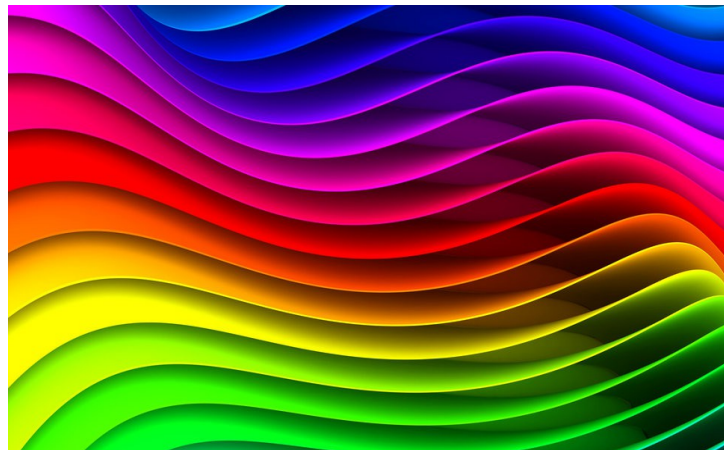


theremino

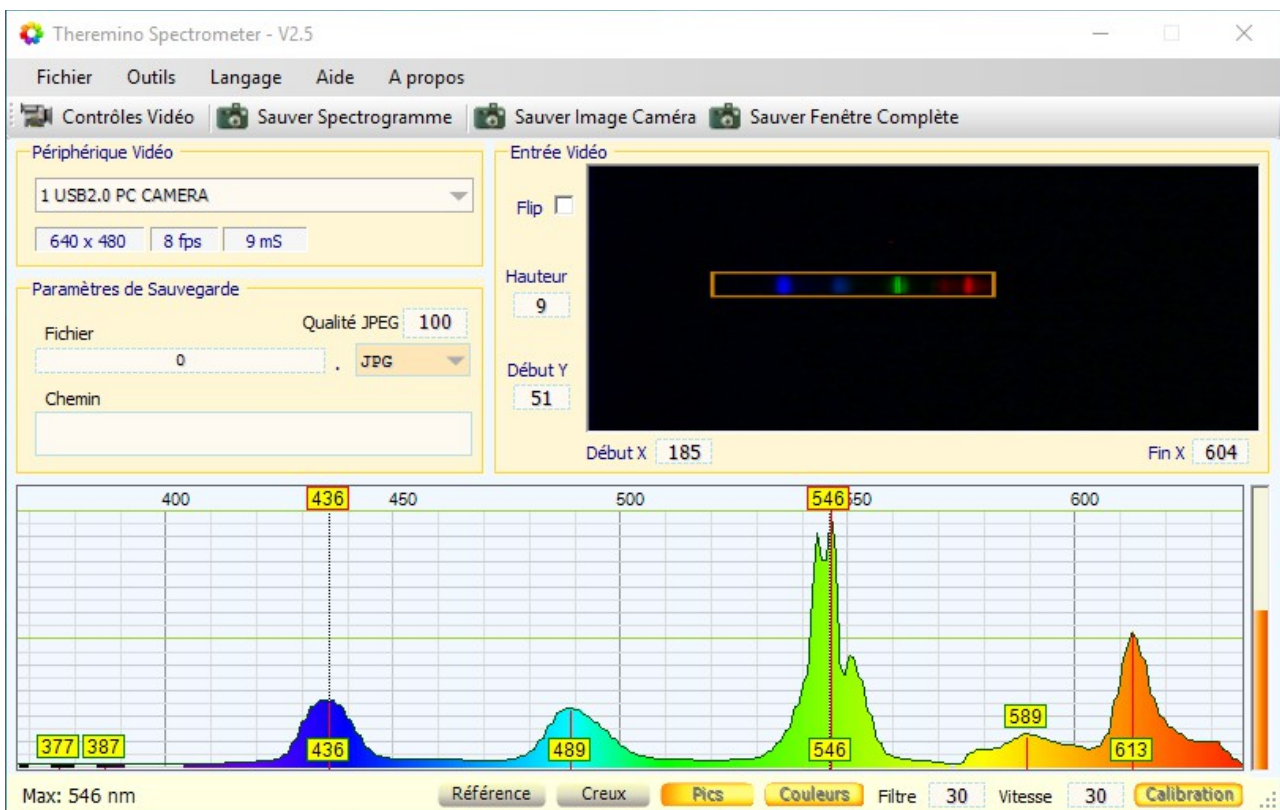
•the•real•modular•in-out•

Theremino **System**



Spectromètre Theremino

Utilisation du Logiciel



Le Spectromètre Theremino

Cette application est spécialement développée pour tirer le meilleur parti possible d'un spectromètre basé sur une WebCam.

Si l'opérateur connaît son instrument et garde les conditions de mesure dans une plage tolérable, il pourra s'épargner quelques milliers d'euros et obtenir les mêmes résultats qu'avec des outils professionnels.

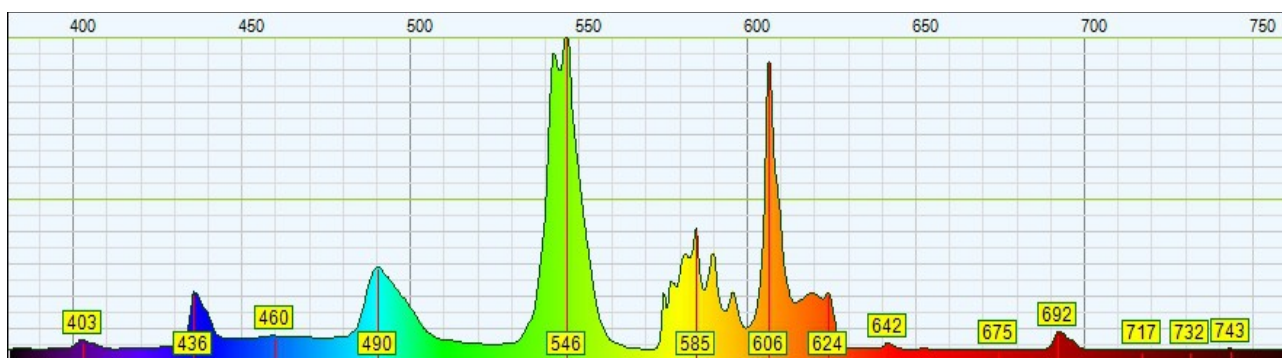
Les points faibles d'un spectromètre basé sur une WebCam sont:

- ◆ Dynamique limitée. Vous devez bien connaître votre instrument, utiliser la quantité de lumière adéquate et utiliser les réglages d'exposition appropriés. Si l'intensité de la lumière est trop forte, des artefacts apparaissent et distordent le spectre. Si l'intensité est trop faible, les lignes les plus faibles disparaissent.
- ◆ Dépend fortement des caractéristiques de la WebCam. Certaines WebCam's donnent de bien meilleurs résultats que d'autres. Certains pilotes de périphériques peuvent être complètement inadéquats et même les réglages de couleur et sensibilité peuvent introduire des variations significatives dans les mesures.
- ◆ Précision et résolution limitée. La résolution de la caméra et la non-linéarité causée par le réseau de diffraction et par la lentille de l'objectif limitent la précision à 1 nanomètre environ.
- ◆ Seules les longueurs d'ondes peuvent être mesurées, pas la quantité de lumière. La WebCam (et toutes les caméras) a une réponse non linéaire qui fait qu'une mesure quantitative est impossible. On ne peut pas mesurer la quantité de lumière, mais seulement apprécier les différences relatives et approximatives.

