

Caractérisation des objectifs afin de compléter la base de données de Lensfun

Andrew Zabolotny

**Traduction : Philippe Jimenez
Octobre 2010**

Historique des modifications

Version	Date	Auteur	Commentaire
0.1	30/10/2010	Philippe Jimenez	Création du document

Sommaire :

Ajout de nouveaux objectifs à la base de données.....	3
Calcul de la distorsion des objectifs.....	5
Calcul de l'aberration chromatique transversale des objectifs.....	8
Calcul du vignetage des objectifs.....	10
Ajouter les mesures au fichier XML de Lensfun.....	12

Ajout de nouveaux objectifs à la base de données

Source : <http://lensfun.berlios.de/lens-calibration/>

Souvent, j'ai demandé comment ajouter de nouveaux objectifs à la base de données, et comment évaluer les paramètres de la distorsion, de l'aberration chromatique transversale et du vignetage pour un objectif particulier. Il y a quelques années, je n'avais pas de réponse à ces questions, il y a des logiciels commerciaux qui permettent de calculer certains de ces paramètres, mais je n'y avais pas accès alors je n'avais aucune idée si c'était possible et comment faire.

Mais ces dernières années, le logiciel open-source Hugin a évolué, et maintenant, il couvre mieux un plus grand nombre de fonctionnalité que Lensfun peut utiliser. En fait, c'était une nouvelle approche, et Lensfun a été modifié pour être plus compatible avec le modèle Hugin. Ainsi, aujourd'hui, il est possible de créer une base complète d'objectifs en utilisant uniquement Hugin et les outils faisant parti du paquetage de Hugin.

Essayons de créer une description complète d'un objectif à partir de zéro, étape par étape. Avant tout, nous devons créer une description basique pour l'objectif. Pour cela, nous avons besoin de connaître quel est le nom complet de l'objectif. Premièrement, regardons si Exiftool or Exiv2 peuvent décrypter le nom de l'objectif des métadonnées du fichier Raw ou Jpeg :

```
# exiftool sg201196.dng | grep -i lens
Lens Type           : smc PENTAX-DA 12-24mm F4 ED AL [IF]
Lens ID             : smc PENTAX-DA 12-24mm F4 ED AL [IF]
# exiv2 -pt sg201196.dng | grep -i lens
```

Exiftool identifie alors l'objectif comme "smc PENTAX-DA 12-24mm F4 ED AL [IF]", et Exiv2 n'est pas capable de l'identifier. Nous utiliserons juste ce nom dans la base, mais par d'esthétisme, nous changerons le nom de la même façon comme utilisé par la base de données en fonction des règles que Lensfun utilise quand on fait une recherche intuitive d'objectifs dans la base de données :

- Lors d'une recherche d'objectif, la casse est ignorée. Ainsi, Lensfun ne ne fait pas attention si c'est "smc" ou "SMC".
- Lors d'une recherche d'objectif, l'ordre des mots n'est pas important. Ainsi, "pentax da smc" et "smc da pentax" sont complètement équivalent. L'interprétation d'un "mot" de Lensfun est une séquence de caractères de même type (Lensfun recense 3 types de caractères : les chiffres, les caractères de ponctuation et tous les autres). Les mots d'un seul caractère de ponctuation sont ignorés. Exceptionnellement, le mot constitué d'un seul caractère "f" est également ignoré. Ainsi, "[IF]" est concrètement coupé en 3 mots - "[", "IF", "]", le premier et le dernier mots sont éliminés. Le nom complet de l'objectif sera constitué des mots "smc", "pentax", "da", "12", "24", "mm", "4", "ED", "AL", "IF".

