

MicMac : un logiciel libre et gratuit pour la photogrammétrie

Auteur A¹
mail 1

Auteur B¹
mail 2

Auteur C¹
mail 3

¹ Université Paris-Est/IGN/LOEMI/ENSG

² Vinci-Construction-Terrassement

¹ 6-8 Avenue Blaise Pascal, 77455 Champs-sur-Marne, France

² 1, Rue du docteur Charcot, 91421 Morangis, France

ici la partie chapeau ...

Mots Clés

MicMac, ...

Résumé

ici le résumé

Introduction

ici l'introduction ...

1 La photogrammétrie

1.1 Une brève histoire de la photogrammétrie

La photogrammétrie est la science permettant de réaliser des mesures géométriques à partir d'images stéréoscopiques. L'origine de cette technique remonte à 1849-1850, lorsque Aimé Laussedat¹ utilisa les perspectives de photographies pour réaliser des plans métriques et nomma sa méthode "Métrophotographie". La photogrammétrie a considérablement évolué au fil du temps, passant d'un procédé de restitution manuelle nécessitant un matériel lourd et accessible uniquement à un public d'experts à une méthode automatique accessible à tous sur du matériel standard. Au cours du 20^{ème} siècle, la photogrammétrie employait une instrumentation mécanique lourde et onéreuse afin de réaliser des restitutions du relief en se basant sur des clichés argentiques associés à des appareils photo dits "métriques". À partir des années 1990, les images numériques ont remplacées les films argentiques et les ordinateurs ont remplacés les systèmes mécaniques.

1.2 Les produits de la photogrammétrie

La photogrammétrie offre un certain nombre de produits dont les plus communs sont :

- le nuage de point, c'est un ensemble de triplets de coordonnées x, y, z situés sur la surface de l'objet; sa généralité permet de représenter les formes les plus complexes;
- si le nuage est de suffisamment bonne qualité (absence de bruit, densité, régularité), il peut être transformé en une surface triangulée dite étanche séparant complètement un intérieur d'un extérieur; ces surfaces permettent par exemple d'alimenter des imprimantes 3D;
- le modèle numérique de terrain, c'est une représentation d'un modèle 3D sous la forme d'une grille régulière (ou image) contenant pour chaque noeud x, y (ou pixel) de la grille la valeur du z en ce noeud; la limitation est de ne pouvoir représenter que les reliefs modélisables sous la forme d'une fonction $z = F(x, y)$; l'avantage est une grande simplicité de manipulation et la compacité de représentation; ces représentations sont donc très utilisées en cartographie où les questions d'espace disque et de rapidité de navigation sont prépondérantes; elles sont à la base de tous les systèmes de navigation utilisés sur les globes virtuels (géoportail, google map etc ...);
- l'ortho photographie, c'est une image superposable au modèle numérique de terrain, générée

La chaîne de traitement qui permet à partir d'images stéréoscopiques de réaliser les produits suivants est détaillée à la section 3.

1.3 Avantages et limites de la photogrammétrie

¹1819-1907

2 Les domaines d'application

ER

3 Le pipeline automatique standard

Le traitement d'un chantier photogrammétrique suit un enchaînement d'étapes entièrement automatique dans la majorité des cas. La suite **MicMac** offre du point de vue de son organisation, présentée en 4.2, la possibilité de réaliser un script de commandes qui va réaliser le traitement. Ci-dessous sont présentées les principales étapes de l'acquisition des images à la réalisation des livrables photogrammétriques.

3.1 Protocole d'acquisition

L'étape préalable au traitement est celle de l'acquisition d'images de qualité. En général, l'appareil photo est paramétré par l'utilisateur en mode manuel afin de disposer de paramètres constants durant l'acquisition. La mise au point est fixée afin de garder une valeur de focale identique pour toutes les images. Pour des prises de vue terrestres, l'utilisation d'un pied photo offre la possibilité de réaliser des acquisitions même dans des conditions de luminosité défavorable et ainsi conserver une radiométrie constante sur l'ensemble des images. Tandis que pour des images acquises avec un vecteur en déplacement (drone par exemple), la priorité sera donnée au temps d'exposition (en fonction de la vitesse du vecteur) afin d'avoir des images le plus nette possible.

