



Analyse de signaux dynamiques et vibratoires

Vincent Ruault
NIDays 2002

ni.com/france

Après avoir montré le besoin d'un outil d'analyse tel que l'analyse d'octave, nous expliquerons les concepts de base, les possibilités offertes par nos produits et nous terminerons cette partie par un exemple d'utilisation.

La seconde partie sera consacrée aux applications incorporant un grand nombre de voies de mesure. Pour cela, nous évoquerons les différentes possibilités de synchronisation de nos matériels à travers la mise en œuvre de cartes de type DSA (« Dynamic Signal Acquisition »).

Exemples d'applications

■ Premier Exemple :

- Essai de type « Crash-test » sur des containers de marchandises en utilisant 4 accéléromètres ICP.

■ Deuxième Exemple :

- Caractérisation sonore d'un produit électroménager en fonctionnement (par exemple une machine à laver) grâce à 5 microphones.

ni.com/france



Les cartes multifonctions (MIO) permettent d'effectuer des opérations diverses : E/S analogiques, E/S numériques, compteurs. Les spécifications de ces cartes concernant l'acquisition analogique présentent certaines limites dans le cas de mesures avancées. Il s'agit de mesures où une résolution importante est requise, l'échantillonnage simultané de voies (un convertisseur par voie), ... Dans le cas d'analyse dynamique de signaux (FFT par exemple), des filtres antirepliement sont nécessaires. Enfin, certains capteurs ont besoin d'une excitation ICP, or elle n'est pas prévue sur les cartes MIO et il faut la fournir de manière externe.

Nos cartes DSA permettent de répondre à tous ces besoins. Elles sont basées sur une architecture avec un convertisseur analogique/numérique de type delta/sigma par voie. Suivant le modèle, l'excitation ICP est directement intégrée à la carte ou au boîtier de raccordement.

Ces cartes permettent d'envisager de nombreuses applications : analyse d'octave, analyse vibratoire, surveillance de machines tournantes....

Plan de la présentation

- ☞ • Une application d'analyse dynamique : l'analyse d'octave
 - Pourquoi l'analyse d'octave ?
 - L'oreille humaine
 - Filtre d'octave et bancs de filtres
 - De l'octave à la fraction d'octave
 - Pondération
 - Moyennage
- Applications d'analyse dynamique de signal intégrant un grand nombre de voies
 - Applications
 - Configurations
 - Synchronisation

ni.com/france



L'analyse dynamique de signal emploie plusieurs types d'analyses. L'analyse d'octave figure parmi celles-ci.

Nous débuterons par un aperçu d'applications où cette technique est requise.

Dans le but de comprendre l'analyse d'octave, il est important de comprendre quelques concepts de base.

Nous décrirons, ensuite, le fonctionnement de l'oreille humaine et comment l'analyse d'octave est liée à ce capteur.

Enfin, nous détaillerons toutes les techniques employées dans le but de réaliser des mesures acoustiques en utilisant l'analyse d'octave et comment interpréter ces mesures.

L'analyse dynamique nécessite souvent de nombreux points de mesure. La deuxième partie de notre présentation sera consacrée aux applications utilisant un grand nombre de voies de mesures et la nécessité de la synchronisation pour leur mise en œuvre.

Dans un premier temps intéressons-nous au concept d'analyse d'octave.

Utilité de l'analyse d'octave ?

- Généralement, le but est de mesurer l'exposition de l'oreille humaine :
 - Exposition passive (bruit)
 - Exposition active (Audio)
- L'analyse d'octave est principalement utilisée dans les domaines suivant :
 - Acoustique
 - Mesures Audio
 - Mesures de vibration

ni.com/france



Pourquoi employer l'analyse d'octave ?

Dans de nombreux cas, lorsque vous voulez mesurer et analyser un son, le "client final" est l'oreille humaine. L'analyse d'octave sera utilisée lors de mesures destinées à reproduire le comportement de l'oreille humaine.

Cela comprend les mesures acoustiques allant de la mesure de qualité sonore (les laves-vaisselle sont de plus en plus silencieux...) aux mesures audios (quelle est la qualité de mes enceintes ?). Nous distinguons deux types d'exposition.

