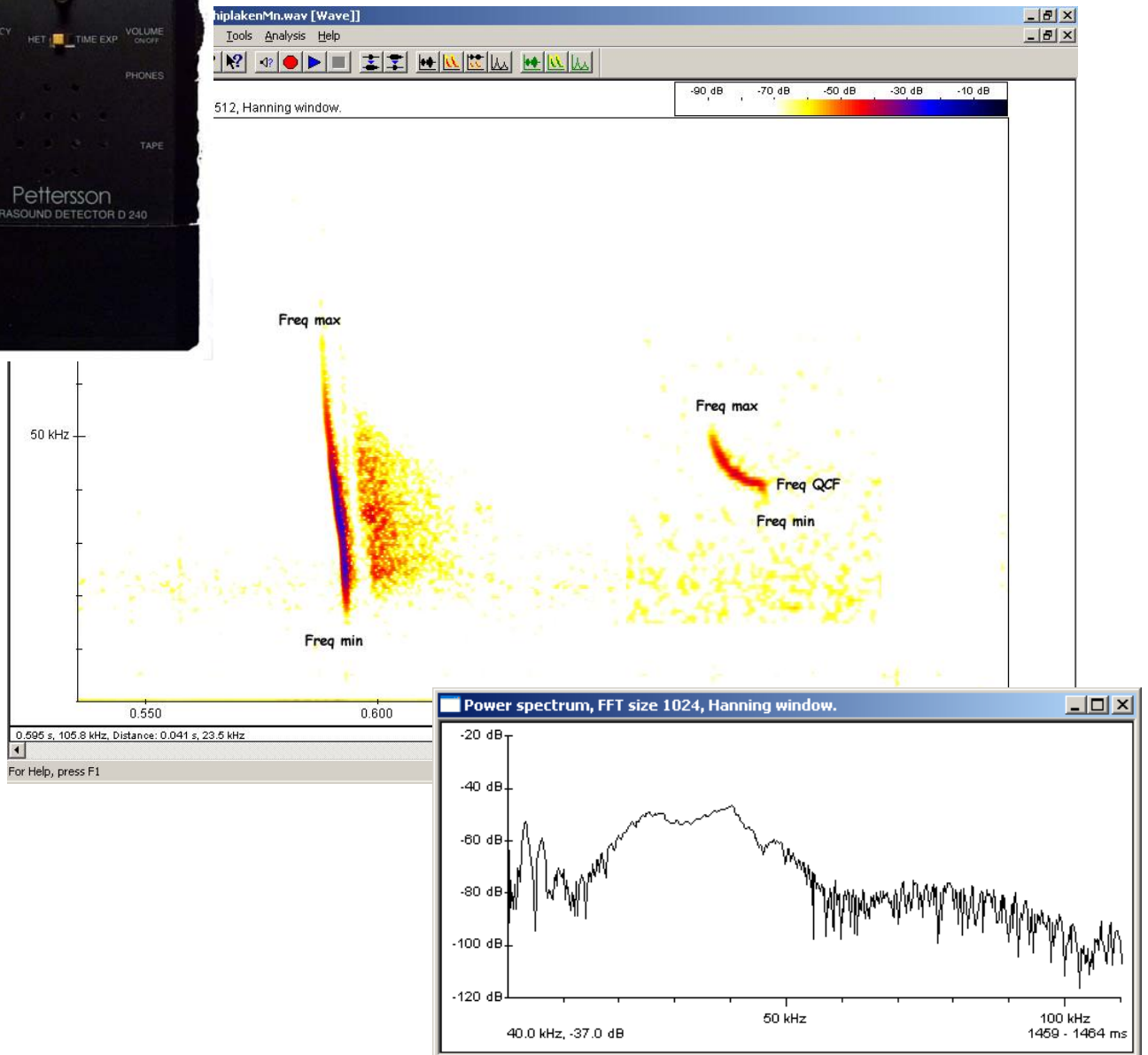


Manuel d'utilisation de l'expansion de temps pour débutants



Version française mars 2014

Réalisation : Sven Verkem

N8 gcv | Uitbreidingsstraat 51 | 2570 Duffel | +32 (0)486/48 74 18 | n° de TVA : BE 0841.630.891



Une version néerlandaise de ce texte peut être obtenue auprès de l'auteur : sven.verkem@gmail.com

Sonogrammes : Sven Verkem, Ben Van der Wijden et Pierrette Nyssen

Figure page 5 : Marc Van de Sijpe

Dessins : Marcela De Mulder

Traduction et adaptations successives en français : Ben Van der Wijden et Pierrette Nyssen pour Plecotus, le groupe de travail chauves-souris de Natagora.



Plecotus / Natagora | Rue Nanon 98 | 5000 Namur | Belgique | Tél +32 (0)81/390 725 | plecotus@natagora.be | www.chauves-souris.be

© Sven Verkem, Ben Van der Wijden et Pierrette Nyssen

Toute reproduction de ce document, totale ou partielle, est soumise à autorisation des auteurs.

Table des matières

1	Choix du matériel	4
1.1	Détecteur d'ultrasons	4
1.2	Enregistreur.....	4
1.3	Logiciel d'analyse.....	4
2	Enregistrement	5
2.1	Enregistrement manuel.....	6
2.2	Déclenchement automatique TRIGGER.....	7
3	Lecture des enregistrements sur l'ordinateur	8
3.1	Transfert des enregistrements vers l'ordinateur	8
3.2	Paramétrages initiaux de Batsound	8
3.2.1	Configuration de l'enregistrement.....	9
3.2.2	Paramètres du spectrogramme	10
3.3	Ouvrir des enregistrements existants en Batsound	12
3.4	Convertir d'autres formats son afin de les lire en Batsound	13
3.5	Lire des sons en Batsound.....	13
4	Identification à l'aide d'analyses du son	14
4.1	Concepts de base	14
4.2	Quels paramètres utiliser pour l'analyse du son ?.....	16
4.3	Affichage d'un signal en Batsound.....	17
4.3.1	Modifier les paramètres de l'oscillogramme	18
4.3.2	Modifier les paramètres du spectrogramme	20
4.4	La prise de mesures en Batsound	21
4.4.1	Mesures dans le spectrogramme	21
4.4.2	Déterminer la fréquence du maximum d'énergie (FME) à l'aide du power spectrum	24
4.5	Identifier les espèces de chauves-souris	27
	Annexe 1 : Références	29
	Détecteurs en expansion de temps (portables ou enregistrement automatique).....	29
	Logiciels d'analyse	30
	Littérature intéressante	32
	Annexe 2 : Enregistreur	33

1 Choix du matériel

1.1 Détecteur d'ultrasons

Dans ce manuel, nous partons du principe que le lecteur utilise un détecteur à expansion de temps. Etant donné que nous utilisons nous-mêmes un modèle **Pettersson D240x**, ce manuel est basé sur l'utilisation de ce matériel, mais loin de nous l'idée de promouvoir ce modèle (d'autres appareils équivalents sont très bons également). Quiconque travaille avec un autre détecteur pourra facilement utiliser ce manuel malgré quelques petites différences. Une liste des principaux fabricants de détecteurs à expansion de temps se trouve en annexe 1.

L'objectif de ce manuel n'est pas de discuter des différences entre marques ou modèles ; néanmoins, ces différences seront de temps en temps mises en évidence. Les observateurs qui utilisent par exemple un appareil de la série D1000x de Pettersson constateront une amélioration de la qualité des enregistrements, en particulier pour les hautes fréquences. Les détecteurs à enregistrement automatique (Pettersson D500x ou Wildlife acoustics SM2bat par exemple) permettent également une lecture en Batsound qui s'approche très fort de ce qui est décrit dans la partie 3 de ce manuel.

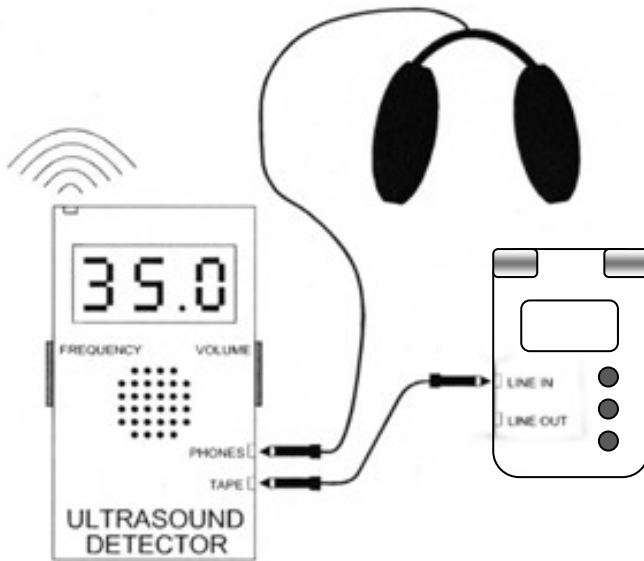
1.2 Enregistreur

Pour les enregistrements avec un Pettersson D240x, la plupart des utilisateurs possèdent actuellement un **enregistreur numérique** qui enregistre directement en format **.wav**. Il est important d'éviter d'enregistrer en d'autres formats (.mp3, .mp4, ...) car dans certains cas, ce type de compression dégrade trop le signal pour permettre une analyse appropriée a posteriori. Certains détecteurs portables (Pettersson D1000x, Batbox Griffin ou Wildlife acoustics EM3 par exemple) et tous les détecteurs automatiques ont aujourd'hui une carte mémoire interne permettant d'éviter l'utilisation d'un enregistreur extérieur. Par ailleurs, il existe également certains micros directement branchés sur un ordinateur (tablette ou portable). Pour plus d'infos sur les différents supports possibles, reportez-vous à l'annexe 2.

1.3 Logiciel d'analyse

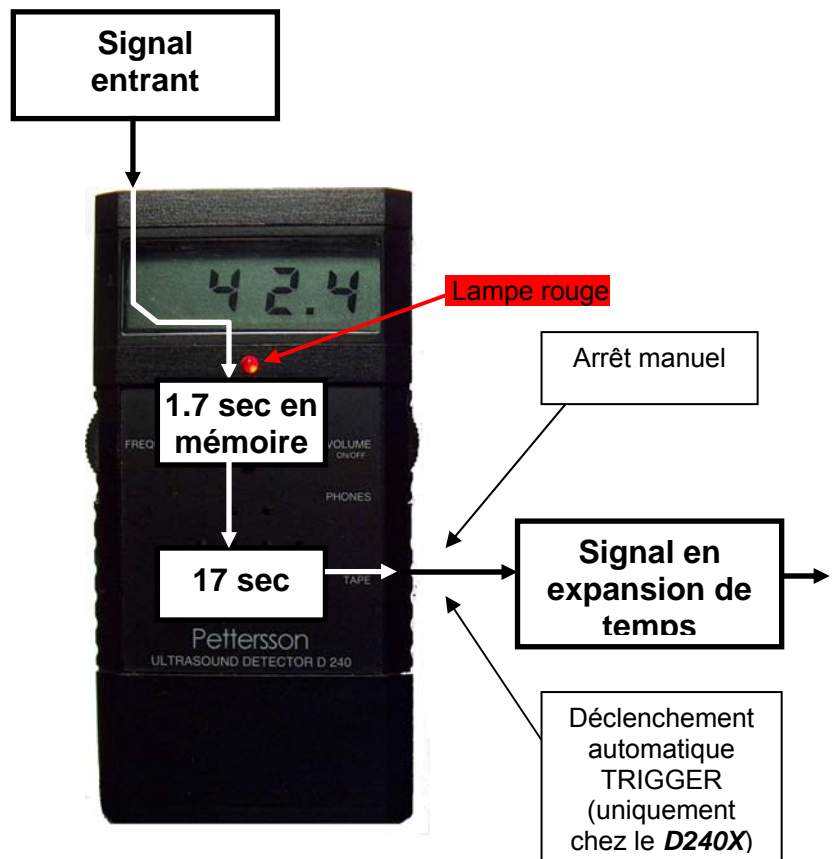
Pour l'analyse de sons, il existe plusieurs logiciels dont plusieurs programmes gratuits. Ce manuel est basé sur l'utilisation du logiciel **Batsound**, puisque c'est avec lui que nous travaillons nous-mêmes. Pour l'utilisation de ce programme, il faut une licence officielle. Son achat est sous la responsabilité de l'utilisateur. **Batscan**, **SonoBat**, **Avisoft-SASLab Pro** sont d'autres exemples de logiciels spécifiques pour l'analyse des sons de chauves-souris. Une liste des fabricants de ce type de logiciels est incluse en annexe 1. D'autres logiciels, comme les logiciels libres et/ou gratuits comme **Praat**, **WaveSurfer**, **Syrinx**, **Audacity** peuvent également être utilisés pour l'analyse des sons de chauves-souris, mais sont moins faciles à l'usage parce qu'ils ne sont pas spécifiquement construits pour l'analyse de signaux de chauves-souris. Leur avantage est qu'ils sont gratuits et qu'on peut donc faire des essais avant d'acheter un des logiciels plus spécifiques.

2 Enregistrement



Connectez la sortie **TAPE** du détecteur avec l'entrée **LINE-IN** de l'enregistreur numérique. Pour cela, vous avez besoin d'un câble audio stéréo avec deux fiches jack mâles de 3,5 mm disponible dans la plupart des magasins d'électronique (demandez un **câble jack-jack stéréo 3.5**). Attention : s'il y a deux entrées distinctes, ne pas connecter le câble sur l'entrée **MICRO** de l'enregistreur, et encore moins sur le **LINE-OUT** ou la sortie casque ! (NB : certains enregistreurs comme les modèles ZOOM H2N n'ont plus qu'une seule entrée ligne, couplant MICRO et LINE-IN, c'est donc celle-là qu'il faut choisir).

Les enregistrements sur le détecteur sont réalisés en stéréo : l'hétérodyne est enregistré sur le canal gauche (piste gauche ou oreille gauche), l'expansion de temps sur le canal droit (piste droite ou oreille droite). Ces signaux en expansion de temps ne sont pas produits en continu : seules quelques secondes du signal entrant sont enregistrées dans la mémoire interne du détecteur. Chez le **D240x**, l'utilisateur peut configurer cette durée d'enregistrement à 0.1 seconde, 1.7 s ou 3.4 s à l'aide d'un petit bouton situé sur la face arrière du détecteur. Considérons dans l'exemple suivant que l'utilisateur a réglé son détecteur sur 1.7 s. Tant que la lampe rouge sur la face du détecteur est allumée, le détecteur enregistre en continu, en ne gardant que les 1.7 dernières secondes en mémoire. Pour arrêter cet enregistrement, il suffit de pousser sur le **bouton*** à l'arrière du détecteur (voir image ci-dessous). La lampe rouge s'éteint alors et le détecteur garde en mémoire les 1.7 secondes précédant la pression du bouton* et ce, jusqu'à ce que l'utilisateur repousse sur ce même bouton*. Tant que l'utilisateur n'arrête pas l'enregistrement, le détecteur ne gardera en mémoire que les dernières 0.1 s, 1.7 s ou 3.4 s selon le choix de l'utilisateur. Une fois que l'utilisateur pousse sur le bouton pour arrêter l'enregistrement, les signaux dans la mémoire sont ralentis 10 fois (le temps est expansé d'un facteur 10), ce qui donne un signal en expansion de temps. Cette transformation ne se passe pas en continu, mais uniquement après avoir arrêté l'enregistrement soit manuellement (comme expliqué ci-dessus et voir point 2.1) soit par le déclenchement automatique **TRIGGER** (uniquement chez le **D240x**, voir point 2.2 pour plus d'info sur cette fonction).



Le signal en expansion de temps passe sur le canal droit. Si vous utilisez des écouteurs, vous entendrez le signal en expansion de temps dans l'oreille droite et le signal hétérodyne dans l'oreille gauche (repérez les lettres L (gauche - bleu) et R (droite - rouge) sur les écouteurs).

