



# Authentification et analyse de photos/vidéos de PAN

*CAIPAN 2014*

*CNES - Paris, 8-9 juillet*

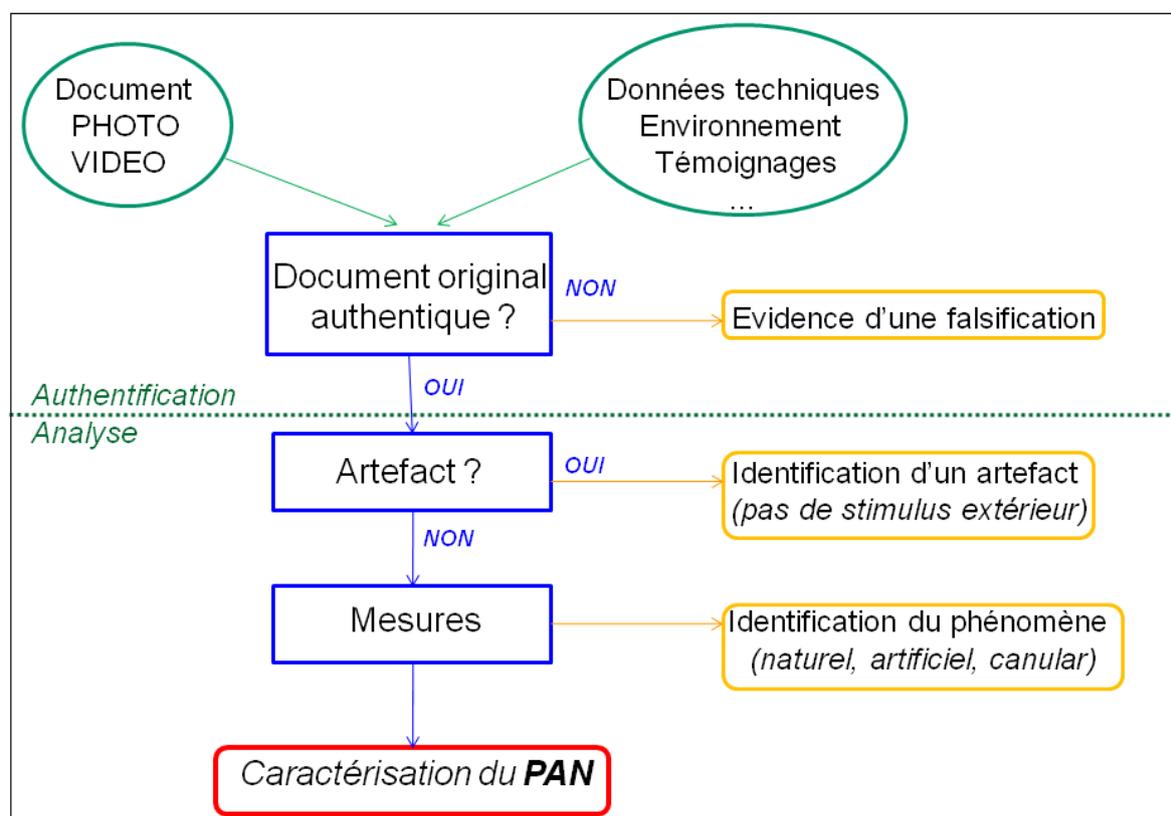
*François Louange, consultant*

*Antoine Cousyn, analyste*

*Geoff Quick, consultant*

# Authentification et analyse de photos/vidéos de PAN

Que peut-on faire d'une photo/vidéo ?



## Etape n° 1: Authentification du document

Le premier point à déterminer à propos d'un document donné est de savoir s'il s'agit d'un "original authentique".

En photographie argentique, un **document original** est défini comme un film (négatif noir et blanc, couleur ou diapositive). En photographie numérique, un fichier photo est réputé **original** s'il résulte d'une simple copie directe (sous Windows, Linux, Mac OS...) du fichier originellement créé dans la caméra, et si la photo a été prise sans activer de traitement ni d'incrustation avec une option en ligne.

La phase d'authentification peut être divisée en deux parties :

1. Une vérification de tous les marqueurs et balises (métadonnées EXIF, IPTC, XPM, JPEG), susceptibles d'indiquer par la suite une possible manipulation du document photo/vidéo.
2. Comparaison avec une base de données contenant toutes les caractéristiques techniques d'un modèle de caméra donné.

## Etape n° 2: Identification d'un artefact

Lorsque, dans un document photo/vidéo original, un objet ou un phénomène est *a priori* non identifié, le point suivant consiste à établir si cet objet apparent résulte ou non d'un **stimulus externe** à l'appareil de prise de vue.

Il est bien connu que de nombreux « objets » apparents étranges correspondent, en fait, à des cas d'artefacts apparaissant sur des photographies, créés par une variété d'effets internes pouvant se produire dans le système imageur :

- dans l'optique (poussière, réflexions internes, fuites de lumière)
- sur le capteur photosensible (pellicule en photographie argentique, matrice de photosites (CCD) en photographie numérique)
- dans le processus de codage (compression) du fichier image

À cela s'ajoutent tous les cas de supercherie et de montage d'images que la micro-informatique moderne met désormais à la portée de tous. En principe, ces cas doivent avoir été éliminés dans le cadre de l'Etape n° 1.

La démonstration de l'absence de tout stimulus extérieur clôt définitivement l'analyse d'une image.

## Etape n° 3: Analyse et mesure

S'il peut être établi qu'il existait bien un stimulus extérieur au système de prise de vue, la question suivante est de savoir si celui-ci était lié à la présence physique d'un **objet matériel** dans la scène, ou au contraire à celle d'un phénomène immatériel, purement lumineux.

Dans la seconde hypothèse, il pouvait s'agir d'un phénomène naturel (atmosphérique, météorologique, astronomique) ou au contraire artificiel (phare, faisceau laser, hologramme).

Que le stimulus soit un objet matériel ou non, le travail d'analyse du document vise essentiellement à en identifier la nature exacte, de façon certaine et définitive si c'est possible, ou – à défaut – avec une probabilité estimée.

Dans le cas où la nature du phénomène ne peut vraiment pas être identifiée, le but de l'analyse est alors de **caractériser le phénomène inexpliqué** aussi objectivement et précisément que possible, à travers des paramètres quantitatifs qui peuvent être mesurés sur l'image : distance de la caméra, taille, vitesse, accélération, couleur, énergie... C'est la méthodologie de base de toutes les sciences de l'observation.

## Spécificités de la vidéo

Une séquence vidéo peut être considérée comme une succession d'images (trames). Son analyse requiert des outils efficaces, tels que :

- Visualisation souple (ralenti, image par image)
- Extraction d'une image ou d'une séquence d'images pour analyse ultérieure
- Désentrelacement de trame dans certains cas

Par ailleurs, bien sûr, la vidéo permet l'évaluation de trajectoires, de vitesses et d'accélération.

## Un outil logiciel spécialisé : IPACO

En coopération contractuelle avec le CNES/GEIPAN, François Louange a développé depuis 2009 le logiciel IPACO, avec pour unique but de fournir à l'analyste de photos/vidéos de PAN un outil spécifique facile d'emploi, satisfaisant la plupart des besoins pour des investigations en profondeur.

Ce logiciel est basé sur l'architecture existante d'un outil de renseignement opérationnel, avec un re-design approprié adapté aux besoins spécifiques de la problématique PAN. Il est en état d'évolution permanente.

Tous les types de mesure présentés dans ce papier sont facilement réalisables avec IPACO, qui gère automatiquement toutes les métadonnées associées aux documents analysés pour effectuer les calculs. Des outils puissants d'expertise en authentification sont également disponibles pour établir rapidement l'authenticité d'une image ou d'un ensemble d'images à partir de toutes les métadonnées disponibles, dont certaines sont bien documentées (métadonnées EXIF), d'autres plus difficiles à extraire et moins connues des fraudeurs.

IPACO fonctionne en anglais et en français. L'extension future à toute autre langue a été prévue et sera facile à implanter sur demande, à travers des coopérations appropriées.

Cet outil logiciel est présenté en détail, ainsi que la méthodologie associée et des galeries d'exemples concrets, sur le site Internet spécialisé [www.ipaco.fr](http://www.ipaco.fr) (en anglais et en français).

# Photo/vidéo : Authentification

Dans le monde d'aujourd'hui, plus que jamais numérisé, la « *guerre de l'information* » prend tout son sens, en particulier lorsqu'il s'agit de photographies ou de vidéos.

L'image détient un vrai pouvoir, tant nous lui associons les notions de « *vrai* » ou de « *faux* » dans les médias, en particulier la télévision et encore plus Internet.

De nos jours, cependant, qui peut prétendre être certain de l'information véhiculée par les images dont nous sommes constamment inondés?



Source: galerie Flickr de l'utilisateur "mchoven" (sous licence Creative Commons)

Il existe maintes façons de truquer un document afin de manipuler l'information transmise. Cela peut être fait en recoupant l'image, par "embossing", filtrage, manipulation des métadonnées, etc.

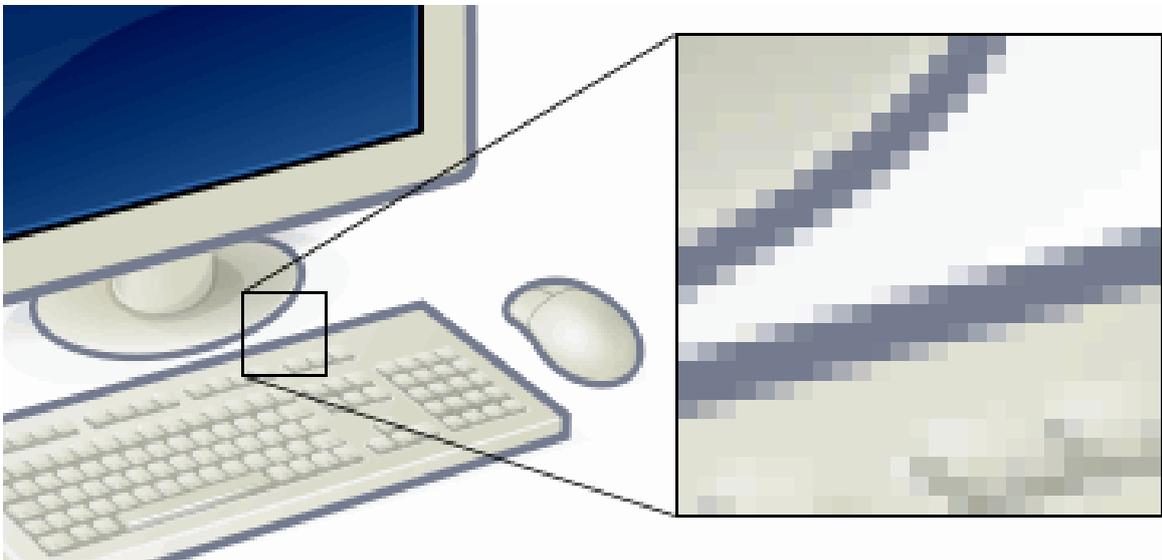
L'objectif ici est de montrer que des solutions de détection de ces différentes méthodes de trucage existent, grâce à des logiciels soit dédiés soit intégrés.

## Définitions

### Qu'est-ce qu'une photographie numérique ?

C'est un fichier électronique composé de deux parties :

1. **L'image elle-même** formée de pixels (unité de mesure de base pour une matrice d'image numérique) et créée par la caméra (avec son "firmware").



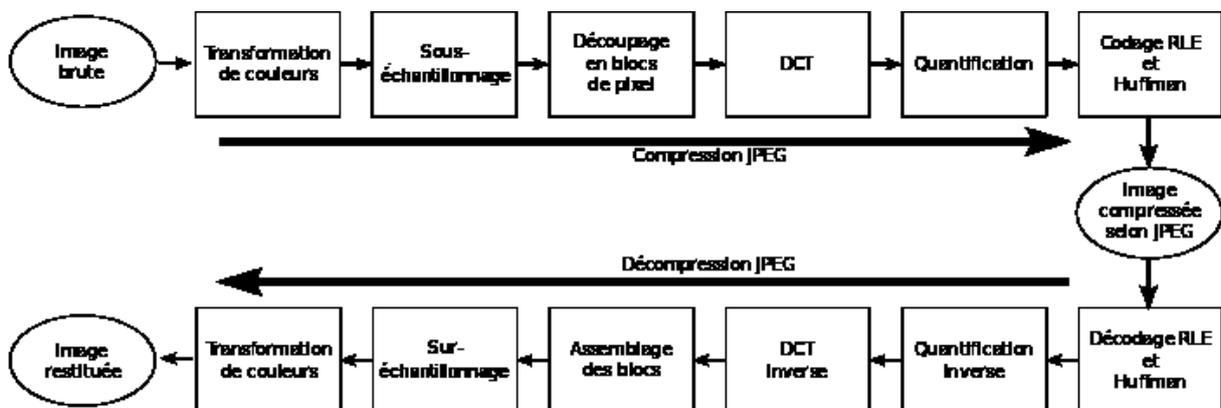
*Portion d'une image numérique très agrandie : les pixels apparaissent comme des petits carrés (Image sous licence GNU)*

La grande majorité des images créées dans le monde par les appareils photographiques le sont sous la norme de compression standard "jpeg", qui est, dans la plupart des cas, irréversiblement destructrice en termes d'information, mais très pratique en termes de gain de place.



*Exemple de la dégradation de la qualité d'une image résultant du ratio de compression appliqué de façon décroissante à l'image brute (de gauche à droite)  
(Image libre de droits)*

La création d'une image compressée avec ce standard s'effectue grâce à un processus comprenant six étapes bien définies: transformation des couleurs, sous-échantillonnage, découpage en blocs de pixels, transformée en cosinus discrète (DCT), quantification et codage entropique, compression RLE et Huffman.



