



DOCUMENTATION DES FAÇADES DU CHÂTEAU DE CHAMBORD PAR PHOTOGRAMMÉTRIE

Raphaele Hénó raphaele.heno@ign.fr
Antoine Pinte antoine.pinte@ensg.eu

CONTEXTE

- Produit « simple »
- Produit utile pour la documentation du patrimoine architectural
- Aujourd'hui de nombreux logiciels très automatiques disponibles
- → une certaine expertise reste nécessaire pour un produit fiable tant sur le plan de l'aspect que des dimensions.

EXEMPLE DES FAÇADES DE CHAMBORD



CONTEXTE DU RELEVÉ

- **Mastère spécialisé® « Photogrammétrie, Positionnement et Mesure de Déformations » de l'ENSG**
 - Forme des spécialistes hautement qualifiés en :
 - Télédétection,
 - Photogrammétrie,
 - Géodésie,
 - Métrologie.
 - Coursus (12 mois)
 - Un tronc commun (cours théoriques, projets et **stage d'acquisition de données sur le terrain**)
 - Un parcours au choix : « Géodésie », « 3D et mesure de déformations », « Télédétection et photogrammétrie »
 - Un stage en entreprise

INTÉRÊT DU STAGE

Du point de vue du commanditaire :

- **Modéliser le château en 3D pour la valorisation et conservation du patrimoine.**

Du point de vue des étudiants :

- **Mettre en application sur un cas concret les techniques de mesure et de positionnement enseignées à l'ENSG (photogrammétrie, topométrie, lasergrammétrie et géodésie) ;**
- **Apprendre à répondre à un cahier des charges.**