Exposition passive :

L'exposition à un bruit trop élevé peut endommager l'oreille (pertes d'audition)

- Les aéroports contrôlent depuis longtemps les émissions sonores.
- Fabricants d'appareils : ne pensez-vous pas que votre nouvelle machine à laver est incroyablement silencieuse ?
- L'industrie automobile et des transports réalisent beaucoup de tests pour contrôler l'émission sonore.

Exposition active :

- Industrie Audio : qui voudrait d'un lecteur de CD de mauvaise qualité ?
- Industrie Automobile qualité sonore : fermeture de porte, son du moteur...
- Acoustique d'une pièce : pourquoi ai-je l'impression de chanter si bien dans ma douche ?

Le but étant de réaliser des mesures sonores dans les mêmes conditions que l'oreille, nous allons d'abord présenter cet organe en tant que capteur.

L'oreille humaine

■ Un capteur de pression utilisé au quotidien

- Le niveau sonore est une mesure de variations de pression atmosphérique.
- 1013 mbar = 101.3 kPa
- 20 µPa (seuil de sensibilité)
- L'oreille possède une réponse logarithmique pour le niveau.
- 130 dB de dynamique

$$L(dB) = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2}$$

ni.com/france



L'oreille est un organe très sensible à la pression. Elle continue de faire l'objet de beaucoup d'études.

Le seuil de sensibilité se situe à 20 µPa.

En fait, le niveau sonore correspondant à 20 µPa est 0dB.

Niveaux sonores typiques :

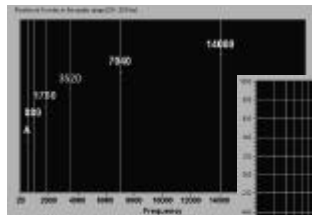
- Conversation dans un lieu calme : 30 dB (SPL) (Sound Pressure Level)
- Conversation normale : entre 60 et 70 dB (SPL)
- Décollage d'un avion : 120 dB. Cette valeur est souvent considérée comme le seuil de douleur.

Cette mesure de pression nous donne l'intensité du son.

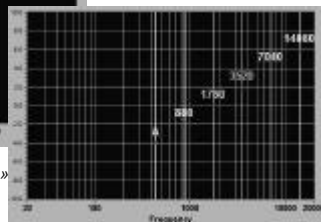
Après avoir caractérisé l'oreille en amplitude, nous allons nous intéresser au comportement de l'oreille vis à vis de la fréquence.

À propos de la fréquence...

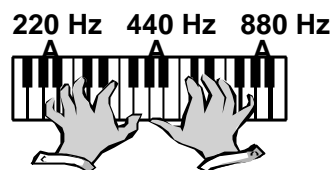
- La fréquence du signal nous donne la hauteur du son
- Échelle logarithmique (comme l'intensité)
- Pour les musiciens : la référence = LA 440 Hz (Diapason)



Représentation linéaire des « LA »



Représentation logarithmique des « LA »



ni.com/france



Jusqu'à maintenant, nous n'avons parlé que de niveau sonore. Parlons maintenant de la fréquence du son. Le diapason nous donne un LA à une fréquence de 440Hz (par forcément une sinusoïde pure).

Si l'on observe un clavier de piano, la même note est séparée de 8 touches blanches. Pour aller d'un LA au LA suivant, la fréquence est multipliée par deux. Le LA suivant le LA 440Hz est à 880Hz.

Nous utiliserons donc une échelle logarithmique aussi pour représenter les fréquences.

L'oreille est un capteur log/log !

Il existe une relation entre la fréquence et la longueur d'onde :

Vitesse du son dans l'air : $C=340\text{m/s}$, F fréquence du signal en Hz.

$$\lambda \text{ (m)} = C / F$$

$$- F = 1\text{kHz} \rightarrow \lambda = 34 \text{ cm}$$

$$- F = 10 \text{ Hz} \rightarrow \lambda = 34 \text{ m}$$

On définit la gamme de fréquences audio comme étant la gamme de fréquences perceptibles par l'oreille : 20Hz->20kHz.