La prise de vue photogrammétrique impose un recouvrement des images dans les axes longitudinal et latéral. En général, les images présentent un taux de recouvrement respectivement de l'ordre de 75-35 %.

3.2 Extraction des points de liaisons

MPD ...

3.3 Orientation du bloc d'images

MPD

3.4 Géoréférencement

MD

3.5 Génération & Visualisation des produits

MPD

4 La chaîne MicMac

4.1 Une brève histoire de MicMac

MicMac est une suite logicielle de traitement photogrammétrique libre et gratuite. Depuis 2003, le logiciel est développé à l'IGN² et est actuellement hébergé au sein de l'ENSG³. Initialement développé pour des besoins de production propre à l'institut, MicMac a aujourd'hui fortement évolué profitant du progrès spectaculaire de la photogrammétrie durant la dernière décennie. La nécessité de pouvoir paramétrer les différentes étapes d'un traitement a conduit à développer en 2005 un interfaçage via des structures imbriquées. Le format XML a été adopté. En 2007, MicMac est déposé en logiciel libre sous la licence CECILL-B, adaptation au droit français de la licence L-GPL. Jusqu'en 2008, l'appariement dense d'images déjà orientées n'était possible que dans un format interne à l'IGN. Le module APERO a été ajouté basé sur le noyau C++ de MicMac qui contenait les algorithmes de fonctionnalités photogrammétriques classiques. APERO permet aujourd'hui de calculer intégralement la géométrie interne et externe de l'appareil photo et des images acquises suite à une prise de vue. En 2010 l'usage par les utilisateurs de la chaîne de l'interfaçage XML est remplacé par la ligne de commande simplifiée. Bien que le logiciel soit d'abord destiné à des scientifiques qui souhaitent garder un contrôle fin des différents paramètres, les commandes simplifiées offrent une accessibilité et une meilleure diffusion du logiciel au sein d'une communauté plus large.

À partir de 2010, MicMac a connu plusieurs évolutions via son implication dans différents projets : Culture 3D, Monumentum, TOSCA, DIDRO ainsi que le financement par des industriels de thèses, principalement la Compagnie Nationale du Rhône et Vinci-Construction-Terrassement. Ces différents financements ont permis entre autres la portabilité de MicMac vers d'autres systèmes d'exploitation à savoir Windows et Mac OSX. La portabilité en calcul GPU de certaines composantes, par exemple : les algorithmes de corrélation multi-images, les algorithmes d'optimisation par programmation dynamique, ...etc.

4.2 Philosophie & Organisation de la chaîne

MicMac est un logiciel destiné principalement à des professionnels (chercheurs, architectes, géomètres-topographes, photogrammètres, ...etc) bien que au fil de son évolution il est aujourd'hui accessible à un public plus large. Toutefois, la philosophie du logiciel reste loin de celle d'un logiciel avec IHM⁴ fonctionnant en "presse-bouton". De fait, MicMac offre à ces utilisateurs l'accès à un nombre important de paramètres qui influent sur chaque traitement au prix d'un certain degré de complexité. De plus, le logiciel offre certaines fonctionnalités souvent absentes dans les solutions logicielles commerciales, par exemple :

- la création de résultats intermédiaires dans des formats ouverts offrant un mécanisme d'entrée/sortie de la chaîne à n'importe quelle étape

²Institut National de l'Information Géographique et Forestière

³École Nationale des Sciences Géographiques (ENSG-Géomatique)

⁴Interface Homme Machine

- la création et l'accès à des indicateurs de qualité pour une analyse qualitative des résultats (résidus des compensations, carte de corrélations, ...etc)
- la gestion d'un grand nombre de modèles physiques/mathématiques pour décrire la géométrie d'un appareil photo
- la gestion de modes d'appariement bidimensionnels utilisés pour le suivi de déformations
- la possibilité d'utiliser des images satellites
- la possibilité d'utiliser des images argentiques scannées
- le traitement de chantiers de très grande taille (jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'images)