**Topométrie
Géodésie**



**↑
Prise de vues
aériennes**



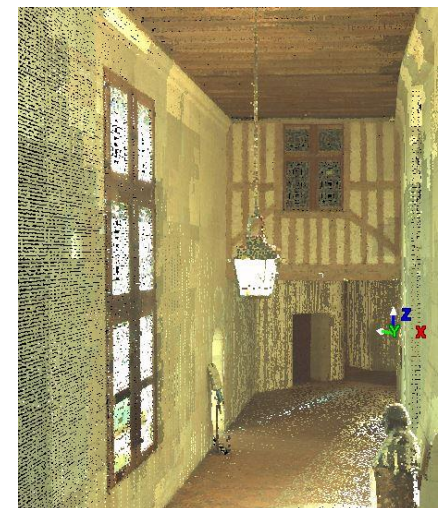
Lasergrammétrie



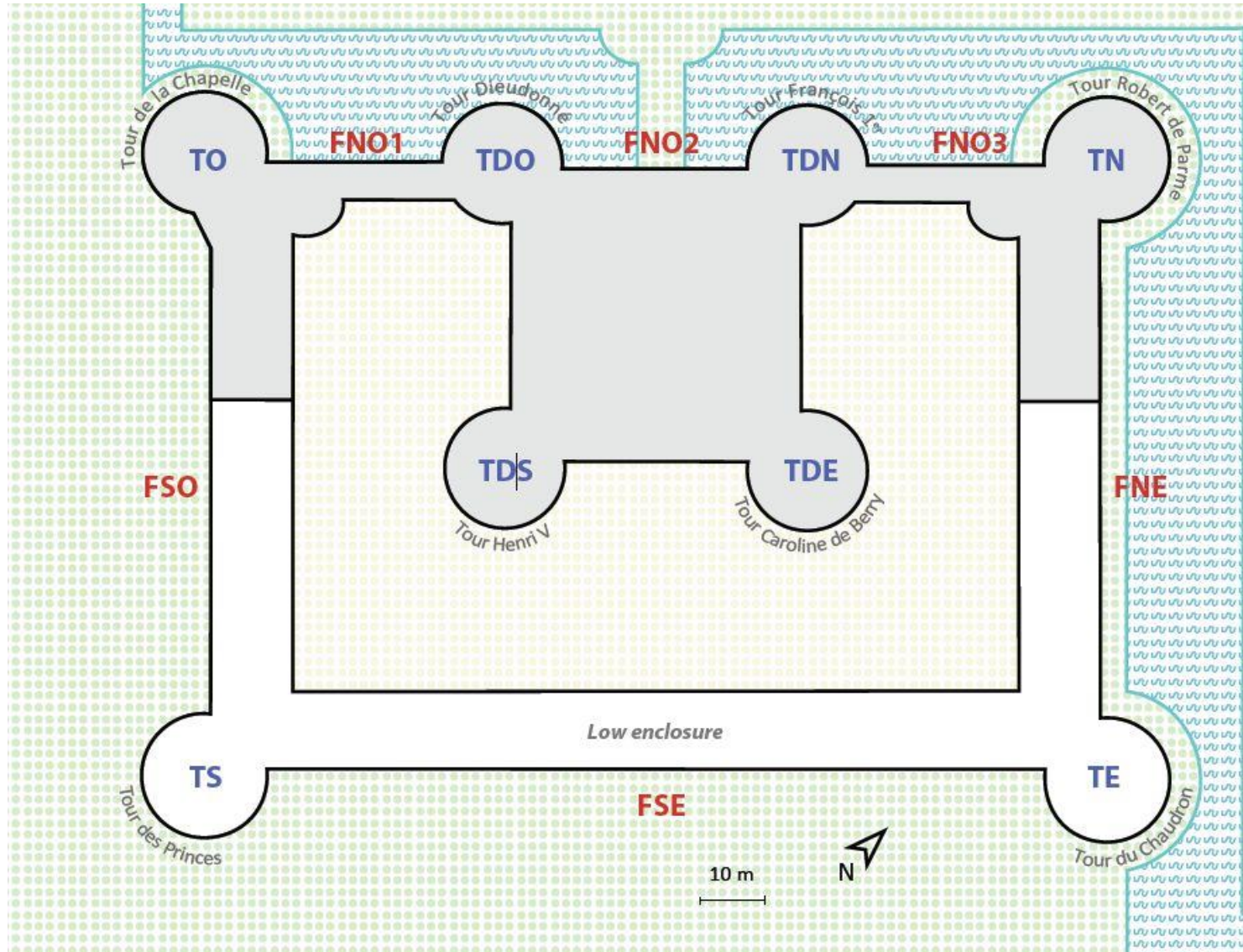
**Prise de vues
panoramiques**



**Photogrammétrie
terrestre**



DÉROULÉS DE FAÇADES



DÉROULÉS DE FAÇADES

- **Cahier des charges**
- **Méthodologie de production :**
 - **Prise de vues**
 - **Traitement avec MicMac**
 - Mise en place des images dans le système de coordonnées légal
 - Corrélation dense en géométrie image
 - Saisie semi-automatique des plans de projections et des cylindres pour la production d'orthoimages
 - Nettoyage

PRISE DE VUES

Principes :

- Prise de vues photo stéréoscopique (format raw) ;
- Caméras réflex munies d'objectifs 24/35/100/200 mm ;
- Traitement avec le logiciel MicMac (IGN).

