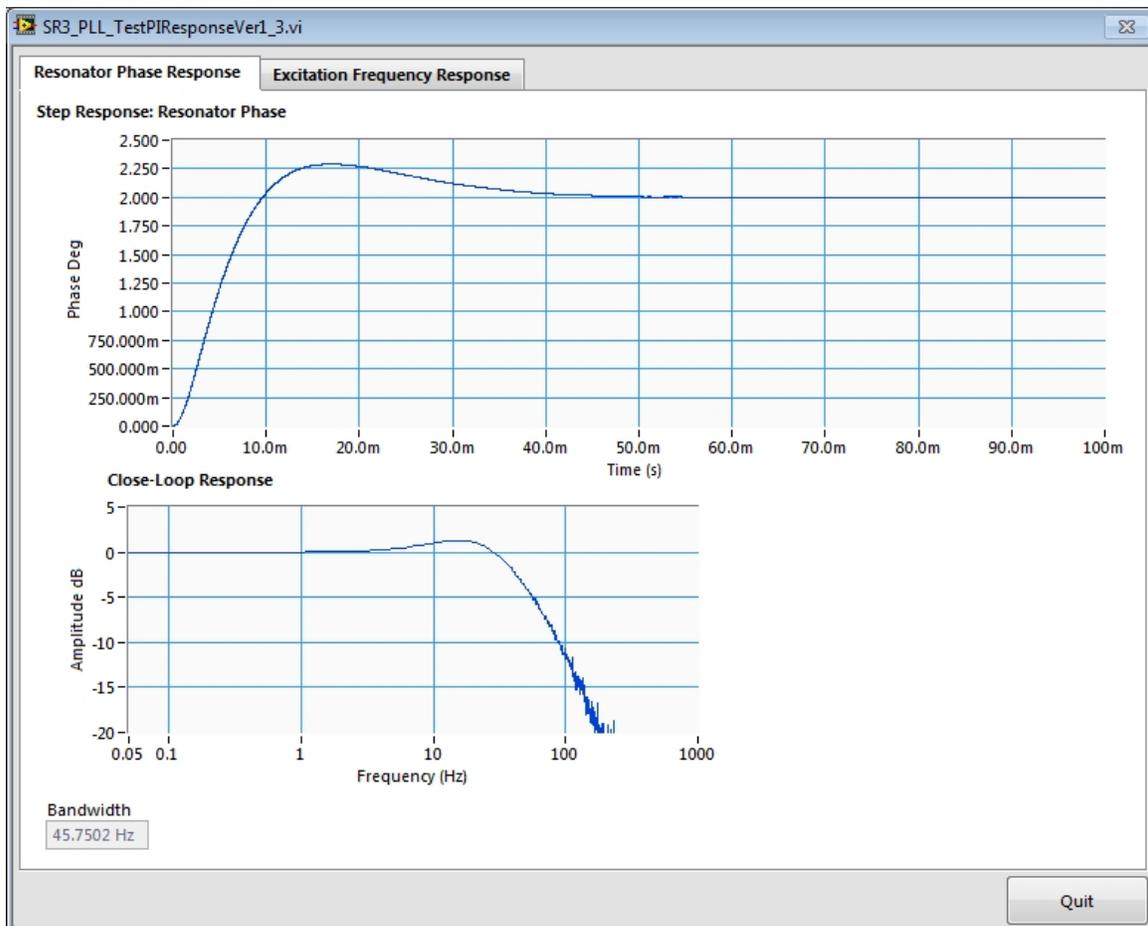
Pour pouvoir déterminer les gains PI appropriés, la fonction d'auto-ajustement doit connaître le gain à résonance et le facteur Q du résonateur. Ces valeurs peuvent être mesurées à l'aide de la fonction Resonator Sweep. L'interface réglera automatiquement le filtre LP (pour les signaux d'amplitude), les gains PI et la constante de temps du détecteur de phase/amplitude pour atteindre la largeur de bande souhaitée.

#### 4.7 Contrôles du test de réponse en boucle



Response Tests  
Amp. Step  
0.05 V Test  
Phase Step  
2 Deg. Test

Ces commandes permettent de tester la réponse en boucle des deux contrôleurs. Ces commandes ne peuvent être utilisées que si le régulateur correspondant est engagé. La fonction de test mesure la réponse en échelon du régulateur. Un échelon réglable est appliqué au point de consigne et la phase du résonateur ou l'amplitude de sortie est enregistrée pendant le test. Les paramètres *Amp. step* et *Phase step* sont utilisés pour définir l'amplitude du step. Par exemple, si la commande d'échelon de phase est réglée sur +3, le point de consigne du contrôleur sera augmenté de +3 degrés pour le test. L'échelon du point de consigne est ramené à zéro après le test. Le bouton *Test* lance l'interface suivante (cas du contrôleur de phase) :