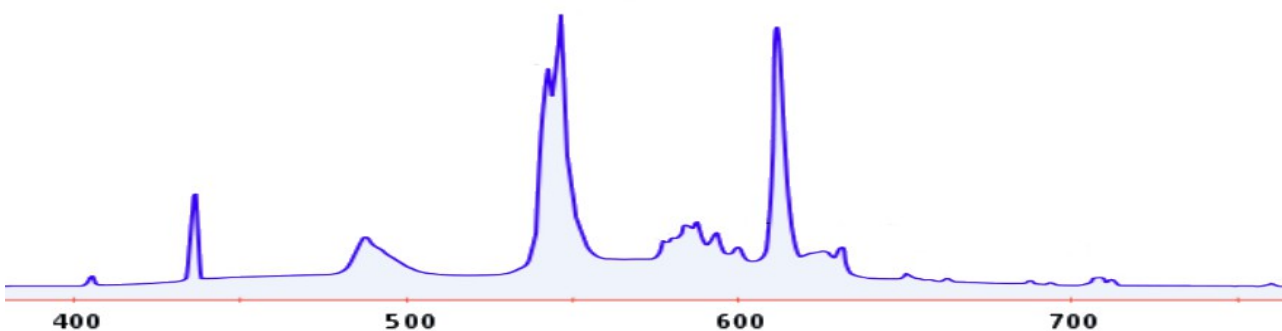
Cependant, les fonctionnalités sont bonnes pour l'enseignement et pour les petits laboratoires.

Performance

Avec une bonne construction, une bonne WebCam et des paramètres bien ajustés, vous pouvez obtenir des graphiques très similaires à ceux des meilleurs spectromètres professionnels.



Spectre d'une lampe fluorescente obtenu avec le Spectromètre Theremino



Spectre d'une lampe fluorescente obtenu avec un appareil professionnel (Un "Ocean Optics HR2000", Spectromètre à Fibre Optique à Haute Résolution qui coûte environ 1200 dollars. Les intéressés peuvent en trouver sur Ebay pour 600 € environ)

Le coût élevé des équipements professionnels est justifié par d'autres fonctionnalités, non visible dans le spectre: Ils sont plus sensibles, ont une plus grande plage dynamique (rapport entre la plus faible et la plus forte intensité lumineuse) et peuvent également faire des mesures quantitatives.

Spectromètres similaires

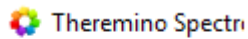
Nous n'avons rien inventé de nouveau. Il y a, par exemple, le spectromètre PublicLab. La différence, c'est que nous ne demandons pas de connexion internet, pas d'adresse courriel pour pouvoir l'utiliser. Il y aurait aussi d'autres avantages, à utiliser notre spectromètre Theremino (principalement que cela fonctionne). Pour évaluer leur software, démarrez ici : <http://spectralworkbench.org>

Nous avons essayé d'utiliser leur "Long-Spectral Workbench", mais nous n'arrivons pas à calibrer et les lignes jaunes ne bougeaient pas, que ce soit via Firefox ou Google Chrome. (Ils admettent eux-même que cela ne fonctionne pas correctement). Nous avons essayé Internet Explorer, mais le résultat est encore pire. (le "Legacy" ne s'ouvre pas). Un point intéressant cependant, c'est que PublicLab vend un kit à 40\$, WebCam incluse, pour fabriquer le spectromètre.

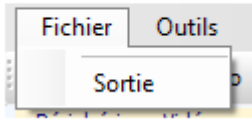
Certains pourraient être intéressés : <http://store.publiclab.org/products/desktop-spectrometry-kit>

Leur KIT fonctionne à coup sûr avec notre software. Les images publiées sur leur site ont une faible résolution, mais il s'agit probablement de paramètres mal réglés. Au besoin, faites un essai et tenez-nous au courant. Merci.

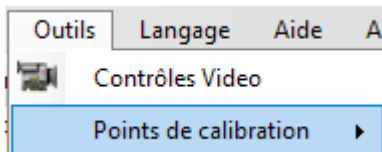
Les commandes du menu



Le menu "Fichier" ne contient que l'option "Sortie", qui est utilisé pour quitter l'application.

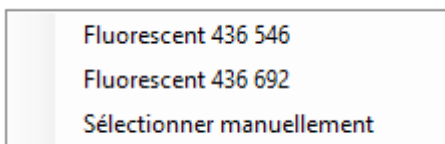


La croix blanche sur fond rouge dans le coin supérieur droit de la fenêtre peut également être utilisé.



Ouvre le panneau de contrôle de la WebCam

Ouvre le sous-menu des points de calibrations.



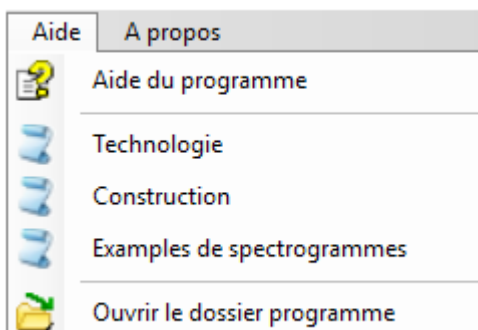
Sélection des points de calibration standards.

Sélection des points de calibration alternatifs.

Sélection manuelle des points de calibration.



Choix de la langue.



Mode d'emploi (ce document).

Principes de fonctionnement du spectromètre.

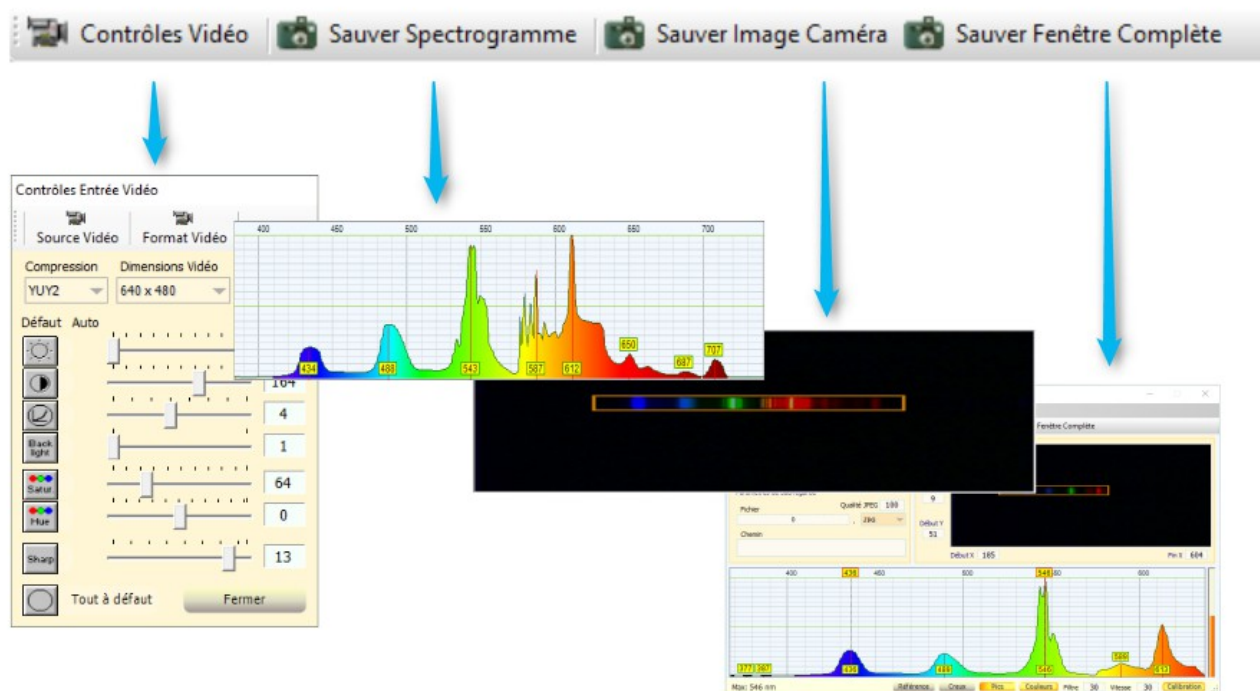
Instructions pour la construction et le réglage.