2.1 Enregistrement manuel

bouton *

Etape 1 : créer un signal en expansion de temps

L'enregistrement manuel s'effectue avec le bouton* noir (manual start/stop) sur l'arrière du **D240x**, comme expliqué ci-dessus. Quand on presse le bouton, la mémoire n'est plus remplacée par de nouveaux signaux et le son gardé en mémoire est expansé. L'avantage est donc que vous pressez le bouton d'enregistrement après le passage de la chauve-souris.

Etape 2 : enregistrer sur l'enregistreur numérique

En poussant sur le bouton **REC** ou **RECORD** de l'enregistreur, les signaux du détecteur sont enregistrés. Faites bien attention que l'enregistreur soit configuré en mode **stéréo**, car les signaux hétérodynes sont transmis par le canal gauche et les signaux en expansion de temps passent par le canal droit. Il est également bon à savoir que le D240x travaille en 44.1 kHz de fréquence d'échantillonnage et en 16 bits, les réglages de l'enregistreur doivent donc suivre ces mêmes paramètres, sinon vos enregistrements ne seront pas exploitables.

Au bout du temps nécessaire pour que l'entièreté de l'enregistrement soit passé (soit 17 sec dans notre exemple), poussez sur le bouton **STOP** de l'enregistreur pour arrêter l'enregistrement.

Il est important de noter que le même signal en expansion de temps de 17 s est joué en boucle en continu tant que vous n'avez pas recommencé une nouvelle session d'enregistrement (en poussant sur le bouton*). Vous avez donc tout le temps de faire les manipulations nécessaires pour l'enregistrement. Conseil : veillez à repérer à l'écoute le début de la séquence expansée (on entend en général un clac caractéristique) afin d'une part d'enregistrer la séquence entière en commençant bien au début (et non en plein milieu) et en finissant à la fin, et d'autre part sans tronquer une partie ni enregistrer 3 fois la même séquence.

Il est également possible d'enregistrer en continu, mais vous obtenez alors un très long fichier rempli de signaux hétérodynes avec de temps en temps un morceau en expansion de temps. Vu que seules les séquences en expansion de temps seront utilisées par la suite, il est intéressant de n'enregistrer que lorsque vous avez des signaux de ce type.



- **Conseil 1 : utilisez le bouton COM (commentaire) du détecteur**

Afin de se rappeler plus tard où, quand et dans quelles conditions ont été réalisés les enregistrements, utilisez le bouton COM. Ce bouton noir, situé sur la face du détecteur juste en-dessous de la lampe rouge, permet d'enregistrer des commentaires en parlant dans le micro du détecteur. Il est conseillé (voire essentiel) de faire des commentaires après chaque enregistrement en expansion de temps. Dans ce cas, une fois la séquence à enregistrer terminée, avant de pousser sur STOP, poussez sur le bouton COM du détecteur et faites vos remarques (par exemple, la date et le lieu, l'impression en hétérodyne, les conditions d'enregistrement, le type d'habitat, etc).

- **Conseil 2 : notez les conditions d'enregistrement**

Notez ou enregistrez (via le bouton COM, cf. conseil 1) les conditions d'enregistrement pour chaque séquence. Par la suite, et en particulier si il y a un certain délai entre l'enregistrement et l'analyse, ces remarques permettent de resituer l'enregistrement. En effet, les conditions ont une très forte influence sur les signaux utilisés par les chauves-souris et leur connaissance est une condition essentielle pour pouvoir déterminer l'espèce.

- **Conseil 3 : vérifiez systématiquement les réglages du détecteur avant chaque enregistrement**

Le détecteur D240x possède toute une série de boutons. Il n'est pas rare, pendant le transport ou lorsqu'on emballe ou déballé le détecteur dans sa housse, que la position des différents boutons change. Il est dès lors utile de vérifier systématiquement tous les boutons en début de soirée et avant de commencer l'enregistrement.

- **Conseil 4 : prévoyez un câble et une pile de réserve**

Le câble qui relie le détecteur à l'enregistreur est le point faible du système. En le pliant ou en restant par mégarde accroché à une branche, le câble peut facilement être endommagé. Pour éviter la frustration de se retrouver en forêt au milieu de la nuit avec un câble endommagé, prévoyez toujours un exemplaire de réserve. Encore mieux, mais plus cher, achetez un câble en silicone avec des fiches jack en or. Dans le même ordre d'idée, prévoyez toujours des piles de rechange (pour le détecteur ET pour l'enregistreur) et ayez-les sur vous pendant l'inventaire.

- **Conseil 5 : prenez l'habitude d'écouter le son en expansion de temps**

Prenez l'habitude d'écouter le son en expansion de temps pendant que vous l'enregistrez. Ceci vous permettra de vérifier que l'enregistrement se passe bien et de vous faire l'oreille à l'écoute des signaux en l'expansion de temps. Ceci sera important plus tard à l'apprentissage de la méthode Barataud.

2.2 Déclenchement automatique TRIGGER

Chez le **D240x**, il y est possible que le détecteur évalue lui-même quand un signal à expansion de temps doit être créé. Il faut pour cela sélectionner une valeur seuil de son. Lorsque ce seuil est dépassé, la mémoire est automatiquement transformée en expansion de temps. La valeur seuil peut être réglée à l'aide d'une petite vis à l'arrière du détecteur (**LEVEL ADJ**).

Cette méthode de déclenchement est surtout intéressante quand le détecteur et l'enregistreur sont abandonnés quelque part pour évaluer l'activité des chauves-souris à cet endroit. La durée totale d'enregistrement est limitée par la capacité de la carte de l'enregistreur et/ou par la durée de vie des batteries. Les autres limitations de cette technique sont le danger de vol et le fait que le détecteur enregistre tout son au-dessus du seuil, y compris des bruits non désirés (voitures qui passent, sauterelles, vent, ...). Enfin, par la suite, il faut écouter toute la bande et l'analyser, ce qui peut être contraignant. Notons tout de même qu'il existe actuellement des systèmes d'enregistrement automatique bien plus performants et adaptés que le D240x pour ce genre d'utilisation.

Le mode **TRIGGER** est également utilisé dans certaines méthodes de transects en voiture ou à vélo par exemple. Le seuil est alors placé très bas afin que le détecteur enregistre automatiquement toutes les chauves-souris qui passent.

3 Lecture des enregistrements sur l'ordinateur

3.1 Transfert des enregistrements vers l'ordinateur


Il existe plusieurs moyens simples de transférer des données de l'enregistreur (ou de la carte interne au détecteur) vers l'ordinateur :

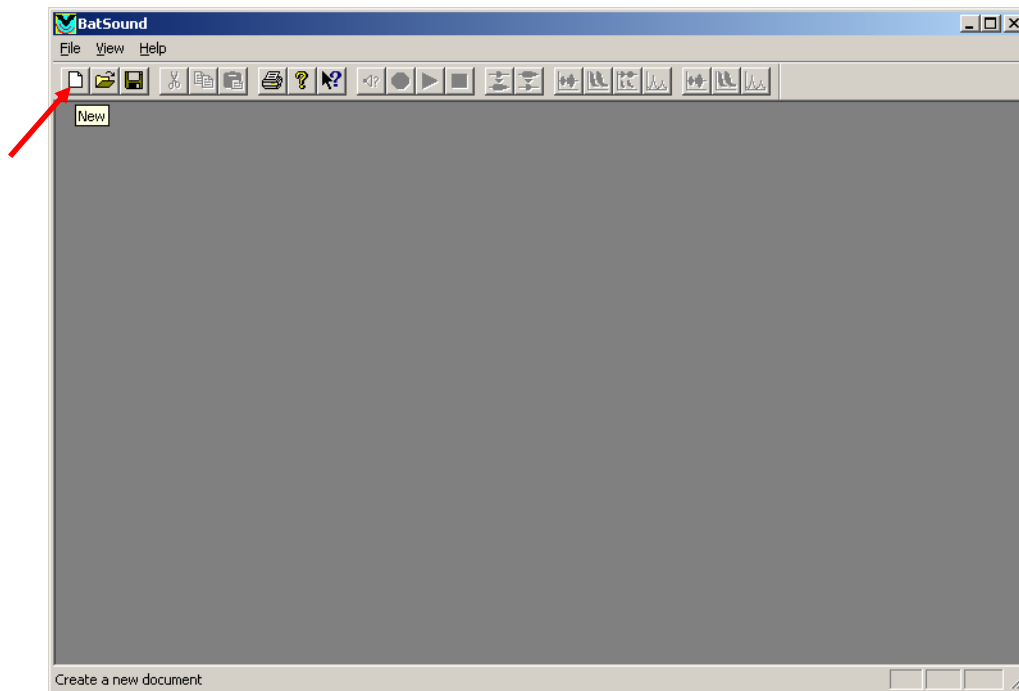
- Connecter l'enregistreur à l'ordinateur : utilisez le câble de transfert fourni avec l'enregistreur pour le connecter à l'ordinateur via le port UBS.
- Insérer la carte mémoire de l'enregistreur/détecteur dans un lecteur de cartes adapté branché sur le port UBS de votre ordinateur.
- Insérer la carte mémoire dans le lecteur de cartes de votre ordinateur, s'il en possède un adapté.

Dans les 3 cas, ouvrez le dossier de votre carte mémoire, et importez les fichiers depuis la carte mémoire de l'enregistreur vers un dossier sur votre ordinateur.

3.2 Paramétrages initiaux de Batsound

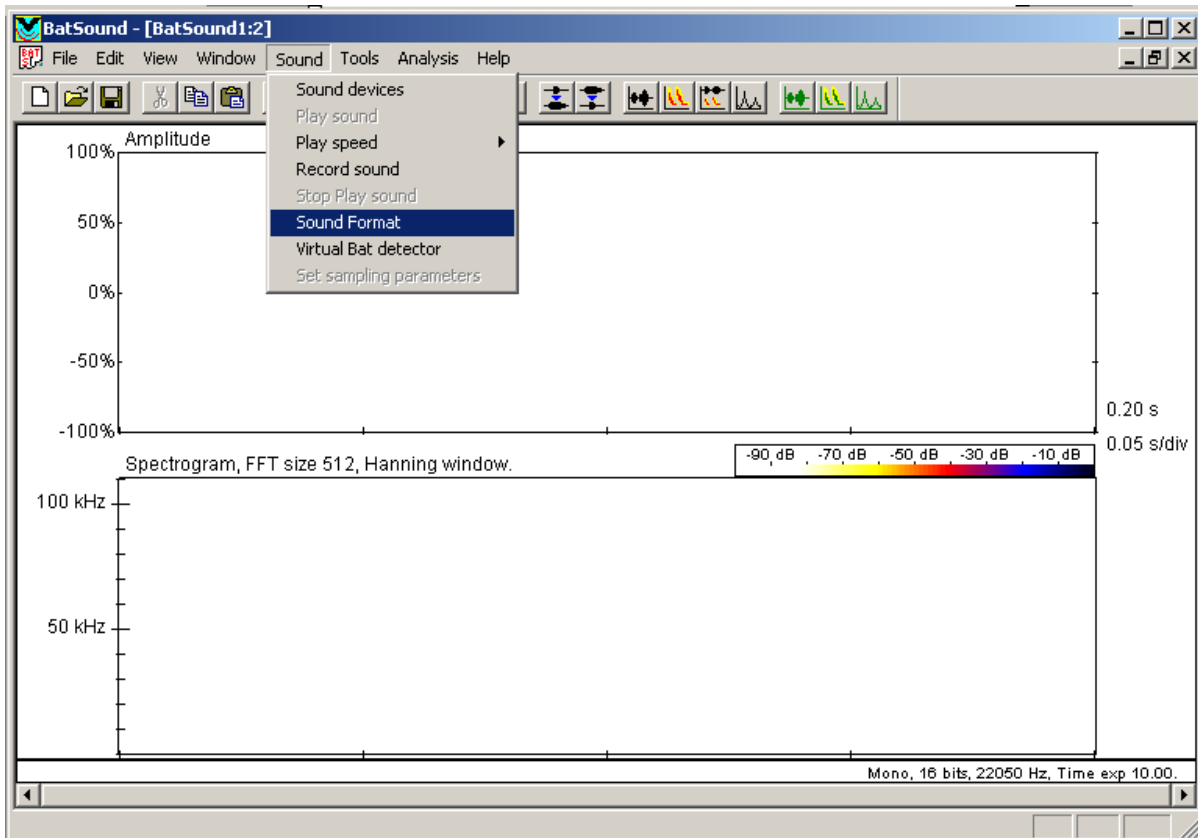
Quand vous démarrez le logiciel **Batsound** pour la première fois, il est nécessaire de configurer une série de paramètres de base. Au démarrage de Batsound, vous arrivez sur l'écran de démarrage et

vous devez d'abord ouvrir un fichier vierge grâce au bouton  ou via le menu **File > New**.

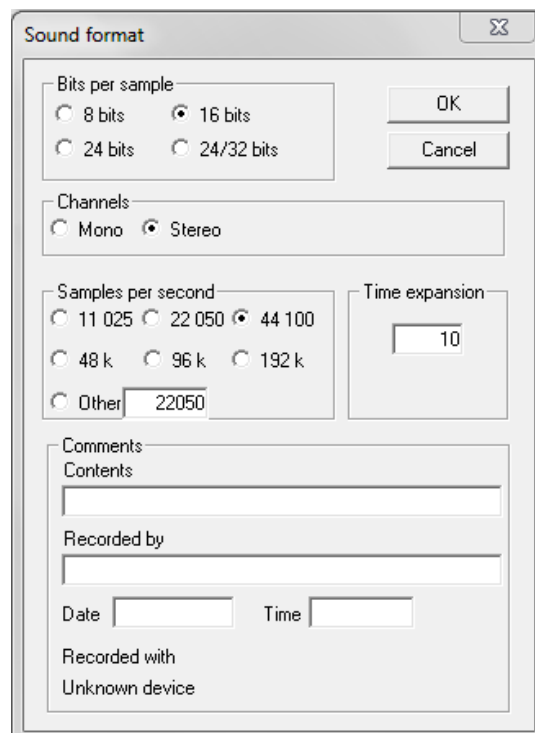


3.2.1 Configuration de l'enregistrement

Allez vers **Sound > Sound Format**



Vous obtenez la fenêtre suivante :



- **Bits per sample** : Ce paramètre doit être réglé en fonction des caractéristiques de votre détecteur. Sélectionnez **16 bits** pour une qualité de son optimale.
- **Channels** : Sélectionnez **Stéréo** si vous souhaitez que les pistes gauche et droite soient séparées. Puisque les signaux hétérodynes et expansion de temps sont enregistrés sur deux canaux différents, il est nécessaire de séparer les deux canaux.
- **Samples per second** : Le nombre de **Samples per second** sélectionné par la plupart des utilisateurs de D240x est 44.100, cela correspond à la fréquence d'échantillonnage réglée sur votre enregistreur. Les utilisateurs d'un autre type de détecteur (par exemple les détecteurs automatiques) doivent adapter cette fréquence d'échantillonnage aux paramètres de leur matériel.
- **Time expansion** : Le **Time expansion factor** doit être sélectionné en fonction du détecteur. Pour le D240x, ce facteur est toujours **10** (c'est le facteur de ralentissement de l'enregistrement). Sur d'autres détecteurs, soit on peut choisir ce facteur sur le détecteur (10x, 20x) soit il s'agit de 1x quand on fait de l'enregistrement direct. La plupart des utilisateurs sont habitués à écouter les sons ralentis d'un facteur 10.
- Dans le cadre **Comments**, vous pouvez rajouter vous-même de l'information sur votre enregistrement : la date d'enregistrement, l'auteur de l'enregistrement, des remarques (par exemple une identification). Ces commentaires ne seront conservés que si vous enregistrez votre fichier sous un format wav Batsound (voir point 3.3).