Alors, regardons les autres entrées de la base de données et essayons de créer un nom d'objectif y ressemblant, nous créerons notre première entrée d'un objectif :

```
<lens>
  <maker>Pentax</maker>
  <model>SMC PENTAX DA 12-24mm F/4 ED AL IF</model>
  <mount>Pentax KAF2</mount>
</lens>
```

Maintenant pour faire une description de l'objectif vraiment utile, nous devons découvrir le modèle mathématique de ses distorsions et les entrer dans la base de données. Pour cela nous aurons besoin de quelques clichés de test réalisés avec l'objectif que vous essayez de modéliser (si c'est un zoom, faites plusieurs séries de photos à plusieurs focales intermédiaires incluant les extrêmes). Aussi, vous aurez besoin de Hugin - le meilleur outil pour automatiser les opérations sur les distorsions d'image que je connaisse. En fait, Hugin fera le plus gros du travail de calibrage pour nous; notre tâche sera de renseigner les bonnes données et de cliquer sur les bons boutons :)

Dans mon cas, j'ai utilisé le boîtier Samsung GX20 (facteur d'agrandissement de 1.5, 14 mégapixels). J'ai fait trois vues panoramiques de test (en tournant de 5 à 10 degrés après chaque prise de vue) aux longueurs focales de 12, 15, 18, 21 et 24 mm, ainsi à la fin j'ai 15 photos de test. Tous les fichiers bruts ont été développés et enregistrés en fichier TIFF 8 bits.

En faisant des clichés de test pour le calcul de distorsion, choisissez l'ouverture qui donne la meilleure netteté (habituellement, c'est quelque chose entre $f/8$ et $f/16$). Puisque la distorsion ne dépend pas de l'ouverture, cela rendra votre travail plus facile quand vous mettrez des points de contrôle sur l'image.

Le facteur d'agrandissement de l'appareil photo qui a été utilisé pour faire les photos de test devra être ajouté à la base de données dans le tag <cropfactor>. Cette valeur aidera Lensfun à recalculer le modèle pour adapter les photos faites avec d'autres appareils photo qui auraient d'autre facteur d'agrandissement.

Par exemple, si un modèle est fait avec un facteur d'agrandissement de 1, il peut être utilisé avec des photos faites avec un autre appareil photo de facteur d'agrandissement de 1,5, mais Lensfun devra recalculer les coordonnées en conséquence. D'autre part, si le modèle a été fait pour un facteur d'agrandissement de 1,5, ce n'est pas une très bonne idée d'utiliser ce modèle pour des photos faites avec un appareil photo dont le facteur d'agrandissement serait, par exemple, de 1,1, car le modèle mathématique a été vérifié seulement pour la partie centrale de l'image. Cependant, la plupart du temps cela fonctionne également.

Pour mieux comprendre :

<http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/mnoptigeo.html>

Calcul de la distorsion des objectifs

Source : <http://lensfun.berlios.de/lens-calibration/lens-distortion.html>

La bibliothèque Lensfun fournit beaucoup de modèles mathématiques différents pour les distorsions des objectifs. Ils ont surtout un intérêt théorique, mais pourraient être utiles pour le port des données de calibrage avec d'autres logiciels. Ces modèles sont décrits dans les commentaires de type *lfDistortionModel*. Pour nos besoins nous utiliserons juste deux modèles : le modèle "*ptlens*", qui est un polynôme du quatrième ordre :

$$Ru = a.Rd^4 + b.Rd^3 + c.Rd + Rd$$

(Avec Rd le rayon du pixel déformé, Ru est le rayon du pixel non déformé).