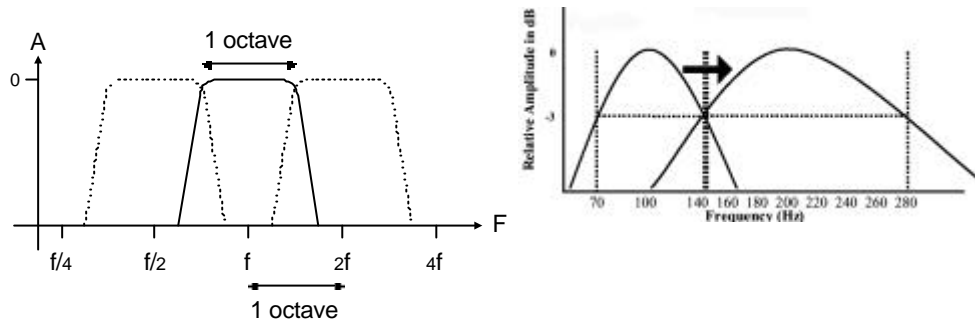
Évidemment, il est possible de s'intéresser à une gamme de fréquence plus étendue que la gamme audio.

Après avoir évoqué l'oreille comme capteur, passons à la réalisation pratique de l'analyse d'octave.

Filtre d'octave et bancs de filtres

■ Filtre d'“Octave” : filtre passe-bande couvrant 1 Octave ($f \rightarrow 2f$)

■ La fréquence de référence est 1kHz



ni.com/france



L'analyse d'octave est réalisée à travers des bancs parallèles de filtres passe-bande. La sortie de chaque filtre est moyennée pour calculer la puissance dans chaque bande et pouvoir afficher chaque bande dans un histogramme.

L'analyse FFT mesure le spectre avec un espacement linéaire des fréquences.

L'analyse d'octave mesure le spectre d'énergie par des filtres passe-bande logarithmiquement espacés.

Comme nous l'avons dit précédemment, cette technique est similaire à la manière dont l'homme perçoit le son. Un autre avantage, spécialement quand on traite des signaux qui comportent un grand nombre de composantes en fréquence, est que l'énergie est groupée par bande. Différentes bandes peuvent être liées à des phénomènes totalement étrangers. Cela facilite ainsi la comparaison entre des signaux et c'est la raison principale pour laquelle l'analyse d'octave est employée dans de nombreux standards.

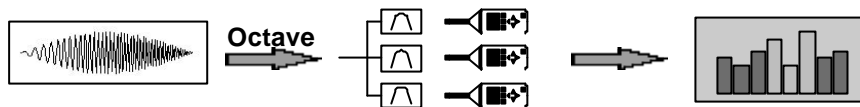
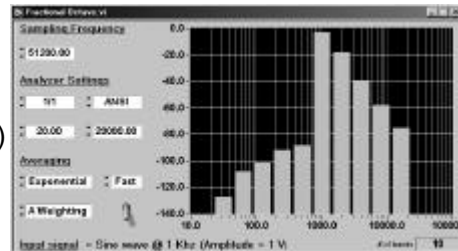
Des bandes fractionnées d'octave permettent de sélectionner une résolution fréquentielle adaptée au signal d'intérêt. Typiquement, les valeurs de fraction sont 1/3 (3 bandes par octave), 1/12 ou 1/24. Les spécifications des fractions d'octave sont définies dans les standards ANSI et IEC.

Les filtres passe-bande utilisés sont des filtres à facteur de qualité Q constant. Pour les filtres du banc “basse fréquence”, la bande sera étroite. Plus la fréquence centrale du filtre est élevée, plus la bande de fréquence est étalée.

Traitement des mesures d'octave

- Le signal temporel est acquis, filtré puis visualisé sur un graphe en barres
- Résolution "pauvre" :
Seulement 10 bandes
pour la bande audio (20-20KHz)

Plusieurs filtres par octave



ni.com/france



Pour synthétiser ce que nous avons vu, le signal temporel est acquis puis filtré. Le niveau de signal dans chaque bande de fréquence (octave) est représenté sur un graphe en barres.

Ce traitement n'est qu'un filtrage de signaux. Il n'y a pas de traitements mathématiques comme dans une FFT.

On utilise un calibrateur pour mesurer le signal retourné par un microphone.

Le signal de référence est une sinusoïde d'1 kHz à 94dB.

L'utilisation d'une analyse sur une seule octave ne donne pas des résultats très précis. En effet, dans la bande audio (20Hz->20kHz), nous n'obtenons que 10 bandes. Ce n'est pas une résolution satisfaisante dans beaucoup de cas. Aussi, nous pouvons utiliser plusieurs filtres par octave.