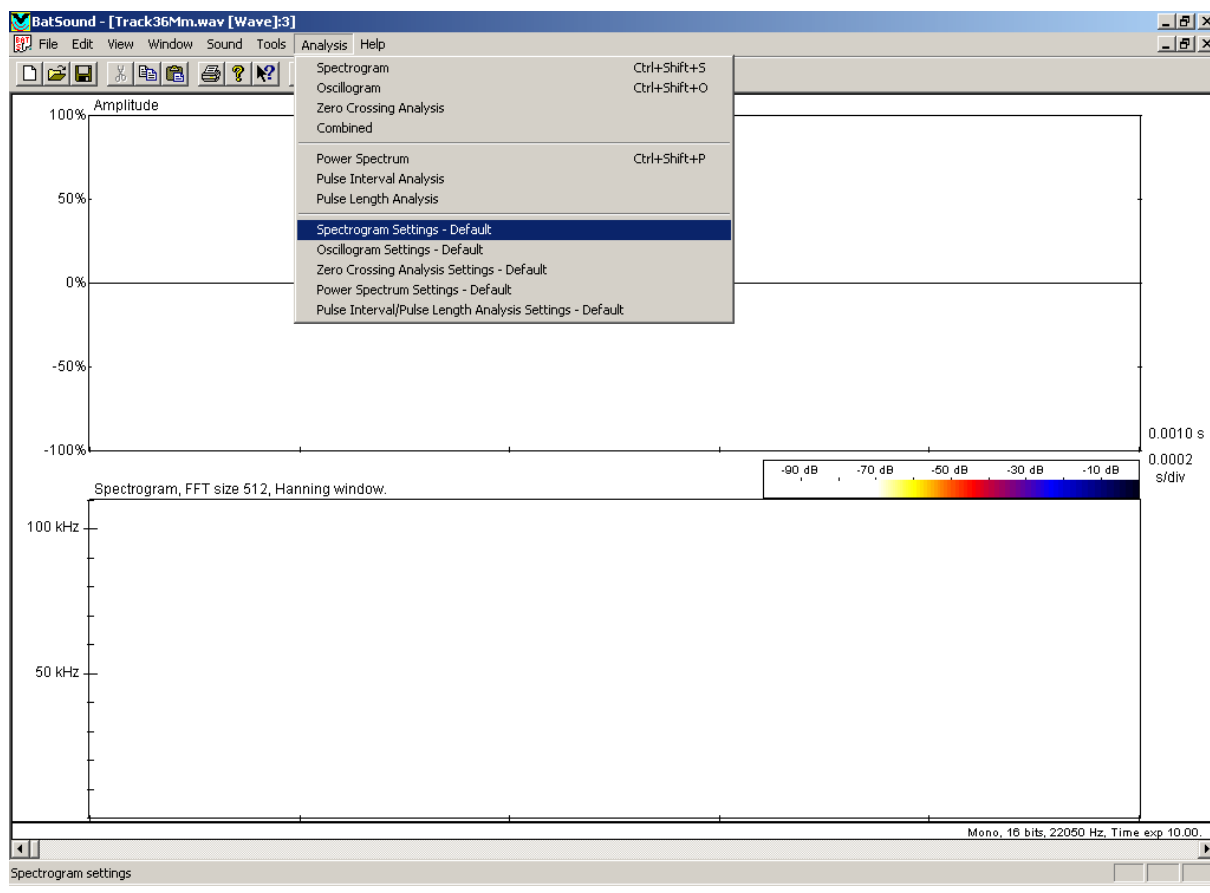


Une fois les paramètres adaptés, cliquez sur

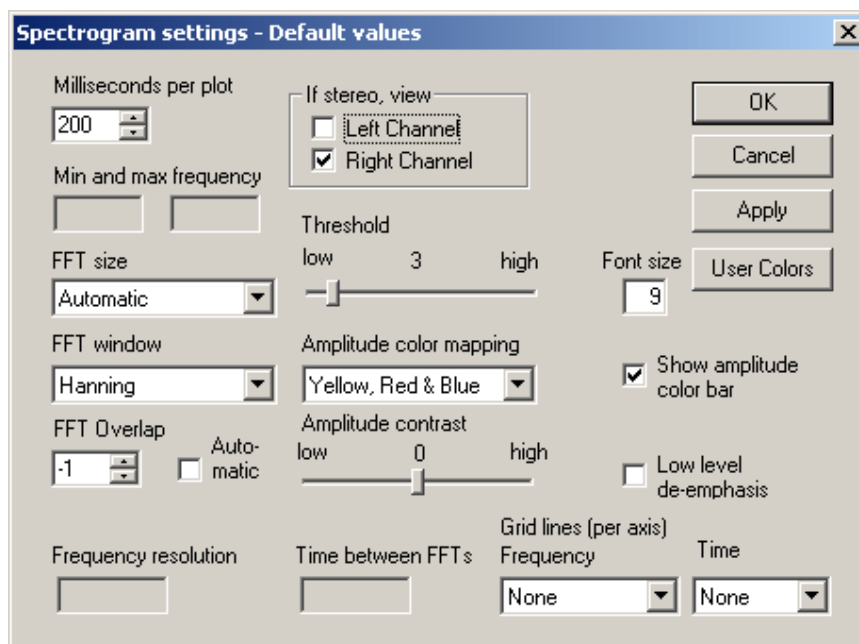
3.2.2 Paramètres du spectrogramme

Bien que ce ne soit pas nécessaire de les paramétrer d'avance, vous allez vite constater à l'usage que vous préférerez travailler avec certains paramétrages. Vous pouvez alors les régler par défaut, ce qui fait que tous les nouveaux enregistrements que vous ouvrirez seront paramétrés de cette manière-là. Il est cependant toujours possible de changer ces paramètres après l'importation du son.

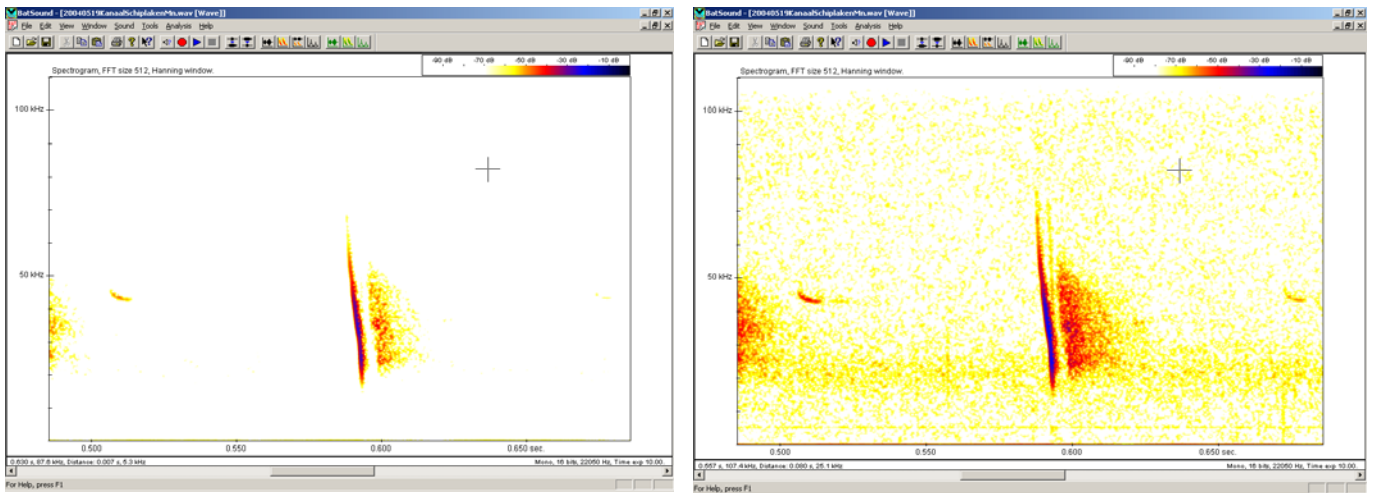
Allez vers **Analysis > Spectrogram Settings – Default** ou cliquez sur 



Vous obtenez la fenêtre suivante :




- **Milliseconds per plot** : ce paramètre détermine la longueur de l'intervalle de temps affiché sur l'écran. Il est recommandé de travailler avec un intervalle de temps d'une part suffisamment grand et d'autre part toujours le même, ce qui permet de voir d'un coup d'œil plusieurs signaux à la fois et d'évaluer directement (avec un peu d'habitude) le nombre de signaux par intervalle de temps. 500 millisecondes est un bon intervalle pour commencer et 200 millisecondes pour zoomer. Il est important de toujours utiliser les mêmes fenêtres afin de construire son propre référentiel visuel.
- **FFT size, FFT window et FFT Overlap** sont des paramètres relatifs à la Transformation de Fast Fourier (FFT) auquel le signal est soumis. Une option facile est de maintenir les réglages par défaut. Néanmoins, il est utile de savoir que plus le nombre FFT Size est élevé, plus la représentation de la *fréquence* sera précise (au détriment du *temps*), et à l'inverse plus le nombre est faible, plus le *temps* sera précis (au détriment de la *fréquence*). Si vous devez faire des mesures précises de fréquence, utilisez donc une FFT Size de 1024 et si vous devez faire des mesures de temps (durées), utilisez une FFT Size de 512.
- **Threshold** : en augmentant ou en diminuant le Threshold, on filtre plus ou moins le son. Pour des signaux faibles, il convient de sélectionner un Threshold bas ; pour des signaux forts avec beaucoup de bruits parasites, il est recommandé de sélectionner un Threshold plus élevé (cf figure ci-dessous).
- **Amplitude color mapping** permet de régler les couleurs utilisées dans le spectrogramme. Il est conseillé d'utiliser le schéma « Red, Green & Blue » car il permet de mieux visualiser l'enveloppe du signal et améliore la précision de certaines mesures. Cette palette de couleurs est également intéressante car elle oblige un réglage approprié du Threshold.
- **If stereo, view** : choisissez le canal de droite **Right Channel**, puisque c'est sur celui-là que passent les signaux en expansion de temps.
- **Grid Lines** : vous pouvez choisir d'afficher des lignes pointillées discrètes en repère des fréquences et/ou du temps.

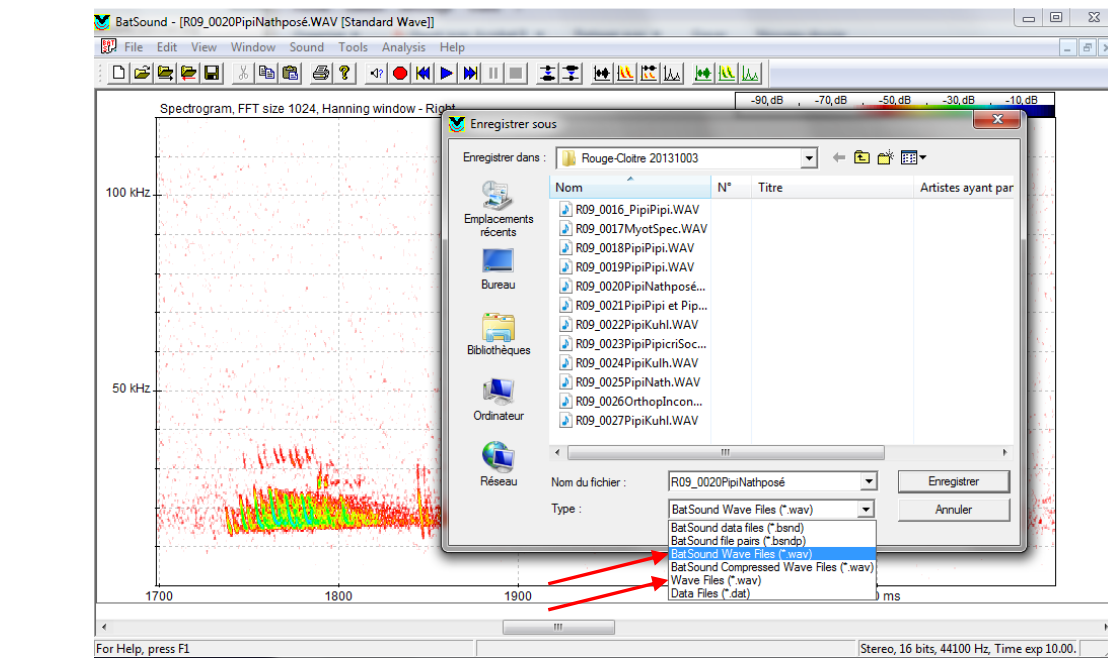


Cette figure montre le même enregistrement, mais avec le **Threshold** sur 11 à gauche et sur 5 à droite.

3.3 Ouvrir des enregistrements existants en Batsound

Quand vous (ou quelqu'un d'autre) avez sauvegardé des fichiers en Batsound ou importé des fichiers **.wav** sur l'ordinateur depuis un enregistreur, il est très facile de les ouvrir par la suite. Ceci peut être fait via **File > Open** ou avec le bouton .



Batsound ne peut lire que des fichiers sons en format **.wav**. Il est cependant intéressant de noter que, pour Batsound, il y existe deux types de format wave : le wave Standard (**Wave files**) et le wave Batsound (**BatSound Wave Files**). Le format wave Batsound ne peut pas être lu par d'autres programmes que Batsound lui-même, ce qui est un inconvénient important si vous ne travaillez pas uniquement avec ce logiciel ou que vous voulez partager votre enregistrement avec d'autres utilisateurs qui travaillent avec un autre logiciel. Les formats wave Standard et wave Batsound peuvent tous deux être lus par Batsound, mais le wave Batsound conserve, lorsque vous quittez le programme, l'ensemble des paramètres que vous avez défini (spectrogram settings et autres configurations), au contraire du wave Standard. Ceci signifie qu'à chaque ouverture d'un même fichier enregistré en wave Standard, vous devrez re-paramétrer l'affichage et la configuration, alors que le wave Batsound aura directement l'affichage que vous lui avez défini lors de l'utilisation précédente. Lorsque vous sauvez votre fichier son en Batsound (**File > Save as**), vous pouvez sélectionner le format voulu dans le menu déroulant **Type** du bas de la fenêtre.



3.4 Convertir d'autres formats son afin de les lire en Batsound

Batsound ne peut lire que des fichiers sons en format **.wav**. Si vous voulez visualiser un enregistrement en expansion de temps qui se trouve sur CD ou qui a été sauvegardé dans un autre format que **.wav**, vous devez le transformer avec un logiciel de transformation de son. Aujourd'hui, de nombreux petits logiciels (**Kaleidoscope** ou **Audacity** par exemple) permettent de convertir des fichiers sons de différents formats vers du **.wav**. Les utilisateurs qui travaillent avec du matériel Wildlife acoustics (SM2bat, EM3 etc) peuvent utiliser le logiciel Wac2Wav pour transformer les fichiers compressés wac en wav. Le seul risque à souligner est que l'on ne connaît pas toujours exactement la transformation effectuée par le logiciel (quel qu'il soit) sur le son. Or ces transformations peuvent entraîner des modifications sensibles de la qualité ou des paramètres que l'on utilisera par la suite pour identifier l'espèce. Il convient donc d'être très prudents lorsqu'on transforme des sons d'un format vers un autre.



3.5 Lire des sons en Batsound

Une fois l'enregistrement ouvert en Batsound, vous pouvez le lire à l'aide du bouton  ou via le menu **Sound > Play sound**. Hélas, l'écran ne défile pas automatiquement avec l'avancement de la lecture du fichier son, mais une barre verticale de progression permet de visualiser celle-ci. Pendant la lecture, vous entendez également les commentaires enregistrés précédemment (avec le bouton COM). Pour arrêter la lecture, poussez sur le bouton  ou allez dans le menu **Sound > Stop Play sound**.

Si vous avez travaillé avec un détecteur automatique (D500x ou SM2bat par exemple), aucun facteur d'expansion n'a été appliqué aux enregistrements. Pour l'écouter en expansion de temps, vous devez donc préalablement sélectionner une lecture ralentie de 10x via le menu **Sound > Play speed > 1/10**.

Conseil 1 : Utilisez les raccourcis clavier

Afin de parcourir les enregistrements, pour zoomer et dézoomer facilement, utilisez les raccourcis clavier. Ils sont décrits in extenso dans le manuel de Batsound, mais nous vous rappelons ici les plus importants :

- Ctrl + ► ou ◀ (les flèches gauche et droite) pour parcourir l'enregistrement
- Ctrl + ▲ pour zoomer (le bouton  a le même effet)
- Ctrl + ▼ pour dézoomer (le bouton  a le même effet)
- Ctrl + Shift + ▼ pour dézoomer sur la totalité de l'enregistrement (voir tout d'un coup)

Conseil 2 : Utilisez des écouteurs

Pour la détermination des espèces, la qualité du son que vous écoutez joue un rôle important. Il est donc fortement conseillé de travailler sur votre ordinateur avec des écouteurs ou un casque de bonne qualité et non avec les baffles intégrés à l'ordinateur. Cela vous apportera un confort précieux et facilitera votre apprentissage.