Informations variées sur les spectres et les sources de lumière.

Cette commande ouvre le dossier de l'application,

pour contrôler et modifier les fichiers langages ou autres.

Les commandes de la barre d'outils



Contrôles Vidéo

Le bouton "Contrôles Vidéo" ouvre le panneau de contrôle pour ajuster les réglages de l'entrée vidéo.

Sauver Spectrogramme

Le bouton "Sauver Spectrogramme" sauve l'image du spectre en format image.

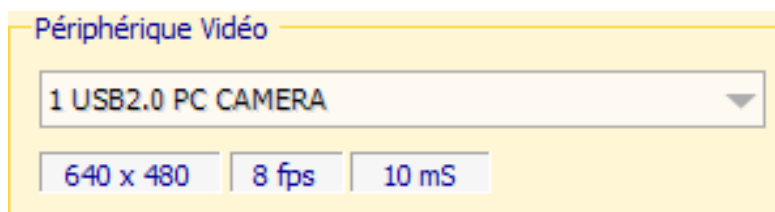
Sauver Image caméra

Le bouton "Sauver Image caméra" sauve l'image de la zone caméra en format image.

Sauver Fenêtre Complète

Ce bouton sauve l'entièreté de la fenêtre application, en format image.

Le panneau Périphérique vidéo



Sélection du périphérique d'entrée vidéo

Un "menu déroulant" affiche les périphériques disponibles. Sélectionnez le périphérique désiré par un clic bouton souris gauche. Lorsque vous faites l'acquisition d'une WebCam, ne vous laissez pas impressionner par les nombreux méga-pixels déclarés. Ces méga-pixels sont créés par interpolation, par le pilote de périphérique, et la résolution annoncée est en général beaucoup plus élevée que la résolution matérielle réelle, qui est souvent de 640 x 480 pixels.

Champs d'informations du périphérique vidéo



Le champ de gauche affiche la résolution qui a été sélectionnée

Le champ du milieu affiche le nombre d'images par seconde, en temps réel. Lorsque vous sélectionnez une valeur élevée pour le paramètre "exposition", le nombre d'images par seconde n'atteint plus la valeur des images par seconde définies dans le panneau de contrôles vidéo.

Le troisième champ indique le temps mis par le processeur à traiter l'image. Ce temps est caractéristique de l'utilisation du CPU, et il est bon qu'il soit le plus petit possible. Ce temps peut varier de quelques mSec à max. quelques dizaines de mSec, suivant les caractéristiques du PC et les options utilisées.

La consommation des ressources CPU peut être calculée en multipliant les millisecondes par le nombre d'images par seconde.

Pour limiter la consommation de ressources CPU, évitez les résolutions caméra élevées. Choisir une valeur supérieure à 1024 ou 1280 consomme inutilement de la ressource CPU, car ces résolutions sont assurément artificielles, calculées par le pilote de périphérique.

Pour limiter la consommation de ressources CPU, il est recommandé de limiter le nombre d'images par secondes dans le panneau de contrôles vidéo (voir page suivante).

En choisissant 9 ou 19 images par seconde, on garde une rapidité de réponse acceptable sans surcharger le CPU.

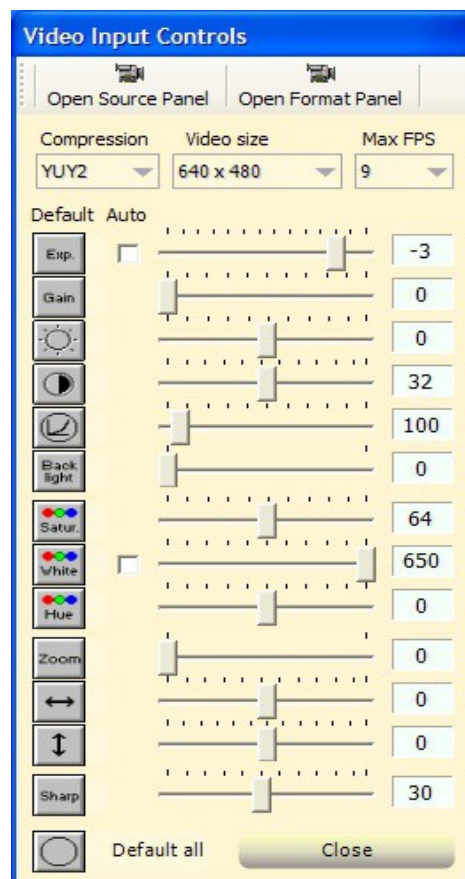
Réglage des paramètres d'entrée vidéo

Ces propriétés ne sont accessibles que si vous utilisez un périphérique contrôlé par un pilote compatible "WMV" (Windows Media Video). Si vous utilisez un pilote compatible "VFW" (Video For Windows) vous devrez utiliser les boutons "Source Vidéo" et "Format Vidéo" comme expliqué sur la page suivante.

En fonction du périphérique vidéo utilisé, certaines de ces propriétés sont désactivées ou inexistantes.

Temps d'exposition
Gain
Luminosité
Contraste
Gamma
Rétroéclairage
Saturation
Balance du blanc
Tinte
Zoom
Pan
Tilt
Netteté

Valeurs par défaut pour tous les paramètres



Beaucoup de pilotes périphériques vidéo contiennent des erreurs ou sont "brouillon". Un des défauts les plus courant, c'est la perte des réglages, d'une utilisation à l'autre (après une relance du programme, certains paramètres ont changé). Certains pilotes réactivent invariablement la case "Auto" ou changent le n° de port USB. Dans d'autres cas, il arrive également qu'au démarrage, les réglages de "Balance du blanc" ou "Compression" aient changés.

Ces défauts ne sont pas dû à l'application Spectromètre Theremino.

Un changement de pilote vidéo corrige ces problèmes (... ou en introduit d'autres).

