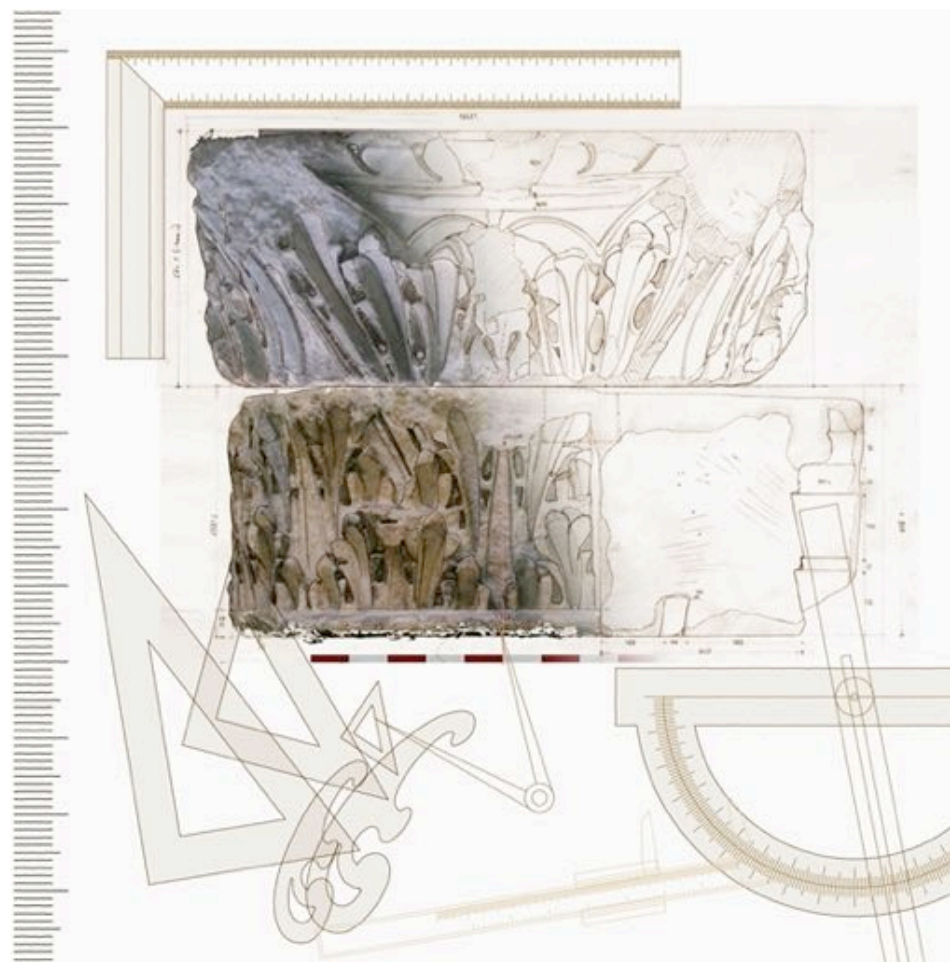


# COMPLÉMENTARITÉ DE LA MÉTHODE DE RELEVÉ TRADITIONNEL ET DE LA PHOTOGRAMMÉTRIE NUMÉRIQUE



Expériences de Bordeaux à Délos

## INTRODUCTION

### LES DIFFICULTÉS LIÉES AU RELEVÉ DE BLOCS ARCHITECTURAUX ORNÉS

a. FORMES DIFFICILES À REPRÉSENTER EN PROJECTION ORTHOGONALE  
Formes courbes, cylindres, cônes, sphères, sphéroïdes, surfaces gauches...

#### b. ORNEMENTATION COMPLEXE

Chapiteaux corinthiens, corniches à modillons, etc...  
Motifs ornementaux : feuilles d'acanthé, méandres, etc...

c. MESURES INCERTAINES AVEC LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS  
Mesures de diamètre, mesures de longueur de blocs incomplets, etc...

## INTRODUCTION

### LES QUALITÉS ESSENTIELLES D'UN MAILLAGE TRIDIMENSIONNEL EXIGÉES POUR SON UTILISATION DANS L'ÉTUDE D'UN BLOC

- a. CONSERVATION DE LA MORPHOLOGIE DU BLOC  
sans déformation de son ensemble et de ses détails
  
- b. CORRESPONDANCE MÉTRIQUE DU MAILLAGE 3D AVEC L'OBJET RÉEL  
correspondance des dimensions de l'objet numériques  
avec celles de l'objet réel
  
- c. LISIBILITÉ DU MODELÉ DES FORMES DU BLOC SUR LE MAILLAGE  
haute résolution de l'objet numérique

## INTRODUCTION

### « POST-TRAITEMENT » : QUELS LOGICIELS ou QUELLE SUITE DE LOGICIELS EMPLOYER ?

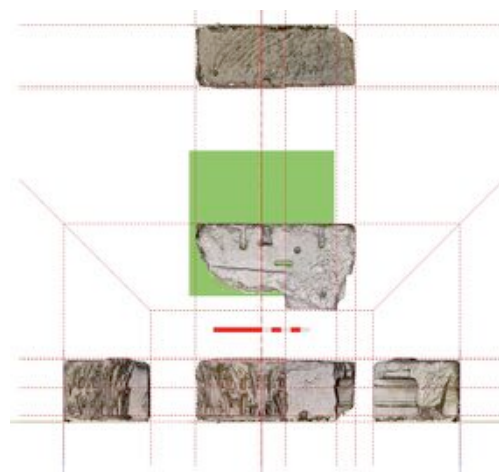
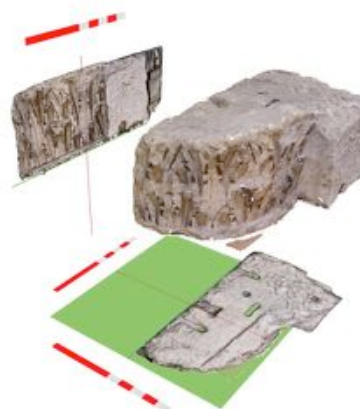
a. OUVRIER ET GÉRER DES FICHIERS  
VOLUMINEUX CONTENANT DES MAILLAGES 3D

b. CRÉER DES VUES EN PROJECTION  
ORTHOGONALE  
les 6 faces du bloc, les profils, les sections  
ou coupes, les axonométries, etc...

c. COMPOSER LES VUES AU SEIN D'UN  
GÉOMÉTRAL : mise en correspondance des  
6 faces

d. CHOISIR L'ÉCHELLE DE REPRÉSENTATION  
DU GÉOMÉTRAL : lisibilité optimale

e. MESURER LES LONGUEURS ET LES ANGLES  
CARACTÉRISTIQUES DU BLOC



## INTRODUCTION

### « POST-TRAITEMENT » : QUELS LOGICIELS ou QUELLE SUITE DE LOGICIELS EMPLOYER ?

a. OUVRIR ET GÉRER DES FICHIERS  
VOLUMINEUX CONTENANT DES MAILLAGES 3D

b. CRÉER DES VUES EN PROJECTION  
ORTHOGONALE  
les 6 faces du bloc, les profils, les sections  
ou coupes, les axonométries, etc...

c. COMPOSER LES VUES AU SEIN D'UN  
GÉOMÉTRAL : mise en correspondance des  
6 faces

d. CHOISIR L'ÉCHELLE DE REPRÉSENTATION  
DU GÉOMÉTRAL : lisibilité optimale

e. MESURER LES LONGUEURS ET LES ANGLES  
CARACTÉRISTIQUES DU BLOC

LOGICIELS DE MODÉLISATION 3D  
ET DE RENDU D'IMAGES DE  
SYNTHÈSE  
(3D STUDIO, CINEMA4D, RHINO3D,  
MAYA...)  
LOGICIELS INDUSTRIELS  
(GEOMAGIC, 3DRESHAPER, ...)