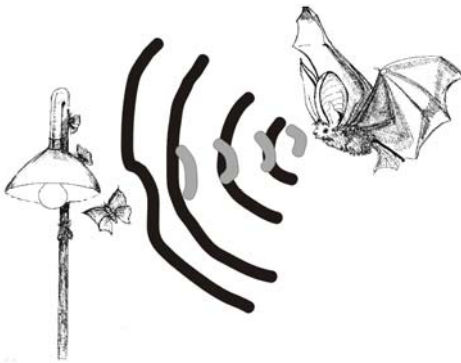
4 Identification à l'aide d'analyses du son

L'expansion de temps et l'analyse du son qui s'en suit ne sont certainement pas la panacée miracle. Ceux qui débutent feront probablement au départ l'erreur d'avoir trop confiance en cette technique. Il est également très important de se rendre compte que cette façon de travailler comporte une série d'inconvénients :

- faire des enregistrements et les analyser prend beaucoup de temps
- au moment de l'analyse, il est difficile de se rappeler des conditions d'enregistrement et d'évaluer les facteurs de l'environnement
- l'enregistrement du son, son transfert sur l'enregistreur et ensuite sur l'ordinateur sont autant d'étapes qui peuvent modifier sensiblement le signal d'origine, rendant l'interprétation plus difficile, voire impossible dans certains cas.

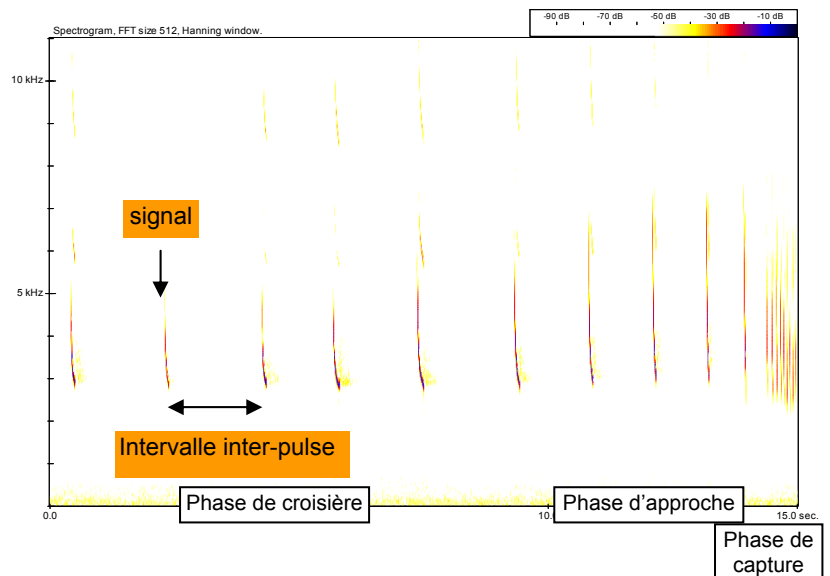
Il est dès lors préférable de prévoir un mélange intelligent de détermination directe en hétérodyne (voire en expansion de temps pour les plus aguerris) sur le terrain et d'enregistrements en expansion de temps analysés par la suite. Il est également important de se rendre compte que toutes espèces de chauves-souris ne sont pas identifiables en expansion de temps. Tout comme avec la méthode hétérodyne, il faudra régulièrement se résoudre à écrire simplement « Chauves-souris sp. » ou « *Myotis* sp. », preuve d'honnêteté intellectuelle et scientifique.

4.1 Concepts de base



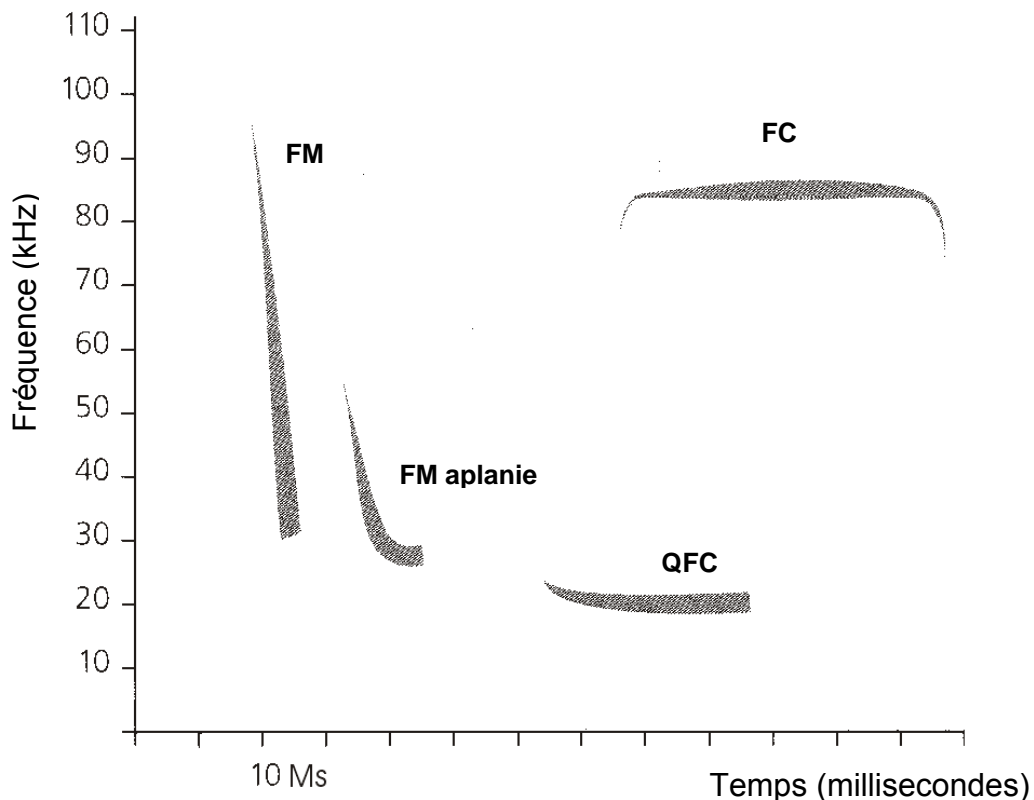
Les chauves-souris utilisent des ultrasons pour s'orienter et pour localiser leurs proies. Ceci est appelé écholocation. Les Rhinolophes produisent les ultrasons par le nez et peuvent grâce à cela émettre de longs signaux sans interruption. Toutes les autres chauves-souris font des cris à intervalles réguliers (y compris les oreillardes qui émettent par le nez également). Un cri est appelé **signal**, l'intervalle entre deux signaux est appelé **intervalle inter-pulse (IPI)**.

Au moment où la chauve-souris détecte une proie, la durée des signaux diminue mais leur récurrence (càd le nombre de signaux / seconde) augmente. La durée du signal et de l'intervalle inter-pulse diminue. C'est ce qu'on appelle la phase d'approche. Au moment où la chauve-souris est tout près de sa proie, les signaux se suivent très rapidement et on parle d'une phase de capture ou buzz de capture. Il n'est pas certain que cela mène à une capture effective d'un insecte car souvent, la proie échappe au tout dernier moment.

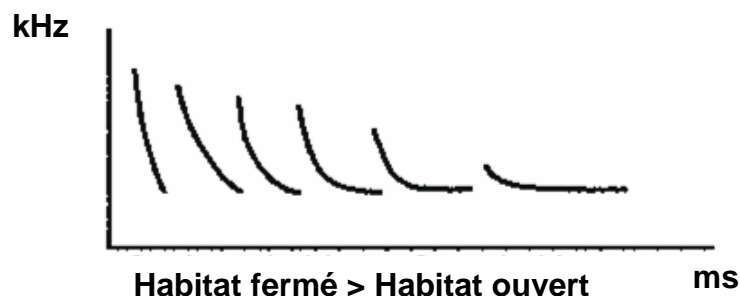


Si toutes les chauves-souris chassaient de la même manière, il y aurait une forte concurrence pour la nourriture. Au cours de l'évolution, chaque espèce a donc développé sa propre technique de chasse et de ce fait son propre type de sonar. Dans les grandes lignes, nous pouvons différencier 4 types de sonar :

- I. Un premier type est le sonar en **Fréquence Modulée abrupte (type FM ou FM abrupte)**. Ce sont des signaux courts avec une forte variation de fréquence. Ceci veut dire que dans un temps très bref, la fréquence diminue par exemple de ± 100 kHz à ± 30 kHz. Ce type de signal donne une information très détaillée mais suite à l'atténuation atmosphérique, la portée est limitée (la chauve-souris ne « voit » pas très loin). Ce type est employé entre autres par les espèces du genre *Myotis* et par les oreillards. Ce sonar FM abrupte est typiquement utilisé en milieu fermé.
- II. Dans le deuxième type, une première partie FM est suivie par une partie de Quasi Fréquence Constante (partie QFC). En effet, dans la seconde partie du signal, la fréquence reste plus ou moins constante. Puisque la partie majeure du signal est en FM, on appelle ce type de signal une **FM aplanie**. La partie quasi fréquence constante donne à la chauve-souris une information moins détaillée mais également moins sujette à l'atténuation atmosphérique et donc à portée plus longue. Ce type de sonar est utilisé par les chauves-souris qui chassent dans des habitats semi-ouverts comme par exemple les pipistrelles et les sérotines.
- III. L'étape suivante dans la gradation des types de sonars est le signal **Quasi Fréquence Constante (QFC)**. Dans ce signal, la partie FM est moins grande et le signal est dominé par la partie à fréquence quasi constante. Ce type de signal donne surtout des informations sur les objets situés à grande distance et est principalement utilisé par des chauves-souris qui chassent en milieu ouvert, comme par exemple les noctules.
- IV. Un quatrième type, légèrement différent, est le signal à **Fréquence Constante (FC)**. Parfois, ce type est également appelé **fm-FC-fm**, car aussi bien au début qu'à la fin du signal se trouve une petite « queue » en FM. Ce type de sonar est utilisé par les Rhinolophes, qui utilisent des effets sonores particuliers (l'effet Doppler) pour interpréter les signaux.



Les chauves-souris ne sont pas toujours strictement liées à un des 4 types de sonar. En fonction des conditions, elles adaptent leurs signaux afin d'obtenir une image optimale de leur environnement. Dans les habitats fermés, le signal évoluera toujours dans le sens d'une FM et dans les habitats ouverts, la composante QFC augmente.

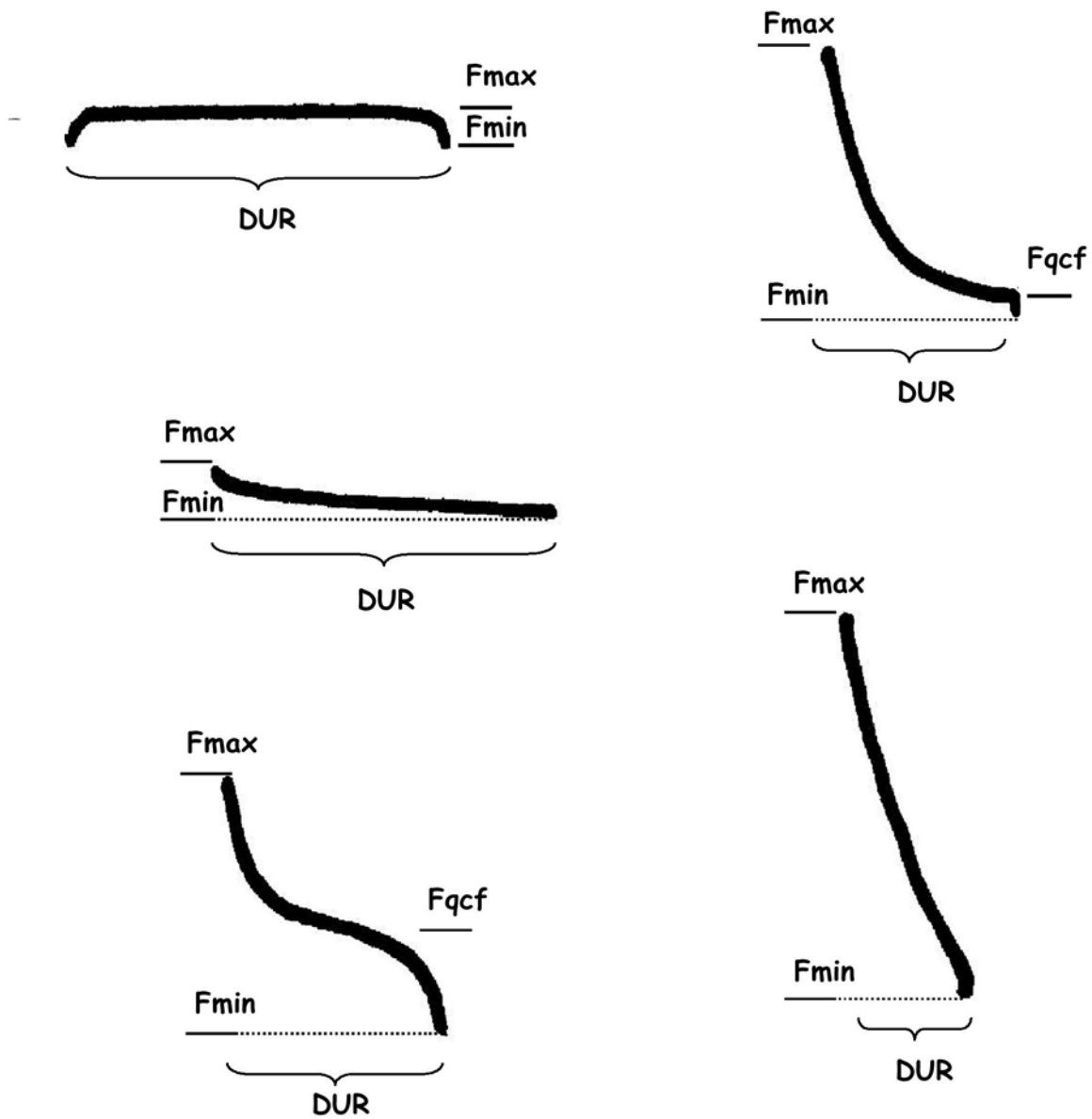


4.2 Quels paramètres utiliser pour l'analyse du son ?

Pour l'analyse du son, un certain nombre de paramètres sont importants :

Paramètres du signal (voir figure ci-dessous)	<ul style="list-style-type: none"> • Fmax = la fréquence maximale (la + grande) du signal – souvent équivalente à la FI - fréquence initiale • Fmin = la fréquence minimale (la + petite) du signal – souvent équivalente à la FT - fréquence terminale • Fqfc = la fréquence de la partie ± horizontale du signal • DUR = la durée du signal • FME = la fréquence du pic d'énergie ou du maximum d'énergie (ce pic d'énergie n'est pas directement visible dans le spectrogramme, mais peut être visionnée dans le power spectrum) • Dans certaines études, la Fcentr est également mesurée, càd la fréquence à la moitié (en temps) du signal • LB = la largeur de bande = Fmax – Fmin ou FI – FT
Type de sonar	voir plus haut (point 4.1)
Intervalle inter-pulse (IPI)	= l'intervalle entre deux signaux consécutifs
Forme de l'oscillogramme (voir figure ci-dessous)	La forme de l'oscillogramme permet d'évaluer la distribution de l'énergie au sein du signal

Il est fortement déconseillé de se baser sur les paramètres d'un seul signal ! C'est pourquoi dans de nombreuses études, on se base soit sur des moyennes de mesures de plusieurs signaux soit sur des mesures individuelles de plusieurs signaux d'une même série.