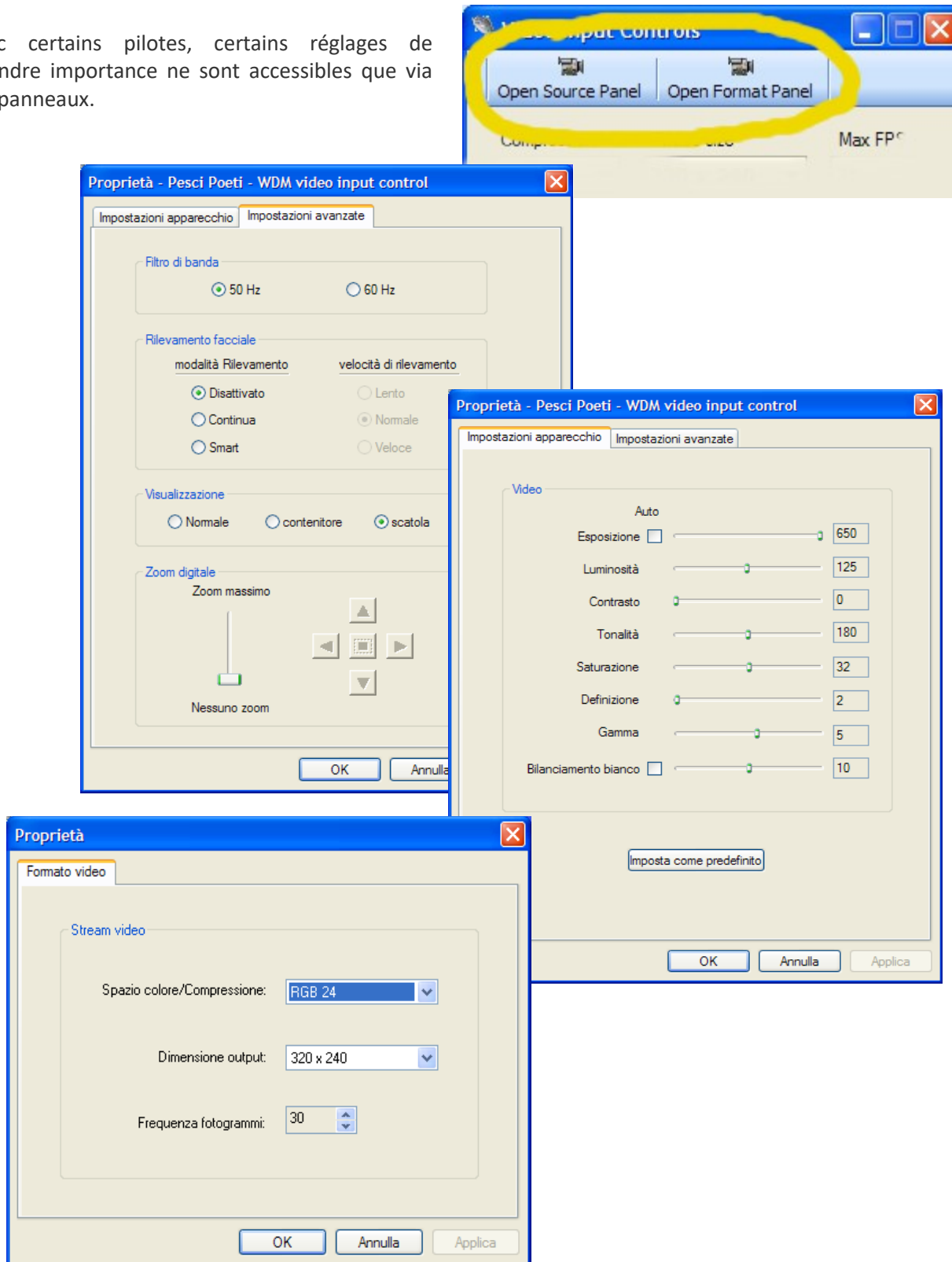
Si vous ne trouvez pas de meilleur pilote, il vous faudra vous habituer à ces défauts. Jetez un coup d'œil aux réglages chaque fois que vous lancez l'application et modifiez éventuellement certains paramètres pour obtenir un fonctionnement correct de la WebCam.

Ce panneau peut être ancré ("docked") à droite ou à gauche de la fenêtre principale, ou placée n'importe où sur l'écran via un "cliquez/glissez" de la souris. Sa position sera enregistrée et restituée.

Réglage des paramètres pour périphériques VFW

Si le pilote vidéo est du type 'VFW' (MS 'Video For Windows'), ses propriétés ne sont accessibles que via les boutons Source Vidéo et Format Vidéo.

Avec certains pilotes, certains réglages de moindre importance ne sont accessibles que via ces panneaux.



Paramètres des fichiers image

Nom

Dans ce champ ci, spécifiez le nom que vous voulez donner au fichier. A chaque sauvegarde, le fichier est numéroté et auto-incrémenté, pour plus de facilité d'utilisation.

Si vous spécifiez vous même le nombre de digits à utiliser dans le nom, ce nombre est respecté.

Par exemple, 'Test_0000' deviendra successivement 'Test_0001', 'TEST_0002' etc...

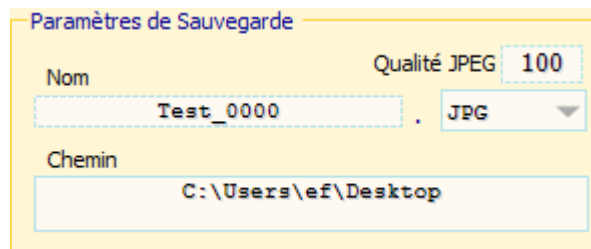
Qu'importe ce qu'il y ait à gauche des digits, un espace, un trait d'union ou autre, le premier caractère non numérique en partant de la droite est considéré comme la fin du nom.

Le nom ne peut pas commencer ou se terminer par un espace: les espaces seront automatiquement supprimés.

Chemin

Le champ appelé "Chemin" indique le dossier de destination. Saisissez le manuellement ou "double-cliquez" dans le champ pour ouvrir la fenêtre "Parcourir" de Windows.

Vous pouvez également utiliser un "Copier/Coller".



Qualité JPEG

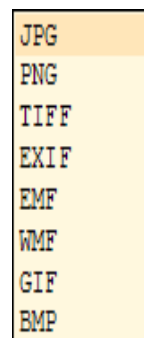
Utilisez sans problème une qualité de 100%. Les fichiers obtenus sont toujours de taille modeste (environ 100 à 300 kb). Vous pouvez, au besoin, réduire la qualité. Une qualité de '50' donne encore des images relativement bonnes, tandis que '30' fait apparaître des défauts.

Format Fichier

Utilisez normalement le format JPG avec une qualité de 100. Si vous désirez une meilleure qualité, le format PNG est un bon choix, qui utilise une compression sans perte d'information.

Une image JPG qui serait chargée/sauvée un grand nombre de fois perd théoriquement sa qualité. (en pratique, on ne remarque pas de différence). A l'inverse, une image de type PNG peut être chargée/sauvée indéfiniment sans perte de qualité.

Les formats de fichier TIFF, EXIF et BMP n'introduisent pas de perte de qualité, mais produisent des fichiers de tailles inutilement excessives.



Réglages de l' image



Flip

Miroir horizontal de l'image. Cette commande provoque une légère surcharge du CPU. Cochez cette case uniquement si la WebCam est fixée à l'envers. Au besoin, refixez la caméra correctement dans votre spectromètre.

Hauteur

Cette valeur détermine la hauteur de la fenêtre de sélection de pixels utilisés pour l'analyse (fenêtre orange sur la photo). Chaque unité représente une ligne de pixels. La valeur peut varier entre 1 et 50. L'application fait une moyenne des valeurs des rangées de pixels. Cela augmente la sensibilité et diminue le bruit.

Un autre avantage à utiliser un grand nombre de lignes, c'est que la tolérance à un alignement imparfait de la source lumineuse dans le plan vertical est meilleure. Nous recommandons une valeur de minimum 10 ou 20, pour garder un peu de marge au dessus et en dessous du spectre.