DÉROULÉS DE FAÇADES

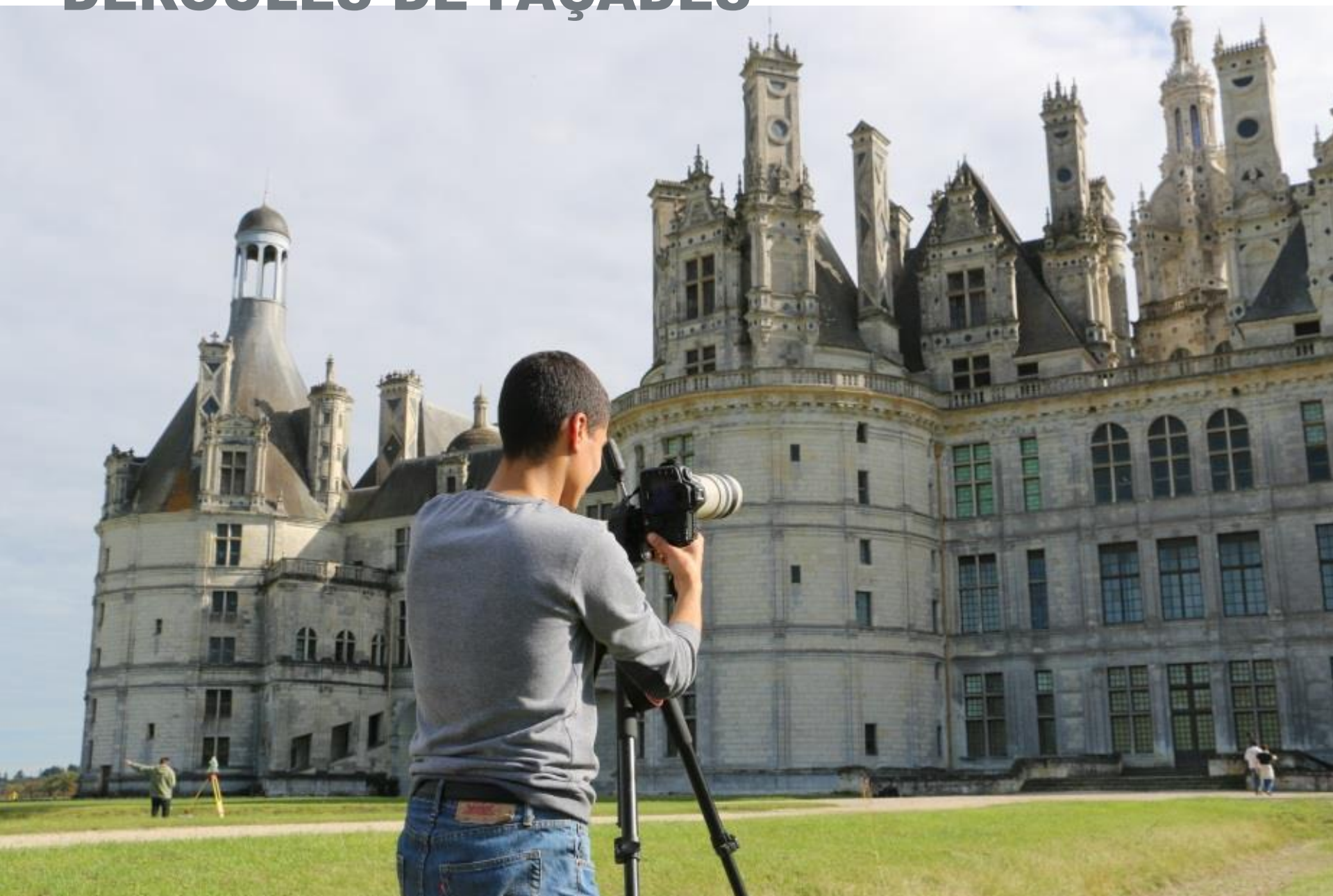
Prise de vues



DÉROULÉS DE FAÇADES



DÉROULÉS DE FAÇADES



DÉROULÉS DE FAÇADES

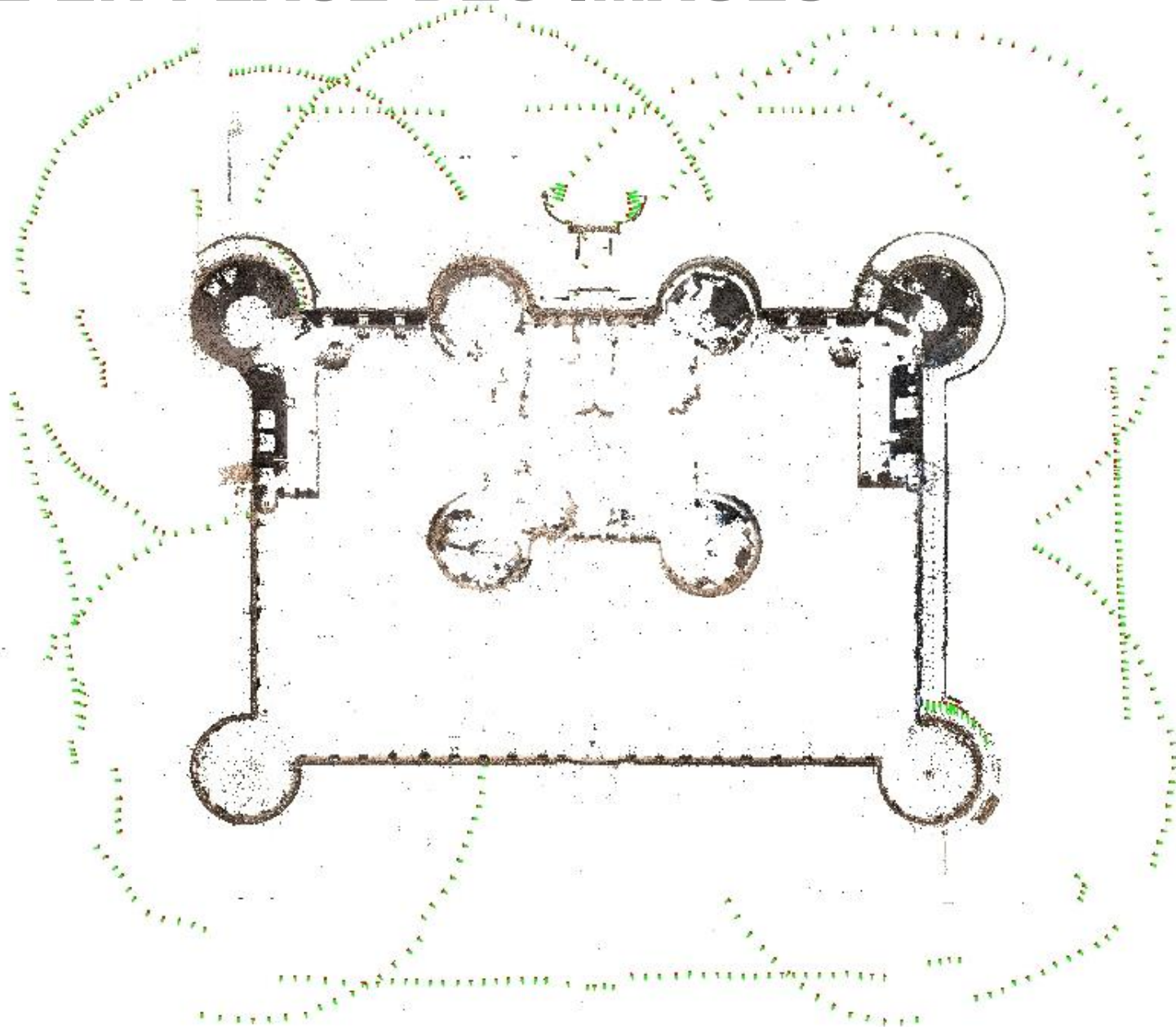


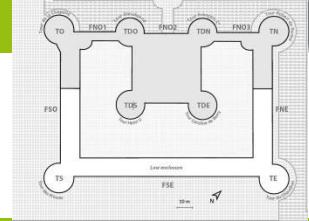


MISE EN PLACE DES IMAGES

- **1595 images pour couvrir l'enceinte extérieure**
- **Mise en place en l'air entièrement automatique**
 - 35 millions de points de liaison
 1. Mise en place des images à courte focale
 2. Sur lesquelles viennent s'appuyer les images à plus longue focale
- **Géoréférencement absolu via 59 points d'appuis bien répartis**
 - Mesurés manuellement sur 341 images
- **Validation :**
 - Résidus sur les points de liaison (0,4 pixel)
 - Résidus sur les points d'appui (1cm)
 - + validation visuelle sur le nuage de points de liaison