L'organisation de **MicMac** se caractérise par le fait que la chaîne se décompose en un nombre important d'outils/modules. L'accès à ces différents outils/modules se fait à travers une commande unique nommée **mm3d**. Cela a pour avantage que certains développements peuvent être factorisés et générer des binaires compactes. Alors que du côté utilisateur, une commande unique est facilement mémorisable et donne ensuite accès aux sous-modules souhaités. Par exemple, taper la commande **mm3d** retourne la liste exhaustive des outils disponibles :

```

1  :~$ mm3d
2  mm3d : Allowed commands
3  AllDev      Force developement of all tif/xif file
4  Ann         matches points of interest of two images
5  Apericloud  Visualization of camera in ply file
6  Apero       Compute external and internal orientations
7  BatchFDC    Tool for batching a set of commands
8  ...

```

Un mécanisme permet aussi de retrouver un outil à partir d'une partie du nom donné à ce dernier :

```

1  :~$ mm3d Ap
2  Suggest by Prefix Match
3  Apericloud
4  Apero
5  ...
6  :~$ mm3d asc
7  Suggest by Subex Match
8  Bascule
9  CenterBascule
10 ...

```

Les commandes qui permettent d'appeler les outils de **MicMac** sont organisées de la façon suivante : un certain nombre d'arguments optionnels suivis d'arguments optionnels qui portent un nom. Par exemple, pour la syntaxe de l'outil **mm3d OriConvert** qui permet de convertir des orientations externes dans le format XML de **MicMac** :


```

1  :~$ mm3d OriConvert -help
2  *****
3  *   Help for Elise Arg main   *
4  *****
5  Mandatory unnamed args :
6      * string :: {Format specification}
7      * string :: {Orientation file}
8      * string :: {Targeted orientation}
9  Named args :
10     * [Name=ChSys] string :: {Change coordinate file}
11     * [Name=Calib] string :: {External XML calibration
12       file}
12     * [Name=AddCalib] bool :: {Try to add calibration,
13       def=true}
13     ...

```

4.3 Installation

MicMac dispose d'un dépôt **Mercurial**⁵ qui permet aux utilisateurs qui le souhaitent de télécharger et de compiler les sources selon leur envie. Cela a pour avantage d'avoir accès aux dernières fonctionnalités du logiciel et d'être un bêta-testeur de ces dernières. Aussi, des versions compilées sont disponibles sous forme de binaires téléchargeables à l'adresse suivante : <http://logiciels.ign.fr/?Telechargement,20> . Ces versions compilées sont disponibles pour différents systèmes d'exploitations (Linux/Windows/Mac OSX) ainsi que pour les architectures 32 bits et 64 bits. Ces versions sont réputées stables car testées sur différents jeux de données avant d'être mises à disposition des utilisateurs mais en contrepartie n'offrent pas accès aux dernières évolutions du logiciel.

MicMac nécessite l'installation préalable de certaines dépendances. Les commandes ci-dessous listent les outils nécessaires au bon fonctionnement du logiciel qui doivent être préalablement installés.

```

1  :~$ sudo apt-get install mercurial make cmake libx11-
    dev imagemagick exiftool exiv2

```

L'installation de **Mercurial** est recommandée pour la partie gestion des versions et mise à jour de **MicMac**. **Make** est nécessaire pour l'exécution des tâches parallèles. **CMake** pour générer la solution logicielle avant compilation. **libx11-dev** utile aux utilisateurs sous les plates-formes **Linux** et **Mac OSX** afin d'accéder aux interfaces graphiques. **ImageMagick** pour les conversions d'images et finalement **exiftool** et **exiv2** pour la lecture/écriture des méta-données des images.