Dans certains cas (réseau de diffraction légèrement mal aligné) vous pouvez améliorer la résolution en choisissant une valeur de 1 à 5, et en plaçant la fenêtre de sélection au milieu du spectre.

Début Y

Définit la position verticale de la fenêtre. A ajuster de façon à ce que la fenêtre orange soit centrée sur le spectre.

Début X

Ce champ définit le début de l'échelle, pour élargir ou rétrécir la gamme de longueurs d'ondes analysées.

Fin X

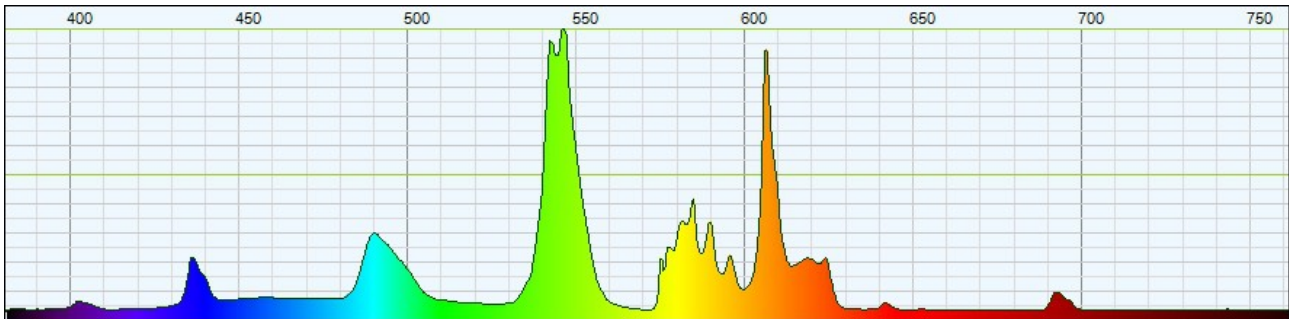
Ce champ définit la fin de l'échelle, pour élargir ou rétrécir la gamme de longueurs d'ondes analysées.

Ces paramètres **Début X** et **Fin X** sont également modifiés en élargissant et en glissant le graphique du spectre, comme expliqué à la page qui suit.

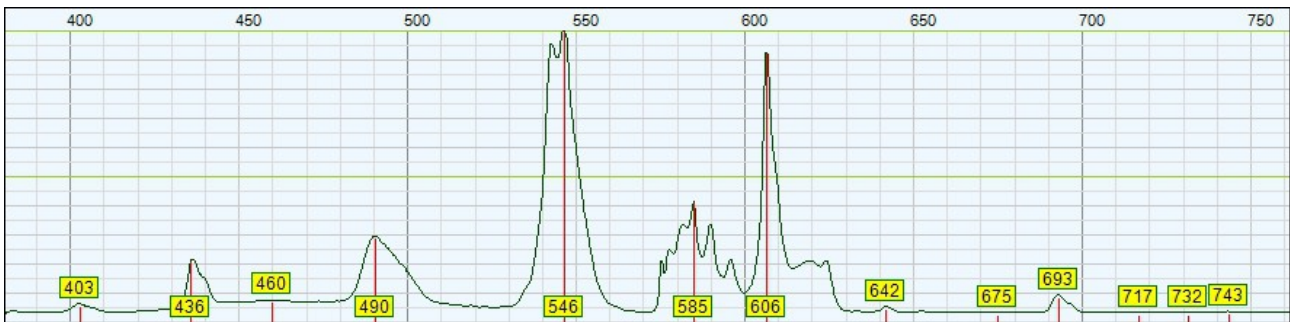
Portée et échelle de mesure

Pour élargir le spectre, amenez le pointeur de la souris sur celui-ci, et utilisez la molette de la souris pour ajuster la gamme de longueur d'ondes à analyser.

Pour déplacer la zone d'intérêt vers l'ultraviolet ou vers l'infrarouge, déplacez la souris latéralement dans la fenêtre du spectre, en maintenant le bouton gauche enfoncé.



Le spectre peut être affiché de différentes façons, en utilisant les commandes décrites page suivante.



La barre de contrôle inférieure

Curs: 73% 463 nm

Référence

Vallées

Sommets

Couleurs

Filtre

30

Vitesse

30

Calibration

Max: 611 nm

Référence

Vallées

Sommets

Couleurs

Filtre

30

Vitesse

30

Calibration

Indicateur de mesure

Le premier champ sur la gauche à deux fonctions:

- ◆ Quand le pointeur de la souris est sur le graphique, ce champ indique la position verticale de la souris en % de la valeur maximum, et la position horizontale en longueur d'onde.
- ◆ Quand le pointeur est hors du graphique, ce champ indique la valeur du pic le plus haut en nanomètres.

Référence

Active la référence pour les mesures d'absorptions (Voir page 15).

Creux

Active la détection des creux dans le graphique.

Pics

Active la détection des pics dans le graphique.

Couleurs

Active les couleurs relatives aux longueurs d'ondes.

Ces couleurs n'ont pas de lien direct avec les couleurs détectées par la WebCam.

Celle-ci pourrait être une caméra monochrome "Noir et Blanc".

Filtre

Fonction de filtrage de bruit dans le graphique. Utilisez normalement une valeur de 30. Lorsqu'on augmente cette valeur à 50 ou même 100, on élimine le bruit et on "saute" des points de mesures. En conséquence, on doit accepter un élargissement des lignes et une diminution de la résolution.

Vitesse

Vitesse de réponse. Utilisez normalement une valeur de 30. Si vous diminuez cette valeur à 10 ou, dans des cas extrêmes, à 1, les signaux sont intégrés et les bruits de courte durée sont éliminés.

En retour, il faut s'attendre à des mesures beaucoup plus lentes.

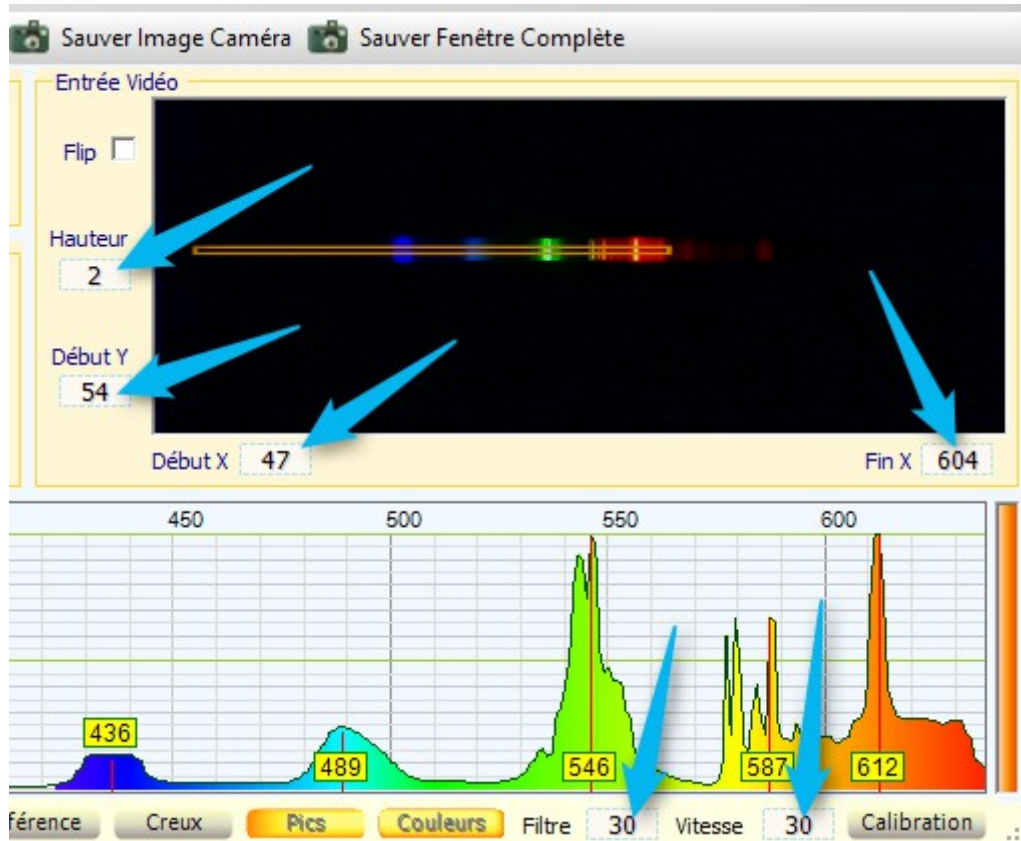
Pour accélérer le temps de réponse, on peut augmenter cette valeur jusqu'à 100.