*Processus de base séquentielle du codage et du décodage JPEG*

Ces fonctions de compression sont parfois effectuées de façon très différente selon les algorithmes utilisés par les constructeurs des appareils photographiques numériques et des logiciels de retouche, lesquels implantent ainsi ce que nous pourrions appeler leur propre « *signature de compression* ».

En conséquence, tout usage d'un logiciel de retouche sur un fichier jpeg original est hautement susceptible de modifier une ou plusieurs de ces six étapes de façon irréversible en remplaçant les données natives par celles du logiciel.

**2. Les métadonnées**, créées par ce même appareil, qui spécifient en particulier les conditions de la prise de vue, pouvant être éventuellement modifiées et complétées par divers logiciels utilisés avec l'image, que ce soit pour des raisons de copie, de stockage ou de modification.

Ce terme générique, largement employé dans le milieu de la photographie et de la vidéo, regroupe tout un ensemble de données associées à un fichier donné, définissant et décrivant ce fichier de façon plus ou moins précise.

En photographie numérique, les **métadonnées Exif** décrivent :

- *les paramètres de l'appareil*: la marque et le modèle,
- *les réglages* utilisés lors de la prise de vue : longueur focale, valeur de l'ouverture du diaphragme, utilisation du flash ...

Et, de façon optionnelle:

- *les données de géolocalisation* ("GPS").
- *les données de droit d'auteur* ("copyright").

Nous retiendrons également les paramètres colorimétriques (**métadonnées ICC**) et les données utilisées par les photographes, agences de presse et journaux (**métadonnées IPTC**).

Ces données ont été largement étendues depuis 2001 avec les **métadonnées XMP**, extensibles aux autres formats (photo et vidéo), utilisables en Unicode et particulièrement employées par les logiciels de retouche.

Comment		EXIF data	IPTC data	Custom view
<b>Camera</b>				
Make	Canon			
Model	Canon PowerShot A720 IS			
Date modified	2012:07:07 21:09:36			
Orientation	1			
X-Resolution	180/1			
Y-Resolution	180/1			
Resolution unit	2			
YCbCr-Positioning	1			
<b>Image</b>				
Date taken	2012:07:07 21:09:36			
Date digitized	2012:07:07 21:09:36			
Exposure time [s]	1/320			
Exposure mode	0			
Exposure bias [EV]	0/3			
F-Number	45/10			
Focal length [mm]	26749/1000			
ISO value	80			
Shutter speed [s]	266/32			
Aperture	139/32			
Max. aperture	139/32			
Digital zoom	3264/3264			
Flash	24			
Metering mode	5			
White balance	0			
Colour space	1			
Sensing method	2			
File source	L			
Custom rendered	0			
Subject program	0			
Image width	3264			
Image height	2448			
Components configuration	01 02 03 00			
Average compression ratio	5/1			
Focal plane X resolution	3264000/225			
Focal plane Y resolution	2448000/169			
Focal plane res. unit	2			
EXIF version	0220			
FlashPix version	0100			
Makernote	1C 00 01 00 03 00 30 00 00 00 08 04 00 00 02 00			
<b>Thumbnail</b>				
Compression	6			
X-Resolution	180/1			
Y-Resolution	180/1			
EXIF thumbnail				
				

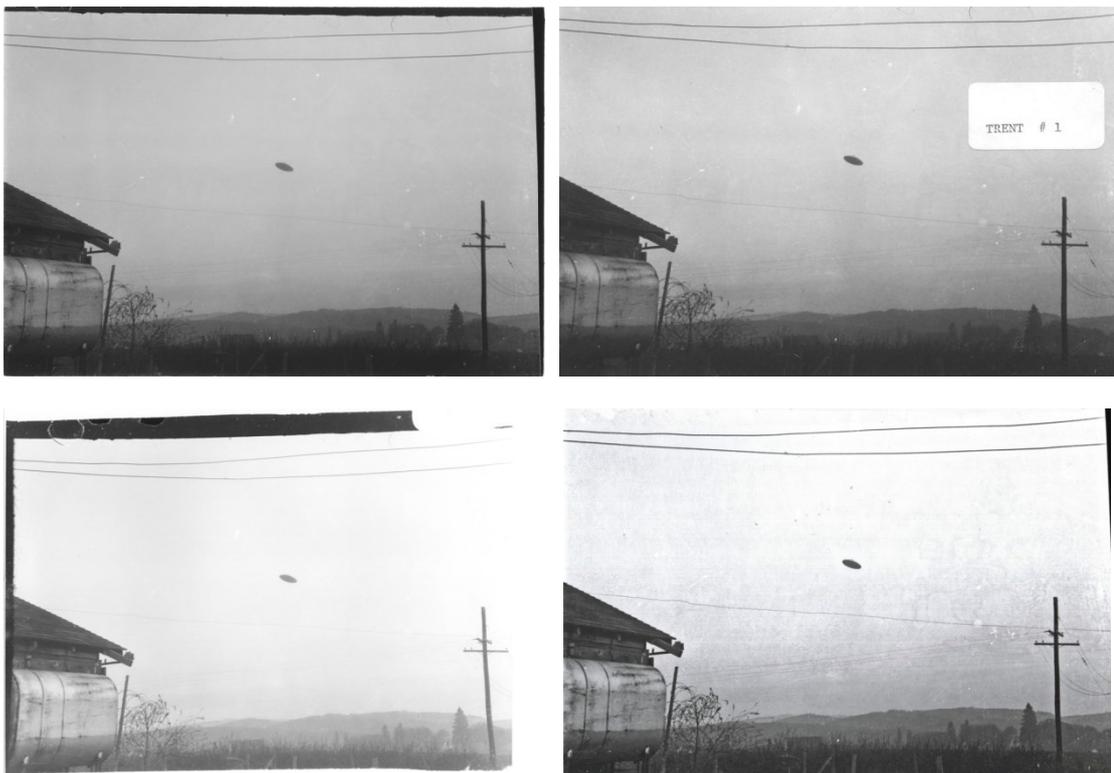
Exemple de métadonnées associées à un fichier .jpeg, lues avec "EXIFer"

## Qu'est-ce qu'une photographie originale authentique ?

- En photographie *argentique*, un *document original* est nécessairement un film (négatif noir et blanc, couleur ou diapositive).

Cette définition exclut tout document de « *seconde main* », tels que tirages, scans de tirages, etc. En effet, le processus utilisé pour créer ces documents « *intermédiaires* » peut déformer des données utiles (valeurs RGB, luminance, ratio hauteur/largeur, parties recoupées ...).

Par exemple, les photographies de McMinnville existent dans différentes versions imprimées/scannées qui ont été créées depuis le film original avec divers réglages de scans et d'impression :



Dans ce cas, l'analyste devra choisir, en l'absence du film original, le meilleur document de « *seconde main* » (le plus large ou le plus « *lourd* », par exemple), issu de la source la plus fiable.

- En photographie *numérique*, un fichier photographique est réputé *original* s'il résulte d'une copie simple et directe (sous Windows, Linux, Mac OS...) du fichier créé à l'origine dans l'appareil photo, et si l'image a été faite sans activer aucune option de traitement ou d'incrustation depuis le boîtier.

Les exemples suivants montrent ce qu'il est possible de faire grâce à l'option "custom process" activée durant la prise de vue avec certains appareils. La dernière image est l'originale est la seule pouvant être utilisée par l'analyste.



# Stratégie d'expertise pour l'authentification

## Outils existants

Jusqu'à présent, l'analyste devait composer avec des logiciels divers qui l'aidaient, dans certaines conditions, à analyser de façon correcte les photos et vidéos de PAN.

Le travail était laborieux car il devait jongler avec de nombreux outils qui n'étaient absolument pas prévus pour l'analyse des documents PAN.

### ➤ Lecture et interprétation des métadonnées

Il existe de nombreux outils plus ou moins complets permettant de gérer les différents types de métadonnées : *Exifer*, *EXIFTool*, *XnView*, etc.

Le plus complet d'entre eux est sans conteste *EXIFTool*, qui permet une gestion complète (ajout, suppression et modification) de toutes les métadonnées de nombreux types de fichiers, incluant bien sûr le format jpeg, en ligne de commande.



```
CAUsers\maison\Desktop\exiftool(-k).exe
ExifTool Version Number : 8.51
File Name : BW32ft.JPG
Directory : C:/Users/maison/Desktop
File Size : 6.4 MB
File Modification Date/Time : 2013:08:20 23:31:40+02:00
File Permissions : rw-rw-rw-
File Type : JPEG
MIME Type : image/jpeg
Exif Byte Order : Big-endian (Motorola, MM)
Make : NIKON CORPORATION
Camera Model Name : NIKON D5000
Orientation : Horizontal (normal)
X Resolution : 300
Y Resolution : 300
Resolution Unit : inches
Software : Ver.1.00
Modify Date : 2013:07:27 13:05:31
Y Cb Cr Positioning : Co-sited
Exposure Time : 1/400
F Number : 10.0
Exposure Program : Not Defined
ISO : 200
Exif Version : 0221
Date/Time Original : 2013:07:27 13:05:31
Create Date : 2013:07:27 13:05:31
Components Configuration : Y, Cb, Cr, -
Compressed Bits Per Pixel : 4
Exposure Compensation : 0
Max Aperture Value : 3.5
Metering Mode : Multi-segment
Light Source : Unknown
Flash : Auto, Did not fire
Focal Length : 18.0 mm
Maker Note Version : 2.10
Quality : Fine
White Balance : Auto
Focus Mode : AF-A
Flash Setting : Normal
Flash Type :
White Balance Fine Tune : 0 0
WB RB Levels : 1.99609375 1.16796875 1 1
Program Shift : 0
Exposure Difference : 0
Compression : JPEG (old-style)
Preview Image Start : 10392
Preview Image Length : 23281
Flash Exposure Compensation : 0
ISO Setting : 200
```

Exemple de lecture de métadonnées en utilisant EXIFTool

Malheureusement, EXIFTool ne permet pas de distinguer de façon automatique les différents types de métadonnées. En effet, la détermination d'une éventuelle modification du fichier n'est pas dans ses attributs, surtout lorsqu'il s'agit de documents montrant de supposés PAN.

➤ Détermination de la modification de la signature de compression jpeg

Très peu de systèmes sont capables de détecter de telles modifications complexes.

Nous retiendrons l'excellent *JPEGsnoop*, qui est capable de lire intégralement le processus de compression jpeg d'une image et de le comparer à une base de données existante.

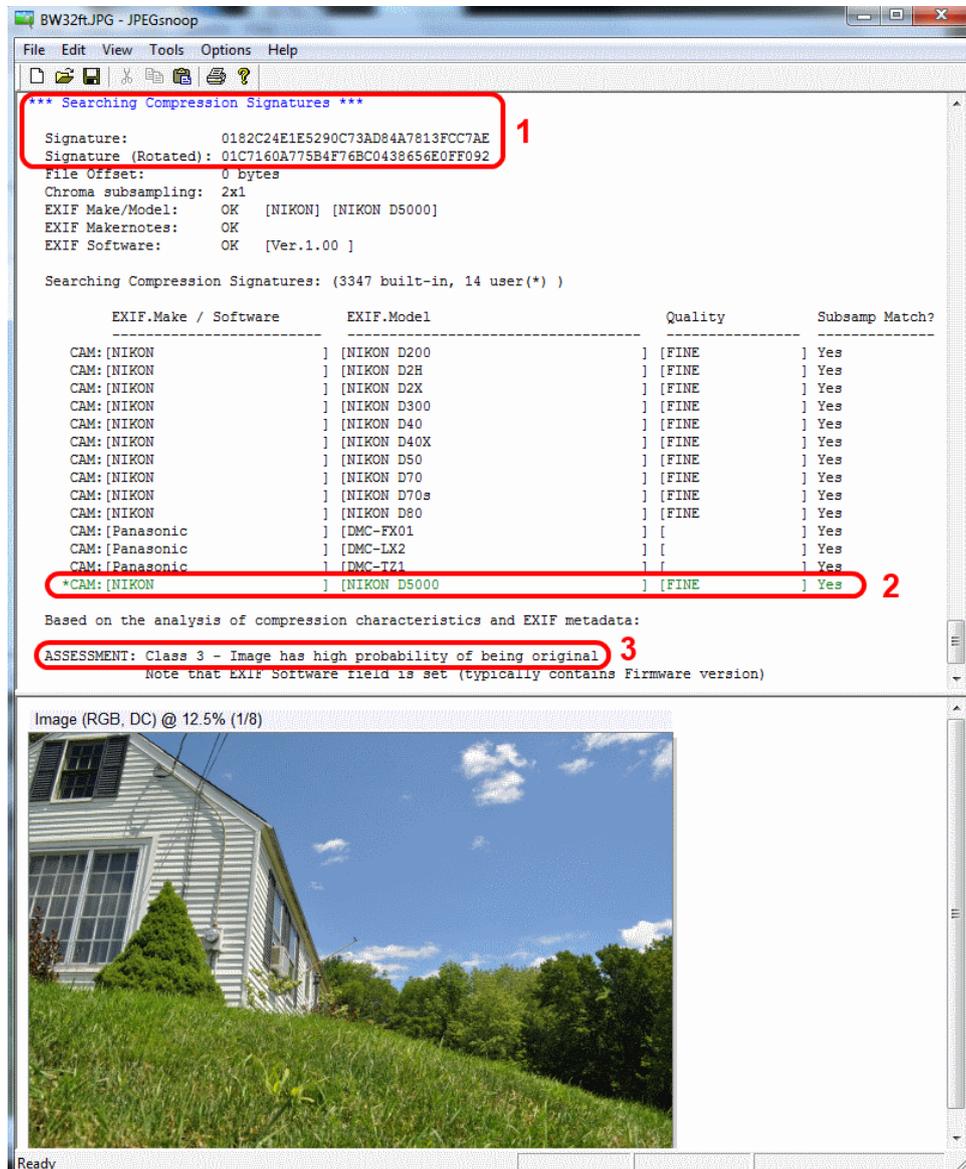
Les résultats sont exposés sous la forme d'un court résumé de la façon suivante :

- Signature de compression.
- Appareil utilisé (si détecté).
- Logiciel de retouche utilisé (si détecté).
- Estimation de la probabilité que l'image soit retouchée.