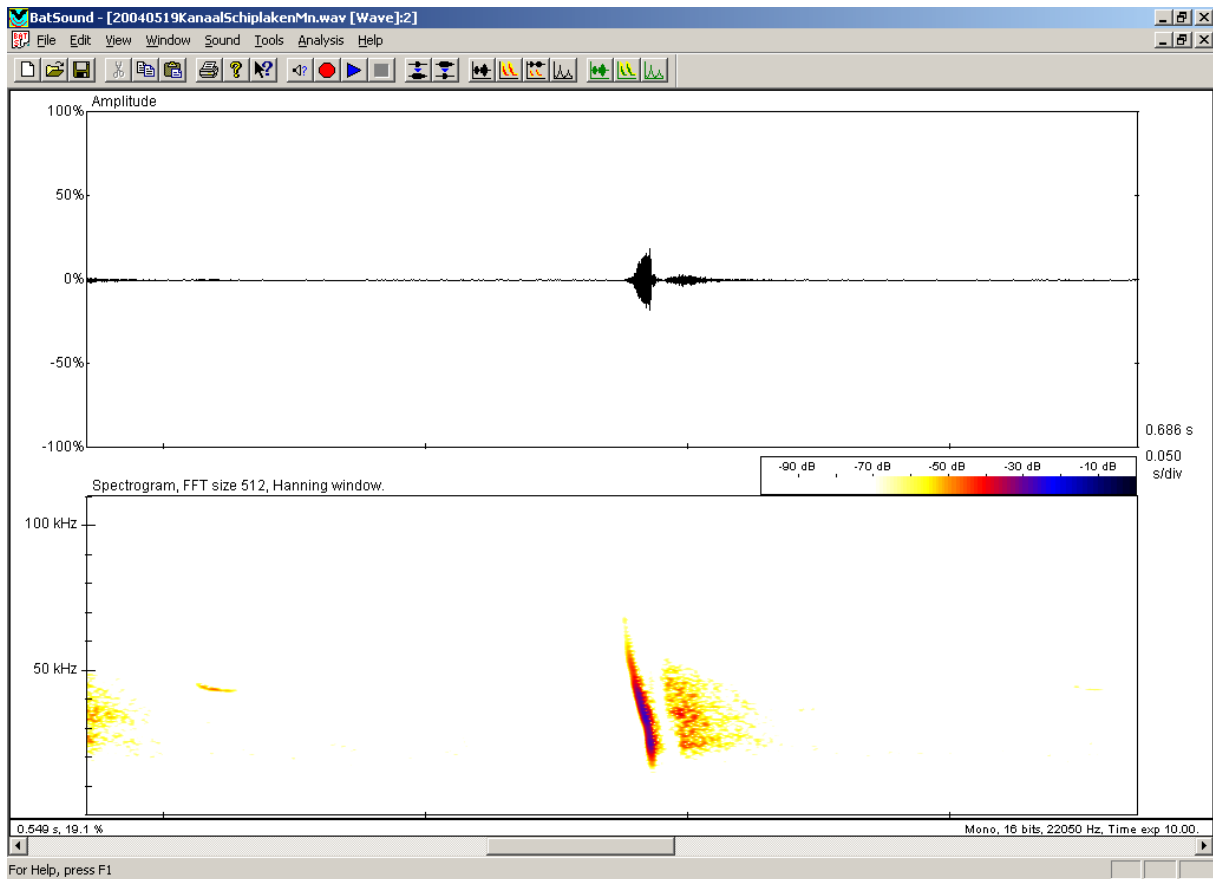
Paramètres des signaux pour les différents types de sonar






Différentes formes d'oscillogrammes

4.3 Affichage d'un signal en Batsound

Dans Batsound, on peut afficher les enregistrements de deux manières différentes : à l'aide d'un spectrogramme ou à l'aide d'un oscillogramme. Sur l'écran ci-dessous, on voit l'oscillogramme au-dessus et le spectrogramme en-dessous.



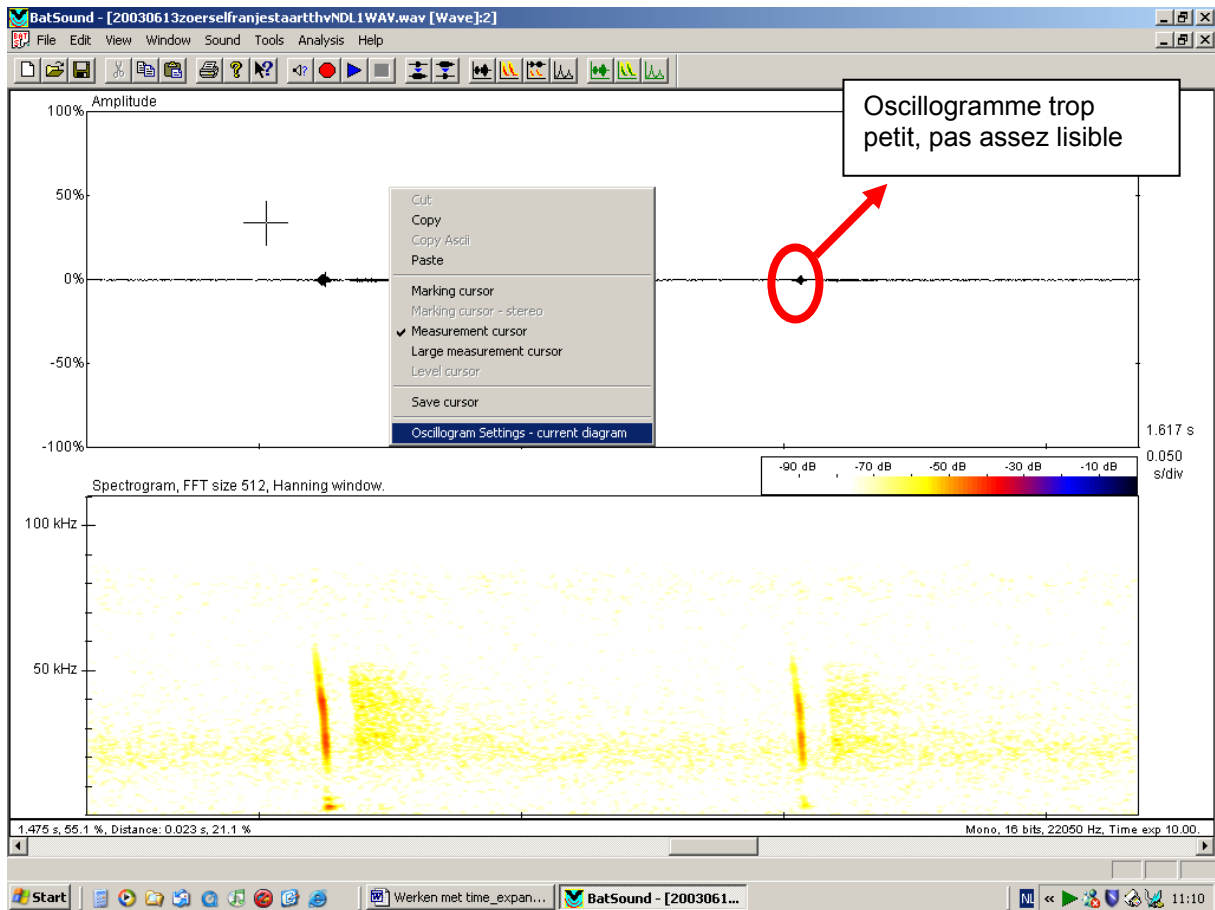
L'oscillogramme donne l'amplitude (= le niveau d'énergie, le volume) en ordonnée (Y) en fonction du temps en abscisse (X). Le spectrogramme donne, lui, la fréquence en ordonnée en fonction du temps en abscisse. C'est surtout le spectrogramme qui est utilisé pour l'analyse du son.

- Pour voir uniquement le spectrogramme, cliquez sur 
- Pour voir uniquement l'oscillogramme, cliquez sur 
- Pour les voir deux ensemble, cliquez sur 

Dans le spectrogramme, le niveau d'énergie (le volume) est affiché à l'aide de couleurs. Ces couleurs peuvent être configurées par le biais des **Spectrogram settings** (voir point 3.2.2).

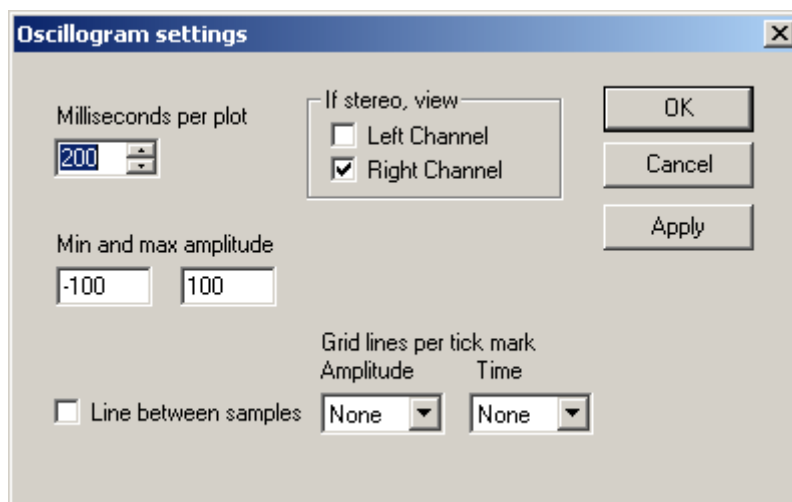
4.3.1 Modifier les paramètres de l'oscillogramme

Quand l'enregistrement est relativement faible ou quand on dé-zoomé fortement, la forme de l'oscillogramme n'est pas bien visible (voir figure ci-dessous). Il est alors préférable de modifier les paramètres de l'oscillogramme, chose impossible via la barre d'outils, mais uniquement en faisant un clic droit dans la fenêtre de l'oscillogramme. Dans le menu contextuel, sélectionnez **Oscillogram Settings – current diagram** tout en bas.

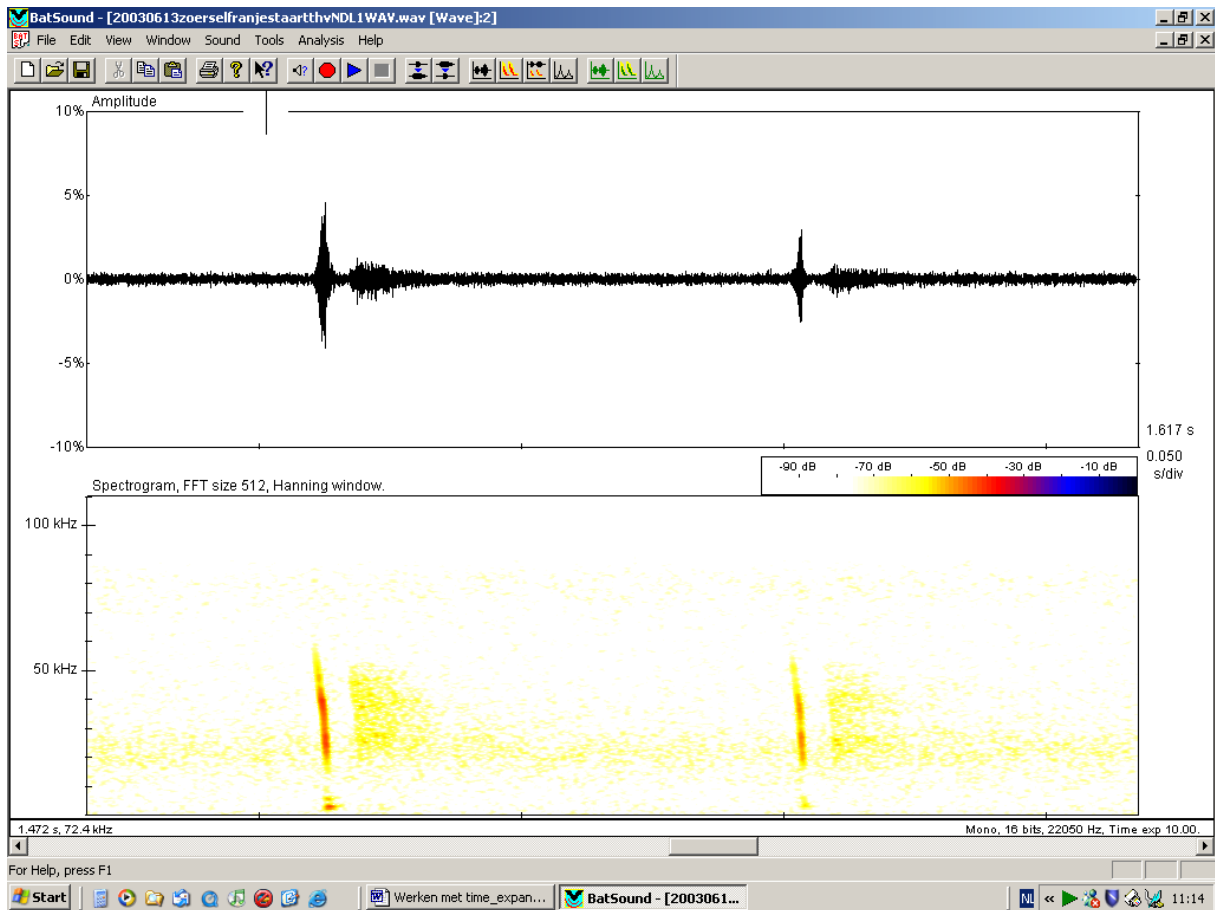


Vespertilion de Natterer en forêt, avec un niveau d'énergie très faible, ce qui donne un oscillogramme peu clair.

Quand vous sélectionnez **Oscillogram Settings - current diagram**, vous obtenez la fenêtre suivante :

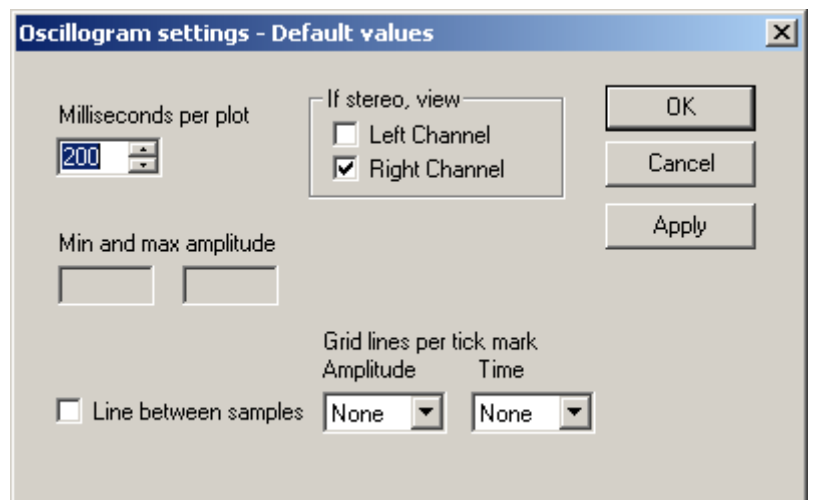


En adaptant **Min and max amplitude**, la forme de l'oscillogramme devient beaucoup plus lisible. La valeur doit être sélectionnée en fonction de l'enregistrement. Pour des signaux faibles, on sélectionne une limite inférieure et supérieure très basse (petit nombre). Pour des signaux puissants, il ne sera même pas nécessaire d'adapter les paramètres de l'oscillogramme. La figure ci-dessous est identique à la précédente, mais avec des **Min and max amplitude** à -10 et 10, ce qui a pour résultat que l'oscillogramme remplit la fenêtre et que sa forme est beaucoup plus lisible.



