

SpecINTI et specINTI Editor V4

Manuel utilisateur

SpecINTI et son interface graphique, specINTI Editor, constituent une suite logicielle dédiée au traitement des spectres astronomiques. Elle prend en charge les données acquises avec la plupart des spectrographes utilisés par les amateurs, tels que l'Alpy 600, le Lhires III, l'UVEX, le Star'Ex (HR et LR), le TinyStar'Ex (TSE), ainsi que tout autre instrument produisant des fichiers FITS conformes aux standards actuels.

Développés en langage Python par Christian Buil et Valérie Desnoux, specINTI et specINTI Editor sont diffusés gratuitement sous forme d'exécutables pour Windows, macOS et Linux.

SpecINTI est le moteur de traitement. Entièrement autonome, il fonctionne sur la base d'échanges avec des scripts, et pour cette raison, l'usage de cette application est réservé aux développeurs.

SpecINTI Editor est le complément naturel de specINTI. Cette interface graphique simplifie l'ensemble du flux de travail, depuis la calibration jusqu'à l'analyse finale des spectres. Elle propose des assistants interactifs pour les traitements en haute et basse résolution, un éditeur de fichiers de configuration, un générateur de fichiers d'observation, des outils de visualisation d'images FITS et de profils spectraux, un module dédié au calcul de la réponse instrumentale, etc.

La philosophie de cette suite logicielle est de concilier rigueur scientifique, automatisation et simplicité d'utilisation. Les traitements respectent les standards utilisés par les principales bases de données spectrales professionnelles, tout en offrant un très large éventail de paramètres permettant de s'adapter à des configurations instrumentales variées et à des besoins d'analyse exigeants.

Depuis la version 4, specINTI Editor introduit de nouveaux modes de fonctionnement particulièrement puissants qui rendent le logiciel simple d'usage dès le premier contact, y compris pour des débutants dans le domaine.

Le présent document constitue le manuel utilisateur de specINTI Editor. On y trouve les principes fondamentaux d'usage et le descriptif de l'interface (on s'appuie ici sur l'environnement Windows).

Un guide détaillé et progressif a été écrit pour vous apprendre à traiter les spectres avec l'application. Il s'appuie sur de nombreux exemples. Ce guide de traitement des spectres est téléchargeable en format PDF depuis ce lien :

https://buil.astrosurf.com/specinti4/guide_specinti_fr.pdf

Installation

L'adresse officielle du site est : https://solex.astrosurf.com/specinti1_fr.html

Vous pouvez y télécharger le programme et les fichiers annexes avec le choix de l'environnement (Windows, macOS, Linux).

Décompressez le fichier téléchargé « specinti_editor » dans le dossier de votre choix (il devient le dossier de l'application). Pour macOS, voir en fin de document la procédure permettant d'autoriser l'exécution d'une application non signée.

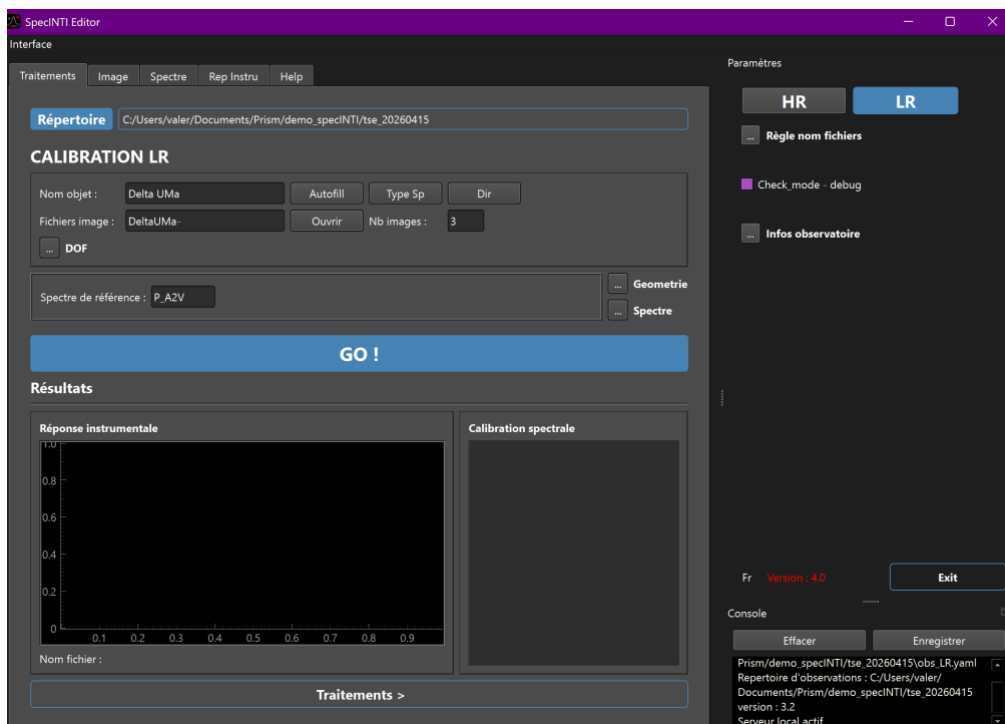
Copiez enfin l'icône du logiciel « specinti_ini.exe », que vous venez d'installer dans le dossier, sur votre bureau pour un accès rapide à l'application.

Il s'agit d'une distribution complète comportant le logiciel de traitement proprement dit (**specINTI**), son interface (**specINTI Editor**), ainsi qu'un certain nombre de fichiers annexes, notamment un répertoire automatiquement créé, appelé **_configuration**, qui contient un certain nombre de scripts d'usage fournis par défaut, appelés **fichiers de configuration** dans la terminologie **specINTI**. Vous allez à coup sûr créer des fichiers de configuration à votre image (voir le Guide de traitement) que vous sauvegarderez dans ce même dossier.

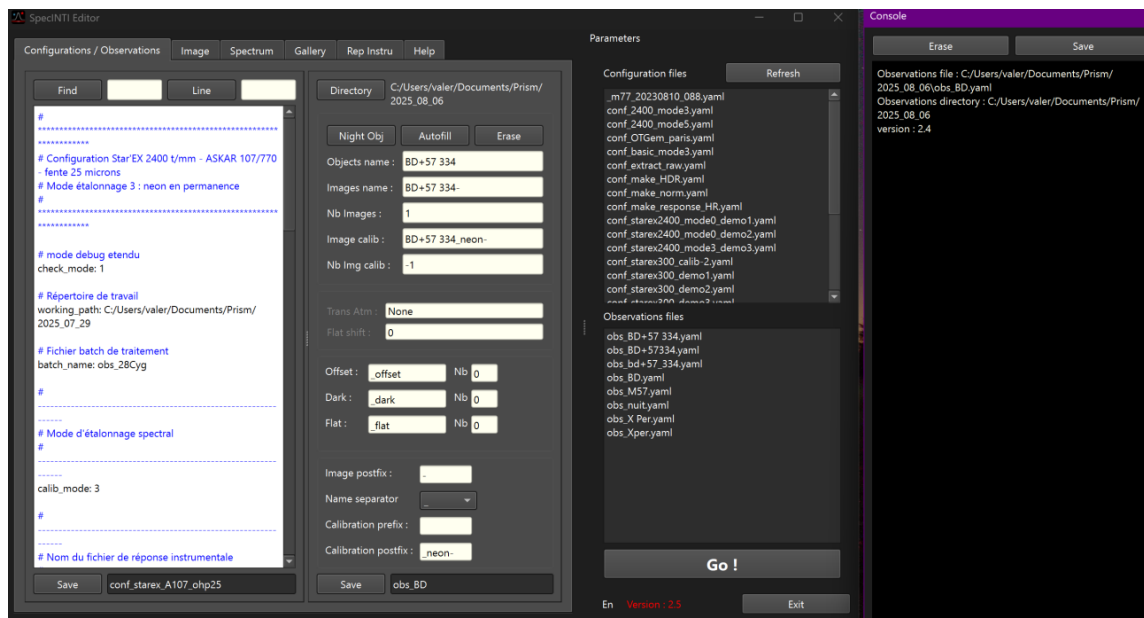
Si vous êtes déjà utilisateur de specINTI, pensez à conserver une copie de votre dossier **_configuration** actuel : vous pourrez ainsi y récupérer vos fichiers de configuration favoris pour les replacer dans le nouveau dossier **_configuration**, créé automatiquement lors de l'installation de cette version.

Présentation générale

Au lancement, la fenêtre ci-dessous apparaît, dite **Interface standard**.



Un menu simple, situé en haut des onglets et intitulé **Interface**, permet de choisir entre le mode **Interface standard** (l'actuel), et le mode **Interface avancée**, qui propose l'édition manuelle des fichiers de configuration ainsi que la création de fichiers d'observation destinés au traitement d'un ou de plusieurs objets (mode batch). La copie d'écran ci-après montre l'aspect de l'**interface avancée**, qui s'organise, tout comme l'**interface standard**, en une série d'onglets, mais avec des intitulés parfois différents.



Quel que soit le modèle d'interface choisi, celle-ci se présente en deux blocs (ou docks) : le bloc Paramètres et le bloc **Console**. La fenêtre principale peut être redimensionnée. Les deux docks peuvent également être redimensionnés indépendamment et placés à gauche ou en bas de la fenêtre. La console peut être détachée pour devenir une fenêtre indépendante. Pour réintégrer un panneau flottant dans l'interface (re-docker), effectuez un double-clic sur sa barre de titre.

Le style de l'interface dépend du thème du système d'exploitation. Les exemples présentés utilisent le thème Windows 11 - mode sombre.

L'application mémorise l'agencement de l'interface et le restaure automatiquement au prochain lancement.

La langue par défaut est le français. Pour passer à l'anglais, cliquez sur le bouton **Fr** situé dans la partie inférieure de l'interface, puis redémarrez l'application.

Si une connexion Internet est disponible, l'application vérifie automatiquement le numéro de la version courante sur le site web du logiciel. Si une version plus récente est détectée, le numéro de version affiché dans l'interface passe en rouge.

Principe de fonctionnement de specINTI

Le pipeline de traitement de **specINTI** s'appuie sur deux fichiers : le fichier de configuration, qui décrit les paramètres de traitement, et le fichier d'observation, qui permet de traiter, en mode batch, un ou plusieurs objets observés au cours d'une même nuit. **SpecINTI Editor** est l'interface qui facilite la création et la modification de ces deux fichiers.

```

# Configuration StarEx 2400 V/nne - C9 - fente 35 microns
# Mode étalonnage 3 : neon en permanence

# mode debug étendu
check_mode: 1

# Répertoire de travail
working_path: C:/Users/valer/Documents/Prism/2025_03_30

# Fichier batch de traitement
batch_name: obs_OTGem

# Mode d'étalonnage spectral
calib_mode: 3

# Nom du fichier de réponse instrumentale
instrumental_response: rep_20250331

#
# Largeur de binning
bin_size: 57
#posy: -339

#search_wide: 20
#posy_exclude: [150, 350]

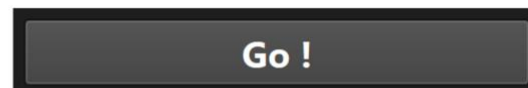
```

Fichier de configuration

Dans répertoire fixe '_configuration'
Décrit les paramètres du pipeline de traitement
Associé à un instrument et mode de calibration

Fichier d'observations

Liste des Images objets, Calibration et DOF*
Dans le répertoire de la nuit d'observations
Règle de nommage pour un remplissage automatique



* Dark, Offset, Flat

Nous débutons la description des fonctionnalités en nous appuyant sur l'interface standard de **specINTI Editor**, qui sera la plus familière pour la plupart d'entre vous.

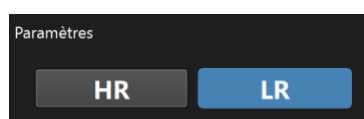
Interface standard - généralités

Le principe de cette interface est de masquer la complexité liée aux fichiers de configuration et d'observation. Elle simplifie ainsi l'utilisation du logiciel, au prix d'une certaine perte de flexibilité. Les paramètres de traitement sont accessibles dans des boîtes flottantes modifiables à la demande, plutôt que d'être saisis directement sous forme de texte.

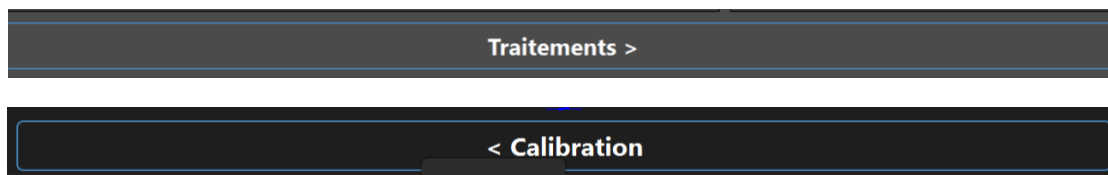
Avec l'interface standard, un seul objet peut être traité à la fois.

Le logiciel propose deux modes de traitement :

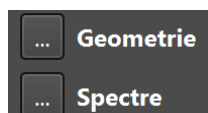
- **Haute Résolution (HR)**, pour les spectres acquis avec un pouvoir de résolution $\mathcal{R}$ généralement supérieur à 5 000 ;
- **Basse Résolution (LR - Low Resolution)**, pour les spectres acquis à plus faible résolution.



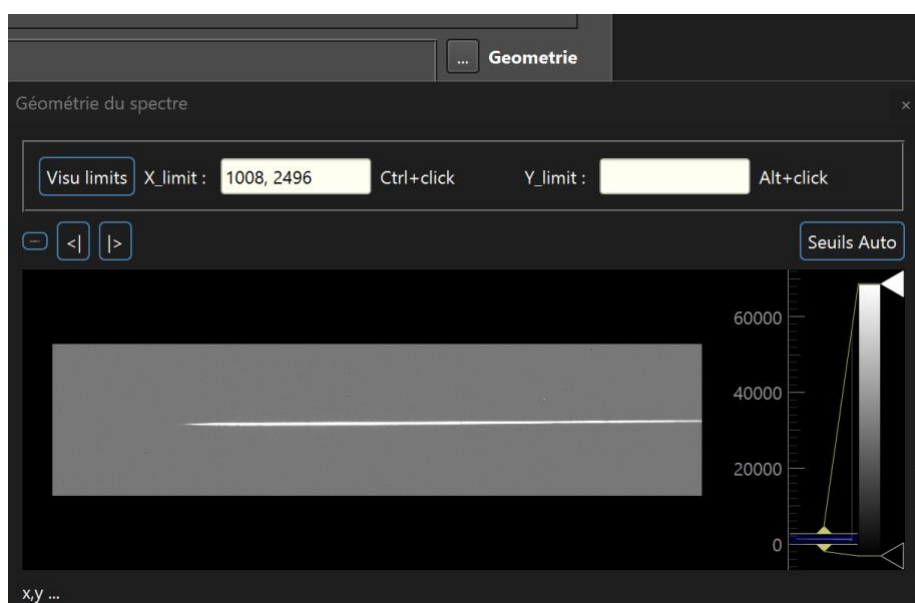
Cette distinction concerne principalement l'automatisation des traitements et la méthode d'étalonnage spectral (c'est-à-dire l'association des pixels aux longueurs d'onde). En mode HR, l'étalonnage est réalisé à partir du spectre d'une source néon, tandis qu'en mode LR il s'appuie sur les raies naturelles présentes dans un spectre stellaire de référence. Pour chacun de ces deux modes, on distingue une étape de calibration et une étape de traitement, qui exploite les informations obtenues lors de la calibration. Pour passer d'une étape à l'autre, cliquez sur le bouton situé au bas de l'onglet.



Chaque mode et chaque étape nécessitent un ensemble de paramètres qui, dans la plupart des cas, restent identiques d'une observation à l'autre, mais qui demeurent accessibles à tout moment. Chaque groupe de paramètres est identifié par son nom et par un petit bouton « ... ».



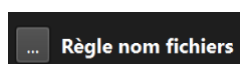
Lorsque vous survolez ce bouton avec la souris, une fenêtre flottante s'affiche et présente les paramètres correspondants. Pour les modifier, cliquez sur le bouton « ... » : la fenêtre reste alors affichée. Après avoir effectué les modifications souhaitées, fermez la fenêtre à l'aide de sa case de fermeture (croix en haut à droite). Les nouveaux paramètres sont automatiquement enregistrés. Ci-après, un exemple avec la boîte de dialogue flottante concernant la géométrie du spectre.

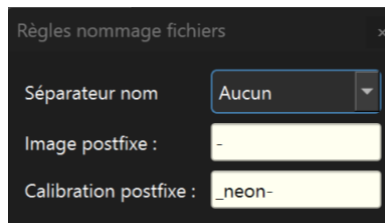


Quelques paramètres propres à l'onglet **Traitements** sont à ajuster en fonction de vos habitudes. Ce sont des règles d'usage du logiciel communes à toutes les configurations de l'**interface standard** (HR et LR par exemple). Voir sur la partie droite de l'interface.

Règles de nommage

Avant toute opération, quel que soit le mode d'observation, il est nécessaire de définir les **règles de nommage** de vos fichiers image afin de bénéficier des automatismes de **specINTI**.





Le **séparateur de nom** permet de retrouver automatiquement les fichiers image à partir du seul nom de l'objet, au format compatible avec **SIMBAD** (base de données astronomique de Strasbourg).

Par exemple, pour l'objet **delta Uma** :

- si le séparateur est **Aucun**, le nom attendu sera deltaUma ;
- si le séparateur est « **_** », le nom des fichiers sera delta_Uma ;
- si le séparateur est « **espace** », le nom du fichier sera delta Uma.

Le paramètre **Image postfixe** définit le séparateur entre le nom de l'objet et le numéro de l'image dans la série. Le plus souvent, il s'agit d'un simple tiret (-).