**Un exemple concret:**



La lecture du fichier ci-dessus avec *JPEGSnoop* nous donne les résultats suivants :

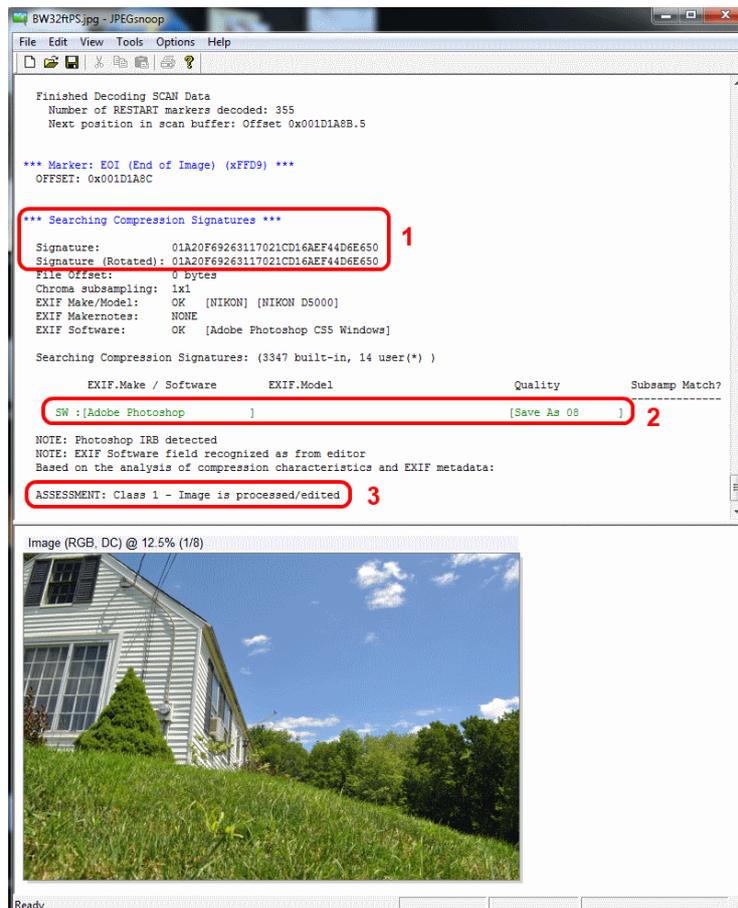


En '1' se trouve la signature de compression du fichier jpeg.

En '2' se trouve le nom et le modèle de l'appareil photo dont la signature de compression, issue de la base de données, est identique à celle déterminée en '1'.

En '3' se trouve la conclusion finale: **"L'image est très probablement originale."**

Une modification de l'image, même minime, avec un logiciel de retouche bien connu, transforme radicalement les résultats:



En '1' se trouve toujours la signature de compression du fichier jpeg, mais celui-ci est totalement différent de celle issue du fichier original. Cela met en évidence l'utilisation d'un logiciel de retouche.

En '2' se trouve le nom du logiciel dont la signature de compression, issue de la base de données, est identique à celle déterminée en '1'.

En '3' se trouve la conclusion finale: **"L'image est retouchée/modifiée."**

Il est important de noter que, pour la plupart des logiciels de retouche d'images, le simple fait d'ouvrir l'image originale dans le logiciel et de la sauvegarder en ne faisant aucune modification suffit à modifier sa signature de compression jpeg.

Nous pouvons enfin noter que *JPEGsnoop* inclut également avantageusement l'étude comparative des métadonnées, avec toutefois quelques limitations, essentiellement dues à l'intégration et à la mise à jour de sa base de données.

## Un nouvel outil dédié: IPACO

IPACO fournit un ensemble de fonctionnalités d'authentification, divisées en deux parties:

### **1. Une vérification de tous les marqueurs et balises associés** (Métadonnées EXIF, IPTC, XPM, JPEG), pouvant par la suite indiquer une possible manipulation du document photo/vidéo.

Les causes principales de suspicion sont les suivantes :

- Utilisation d'un logiciel de retouche d'images.
- Utilisation, à partir de l'appareil, d'une option « *custom process* ».
- Dernière date de modification différente de celle de la prise de vue ou de celle de la numérisation.
- Absence de vignette (possiblement supprimée afin de cacher une fraude).
- Présence de balises IPTC (jamais créées au moment de la prise de vue).
- Présence de balises XMP (idem), excepté pour certaines balises spécifiques automatiquement générées par certains appareils.

Quelques autres marqueurs, moins connus et plus difficiles à extraire, permettent à IPACO d'établir qu'une image est passée à travers un logiciel de retouche, même si toutes les balises habituelles ont été modifiées. Pour des raisons évidentes, nous ne donnerons ici pas plus de détails.

La vérification peut être effectuée soit sur un fichier unique, préalablement importé dans IPACO, avec la fonction "**Balises suspectes**" ou sur un ou plusieurs fichiers, non importés dans IPACO, avec la fonction « **Vérification à distance** ».

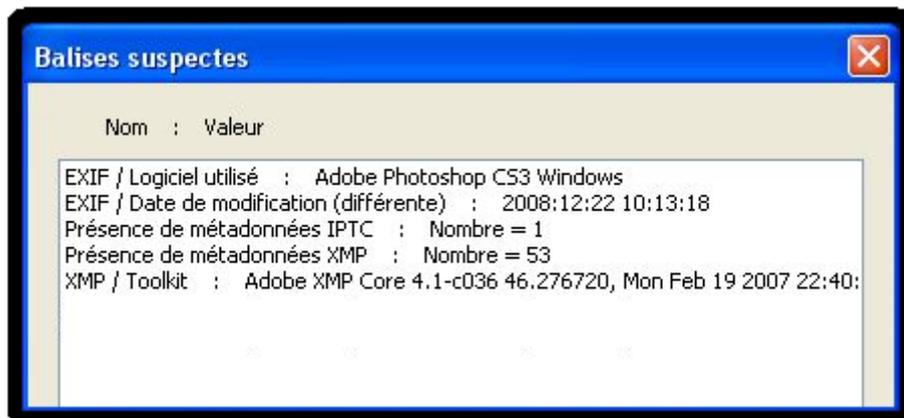
(Dans la version actuelle d'IPACO, cette fonction est opérationnelle seulement avec les fichiers au format **JPEG**)

- **Fonction « Balises suspectes »**

Une fois le fichier importé dans IPACO, si aucune balise suspecte n'est détectée dans les métadonnées de l'image en question, le message suivant apparaît :



Si, au contraire, des balises suspectes sont détectées, elles sont listées à l'attention de l'analyste :



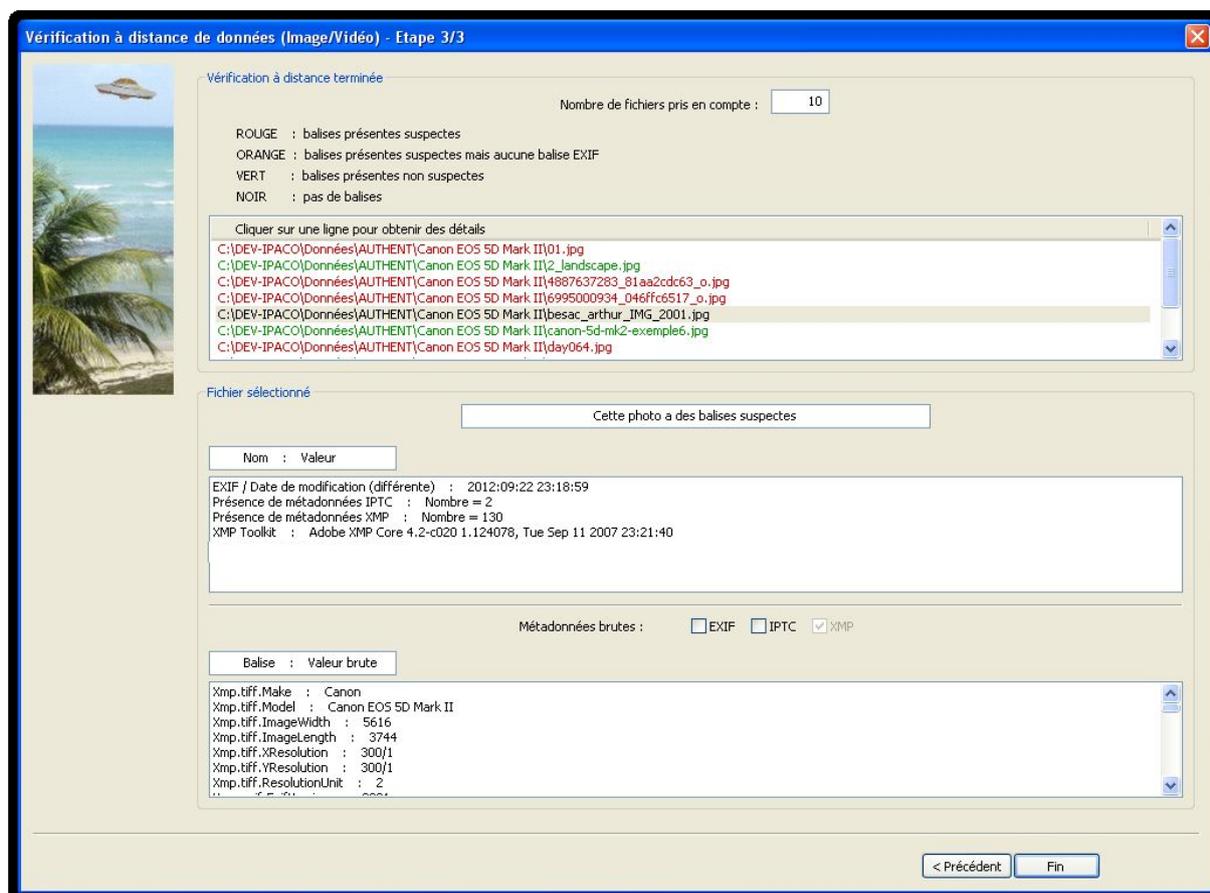
- **Fonction « Vérification à distance »**

Cette fonction est utilisée afin de rapidement établir l'authenticité d'une ou de plusieurs photographies, présentes dans un dossier donné lisible par IPACO, sans avoir à importer ces photos dans IPACO. Les principes sont identiques à ceux de la fonction « **Balises suspectes** ».

Une fois les fichiers sélectionnés, ceux qui sont conformes à leur format standard sont immédiatement répertoriés (les fichiers non conformes produisent un message d'erreur et sont ignorés), en 4 couleurs différentes:

- **Vert**: aucune balise suspecte détectée (image originale)
- **Rouge**: balises suspectes détectées
- **Orange**: balises suspectes détectées, mais aucune balise EXIF présente
- **Noir**: absence de balises

Le nombre des fichiers effectivement vérifiés est visible. Les détails concernant un fichier donné peuvent être obtenus en cliquant sur son nom, de même que les contenus bruts des balises EXIF, IPTC ou XMP, si elles sont présentes :



**2. La comparaison avec une base de données technique**  
enregistrant toutes les données techniques pour un appareil donné.

L'utilisation d'une base de données technique d'appareils photos contenant toutes les données utiles pour chaque modèle d'appareil (tailles d'image, vitesse d'obturation, fréquence du flash, signature de la compression JPEG, etc.) permet à l'analyste de déterminer, parmi beaucoup d'autres choses, si la taille de l'image est conforme à toutes les tailles possible de l'image pour l'appareil photo en question, indiquant ainsi si l'image est recoupée ou non.

Une telle base de données spécifique « CamCAT », connectée avec IPACO, est actuellement en cours d'implantation.

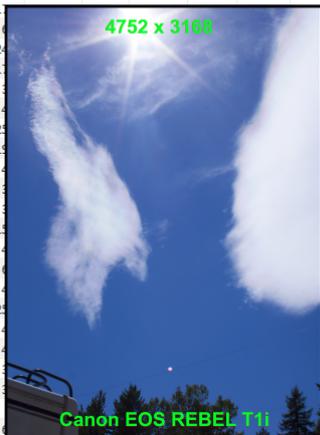
**Un exemple concret:**



La photographie ci-dessus a été faite avec un Canon EOS Rebel T1i et possède une taille de 2435 x 3168 pixels.

Une vérification rapide interactive avec IPACO et la base de données montre clairement que cette taille n'est pas une taille native pour cet appareil photo; en revanche, elle pourrait être par exemple de 4752 x 3168 pixels, ce qui signifie que la photographie originale a été délibérément recoupée afin de cacher la source de lumière (le soleil ici) produisant le reflet lumineux dans le système de lentilles de l'appareil.