Calibration

Activation du mode calibration. Voir page 14.

Annexe 1 – Ajuster la valeur des champs numériques

Les "TextBox" numériques de cette application (et toutes les autres applications Theremino d'ailleurs) ont été développés par nos soins (voir note 1) pour être plus confortables et plus flexibles que les "TextBox" équivalents de Microsoft (ex. composant 'NumericUpDown')



Leurs valeurs numériques est réglable de différentes façons:

- ◆ En cliquant sur le champ à modifier et en bougeant la souris vers le haut ou vers le bas, tout en maintenant le bouton gauche enfoncé (= cliquer/glisser).
 - ◆ Au moyen de la molette: Amenez la flèche souris sur le champ à modifier et actionnez la molette.
 - ◆ En utilisant les touches fléchées du clavier.
 - ◆ En utilisant les méthodes conventionnelles pour saisir les valeurs par le clavier.
 - ◆ En utilisant la méthode "Copier/Coller".
-
- ➔ La méthode du déplacement de la souris autorise des ajustements de valeurs importants et rapides.
 - ➔ La molette de la souris est également pratique pour des ajustements immédiats.
 - ➔ Les touches fléchées permettent des réglages fins, sans avoir à détourner le regard de l'opération en cours.

(Note 1) Comme tous nos softwares, les fichiers sources sont disponibles (Logiciel Libre et Open Source sous licence Creative Commons) et peuvent être téléchargés à cette adresse: www.theremino.com/en/downloads/uncategorized (Section "Custom Controls"). Ces composants peuvent être utilisés librement, ainsi que les sources. Ces fichiers, étant disponibles en "Open Source", vous garantissent qu'aucun virus ou autre malware n'y est intégré.

Annexe 2 – Calibration de l'échelle

Pour calibrer l'échelle du spectromètre, utilisez une lampe fluorescente.

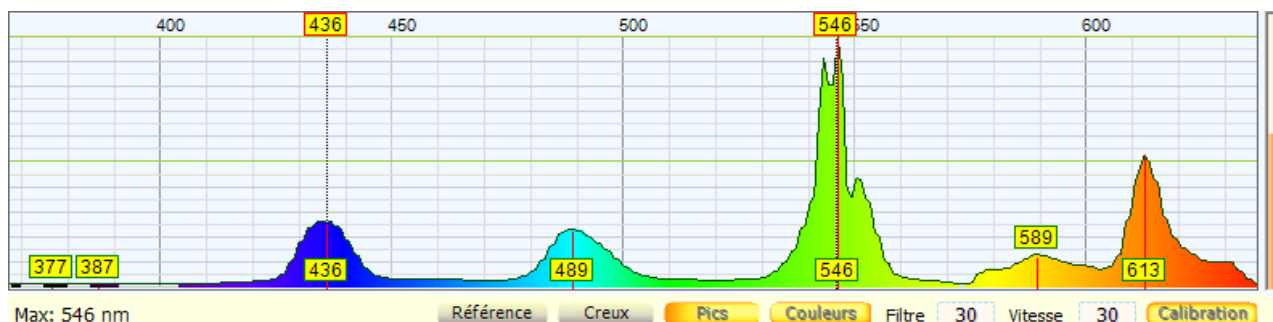
Vous pouvez utiliser une lampe "Économique" à usage domestique ou vous pouvez préparer une de source de calibration très pratique en suivant les instructions du fichier "Theremino Spectrometer Construction", page 19.



Effectuer la calibration

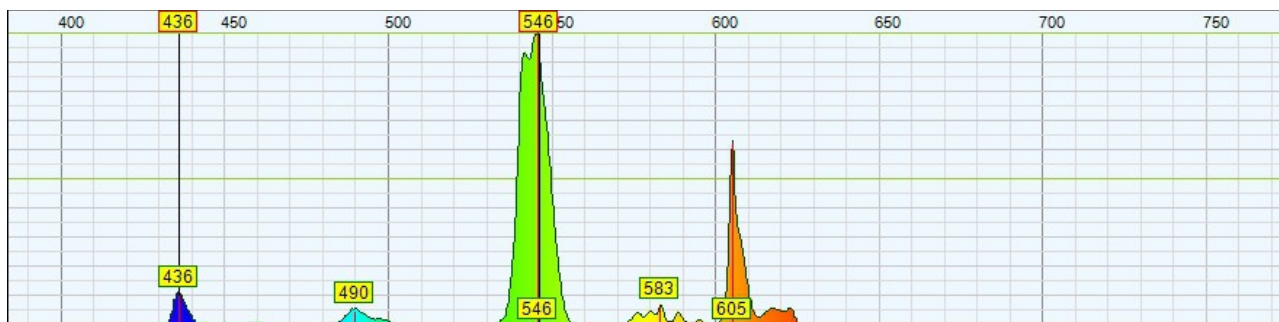
- ◆ Placer la lampe près de la fente d'entrée lumière du spectromètre et ajuster l'exposition pour obtenir un graphique similaire au graphique ci-dessous.
- ◆ Assurez vous que les boutons "Référence" et "Creux" ne soient pas activés, et que les boutons "Pics" et "Calibration" le soient.
- ◆ Localisez les deux étiquettes de calibrations générées par le bouton "Calibration" sur le dessus de l'échelle. (436/546 ou autres, suivant options sélectionnées)
- ◆ Sélectionnez et déplacez alternativement ces deux étiquettes, pour faire correspondre la valeur de des pics bleu-foncé et vert avec celles des points de calibration (436/546 dans cet exemple).

Par approximations successives, on arrive à une correspondance parfaite des valeurs. Ces valeurs sont sauvées automatiquement dans le fichier "Theremino_Spectrometer_INI.txt". Si ce n'est pas le cas, vérifiez que l'application peut accéder ce fichier en mode 'écriture'. Cela peut dépendre de l'emplacement où vous avez installé l'application.