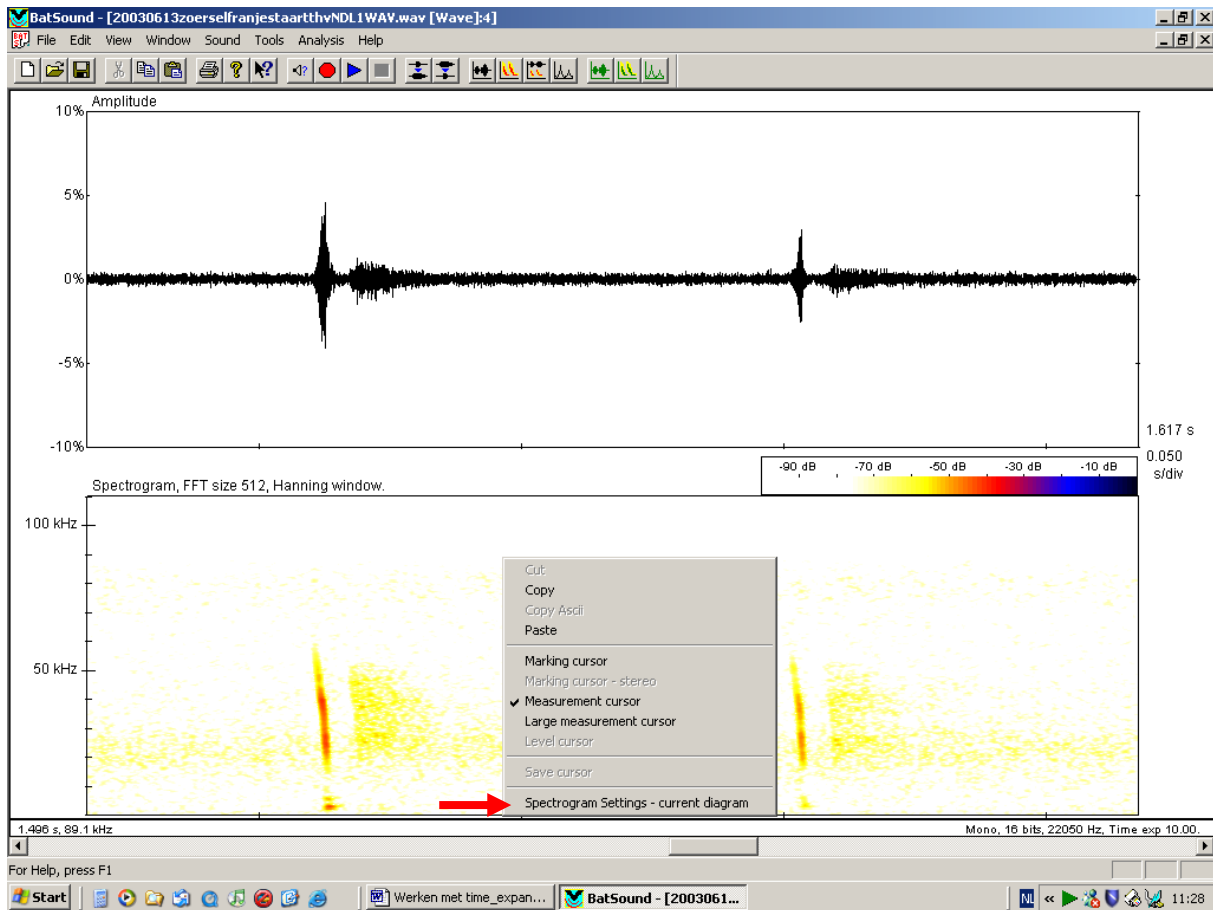
Le même enregistrement que plus haut (Vespertilion de Natterer en forêt), mais avec l'amplitude min et max de l'oscillogramme configurées à -10 et 10.

On peut également configurer les paramètres standards de l'oscillogramme via le menu **Analysis > Oscillogram Settings – default**. Cette fenêtre ne permet pas de configurer **Min and max amplitude** mais permet par contre de configurer le nombre de **Milliseconds per plot** (= le nombre de millisecondes affichées sur la largeur de l'écran).



4.3.2 Modifier les paramètres du spectrogramme

Bien que la plupart des paramètres du spectrogramme aient déjà été configurés par le biais du menu **Analysis > Spectrogram Settings – default** (voir point 3.2.2.), il est peut-être encore souhaitable de les modifier (par exemple augmenter ou diminuer la valeur seuil -Threshold- en fonction de la qualité de l'enregistrement). Ceci peut également être fait par un clic droit dans la fenêtre du spectrogramme : sélectionnez **Spectrogram Settings – current diagram** dans le menu contextuel.

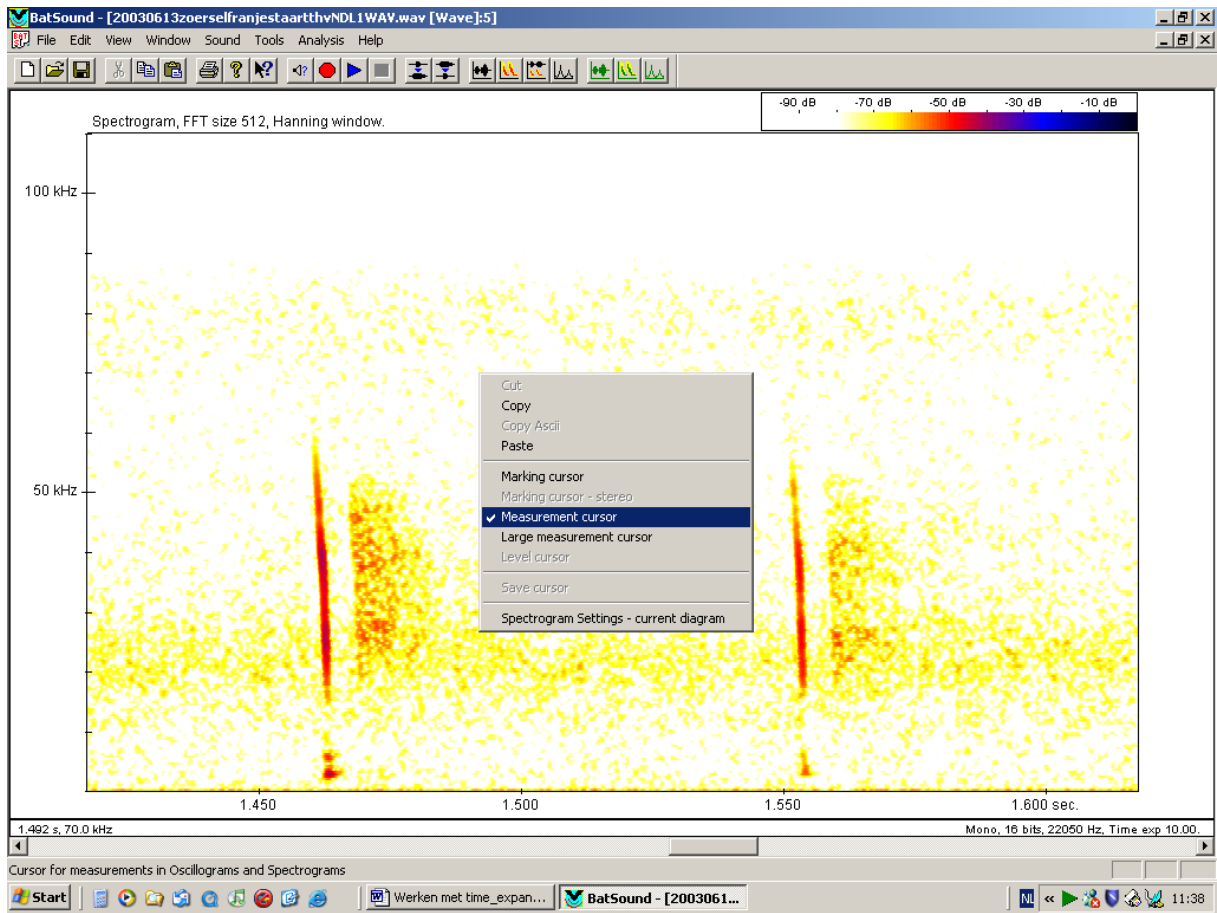


Vous obtenez le même écran qu'au point 3.2.2, où vous pouvez modifier les paramètres du spectrogramme en cours de lecture. L'avantage est que ce sont uniquement les paramètres du spectrogramme en cours de lecture qui sont modifiés ; les paramètres standards restent ainsi sauvegardés.

4.4 La prise de mesures en Batsound

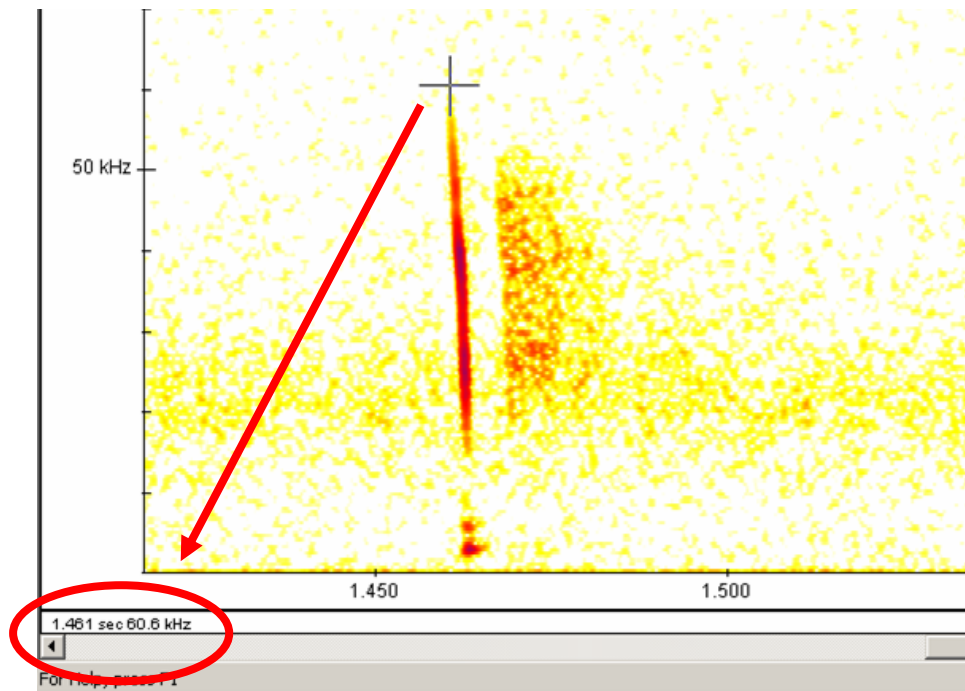
4.4.1 Mesures dans le spectrogramme

Le spectrogramme est sans aucun doute la fenêtre la plus utilisée pour l'identification des signaux enregistrés. Dans le spectrogramme, on peut mesurer **FI**, **FT**, **Fmax**, **Fmin**, **DUR** et **IPI**. Dans certaines versions de Batsound, ces paramètres du signal peuvent être mesurés automatiquement, mais étant donné que la plupart des enregistrements présentent des parasites et que certains signaux comportent également des harmoniques, il est préférable de faire les mesures à la main. Pour cela, utilisez le curseur de mesure, que vous trouverez en faisant un clic droit dans la fenêtre de l'oscillogramme : dans le menu contextuel, sélectionnez **Measurement cursor** (ou **large Measurement cursor**). A la place d'une petite flèche, le curseur devient une croix. On peut également utiliser le raccourci clavier **Ctrl + shift + A** ou y arriver via le menu **Tools > Measurement cursor**.



Déterminer la fréquence d'un point (FI, FT, Fmax, Fmin, Fqfc)

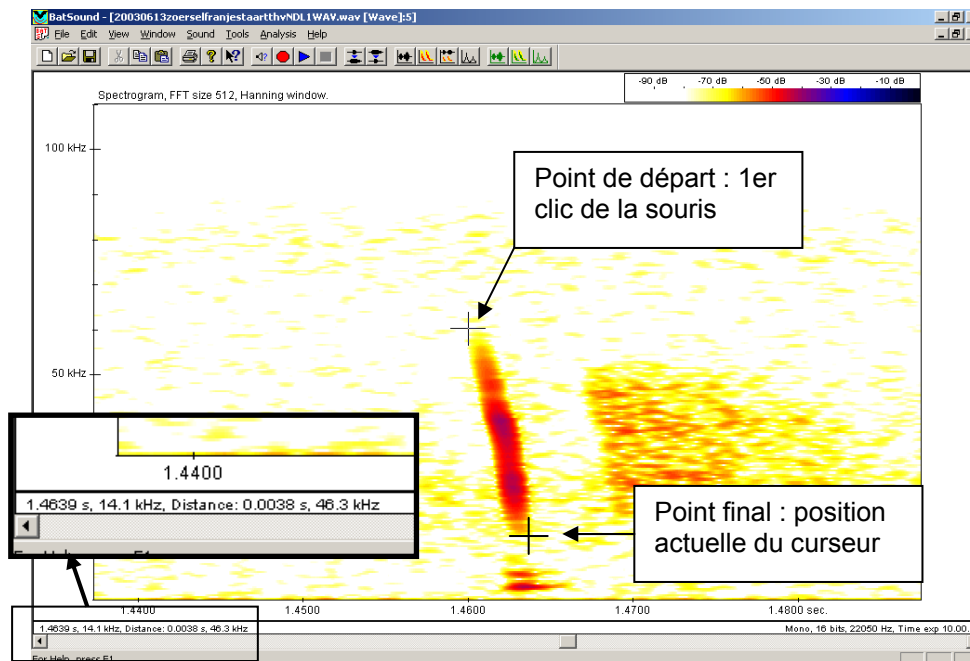
Positionnez le curseur (càd le centre de la croix) à l'endroit voulu, la fréquence est affichée en bas à gauche de l'écran. De cette manière, on peut facilement déterminer FI et FT par exemple.



Attention : il est important de se rendre compte que ce qu'on voit ou mesure à l'écran n'est pas toujours le reflet de la réalité. Par exemple, lorsque la chauve-souris était loin lors de l'enregistrement, les plus hautes fréquences émises sont tronquées (par effet d'atténuation), la FI mesurée peut donc

être erronée. Ceci montre l'importance de faire des mesures sur plusieurs signaux de la même séquence. De même, les qualités du micro du détecteur conditionnent sensiblement le rendu du signal. Le D240x a par exemple une moins bonne qualité d'enregistrement pour les hautes fréquences que le D1000x. Etre bien conscient des limites du micro de son détecteur permet donc d'éviter des erreurs.

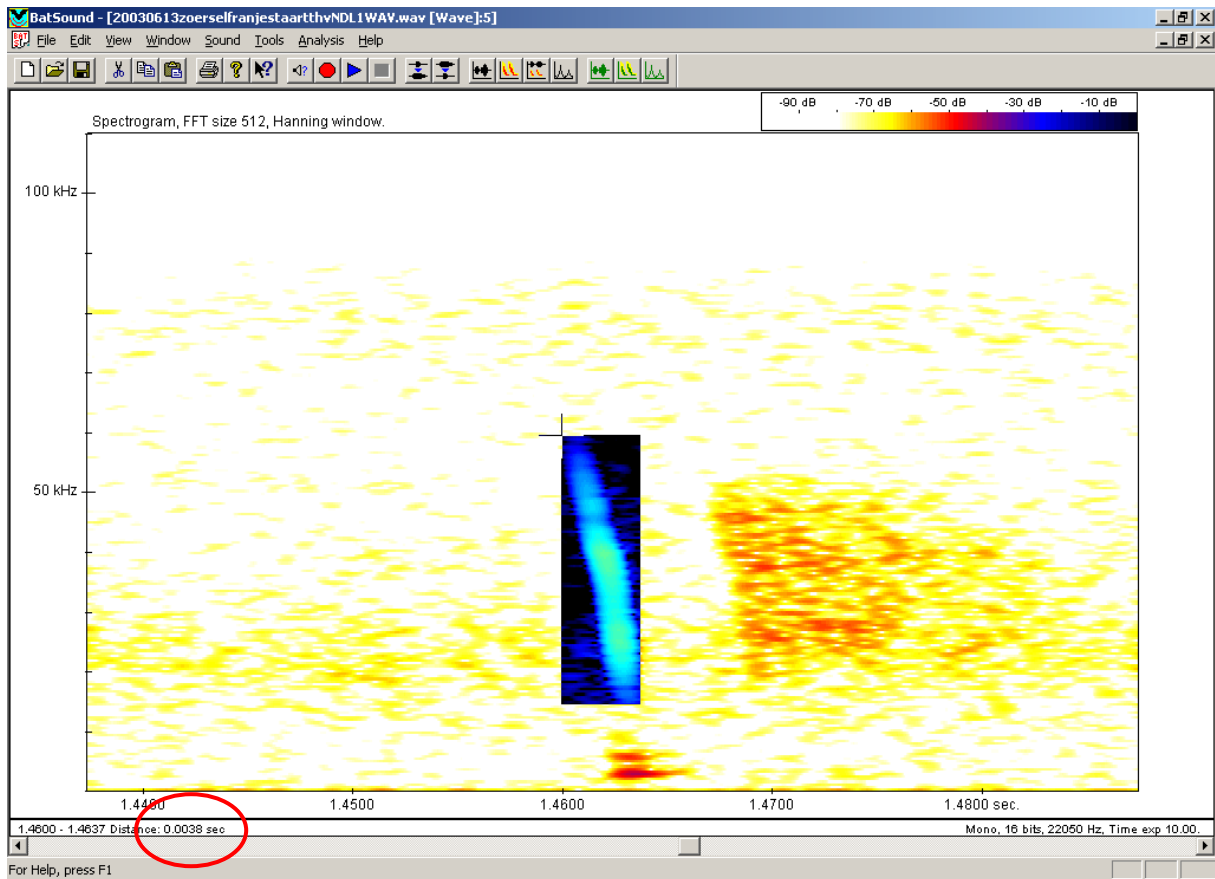
Mesurer des intervalles de temps et de fréquence (DUR et IPI, LB)



A gauche, au bas de l'écran, on peut lire de gauche à droite : le temps écoulé depuis le début de l'enregistrement jusqu'à la position actuelle du curseur (1.4639 s, n'intervient pas dans l'analyse), la fréquence de la position actuelle du curseur (14,1 kHz=FT), la différence de temps entre le point de départ et le point final (3,8 ms= DUR) et également la largeur de bande entre le point de départ et le point final (46,3 kHz=LB).