MISE EN PLACE DES IMAGES



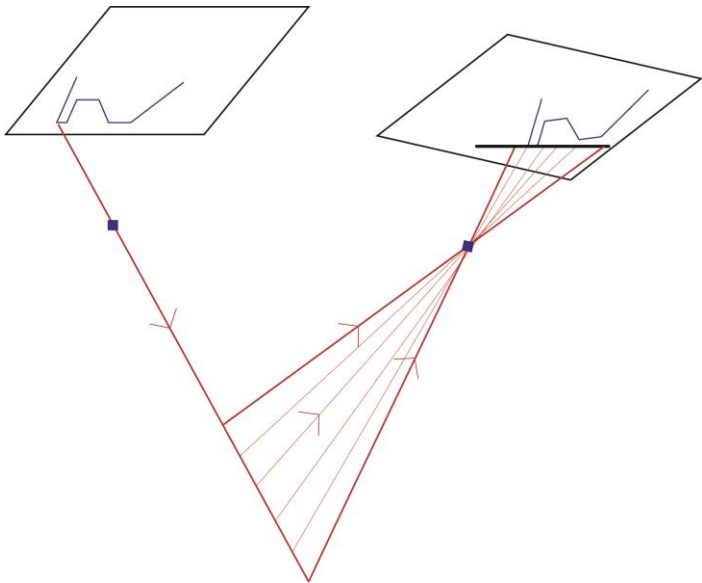


■ CORRELATION DENSE EN GEOMETRIE IMAGE

- Avantage : bonne reconstruction des discontinuités
- Inconvénient : demande un masque par image

■ commande C3DC de MicMac :

- Saisie manuelle d'un masque 3D sur le nuage de points de liaison
- Calcul d'une carte de profondeur par image
- Conversion des cartes de profondeur en nuages de points 3D
- Fusion des nuages de points par image



VALIDATION DE LA RECONSTRUCTION 3D

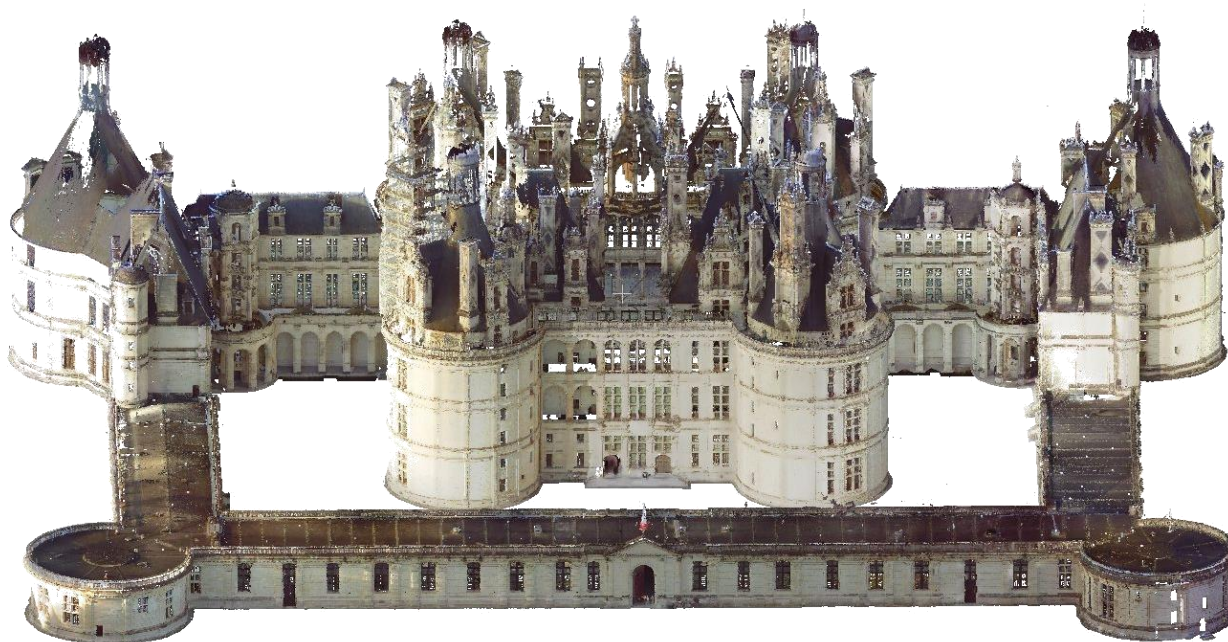


VALIDATION DE LA RECONSTRUCTION 3D



VALIDATION DE LA RECONSTRUCTION 3D

Comparaison dans **CloudCompare** avec les données laser acquises par le laboratoire Prisme, et géoréférencées par l'ENSG