Ci-dessus, les deux pics de mercure et les étiquettes 436 et 546 qui apparaissent avec le bouton "Calibration"

Les points de calibrations peuvent être différents de 436/546. Pour les spécifier, voir le menu "Outil/Points de calibrations" (description page 4)



Pour calibrer plus précisément, élargissez la zone d'intérêt avec la molette de la souris et centrez le graphique par un "Cliquez/Glisser". Éloigner si nécessaire la source de lumière ou modifiez l'alignement pour obtenir les pics les plus pointus possibles. **En éloignant la lampe, les pics deviennent plus étroits et leur crêtes deviennent plus précises.**

Annexe 3 – Mesures d'absorptions

Les mesures d'absorptions sont réalisées au moyen du bouton "Référence" et servent à mesurer la courbe de réponse des filtres colorés et l'absorption de différentes substances, par exemple, l'huile d'olive.

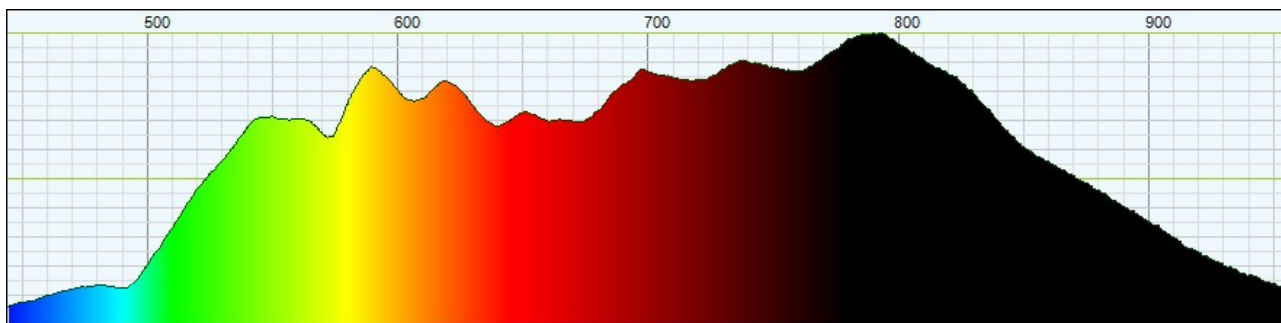
Pour ces mesures, il est nécessaire d'avoir une source lumineuse qui éclaire dans tout le spectre, ou au minimum, dans la zone à mesurer. Les sources de ce type sont appelées "à large bande". Les instructions pour préparer une source de ce type se trouvent dans les dernières pages du fichier "Theremino Spectrometer Construction".

Faire une mesure d'absorption

- ◆ Assurez-vous que les boutons "Creux" et "Pics" soient désactivés et que "Couleurs" le soit.
- ◆ Ouvrez le diaphragme à fente complètement pour donner le plus de lumière possible (Les mesures sur les filtres ne requièrent pas beaucoup de résolution)
- ◆ Ajustez les valeurs "Filtre" et "Vitesse" sur 30. (Avec des valeurs basses ou élevées, il est difficile d'effectuer les mesures d'absorption)
- ◆ Placez la lampe près du diaphragme, tout en laissant suffisamment d'espace pour intercaler le filtre ou la substance à mesurer.
- ◆ Ajustez la position de la lampe pour avoir un éclairage optimal.
- ◆ Augmentez le contrôle d'exposition pour couvrir une large zone du spectre. Ne poussez pas l'exposition trop loin, sous peine d'éblouissement de la caméra (visible dans la petite fenêtre de capture vidéo), auquel cas les mesures seraient faussées. S'il y a trop de lumière et trop d'exposition, le spectre ne passera jamais à zéro, même dans les zones où les filtres absorbent toute la lumière.
- ◆ Essayez d'appuyer sur le bouton "Référence" si la zone couverte est suffisante.
- ◆ "Encadrez" la zone d'intérêt en modifiant "Début X" et "Fin X", via le clavier ou la souris.
- ◆ Avant d'insérer l'échantillon à mesurer, pressez sur "Référence".
- ◆ A partir de ce moment, ne touchez plus, ni à la lampe, ni au spectromètre. Si vous les touchez en insérant l'échantillon, il faudra recommencer la référence.
- ◆ Insérez l'échantillon, vérifiez le spectre et sauvez l'image sans perdre trop de temps. (La référence se détériore dans le temps par l'échauffement de la lampe et d'autres problèmes mécaniques).
- ◆ Si la mesure a duré trop longtemps ou si la source de lumière s'est déplacée, retirez l'échantillon et vérifiez que la référence est toujours valide (spectre aligné sur la ligne colorée).
- ◆ Pour restaurer la référence, enlevez l'échantillon, puis désactivez et réactivez le bouton "Référence".

Dans les pages qui suivent, cette procédure est expliquée en images.

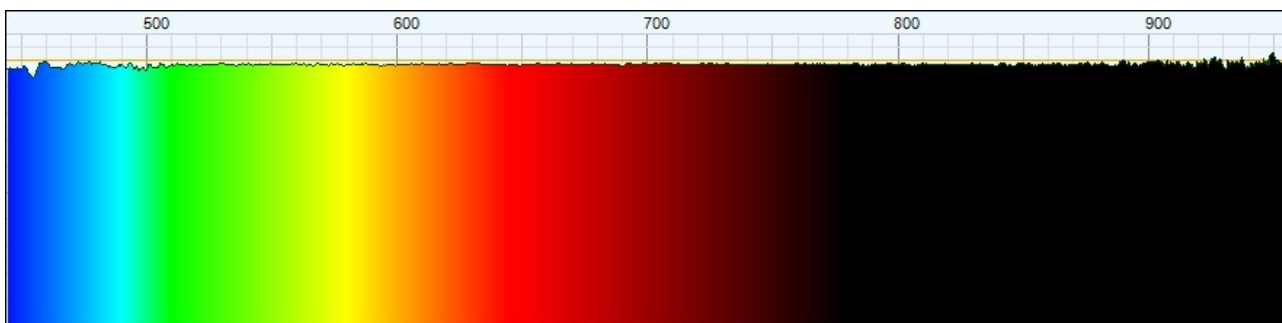
Annexe 3 – Mesures d'absorption (images)



Ceci est le spectre d'une petite ampoule à incandescence

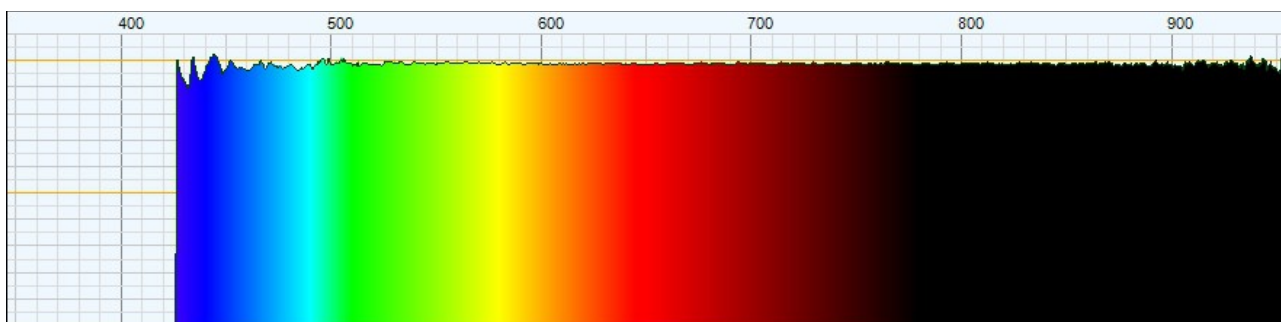
Pour cette lampe, la zone utile se situe entre 450 et 950 nm. Nous ajustons donc l'échelle pour voir exclusivement cette zone. (N'est considérée comme "zone utile" que la zone dans laquelle la lampe émet au moins 15 à 20% d'énergie).