ID	Make	Type	Camera Model Name	Image Size	Sens	Se	Imz	Image	Ima	Image	Flast	Flash	Burs	Exp	Exposure	F Numl	F Nui	F	
1	Canon	Camera	Canon EOS 5D Mark II	2784x1856; 3861x2574; 4080x2720	24	36	2784	5616	1856	3744				3,9	30,00	0,00012500	1,0	91,0	
2	Canon	Camera	Canon EOS 7D	2592x1728; 3456x2304; 3888x2592	14,9	22,3	2592	5184	1728	3456				8	30,00	0,00012500			
3	Canon	Camera	Canon EOS REBEL T2i; Canc	2592x1728; 3456x2304; 5184x3456	14,9	22,3	2592	5184	1728	3456				3,7	30,00	0,00025000	1,0	91,0	
4	Canon	Camera	Canon EOS REBEL T3i; Canc	2592x1728; 3456x2304; 5184x3456	14,9	22,3	480	5184	480	3456				3,7	30,00	0,00025000	1,0	91,0	
5	Canon	Camera	Canon EOS 60D	2592x1728; 3456x2304; 3888x2592	14,9	22,3	480	5184	400	3456				5,3	30,00	0,00012500			
6	Canon	Camera	Canon EOS 5D Mark III	1920x1280; 720x480; 5760x3840; 3	24	36	720	5760	480	3840				6,0	30,00	0,00012500			
7	Canon	Camera	Canon EOS REBEL T3; Cano	1920x1280; 720x480; 4272x2848; 3	14,7	22,2	720	4272	480	2848				3	30,00	0,00025000			
8	Canon	Camera	Canon EOS REBEL T1i; Canc	3456x2304; 4752x3168; 2353x1568	14,9	22,3	2353	4752	1568	3168				3,4	30,00	0,00025000	1,0	91,0	
9	Canon	Camera	Canon EOS DIGITAL REBEL	4272x2848; 3088x2056; 2256x1504	14,8	22,2	2256	4272	1504	2848				3,5	30,00	0,00025000	1,0	91,0	
10	Canon	Camera	Canon EOS DIGITAL REBEL	3888x2592; 2816x1880; 1936x1288	14,8	22,2	1936	3888	1288	2592				3	30,00	0,00025000	1,0	91,0	
11	Canon	Camera	Canon EOS DIGITAL REBEL	3888x2592; 2816x1880; 1936x1288	14,8	22,2	1936	3888	1288	2592				3	30,00	0,00025000	1,0	91,0	
12	Canon	Camera	Canon EOS 50D	3456x2304; 4752x3168; 2353x1568	14,9	22,3	2353	4752	1568	3168				6,3	30,00	0,00012500	1,0	91,0	
13	Canon	Camera	Canon EOS 40D	3888x2592; 2816x1880; 1936x1288	14,8	22,2	1936	3888	1288	2592				6,5	30,00	0,00012500	1,0	91,0	
14	Canon	Camera	Canon EOS REBEL T4i; Canc	2592x1728; 3456x2304; 5184x3456	14,9	22,3	5184	480	3456					5	30,00	0,00025000			
15	Canon	Camera	Canon EOS DIGITAL REBEL	3456x2304; 2496x1664; 1728x1152	14,8	22,2	1728	3456	1152	2304				3	30,00	0,00025000	1,0	91,0	
16	Canon	Camera	Canon EOS 5D	3688x2912; 3168x2112; 2496x1664	23,9	35,8	2496	4368	1664	2912				3	30,00	0,00012500	1,0	91,0	
17	Canon	Camera	Canon EOS 6D	1920x1280; 720x480; 5472x3648; 3	24	36	720	5472	480	3648				4,5	30,00	0,00025000			
18	Canon	Camera	Canon PowerShot G12	640x480; 1920x1080; 480x480; 281	5,58	7,44	480	3648	384	2736	7,00	4,00		2	15,00	0,00025000	2,8	4,5	
19	Canon	Camera	Canon EOS 20D	3504x2336; 2544x1696; 1728x1152	15	22,5	1728	3504	1152	2336				5	30,00	0,00012500	1,0	91,0	
20	Canon	Camera	Canon PowerShot SX40 HS	640x480; 1920x1080; 480x480; 281	4,55	6,17	480	3648	281	2048				3	15,00	0,00031250	2,7	5,8	
21	Canon	Camera	Canon EOS-1D Mark IV	4896x3264; 4320x2880; 3552x2368	18,6	27,9	2400	4896	2368	3264				10	30,00	0,00012500			
22	Canon	Camera	Canon EOS 30D	3504x2336; 2544x1696; 1728x1152	15	22,5	1728	3504	1152	2336				5	30,00	0,00012500	1,0	91,0	
23	Canon	Camera	Canon PowerShot S95	640x480; 1920x1080; 480x480; 281	5,58	7,44	480	3648	281	2048				9	15,00	0,00062500	2,0	4,9	
24	Canon	Camera	Canon PowerShot S100; Ce	640x480; 1920x1080; 480x480; 281	5,58	7,44	480	3648	281	2048				6	15,00	0,00050000	2,0	5,9	
25	Canon	Camera	Canon EOS-1D X	2592x1728; 3456x2304; 5184x3456	24	36	2592	5184	1728	3456				14	30,00	0,00012500			
26	Canon	Camera	Canon EOS-1D Mark III	3456x2304; 3888x2592; 2816x1880	18,7	28,1	1880	3888	1880	2592				10	30,00	0,00012500			
27	Canon	Camera	Canon PowerShot SX50 HS	640x480; 1920x1080; 480x480; 281	4,55	6,17	480	3648	281	2048				2	15,00	0,00050000	3,4	6,5	
28	Canon	Camera	Canon PowerShot SX30 IS	3072x2304; 640x480; 320x240; 160	4,55	6,17	320	3072	240	1600				6	15,00	0,00031250	2,7	5,8	
				640x480; 3648x2736; 3648x2048; 2	5,58	7,44	480	3648	2048	2736				1	15,00	0,00025000	2,8	4,5	
				3072x2048; 2048x1360; 1536x1024	15,1	22,7	1024	3072	1360	2048				5	30,00	0,00025000	1,0	91,0	
				640x480; 1920x1080; 480x480; 281	4,55	6,17	480	3648	281	2048				4	15,00	0,00050000	2,8	5,9	
				3072x2304; 640x480; 3648x2736; 1	5,58	7,44	480	3648	2736	2048				7	15,00	0,00025000	2,8	4,5	
				640x480; 1920x1080; 480x480; 281	4,55	6,17	480	3648	281	2048				4	15,00	0,00031250	3,5	6,8	
				2592x1728; 3456x2304; 5184x3456	24	36	2592	5184	1728	3456				14	30,00	0,00012500	0,0	0,0	
				2592x1728; 3456x2304; 5184x3456	14,9	22,3	480	5184	480	3456				5	30,00	0,00025000	0,0	0,0	
				2592x1728; 3456x2304; 5184x3456	14,9	22,3	480	5184	480	3456				4	30,00	0,00025000	0,0	0,0	
				640x480; 2816x2112; 320x240; 400	4,55	6,17	400	3200	240	1600				1	15,00	0,00040000	3,4	5,6	
				640x480; 320x240; 1600x1200; 204	4,308	5,744	204	1600	1200	1600				3	15,00	0,00066666	2,8	4,9	
				640x480; 1600x1200; 2592x1944; 4	4,55	6,17	480	3648	1944	1600				7	15,00	0,00031250	3,1	5,9	
				640x480; 4000x3000; 4000x2248; 1	5,58	7,44	480	3648	2248	3000				2	15,00	0,00050000	2,8	4,8	



# Photo/vidéo de PAN : Analyse

## Limites intrinsèques de l'analyse photo

Photo = projection + intégration (4D → 2D)

Etant donnée une scène observée à travers l'objectif d'une caméra, une photographie constitue la représentation de la **réalité en 4 dimensions** (profondeur et temps) à travers une projection conique et une intégration temporelle sur un médium en **2 dimensions** (hauteur et largeur). La projection est un concept géométrique simple, tandis que l'intégration temporelle est réalisée durant le temps d'exposition.

Par conséquent il est évident qu'une photo d'une scène ne pourra pas fournir toute l'information contenue dans la scène originale. Des investigations poussées exigeront de l'information complémentaire, qui devra être extraite de sources variées.

Vidéo = série de photos (échantillonnées dans le temps)

Le rendu des mouvements par une vidéo est limité par le processus d'échantillonnage, qui prend des images un certain nombre de fois par seconde. Certains effets parasites de ce processus sont bien connus, telle la roue d'un chariot, qui semble tourner à l'envers (effet stroboscopique).

Là aussi, des mouvements très rapides peuvent ne pas être détectés sur une vidéo, en raison des limitations en résolution temporelle.

Trucage = possibilités illimitées

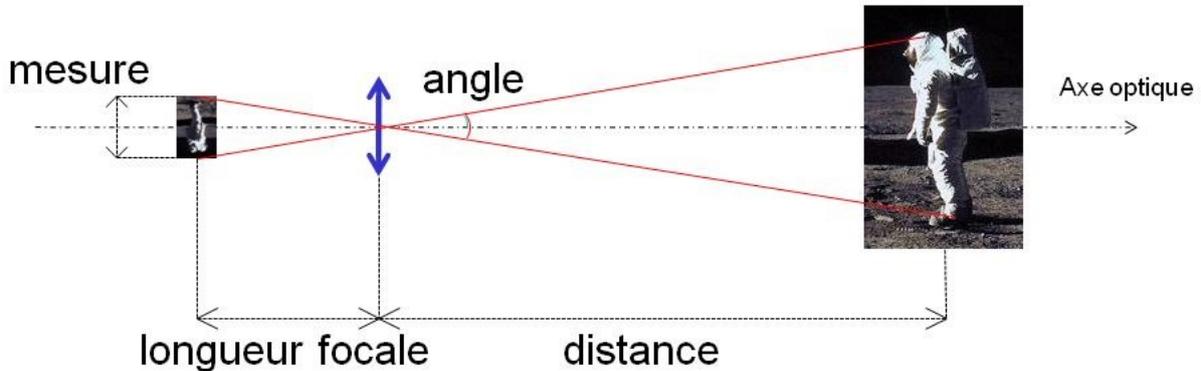
Il a toujours été possible de fabriquer une photo truquée capable de résister à l'analyse, mais cela était un travail complexe en photographie argentique. De nos jours il est facile pour tout le monde de jouer avec chaque octet d'un document numérique.

Conclusion

Une photo/vidéo ne sera jamais une preuve  
... **mais** elle pourra toujours se révéler très utile !

# Mesures possibles

## Mesures angulaires



### Données requises :

- Caractéristiques et réglages techniques de la caméra  
OU
- Métadonnées EXIF originales (incluses dans toute photo numérique)

### Mesures directes :

- Dimension angulaire transversale (angle, angle solide)
- Vitesse angulaire transversale (exposition longue ou vidéo)
- Accélération angulaire transversale (vidéo)

### Résultats dérivés utiles :

- **Ratio Dimension transversale/Distance**
- **Ratio Vitesse transversale/Distance**
- **Ratio Accélération transversale/Distance**

## Estimation de distance

Si l'on considère un objet non identifié visible sur une image, pour lequel il est possible de calculer le ratio dimension/distance, la principale question est de déterminer s'il était grand et lointain, ou petit et proche.

Il n'existe aucun moyen de déduire directement d'une photo la distance séparant un tel objet de la caméra, mais des limites peuvent être déterminées de différentes façons :

- Estimation à partir d'autres objets identifiés et localisés, qui peuvent se trouver de façon évidente plus près ou plus loin que l'objet (bâtiment, nuage...).
- Exploitation de l'ombre portée.
- Analyse de la profondeur de champ : ce paramètre technique, qui peut souvent être déduit des métadonnées, définit une fourchette de distance entre l'objectif et un objet, à l'intérieur de laquelle une photo est nette (en dehors d'un flou de bougé). Par conséquent il indique, selon que l'objet analysé apparaît net ou flou, de possibles fourchettes de distance entre l'objet et la caméra.
- Effets de la propagation atmosphérique sur la luminance apparente : sur une photo diurne, en particulier sous un éclairage diffus (ciel gris), les lois de propagation atmosphérique de la lumière (diffusion et absorption – voir toutes les équations utiles sur *ipaco.fr*) peuvent être utilisées pour établir si un objet inconnu était plus proche ou plus éloigné de la caméra qu'un autre objet connu. Ceci est particulièrement vrai si ces objets ont des parties sombres qui, en absorbant presque toute la lumière visible incidente, peuvent être considérées approximativement comme analogues à des "corps noirs".
- Effets de la propagation atmosphérique sur la netteté : selon les conditions météorologiques, les effets de la propagation atmosphérique sur la netteté apparente des contours peuvent être mis en évidence et comparés entre différents objets de référence et l'objet analysé, ce qui permet de déduire une fourchette de distance possible entre cet objet et la caméra.
- Portée du flash : sur une photo prise de nuit, si un objet apparaît éclairé par le flash, sa distance de la caméra ne peut excéder la portée du flash.