Autre dépendance qui s'avère utile est **Proj4** qui est une librairie permettant la gestion des conversions entre les différents systèmes et projections cartographiques :

⁵<https://geoportail.forge.ign.fr/hg/culture3d/>

```

1 :~$ wget http://download.osgeo.org/proj/proj-4.8.0.tar
   .gz
2 :~$ wget http://download.osgeo.org/proj/proj-datumgrid
   -1.5.tar.gz
3 :~$ tar xzf proj-4.8.0.tar.gz
4 :~$ cd proj-4.8.0/nad
5 :~$ tar xzf ../../proj-datumgrid-1.5.tar.gz
6 :~$ cd ..
7 :~$ ./configure
8 :~$ make
9 :~$ sudo make install

```

À ce stade, le dépôt de MicMac peut être cloner afin de le compiler et l'installer sur la machine :

```

1 :~$ hg clone https://culture3d:culture3d@geoportail.
   forge.ign.fr/hg/culture3d
2 :~$ cd culture3d
3 :~$ mkdir build
4 :~$ cd build
5 :~$ cmake ../
6 :~$ NBRP=$(cat /proc/cpuinfo | grep processor | wc -l)
7 :~$ make install -j$NBRP

```

Une fois l'installation réussie, il est pratique d'ajouter le dossier qui contient les binaires de MicMac en variable globale :

```

1 :~$ export PATH=$PATH:/home/UserX/culture3d/bin

```

Finalement, afin de vérifier que la procédure d'installation s'est bien déroulée et que toutes les dépendances sont présentes :

```

1 :~$ mm3d CheckDependencies
2
3 mercurial revision : 6625+
4 byte order      : little-endian
5 address size   : 64 bits
6 micmac directory : [/home/UserX/culture3d/]
7 auxiliary tools directory : [/home/UserX/culture3d/
   binaire-aux/linux/]
8 make:   found (/usr/bin/make)
9 exiftool: found (/usr/bin/exiftool)
10 exiv2:  found (/usr/bin/exiv2)
11 convert: found (/usr/bin/convert)
12 proj:   found (/usr/local/bin/proj)
13 cs2cs:  found (/usr/local/bin/cs2cs)

```

En général, pour les versions compilées, il suffit de télécharger l'archive de la

dernière version stable disponible au lien ci-dessus et MicMac est prêt à être utilisé. Exemple avec la dernière version pour le système Linux en date du 02 avril 2015 et qui correspond à la révision 5348 de MicMac :

```
1 $ tar zxvf micmac_ubuntu_14.04_64_v5348.tar.gz -C /  
    home/UserX
```

4.4 Outils à disposition

Les utilisateurs de MicMac disposent d'une documentation⁶ conséquente (~ 400 pages) des outils et possibilités qu'offre le logiciel. Cette documentation décrit la majorité des programmes disponibles et est régulièrement mise à jour⁷. Elle contient des exemples de réalisations dans différents contextes qui s'appuient sur des jeux de données accessibles⁸ aux utilisateurs et détaille les éléments techniques et scientifiques sur lesquels reposent les outils de la chaîne.

MicMac dispose d'un forum⁹ en ligne qui est un espace d'entraide entre les utilisateurs de la chaîne. Il permet d'échanger autour des outils, de remonter les éventuels bugs à l'équipe de développement, d'annoncer les nouveautés dans la suite logicielle ainsi que les différents travaux réalisés par les usagers. Récemment, MicMac s'est doté d'un wiki¹⁰ qui est maintenue par le Département d'Imagerie Aérienne et Spatiale de l'ENSG. Cet espace se veut d'être un univers collaboratif autour du logiciel avec notamment une documentation et des tutoriels en ligne.

⁶Disponible en : culture3d/Documentation/DocMicmac.pdf

⁷Dernière version en date du 28/05/2016

⁸Les jeux tests sont téléchargeables en : hôte=ftp2.ign.fr,login=micmac_user,password=scAEf9MR

⁹<http://forum-micmac.forumprod.com/>

¹⁰<http://micmac.ensg.eu>

5 Quelques cas d'études

5.1 La statue en 3 commandes

MPD

5.2 La façade de monument

MPD

5.3 Le vol drone avec GPS

MD

5.4 L'imagerie satellitaire

EW

Conclusion

Références