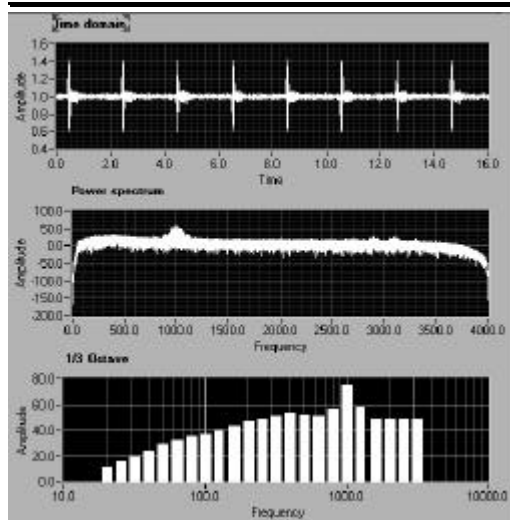
Remarque : si vous utilisez NI-DSA, vous pouvez spécifier les fractions d'octave suivantes: 1/1, 1/3 and 1/12.

Si vous utilisez le toolkit "Sound and Vibration", les fractions 1/1, 1/3, 1/6, 1/12 et 1/24 sont disponibles.

Remarque : plus le nombre de filtres est élevé, plus l'utilisation des ressources matériels est importante. Il faut prendre ce facteur en compte lors d'utilisations où le temps est critique.

L'outil d'analyse "habituel" est la FFT. Quel outil utiliser alors ?

Comparaison : FFT - 1/3 Octave



- Pondération "A"
- Dans ce cas, le signal temporel et la FFT ne fournissent pas d'informations utiles...
- L'analyse d'octave donne une idée plus générale de la répartition du spectre

ni.com/france



Comparaison FFT / Analyse d'octave...

Quand l'information temporelle n'est pas facilement interprétable, il est souvent préférable de passer par le domaine fréquentiel. Cela permet d'analyser le contenu de notre signal : différents niveaux à différentes fréquences.

Parfois, même le domaine fréquentiel est difficile à interpréter (par exemple des bruits à proximité d'un aéroport). En effet, le bruit s'étale souvent sur un domaine de fréquences et il est difficile d'interpréter le graphe des fréquences.

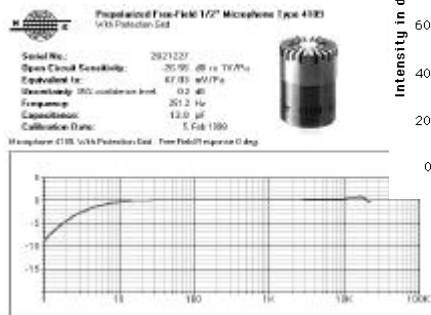
Dans ce cas, l'analyse d'octave peut faciliter l'interprétation et apporter une information facilement exploitable. Par exemple lorsqu'un avion décolle, nous pourrions noter que l'énergie est surtout localisée dans la bande 1000/2000Hz.

L'analyse d'octave apporte un outil de comparaison de signaux facile à mettre en œuvre.

Nous pouvons aussi penser à l'acoustique d'un bâtiment ou d'une automobile. Si le but est d'utiliser un absorbeur de bruit, nous voulons simplement être certain que l'absorbeur est efficace dans la gamme de fréquences de notre bruit. Nous n'avons pas besoin de plus de détails. Nous ne voulons pas connaître l'absorption à 1245.125 Hz ou 1865.56 Hz.

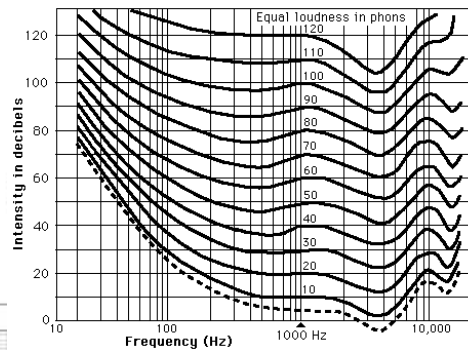
Le but étant, nous le rappelons, de réaliser des mesures dans les conditions les plus proches de celles de l'oreille humaine, il est nécessaire de comparer la réponse de l'oreille à celle d'un capteur matériel : le microphone.

Réponses fréquentielles...



■ Réponse fréquentielle d'un microphone

ni.com/france



■ Réponse fréquentielle de l'oreille



Spécifications d'un microphone :

Les fabricants essaient de concevoir des microphones dont la réponse fréquentielle est la plus "plate" possible (pas d'atténuation ou d'amplification à aucune fréquence).