## INTRODUCTION

### « POST-TRAITEMENT » : QUELS LOGICIELS ou QUELLE SUITE DE LOGICIELS EMPLOYER ?

a. OUVRIR ET GÉRER DES FICHIERS  
VOLUMINEUX CONTENANT DES MAILLAGES 3D

b. CRÉER DES VUES EN PROJECTION  
ORTHOGONALE  
les 6 faces du bloc, les profils, les sections  
ou coupes, les axonométries, etc...

c. COMPOSER LES VUES AU SEIN D'UN  
GÉOMÉTRAL : mise en correspondance des  
6 faces

d. CHOISIR L'ÉCHELLE DE REPRÉSENTATION  
DU GÉOMÉTRAL : lisibilité optimale

e. MESURER LES LONGUEURS ET LES ANGLES  
CARACTÉRISTIQUES DU BLOC

LOGICIELS DE DESSIN  
VECTORIEL  
(ADOBE ILLUSTRATOR, AUTOCAD,  
VECTORWORKS...)

## INTRODUCTION

### « POST-TRAITEMENT » : QUELS LOGICIELS ou QUELLE SUITE DE LOGICIELS EMPLOYER ?

a. OUVRIR ET GÉRER DES FICHIERS  
VOLUMINEUX CONTENANT DES MAILLAGES 3D

b. CRÉER DES VUES EN PROJECTION  
ORTHOGONALE  
les 6 faces du bloc, les profils, les sections  
ou coupes, les axonométries, etc...

c. COMPOSER LES VUES AU SEIN D'UN  
GÉOMÉTRAL : mise en correspondance des  
6 faces

d. CHOISIR L'ÉCHELLE DE REPRÉSENTATION  
DU GÉOMÉTRAL : lisibilité optimale

e. MESURER LES LONGUEURS ET LES ANGLES  
CARACTÉRISTIQUES DU BLOC

**SUR LES LOGICIELS DE DESSIN  
VECTORIEL ? (ADOBE ILLUSTRATOR,  
AUTOCAD, VECTORWORKS...)**

**OU SUR DES LOGICIELS INDUSTRIELS  
COMME GEOMAGIC OU  
3DRESHAPER ?**

## PLAN DE LA PRÉSENTATION

### **INTRODUCTION**

#### **1. PREMIÈRES OBSERVATIONS SUR LE MAILLAGE 3D**

#### **2. MESURES CLASSIQUES / MESURES SUR LA 3D**

#### **3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL**

#### **4. COMPARAISON DE LA PHOTOGRAMMÉTRIE NUMÉRIQUE ET DU RELEVÉ CLASSIQUE**

#### **5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS**

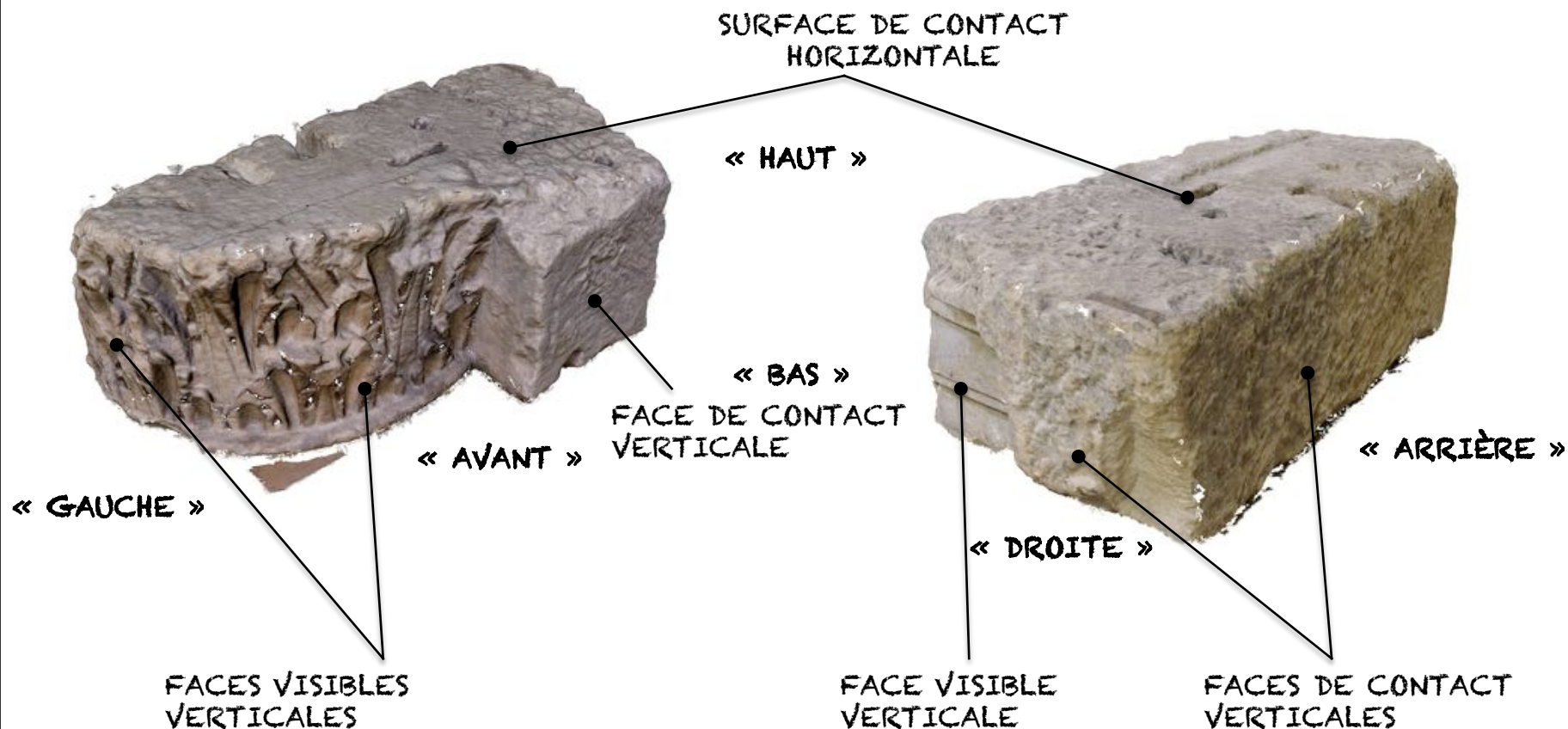
#### **6. PUBLICATION DES RÉSULTATS : RENDU PHOTO-RÉALISTE ou DESSIN ?**

