

## Une orthophotographie et ses produits dérivés (un MNT, un MNE, une IRC)

### Note technique

Version 1.0 – 2 août 2019

Auteur  
Frédéric Chauvin

## Tables des matières

<b>Tables des matières</b> .....	<b>1</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>2</b>
<b>1/ Une orthophotographie</b> .....	<b>3</b>
1.1/ Qu'est-ce que c'est ? .....	3
1.2/ La précision d'une orthophotographie .....	3
1.3/ Le cas particulier de l'orthophotographie vraie (ou true ortho) .....	4
1.4/ Intérêt d'une orthophotographie.....	4
1.5/ Ce qu'il faut retenir.....	4
<b>2/ Un Modèle Numérique de Terrain (MNT)</b> .....	<b>6</b>
2.1/ Qu'est-ce que c'est ? .....	6
2.2/ Comment fabrique-t-on un MNT ? .....	6
2.3/ A quoi sert un MNT ? .....	7
2.4/ Ce qu'il faut retenir.....	7
<b>3/ Un Modèle Numérique d'Élévation (MNE)</b> .....	<b>8</b>
3.1/ Qu'est-ce que c'est ? .....	8
3.2/ Comment fabrique-t-on un MNE ? .....	8
3.3/ A quoi sert un MNE ? .....	8
3.4/ Ce qu'il faut retenir.....	9
<b>4/ Une orthophotographie Infra-Rouge Couleurs (IRC)</b> .....	<b>10</b>
4.1/ Qu'est-ce que c'est ? .....	10
4.2/ Comment la fabrique-t-on ? .....	10
4.3/ A quoi sert une prise de vue infrarouge ? .....	10
4.4/ Ce qu'il faut retenir.....	10

# Introduction

---

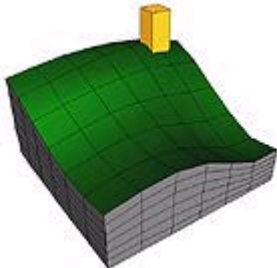
Ce document a pour vocation de vous expliquer ce qu'est une orthophotographie aérienne, comment elle est fabriquée, ce qui la caractérise. Les produits dérivés suivants liés à la conception d'une orthophotographie seront également décrits :

- Le Modèle Numérique de Terrain (MNT)
- Le Modèle Numérique d'Élévation (MNE)
- Une orthophotographie Infra-Rouge Couleurs (IRC)

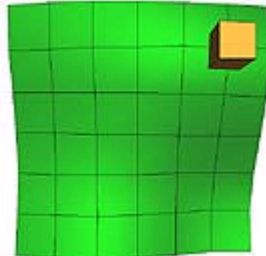
# 1/ Une orthophotographie

## 1.1/ Qu'est-ce que c'est ?

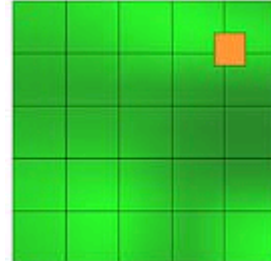
C'est un document photographique sur lequel ont été corrigées les déformations dues au relief du terrain, à l'inclinaison de l'axe de prise de vue et à la distorsion de l'objectif. Si on devait résumer, l'orthophotographie a l'aspect d'une photographie aérienne et les qualités métriques d'une carte topographique (de type IGN par exemple).



Vue oblique avec déformations dues à la perspective et au relief



Vue verticale avec déformations dues au relief



Orthophotographie

Ci-dessous, les déformations infligées à une photographie aérienne pour en faire une orthophotographie :

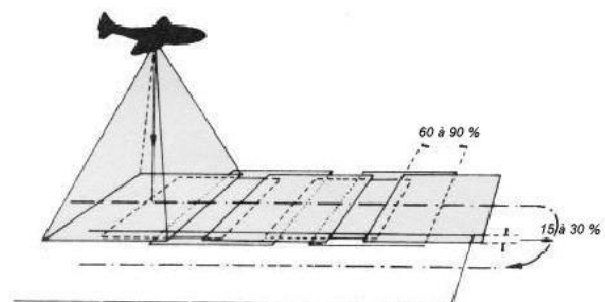


Avant correction



Après correction

La création d'une orthophotographie aérienne nécessite donc comme matière première des clichés aériens réalisés, selon la taille du territoire à couvrir, par avion, hélicoptère ou drone. Chaque prise de vue est réalisée au nadir. Pour limiter les déformations liées à la perspective, les clichés se recouvrent tant latéralement que longitudinalement (voir figure ci-contre). Grâce à des technologies GPS chaque cliché est géoréférencé pour pouvoir être assemblé par la suite. Le processus d'assemblage des clichés consiste donc à extraire de chacun des clichés la partie centrale la plus proche du nadir afin de limiter les déformations liées à la perspective.