Afin de mesurer des intervalles de temps, on doit sélectionner un point de départ et un point final. Le point de départ est fixé en cliquant une fois avec le curseur (bouton de gauche de la souris), une croix apparaît sur la position sélectionnée. Quand le curseur est déplacé vers le point final, on peut lire en bas à gauche de l'écran la différence de temps entre le point de départ et la position actuelle du curseur. On mesure de cette manière la durée d'un signal, mais également l'IPI (utilisez comme point de départ le début d'un signal et comme point final le début du signal suivant).

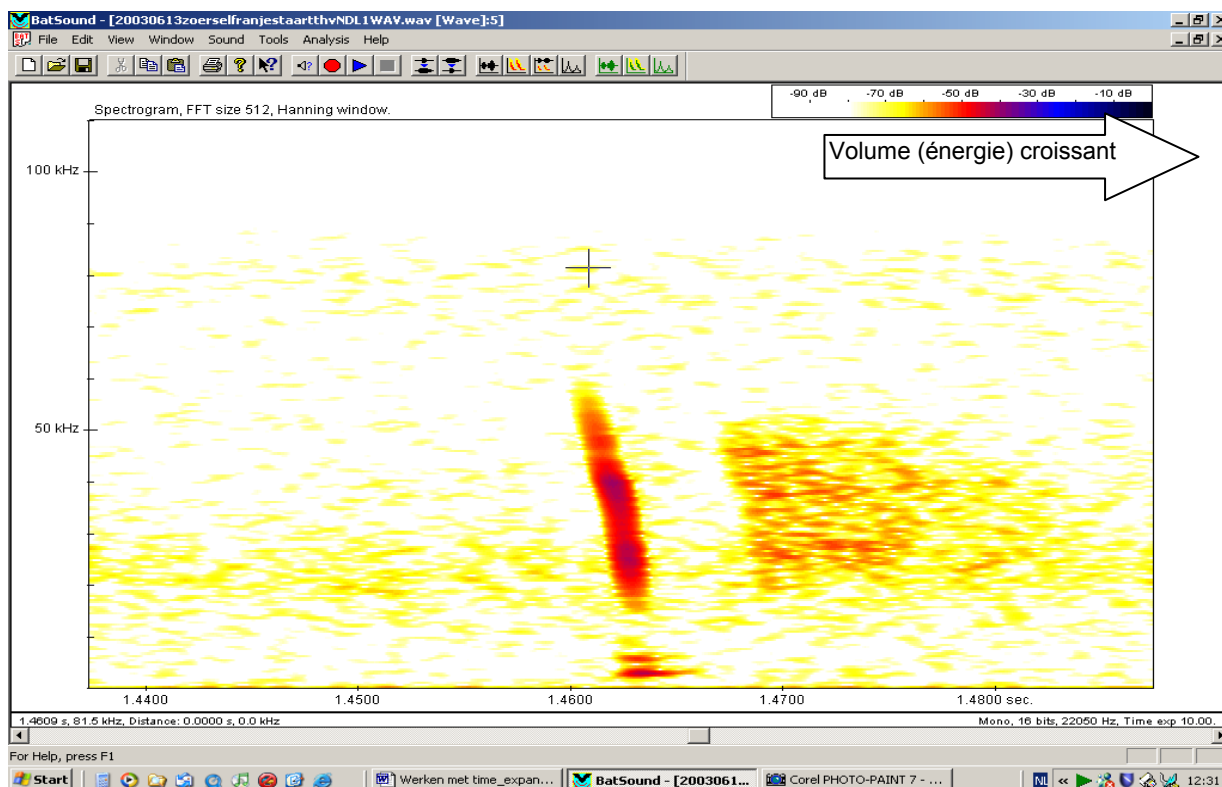
En tenant le bouton gauche de la souris enfoncé tout en se déplaçant, on peut sélectionner une partie de l'enregistrement (la partie sélectionnée devient foncée). Ceci est pratique pour déterminer la durée du signal (DUR). A nouveau, la différence de temps entre le début et la fin de la sélection est affichée en bas à gauche de l'écran. Cette façon de travailler est conseillée quand la fin du signal n'est pas très nette : grâce au contraste du bloc sélectionné, il est plus facile de déterminer la fin du signal (dans ce cas, il est souvent recommandé de s'aider de l'oscillogramme pour déterminer la fin du signal).




Sélection d'un signal pour mesurer DUR. Dans ce cas particulier, le signal fait 3.8 ms.

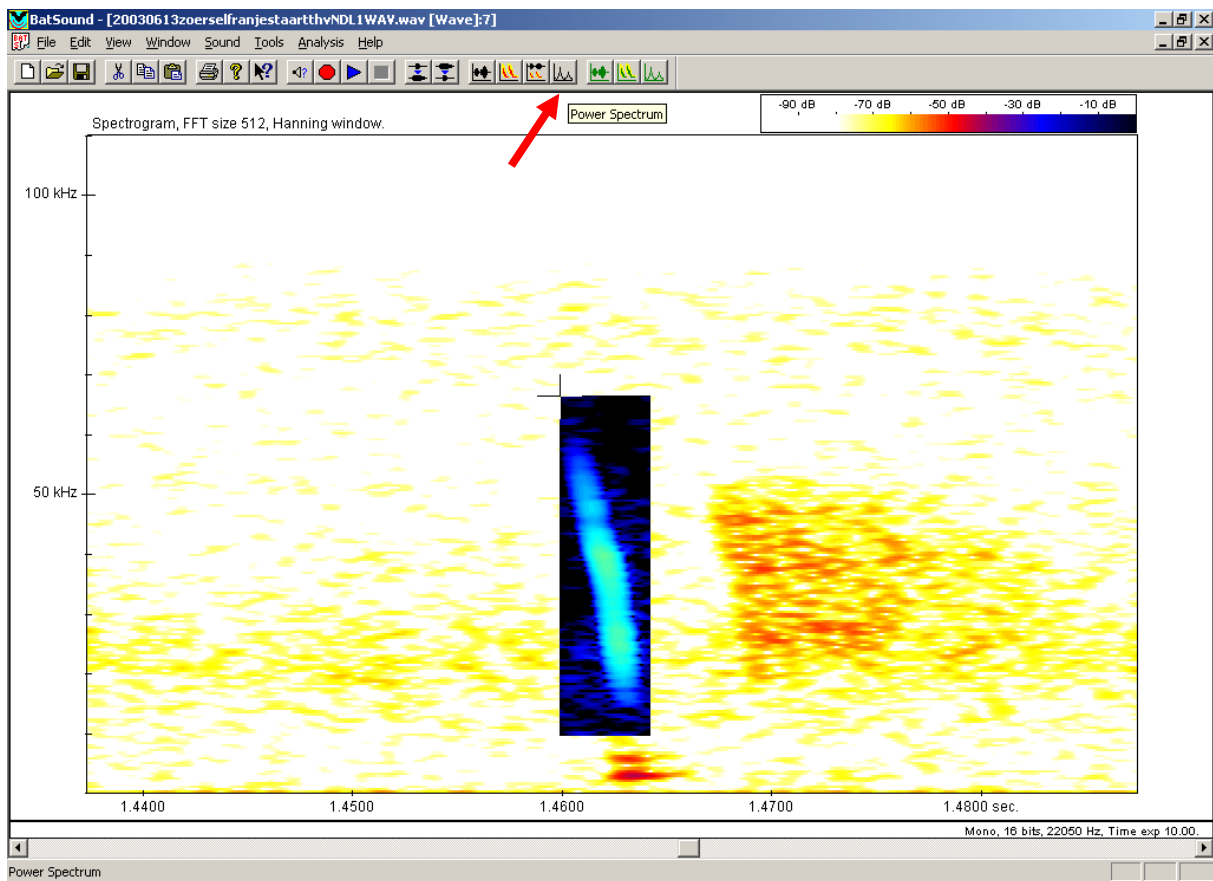
4.4.2 Déterminer la fréquence du maximum d'énergie (FME) à l'aide du power spectrum

La fréquence du maximum d'énergie (ou du pic d'énergie) peut être déterminée de façon indirecte dans le spectrogramme où le volume sonore (en décibels) est affiché à l'aide de couleurs. L'échelle de couleurs dépend des paramètres du spectrogramme et peut être modifiée via le menu **Analysis > Spectrogram Settings**. Dans l'exemple ci-dessous, le volume sonore augmente de jaune vers rouge, puis bleu et enfin noir.



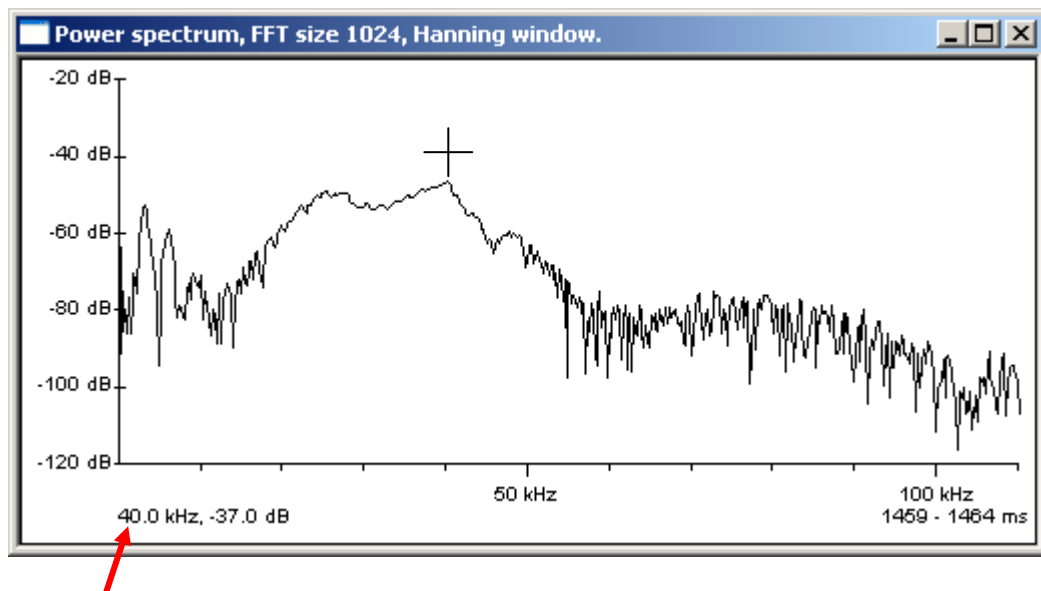
Le spectrogramme ci-dessus démontre clairement qu'il y a deux pics d'énergie (couleur plus foncée). La fréquence du maximum d'énergie peut déjà être déterminée approximativement à l'aide du **Measurement cursor**. Afin de la déterminer de façon précise, il est nécessaire de générer un **Power spectrum**.

Pour générer un **Power spectrum**, il faut tout d'abord sélectionner le signal dont on veut déterminer le maximum d'énergie et ensuite, cliquer sur l'icône .



Lorsque le **Power spectrum** apparaît, on peut y déterminer la fréquence du maximum d'énergie (= le sommet de la courbe) à l'aide du curseur (la fréquence du curseur est alors affichée en bas à gauche de la fenêtre). Comme cela était déjà visible dans le spectrogramme, il y a deux pics, mais celui à 40 kHz est le plus élevé.

Conseil : Agrandissez la fenêtre du **Power spectrum** afin de voir les pics plus clairement.



Sur les parties en FC ou QFC, le **Power spectrum** peut également être fort utile pour déterminer avec plus de précision les FI et FT (Fmax et Fmin) d'un signal. Pour cela, sélectionnez une toute petite portion du début (pour FI) ou de la fin (pour FT) du signal et faites un Power spectrum. Le sommet de la courbe du Power spectrum détermine la fréquence de début ou de fin du signal.

Il est important de comprendre que le Power spectrum reprend toujours la totalité de la largeur de bande du sonogramme (de 0 kHz à 120 kHz voire plus) quelle que soit la sélection verticale effectuée à l'écran. Donc, seule la « largeur » de la sélection compte et non la « hauteur » de la sélection.

4.5 Identifier les espèces de chauves-souris

Dans le chapitre précédent, les possibilités offertes par l'expansion de temps pour analyser les signaux ont été détaillées. Dans ce chapitre, l'attention sera portée sur la détermination en soi. Il est cependant important de ne jamais oublier les trois aspects suivants :

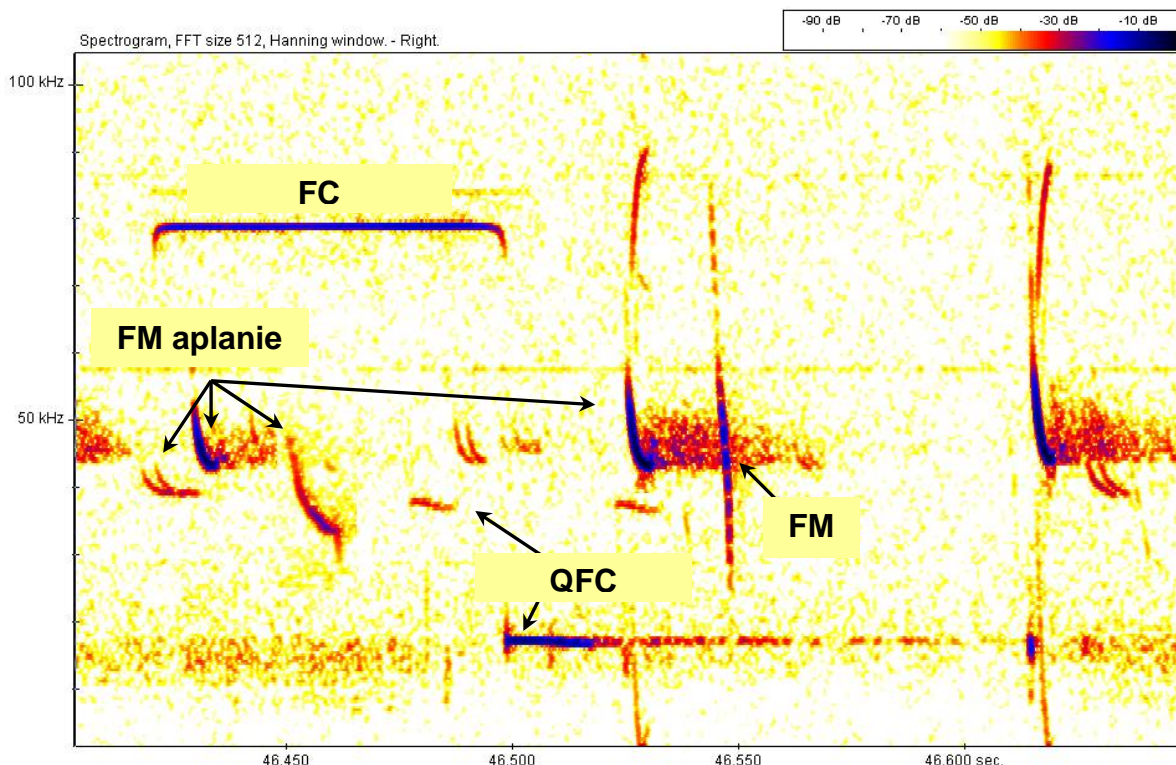
- Le sonar utilisé par une chauve-souris dépend fortement des conditions dans laquelle les signaux ont été émis. Il est de ce fait impossible de faire une clé de détermination parfaite.
- L'analyse en expansion de temps est une aide à la détermination, mais n'est pas la panacée miracle. Soyez honnêtes envers vous-mêmes et osez dire que vous ne savez pas déterminer (ou pas déterminer jusqu'à l'espèce) certains signaux.
- Essayez d'identifier directement sur le terrain les espèces « faciles à déterminer » à l'aide de l'hétérodyne et évitez de postposer la détermination de trop de séquences sur base des enregistrements. Cela vous permettra d'économiser du temps et de mieux juger des conditions et de l'environnement (voir point 1 ci-dessus).