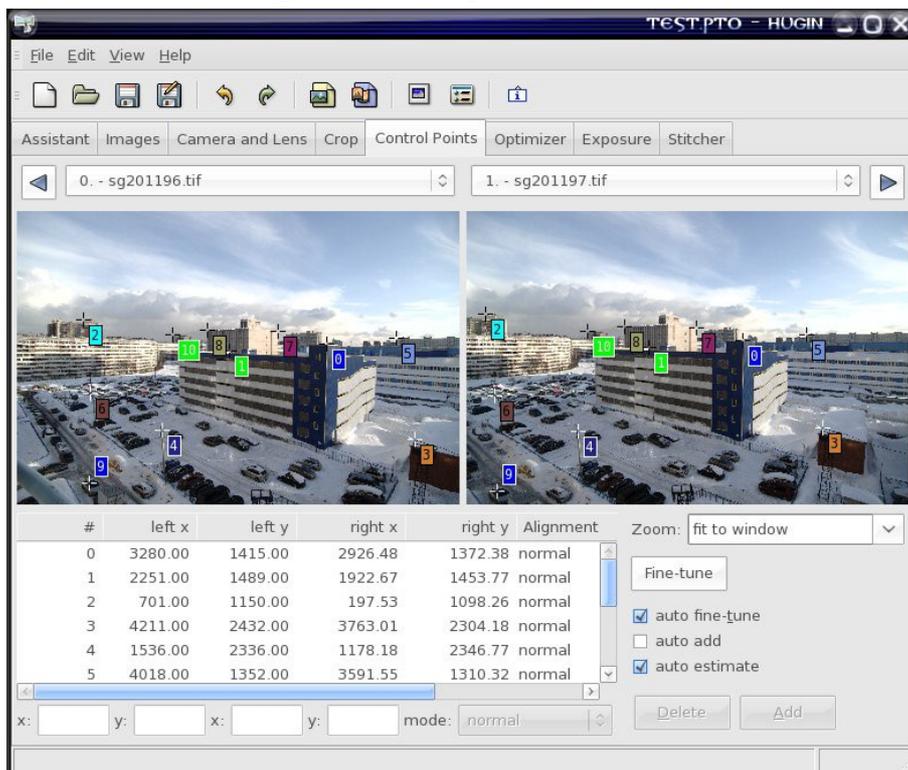
Un autre modèle utile est le modèle "*poly3*", qui est un polynôme de 3^{ème} d'ordre simplifié :

$$Ru = k1.Rd^3 + Rd$$

Si vous prêtez attention vous pouvez voir que *poly3* est une variante simplifiée du modèle *ptlens*, avec $a=0$, $b=k1$ et $c=0$. Ainsi, *poly3* est approprié pour des objectifs avec des altérations plus prévisibles et le modèle *ptlens* peut être utilisé si le modèle *poly3* ne donne pas d'assez bons résultats (Ce qui signifie que l'altération de l'objectif ne peut pas être rapprochée avec un polynôme du 3^{ème} ordre simplifié).

Comme Pentax 12-24 est une lentille très linéaire avec très peu d'altération (pour un grand angle), nous utiliserons ici le modèle *poly3*. Le calcul des coefficients du modèle *ptlens* n'est pas aussi compliqué, vous devrez juste cliquer sur plus d'options dans Hugin :