Dans cet exemple, le microphone possède une réponse "plate" dans la bande de fréquences 10-10KHz.

Courbe de réponse de l'oreille humaine :

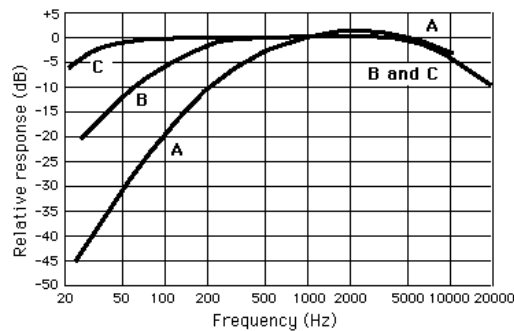
Les différentes courbes d'intensité représentent la perception de l'oreille.

Un son d'1kHz d'intensité 90dB est perçu par l'oreille à 90dB. Pour produire un son perçu comme de même intensité (90dB) par l'oreille mais à 20Hz, l'intensité réelle est de 120dB.

En fait, l'oreille n'est pas du tout linéaire (aussi bien en fréquence qu'en niveau). De ce fait, comment faire des mesures objectives et répétables ? Il est nécessaire d'introduire une compensation ou pondération.

Filtres de pondération : A, B et C

- Référence : 0 dB @ 1 kHz
- A, B ou C sont les pondérations les plus répandues :
 - A (faibles intensités)
 - B (intensités moyennes)
 - C (fortes intensités)
- En pratique, "A" est la plus utilisée.
- Les unités utilisées sont:
 - dB(A),
 - dB(B),
 - dB(C).



ni.com/france



Dans le but de compenser la non linéarité de la réponse de l'oreille, nous sommes obligé d'utiliser des filtres de pondération. Ces filtres sont standardisés. Ils permettent de réaliser des mesures répétables et comparer des sons de manière "objective" comme si l'oreille les entendait.

Remarque :

Que vous utilisiez le toolkit "Son et Vibration" ou le driver NI-DSA, les filtres de pondération sont directement disponibles.

Ces filtres sont intégrés directement dans NI-DSA et dans le toolkit "Son et Vibration". Cela permet d'économiser du temps de développement.

Vous avez, en plus, accès à des outils de visualisation spécialement adaptés à l'analyse d'octave.

Outre la pondération (indispensable), et suivant le type de phénomène à observer (constant dans le temps, transitoire...), nous allons introduire une autre notion : le moyennage.

Moyennage...

Moyennage temporel...L'oreille est aussi un capteur dépendant du temps !!!

Deux philosophies pour le moyennage :

- Linéaire (moyennage unique) :
 - moyennage réalisé sur un temps défini
 - toutes les mesures moyennées de la même façon
 - utilisée pour les signaux stationnaires
- Exponentiel (moyennage continu) :
 - le dernier échantillon est moyenné par n éch. précédents
 - différentes constantes de temps :
 - » “lent” : 35 ms
 - » “rapide” : 125 ms
 - » “impulsion” : 35 -> 1500ms
 - » personnalisé...

ni.com/france



Suivant le type de phénomène à observer, la mesure de notre signal va être pondérée.

Par exemple, quelle est la moyenne du niveau sonore à proximité de l'autoroute entre 8h et 10h ?

Moyennage linéaire : nous nous intéressons à un phénomène « stationnaire ».

La moyenne est réalisée sur une durée spécifique.

Ce moyennage peut aussi être utile quand l'information est noyée dans le bruit. Il peut permettre de supprimer le bruit et récupérer des signaux de faibles intensité.

Mesure du niveau sonore lors d'un atterrissage

Moyennage exponentiel : phénomène transitoire.

Le dernier échantillon est moyenné par les n échantillons précédents. Ainsi, nous pourrions intégrer notre signal. Le moyennage “lent” intégrera le signal sur une période d'une seconde. Les transitoires ne seront pas visibles. Le moyennage “rapide” utilise une constante de 125ms, les transitoires sont visibles. Le problème qui se produit alors est que les transitoires sont détectées mais leur niveau n'est pas exploitable. Pour cette raison, le moyennage de type “impulsion” est utilisé. Il permet de détecter les transitoires rapides et conserve le niveau maximal.