Il aurait été préférable d'avoir une source de lumière plus uniforme (une large bande ou au moins une halogène), mais ces sources sont chères, difficiles à construire et très chaudes. Pour cet exemple, la lampe à incandescence suffira.



Appuyez sur le bouton "Référence" pour vous assurer que la zone sélectionnée est réellement utilisable

Notez qu'aux extrémités, où l'énergie est faible, la ligne devient irrégulière. Dans ces zones, il est toujours possible de faire des mesures, mais elles seront moins précises.



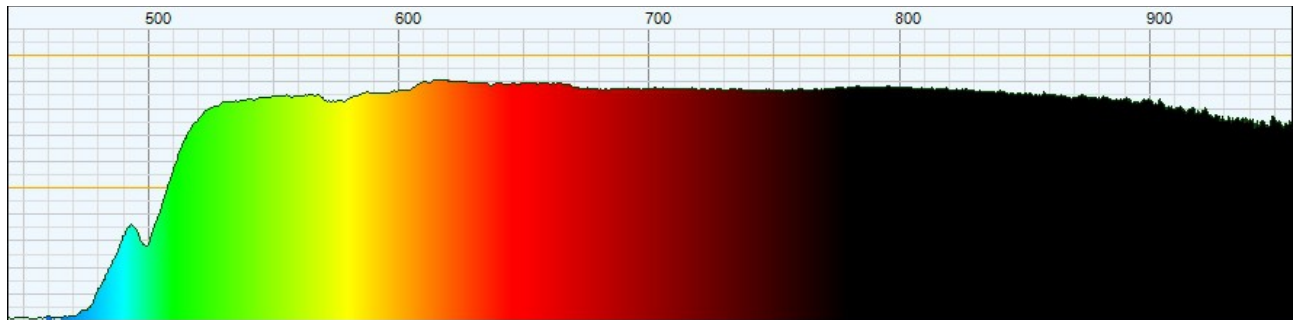
Vous voyez ici ce qu'il se passe quand on active le bouton "Référence" en visualisant une zone trop large

La zone en dessous de 450 nm ne reçoit pas assez de lumière et devient irrégulière. On ne voit pas les variations, mais cette zone est très instable et peu précise pour les mesures.

En descendant encore plus bas, en dessous de 425 nm, le programme détermine que le signal est trop faible et il l'ignore complètement.

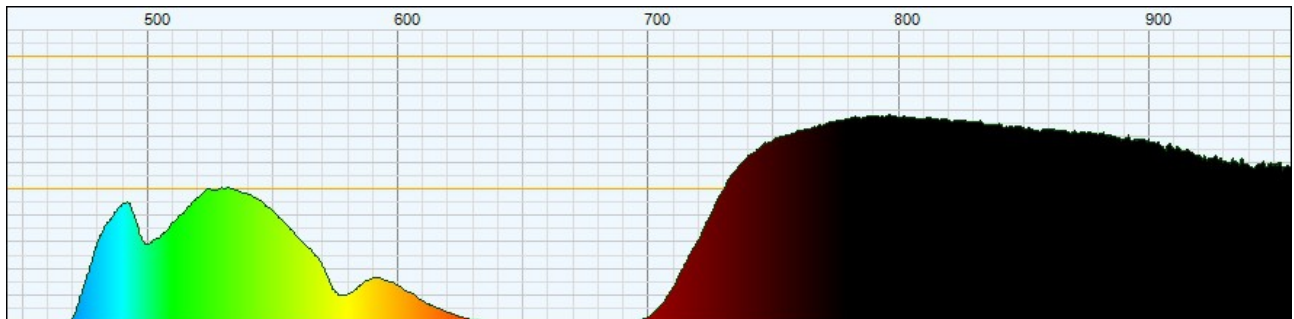
Annexe 3 – Mesures d'absorption (images)

Les images qui suivent montrent le spectre de quelques filtres colorés.



En insérant un filtre jaune, on constate une diminution générale du spectre (la ligne colorée orange = 100 %)

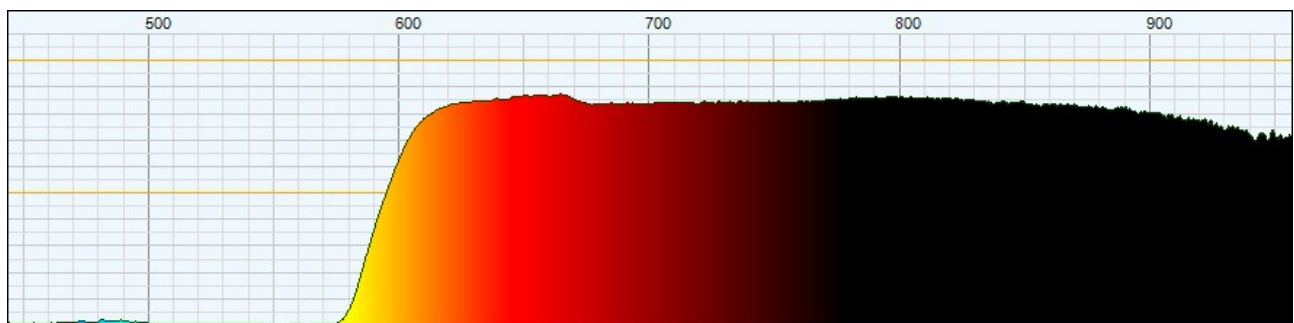
Ce filtre jaune atténue de manière décisive tout ce qui est en dessous de 500nm et laisse passer, de 80 à 90%, toutes les autres couleurs, jusqu'à l'infrarouge.



Ceci est le spectre d'un filtre vert.

Ce filtre laisse passer le vert à 50% d'énergie et atténue toutes les autres couleurs, à l'exception de l'infrarouge.

Pratiquement tous les filtres colorés qui sont placés devant les projecteurs laissent passer l'infrarouge, pour éviter un échauffement qui les détruirait.



Ceci est le spectre d'un filtre rouge.

Ce filtre également, en plus de sa couleur favorite, laisse très bien passer l'infrarouge.

Ces spectres montrent la lumière qui passe, et non l'absorption. Il serait plus judicieux de les appeler "Spectres de transmission", mais le terme "absorption" est plus utilisé.

Comprenons nous bien, quand la ligne du spectre est haute, cela veut dire que la lumière est en mesure de passer. Quand elle est basse, cela veut dire que l'échantillon a "absorbé" la lumière.

Annexe 3 – Mesures d'absorption (images)

Vous pouvez voir ici une construction simple pour la mesure de filtres colorés, qui utilise l'ampoule à incandescence d'une lampe de poche.

Pour consommer peu et préserver les batteries, nous avons utilisé une ampoule d'un watt $\frac{1}{2}$ environ (300 mA sous 6V) qui, alimentée sous 4,5V, ne consomme que 200 mA.

Avec si peu de puissance, il faut un bon réflecteur parabolique.

Vous pouvez utiliser l'ampoule et le réflecteur, ou utiliser la torche telle qu'elle.



L'ampoule à filament de tungstène, telle que celle utilisée ici, n'émet que très peu dans le bleu et pas du tout dans l'ultraviolet.

Il serait préférable d'utiliser une lampe au xénon, ou une lampe halogène.

Lisez les conseils pour les lampes dans les dernières pages du fichier "Theremino Spectrometer Construction"