Le **postfixe des images de calibration** est libre, mais il est recommandé d'utiliser le nom de l'objet suivi de _neon-. Par exemple : deltaUma_neon- pour des images de calibration réalisées avec une lampe néon externe en mode HR.

Ces règles de nommage sont particulièrement utiles avec l'option **Autofill**, qui permet de retrouver automatiquement tous les fichiers image et les fichiers de calibration à partir du seul nom de l'objet présent dans votre répertoire.

Informations d'observation

Il est recommandé de renseigner les informations relatives au site d'observation et au nom de l'observateur dans la section **Informations observatoire**.

Ces informations sont ajoutées à l'en-tête FITS des fichiers traités et sont compatibles avec les spécifications de la base **BeSS**, un standard largement adopté par les bases de données spectrales.

Les noms de l'observateur et de l'instrument ne doivent pas contenir de caractères spéciaux (accents, #, @, &, etc.).

Check_mode

Cette case à cocher indique au logiciel si des informations complémentaires doivent être générées et enregistrées afin de faciliter le diagnostic d'un échec de traitement ou l'analyse de performances inférieures aux attentes.

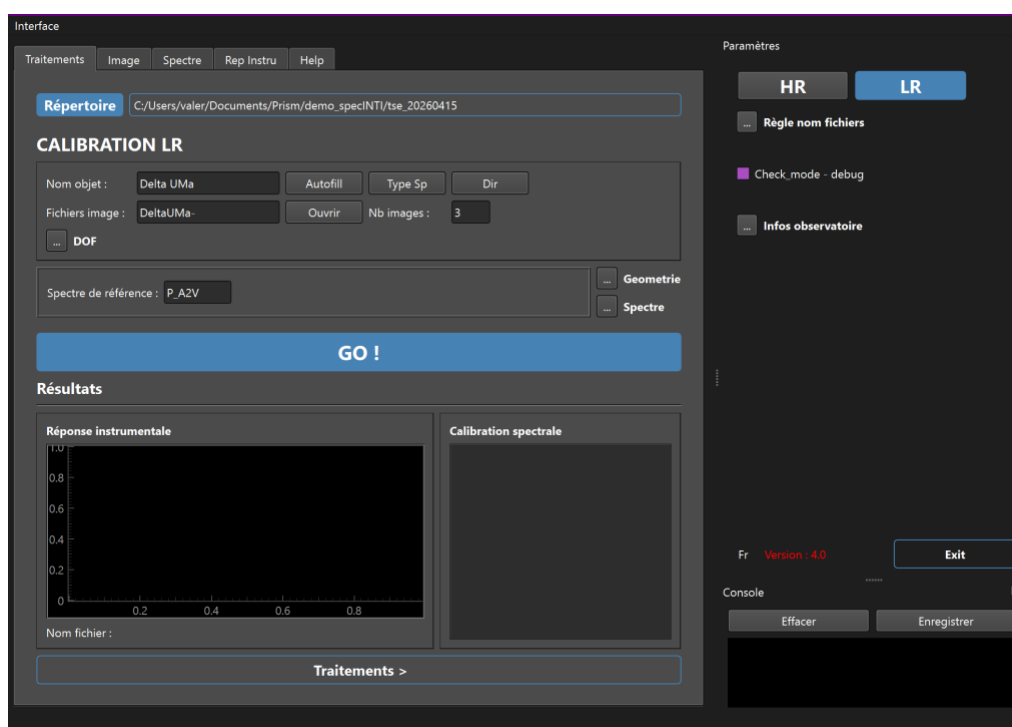
Interface standard en basse résolution (LR)

La première opération à réaliser (au moins une fois) consiste à calibrer le spectrographe que l'on a entre les mains : il s'agit de déterminer la loi de dispersion spectrale, ainsi que la réponse de l'instrument au flux incident. Voyons donc comment se présente l'interface de **specINTI Editor** pour procéder à cette calibration, ici en mode « basse résolution spectrale ».

Étape de calibration

Cliquez sur le large bouton « < Calibration » dans la partie inférieure de l'onglet **Traitements**. En mode LR, la calibration est réalisée à partir de l'observation d'une étoile de type spectral A. Grâce aux algorithmes de **specINTI**, cette opération ne nécessite ni lampe d'étalonnage spectral ni lampe de flat-field, ce qui constitue une simplification technique importante et une nouveauté.

À partir de la seule observation de cette étoile, le logiciel détermine ainsi automatiquement la loi de dispersion spectrale ainsi que la réponse instrumentale.



Identification des images

La première opération, très importante, consiste à sélectionner le **répertoire de travail**. Cliquer sur le bouton **Répertoire**, puis sélectionner le dossier où se trouve les données de la session que vous souhaitez traiter.

Vous précisez ensuite le nom de l'objet dont vous souhaitez extraire le spectre. Les données se présentant le plus souvent comme une séquence d'images numérotées, deux méthodes sont possibles :

- **Entrer le nom de l'objet observé** (champ **Nom objet**), puis cliquer sur **Autofill**. Si les règles de nommage ont été correctement définies et respectées, le nom générique des fichiers image ainsi que leur nombre sont automatiquement renseignés.

ou

- **Cliquer sur le bouton « Ouvrir »** situé à droite du champ **Fichiers image**. Il suffit alors de sélectionner l'un des fichiers de la séquence à traiter. Vous devez également indiquer manuellement le nombre d'images de cette séquence.

Si le fichier image contient le mot-clé FITS indiquant le nom de l'objet, celui-ci est automatiquement reporté dans le champ **Nom objet**. Dans le cas contraire, il doit être saisi manuellement. Ce nom est utilisé par **specINTI** pour certains calculs automatiques, notamment lors de l'interrogation de la base **SIMBAD**.

DOF

Pour compléter la définition des fichiers nécessaires au traitement, il faut également indiquer les images de **Dark**, **Offset** et **Flat-field** (DOF) utilisées pour le prétraitement.

Ces images sont généralement réutilisées pour le traitement des objets observés au cours d'une ou de plusieurs nuits, voire pendant plusieurs mois. Il convient simplement de vérifier que :

1. le fenêtrage des images acquis lors de l'observation est identique (même *crop*) ;
2. la température du capteur est la même que celle des images scientifiques.

Cliquez sur le bouton « ... » de la section **DOF**, puis indiquez le nom générique des images correspondantes. Si ces images n'ont pas été acquises, laissez le champ vide ou indiquez « **None** » (pour *Aucun*).

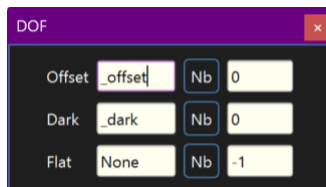
Les boutons « **Nb** » permettent de préciser le nombre d'images de chaque série.

Par exemple, si vous disposez de trois images d'offset nommées o-1, o-2 et o-3 (fichiers FITS situés dans le répertoire de travail), le nom générique à saisir est **o-** (sans oublier le tiret) et le nombre d'images est **3**.

Une particularité de **specINTI** est de calculer, lors du premier traitement, une image moyenne pour chaque catégorie de DOF utilisée. Ces images sont enregistrées dans le répertoire de travail sous des noms réservés :

- **_offset** pour l'image d'offset ;
- **_dark** pour l'image de dark ;
- **_flat** pour l'image de flat-field.

Pour les traitements suivants, il est possible d'utiliser directement ces images moyennes. Il suffit alors de renseigner leur nom, comme illustré dans la figure ci-après, et d'indiquer **0** comme nombre d'images, puisqu'il ne s'agit plus d'une série.



Exemple où l'image d'offset avait déjà été synthétisée, comme le dark, mais il n'y a pas de Flat.

Dir

Ce petit bouton « **Dir** » est très pratique, car il permet de visualiser rapidement l'ensemble des fichiers FITS présents dans le répertoire de travail. Il est également possible de sélectionner un ou plusieurs noms de fichiers à la souris, puis de les copier et de les coller directement dans l'un des champs de saisie.

Type spectral

En basse résolution, lorsque l'on clique sur le bouton « **Type sp** », **specINTI** détermine automatiquement la réponse instrumentale en comparant le spectre observé d'une étoile chaude (de type spectral A) à un spectre de référence correspondant.

Pour cela, le logiciel utilise les spectres de la bibliothèque **Pickles**, stockés dans le sous-répertoire **_calib**, créé automatiquement lors de l'installation du logiciel.

La sélection du spectre de référence s'effectue selon les étapes suivantes :

1. L'application récupère automatiquement le type spectral de l'objet observé à partir de la base **SIMBAD** (une connexion Internet est nécessaire).
2. Elle extrait un type spectral simplifié.
3. Si l'étoile n'est pas de type A, un message d'erreur est généré et le traitement est interrompu, car l'étalonnage risquerait d'échouer.
4. Le logiciel recherche dans la bibliothèque Pickles le spectre le plus proche du type spectral déterminé.
5. Le nom du fichier Pickles sélectionné est alors affiché dans le champ **Spectre de référence**.

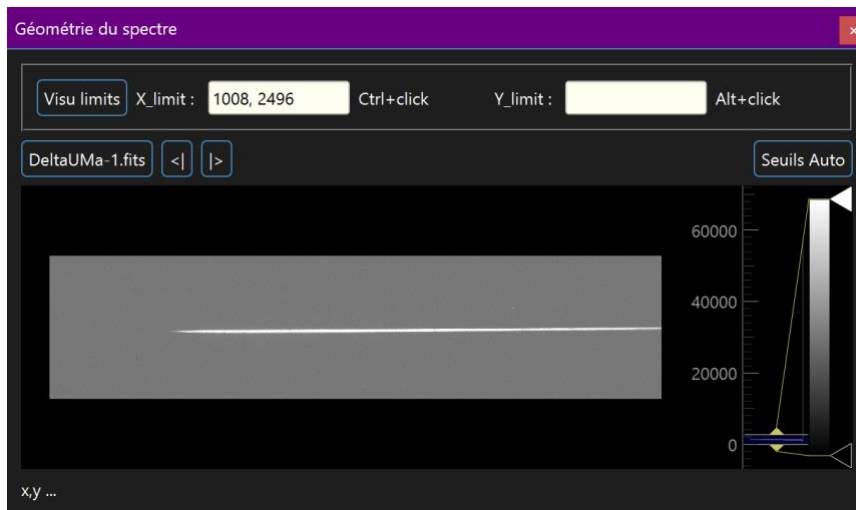
Géométrie

Pour la calibration en longueur d'onde, **specINTI** s'appuie sur la détection des raies de Balmer et sur la mesure de leur position.

Un paramètre est particulièrement important pour garantir une détection automatique fiable : les limites en abscisse (x) qui définissent la zone de la trace spectrale dans laquelle les raies de Balmer seront recherchées et mesurées.

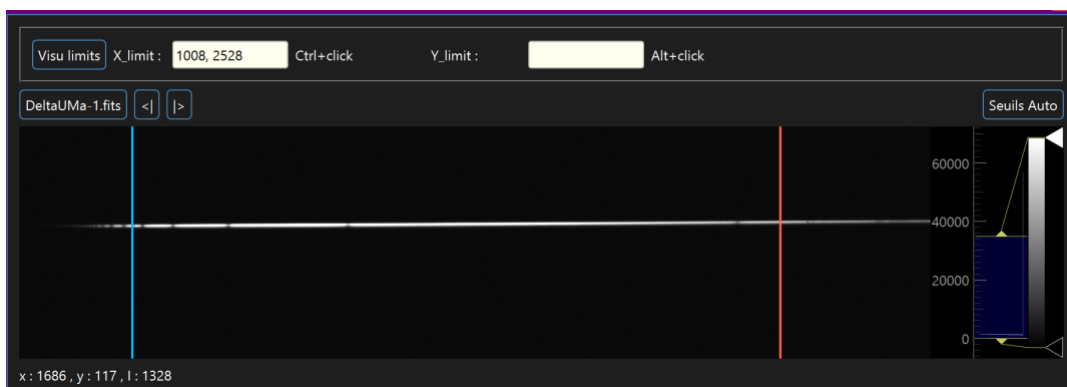
Ce paramètre, nommé **X_limit**, est défini dans la section **Géométrie**.

Une fois correctement ajustées, ces valeurs peuvent être conservées pour les traitements ultérieurs, à condition que la caméra et son orientation restent inchangées.



*La boîte de dialogue **Géométrie**. L'image est affichée et il est possible d'en ajuster les seuils, ainsi que le zoom et le déplacement.*

Les valeurs de **X_limit** peuvent être sélectionnées directement à la souris. Zoomez sur l'image, puis définissez les limites en plaçant le curseur entre les premières raies de Balmer et, à l'autre extrémité, après la raie H α mais avant les principales raies telluriques situées dans le rouge du spectre. Faites des Ctrl+click pour définir interactivement ces limites à la souris.



La partie du spectre où les raies de Balmer sont recherchées et mesurées se situe entre les deux traits verticaux, l'un bleu, l'autre rouge. On les positionne avec un Ctrl+clik de la souris.

On peut également définir une zone **Y_limit**, qui accélère la détection automatique de la position de la trace spectrale en limitant la zone de recherche dans l'image. Cette option est particulièrement utile lorsque l'image spectrale n'est pas fenêtrée et que la partie large de la fente, appelée **zone photométrique**, est présente. Pour cela il suffit de faire un Alt-click avec la souris, une première fois sous la trace du spectre, une seconde fois au-dessus de cette trace. Prenez une bonne marge en haut et en bas pour être sûr que votre spectre sera toujours entre ces deux limites.

Spectre

Il ne reste plus que quelques paramètres à vérifier ou à définir. Ils concernent le profil spectral calculé et ce, avant sa sauvegarde.

Paramètres spectre

Filtrage réponse
Sigma resp : 4

Filtrage
Kernel : -3
Sigma gauss : 1.0

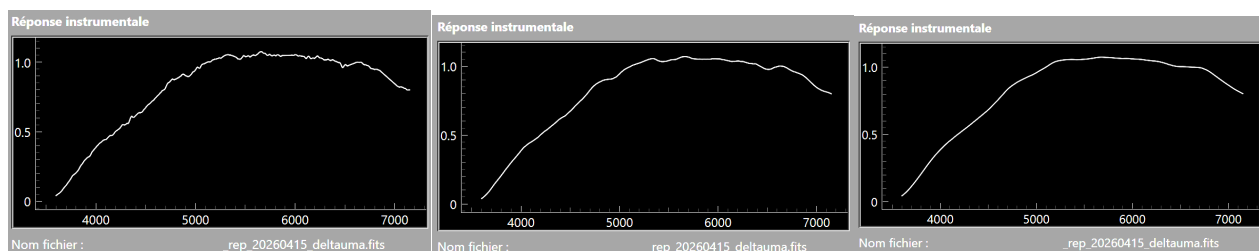
Spectre
Zone crop : 3600, 7150
Zone de normalisation : 6620, 6640

L'un des paramètres issus de la calibration de l'instrument est la réponse de celui-ci au flux optique incident. Lors de l'évaluation de cette réponse, il est nécessaire de définir une force de filtrage pour n'avoir au final une courbe en fonction de la longueur d'onde qui représente fidèlement cette réponse, et non pas du bruit ni des artefacts. Il est question d'ajuster la paramètre **Sigma resp** de la boîte de dialogue des paramètres du spectre.

Plus la valeur est élevée, plus le profil de réponse obtenu est lissé. Son effet peut être vérifié après le traitement en observant directement la courbe de réponse affichée dans la partie inférieure l'onglet **Traitements**.

L'un des paramètres issus de la calibration de l'instrument est la **réponse** de celui-ci au **flux optique incident**. Lors de l'évaluation de cette réponse, il est nécessaire de définir une force de filtrage pour n'obtenir finalement qu'une courbe, en fonction de la longueur d'onde, qui représente fidèlement cette réponse, et non pas du bruit ni des artefacts. Il est question d'ajuster le paramètre **Sigma resp** de la boîte de dialogue des paramètres du spectre.

Plus la valeur est élevée, plus le profil de réponse obtenu est lissé. Son effet peut être vérifié après le traitement en observant directement la courbe de réponse affichée dans la partie inférieure de l'onglet **Traitements**.



Dans les images ci-devant, de gauche à droite : filtrage à 1, filtrage à 4 et filtrage à 10. Dans cet exemple, la valeur 4 offre le meilleur compromis.

La section **Filtrage** de la boîte de dialogue permet également d'ajuster le niveau de bruit constaté dans le spectre traité.

Le paramètre **Kernel** définit le noyau de traitement utilisé pour filtrer le bruit impulsionnel. Il est recommandé de conserver la valeur par défaut de -3 (le signe négatif est important), car elle active un algorithme qui réduit efficacement ce type de bruit tout en préservant très bien les détails du spectre (lire le *Guide d'Utilisation* pour plus d'informations).

Le paramètre **Sigma_gauss** contrôle la force d'un filtrage plus classique, basé sur la convolution par une fonction gaussienne. Plus cette valeur est élevée, plus le lissage est important :

- Une valeur de **0,5** produit un effet à peine perceptible ;
- Une valeur de **1** correspond à un filtrage déjà significatif ;
- Une valeur de **2** produit un lissage marqué qui réduit efficacement le bruit, mais diminue également la finesse du spectre.

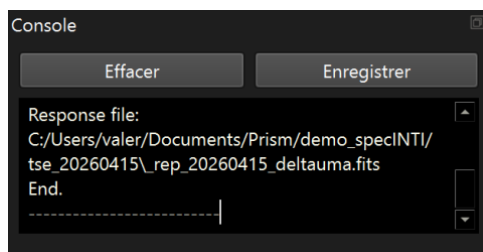
Il convient donc de choisir le meilleur compromis entre réduction du bruit et préservation de la résolution spectrale.

À partir de cette même boîte de dialogue, il est également possible de limiter le domaine spectral traité (**Zone crop**) et d'imposer une normalisation à l'unité sur une portion du spectre choisie par l'utilisateur.

GO !