## 1.2/ La précision d'une orthophotographie

Elle va se calculer par l'intermédiaire de son pixel<sup>1</sup> qui représentera une surface au sol. En fonction de la taille du pixel, il sera plus ou moins facile d'identifier des objets au sol (une plaque d'égout sera plus lisible sur une orthophotographie dont le pixel représente 10 cm terrain que sur une orthophotographie dont le pixel représente 50 cm terrain).

<sup>1</sup> Un pixel (ou cellule) est le plus petit élément homogène d'une image

La précision planimétrique en X-Y (ou erreur moyenne quadratique EMQ<sup>2</sup>) dépendra du matériel utilisé, de la qualité du modèle numérique de terrain utilisé pour corriger les clichés et de la qualité des traitements informatiques effectués. Pour une orthophotographie dont l'EMQ est de 1 mètre, 60 à 70% des points de l'orthophotographie sont situés à une distance inférieure à 1 mètre de leur positionnement théorique sur le terrain.

### 1.3/ Le cas particulier de l'orthophotographie vraie (ou true ortho)

Une orthophotographie vraie est une image **entièrement** rectifiée, non seulement les distorsions dues au relief, à la caméra, mais également les **distorsions dues aux bâtiments**. Dans le cas d'une orthophotographie vraie, chaque point de l'image est représenté à sa position réelle, y compris les toits des immeubles. Dans le cas de l'orthophotographie classique, tout ce qui est sur la surface du sol (bâtiments, végétation, réseaux...) présente un **dévers** d'autant plus important que l'on s'éloigne du centre de la photographie.



Orthophotographie classique avec apparition de dévers sur les bâtiments hauts

Orthophotographie vraie sur laquelle les dévers ont été corrigés

Avec une orthophotographie vraie, les dévers sont supprimés et, dans le même temps, les zones masquées par ces dévers apparaissent. Une orthophotographie vraie est la composante « idéale » d'une maquette en 3 dimensions présentant le patrimoine bâti d'une ville.

### 1.4/ Intérêt d'une orthophotographie

Une orthophotographie est « géoréférencée ». Superposable à une carte, elle peut être facilement intégrée à un SIG puis utilisée dans tous les domaines de gestion du territoire (urbanisme, environnement, agriculture). Des données vectorielles telles que les limites de parcelles, les surfaces de forêt, les zones de protection de la nature, les projets de constructions et les données statistiques obtiennent une haute lisibilité et un bon pouvoir de persuasion lorsque leur situation spatiale est visualisée avec une orthophotographie en arrière-plan. Une orthophotographie permet également de conserver une trace visible de l'occupation du sol à un instant T et, en cas de mise à jour, offrira la possibilité d'étudier l'évolution de celle-ci.

### 1.5/ Ce qu'il faut retenir

Il est préférable de réaliser les prises de vue d'une orthophotographie au printemps avant que le feuillage des arbres ne soit trop dense et lorsque le soleil est au plus haut (pour limiter les ombrages).

Le coût d'une orthophotographie dépendra de sa précision (taille du pixel et précision planimétrique en X-Y) mais aussi de son type car une orthophotographie vraie sera « vraisemblablement » plus chère qu'une orthophotographie classique. Il faut savoir également que, plus le pixel sera petit, plus le poids de l'orthophotographie sera important. Des difficultés d'exploitation ou de manipulation peuvent dès lors survenir sur des ordinateurs sous dimensionnés.

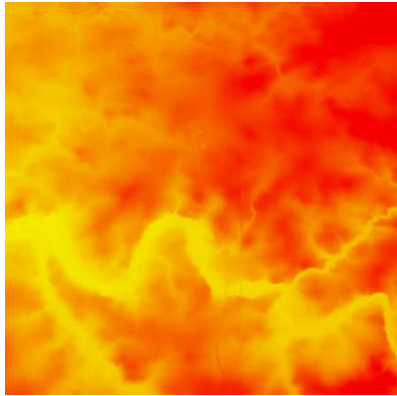
<sup>2</sup> L'EMQ est évaluée au terme de divers calculs géométriques et permet d'apprécier le niveau de précision d'une opération de correction géométrique.