A partir de l'estimation d'une fourchette de distance possible de la caméra, il est alors possible de déduire des fourchettes de :

- Dimensions transversales (photo, vidéo)
- Vitesse transversale (photo avec longue exposition, vidéo)
- Accélération transversale (vidéo)

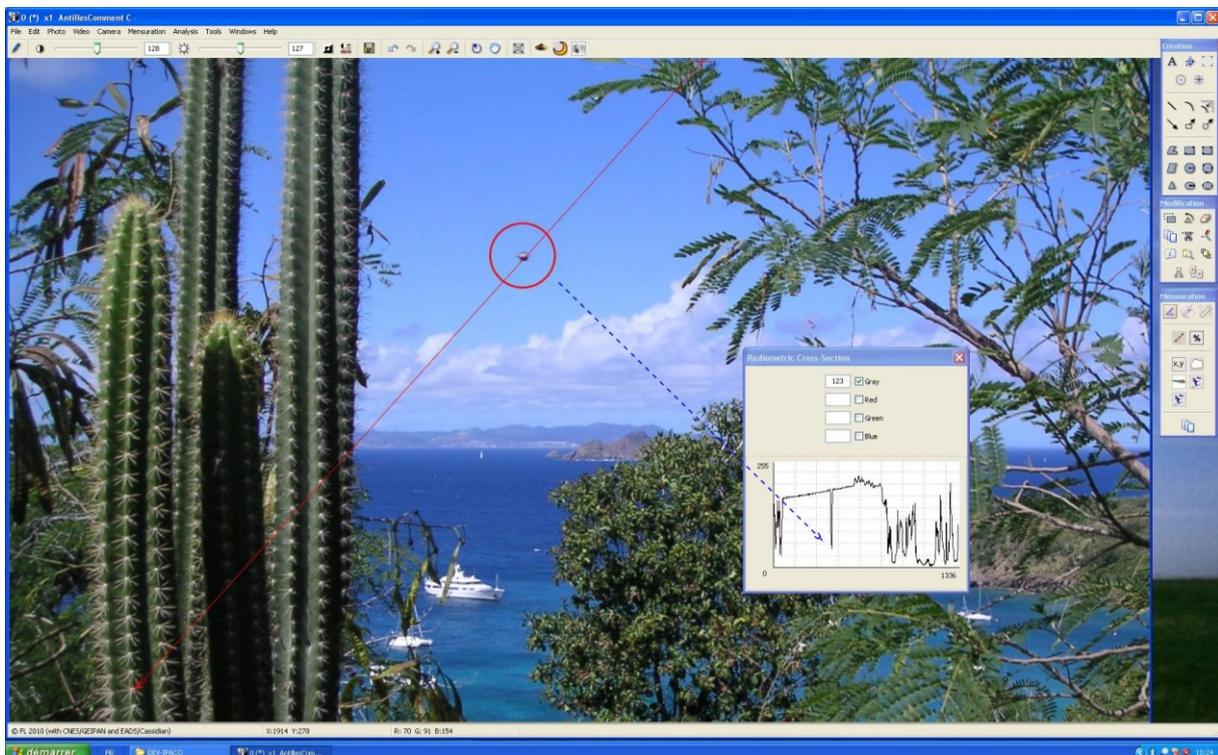
## Estimation de distance par estimation de luminance

### Mesure de niveaux (rouge, vert, bleu, gris):

- Sur un pixel
- Sur une zone donnée (statistique)
- Le long d'un segment (*coupe radiométrique*)

### Résultats dérivés utiles :

- **Comparaison and classement des distances respectives entre différents objets et la caméra**
- **Fourchette de dimensions transversales possibles (et parfois vitesse, accélération) pour l'objet analysé**



*Coupe radiométrique (IPACO)*

*L'objet sombre dans le ciel, très proche de la caméra, est un insecte*

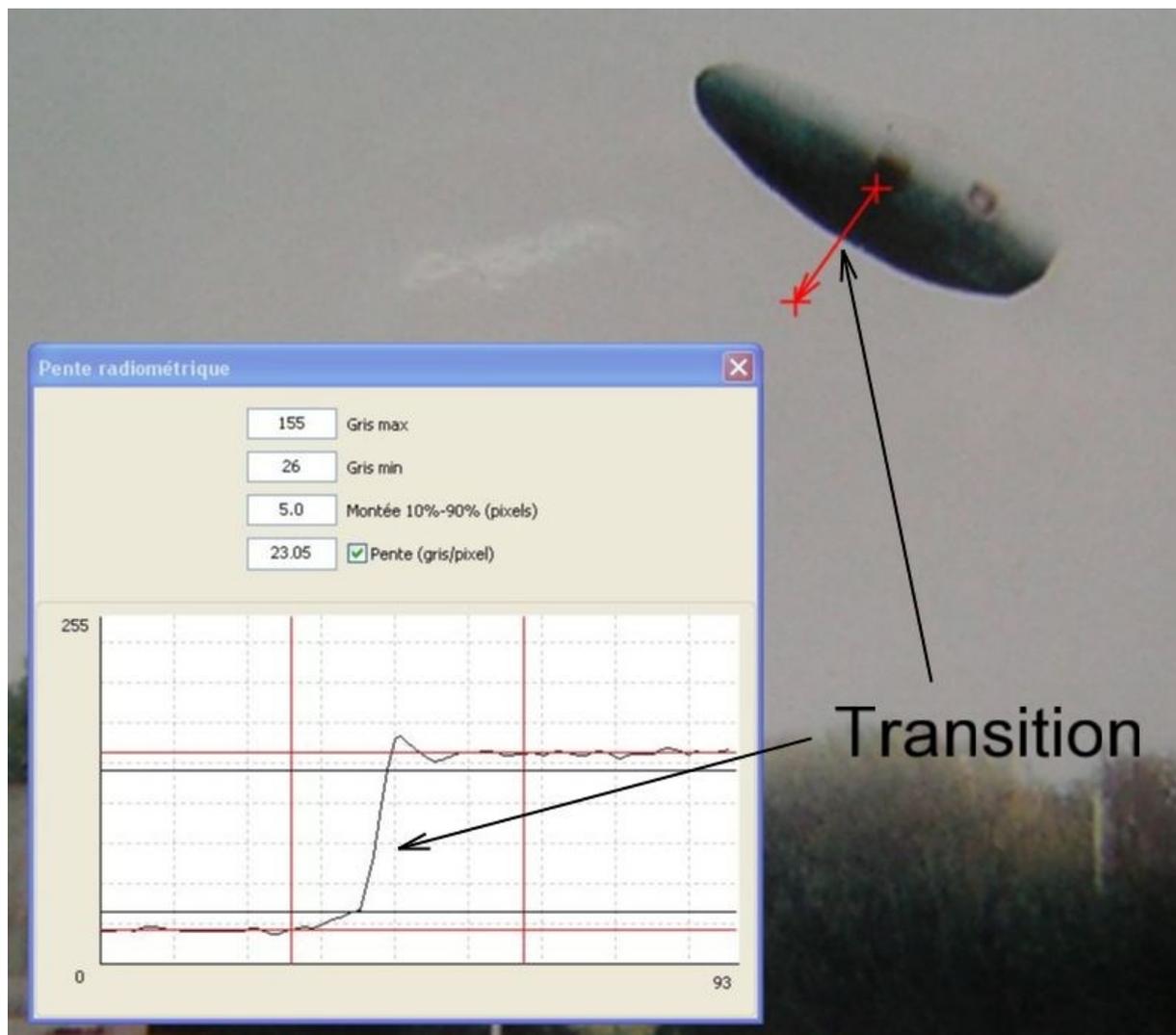
## Estimation de distance par estimation de netteté

Estimation de la netteté ou du flou à travers l'analyse des contours :

- Transition le long d'un segment perpendiculaire à un contour (*mesure de pente*)

### Résultats dérivés utiles :

- **Comparaison and classement des distances respectives entre différents objets et la caméra**
- **Fourchette de dimensions transversales possibles (et parfois vitesse, accélération) pour l'objet analysé**

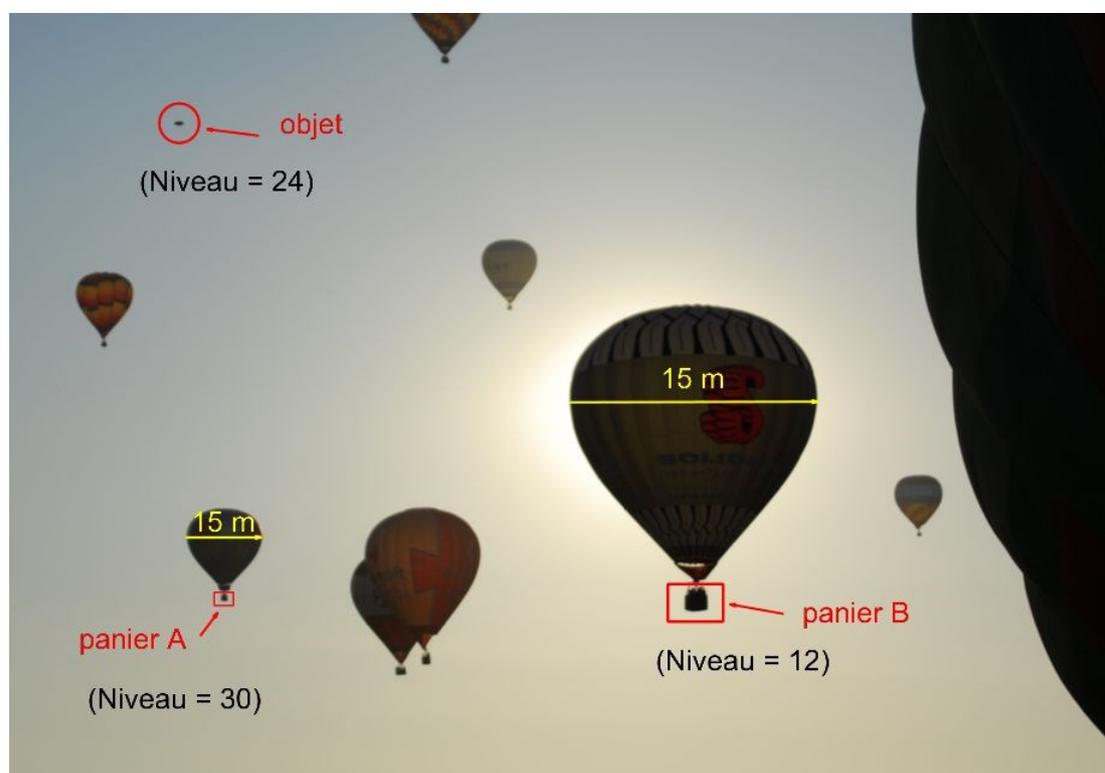
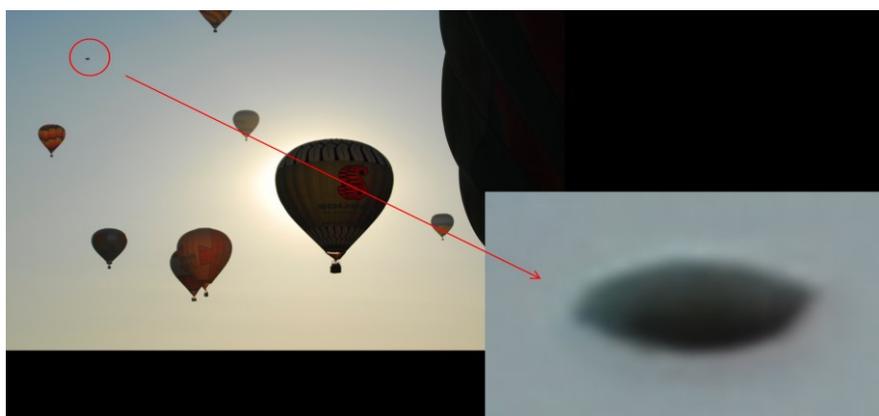


Mesure de pente à travers un contour (IPACO)

## Exemple d'analyse : le cas de Chambley

En août 2007, la ville française de Chambley accueillait une compétition internationale de montgolfières. Une photo particulière fit apparaître un objet volant n'ayant, de toute évidence, rien à voir avec une montgolfière.

L'analyse des niveaux de gris de zones sombres et la connaissance du diamètre standard d'une montgolfière (15 m) menèrent à la conclusion que cet objet se trouvait à environ 300 m de la caméra, avec une taille de l'ordre de 80 cm, et que c'était donc probablement un ballon d'enfant.



Plus tard, une vraie investigation sur site permit d'identifier le propriétaire du ballon d'enfant, et de confirmer ces conclusions et ces chiffres.