Une fois les données saisies et les paramètres définis ou simplement vérifiés, cliquez sur **GO !** pour lancer la procédure de calibration.

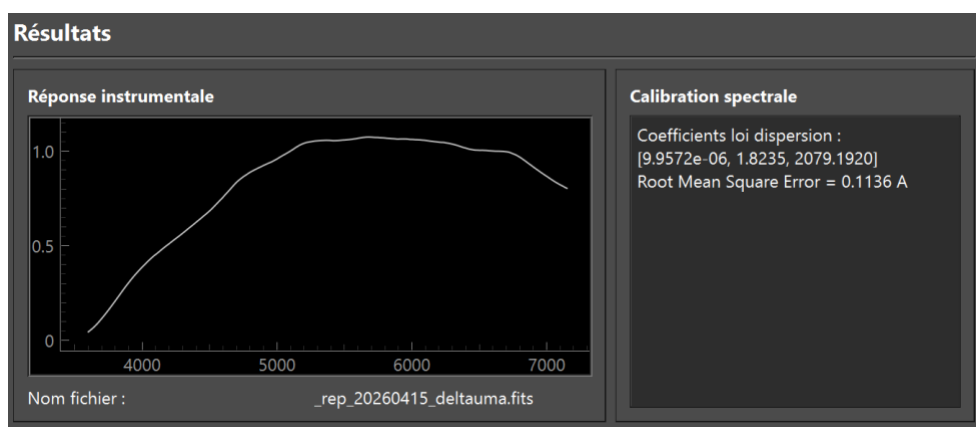
Le déroulement des opérations peut être suivi en temps réel dans la fenêtre **Console**.



À l'issue du traitement, la courbe de réponse instrumentale s'affiche dans la partie inférieure de l'onglet **Traitements**, et dans la console, le nom du fichier sous lequel elle a été enregistrée, ainsi que les paramètres de la loi de dispersion sous la forme des trois coefficients **a**, **b** et **c** du polynôme du second degré :

$$\lambda(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$$

L'erreur moyenne entre cette loi de dispersion et la position des raies de Balmer utilisées pour l'étalonnage est également indiquée.



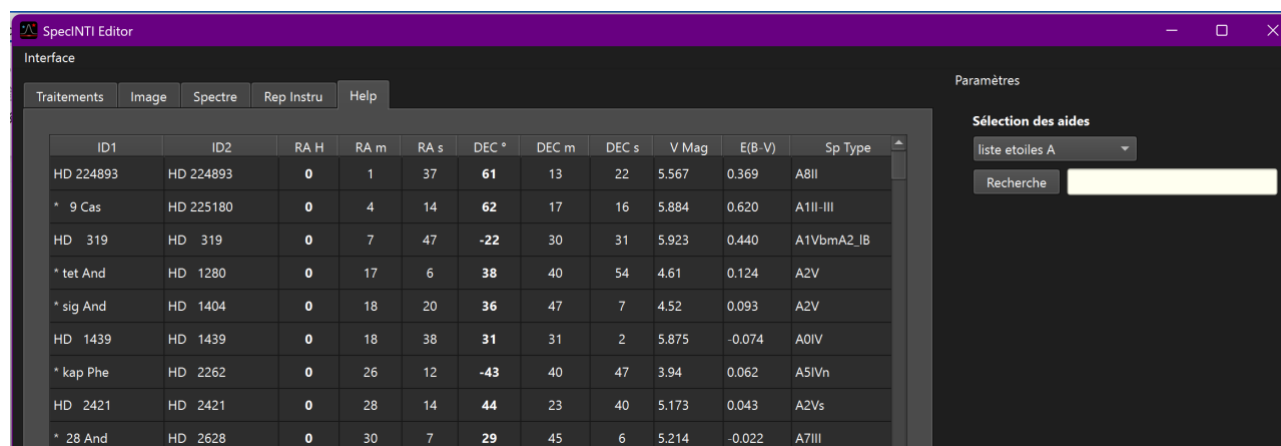
Vous venez de déterminer les coefficients du polynôme de la loi de dispersion ainsi que la réponse instrumentale. Ces informations seront désormais utilisées pour les traitements ultérieurs.

Leur durée de validité dépend de la stabilité de votre configuration instrumentale. Si vous ne modifiez aucun réglage et n'apportez aucun changement au montage optique, elles peuvent être

conservées pendant une longue période. Au cours de l'étape de traitement des cibles sciences, nous verrons toutefois comment mesurer et compenser un possible décalage de la loi de dispersion lié aux flexions instrumentales, que l'on ne peut jamais vraiment techniquement éviter.

Il est également intéressant de noter que l'acquisition d'un spectre d'une étoile de type A en début de nuit, ou même en cours de nuit, est une opération peu contraignante. Elle constitue en outre un excellent moyen de vérifier le bon fonctionnement du système avant de démarrer une session d'observation.

Une liste d'étoiles de type A suffisamment brillantes et réparties sur l'ensemble du ciel est disponible depuis l'onglet **Help** de l'interface.



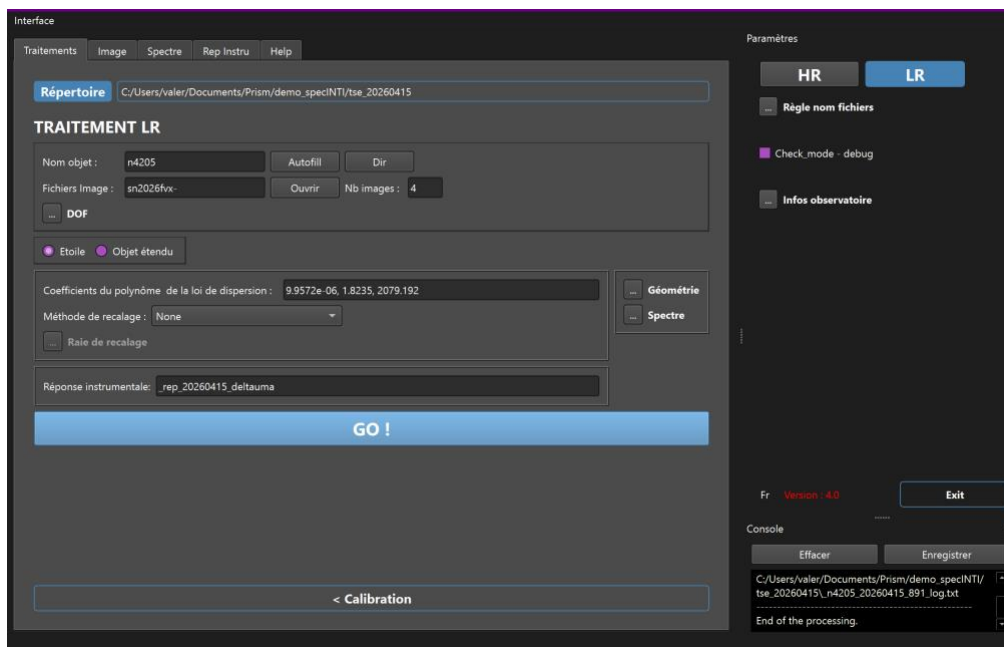
The screenshot shows the 'SpecINT1 Editor' window with the 'Help' tab selected. The main area displays a table of stars with the following columns: ID1, ID2, RA H, RA m, RA s, DEC °, DEC m, DEC s, V Mag, E(B-V), and Sp Type. The table lists several stars, including HD 224893, * 9 Cas, HD 319, * tet And, * sig And, HD 1439, * kap Phe, HD 2421, and * 28 And. To the right of the table, there is a 'Paramètres' section with a 'Sélection des aides' dropdown menu set to 'liste etoiles A' and a 'Recherche' button next to a search input field.

ID1	ID2	RA H	RA m	RA s	DEC °	DEC m	DEC s	V Mag	E(B-V)	Sp Type
HD 224893	HD 224893	0	1	37	61	13	22	5.567	0.369	A8II
* 9 Cas	HD 225180	0	4	14	62	17	16	5.884	0.620	A1II-III
HD 319	HD 319	0	7	47	-22	30	31	5.923	0.440	A1VbmA2_IB
* tet And	HD 1280	0	17	6	38	40	54	4.61	0.124	A2V
* sig And	HD 1404	0	18	20	36	47	7	4.52	0.093	A2V
HD 1439	HD 1439	0	18	38	31	31	2	5.875	-0.074	A0IV
* kap Phe	HD 2262	0	26	12	-43	40	47	3.94	0.062	A5IVn
HD 2421	HD 2421	0	28	14	44	23	40	5.173	0.043	A2Vs
* 28 And	HD 2628	0	30	7	29	45	6	5.214	-0.022	A7III

Étape de traitement

Cliquez à présent sur le large bouton « **Traitements** » dans la partie inférieure de l'onglet, lui-même appelé **Traitements**, pour débiter l'exploitation des spectres de la nuit. Nous sommes à présent dans la phase d'exploitation de routine de l'instrument.

L'aspect de l'onglet est assez similaire à celui observé lors de l'étape de calibration. On retrouve notamment les zones de saisie des images de l'objet à traiter, des DOF, des paramètres de géométrie et des paramètres relatifs au spectre.



*Disposition de l'onglet **Traitements** pour réduire des spectres acquis en basse résolution.*

Si l'objet observé est ponctuel, comme une étoile, sélectionnez le mode **Étoile**. Ceci active le calcul automatique des zones de *binning* (addition des colonnes du signal dans l'image) ainsi que celui des zones d'évaluation du niveau du fond de ciel.

Si l'objet est spatialement étendu, comme une nébuleuse ou une galaxie, sélectionnez le mode **Objet étendu**. **SpecINTI** donne alors accès à une boîte de dialogue flottante **Binning**, qui permet d'ajuster manuellement la largeur de binning et les parties de l'image concernées par l'évaluation du signal de fond de ciel, colonne par colonne.

On notera que les coefficients de la loi de dispersion déterminés lors de l'étape de calibration sont automatiquement repris. Ils sont transférés à l'étape de traitement et restent mémorisés jusqu'à ce qu'une nouvelle calibration soit effectuée. Le nom du fichier de réponse instrumentale est également repris automatiquement.

Gardez en mémoire que si vous traitez des observations réalisées une autre nuit que celle qui a permis de calibrer l'instrument, il est nécessaire de copier dans le nouveau répertoire de travail les fichiers DOF ainsi que le fichier de réponse instrumentale.

Il convient ensuite de vérifier les paramètres de géométrie et ceux relatifs au spectre. Le réglage du filtrage de la réponse instrumentale n'est plus proposé à cette étape. En revanche, les paramètres des filtres médian et gaussien peuvent être ajustés librement en fonction du niveau de bruit et du résultat recherché.



En résumé, aucun paramètre supplémentaire n'est nécessaire pour traiter les objets d'une nuit d'observation suite à une calibration. Il suffit de sélectionner l'objet à traiter, puis de cliquer sur **GO** !

À la fin du traitement, l'application bascule automatiquement sur l'onglet **Spectre**, qui permet de visualiser le résultat.

Interface standard en haute résolution (HR)

Si l'esprit général de la procédure de traitement est similaire en haute et basse résolution, quelques différences doivent être relevées.

En haute résolution, l'utilisation d'une lampe de référence spectrale s'avère nécessaire pour réaliser la calibration spectrale de l'instrument. Cette source spectrale à raie d'émission peut être utilisée avant ou après chaque série d'acquisitions, ou de manière continue, en même temps que l'observation de la cible est réalisée, placée ponctuellement à l'entrée du télescope.

Bien sûr, il reste aussi nécessaire de déterminer la réponse instrumentale, par l'observation d'une étoile de référence dont on connaît par ailleurs le spectre.

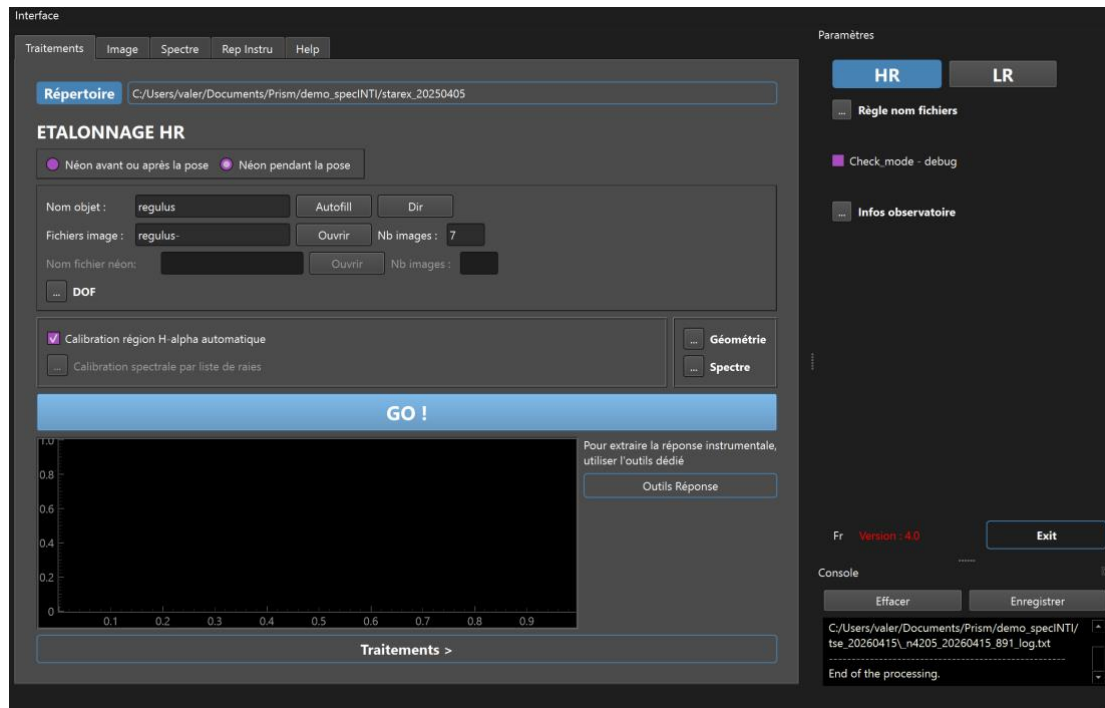
Étape de calibration

L'étoile utilisée pour établir la réponse instrumentale est de préférence une étoile de type spectral A ou B, suffisamment brillante pour obtenir un spectre présentant un bon rapport signal/bruit en un temps relativement bref. Le principe consiste à comparer le profil spectral observé de cet objet à son profil spectral réel issu d'une bibliothèque spectrale.

La première étape consiste donc à extraire le profil spectral à partir des images brutes bidimensionnelles.

Nous supposons que la région spectrale observée est centrée sur la raie H α . Dans les illustrations qui suivent nous supposons aussi que la lampe spectrale éclaire la pupille du télescope durant toute la durée de l'exposition sur l'étoile de référence sélectionnée (ici l'étoile Régulus). C'est une lampe néon. Les raies en émission de celle-ci se mélange donc à la trace du spectre. C'est le mode dit **latéral** d'étalonnage. Cette acquisition simultanée du spectre de la cible et de la lampe spectrale est plutôt gage d'une calibration de précision (réduction de l'effet des flexions différentielles).

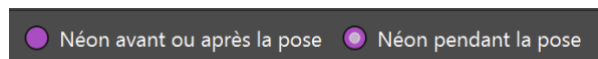
Mettez-vous en mode **Etalonnage HR**, voir la copie d'écran ci-après.



Après avoir choisi l'option **HR** dans les paramètres, mettez-vous en mode **Etalonnage HR** en cliquant sur le large bouton « < Calibration spectrale », qui devient aussitôt « **Traitement** > »

Mode d'usage de la lampe néon

Dans cet exemple nous exploitons le mode latéral, ce qui signifie qu'il faut sélectionner l'option **Néon pendant la pose** (voir en haut de l'onglet **Traitements**) :



Nommage de l'objet cible délivrant le spectre de référence

Saisissez le nom de l'étoile puis cliquez sur « **Autofill** », ou sélectionnez directement une image de la série comme décrit précédemment dans la section consacrée au mode **LR**.

Lorsque les images de la lampe néon sont distinctes des images de l'objet, le choix du mode **Néon avant** ou **Néon après la pose** rend actif le champ **Nom fichier néon**. Ce n'est pas le cas ici.

Si vous avez saisi le nom de l'objet et que les règles de nommage sont respectées, un clic sur « **Autofill** » renseigne automatiquement l'ensemble des champs. Dans le cas contraire, utilisez les boutons « **Ouvrir** » pour sélectionner successivement une image de la série de l'objet, puis une image de la lampe néon.

DOF

Renseignez les noms des images de **Dark**, **Offset** et **Flat-field** dans la section **DOF**.

Calibration spectrale

Lorsque le domaine spectral couvre la région de la raie H α , **specINTI** dispose d'un algorithme qui détecte automatiquement les raies du néon, mesure leur position et identifie leur longueur d'onde afin d'établir la loi de dispersion. Vous n'avez rien d'autre à faire que cocher la case **Calibration région H alpha automatique**.