Les personnes habituées à travailler sur une orthophotographie classique peuvent avoir des difficultés à se situer sur une orthophotographie vraie du fait de l'absence de certains points de repères (comme les façades de certains bâtiments).

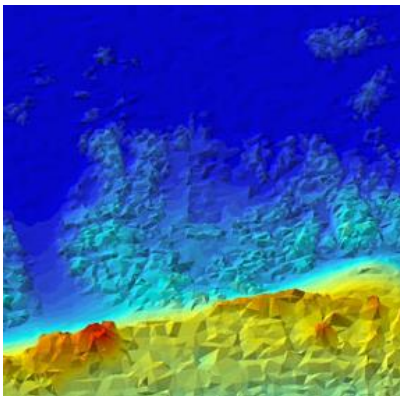
## 2/ Un Modèle Numérique de Terrain (MNT)

### 2.1/ Qu'est-ce que c'est ?

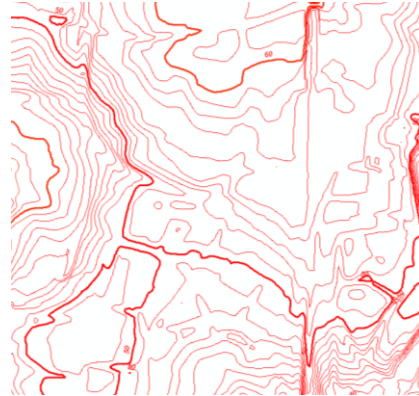
Un MNT est une représentation du relief d'une zone géographique dans un format numérique, c'est à dire au moyen de coordonnées et de descriptions numériques de l'altitude (au sol). Ce modèle numérique peut être composé d'entités ponctuelles (points cotés), linéaires (courbes de niveau), surfaciques (facettes ayant la forme de triangle) ou représenté en mode image (à un pixel<sup>3</sup> de l'image est rattachée une altitude).



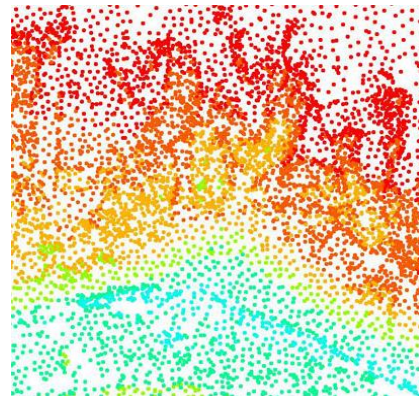
MNT image ou GRID (plus c'est rouge, plus l'altitude est élevée)



MNT surfacique ou TIN (les pentes sont créées par des triangles collés les uns aux autres et colorés)



MNT linéaire (à une ligne correspond une altitude). On parle aussi de courbes de niveau (ou isolignes)



MNT semi de points (un point correspond à une altitude)

### 2.2/ Comment fabrique-t-on un MNT ?

Le MNT est généré le plus souvent à partir des prises de vue réalisées pour la création de l'orthophotographie. En effet, ces clichés réalisés par bandes présentent chacun un recouvrement plus ou moins important (voir figure au chapitre 1.1).

Lors de l'observation en stéréoscopie<sup>4</sup> d'un couple d'images, le cerveau reconstitue le relief de la zone de recouvrement commune aux 2 images. Grâce à des appareils sophistiqués, un opérateur pourra dès lors réaliser un travail de photogrammétrie<sup>5</sup> en identifiant l'altitude de certains points remarquables de l'image (ligne de crête, talus, fossés, certaines infrastructures comme les ouvrages d'art...), les autres étant calculés par corrélation automatique.



<sup>3</sup> Un pixel (ou cellule) est le plus petit élément homogène d'une image

<sup>4</sup> Ensemble des techniques mises en œuvre pour reproduire une perception du relief à partir de deux images planes. Elle se base sur le fait que la perception humaine du relief se forme dans le cerveau lorsqu'il reconstitue une seule image à partir de la perception des deux images planes et différentes provenant de chaque œil.