Utilisation des constantes:

- “lent”: 1 sec. Pas d'intérêt pour les transitoires du signal (trafic continu...).
- “rapide” : 125 ms. Intérêts pour les transitoires (aéroport,...)
- “impulsion” : choc métallique (montant : 35ms, descendant : 1500 ms).

En fait, les types de pondération et de moyennage sont, à des fins de comparaison objectives, standardisés. C'est ce que nous allons voir maintenant.

Aperçu des standards

■ American National Standards Institute

- ANSI S1.11

■ International Electro-technical Commission

- IEC standards (IEC1260, IEC 651 et IEC 804)

■ 2 familles de standards :

- Fraction d'octave (spécification de la forme des filtres)
- Niveaux sonores (modes de moyennage)

ni.com/france



L'analyse d'octave et la mesure de niveaux sonores ont été standardisées à cause de leur nature subjective...

Le but est de "reproduire" le comportement de l'oreille même si chacun de ces capteurs est unique. Pour cela, nous devons utiliser des règles objectives permettant de mesurer et comparer des sons.

Il existe deux types de famille de standards :

- Le but de la première famille de standards est principalement de caractériser les bancs de filtres.

Les standards les plus fréquemment rencontrés sont :

- ANSI (USA) avec le standard ANSI S1.11
- IEC (Europe) avec le standard IEC 1260.

- Concernant les mesures de niveaux sonores (deuxième famille), les standards caractérisent surtout le mode de moyennage ("lent", "rapide", "impulsion"). Nous retrouvons deux standards les plus répandus :

- IEC 651
- IEC 804.

Remarque : toutes les fonctions disponibles dans nos outils suivent et proposent ces différents standards.

Terminons cette première partie par une démonstration.

Démonstration...

Utilisation de l'analyse d'octave

ni.com/france



Nous proposons deux catégories de produits :

- La série des cartes NI-455x intégrant un DSP. Elle est associée à son driver NI-DSA. Elle présente l'intérêt de pouvoir réaliser des traitement « temps réel ». Dans le cas d'une analyse d'octave, elle doit être associée au toolkit « analyse d'octave en temps réel ».
- La série des cartes PCI-45xx ou PXI-4472 utilisée avec le driver NI-DAQ est associée au toolkit « Son et Vibration ».

Quelle que soit la solution envisagée, les logiciels sont livrés avec des exemples documentés permettant des développements rapides d'applications intégrant de la mesure de son. Nos outils intègrent directement les standards en vigueur. Ces outils supportent aussi les fréquences d'échantillonnages personnalisées (pas de fréquences prédéfinies). Enfin, les outils de visualisation intégrés (graphes spécialisés) permettent d'apporter de la souplesse dans l'affichage des résultats.

Plan de la présentation

- Une application d'analyse dynamique : l'analyse d'octave
 - Pourquoi l'analyse d'octave ?
 - L'oreille humaine
 - Filtre d'octave et bancs de filtres
 - De l'octave à la fraction d'octave
 - Pondération
 - Moyennage
- ☞ • Applications d'analyse dynamique de signal intégrant un grand nombre de voies
 - Applications
 - Configurations
 - Synchronisation

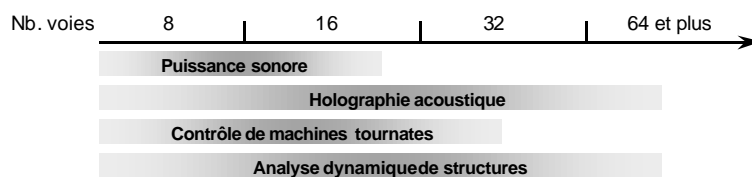
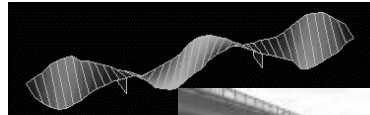
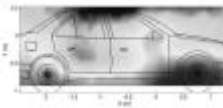
ni.com/france



Intéressons-nous maintenant aux applications nécessitant un grand nombre de voies de mesure. Dans ce but, partons de quelques exemples...

Applications avec un grand nombre de voies...