- **Définition du plan de projection (façades planes)**

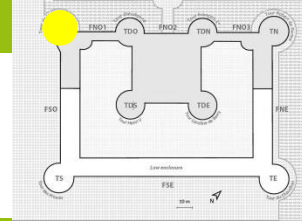
- Le meilleur plan passant par les points de liaison compris dans des masques saisis par l'opérateur

- **Définition du cylindre (tours)**

- Le meilleur cylindre passant par des nuages de points 3D bien répartis sur la tour

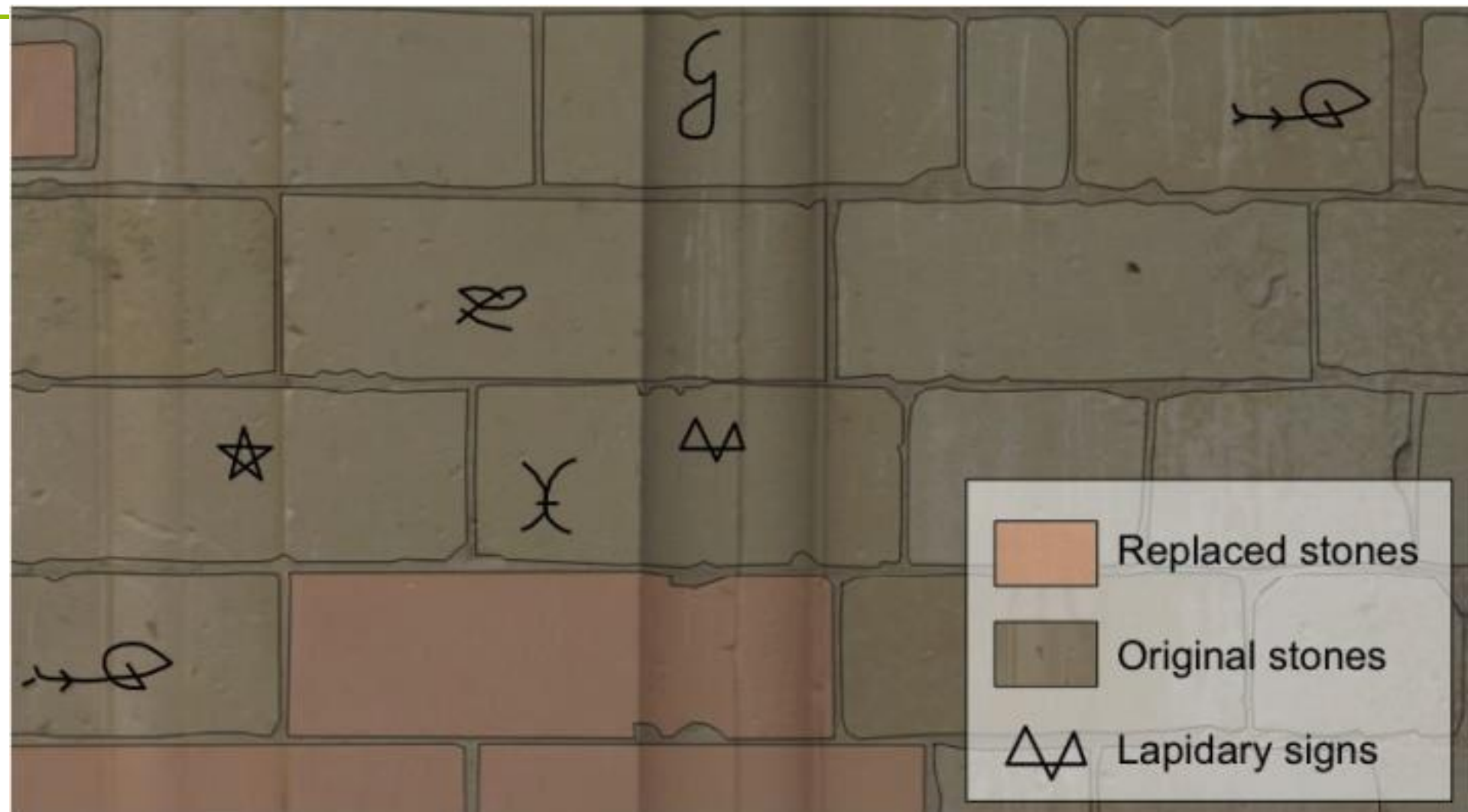


TOURS





EXEMPLE D'UTILISATION DES ORTHOS



■ Prise de vues

- **Critique**, requiert une bonne expertise photo et photogrammétrique
 - Photos nettes, bien exposées, si possible homogènes, stéréo partout
 - Développement automatique des images « raw » dangereux

■ Traitements avec MicMac

- **Avantages :**
 - possibilité de contrôler les résultats à chaque étape du processus
 - Paramétrage souple
- Automatisation des traitements

BILAN DES TRAITEMENTS AVEC MICMAC

1. Mise en place des images dans le système de coordonnées légal
 - Mise en place en l'air quasi automatique
 - Mesure des points d'appui manuelle
 - Validation requise
2. Corrélation dense en géométrie image
 - Validation requise
3. Saisie semi-automatique des plans de projections et des cylindres pour la production d'orthoimages
4. Nettoyage
5. Archivage



Bilan :

- **Calcul et livraison des déroulés des murs extérieurs**
- **Calcul en cours des murs de la cour intérieure**
- **Savoir-faire consolidé dans la prise de vues et son traitement**
- **A améliorer :**
 - **les traitements radiométriques**
 - **l'archivage**

Raphaelé Héno raphaele.heno@ign.fr

Antoine Pinte antoine.pinte@ensg.eu

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

■ Références :