### **CONCLUSION... PISTES DE RECHERCHE**



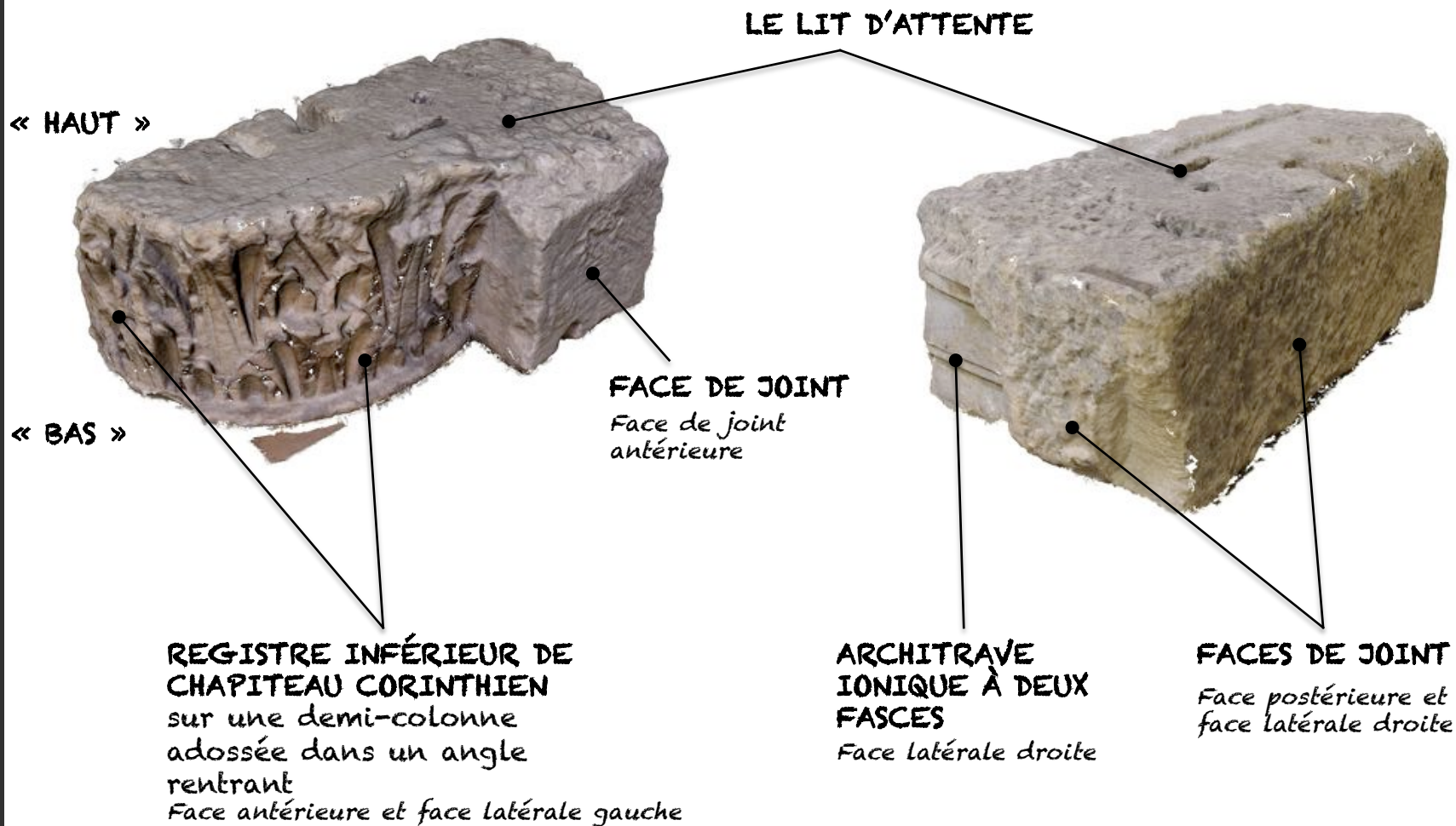
## 1. PREMIÈRES OBSERVATIONS SUR LE MAILLAGE 3D

### DÉFINITION DU SENS ET DE LA POSITION DU BLOC DANS LA CONSTRUCTION



## 1. PREMIÈRES OBSERVATIONS SUR LE MAILLAGE 3D

### IDENTIFICATION DES CARACTÈRES ARCHITECTURAUX PRINCIPAUX PANNERESSE D'ANGLE COMPORTANT LE REGISTRE INFÉRIEUR D'UN CHAPITEAU CORINTHIEN ET LA PARTIE SOMMITALE D'UNE ARCHITRAVE IONIQUE



## 1. PREMIÈRES OBSERVATIONS SUR LE MAILLAGE 3D

### DESCRIPTION DE L'ORNEMENTATION

forme des motifs ornementaux, des moulures, composition dans l'ensemble, etc...



- 1ère et 2nde couronne de feuilles d'acanthé,
- Motif axial
- Caulicoles,
- Départ de la volute d'angle...



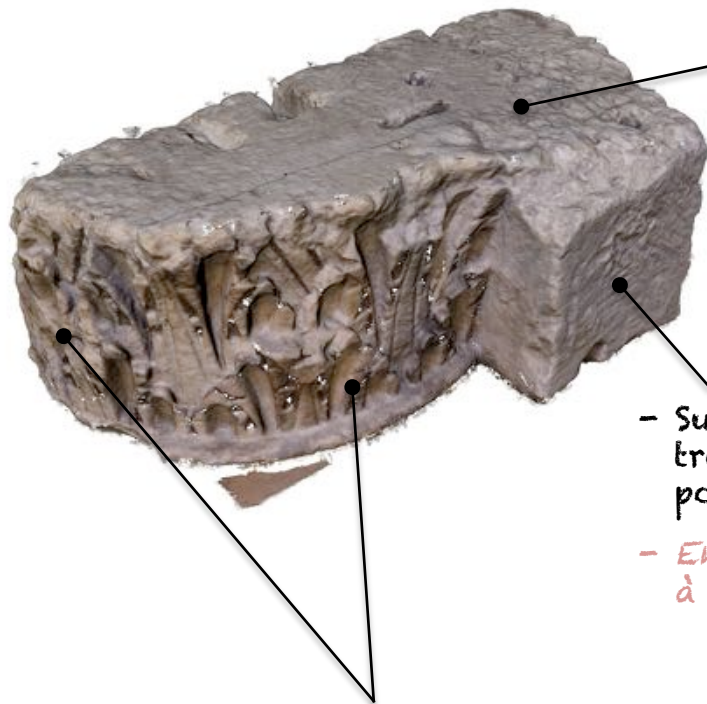
- Sommet d'une architrave à deux fascés avec :
- moulures en quart-de-rond sous les fascés
  - Et couronnement par un talon surmonté d'un bandeau

## 1. PREMIÈRES OBSERVATIONS SUR LE MAILLAGE 3D

### DESCRIPTION DES DÉTAILS TECHNIQUES DU BLOC

traces d'outils, texture de la pierre, tracés de construction...