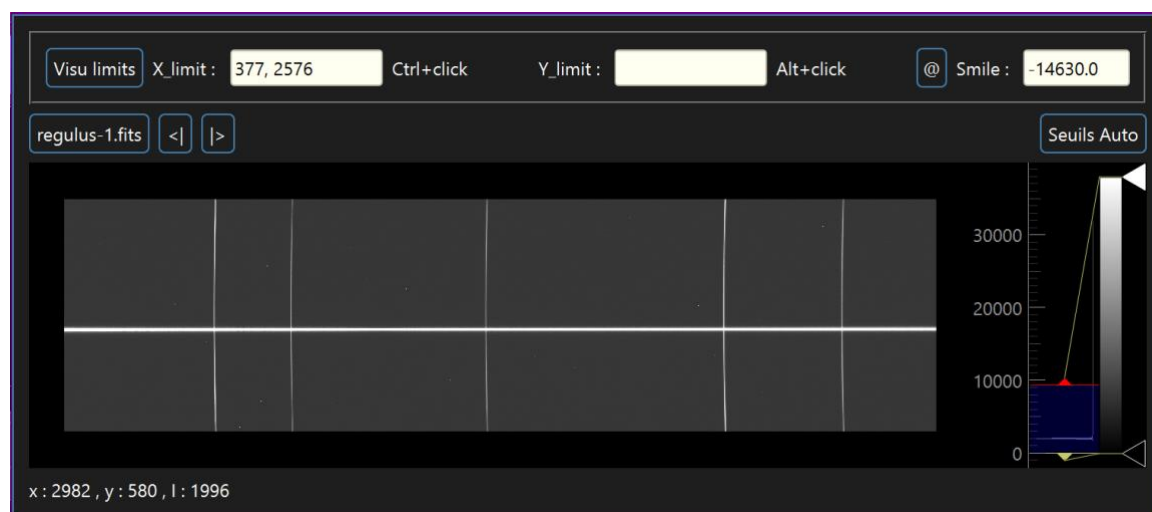
Si le domaine spectral est différent, décochez la case **Calibration région H α automatique**, puis utilisez l'outil interactif d'identification des raies de la lampe de référence. Cet outil sera présenté plus loin.

Géométrie

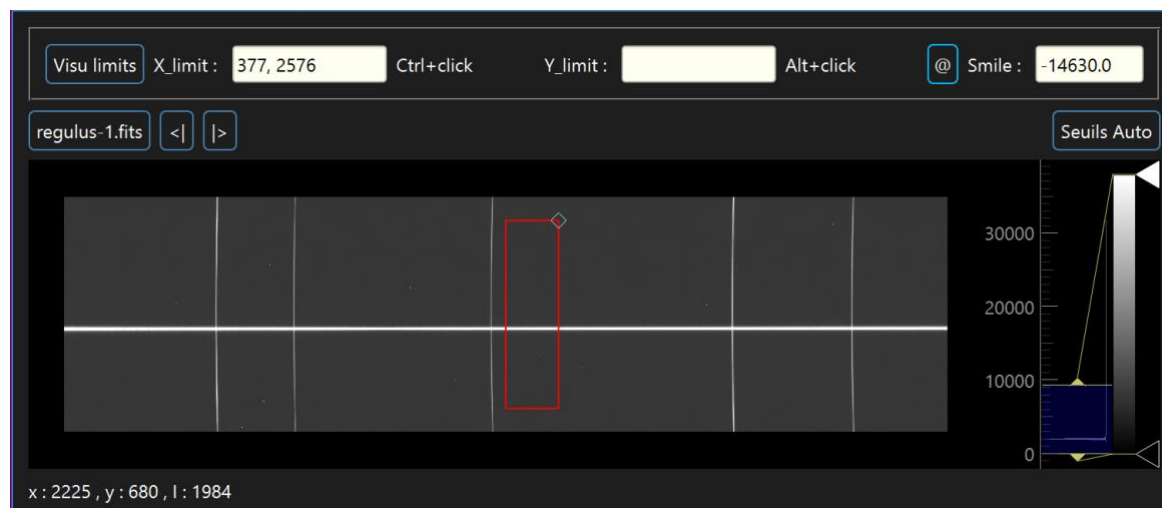
En haute résolution, l'image spectrale présente généralement plusieurs distorsions géométriques dues au système optique et aux réglages réalisés. On distingue notamment :

- Le **Tilt**, qui correspond à l'inclinaison de la trace spectrale (un défaut d'orientation de la caméra) ;
- Le **Slant**, qui caractérise l'inclinaison moyenne des raies par rapport à la verticale (un défaut d'orientation de la fente du spectrographe) ;
- Le **Smile**, qui décrit la courbure des raies (un effet naturel dans la plupart des spectrographes à élément fortement dispersif).

Pour les spectres stellaires, **specINTI** est capable de corriger automatiquement le **Tilt** et le **Slant**. Les coordonnées **X_limit** servent uniquement à délimiter la zone dans laquelle la recherche automatique du **Tilt** est effectuée (choisir un domaine relativement large, de quelques centaines de pixels).



Il reste à calculer le **Smile** avec l'outil interactif de la fenêtre **Géométrie**. Cliquer sur le bouton « @ », un rectangle s'affiche alors au centre de l'image.



À l'aide de la souris, effectuez un clic droit pour déplacer le rectangle sur une raie du néon. Si nécessaire, ajustez ensuite sa taille en utilisant la poignée en forme de losange située dans son angle supérieur droit.



Dès que le bouton de la souris est relâché, la valeur du **Smile** est calculée et affichée. La valeur indiquée correspond au **rayon de courbure**, exprimé en pixels, de la raie sélectionnée. Une valeur négative signifie que le centre du cercle ajusté à la forme de la raie est situé à droite de l'image.

Cliquez sur la case de fermeture de la fenêtre pour enregistrer les paramètres.

Spectre

On retrouve dans cette section les paramètres de filtrage, de **crop** (fenêtrage) et de normalisation déjà présentés dans la section consacrée au mode LR.

Deux nouveaux paramètres font leur apparition en raison du traitement en haute résolution.

Effacement des raies résiduelles du néon

Lorsque la lampe néon reste allumée pendant l'acquisition du spectre de l'étoile (mode latéral), et que l'option **Effacement raies résiduelles** du néon se voit attribuer une valeur, **specINTI** effectue une opération de correction cosmétique de possibles artefacts aux endroits où les raies de la lampe spectrale se superposent à la trace du spectre étudié. Les zones concernées sont lissées par interpolation linéaire sur une largeur en angströms que l'on précise (2 angströms dans l'exemple ci-dessus).

Décalage spectral

À l'issue du traitement, un glissement spectral peut parfois être observé sur le spectre calculé par rapport aux longueurs d'onde théoriques. Les raisons sont multiples. Vous avez la possibilité de compenser ce décalage en longueurs d'onde en entrant une valeur en angströms et fraction d'angströms. Attention ici à une erreur classique : réaliser ce décalage sur un spectre où il est nécessaire, mais l'appliquer sur des spectres suivants qui n'en ont pas besoin, car on a oublié de remettre le champ **Décalage spectral** à 0. Nous verrons une autre technique lorsqu'il sera question de l'interface avancée.

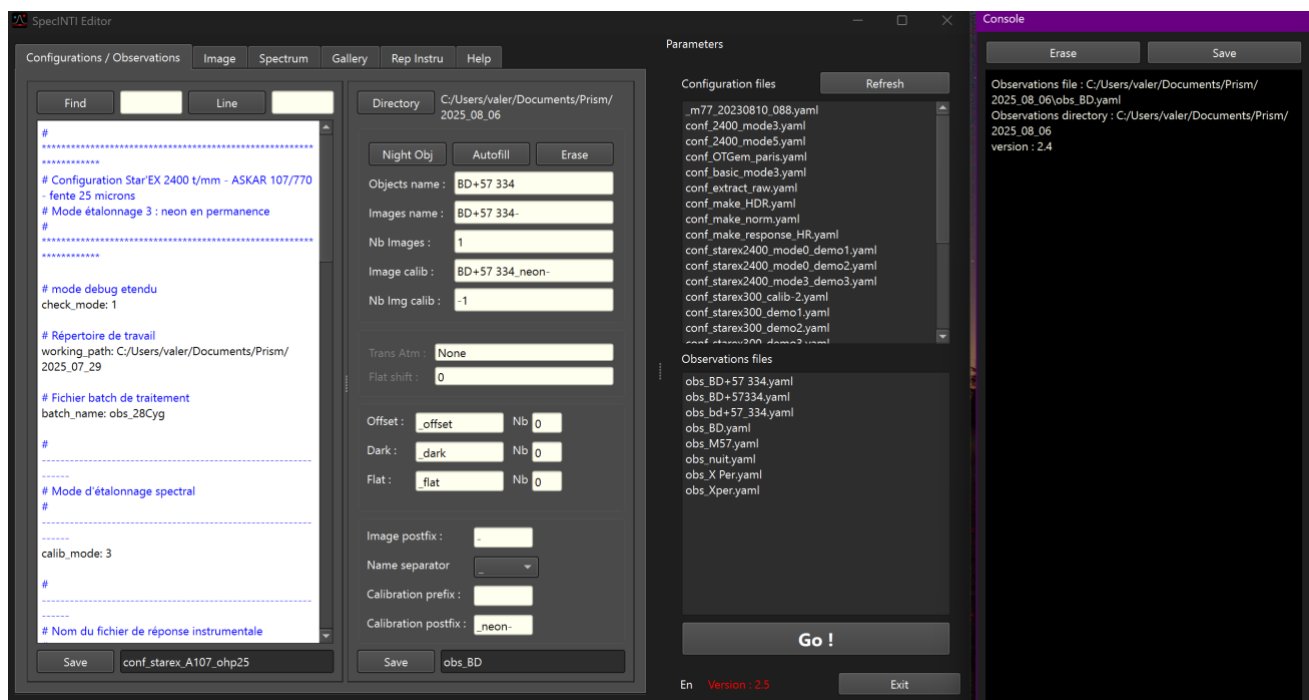
Étape de traitement

Comme en basse résolution, l'interface de traitement évolue peu. On notera toutefois la présence d'un **Outil réponse**, qui permet d'évaluer et d'ajuster interactivement la réponse instrumentale à partir de l'observation d'une étoile étalon.

Pour une description détaillée de cet outil et de son utilisation, reportez-vous au document **Guide Utilisateur**.

Interface avancée

Ce mode permet une édition manuelle complète des fichiers de configurations et donc l'utilisation de tous les paramètres proposés par **specINTI**.



Onglet Configuration / Observations

L'onglet **Configuration / Observations** constitue la tour de contrôle du mode avancé de **specINTI Editor**.

La taille relative des zones **Configurations** et **Observations** dans l'onglet est ajustable. Pour la modifier, placez le pointeur de la souris sur la séparation entre les deux zones, au niveau des trois points, jusqu'à ce que le curseur change d'apparence.

Dans la section **Paramètres** de cet onglet, la partie supérieure affiche le contenu du répertoire **_configuration**, c'est-à-dire l'ensemble des **fichiers de configuration** que vous avez créés pour vos différentes situations de traitement. La partie inférieure présente les **fichiers d'observation** associés aux objets de la session en cours, lorsqu'ils ont été définis.

À droite de la fenêtre se trouve la **Console**, qui permet de suivre le déroulement des opérations et de consulter les messages d'information ou d'erreur générés par l'application.

Pour éditer un fichier de configuration existant, cliquez simplement sur son nom dans la liste **Fichiers configurations**. Il peut alors être modifié comme un simple fichier texte dans la zone d'édition à gauche.

La liste des fichiers de configuration présents dans le répertoire **_configuration**, situé dans le répertoire de l'application, est affichée dans la partie supérieure droite de l'onglet, par ordre alphabétique, dans la section « **Fichiers Configurations** ».

Si vous ajoutez un nouveau fichier dans ce répertoire sans redémarrer l'application, cliquez sur le bouton **Refresh** afin de mettre à jour la liste.

Sélectionnez le fichier de configuration souhaité avec un simple clic de la souris : son contenu est ainsi affiché sous forme de texte dans la zone d'édition de gauche. Il peut alors être modifié. Pour enregistrer la version modifiée du fichier de configuration (dans le format **YAML**), saisissez simplement un nouveau nom puis cliquez sur le bouton **Enregistrer** situé en bas à gauche de l'onglet.

Lorsque **specINTI** met automatiquement à jour certains mots-clés, ceux-ci sont affichés en **vert**.

Le bouton **Recherche**, associé à sa zone de saisie, permet de rechercher un mot ou une expression dans le fichier de configuration.

Le bouton **Ligne**, associé à sa zone de saisie, permet de se positionner directement sur un numéro de ligne donné.

La zone d'édition d'un **fichier d'observation** se situe juste à gauche de l'éditeur de **fichier de configuration**.

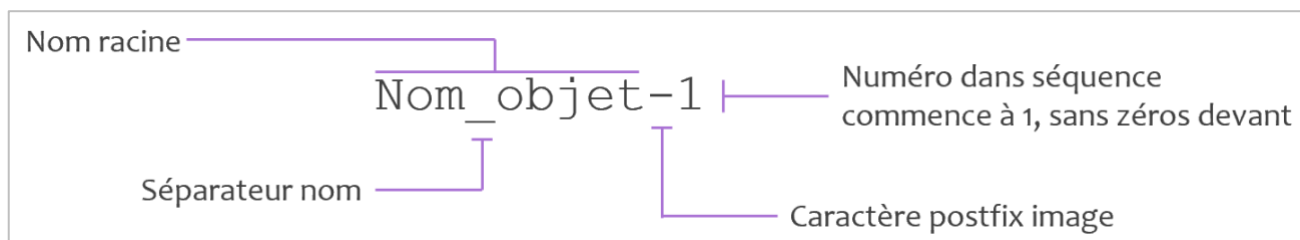
Pour réaliser ce travail d'édition, commencez par indiquer au logiciel le chemin de votre session à l'aide du bouton **Parcourir**. Il s'agit bien de choisir un **répertoire** et non un fichier.

La liste des fichiers portant l'extension **.yaml** présents dans ce répertoire est alors affichée dans la section **Fichiers Observations** comme on l'a vu précédemment.

Tous les champs sont modifiables manuellement et il est possible de partir d'un fichier existant.

Règles de nommage

Pour utiliser efficacement cet outil d'édition, il est vivement recommandé d'adopter une convention de nommage cohérente.



Il suffit de définir les préfixes et postfixes des noms des images ainsi que le caractère servant à transformer le nom de l'objet en nom de fichier.

Image file postfix

Indique le ou les caractères séparant le nom racine du numéro d'image dans une séquence.

Exemple :

- étoile-1
- étoile-2
- étoile-3

Le postfixe est ici -.

Séparateur nom

Définit la transformation du nom de l'objet en nom de fichier.

Les options disponibles sont :

- **Aucun** : EW Lac devient EWLac
- **_** : EW Lac devient EW_Lac
- **Espace** : EW Lac reste EW Lac

L'utilisation d'espaces dans les noms de fichiers ou de répertoires est toutefois déconseillée.

Calibration file préfixe

Indique le ou les caractères placés avant le nom racine du fichier de calibration.

Exemple :

- préfixe : a
- fichier obtenu : aetoile-1

Ce champ peut être laissé vide si aucun préfixe n'est utilisé.

Calibration file postfix

Indique le ou les caractères ajoutés après le nom racine du fichier de calibration.

Exemple :

- postfixe : _neon-
- fichier obtenu : étoile_neon-1

Liste des objets

Saisissez les noms des objets dans un format compatible avec **SIMBAD**.

Exemples :

- EW Lac
- Altair
- HD 6226

SpecINTI peut traiter des séquences d'objets ayant des noms différents et de manière automatique (très commode pour exploiter une grosse session d'observation). Les noms objets doivent alors être séparés par des virgules, avec ou sans espace.

Exemple :

Altair, EW Lac, 60 Cyg, omi Cas

Images Offset, Dark et Flat

Saisissez les noms des images avec leur postfixe.

Exemples :

- o-
- n300-
- f-

ou directement les images maîtres :

- _offset
- _dark
- _flat

Les images maîtres doivent être présentes dans le répertoire de la session d'observation.

Fonction Autofill

Une fois la liste des objets et les images maîtres renseignées, cliquez sur **Autofill**, à condition que vos noms de fichiers respectent la convention définie précédemment.

Les champs suivants sont alors remplis automatiquement :

- Liste des images ;
- Nombre d'images par objet ;
- Liste des images de calibration ;
- Nombre d'images de calibration ;
- Nombre d'images d'offset, de dark et de flat.

La fonction, très commode à l'usage, effectue les opérations suivantes :

- remplace les espaces des noms d'objets par le séparateur choisi afin de créer le nom racine ;

- recherche et compte automatiquement les images correspondant à chaque objet ;
- ajoute les préfixes et postfixes pour construire les noms des images de calibration ;
- compte les images d'offset, de dark et de flat, ou conserve la valeur **0** lorsqu'une seule image est trouvée, conformément au standard **specINTI**. Dans ce cas, le fichier est considéré comme une image maître déjà générée.

Il est donc fortement recommandé d'adopter la bonne convention de nommage dès l'acquisition afin que tous les champs puissent être renseignés automatiquement en un seul clic.

Exemples de noms de fichiers

Images d'étoiles

- gamcas-1
- v442_and-1
- HD192685-1

Images de calibration

Avec postfixe :

- gamcas_neon-1
- v442_and_neon-1
- HD192685_neon-1

Avec préfixe :

- agamcas-1
- av442and-1
- ahd192685-1

L'illustration suivante présente un exemple de remplissage automatique après saisie manuelle de la liste des objets et des images maîtres.

Répertoire C:/Users/valer/Documents/Prism/2024_07_18

Obj Nuit Autofill Effacer

Noms objets : HD 184767, HD 195554, QR Vul, V442 And

Nom images : HD184767-, HD195554-, QRVul-, V442And-

Nb Images : 6, 5, 5, 6

Image calib : aHD184767-, aHD195554-, aQRVul-, aV442And-

Nb Img calib : -1, -1, -1, -1

Trans Atm : None, None, None, None

Décalage Flat : 0, 0, 0, 0

Offset : _offset Nb 0

Dark : _dark Nb 0

Flat : _flat Nb 0

Image postfix : _

Calibration prefix : a

Calibration postfix : _

Enregistrer obs_nuit

Si vous n'utilisez pas de convention de nommage particulière, ou si vous souhaitez modifier un nom de fichier ou un nombre d'images, vous pouvez naturellement éditer chacun des champs manuellement.

Par exemple, si une image de calibration est absente pour un objet donné, il est possible de remplacer son nom par celui d'un autre fichier d'étalonnage acquis à une heure proche.