<sup>5</sup> La photogrammétrie est une technique qui permet d'exécuter des mesures spatiales à partir de photos ou d'autres images numériques

## **2.3/ A quoi sert un MNT ?**

La disponibilité du MNT est primordiale pour l'exécution des corrections géométriques et radiométriques du terrain sur les photographies aériennes, en vue de créer une orthophotographie (classique ou vraie).

Un MNT permettra également de :

- réaliser le calcul de pentes et connaître leur orientation et leur exposition au soleil ;
- simuler des points de vue pour calculer leur visibilité ;
- calculer l'inter visibilité entre 2 points (déterminer la visibilité d'une antenne relais ou identifier les zones non couvertes) ;
- concevoir des profils topographiques d'un terrain (profil en long) ;
- restituer une vue en image de synthèse du relief d'un terrain ;
- déterminer des zones d'altitude...

## **2.4/ Ce qu'il faut retenir**

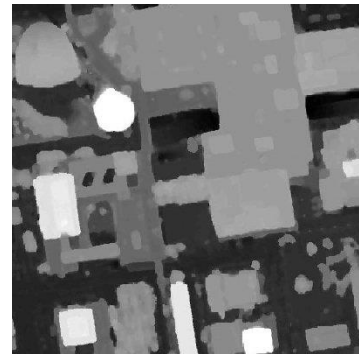
La précision d'un MNT dépendra du travail de photogrammétrie réalisé à partir des photographies aériennes (plus il y aura de points saisis manuellement, plus le résultat sera précis) et conditionnera largement ses usages. Ainsi, un MNT dont la marge d'erreur en X-Y est de 50 mètres et en Z (altitude) de 3 mètres sera délicat à utiliser pour réaliser un calcul de zone inondable (le manque de précision risque d'inclure des secteurs non concernés par des crues en zone inondable et inversement).

Le coût d'un MNT sera proportionnel au degré de précision demandé.

## 3/ Un Modèle Numérique d'Élévation (MNE)

### 3.1/ Qu'est-ce que c'est ?

A la différence d'un MNT chargé de représenter uniquement l'altitude à la surface du sol (**le relief**), un MNE est une représentation du relief réel d'une zone géographique dans un format numérique, incluant le couvert de végétation et les bâtiments, autrement dit le **sursol**. Si l'on soustrait un MNT d'un MNE, on obtient la hauteur des objets posés sur le sol (comprenant arbres, bâtiments...).



MNE image en niveaux de gris réalisée sur une ville (plus c'est clair, plus c'est haut)

### 3.2/ Comment fabrique-t-on un MNE ?

Il existe 2 techniques pour créer un MNE :

- ❑ Un MNE peut s'obtenir de la même manière qu'un MNT par photogrammétrie. Il s'agit d'un travail manuel de grande ampleur qui nécessite le même matériel que celui utilisé dans le cadre de la création du MNT et des relevés terrestres. Dans ce cas, l'opérateur saisira la hauteur du bâtiment (ligne de faîtage et de gouttières pour restituer la forme du toit), isolera la végétation en calculant sa hauteur, etc. De la précision des photographies aériennes découlera la précision du MNE (plus le pixel sera petit, plus les objets au sol seront visibles et saisissables par l'opérateur).
- ❑ L'autre technologie est la technologie laser<sup>6</sup> de plus en plus employée pour créer un MNE car moins couteuse et plus rapide mais souvent moins précise. En effet, un MNE laser est pollué par tous les objets présents sur le sol (véhicules, végétation...). Il est souvent indispensable de réaliser un gros travail de vérification et de filtrage pour obtenir une donnée restituant notamment une hauteur « grossière » des bâtiments. Ainsi, il est difficile avec la technologie laser de calculer la hauteur réelle d'un bâtiment et de recréer la forme de son toit.

### 3.3/ A quoi sert un MNE ?

La disponibilité du MNE est primordiale pour l'exécution des corrections géométriques et radiométriques du terrain sur les photographies aériennes, en vue de créer une orthophotographie **vraie**.

Si l'on dispose des logiciels appropriés, un MNE permettra également de :

- ❑ réaliser des modèles 3D simplifiés d'un paysage ;



Vue 3D

- ❑ simuler des points de vue pour calculer leur visibilité dans le milieu urbain ;

<sup>6</sup> La technique est basée sur l'émission-réception d'un signal lumineux (infrarouges) à partir d'un laser aéroporté (avion ou hélicoptère). Le positionnement de l'avion est effectué par GPS.