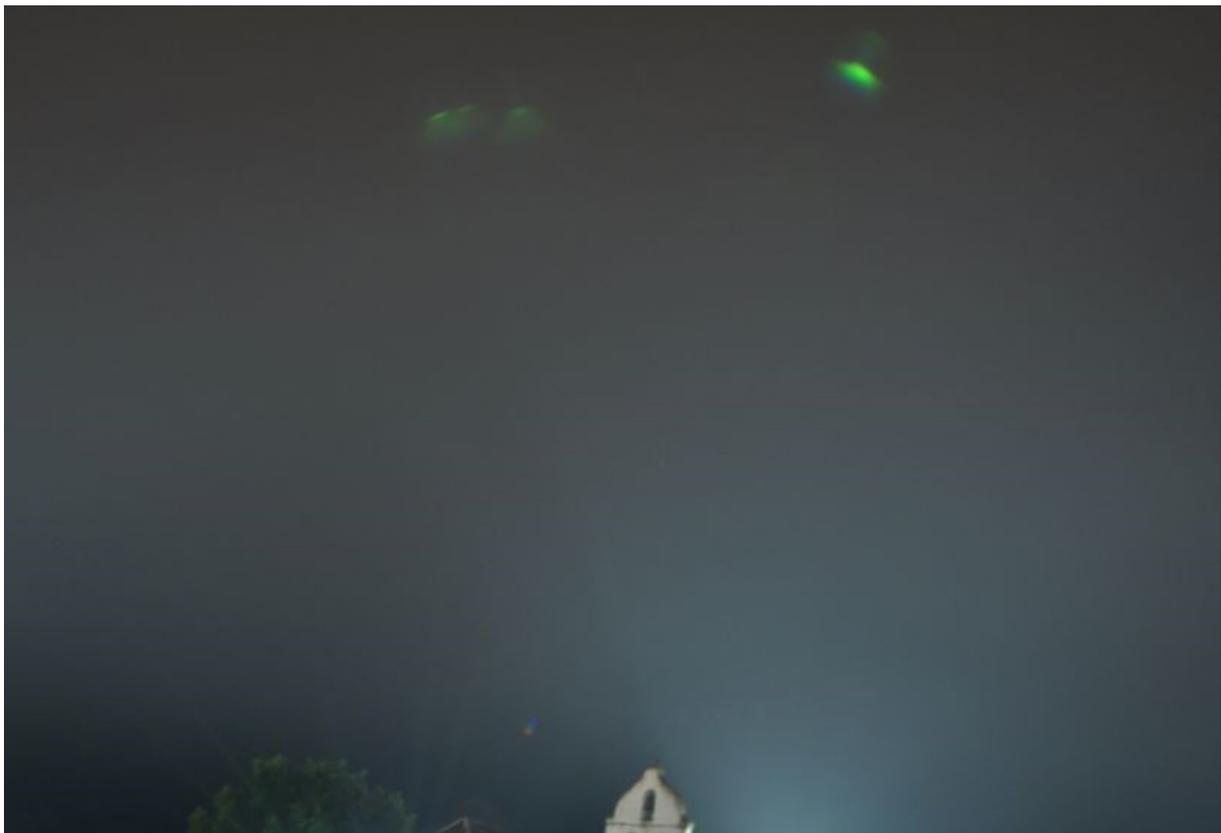
## Outils d'analyse spécifiques d'IPACO

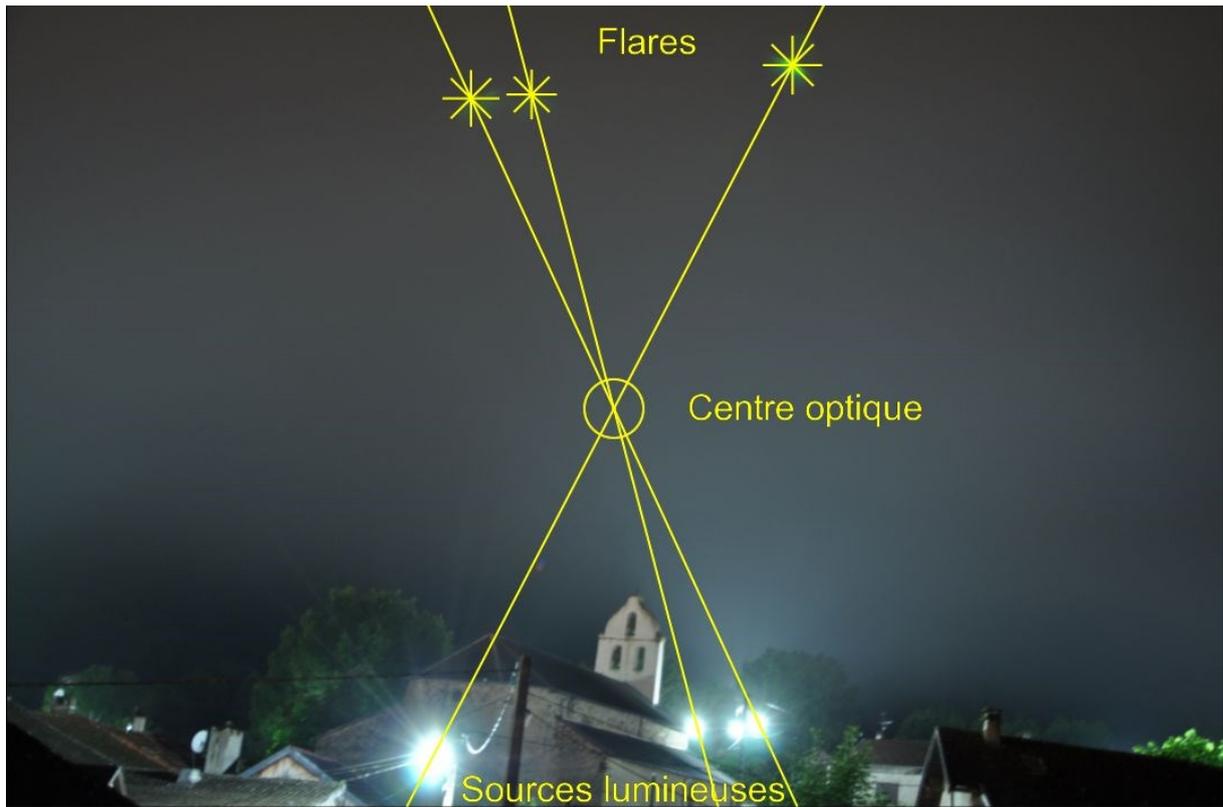
### Détection rapide de réflexions dans l'optique

Il arrive que des formes lumineuses étranges apparaissent sur des photos prises de nuit, bien que rien de particulier n'ait été observé. L'origine peut être la réflexion de la lumière dans les lentilles de la caméra (*lens flares*).

De telles réflexions peuvent être détectées de la façon suivante : la ligne droite joignant chaque réflexion à la source lumineuse correspondante passe toujours par le centre optique de l'image (qui lui-même est souvent très proche du centre géométrique de l'image). Un outil spécifique très souple permet à l'utilisateur d'IPACO de mettre graphiquement cette caractéristique en évidence.

La photo suivante a été prise en Ariège.





*Mise en évidence de réflexions dans l'optique*

## Détection d'un fil de suspension

La mise en évidence d'un type classique de canular, produit en photographiant une maquette suspendue à un fil, se révèle parfois difficile ou même impossible, en fonction de la finesse du fil ainsi que de sa distance de la caméra. Dans certains cas, des outils classiques de traitement d'image (renforcement de contraste, filtrage passe-haut) permettent de visualiser le fil, mais cette approche se révèle souvent insuffisante.

Une méthode originale et plus puissante peut être utilisée, en particulier si, dans la zone où le fil pourrait se trouver, le fond du ciel est relativement uniforme et peut être comparé à du "bruit" (bruit de la diffusion atmosphérique et/ou bruit de numérisation). Cette méthode consiste à augmenter le ratio signal/bruit en sommant des colonnes de pixels parallèlement au fil, dans une zone choisie au-dessus du PAN présumé.

L'outil "Fil vertical" implanté dans IPACO a été appliqué aux deux célèbres photographies de McMinnville (Orégon, USA, Mai 1950), qui avaient été analysées par de nombreux spécialistes dans le monde, y compris, récemment, par "l'équipe IPACO" (rapport complet sur le site Internet). Le résultat était une très forte suspicion qu'il s'agissait d'un petit objet suspendu à un câble électrique, mais la présence d'un fil de suspension n'avait jamais été formellement mise en évidence jusque-là.

Le résultat obtenu avec IPACO a été la mise en évidence, avec une probabilité extrêmement haute, d'un fil de suspension dans les deux photos de McMinnville, avec un angle d'environ  $-11^\circ$  de la verticale.

Les images suivantes illustrent cette méthode en 5 étapes.



TRENT # 1

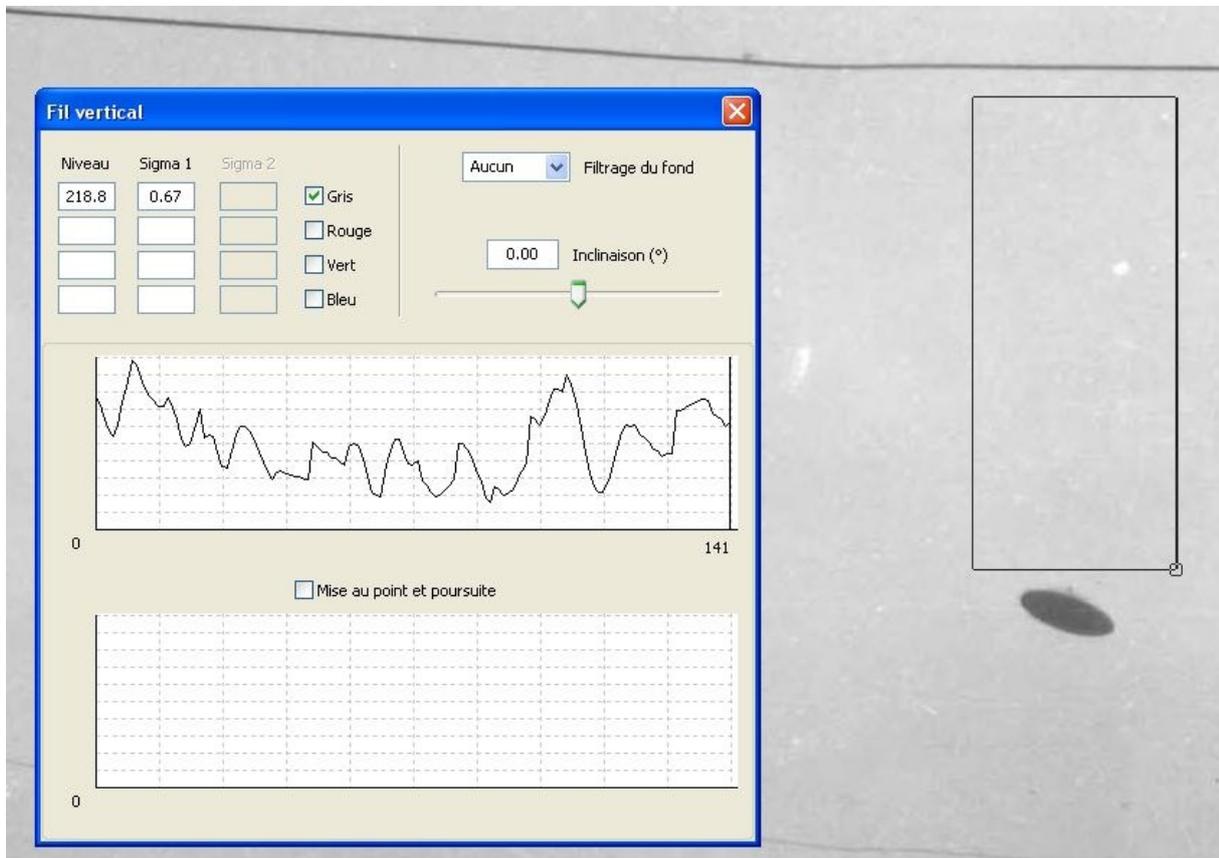


TRENT # 2

*Photos de McMinnville*

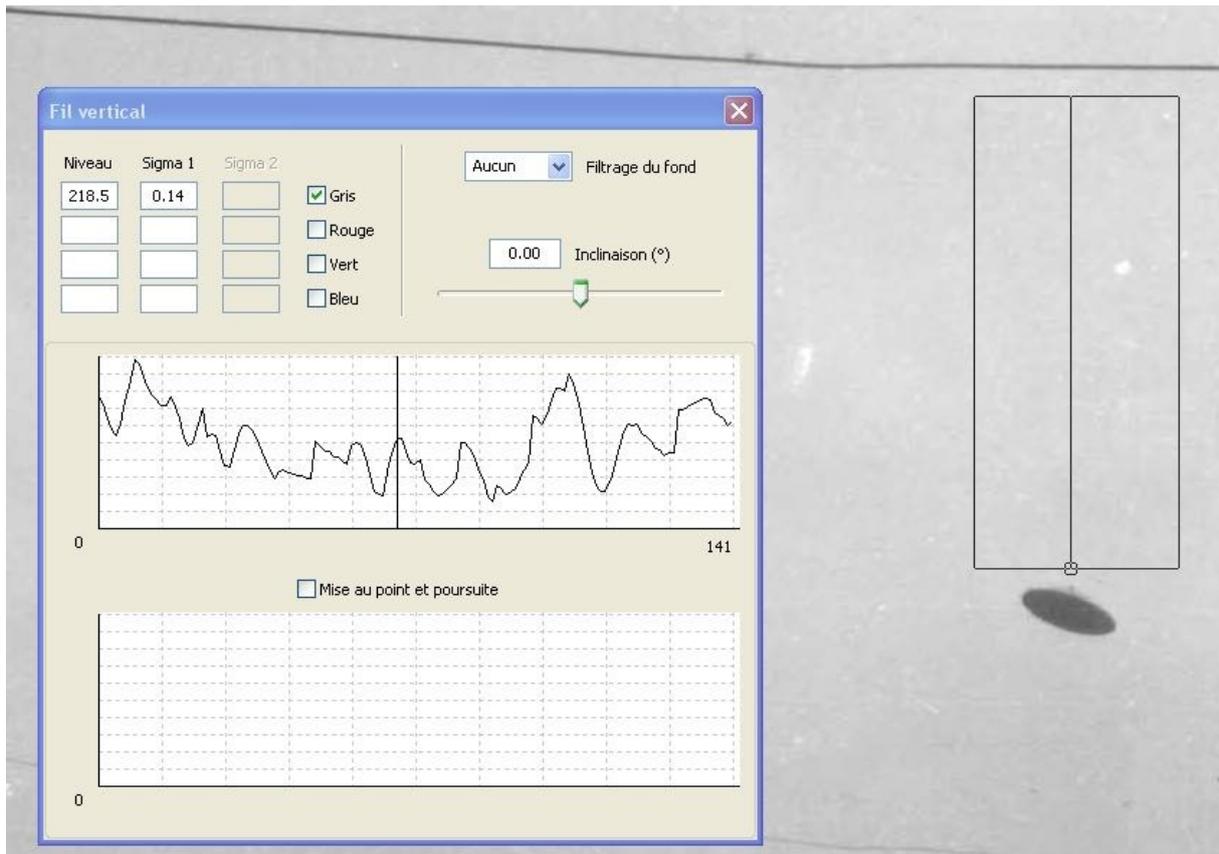
## Etape 1

Désigner un rectangle vertical au-dessus du PAN présumé, recouvrant la zone où un fil est susceptible de se trouver. Une courbe est tracée dans la fenêtre, montrant la valeur moyenne des pixels dans chaque colonne du rectangle.