Vous pouvez également partir d'un fichier d'observation existant. Pour cela, cliquez sur l'un des fichiers affichés dans la liste de droite. Cette possibilité est utile pour corriger une erreur ou modifier un ou plusieurs paramètres.

Une fois les modifications terminées, indiquez le nom du fichier d'observation puis cliquez sur **Enregistrer**. Ce fichier sera également sauvegardé automatiquement lors du lancement du traitement.

Astuce

Lorsque des modifications sont apportées dans l'un des champs de la section **Observations**, le nom du fichier de profil s'affiche en **rouge**. Cette couleur indique que le fichier sera enregistré avec les nouvelles modifications lors de la prochaine sauvegarde.

Si vous souhaitez conserver la version existante, il suffit de changer le nom du fichier. Celui-ci repasse alors en **blanc**, indiquant qu'un nouveau fichier sera créé.

Bouton « Obj Nuit »

Le bouton **Obj Nuit** est un outil destiné à faciliter la création de la liste des objets observés au cours d'une nuit.

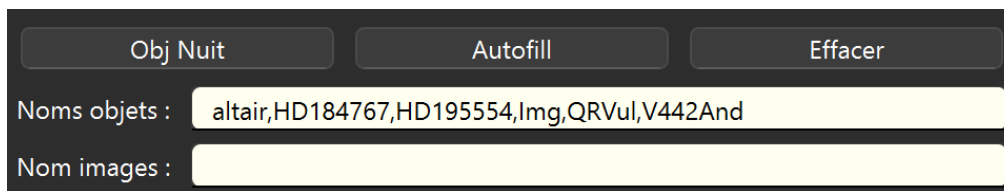
Son fonctionnement est le suivant :

- il recherche tous les fichiers dont le numéro de séquence est -1 ;
- il extrait leur nom racine ;

- il reporte automatiquement ces noms dans la liste des objets.

Il suffit ensuite de supprimer les entrées non pertinentes et d'ajouter les espaces nécessaires pour obtenir des noms conformes à la nomenclature **SIMBAD**, comme expliqué précédemment.

Par exemple, sur un répertoire d'observation, l'algorithme peut produire une liste contenant les noms suivants :

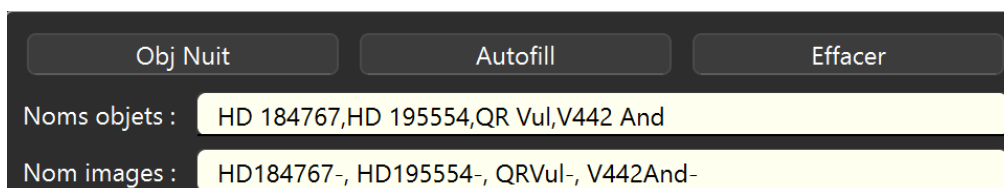


Obj Nuit Autofill Effacer

Noms objets : altair,HD184767,HD195554,Img,QRVul,V442And

Nom images :

Dans cet exemple, on supprime **Altair**, déjà traité, ainsi que **Img**, qui correspond à une image de test. On ajoute ensuite les espaces nécessaires pour obtenir des noms compatibles avec **SIMBAD**, puis on clique sur **Autofill**.



Obj Nuit Autofill Effacer

Noms objets : HD 184767,HD 195554,QR Vul,V442 And

Nom images : HD184767-, HD195554-, QRVul-, V442And-

Bouton « Dir »

Le bouton **Dir** affiche dans une fenêtre la liste des fichiers FITS présents dans le répertoire courant.

Cette fonction est particulièrement utile pour vérifier rapidement le nom des images, celui de la réponse instrumentale ou tout autre fichier utilisé lors du traitement.

Mode avancé

Le mode avancé donne accès à deux paramètres supplémentaires :

- **Liste fichier trans atm** : liste des fichiers de transmission atmosphérique associés à chaque objet ;
- **Liste décalage flat** : décalage, en pixels, appliqué au flat-field pour une correction spécifique à chaque objet.

Par défaut :

- les listes sont initialisées à la valeur **None** ;
- lorsqu'un fichier image n'est pas trouvé, le nombre d'images correspondant est fixé à -1.

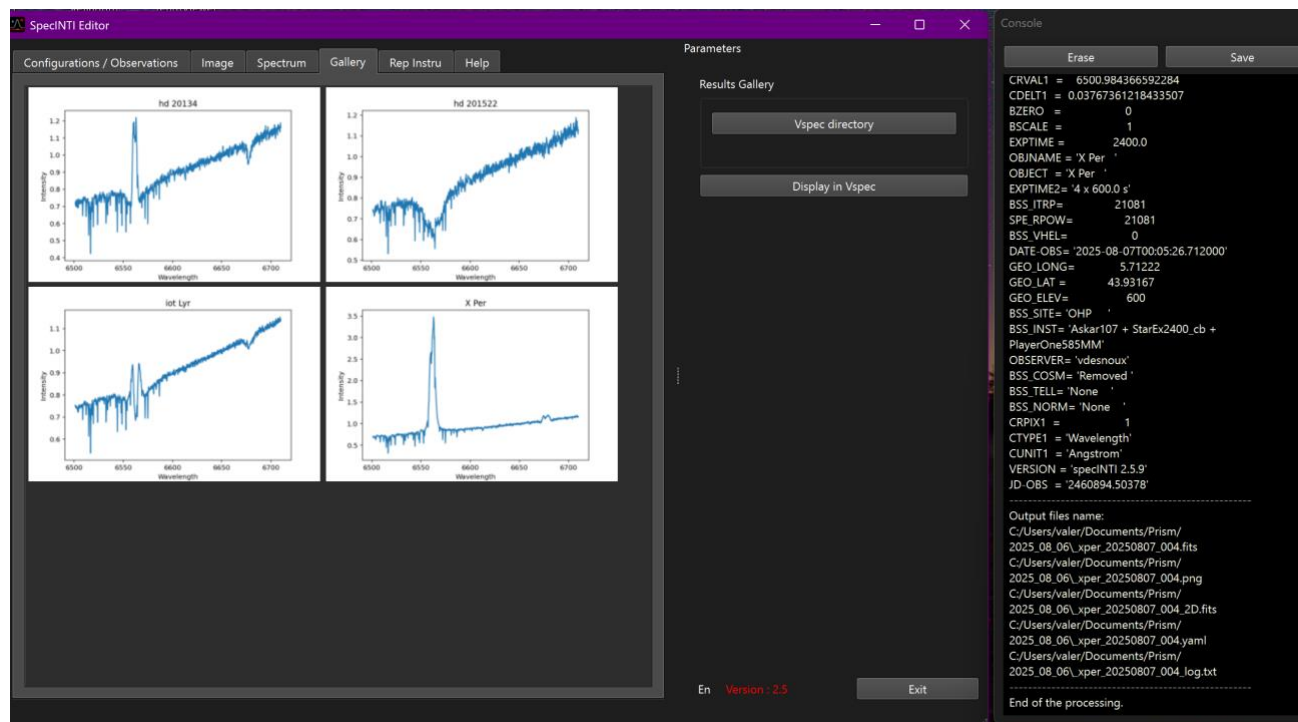
Le bouton **Go !** exécute le script de configuration actuellement édité dans l'onglet **Configurations/Observations**.

Attention : ce bouton enregistre automatiquement les modifications apportées au fichier d'observation. Le nom du fichier d'observation courant est également reporté dans le fichier de configuration, comme argument du paramètre **batch_name**. Cette mise à jour est également effectuée lorsque le fichier d'observation est sauvegardé.

Lors du traitement, le logiciel enregistre le fichier observation et le fichier de configuration automatiquement, sous les noms qui sont indiqués dans leur champ respectif.

Lors du traitement, après l'appui sur Go !, des messages sont affichés dans la console.

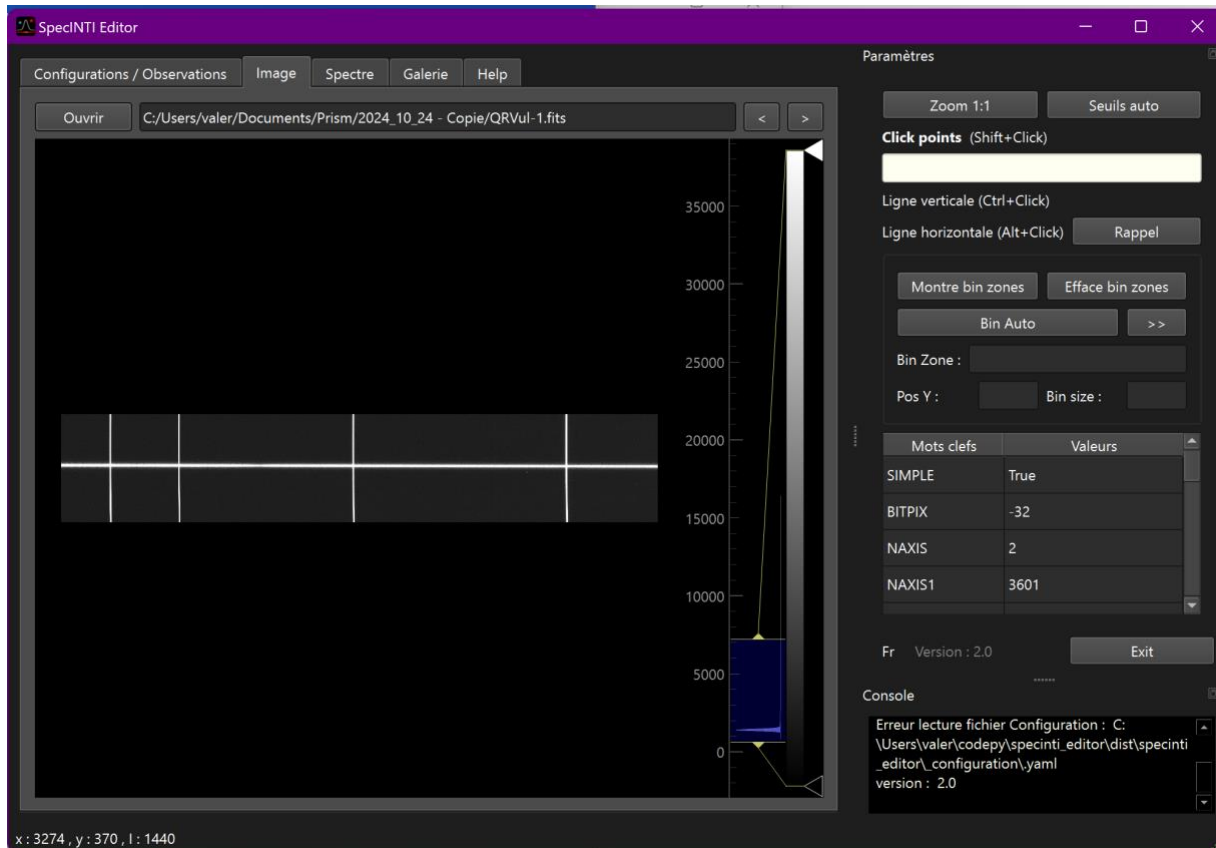
A la fin du traitement, les spectres traités sont affichés dans la **Galerie**. On peut alors double-cliquer pour ouvrir le spectre choisi dans l'onglet **Spectre** ou afficher tous les spectres dans Visual Spec.



Le bouton **Exit** ferme l'application après avoir enregistré les paramètres de l'interface.

Onglet Image

Cet onglet permet d'afficher des images FITS bidimensionnelles. Il est utilisé pour visualiser la qualité des images individuelles, calculer automatiquement les zones de binning ou les ajuster manuellement, repérer les raies d'étalonnage et réaliser diverses opérations de manipulation d'images.



Navigation dans l'image

Il est possible de zoomer et de déplacer l'image à l'aide de la souris et de sa molette.

Le bouton **Zoom 1:1** rétablit un affichage à l'échelle native, sans facteur de zoom.

Si l'image a été fortement déplacée ou dézoomée, un clic droit puis la commande **View All** recentrent automatiquement l'affichage.

Contraste et luminosité

Le contraste et la luminosité sont contrôlés par deux seuils, inférieur et supérieur, qui peuvent être ajustés directement à la souris dans l'histogramme situé à droite de l'image.

Informations sur les pixels

Les coordonnées x, y ainsi que l'intensité du pixel situé sous le pointeur sont affichées dans la partie inférieure gauche de la fenêtre.

Menu contextuel

Un clic droit ouvre le menu contextuel fourni par la bibliothèque **PyQtGraph**, qui permet notamment d'exporter l'image au format **PNG**.

Parcours d'une séquence

Si l'image appartient à une séquence numérotée (nom-1, nom-2, ..., nom-n), les boutons < et > permettent d'afficher automatiquement l'image précédente ou suivante.

Le champ contenant le nom de l'image est également éditable. Après modification, validez en appuyant sur la touche **Entrée**.

Lignes de repérage

- **Ctrl + clic** (*Commande + clic* sous macOS) ajoute une ligne verticale jaune.
- **Alt + clic** (*Option + clic* sous macOS) ajoute une ligne horizontale rouge.

Pour supprimer une ligne, cliquez à nouveau dessus en maintenant la touche correspondante (**Ctrl** ou **Alt**).

Le bouton **Rappel ligne horizontale** permet de retrouver la position de la dernière ligne horizontale sur une autre image.

Repérage des raies spectrales

Un **Shift + clic** enregistre la position en x d'une raie spectrale.

À chaque clic, la position est ajoutée à la suite des précédentes dans la zone de texte **Click Points**, qui reste entièrement éditable.

Pour copier tout le contenu de cette zone :

- **Ctrl + A** : sélection de l'ensemble du texte ;
- **Ctrl + C** : copie dans le presse-papiers.

Les positions peuvent ensuite être collées dans l'onglet **Configurations/Observations**, et la zone d'édition du fichier de configuration, à la suite du mot-clé approprié.

Binning automatique

La fonction activée en cliquant sur le **Binning auto** utilise les algorithmes internes de **specINTI** pour :

- détecter automatiquement la position de la trace spectrale ;
- redresser localement cette trace en calculant l'angle de **Tilt** ;
- estimer les limites du spectre ;
- déterminer automatiquement la zone de binning du spectre ainsi que les zones de binning du fond de ciel de part et d'autre.

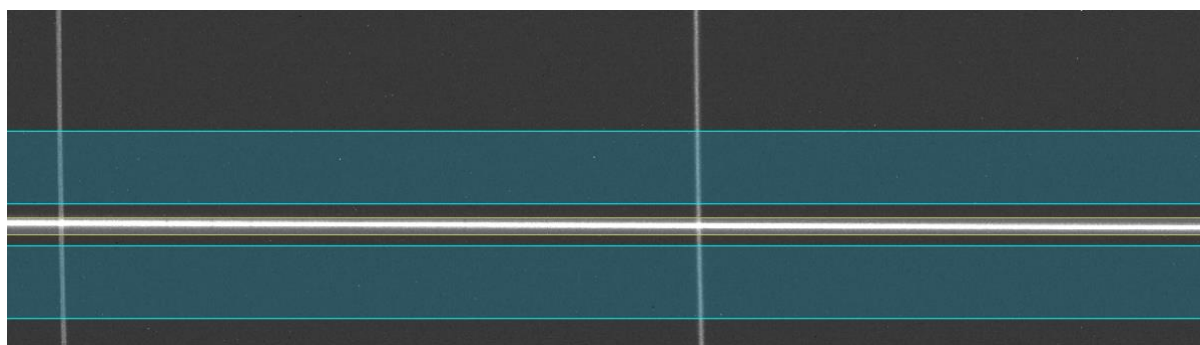
Les paramètres du fichier de configuration suivants sont alors mis à jour :

- **posY** : position verticale de la trace spectrale ;
- **bin_size** : largeur de la zone de binning du spectre ;
- **bin_zone** : largeur des zones de binning du fond de ciel.

Le bouton >> transfère automatiquement les valeurs **bin_size** et **sky** dans le fichier de configuration. Par mesure de sécurité, la valeur **posY** n'est pas transférée.

Édition graphique des zones de binning

Les paramètres de binning peuvent également être modifiés manuellement et visualisés graphiquement à l'aide du bouton **Montre bin zone**.



L'affichage distingue :

- en **bleu**, les zones de binning du fond de ciel ;
- en **vert**, la zone de binning du spectre.

Pour modifier une zone :

- cliquez à l'intérieur de la zone pour la déplacer ;
- approchez le pointeur d'une de ses limites : la ligne devient rouge ;
- cliquez puis faites glisser cette limite pour ajuster sa position.

Les valeurs numériques correspondantes sont automatiquement mises à jour dans les champs associés.

Le bouton **Efface bin zone** supprime cet affichage de l'image.