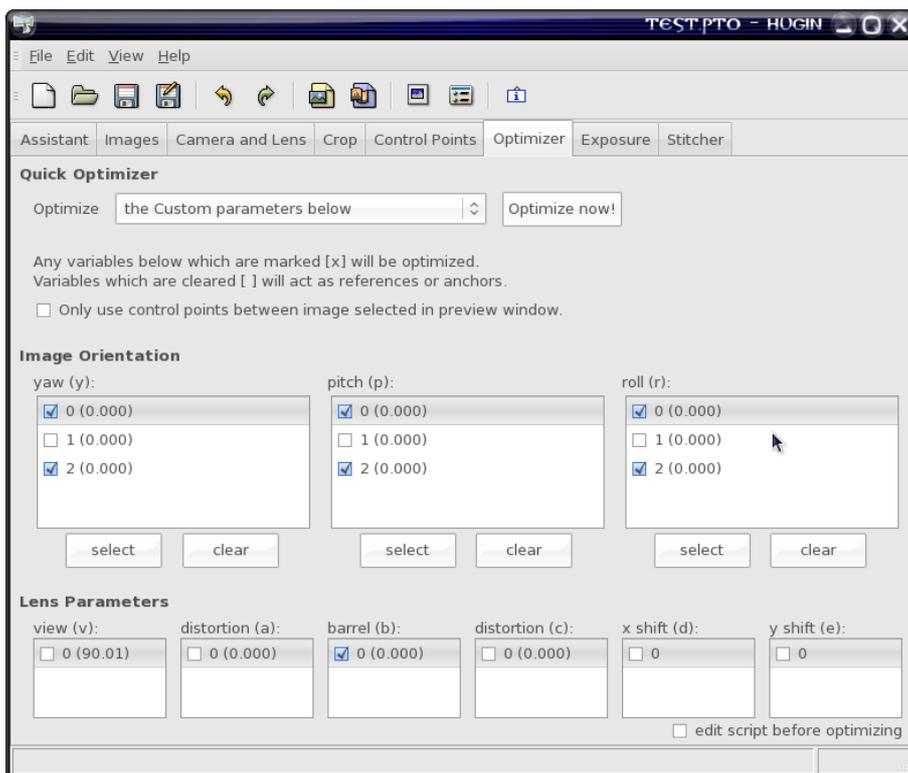
Donc nous exécuterons maintenant Hugin et chargerons plusieurs images que nous avons faites à une même focale (trois pour être précis). Maintenant allez sur l'onglet "Control points" ou "Points de contrôles", choisissez l'image 0 sur la gauche, l'image 1 sur la droite et faites au moins 10 contrôles de qualité. Essayez de placer les points à des endroits où le contraste est élevé comme des coins et des bords. Utilisez seulement des contrôles "normaux", ne marquez pas de lignes horizontales et verticales car nous n'allons, de toute façon, pas faire un panorama. Essayez de choisir des points dispersés dans l'image entière et n'oubliez pas de mettre des points dans au moins deux coins de la photo. Voici un exemple de bonne distribution des points de contrôles :



Vous pouvez aussi essayer d'utiliser les paramètres prédéfinis (Générez les avec *autopano-complete.sh* ou avec Hugin directement), mais j'ai eu peu de chance avec eux.

Allez maintenant à l'onglet "Optimiser" ou "Optimisation" et sélectionnez "Optimize the custom parameters below" ou "les paramètres personnalisés ci-dessous", puis cochez « "Lacet (y)", "Tangage (p)", "Roulis (r)", et "Barillet (b)" ». Si vous avez opté pour le modèle ptlens, cliquez aussi sur "distortion (a)" et "distortion (c)" ou "Barillet (a)" et "Barillet (c)" :

Ne cochez pas d'autres paramètres (comme "view (v)" ou "x/y shift" / "Vue (v)" ou "Décalage x/y"), parce que cela inclura des distorsions que Lensfun ne peut pas reproduire! Assurez-vous aussi que ces paramètres sont tous à zéro (sauf "Vue (v)" qui devrait correspondre à l'angle de champ de l'objectif correspondant à sa longueur focale),



s'ils ne le sont pas, allez aux onglets "Images" et "Appareil photo et objectif" et mettez-les tous à zéro. Assurez-vous aussi que le "facteur d'agrandissement" corresponde exactement à ce que vous utilisez dans votre description d'objectif : parfois ils peuvent différer un peu (comme 1.47 au lieu de 1.5 dans mon cas), la focale doit être la même dans Hugin et Lensfun, sinon il n'y aura pas correspondance.

Maintenant appuyez sur "Optimize nowt!" ou "Optimiser". Si tout ce passe bien, Hugin calculera de nouvelles valeurs pour tous les paramètres cochés. Si quelque chose tourne mal, Hugin affichera un message indiquant que les valeurs calculées semblent sortir de la normale. Cela signifie habituellement que les points de contrôles sont discordants; vérifiez-les de nouveau. Si le problème persiste, recommencer la procédure avec une nouvelle série de photos de test.