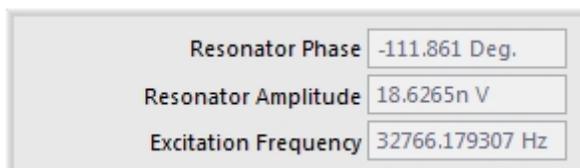


**Interface de test du contrôleur de phase (onglet Phase du résonateur)**

Dans le premier onglet (Resonator Phase Tab), la courbe supérieure présente la réponse en échelon et la courbe inférieure est la réponse en fréquence en boucle fermée de la dérivée de la réponse en échelon (c'est-à-dire le spectre de la réponse impulsionnelle en boucle fermée). Cette courbe permet d'évaluer la largeur de bande du contrôleur.

Le deuxième onglet présente la réponse en fréquence de l'excitation. Il s'agit de la sortie du contrôleur de phase. Si des saturations apparaissent sur cette courbe, cela signifie que la sortie du contrôleur atteint le maximum ou le minimum de la plage de fonctionnement. Si nécessaire, la plage de fonctionnement peut être augmentée pour éviter ce comportement non linéaire, ou une excitation à pas plus petit peut être utilisée pour assurer un comportement linéaire.

#### 4.8 Indicateurs de phase, d'amplitude de sortie et de fréquence d'excitation

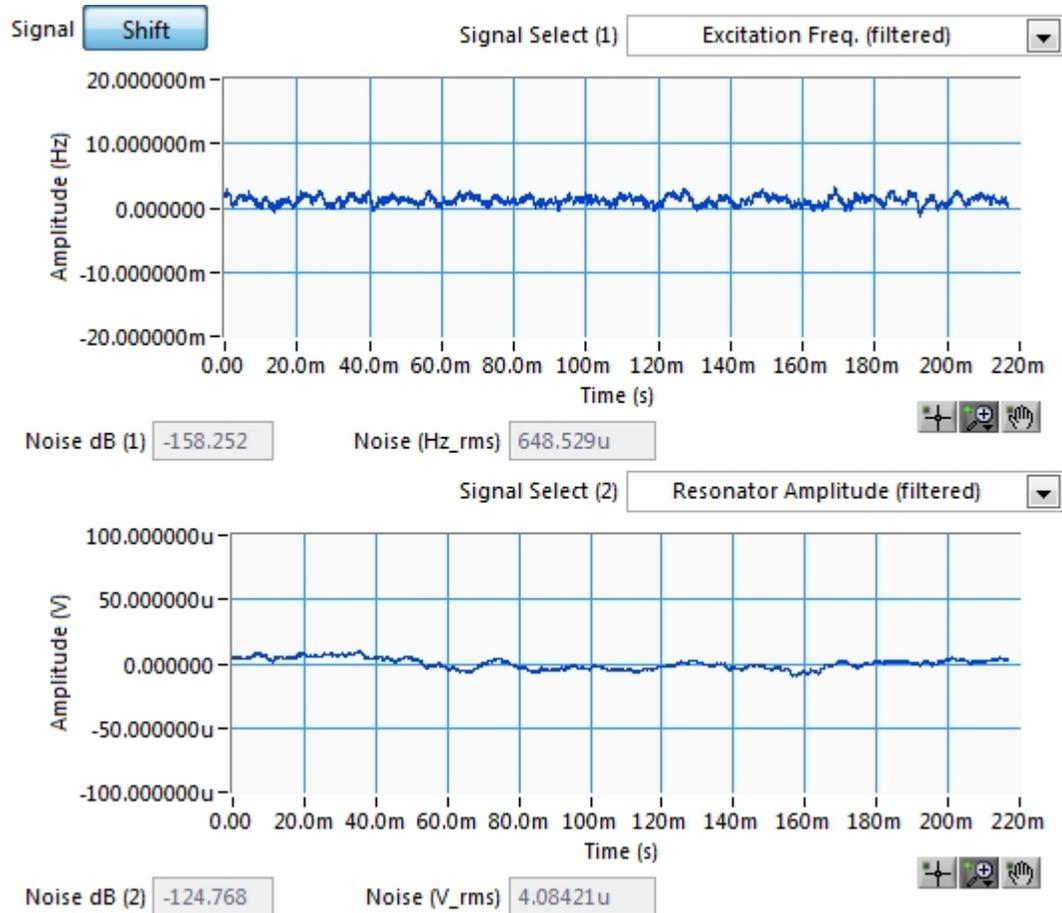


Ces indicateurs sont présents :

La phase du résonateur  
 L'amplitude du résonateur  
 La fréquence d'excitation

Un filtre passe-bas de premier ordre est appliqué. Le filtre qui peut être réglé avec le *filtre passe-bas appliqué sur la commande Fréquence/Phase/Ampli* (voir les commandes de *configuration de l'opération*).