En-tête FITS

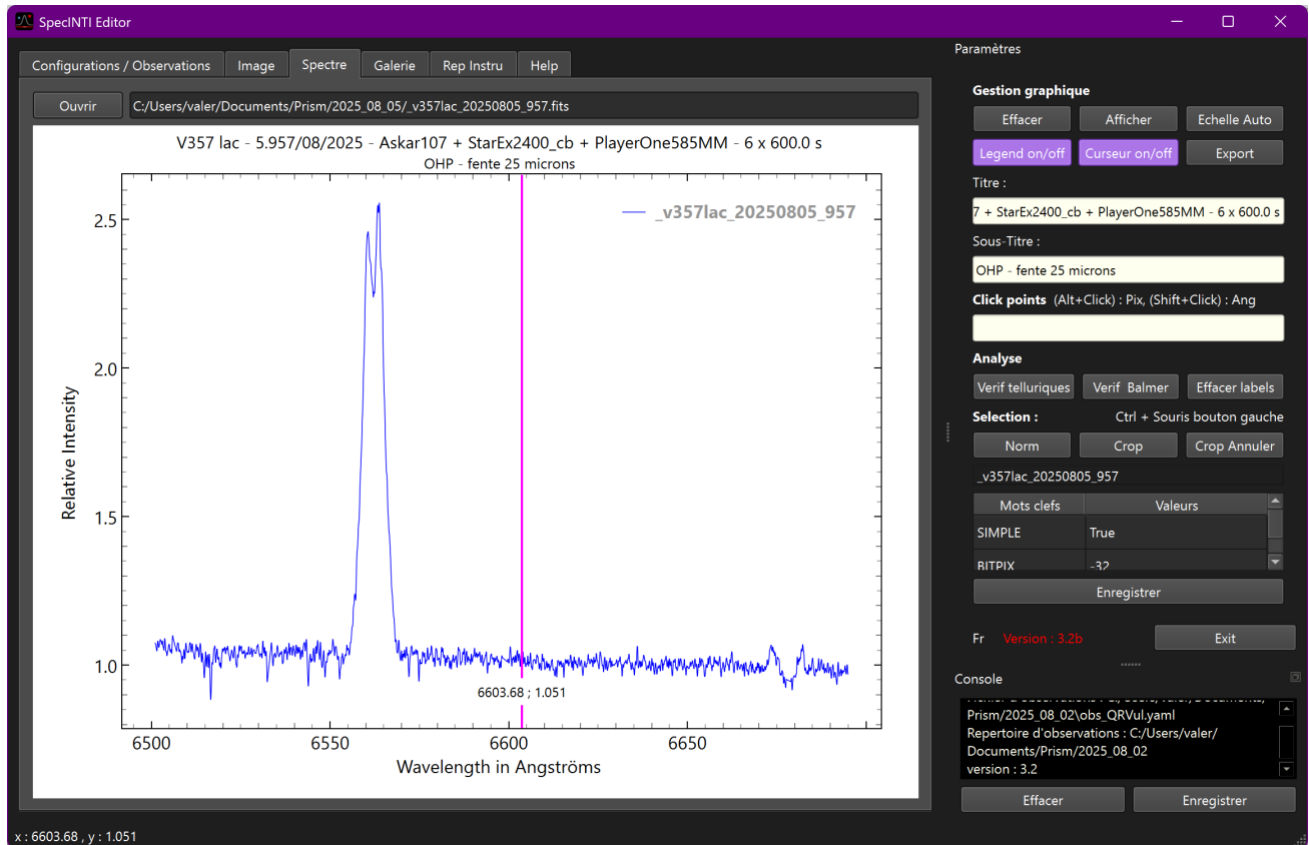
L'en-tête du fichier FITS est affiché dans la partie inférieure de l'onglet. Il est consultable mais n'est pas modifiable.

Onglet Spectre

Cet onglet permet d'afficher et d'analyser des profils spectraux enregistrés au format **FITS 1D**.

Ouvrez un fichier à l'aide du bouton **Ouvrir**.

Si, par erreur, un fichier FITS bidimensionnel (image) est sélectionné, un message d'avertissement est affiché dans la **Console**. L'en-tête FITS du fichier est également présenté dans le panneau de droite.



Il est parfaitement possible d'afficher plusieurs profils à la suite sur le même graphe en cliquant autant de fois que vous désirez sur le bouton **Ouvrir**. Cette superposition de profils est très pratique pour des comparaisons.

Navigation dans le graphique

La molette de la souris permet de zoomer simultanément suivant les axes des longueurs d'onde et des intensités.

Pour zoomer suivant un seul axe, utilisez le bouton droit de la souris :

- déplacement horizontal : zoom suivant l'axe des longueurs d'onde (x) ;
- déplacement vertical : zoom suivant l'axe des intensités (y).

À tout moment, il est possible de revenir à un affichage automatique en cliquant sur le bouton **Échelle auto** ou sur la petite icône **A** située dans le coin inférieur gauche du graphique.

Légende et curseur

La légende et un curseur vertical sont affichés par défaut. Leur affichage peut être activé ou désactivé à l'aide des boutons **Legend On/Off** et **Curseur On/Off**.

La légende peut être déplacée librement à la souris.

Le curseur vertical peut également être déplacé le long du profil spectral. Il affiche en temps réel les valeurs de longueur d'onde et d'intensité au point sélectionné.

Titres du graphique

À l'ouverture d'un fichier, le logiciel construit automatiquement un titre à partir des informations contenues dans l'en-tête FITS.

Ce titre peut être modifié dans la zone de texte correspondante.

Une seconde ligne, utilisée comme **sous-titre**, est également disponible. Elle est destinée à des informations permanentes, telles que le nom du site d'observation ou la largeur de la fente.

Après toute modification du titre ou du sous-titre, validez la saisie en appuyant sur la touche **Entrée**.

Exportation du graphique

Un clic droit dans la zone du graphique donne accès au menu contextuel permettant notamment :

- L'exportation du graphique au format **PNG** ;
- La consultation des valeurs des axes.

Le bouton **Export** offre la même fonctionnalité et propose directement l'enregistrement du graphique au format PNG.

Le bouton **Efface labels** supprime tous les labels ainsi que les éventuelles zones de sélection affichées sur le graphique.

Enregistrement d'un profil

Le bouton **Enregistrer** permet de sauvegarder le profil FITS sous un autre nom. Cette fonction est particulièrement utile pour conserver plusieurs versions d'un même spectre traitées avec des paramètres différents et les comparer ultérieurement.

Le nom du fichier peut également être saisi ou modifié manuellement. Validez la modification en appuyant sur la touche **Entrée**.

Modification de l'en-tête FITS

Certains champs textuels de l'en-tête FITS peuvent être modifiés directement dans la grille située à droite.

Les mots-clés éditables sont :

- OBJECT
- OBJNAME
- BSS_SITE
- BSS_INST
- OBSERVER
- BSS_TELL

- BSS_NORM

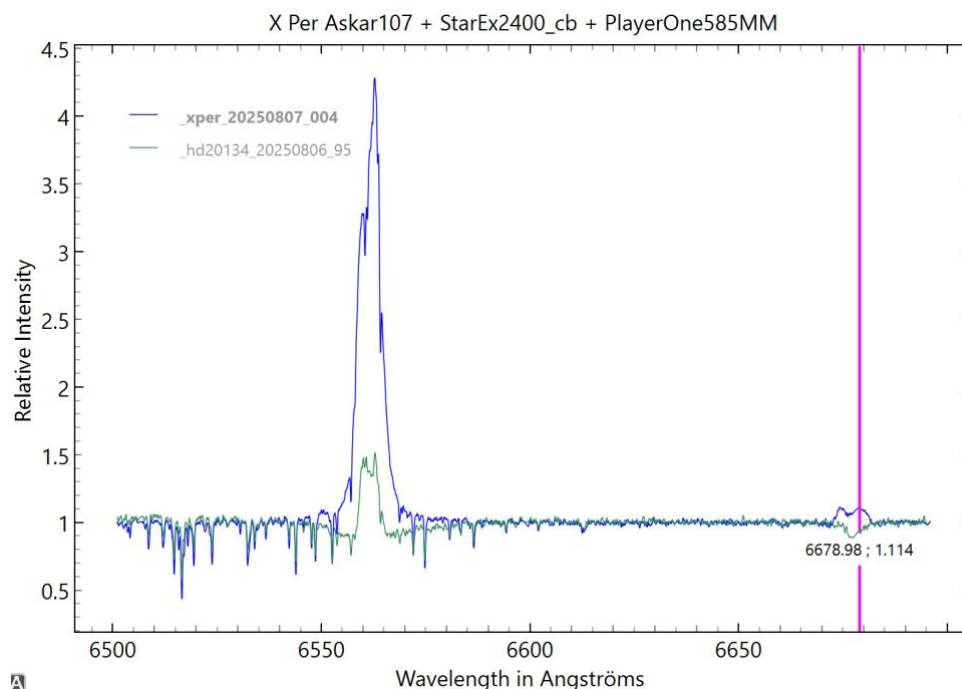
Les modifications sont prises en compte lors de l'utilisation du bouton **Enregistrer**.

Sélection d'un profil

Lorsque plusieurs profils spectraux sont affichés simultanément, il est possible de choisir celui sur lequel les différentes opérations seront appliquées.

Pour sélectionner un profil, cliquez directement sur sa courbe. Celle-ci clignote brièvement et son nom apparaît en **gras** dans la légende.

Dans l'exemple ci-dessous, le profil de **X Per** est sélectionné. Son nom apparaît en gras dans la légende et les valeurs fournies par le curseur vertical, positionné sur une raie de l'hélium, montrent une intensité supérieure au continuum : cette raie est donc observée **en émission**.



Le profil de X Per est sélectionné, son nom est en gras dans la légende et les valeurs du curseur vertical sur la raie de l'Hélium montre bien une valeur de raie supérieure au continuum, la raie est en émission.

On trouve dans l'onglet **Spectre** une section d'analyse qui regroupe des outils permettant de vérifier la qualité de la calibration en longueur d'onde.

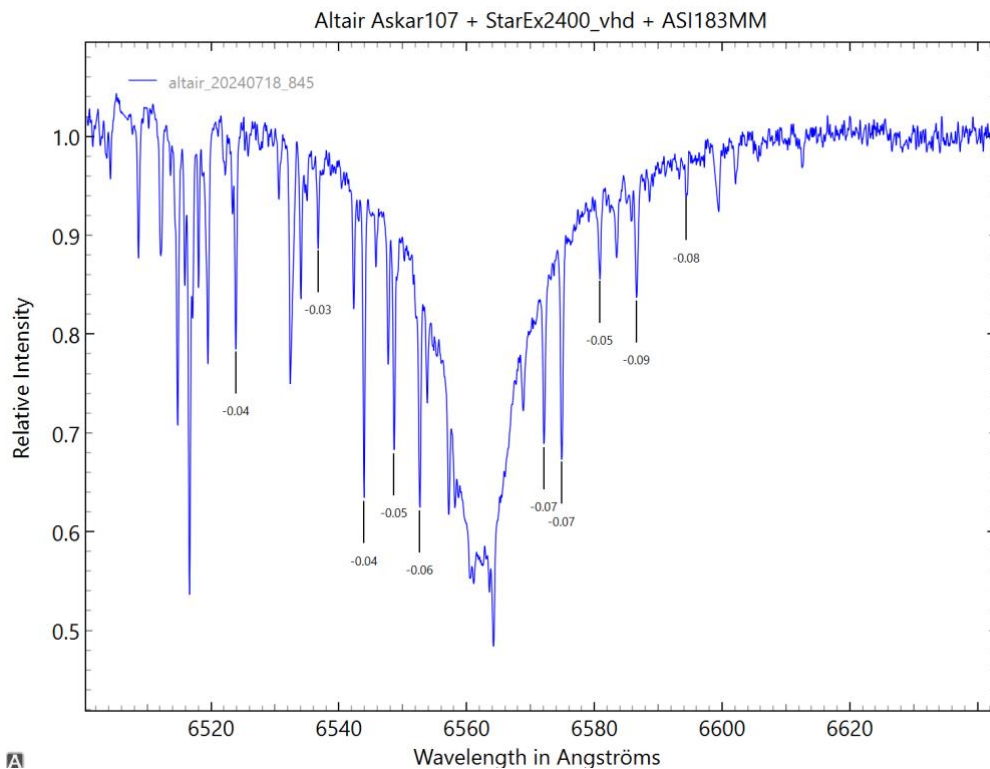
Deux fonctions sont proposées :

- **Vérif telluriques**, destinée aux spectres en haute résolution ;
- **Vérif Balmer**, destinée aux spectres en moyenne et basse résolution.

Vérif telluriques

Cette fonction affiche la position des principales raies telluriques sur le profil spectral.

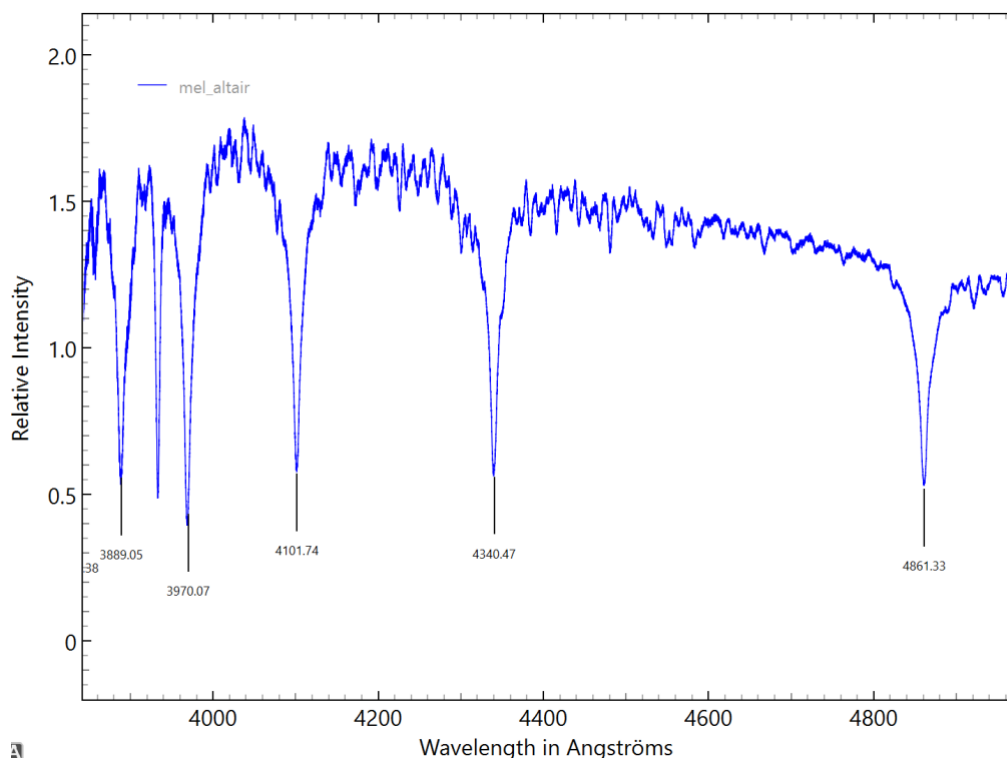
Elle permet de contrôler rapidement la précision de la calibration en longueur d'onde des spectres à haute résolution en comparant la position attendue des raies atmosphériques avec leur position observée.



Vérif Balmer

Cette fonction affiche la position des raies de la série de Balmer.

Elle est particulièrement utile pour vérifier la calibration en longueur d'onde des spectres acquis en moyenne ou en basse résolution, en s'assurant que les principales raies de l'hydrogène coïncident avec leur position théorique.

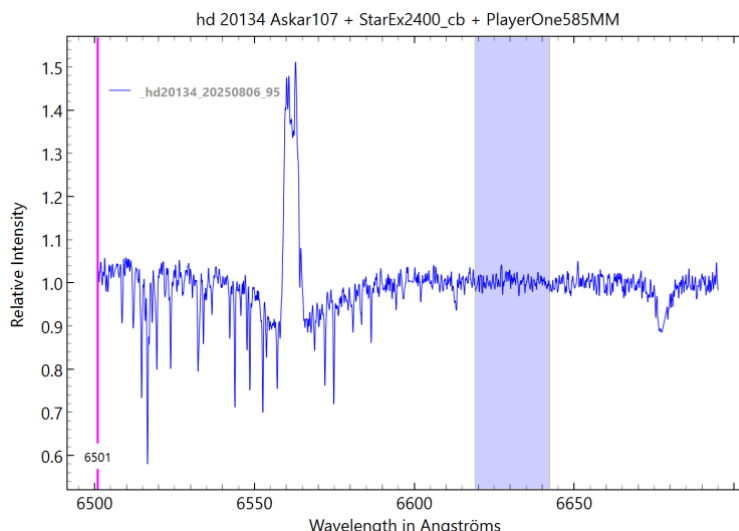


Vous pouvez aussi réaliser une normalisation en intensité et isoler une portion du spectre affiché (*crop*), même si ces fonctions sont directement prévues dans le fichier de configuration. Ces

actions peuvent être effectuées de manière interactive avec une sélection de la région du profil affiché avec la souris.

La sélection d'une portion du spectre s'effectue en maintenant **Ctrl + clic gauche** puis en déplaçant la souris jusqu'à la fin de la zone souhaitée.

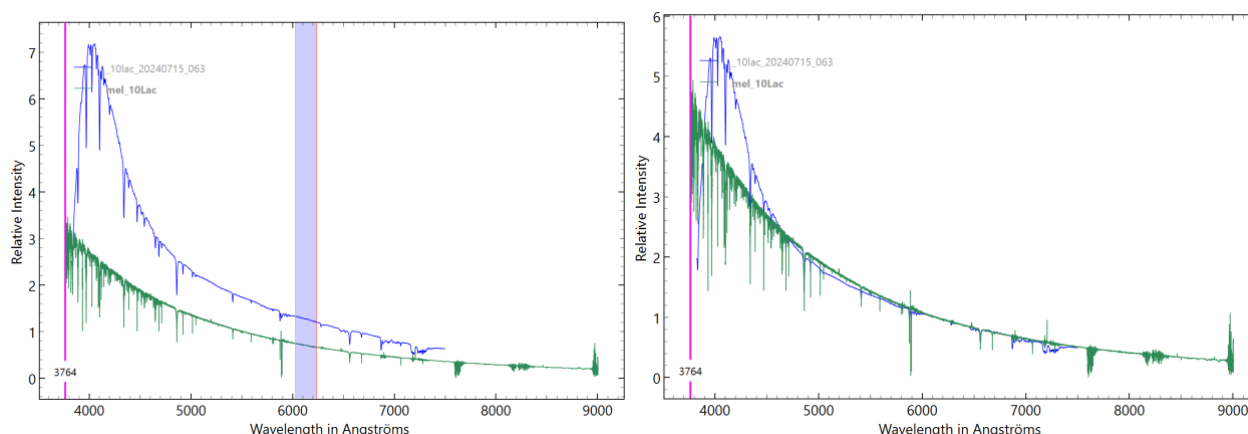
Une fois la sélection créée, il est possible de cliquer à l'intérieur de celle-ci pour la déplacer ou d'ajuster ses limites en déplaçant ses bords à la souris.