## Etape 2

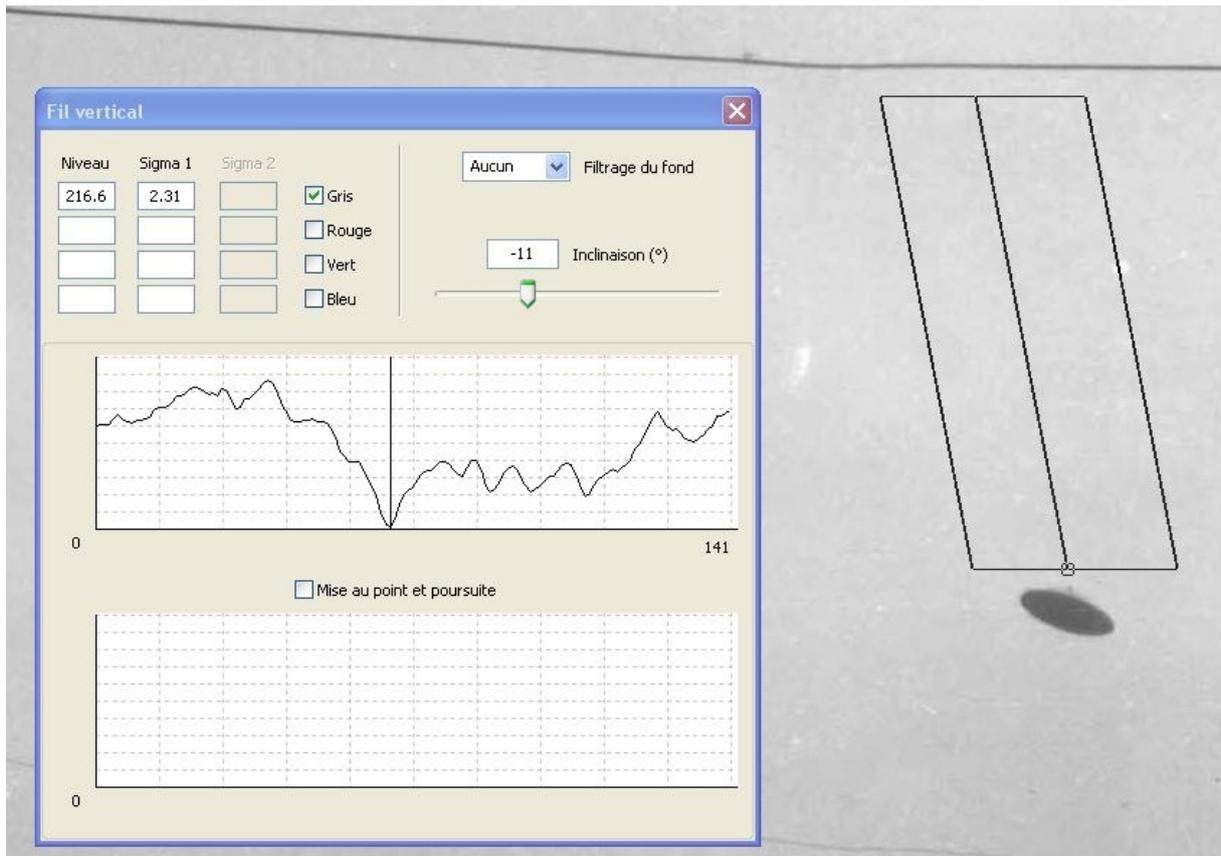
Faire glisser le curseur le long du côté inférieur du rectangle dans l'image et contrôler la barre verticale à la position correspondante de la courbe. Positionner le curseur à l'emplacement supposé du point d'attache du fil. S'il existe un fil parfaitement vertical par rapport à la photo, et si l'augmentation du rapport signal/bruit obtenue est suffisante, la courbe montre un pic à la position de la barre, qui est positif ou négatif en fonction des niveaux de gris (ou de couleur) comparés du fil et du fond de ciel. La valeur moyenne des pixels de la colonne correspondant à la position de la barre est affichée en permanence, de même que l'écart entre cette valeur et la moyenne de la courbe, normalisée par l'écart-type (nombre de sigma).



### **Etape 3**

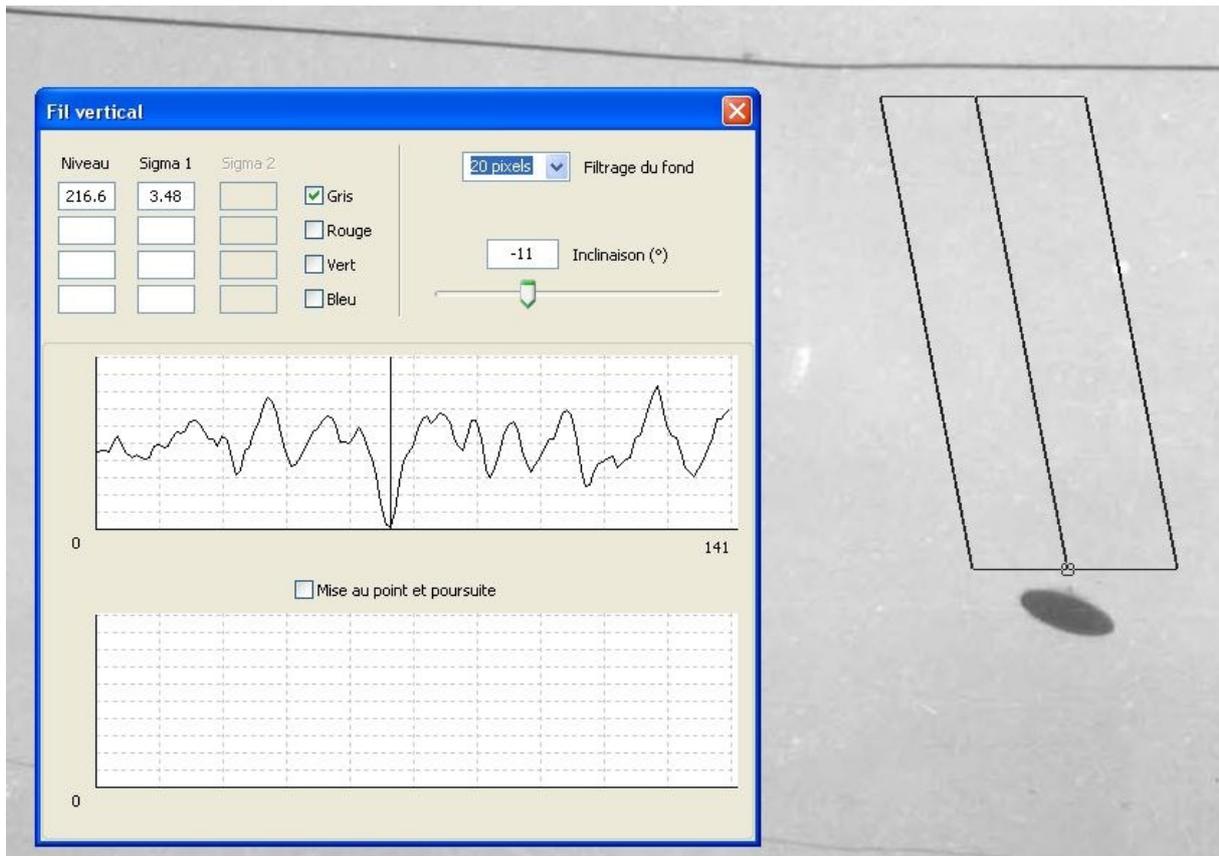
En général, un fil de suspension n'est pas strictement parallèle à l'axe vertical de la photo, et par conséquent rien de significatif n'apparaît à ce stade. L'outil, cependant, permet d'incliner le rectangle de référence d'un angle compris entre  $-30^\circ$  et  $+30^\circ$  de la verticale. Plus précisément, le rectangle est transformé en un parallélogramme, dont le côté inférieur reste fixe et la hauteur constante. Les colonnes de sommation de pixels sont également inclinées du même angle, avec une évolution de la courbe en fonction de l'angle.

Il est alors possible de vérifier s'il existe un angle pour lequel un pic significatif apparaît en face de l'emplacement supposé d'un point d'attache. Un tel pic indique l'existence probable d'un fil, en particulier si l'écart entre ce pic et la valeur moyenne est notablement significatif.



#### **Etape 4**

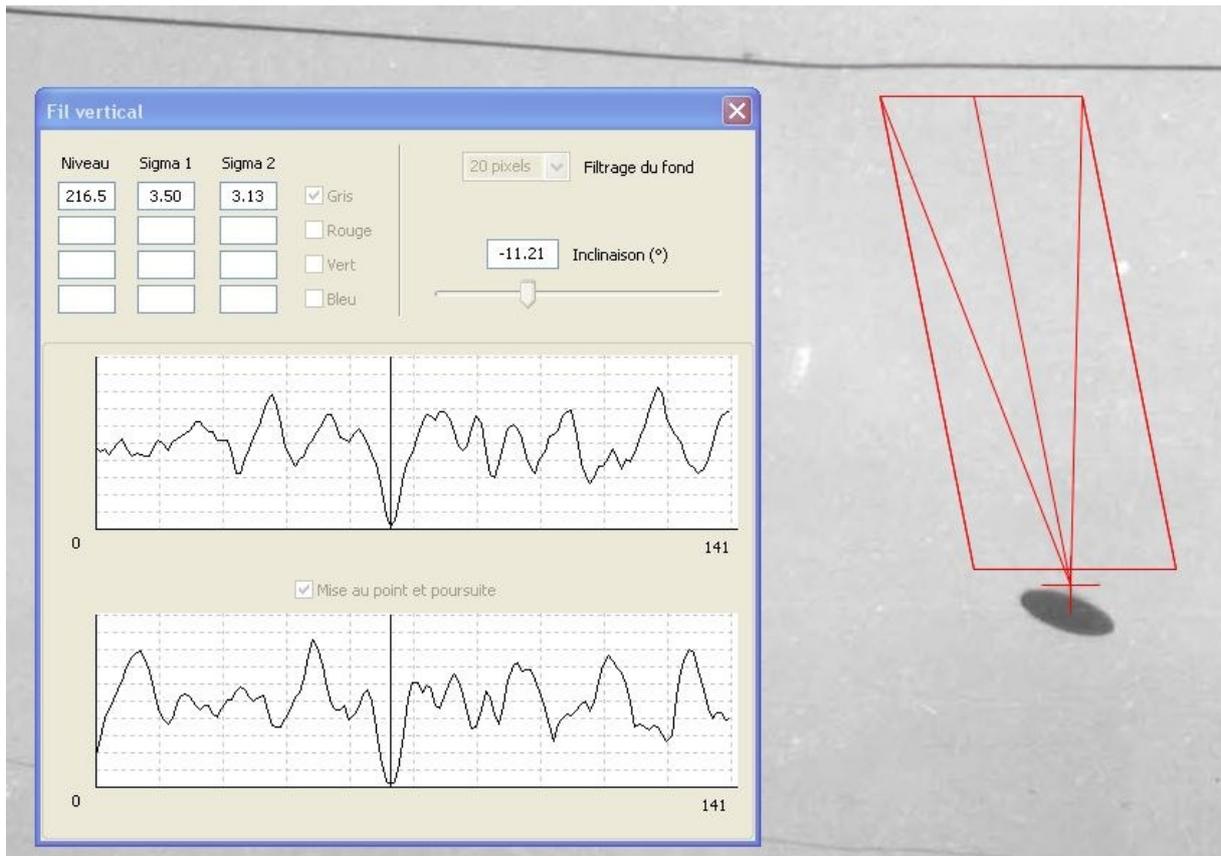
Si la courbe présente des variations lentes, par exemple dues au vignettage, il est possible de s'en débarrasser à l'aide d'un filtrage spatial passe-haut, obtenu en lui soustrayant une copie de la même courbe préalablement lissée par un filtre fréquentiel passe-bas (convolution par une fenêtre rectangulaire). Cette méthode fournit une valeur d'écart-type plus significative.



### ***Etape 5***

Si un pic est effectivement présent, l'outil peut alors lancer une optimisation automatique qui va ajuster précisément l'angle d'inclinaison et la position de la barre, de façon à obtenir une valeur maximum pour la différence entre le pic et la valeur moyenne de la courbe.

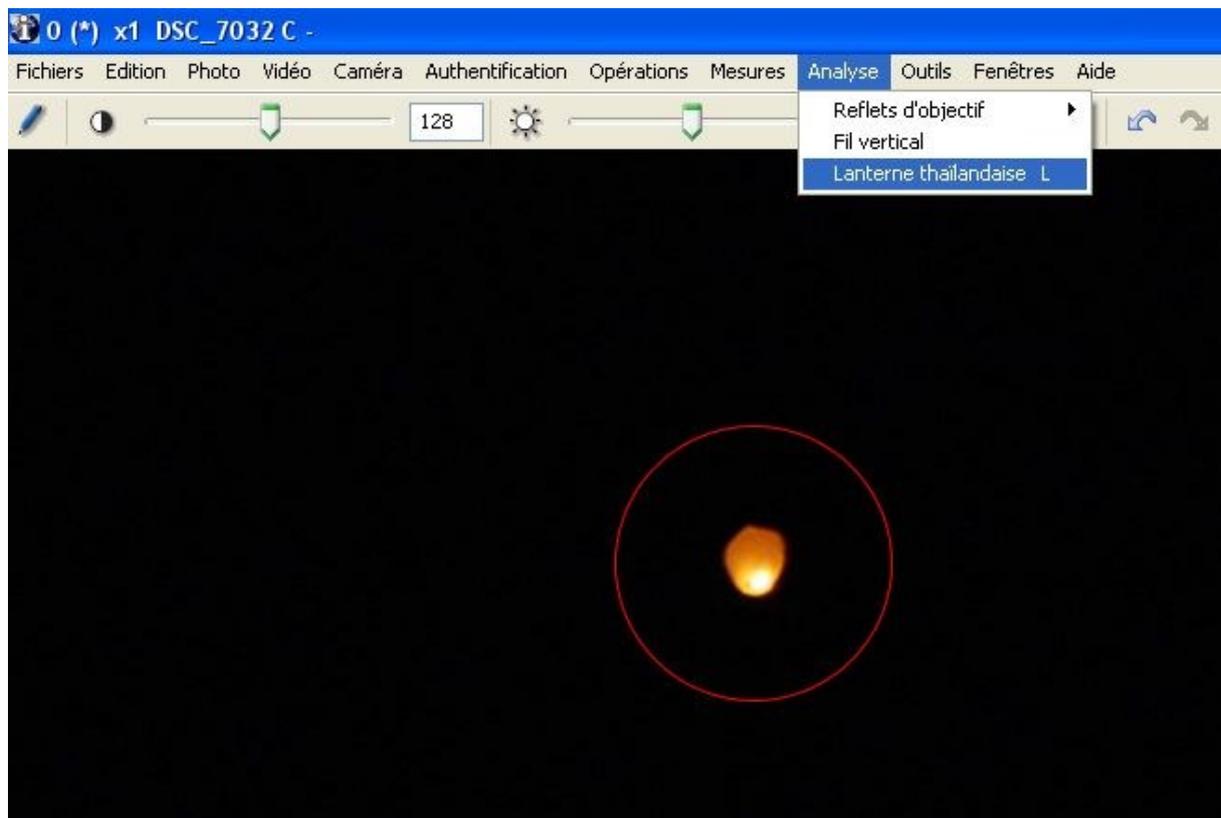
Si les résultats tendent à confirmer l'existence d'un fil, l'outil permet également d'effectuer une vérification supplémentaire. Sur la base de la droite la plus probable pour l'emplacement d'un fil ainsi que de la position supposée du point d'attache sur cette droite, un balayage circulaire est effectué autour de ce point : les pixels des colonnes pris en compte pour la sommation sont ceux contenus dans le parallélogramme. Une seconde courbe est alors affichée dans la fenêtre, montrant la valeur moyenne de chaque colonne de pixels durant le balayage circulaire. Si un autre pic apparaît, correspondant à l'angle précédemment trouvé, la probabilité d'existence d'un fil est doublement établie, notamment si la différence entre le nouveau pic et la valeur moyenne de la seconde courbe est significative.