- Puissance sonore
- Holographie acoustique
- Contrôle de machines tournantes
- Analyse de structures dynamiques



ni.com/france



Pour de nombreux produits grand public, le **bruit** est un problème réel. Les employés de bureau ou les utilisateurs domestiques préfèrent des ordinateurs silencieux à des appareils bruyants. Des normes définissent les seuils autorisés. De plus en plus, ces tests réalisés en chambre anéchoïque, demandent des points de mesure multiples et simultanés (notion de phase importante).

L'holographie acoustique est une technique permettant de localiser et quantifier les sources sonores. Par exemple sur l'image ci-dessus, il apparaît clairement que la source de bruit la plus importante vient des pneus, chose à laquelle on pouvait s'attendre.

Le contrôle de machine est primordial pour les installations importantes spécialement sur les chaînes de fabrication. Si la maintenance n'est pas planifiée ou une panne se produit sur une machine, non seulement la réparation peut être coûteuse mais le temps perdu aussi. Le contrôle de machines permet de prévoir la maintenance, d'abaisser son coût et éventuellement prévoir des défaillances. Les signaux contrôlés sur une machine sont de type vibratoire, sonore mais aussi consommation énergétique, température, ou déplacement mécanique. Le nombre de voies mesurées dépend beaucoup de la machine.

L'analyse modale est basée sur des mesures de vibrations de structures. Souvent, ces mesures requièrent un grand nombre de voies de mesures, l'analyse étant postérieure à l'acquisition.

Le nombre de voies par module étant limité, des solutions de synchronisation doivent être envisagées.

Synchronisation

- Déclenchement
- Partage d'horloges
- Methodes
 - Bus PXI Trigger
 - PXI Star Trigger
 - Bus RTSI pour PCI
 - Connecteurs Externes



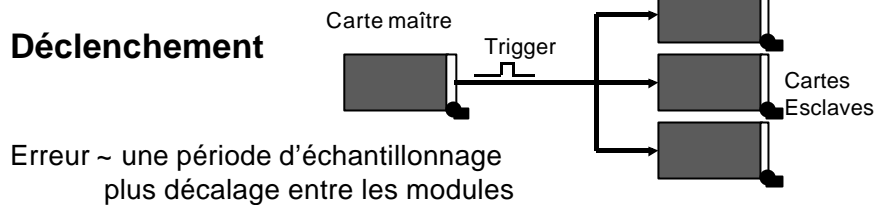
ni.com/france



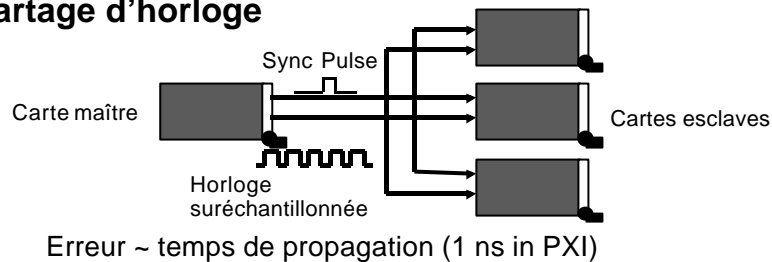
Pour les applications utilisant un grand nombre de voies, plusieurs cartes ou modules d'acquisition doivent être employés. Cela entraîne alors un problème de synchronisation surtout quand l'information de phase entre les signaux est importante. Dans cette partie, nous allons mentionner deux méthodes de synchronisation : le déclenchement et le partage d'horloges. Selon le bus, les signaux sont transmis via le bus PXI Trigger, PXI Star Trigger, Bus RTSI ou à travers les connecteurs externes.

Dynamic Signal Acquisition (DSA)

Déclenchement



Partage d'horloge



ni.com/france



Les modules DSA utilisent des Convertisseurs Analogique/Numérique (CAN) delta-sigma pour obtenir une plus grande résolution et linéarité. Ces critères de qualité sont primordiaux dans des applications de mesure de sons et de vibrations. Ces CAN font appel à une horloge suréchantillonnée qui fonctionne en permanence. Typiquement, la valeur de cette horloge est de 128 ou 64 fois la fréquence d'échantillonnage. À cause de l'opération du convertisseur delta-sigma, les échantillons sont acquis en permanence sans tenir compte du signal de déclenchement. Aussi, dès que le signal de déclenchement se produit, le premier échantillon disponible est fourni à l'utilisateur. Cette erreur peut entraîner une erreur allant jusqu'à une période d'échantillonnage. Par exemple, si la période d'échantillonnage est 50kS/s, l'erreur peut aller jusqu'à 20µs.