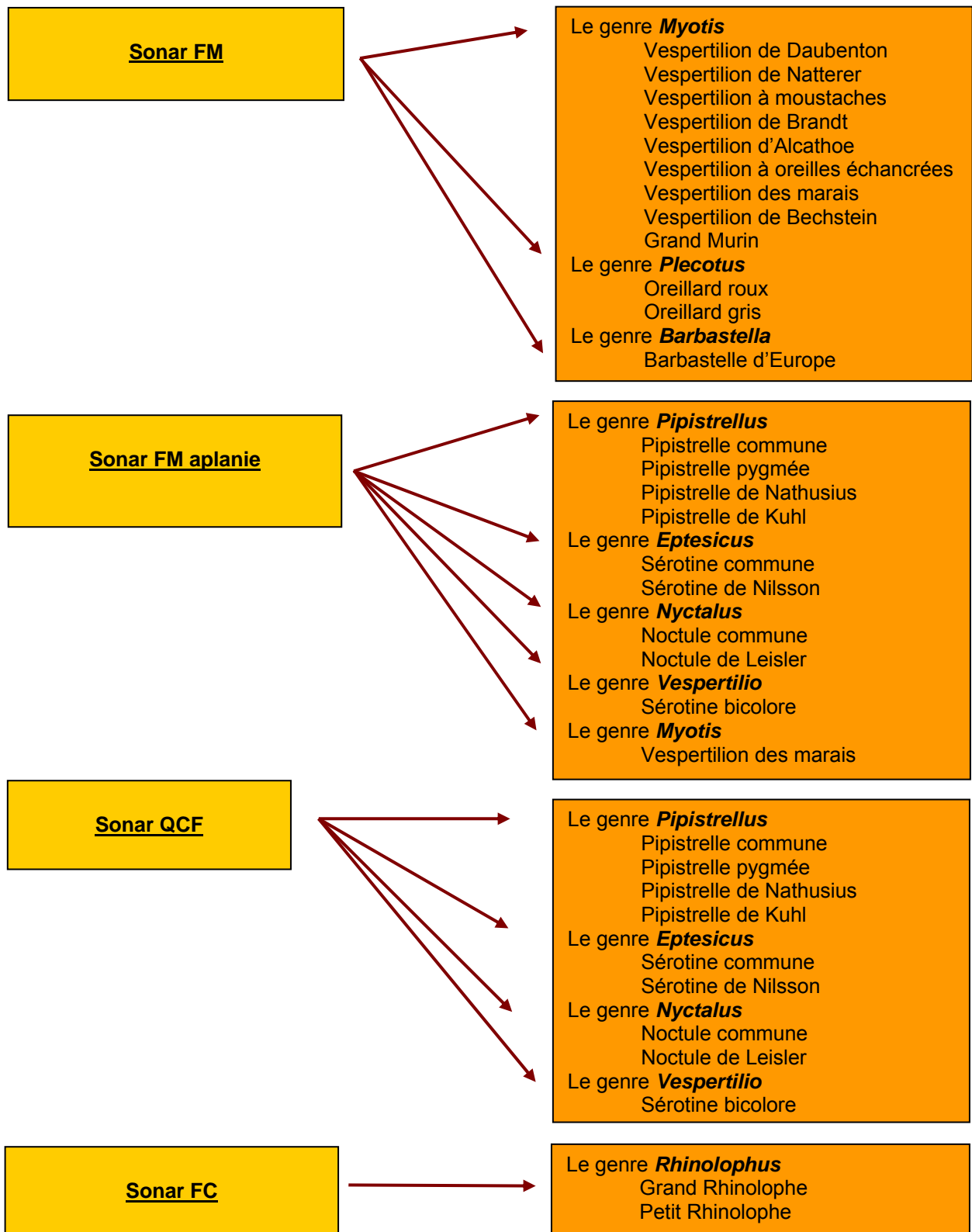
La première étape de l'identification repose sur les 2 questions suivantes :

- A quel type de sonar avons-nous à faire ?
- Dans quelles conditions la chauve-souris vole-t-elle ?

Pour l'identification au détecteur hétérodyne, nous renvoyons le lecteur au « Manuel d'utilisation du détecteur d'ultrasons hétérodyne pour débutants ». L'identification du type de sonar en Batsound est très facile et se fait visuellement avec le spectrogramme. Faites juste attention à zoomer suffisamment dans le spectrogramme, sinon quasi tous les signaux ressemblent à des FM.

Sur base de l'image ci-dessous, il est déjà possible de faire un premier classement en 4 groupes. Attention, certaines espèces peuvent produire différents signaux appartenant à plus d'un groupe.





L'identification précise des différentes espèces en expansion de temps est très bien documentée dans différents ouvrages listés dans la bibliographie. Nous vous conseillons de consulter un de ces ouvrages de référence pour aller plus loin.

Annexe 1 : Références

Détecteurs en expansion de temps

(portables ou enregistrement automatique)

Modèle	Producteur - Contact
Portable : <ul style="list-style-type: none">• D240x• D1000x Enregistrement automatique : <ul style="list-style-type: none">• D500x	Pettersson Elektronik AB Uppsala Science Park Dag Hammarskjolds v. 34A S-751 83 Uppsala Suède Tél : +46 1830 3880 Fax : +46 1830 3840 e-mail: info@batsound.com http://www.batsound.com
Portable : <ul style="list-style-type: none">• Laar TR 30 Enregistrement automatique : <ul style="list-style-type: none">• Laar TDM 7 D II	Laar Technology and Consulting BVL von Laar Gut Klein Goernow D-19406 Klein Goernow Allemagne Tél : +49 3847 451145 e-mail: info@laartech.biz http://www.laartech.biz
Portable : <ul style="list-style-type: none">• Batbox Griffin	Batbox • LTD 2A Chanctonfold Horsham Road Steyning West Sussex BN44 3AA Royaume-Uni Tél/Fax : +44 1903 816298 e-mail : info@batbox.com http://www.batbox.com/griffin.html
Portable : <ul style="list-style-type: none">• Echo Meter EM3+ Enregistrement automatique : <ul style="list-style-type: none">• Song Meter SM2bat+• SM3bat	Wildlife Acoustics, Inc. 3 Clock Tower Place, Suite 210 Maynard, MA 01754-2549 USA Tél : +1 978 369 5225 e-mail : sales2014@wildlifeacoustics.com http://www.wildlifeacoustics.com/
Enregistrement automatique : <ul style="list-style-type: none">• Batlogger	Elekon AG Cheerstrasse 16 CH-6014 Luzern Suisse Tel. +41 41 250 40 40 Fax +41 41 250 40 43

Enregistrement automatique :
 • Batcorder

e-mail : mail@elekon.ch
http://www.elekon.ch/en/batlogger/products/batlogger_/
ecoObs technology & service GmbH
 Tolstoistrasse 8
 90475 Nürnberg
 Allemagne
 Tél : +49 (0)911 - 37680 53
 Fax: +49 (0)911 - 37680 55

e-mail : info@ecoobs.de
<http://www.ecoobs.com/cnt-batcorder.html>

Logiciels d'analyse

Logiciel	Producteur - Contact
Avisoft-SASLab Pro	Laar Technology and Consulting BVL Von Laar Gut Klein Goernow D-19406 Klein Goernow Allemagne Tél : +49 3847 451145 Fax : +49 3847 451146 e-mail: info@laartech.biz http://www.laartech.biz
BatExplorer (uniquement compatible avec les fichiers du Batlogger)	Elekon AG Cheerstrasse 16 CH-6014 Luzern Suisse Tel. +41 41 250 40 40 Fax +41 41 250 40 43 e-mail : mail@elekon.ch http://www.elekon.ch/en/batlogger/products/batexplorer_sw/
Batsound	Pettersson Elektronik AB Uppsala Science Park Dag Hammarskjolds v. 34A S-751 83 Uppsala Suède Tél : +46 1830 3880 Fax : +46 1830 3840 e-mail: info@batsound.com http://www.batsound.com
BatScan	Batbox • LTD 2A Chanctonfold Horsham Road Steyning West Sussex BN44 3AA Royaume-Uni Tél/Fax : +44 1903 816298 e-mail : info@batbox.com http://www.batbox.com/batscan.html

SonoBat	SonoBat 315B Park Ave Arcata, CA 95521 USA Tél : +1 707 826 7443
	e-mail : info@sonobat.com http://www.sonobat.com
Praat	Logiciel gratuit développé par Paul Boersma et David Weenink Phonetic Sciences University of Amsterdam Spuistraat 210 1012VT Amsterdam Pays-Bas Tél : +31-20-5252385 ou +31-20-5252187
	e-mail : paul.boersma@uva.nl - david.weenink@uva.nl http://www.fon.hum.uva.nl/praat/
Syrinx	Logiciel gratuit développé par John Burt Electrical Engineering / Psychology Department University of Washington Seattle, WA 98195 USA
	e-mail : quill@u.washington.edu - quill@bigfoot.com http://syrinxpc.com/
WaveSurfer	Logiciel gratuit développé par School of Computer Science and Communication Department of Speech, Music and Hearing Kungliga Tekniska högskolan, 100 44 Stockholm Suède Tél : +46 8 790 60 00
	http://www.speech.kth.se/wavesurfer/ http://sourceforge.net/projects/wavesurfer/
Audacity	Logiciel libre développé par une communauté de contributeurs pour l'open source http://audacity.sourceforge.net/about/

Littérature intéressante

Livres :

- Barataud, M. 2012. **Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe**, Biotope Editions Ce livre est accompagné d'un DVD portant de nombreuses séquences acoustique, tenant lieu de CD de référence également.
- Briggs, B. and King, D. 1998. **The Bat Detective, a Field Guide for Bat Detection**. Stag Electronics. Ce livre est accompagné d'un CD.
- Russ, J. 2012 **British Bat Calls : A Guide to Species Identification**, Pelagic Publishing
- Russ, J. 1999. **The Bats of Britain and Ireland. Echolocation Calls, Sound Analysis and Species Identification**. Alana Books, Belfast.
- Skiba, R. 2003. **Europäische Fledermäuse. Kenzeichen, Echoortung und Detektoranwendung**. Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH, Hohenwarsleben, Germany.
- Tupinier, Y. **L'univers acoustique des chiroptères d'Europe**. Sittelle (www.sittelle.com)

CD :

- Ballade dans l'inaudible. M. Barataud. Sittelle (www.sittelle.com)
- Méthode d'identification acoustique des chiroptères d'Europe. M. Barataud. 2002. Sittelle (www.sittelle.com)
- Guide sonore de la plupart des espèces belges de chauves-souris. Vleermuizenwerkgroep Natuurpunt et Plecotus Natagora (plecotus@natagora.be)
- CD de référence pour le vespertilion des marais (*Myotis dasycneme*) et le vespertilion de Daubenton (*Myotis daubentoni*). Vleermuizenwerkgroep Natuurpunt et Plecotus Natagora (plecotus@natagora.be)

Articles :

- Ahlen, I. and Baagoe, H.J. 1999. **Use of ultrasound detectors for bat studies in Europe : experiences from field identification, surveys, and monitoring**. Acta Chiropterologica 1: 137-150.
- Holderied, M. W., Jones, G. and von Helversen, O. 2006. **Flight and echolocation behaviour of whiskered bats commuting along a hedgerow: range-dependent sonar signal design, Doppler tolerance and evidence for 'acoustic focussing'**. The Journal of Experimental Biology 209: 1816-1826
- Jones, G. 1999. **Scaling of echolocation call parameters in bats**, The Journal of Experimental Biology 202: 3359-3367
- Parson, S. and Jones, G. 2000. **Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks**. Journal of Experimental Biology 203: 2641-2656.
- Russ, J. M., Jones G., Mackie, J. and Racey P.A. 2004. **Interspecific responses to distress calls in bats (Chiroptera: Vespertilionidae): a function for convergence in call design?** Animal Behaviour 67 : 1005-1014
- Russo, D. and Jones, G. 2002. **Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls**. Journal of Zoology, London **258**: 91-103.
- Siemers, B.J. and Schnitzler, H.-U. 2004. **Echolocation signals reflect niche differentiation in five sympatric congeneric bat species**. Nature 429 : 657-661.

Annexe 2 : Enregistreur

Les enregistreurs MP3/WAV

- Ces enregistreurs digitaux sont la technologie la plus récente utilisée pour l'instant. Ils stockent les enregistrements dans une carte mémoire ou un disque dur similaire à celui d'un ordinateur.
- Les enregistrements stockés en format MP3 et MP4 ne peuvent pas être lus tels quels par Batsound mais doivent être transformés en fichiers .wav à l'aide d'un petit logiciel. Le problème, c'est que la compression MP3 et MP4 détruit une part considérable des informations nécessaires pour l'analyse, ce qui rend leur interprétation difficile.
- Ils peuvent stocker des quantités importantes d'enregistrements (plusieurs heures d'enregistrements, même sur les modèles avec la plus petite mémoire).
- Chez ces enregistreurs digitaux, il y a un délai de quelques secondes entre le déclenchement du bouton d'enregistrement et le début réel de l'enregistrement. Ceci signifie que l'on manque une partie des cris de la chauve-souris.
- Le plus grand avantage d'utiliser un enregistreur de ce type et qu'ils permettent un transfert direct (très rapide) des enregistrements sur l'ordinateur (via le port USB ou un câble fourni avec l'appareil), étant donné qu'ils stockent les enregistrements directement sous forme de fichiers.

Alternatives aux enregistreurs

- Il est également possible, quand les conditions le permettent (terrain plat et temps sec ou position statique), de travailler directement sur le terrain avec l'ordinateur. Le détecteur est alors relié à l'ordinateur par un câble jack-jack (le même que celui qui est utilisé pour relier le détecteur et l'enregistreur). Ceci a comme avantage de pouvoir visualiser directement les signaux que l'on vient d'enregistrer. Actuellement de nouveaux microphones ultrasoniques apparaissent sur le marché (par exemple Pettersson M500) qui permettent une connexion directe avec un pc ou une tablette par câble USB (par exemple le pack Soundchaser) ou en direct sur iPad (par exemple Wildlife Acoustics Echo Meter Touch).
- Tous les détecteurs hauts de gamme (D1000x de Pettersson ou Batbox Griffin par exemple) possèdent maintenant une carte mémoire intégrée au détecteur. L'enregistreur est donc inclus dans le détecteur. Le transfert des enregistrements vers l'ordinateur se fait en général à l'aide d'un lecteur de carte (de type carte d'appareil photo) sur le port USB.