Un résultat très similaire a été obtenu pour la seconde photo de McMinnville, confirmant la démonstration.

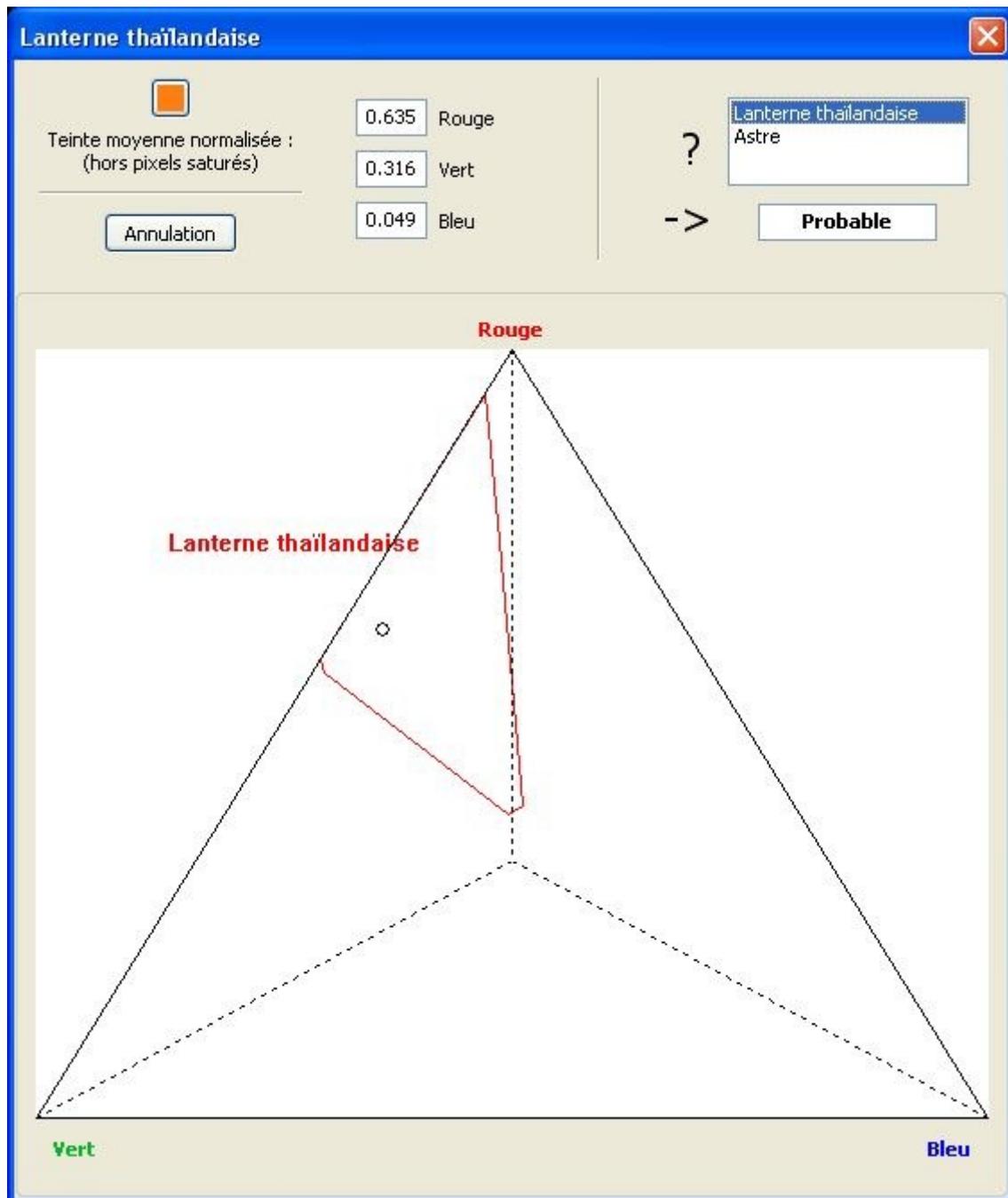
## Détection d'une lanterne thaïlandaise

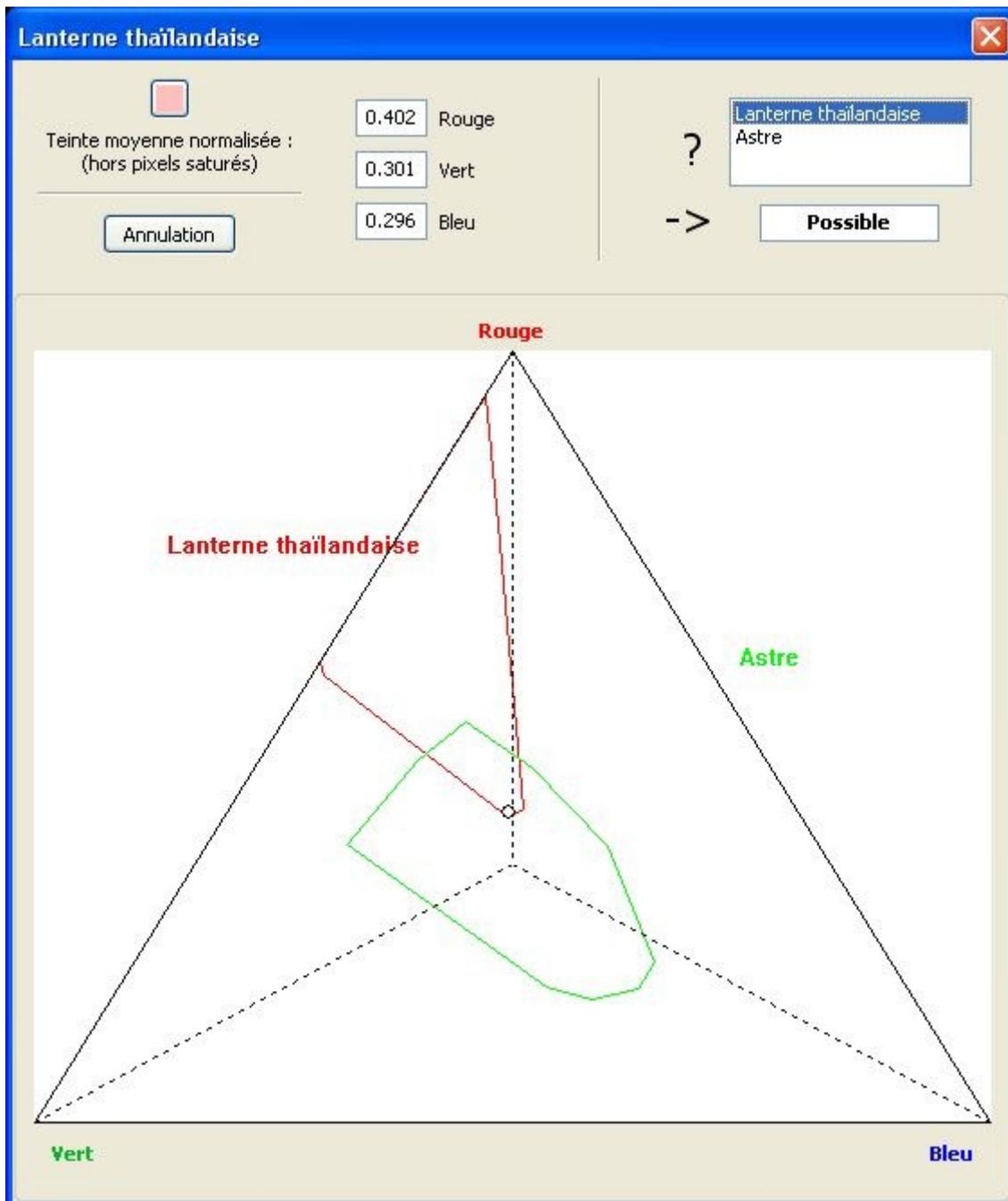
De nos jours, un très grand nombre de témoignages sincères résultent d'une observation nocturne de lanternes thaïlandaises en vol. Dans le but de simplifier le traitement répétitif de ces cas triviaux, un outil spécifique a été implanté dans IPACO. Cet outil ne fournit pas de preuve formelle, mais il donne une indication précieuse sur la probabilité d'explication par la présence dans le ciel d'une lanterne thaïlandaise.



Le principe consiste à désigner la source lumineuse, calculer les niveaux moyens RVB des pixels de la source qui ne sont pas saturés, les corriger par les valeurs du fond du ciel tout autour et en déduire la chromaticité moyenne de ces pixels. Cette valeur moyenne de la chromaticité est alors affichée dans le « triangle de Maxwell » et comparée aux zones caractéristiques de certains types de sources lumineuses (lanternes, astres, avion...). Ces zones ont été établies à partir d'un grand nombre de photos nocturnes du ciel montrant des sources lumineuses de nature connue, prises à l'aide d'une grande variété d'appareils photo ou de smartphones, avec des réglages différents. Il sera possible de les affiner au fur et à mesure de l'exploitation de cette technique.

Si la chromaticité moyenne de la source lumineuse étudiée n'appartient qu'à la « Zone lanterne », l'explication par une lanterne est présentée comme **probable**. Si elle appartient à la « Zone lanterne » et également à au moins une des autres zones, cette explication est réputée **possible**. Enfin si elle tombe en dehors de la « Zone lanterne », l'explication est présentée comme **improbable**.





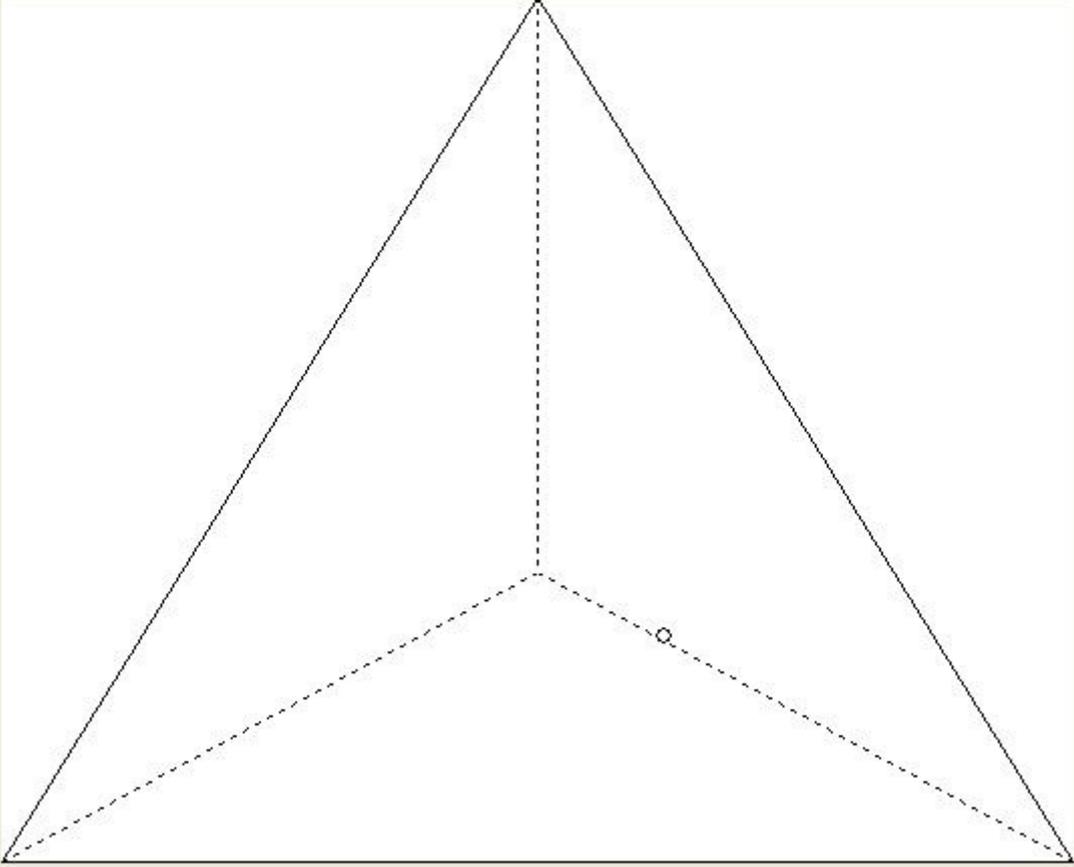
**Lanterne thaïlandaise** ✕

Teinte moyenne normalisée : (hors pixels saturés)

0.262 Rouge  
0.250 Vert  
0.488 Bleu

?

->



**Rouge**

**Vert** **Bleu**