Maintenant vous pouvez aller à l'onglet "Camera and Lens" ou "Appareil photo et objectif" page et notez les paramètres "b" calculé (et aussi "a" et "c" si vous avez opté pour le modèle ptlens). Dans mon cas "b" a comme valeur -0.01919, donc je peux commencer à remplir des données de calibrage pour mon objectif comme suit :

```
<lens>
  <maker>Pentax</maker>
  <model>SMC PENTAX DA 12-24mm F/4 ED AL IF</model>
  <mount>Pentax KAF2</mount>
  <cropfactor>1.5</cropfactor>
  <calibration>
    <distortion model="poly3" focal="12" k1="-0.01919" />
  </calibration>
</lens>
```

Répétez ces étapes pour chaque focale à laquelle vous avez fait des prises de vues de test. Cela prendra un peu de temps, mais pour finir vous obtiendrez quelque chose comme cela :

```
<lens>
  <maker>Pentax</maker>
  <model>SMC PENTAX DA 12-24mm F/4 ED AL IF</model>
  <mount>Pentax KAF2</mount>
  <cropfactor>1.5</cropfactor>
  <calibration>
    <distortion model="poly3" focal="12" k1="-0.01919" />
    <distortion model="poly3" focal="15" k1="-0.00774" />
    <distortion model="poly3" focal="18" k1="-0.00345" />
    <distortion model="poly3" focal="21" k1="-0.00199" />
    <distortion model="poly3" focal="24" k1="0.00061" />
  </calibration>
</lens>
```

Calcul de l'aberration chromatique transversale des objectifs

Source : <http://lensfun.berlios.de/lens-calibration/lens-tca.html>

Hugin utilise un modèle relativement complexe (http://wiki.panotools.org/Tca_correct) pour décrire l'aberration chromatique transversale (TCA : transversal chromatic aberrations). C'est polynôme du 4^{ème} ordre :

$$Rd = a.Ru^4 + b.Ru^3 + c.Ru^2 + v.Ru$$

Depuis que le traitement d'image se fait plus ou moins en temps réel avec les cibles Lensfun, j'ai décidé d'utiliser un modèle plus simple qui est suffisant pour des applications pratiques, avec un coefficient "a" toujours à zéro :

$$Rd = b.Ru^3 + c.Ru^2 + v.Ru$$

Maintenant les bonnes nouvelles sont que Hugin a un outil qui calculera automatiquement, pour vous, tous des paramètres pour corriger la TCA, et il fait cela depuis sur une seule image! Cet outil est appelé *tca_correct*.

Ainsi, vous prenez juste une image type (assurez-vous qu'il y a beaucoup d'objets fortement contrastés, par exemple vous pourriez faire une photo d'un journal ou quelque chose comme ça). Il serait mieux, ici, d'utiliser un flash.

Maintenant exécuté simplement *tca_correct* sur l'image comme cela :

```
tca_correct -o bcv myimage.tiff
```

Cela affichera beaucoup d'informations et finira avec quelque chose comme cela :

```
-r 0.0000000:-0.0004356:0.0011037:0.9994399 -b 0.0000000:-0.0002375:-0.0000052:1.0006518
```

Le format de la ligne précédente est "-r a, b, c, v -b a, b, c, v" : avec un premier jeu de valeurs pour la couche rouge, un second jeu pour la couche bleue (la couche verte est laissé en place pendant des corrections TCA).

Si vous avez plusieurs clichés faits à la même focale (l'ouverture n'a pas d'impact sur la TCA), vous pouvez exécuter *tca_correct* plusieurs fois. Vous obtiendrez probablement des résultats différents chaque fois, alors choisissez si le résultat se rapprochant de la moyenne. Mais n'essayez pas de mélanger des coefficients de différentes images ou de faire une moyenne aléatoirement!