La fonction **Norm** utilise la zone sélectionnée pour calculer son intensité moyenne, puis divise l'ensemble du profil spectral par cette valeur.

Après cette opération, la région sélectionnée est donc centrée autour de la valeur 1, ce qui permet de comparer facilement plusieurs spectres.

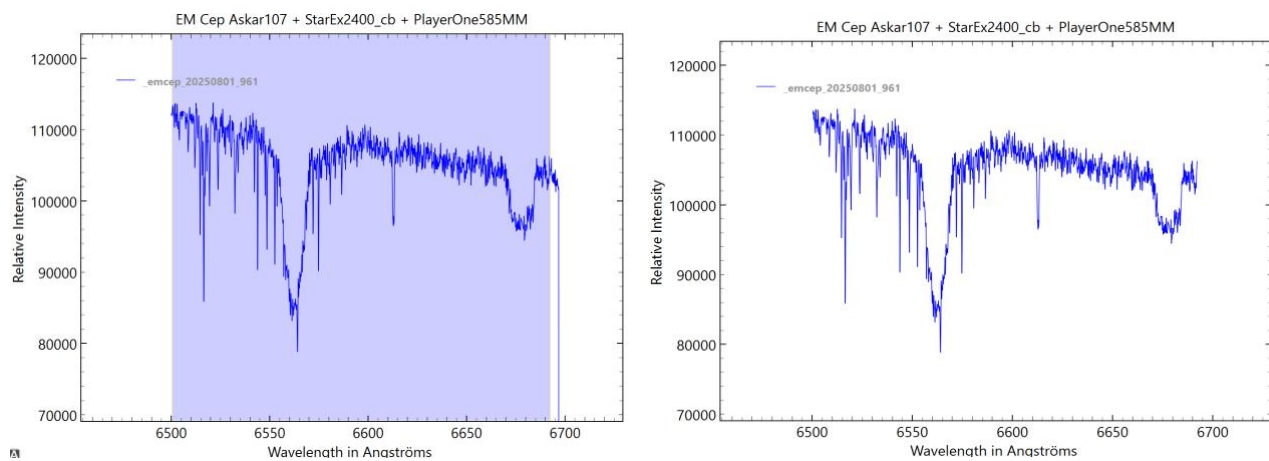
Cette fonction est particulièrement utile lorsque plusieurs profils sont affichés simultanément et qu'ils ne sont pas représentés à la même échelle d'intensité.



La fonction **Crop** permet de supprimer rapidement les parties inutiles du profil, notamment les pixels nuls présents aux extrémités du spectre ou les éventuels artefacts de traitement.

Sélectionnez la portion du spectre à conserver, puis cliquez sur le bouton **Crop**.

Si vous souhaitez conserver cette modification, pensez à enregistrer le profil à l'aide du bouton **Enregistrer**.



Avant et après le Crop pour éliminer pixels à zéro à droite

Si deux spectres sont affichés, le **Crop** opère sur le profil sélectionné.

Il est possible d'annuler la dernière opération de Crop (bouton **Crop Annuler**).

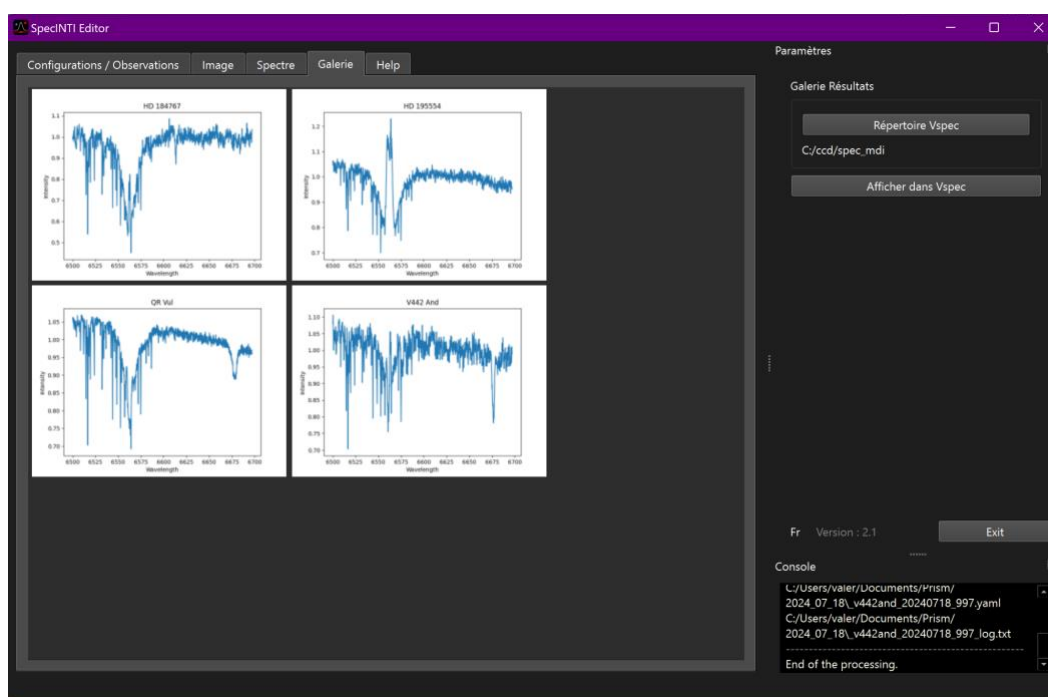
Onglet Galerie - (mode Avancé)

L'onglet **Galerie** présente sous forme de vignettes les spectres générés par **specINTI** à l'issue des traitements fait depuis l'onglet configuration/observation qui permet le traitement par lot.

Un double-clic sur une vignette ouvre automatiquement le spectre correspondant dans l'onglet **Spectre** pour une analyse détaillée.

Il est également possible d'ouvrir les spectres dans **Visual Spec**. Pour activer cette fonction, il est nécessaire d'indiquer le chemin du répertoire contenant le programme **Vspec.exe**.

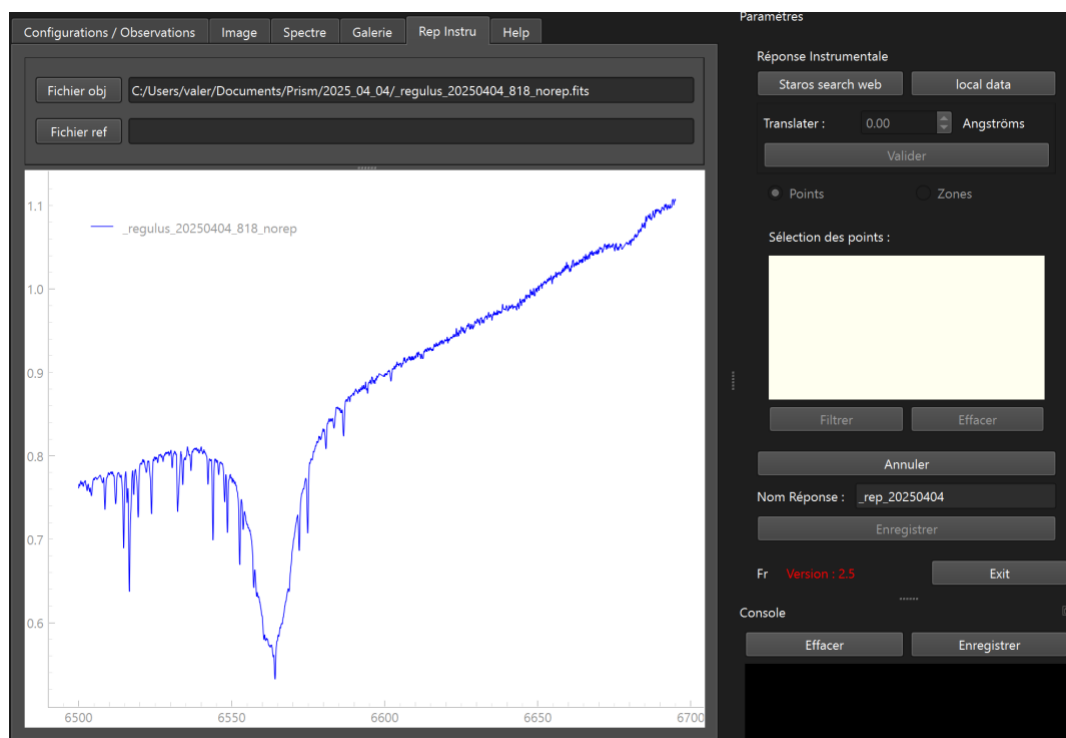
Cette fonctionnalité est disponible uniquement sous **Windows**.



Onglet Réponse instrumentale

Cet onglet permet de calculer la **réponse instrumentale** de manière interactive et graphique.

Chargez le profil de l'objet observé à l'aide du bouton « **Fichier Obj** ».

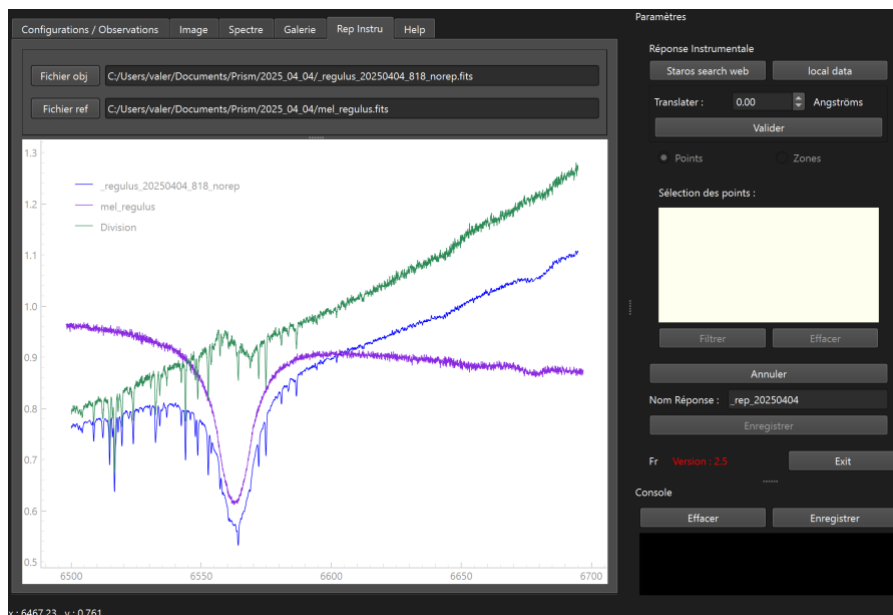


Chargez ensuite le profil théorique du même objet, que vous pouvez, par exemple, télécharger depuis le site **staros-search.org**, accessible directement via le bouton « **Staros Search Web** ». Il suffit de disposer d'un compte utilisateur pour télécharger le fichier FITS correspondant.

Le fichier de référence doit être placé dans le répertoire des observations, c'est-à-dire le même répertoire que celui contenant le profil de l'objet. Par convention, il est conseillé de le nommer `ref_nom_objet` afin de le retrouver facilement.

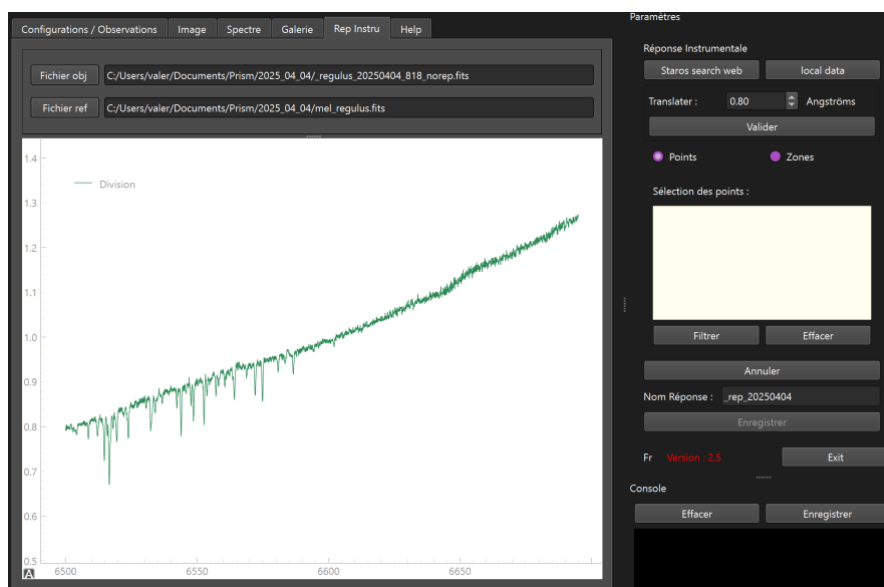
Il est également possible d'utiliser une bibliothèque locale de spectres de référence. Son utilisation est décrite à la fin de cette section, dans la description du bouton « **Local Data** ».

Une fois les deux fichiers chargés, l'interface affiche automatiquement le quotient du profil observé par le profil théorique.



Dans le panneau de droite, ajustez si nécessaire le décalage en longueur d'onde. Celui-ci peut être modifié par pas de **0,1 Å** à l'aide des flèches, ou directement en saisissant une valeur puis en validant avec la touche **Entrée**.

Lorsque le décalage est correctement ajusté, cliquez sur le bouton « **Valider** ». L'affichage est alors limité au résultat de la division et les outils de filtrage sont activés afin de construire la réponse instrumentale.



Construction de la réponse instrumentale

Pour obtenir une courbe de réponse exploitable, il est nécessaire d'éliminer les raies telluriques ainsi que les fluctuations dues au bruit.

Deux méthodes sont proposées :

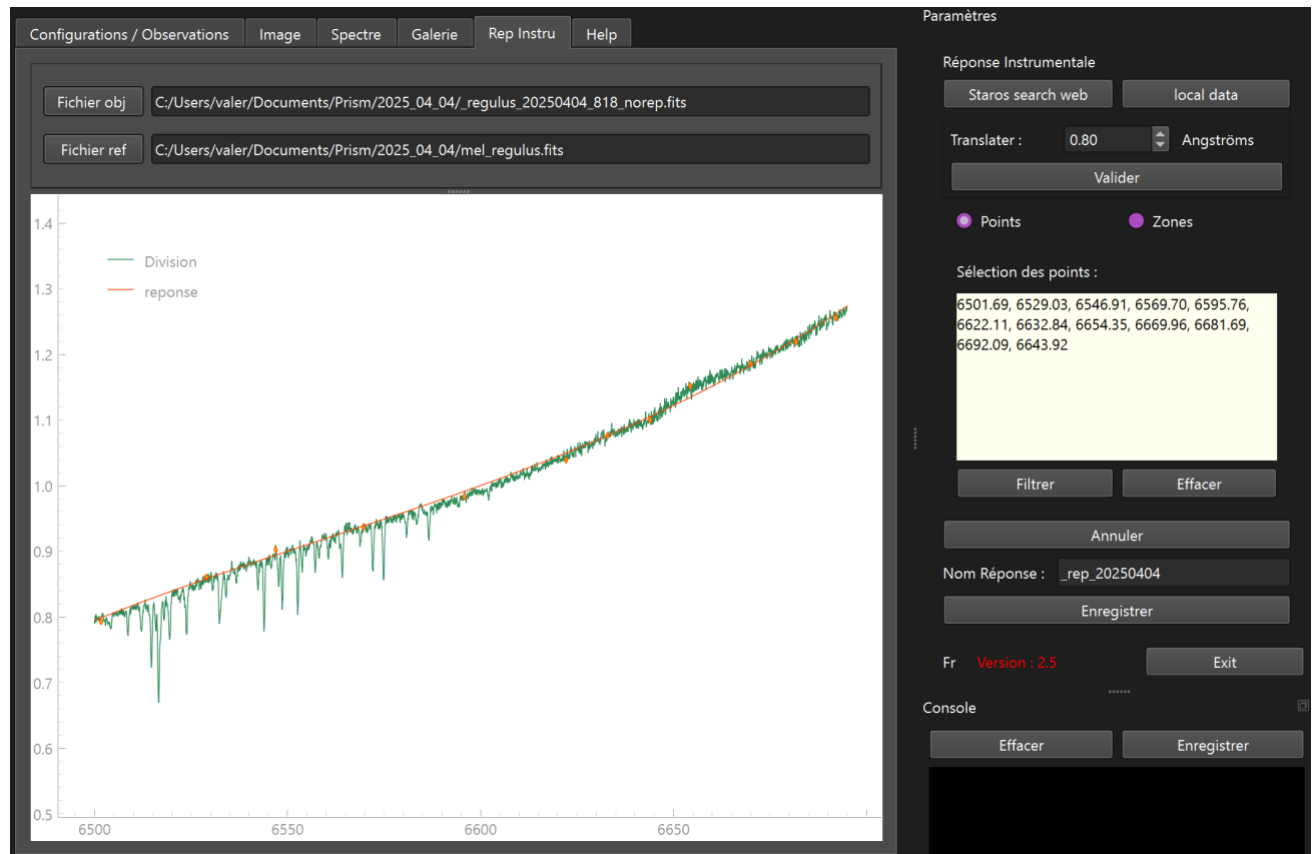
- **Mode « Points »**, recommandé pour les spectres à haute résolution ;
- **Mode « Zones »**, adapté aux spectres de moyenne et basse résolution.