## 4.9 Graphique du signal temporel et sélection du signal



Ces graphiques présentent divers signaux d'intérêt en temps réel. La sélection des signaux se fait par le menu *Signal Select*. Le tableau suivant présente les choix possibles :

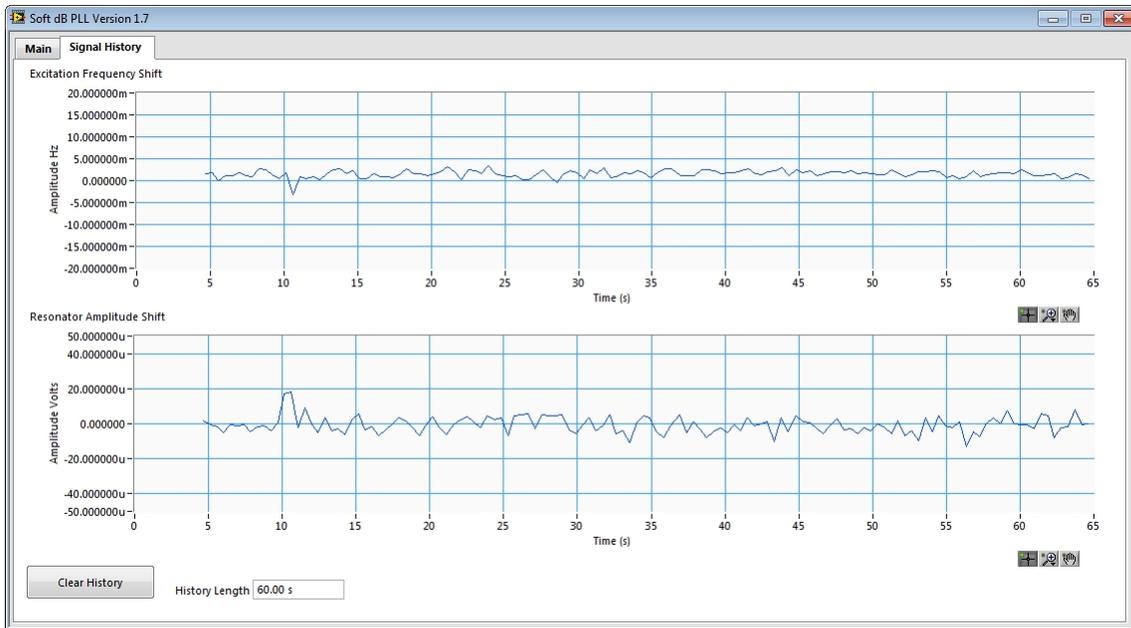
Resonator Output
Excitation
Resonator Phase (raw)
Excitation Freq. (raw)
Resonator Amp. (raw)
Excitation Amp. (raw)
Excitation Freq. (filtered)
Resonator Phase (filtered)
Resonator Amplitude (filtered)
Excitation Amplitude (filtered)
Output #2: Excitation Freq.
Output #3: Resonator Phase
Output #4: Resonator Amp.
Output #5: Excitation Amp.

Signal	Description
<b>Sortie du résonateur</b>	Signal temporel de sortie du résonateur en V. Il s'agit signal mesuré par la carte DSP sur l'entrée #1.
<b>Excitation</b>	Signal de temps d'excitation en V. Il s'agit du signal généré par la carte DSP sur la sortie #1.
<b>Phase du résonateur (brute)</b>	Phase du résonateur en degrés, mesurée par le détecteur de phase. L'algorithme du détecteur de phase mesure la phase du résonateur seul, en corrigeant automatiquement la phase des chaînes numériques et analogiques de la carte. Il s'agit de la signal brut et aucun filtre passe-bas n'est appliqué.
<b>Fréquence d'excitation (brute)</b>	Cette valeur (en Hz) est fixe si le contrôleur de phase est désactivé. Si le contrôleur de phase est engagé, ce signal est la sortie du correcteur de phase. Cette valeur est fixe si le contrôleur de phase est désactivé. est le signal brut et aucun filtre passe-bas n'est utilisé.
<b>Ampère de sortie du résonateur (brut)</b>	Amplitude du signal de sortie du résonateur, mesurée par le détecteur de phase (en V). Il s'agit du signal brut et aucun filtre passe-bas n'est appliqué.
<b>Ampère d'excitation (brut)</b>	Amplitude d'excitation en V. Ce signal est constant à la valeur spécifiée si le contrôleur d'amplitude est désactivé. Si le contrôleur d'amplitude est engagé, ce signal est la sortie du correcteur d'amplitude. Il s'agit du signal brut et aucun filtre passe-bas n'est appliqué.
<b>Fréquence d'excitation (filtrée)</b>	Fréquence d'excitation filtrée (en Hz). Ce signal est constant à la valeur spécifiée si le contrôleur de phase est désactivé. Si le contrôleur de phase est engagé, ce signal est la sortie filtrée du contrôleur de boucle. Le filtre passe-bas de l'affichage est appliqué pour réduire le bruit. Pour ce signal, la commande <i>Signal</i> peut être utilisée pour présenter la valeur absolue ou la valeur de décalage. La référence dans l'onglet Paramétrage de l'opération est utilisée pour calculer la valeur du décalage.
<b>Phase du résonateur (filtrée)</b>	Phase du résonateur filtré (en degrés), mesurée par le détecteur de phase. L'algorithme du détecteur de phase mesure la phase du résonateur filtré. résonateur seul, en corrigeant automatiquement l'effet du