Aussi, notez qu'habituellement, il est suffisant de donner seulement les paramètres a et v (par exemple la limite à un polynôme du troisième ordre). Dans ce cas Lensfun utilisera un code optimisé qui évitera de calculer deux racines carrées par pixel, avec cette valeur il essaiera d'abord un modèle plus simple :

```
tca_correct -o bv myimage.tiff
...
-r 0.0000000:0.0000916:0.0000000:0.9999904 -b 0.0000000:-0.0002397:0.0000000:1.0006490
```

Maintenant ajoutons cela à nos données de calibrage de l'objectif :

```
<lens>
  <maker>Pentax</maker>
  <model>SMC PENTAX DA 12-24mm F/4 ED AL IF</model>
  <mount>Pentax KAF2</mount>
  <cropfactor>1.5</cropfactor>
  <calibration>
    <distortion model="poly3" focal="12" k1="-0.01919" />
    <distortion model="poly3" focal="15" k1="-0.00774" />
    <distortion model="poly3" focal="18" k1="-0.00345" />
    <distortion model="poly3" focal="21" k1="-0.00199" />
    <distortion model="poly3" focal="24" k1="0.00061" />
    <tca model="poly3" focal="12" br="0.0000916" vr="0.9999904" bb="-0.0002397"
vb="1.0006490" />
  </calibration>
</lens>
```

Répétez cette étape pour toutes les longueurs focales calibrées. À la fin vous aurez quelque chose comme cela :

```
<lens>
  <maker>Pentax</maker>
  <model>SMC PENTAX DA 12-24mm F/4 ED AL IF</model>
  <mount>Pentax KAF2</mount>
  <cropfactor>1.5</cropfactor>
  <calibration>
    <distortion model="poly3" focal="12" k1="-0.01919" />
    <distortion model="poly3" focal="15" k1="-0.00774" />
    <distortion model="poly3" focal="18" k1="-0.00345" />
    <distortion model="poly3" focal="21" k1="-0.00199" />
    <distortion model="poly3" focal="24" k1="0.00061" />
    <tca model="poly3" focal="12" br="0.0000916" vr="0.9999904" bb="-0.0002397"
vb="1.0006490" />
    <tca model="poly3" focal="15" br="0.0001253" vr="0.9999184" bb="-0.0002858"
vb="1.0008241" />
    <tca model="poly3" focal="18" br="0.0001204" vr="0.9999075" bb="-0.0001990"
vb="1.0006258" />
    <tca model="poly3" focal="21" br="0.0001063" vr="0.9999562" bb="-0.0001477"
vb="1.0005692" />
    <tca model="poly3" focal="24" br="0.0000982" vr="1.0000005" bb="-0.0001137"
vb="1.0004136" />
  </calibration>
</lens>
```

Calcul du vignetage des objectifs

Source : <http://lensfun.berlios.de/lens-calibration/lens-vignetting.html>

La création d'un modèle de vignetage est une tâche très problématique. Le problème est que ce vignetage dépend non seulement de la longueur focale, comme de la TCA et la distorsion. Il dépend aussi de l'ouverture et la distance de mise au point. Cela implique que le nombre de photos de test requis, pour obtenir un bon modèle de vignetage, est exponentiel.