La différence entre ces deux modes réside dans la méthode de construction de la courbe de réponse :

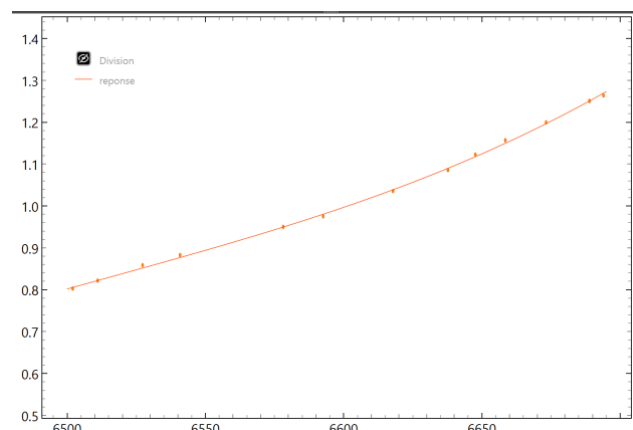
- en mode **Points**, une courbe est ajustée à partir d'un ensemble de points de référence sélectionnés ;
- en mode **Zones**, le profil est filtré après exclusion des régions perturbées par les raies spectrales.

Le mode Points

À l'aide de la souris, placez des points sur la courbe de division en évitant les régions contenant des raies spectrales. Une fois les points positionnés, cliquez sur le bouton « **Filtrer** » pour calculer et afficher, en orange, la courbe de réponse instrumentale.



Si vous cliquez dans la légende sur le petit trait vert situé devant le nom **Division**, vous pouvez masquer l'affichage de cette courbe afin de visualiser plus clairement la courbe de réponse instrumentale.



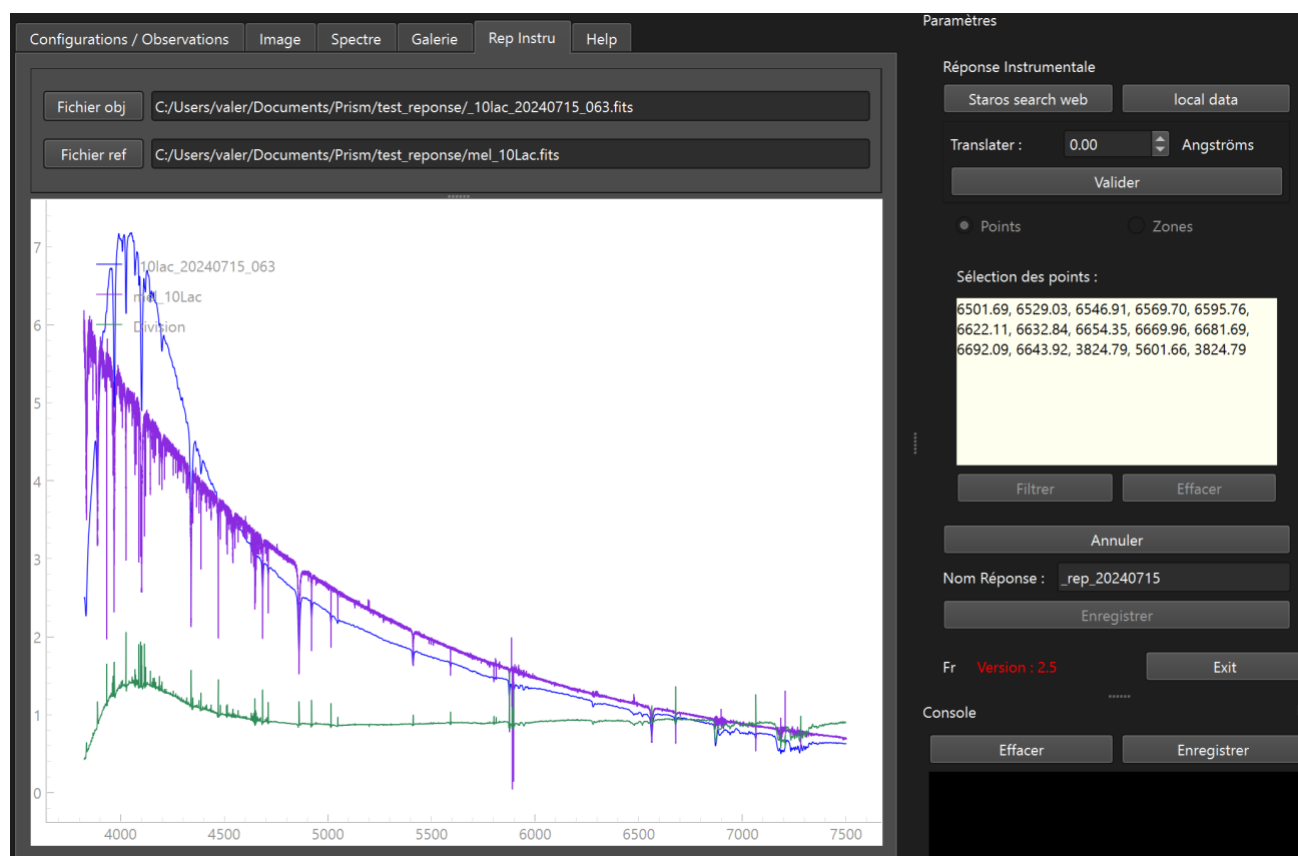
Vous pouvez supprimer tous les points et recommencer leur placement à l'aide du bouton « **Effacer** ».

Le bouton « **Annuler** » permet de revenir à l'étape précédant la validation de la division.

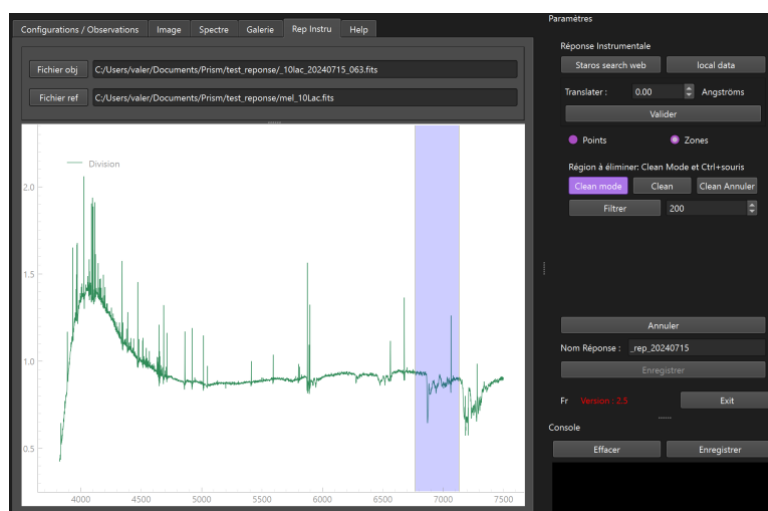
Par défaut, l'application propose un nom de fichier constitué du préfixe **rep_** suivi de la date d'observation de l'objet. Cliquez sur le bouton « **Enregistrer** » pour sauvegarder la réponse instrumentale calculée.

Le mode Zones

Avant de poursuivre, vous pouvez utiliser les fonctions de zoom afin de vérifier si un ajustement supplémentaire du décalage en longueur d'onde est nécessaire.



Cliquez ensuite sur le bouton « **Valider** » pour confirmer la division.

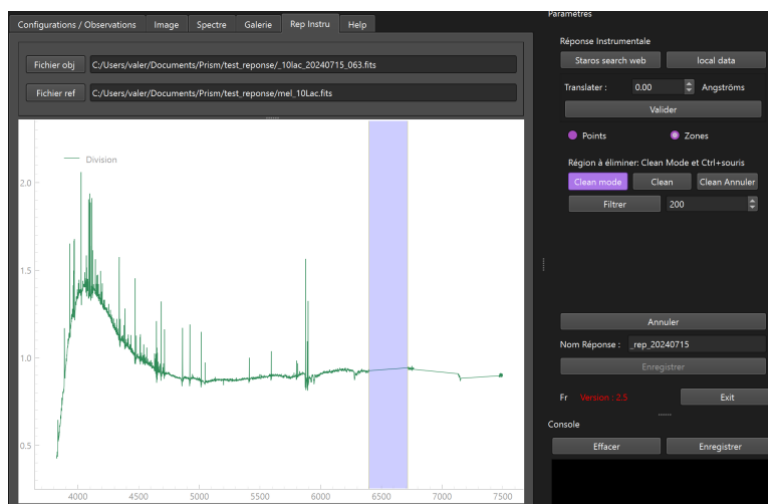


Le mode **Zones** donne accès à une fonction **Clean** (*Nettoyage*). En cliquant sur le bouton « **Clean mode** », une zone rectangulaire apparaît à l'écran. Ses dimensions et sa position peuvent être modifiées directement à la souris.

Placez cette zone sur une région du spectre à éliminer, puis cliquez sur le bouton « **Clean** ». Comme dans l'onglet **Spectre**, il est également possible de définir une sélection en utilisant **Ctrl + clic gauche** et en déplaçant la souris.

Déplacez ensuite la zone et ajustez ses limites afin de supprimer les autres régions perturbées. Une fois cette étape de nettoyage terminée, vous pouvez passer au filtrage de la courbe.

Le bouton « **Crop annuler** » permet d'annuler la dernière opération de nettoyage (*et uniquement la dernière*).

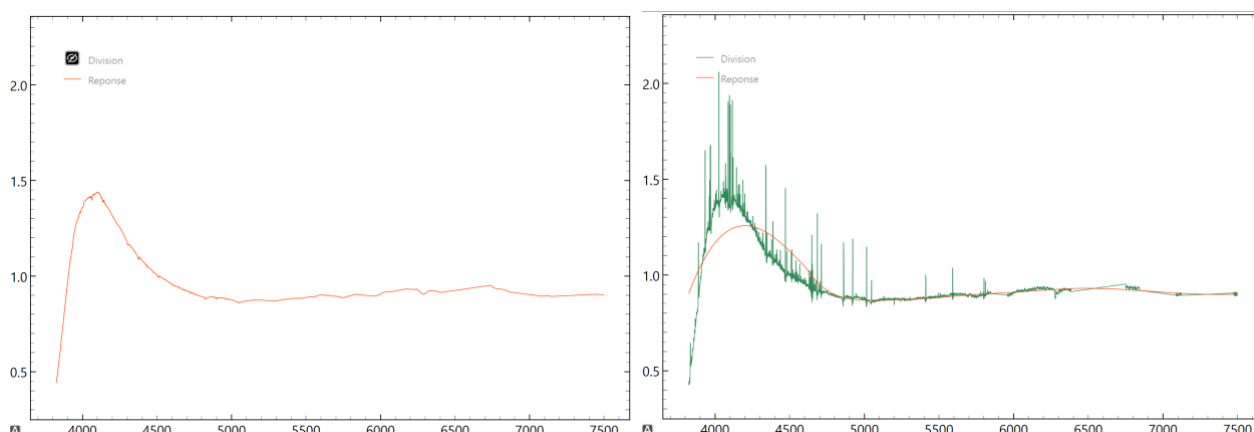


Choix du filtrage

Nous devons à présent filtrer cette courbe pour retirer les résidus de raies spectrales. La valeur de filtrage doit être choisie avec soin :

- une valeur trop faible ne supprimera pas suffisamment les variations locales de grande amplitude ;
- une valeur trop élevée risque de déformer la réponse instrumentale, par exemple en déplaçant le maximum du profil.

L'exemple ci-dessous compare un filtrage de **100** (à gauche) et un filtrage de **2000** (à droite).



Dans cet exemple, une valeur de **400** constitue un bon compromis entre lissage et conservation de la forme du profil.

Pour modifier le filtrage, saisissez une nouvelle valeur ou utilisez les flèches d'incrémentement, puis cliquez à nouveau sur le bouton « **Filtrer** » afin de recalculer la réponse instrumentale.

Sélection d'une base locale

Dans certains cas, les spectres de référence de la base **Melchior** ne sont pas adaptés aux besoins de l'utilisateur. Par exemple, pour des travaux dans le bleu ou le proche ultraviolet, leur couverture spectrale peut être insuffisante. Il peut alors être nécessaire d'utiliser une bibliothèque locale de spectres de référence.

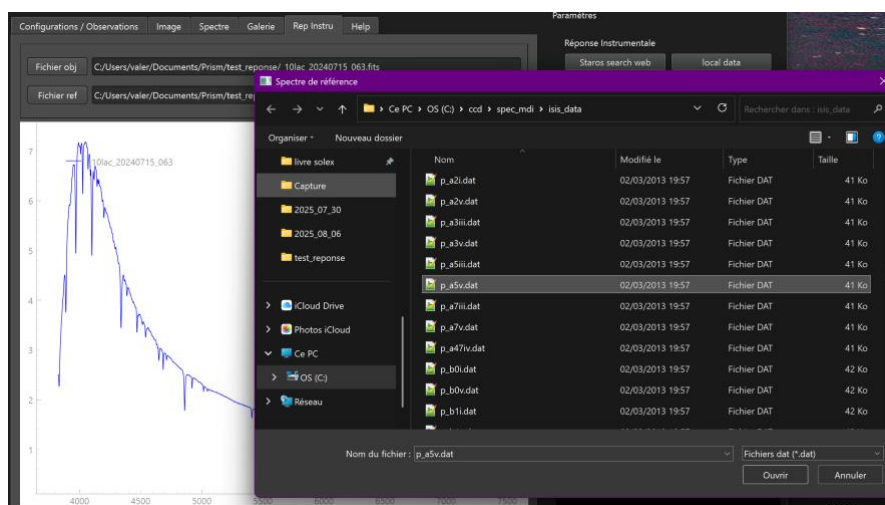
On peut, par exemple, télécharger la base de données fournie avec **ISIS**, qui contient notamment les spectres de la bibliothèque **Pickles** :

http://www.astrosurf.com/buil/isis/download/isis_database_v9.zip

Installez cette bibliothèque dans le répertoire de votre choix.

Pour ouvrir un spectre de référence provenant de cette base locale, n'utilisez pas le bouton « **Ouvrir** », mais cliquez sur le bouton « **Local Data** ».

Parcourez ensuite l'arborescence jusqu'au répertoire contenant la bibliothèque locale.



Sélectionnez le fichier souhaité. Celui-ci peut être au format **.fits** ou **.dat**.

Une fois le spectre chargé, poursuivez la procédure comme décrit dans les sections précédentes.

Onglet Help

L'onglet **Help** permet de consulter la documentation de **specINTI Editor** sous la forme de fichiers HTML ou PDF. Il donne notamment accès au manuel de référence, à un atlas de raies spectrales ainsi qu'à différents documents d'aide, ainsi qu'à des listes d'étoiles de type A ou G.

Pour afficher un document, sélectionnez-le dans la liste déroulante située à droite.

Une fonction de recherche textuelle est également disponible à l'aide du bouton « **Rechercher** » et de la zone de saisie associée.

The screenshot shows the SpecINTI Editor application window. The 'Help' tab is selected in the top menu. The main content area displays the 'Atlas de raies dans les sources spectrales' (Spectral Line Atlas in Spectral Sources). This section includes a descriptive paragraph about the atlas and a list of spectral sources with their corresponding spectral line patterns. The sources listed are Sun (daylight), Mercury (Hg), Argon (Ar), and Krypton (Kr). Each source is accompanied by a spectral line pattern and a list of wavelengths. The right sidebar contains a 'Paramètres' (Parameters) section with a 'Sélection des aides' (Select help) dropdown menu set to 'Atlas'. Below this is a 'Recherche' (Search) button and a search input field. At the bottom of the sidebar, there is a 'Console' section displaying technical information: 'Fr Version : 2.0b', 'Exit' button, 'Mean deviation = -0.0007 A', 'Mean FWHM = 0.38 A', and 'Power resolution = 17395'.

Atlas de raies dans les sources spectrales

Ce document regroupe un ensemble de spectres de sources spectrales, à consulter lorsque vous désirez trouver la longueur d'onde d'une raie particulière à partir d'une des lampes d'étalonnage ou dans un spectre naturel (le spectre solaire par exemple).

Ci-après, le lien vers un atlas de raies concernant un grand nombre de lampes à décharges, constitué par l'auteur :

Sun (daylight)

Mercury (Hg)

Argon (Ar)

Krypton (Kr)

Paramètres

Sélection des aides

Atlas

Recherche

Fr Version : 2.0b

Exit

Console

Mean deviation = -0.0007 A
Mean FWHM = 0.38 A
Power resolution = 17395

Annexes

Annexe 1 : exécution sous macOS

Pour exécuter une application non signée sous **macOS**, procédez comme suit.

1. Copiez le fichier ZIP dans le répertoire de votre choix.
2. Avant de le décompresser, ouvrez une fenêtre **Terminal** et saisissez la commande :

```
sudo xattr -cr /chemin/vers/specinti_mac.zip
```

Remplacez /chemin/vers/ par le chemin réel de votre fichier ZIP.

Si l'archive est déjà décompressée, indiquez directement le chemin du répertoire contenant l'application :

```
sudo xattr -cr /chemin/vers/specinti_mac/
```

3. La commande sudo nécessite les privilèges administrateur. Le Terminal vous demande donc le mot de passe de votre compte macOS.

Saisissez ce mot de passe puis validez avec la touche **Entrée**. Pendant la saisie, aucun caractère n'est affiché à l'écran : ce comportement est normal.

Si la commande s'exécute correctement, le Terminal ne renvoie aucun message.

4. Vous pouvez alors décompresser l'archive (si ce n'est pas déjà fait) et lancer l'application.

Lors du premier démarrage, le temps de chargement peut être relativement long et atteindre près de deux minutes. Il est donc recommandé de patienter. Les lancements suivants seront beaucoup plus rapides.

Annexe 2 : restauration fichiers de configuration interface standard

Le mode Interface standard repose sur la génération de fichiers de configurations dont les noms sont prédéfinis :

- _conf_LR_calib.yaml et _conf_LR_processing.yaml
- _conf_HR_calib.yaml et _conf_processing.yaml

Ils sont présents dans le dossier de configuration. Si ces fichiers sont édités par erreur ou simplement effacés, il est possible de restaurer la version d'installation.

Cliquer sur le menu « Restauration » et sélectionner le couple de fichiers altérés à restaurer : soit les fichiers en mode HR ou les fichiers en mode LR.