Pour les applications nécessitant une information de phase entre les voies de différents modules, une synchronisation plus précise est requise. L'horloge suréchantillonnée de la carte maître peut être exportée aux autres cartes (esclaves). En utilisant en plus le signal "SYNC PULSE", les cartes esclaves sont synchronisées avec la carte maître. Ces signaux sont exportés soit via le bus RTSI (en PCI), soit via les lignes PXI Trigger et STAR TRIGGER (en PXI).

Dans ce cas, l'erreur est simplement due au délai de propagation entre les modules.

Intéressons nous à la mise en œuvre sur plate-forme PXI.

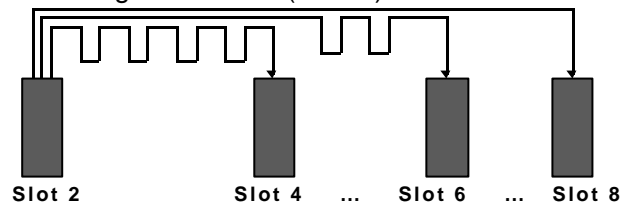
Synchronisation PXI

■ Bus PXI Trigger

- Similaire au bus RTSI en PCI
- Partage des signaux d'horloge et de déclenchement

■ PXI Star Trigger

- 13 lignes de même longueur physique depuis slot n°2
- Décalage très faible (< 1 ns)



DEMO

ni.com/france

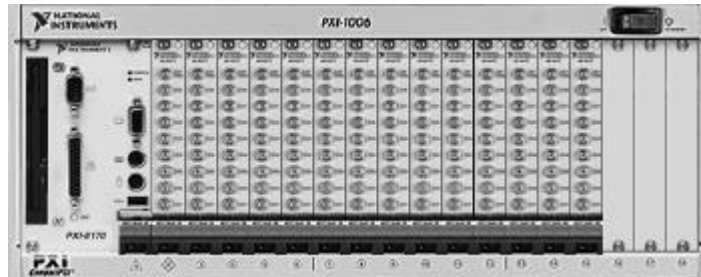


Le fond de panier PXI offre une multitude de méthodes pour synchroniser et partager des signaux d'horloges et de déclenchement. Deux méthodes sont décrites ici. Le bus PXI Trigger contient huit lignes similaires à celles du bus RTSI pour le PCI. Ces lignes peuvent être employées pour le partage de signaux de déclenchement et d'horloge entre plusieurs modules.

En plus du bus PXI Trigger, une ligne de déclenchement supplémentaire (PXI STAR) a été ajoutée à chaque slot. La typologie de cette ligne est en "étoile" autour du module du slot 2. Cette ligne relie donc le slot 2 au treize modules suivants par une ligne électrique de même longueur.

La longueur des lignes PXI STAR est conçue pour avoir un temps de propagation du signal émis par le module du slot 2 vers les treize autres modules n'excédant pas la nanoseconde.

Système de mesures à 112 voies



- NI 4472 dans slot 2, contrôle 13 autres cartes 4472
 - Un total de 14 modules, 112 voies
- Faible différence de phase $< 0.1^\circ$ à 1 kHz entre n'importe quelle voie de mesure du châssis.

ni.com/france



Avec la ligne PXI Star Trigger reliant les quatorze modules avec un décalage inférieur à 1ns, il est désormais possible de créer un système de mesure avec un décalage de phase entre voies très faible.

Remarque :

- La synchronisation permet de concevoir des systèmes d'acquisition sur disque avec des contraintes de phase sur un grand nombre de voies.
- La synchronisation permet de baisser le coût par voie de mesure.
- Il est tout à fait possible d'envisager des solutions mettant en oeuvre un châssis PXI et un PC via une liaison MXI-3.

Conclusion

- *Plus d'informations sur le web à l'adresse :*

<http://www.ni.com/analysis/sound/background.htm>

- *Exemples de solutions utilisateurs :*

<http://www.ni.com/automotive/nvh.htm>

ni.com/france



Beaucoup d'applications peuvent tirer partie de la synchronisation. Cela ne se limite pas aux applications de mesure de son ou vibration.

Au niveau de l'analyse dynamique de signal, d'autres applications existent telles que l'analyse d'ordre... Ces applications interviennent dans des secteurs d'activités variés tels l'automobile, la téléphonie, l'électronique grand publique...