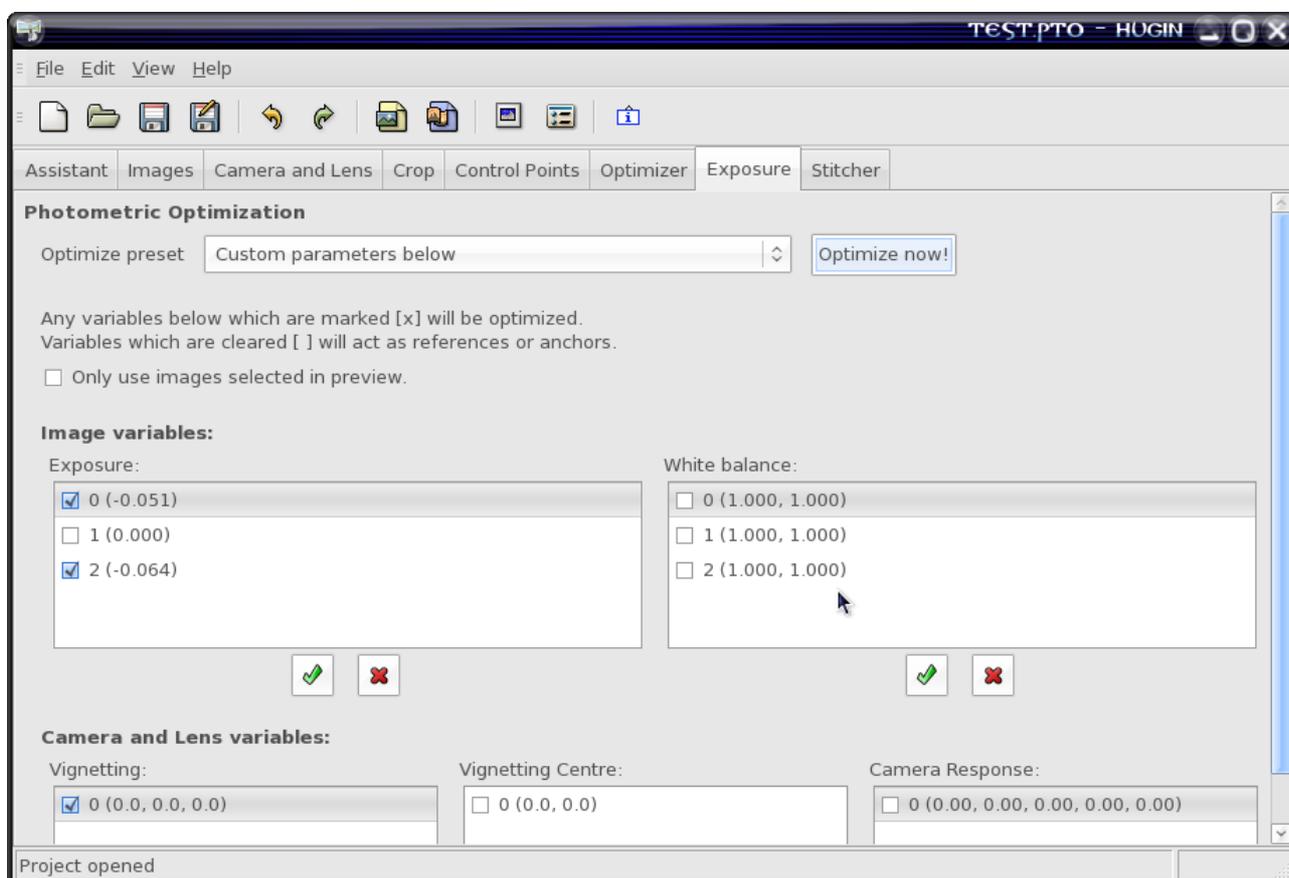
Hugin utilise l'équation suivante pour la modélisation du vignetage des objectifs :

$$Cd = Cs.(1 + k1.R^2 + k2.R^4 + k3.R^6)$$

(Où Cd est la résultante couleur et Cs est la composante de la source de couleur (quelque soit la couche : rouge, vert ou bleu)).

Les bonnes nouvelles sont que Hugin peut automatiquement calculer les paramètres k1, k2 et k3. Les mauvaises nouvelles sont que vous devrez utiliser au moins deux (j'en ai utilisé trois) photos pour chaque triplet focal/ouverture/distance et vous devrez d'abord les aligner correctement (pour calculer par exemple les paramètres de distorsion comme décrit dans le chapitre « Calcul de la distorsion des objectifs ». Si les images ne seront pas alignées (vérifiez-le avec le bouton de prévisualisation), les paramètres de vignetage calculés seront totalement faux.