- JANVIER S., 2012. Le carnet de santé d'un monument ; application au château de Chambord. Thèse de doctorat en Génie civil de l'université d'Orléans
- BRUNETAUD X., STEFANI C., JANVIER-BADOSA S., BECK K., AL-MUKHTAR M., 2012. Comparison between photomodeling and laser scanning to create a 3D model for a digital health record, European Journal of Environmental and Civil Engineering, 16 (sup1) p. 48-63.
- HÉNO R., CHANDELIER L., CLAUZEL L., HANON R., 2011. Complementarity of terrestrial laser scanning and DSM from aerial photography: the example of the cathedral of Amiens, Proceedings of the 23rd CIPA Symposium, Prague, Czech Republic
- HÉNO R., CHANDELIER L., 2014. 3D Modeling of buildings: Outstanding sites. Wiley editions ; ISBN: 978-1-84821-536-8, 224 p.
- MANUEL A., DE LUCA L., VERON P., 2014. A Hybrid Approach for the Semantic Annotation of Spatially Oriented Images. International Journal of Heritage in the Digital Era, III-2, p. 305-320.
- PIERROT-DESEILLIGNY M., PAPARODITIS N., 2006. A multiresolution and optimization-based image matching approach: An application to surface reconstruction from SPOT5-HRS stereoimagery, ISPRS Workshop on Topographic Mapping from Space (With Special Emphasis on Small Satellites), Ankara, Turkey, February.
- PIERROT-DESEILLIGNY M., CLÉRY I., 2012. Some possible protocols of acquisition for optimal use of the "APERIO" open source software in automatic orientation and calibration, Tutorial for EuroCow, Castelldefels, Spain, 8-10 February.
- STEFANI C., BRUNETAUD X., JANVIER-BADOSA S., BECK K., DE LUCA L., AL-MUKHTAR M.. 2014. Developing a toolkit for mapping and displaying stone alteration on a web-based documentation platform, Journal of Cultural Heritage 15, p. 1-9.