- ❑ calculer l'inter visibilité entre 2 points (déterminer la visibilité d'une antenne relais ou identifier les zones non couvertes) ;
- ❑ restituer une vue en image de synthèse du relief et de l'occupation d'un terrain (pour l'exemple ci-dessous, un travail d'infographie 3D est nécessaire) ;



Image de synthèse

- ❑ analyser l'évolution d'une tâche urbaine en soustrayant 2 MNE réalisés à 2 époques différentes (identifier les nouvelles constructions, les zone inchangées, situer les démolitions...).

### **3.4/ Ce qu'il faut retenir**

**Un MNE précis demandera un travail manuel important qui entraînera une augmentation significative des coûts.**

L'utilisation d'un MNE dans le cadre d'un projet 3D nécessite des **logiciels appropriés** qui sortent du cadre des systèmes d'information géographique. Actuellement, Rennes Métropole n'a pas les moyens techniques de réaliser des vues 3D réalistes du territoire (comme sur l'exemple ci-dessus). L'intervention d'infographistes spécialisés est requise pour « habiller » la vue 3D (façades de bâtiments, ajout de la végétation...).

Un MNE est une donnée en perpétuel mouvement. Des **investissements réguliers** sont à prévoir pour le mettre à jour régulièrement et garantir ainsi sa pérennité.

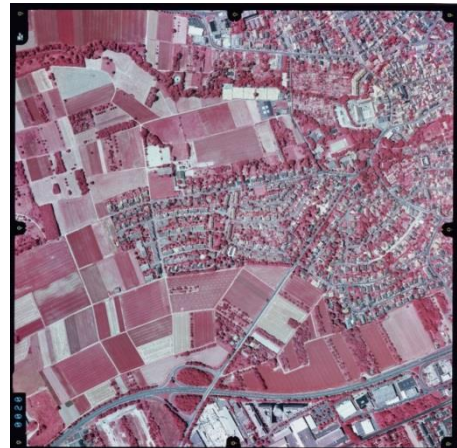
## 4/ Une orthophotographie Infra-Rouge Couleurs (IRC)

### 4.1/ Qu'est-ce que c'est ?

Il s'agit de réaliser une prise de vue de l'occupation du sol à l'aide de pellicules **infra-rouge** sensibles dans le domaine de l'infrarouge proche. Ce domaine permet d'étudier la photosynthèse des plantes et la teneur en eau des sols.

### 4.2/ Comment la fabrique-t-on ?

Elle est obtenue par l'ajout d'une 2<sup>ème</sup> caméra en plus de celle destinée à réaliser les clichés de l'orthophotographie. Elle peut subir les mêmes déformations que les photographies aériennes en vue d'en faire une orthophotographie infrarouge.



### 4.3/ A quoi sert une prise de vue infrarouge ?

Elle convient particulièrement bien aux études sur la végétation, l'eau ou l'humidité. Elle permet notamment de créer des cartes d'occupation du sol par la végétation, d'analyser la teneur en eau des terrains...



Composition colorée issue d'une prise de vue infrarouge



Carte d'occupation du sol par la végétation issue de la composition colorée

### 4.4/ Ce qu'il faut retenir

L'exploitation de clichés infrarouge dans le but d'extraire de l'information sur la végétation, l'eau ou l'humidité nécessite **des logiciels appropriés** qui sortent du cadre des systèmes d'information géographique.

Le surcoût d'une prise de vue infrarouge est limité si elle est réalisée en même temps que celle destinée à réaliser l'orthophotographie. Par contre, le coût de la création de l'orthophotographie infrarouge sera important car le travail de correction à réaliser sera le même que pour l'orthophotographie couleur.

**Une prise de vue infrarouge n'est pas une prise de vue thermique.** Cette dernière nécessite une pellicule sensible dans la gamme de l'infrarouge moyen. Une prise de vue thermique permet d'analyser notamment la chaleur émise par les toits. Elle doit être réalisée en hiver. La prise de vue infrarouge quant à elle, coïncidera avec la période de l'année durant laquelle le phénomène à observer est le plus visible (printemps pour la végétation, été pour étudier les rendements agricoles...).