Maintenant après que vous aillez aligner correctement les images, allez à l'onglet "Exposition" et choisissez les paramètres suivants pour l'optimisation :



Comme dans le cas de la distorsion, assurez-vous que les paramètres que nous n'avons pas besoin soient mis à leurs valeurs par défaut. Si ce n'est pas le cas, allez à l'onglet correspondant et rectifiez-les.

Appuyez sur le bouton "Optimiser" et si tout ce passe bien, vous obtiendrez les paramètres calculés k1, k2 et k3. Prenez-les dans l'onglet "Appareil photo et objectif" -> onglet "Photométrie" et reportez-les dans la base de données. Répétez les différentes étapes pour chaque jeu de photos de test que vous avez réalisés. Dans mon cas, j'ai obtenu cela :

```
<lens>
  <maker>Pentax</maker>
  <model>SMC PENTAX DA 12-24mm F/4 ED AL IF</model>
  <mount>Pentax KAF2</mount>
  <cropfactor>1.5</cropfactor>
  <calibration>
    <distortion model="poly3" focal="12" k1="-0.01919" />
    <distortion model="poly3" focal="15" k1="-0.00774" />
    <distortion model="poly3" focal="18" k1="-0.00345" />
    <distortion model="poly3" focal="21" k1="-0.00199" />
    <distortion model="poly3" focal="24" k1="0.00061" />
    <tca model="poly3" focal="12" br="0.0000916" vr="0.9999904" bb="-0.0002397"
vb="1.0006490" />
    <tca model="poly3" focal="15" br="0.0001253" vr="0.9999184" bb="-0.0002858"
vb="1.0008241" />
    <tca model="poly3" focal="18" br="0.0001204" vr="0.9999075" bb="-0.0001990"
vb="1.0006258" />
    <tca model="poly3" focal="21" br="0.0001063" vr="0.9999562" bb="-0.0001477"
vb="1.0005692" />
    <tca model="poly3" focal="24" br="0.0000982" vr="1.0000005" bb="-0.0001137"
vb="1.0004136" />
    <vignetting model="pa" focal="12" aperture="4.5" distance="100" k1="-0.19267"
k2="0.09379" k3="-0.38938" />
    <vignetting model="pa" focal="15" aperture="4.5" distance="100" k1="-0.08756"
k2="-0.28192" k3="0.06908" />
    <vignetting model="pa" focal="18" aperture="4.5" distance="100" k1="-0.05982"
k2="-0.45748" k3="0.25039" />
    <vignetting model="pa" focal="21" aperture="4.5" distance="100" k1="-0.28874"
k2="-0.06687" k3="0.09488" />
    <vignetting model="pa" focal="24" aperture="4.5" distance="100" k1="-0.44227"
k2="0.2599" k3="-0.09436" />
  </calibration>
</lens>
```

Ajouter les mesures au fichier XML de Lensfun

Une fois l'objectif caractérisé et les données compilées dans le fichier ci-dessus, il faudra l'intégrer dans le fichier correspondant qui se trouve dans :

```
/usr/share/lensfun/
```

Dans notre cas, c'est le fichier relatif à la marque Pentax qu'il faudra compléter.
Soit sous GNU/Linux :

```
/usr/share/lensfun/slr-pentax.xml
```

et sous Windows XP, il n'existe pas de binaire directement installable, par contre UFRaw embarque Lensfun, dans ce cas, les fichiers descriptifs XML se trouvent dans :

```
C:\Programs files\GIMP-2.0\share\lensfun\
```

Le fichier sera donc :

```
C:\Programs files\GIMP-2.0\share\lensfun\slr-pentax.xml
```

N'oubliez pas de transmettre vos mesures à l'auteur de Lensfun afin qu'il puisse les intégrer aux prochaines version du logiciel pour que tout le monde puisse en profiter :

<http://lensfun.berlios.de/>