	phase des chaînes numériques et analogiques de la carte. Pour ce signal, la commande <i>Signal</i> peut être utilisée pour présenter la valeur absolue ou la valeur de décalage. La valeur de référence dans l'onglet <i>Operation Set-up</i> est utilisé pour calculer la valeur du décalage.
<b>Amplitude du résonateur (filtrée)</b>	Amplitude de sortie du résonateur filtré (en V). Le filtre passe-bas est appliqué pour réduire le bruit sur ce signal. Pour ce signal, la commande <i>Signal</i> peut être utilisée pour présenter la valeur absolue ou la valeur de décalage. La valeur de référence dans l'onglet <i>Configuration de l'opération</i> est utilisée pour calculer la valeur de décalage.
<b>Amplitude d'excitation (filtrée)</b>	Amplitude d'excitation filtrée (en V). Le filtre passe-bas est appliqué pour réduire le bruit sur ce signal. Pour ce signal, la commande <i>Signal</i> peut être utilisée pour présenter la valeur absolue ou la valeur de décalage. La valeur de référence dans les commandes de configuration des opérations est utilisée pour calculer le décalage.
<b>Sorties n°2, n°3, n°4 et n°5</b>	Ces sélections représentent le signal 16 bits généré par le DSP sur les sorties #2, #3, #4 et #5. Les signaux de sortie sont sélectionnés à l'aide du <i>menu Mux</i> des commandes <i>Operation Set-up</i> . L'utilisateur peut choisir entre la fréquence d'excitation, la phase du résonateur, l'amplitude du résonateur et l'amplitude de l'excitation. Une valeur de référence réglable est soustraite de ces signaux pour obtenir la valeur de décalage. La sensibilité du signal de sortie peut être réglée à l'aide d'une commande de plage. Un filtre passe-bas réglable est également utilisé pour réduire le bruit sur tous les signaux de sortie.

#### 4.10 Historique des signaux

L'historique du signal pour le décalage de la fréquence d'excitation et le décalage du résonateur est présenté dans l'onglet *Historique du signal*. La longueur de l'historique est réglable et l'utilisateur peut effacer les graphiques de l'historique à l'aide de commande *Clear History* (Effacer l'historique). Ces graphiques sont utiles pour analyser la stabilité à long terme de la PLL et pour estimer le bruit.



**Interface de test du contrôleur d'amplitude (onglet Amplitude du résonateur)**

## 4.11 Sauvegarde et rappel des fichiers de configuration



Ces boutons permettent d'enregistrer et de rappeler une configuration. Tous les paramètres PLL sont sauvegardés dans le fichier de configuration. Lorsqu'une configuration est rappelée, les deux contrôleurs sont automatiquement arrêtés.

## Connecteurs GPIO

Les GPIO sont situés sur deux connecteurs dB-25 à l'arrière de l'instrument :

### Connecteur gauche

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Gnd	Gnd	Gnd	QEP0_B	QEP0_A	GPIO_0(7)	GPIO_0(6)	GPIO_0(5)	GPIO_0(4)	GPIO_0(3)	GPIO_0(2)	GPIO_0(1)	GPIO_0(0)
	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd

### Connecteur droit

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Gnd	Gnd	Gnd	QEP1_B	QEP1_A	GPIO_0(15)	GPIO_0(14)	GPIO_0(13)	GPIO_0(12)	GPIO_0(11)	GPIO_0(10)	GPIO_0(9)	GPIO_0(8)
	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd