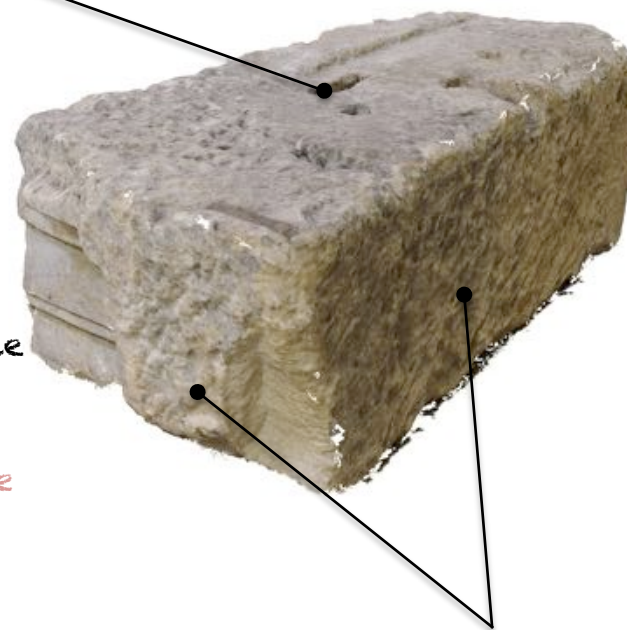
- Mortaises d'agrafe en pi
- Encoches de pince
- Trou de louve\*



- Surface démaigrée travaillée à la pointe

- Encoche de pince à crochet\*

Traces de trépan, de ciseau et de ripe ?\*



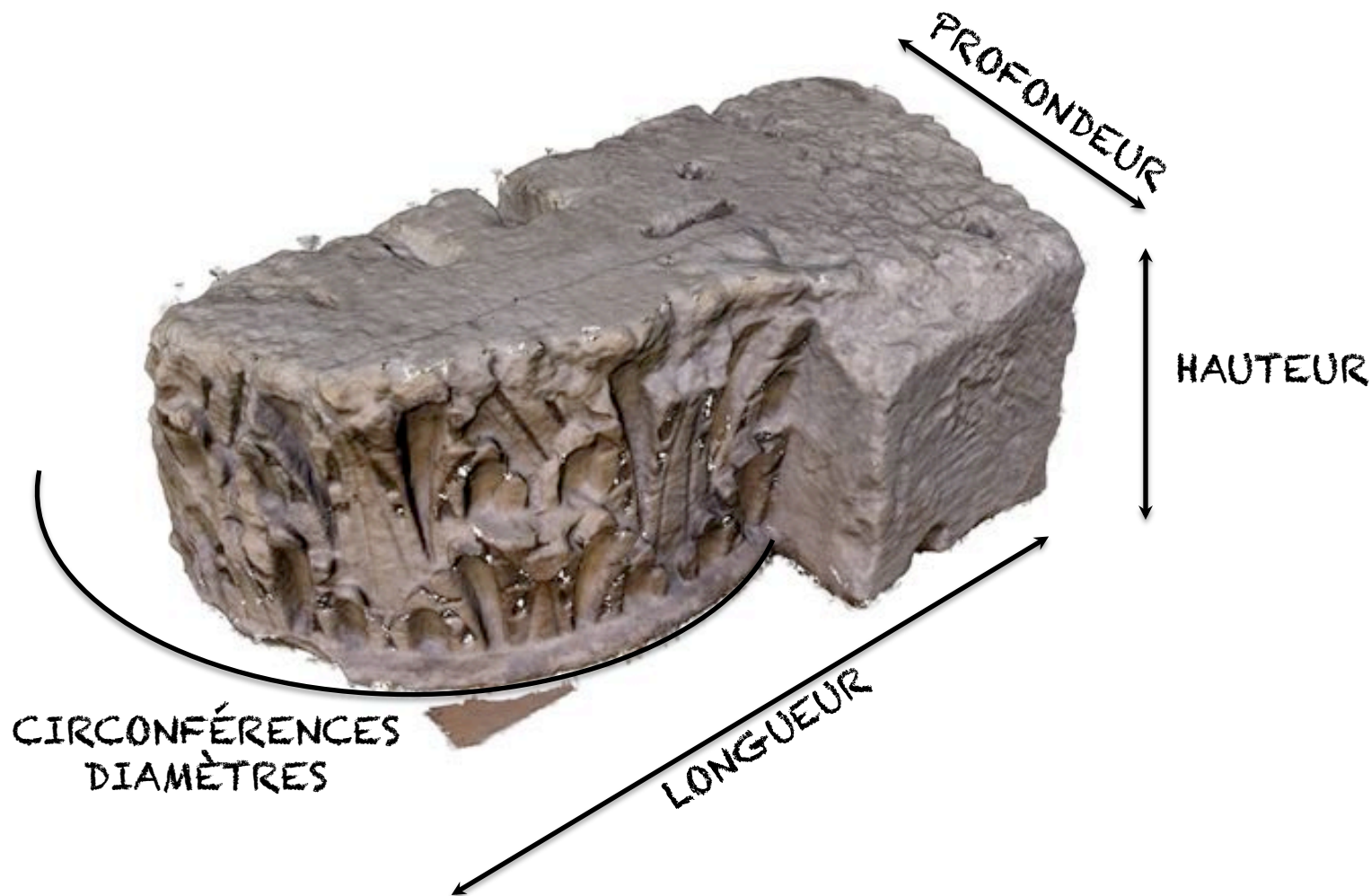
- Bandeau d'anathyrose
- Surface démaigrée travaillée à la pointe

- Encoches de pince à crochet\*

\* Détails identifiés sur le bloc et non sur le maillage

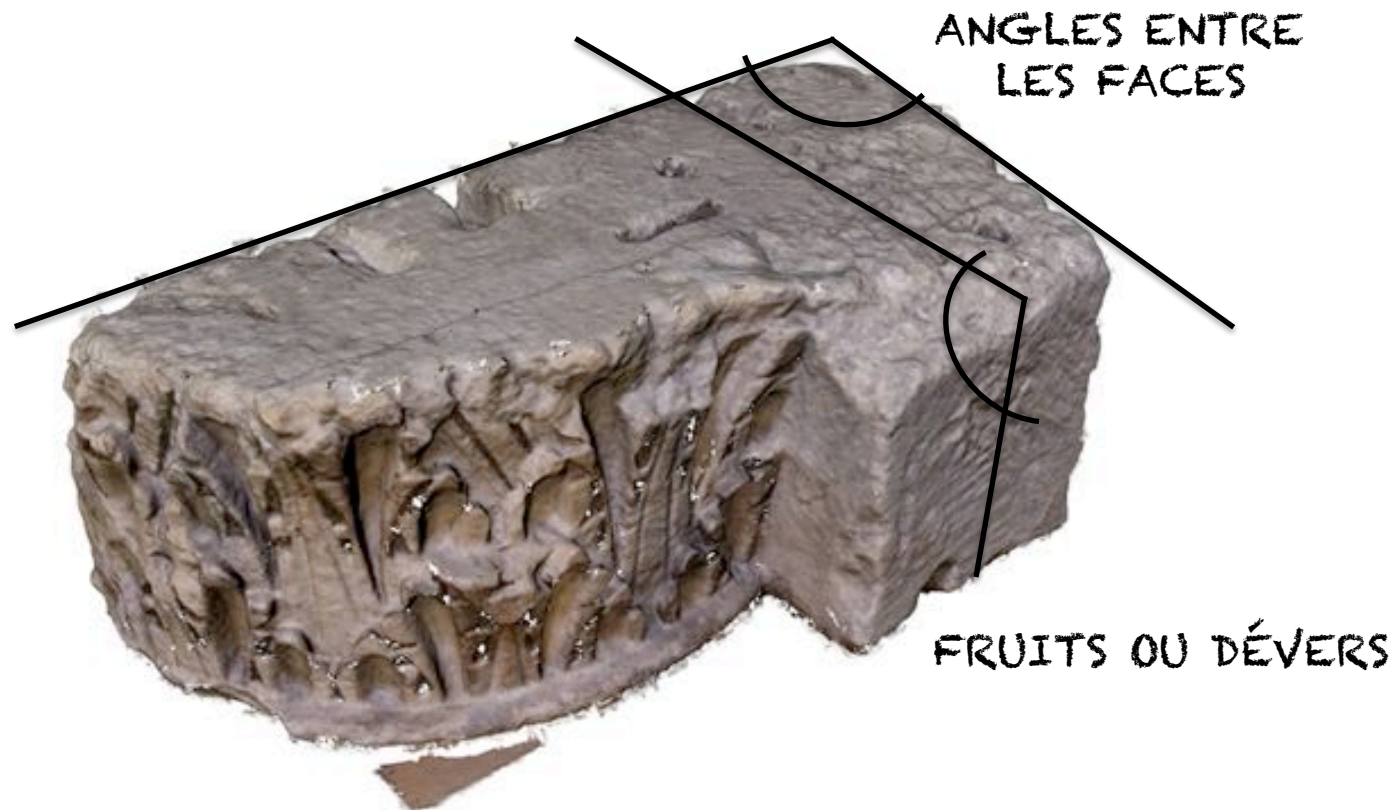
## 2. MESURES SUR L'OBJET RÉEL / MESURES SUR L'OBJET 3D

LES 2 MESURES DE BASE : LES DISTANCES et LES ANGLES



## 2. MESURES SUR L'OBJET RÉEL / MESURES SUR L'OBJET 3D

LES 2 MESURES DE BASE : LES DISTANCES et LES ANGLES

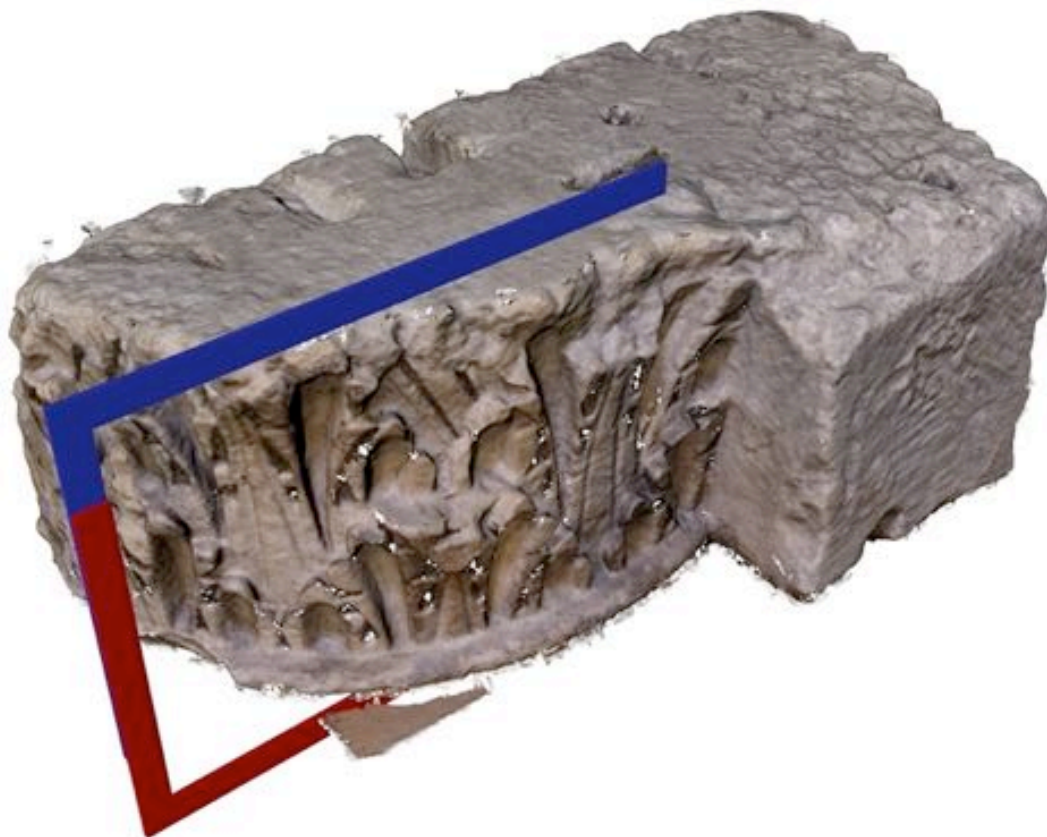
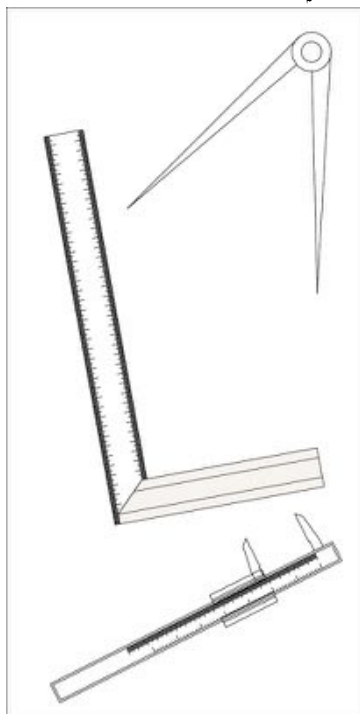


## 2. MESURES SUR L'OBJET RÉEL / MESURES SUR L'OBJET 3D

### LES INSTRUMENTS DE MESURE TRADITIONNELS mètres, équerres, compas et rapporteurs...

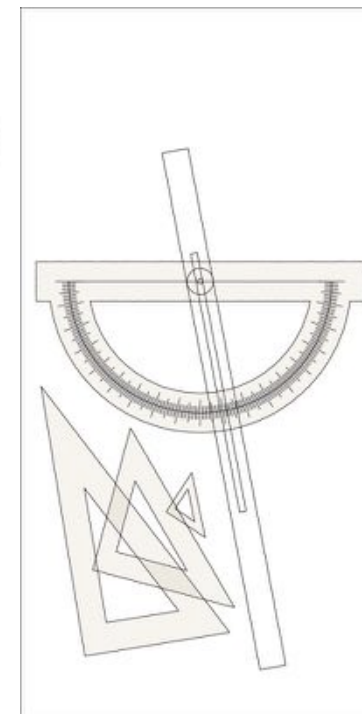
Les instruments de  
mesure pour les

#### LONGUEURS



Les instruments de  
mesure pour les

#### ANGLES

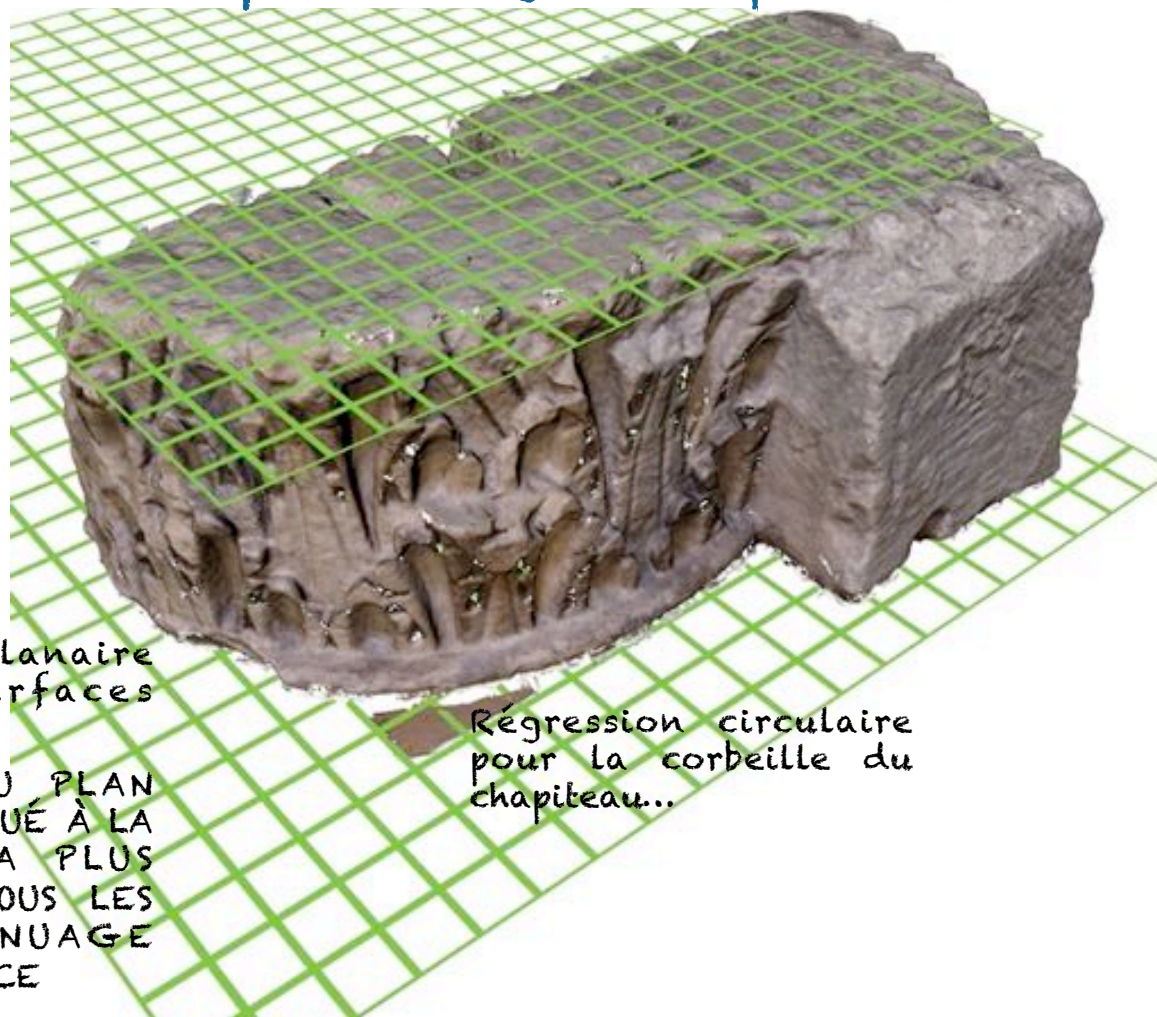


## 2. MESURES SUR L'OBJET RÉEL / MESURES SUR L'OBJET 3D

### LES OUTILS MATHÉMATIQUES

Statistique descriptive

Régressions : simplification géométrique des formes d'un bloc



Régression planaire  
pour les surfaces  
planes

CRÉATION DU PLAN  
« MOYEN » SITUÉ À LA  
DISTANCE LA PLUS  
PROCHE DE TOUS LES  
POINTS DU NUAGE  
D'UNE MÊME FACE

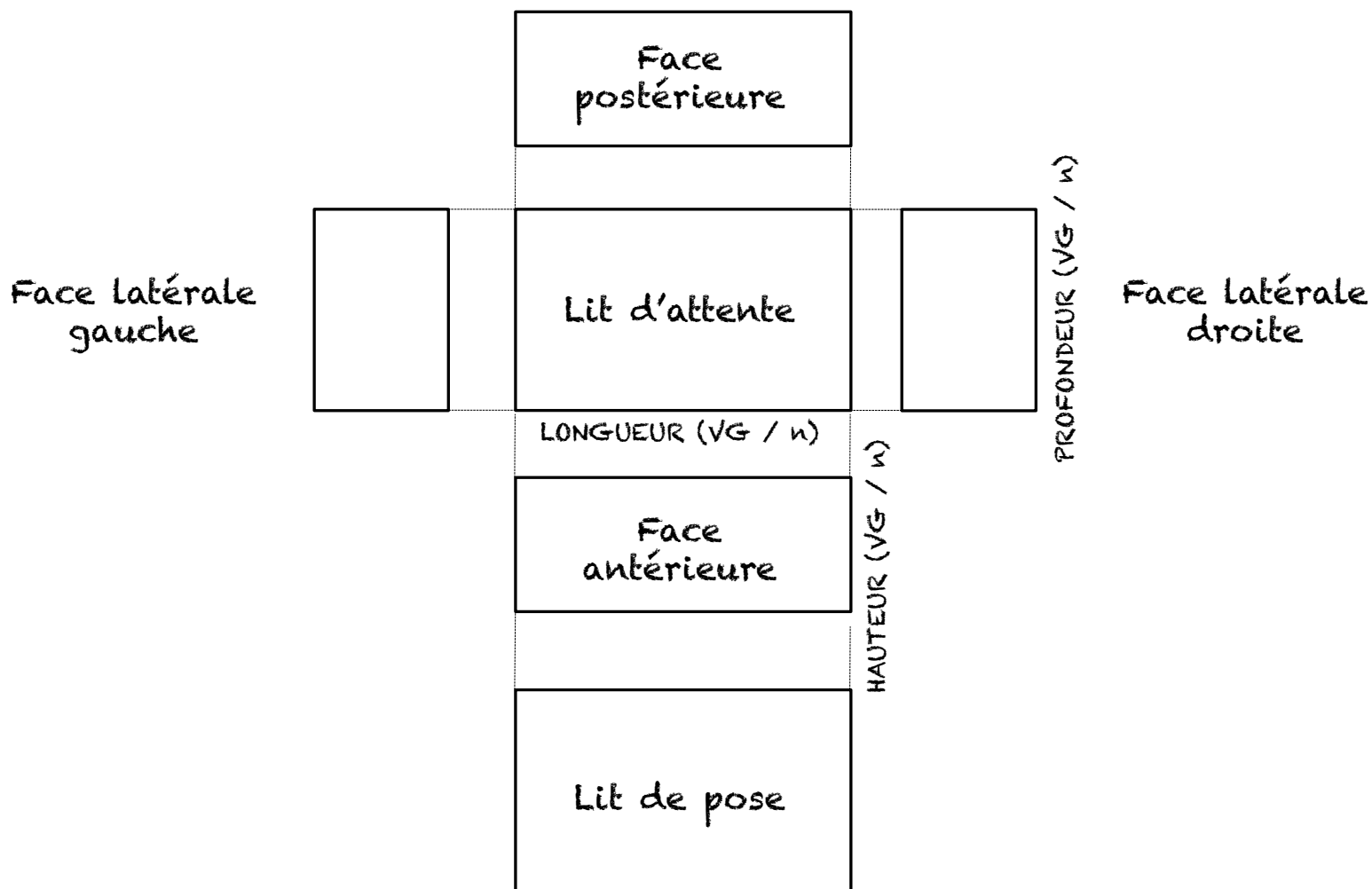
Régression circulaire  
pour la corbeille du  
chapiteau..



### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES

#### MOYEN UTILISÉ : LE GÉOMÉTRAL

Représentation des 6 faces en projection orthogonale, en correspondance les unes avec les autres et à une échelle donnée



### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

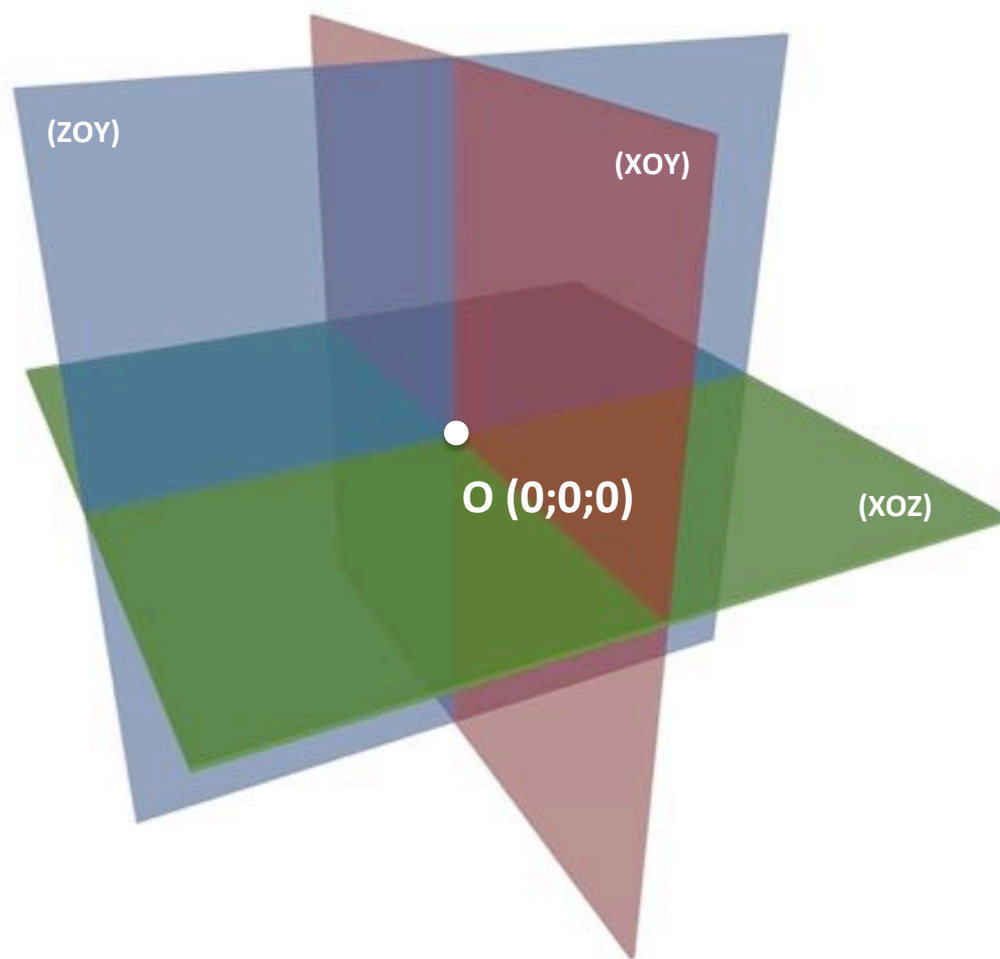
#### Caractéristiques des logiciels de 3D

#### SYSTÈME ORTHONORMÉ DU LOGICIEL DE 3D\*

- Origine  $O(0;0;0)$
- Axes  $X$ ,  $Y$  et  $Z$
- Plans orthogonaux déterminés par les trois axes :  $(XOZ)$ ,  $(XOY)$  et  $(ZOY)$

#### CORRESPONDANCE DES FACES D'UN BLOC D'ARCHITECTURE AVEC LES PLANS DE RÉFÉRENCE DU LOGICIEL

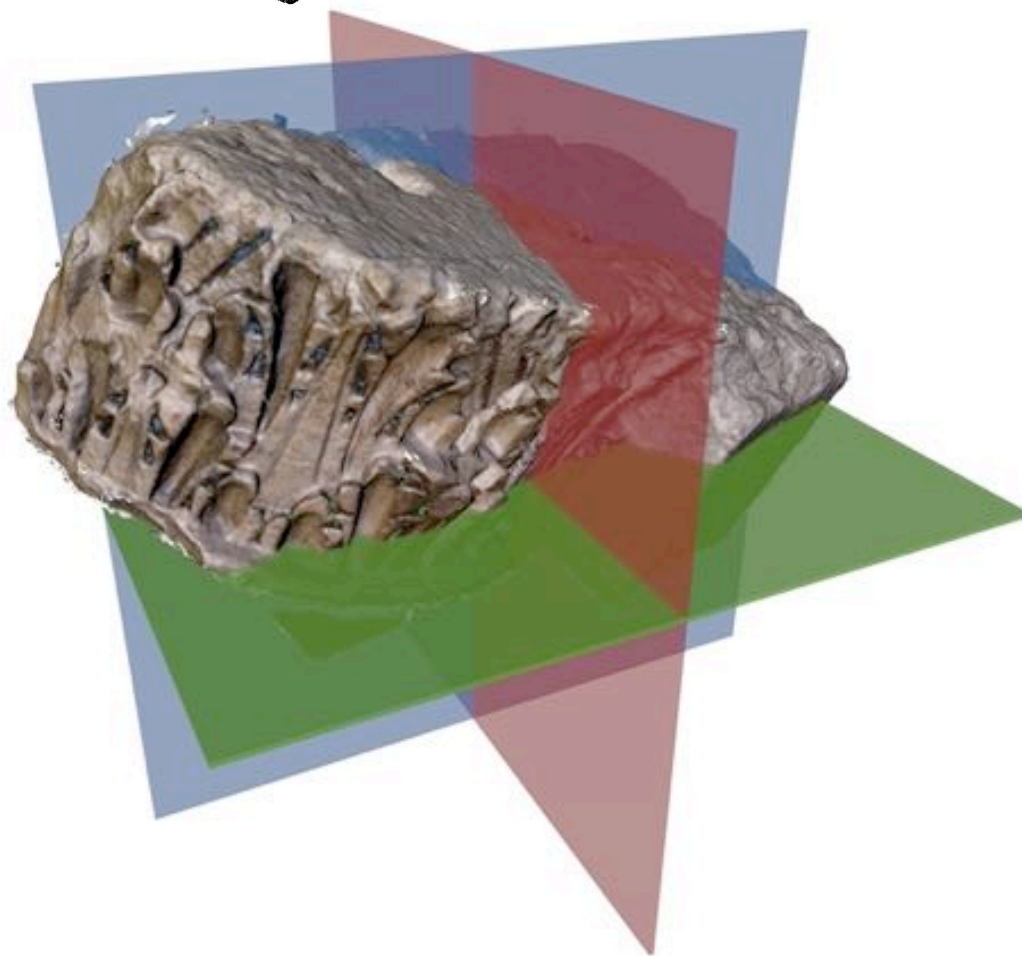
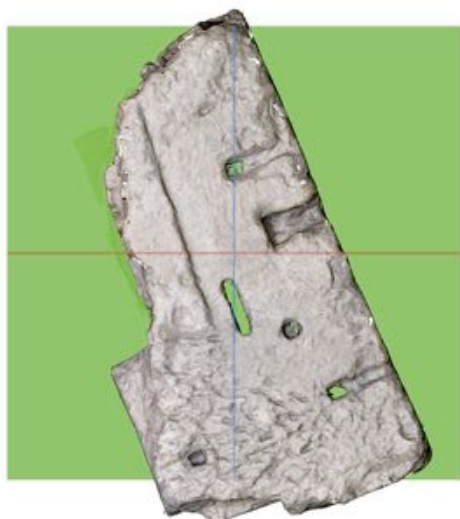
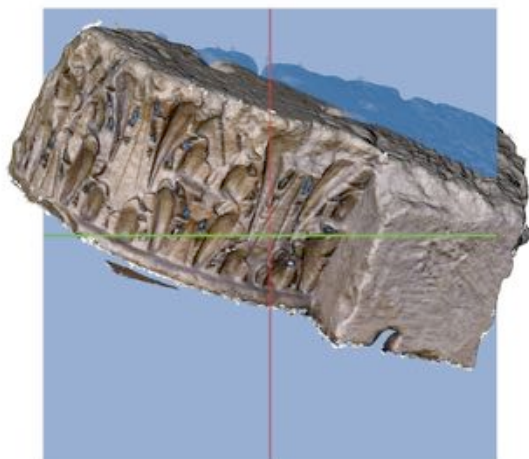
- $(XOZ)$  : faces horizontales (lit d'attente, lit de pose)
- $(XOY)$  et  $(ZOY)$  : faces verticales (faces de parement, faces de joint)



\* Cinema4D, 3DStudio, Rhino3D, Maya, etc...

### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

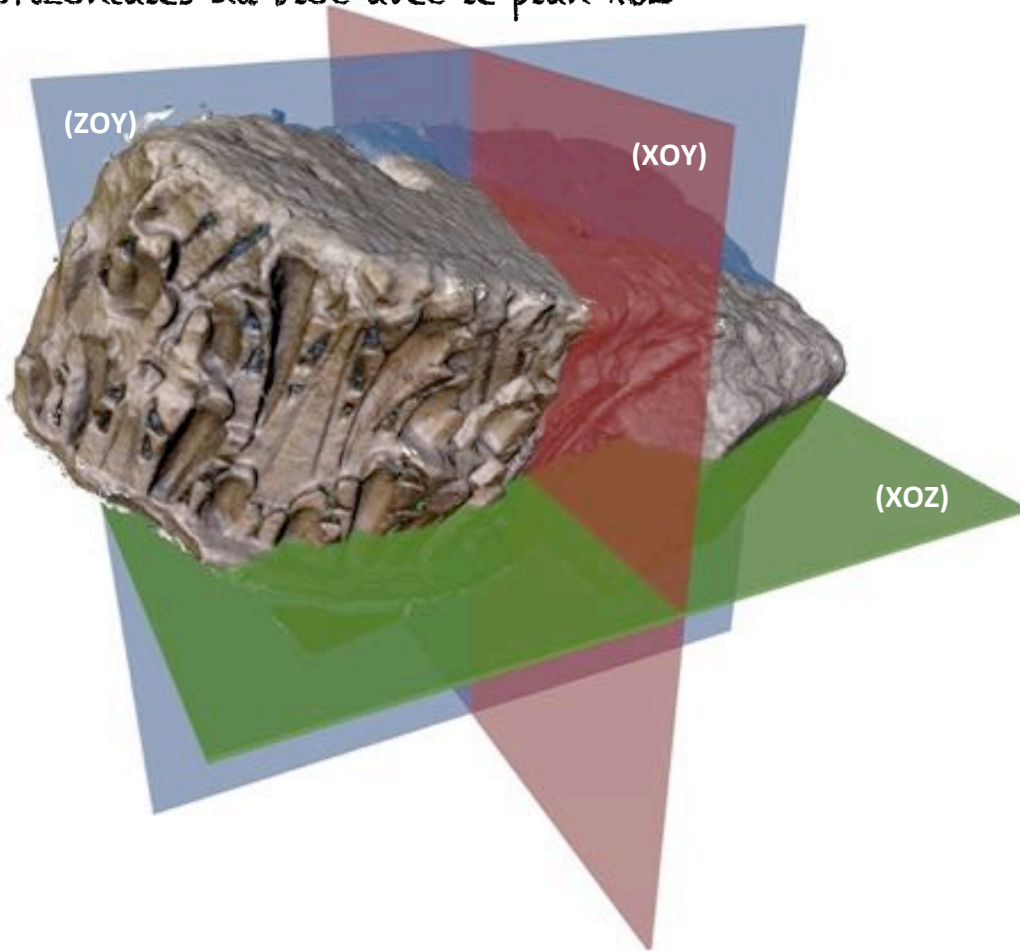
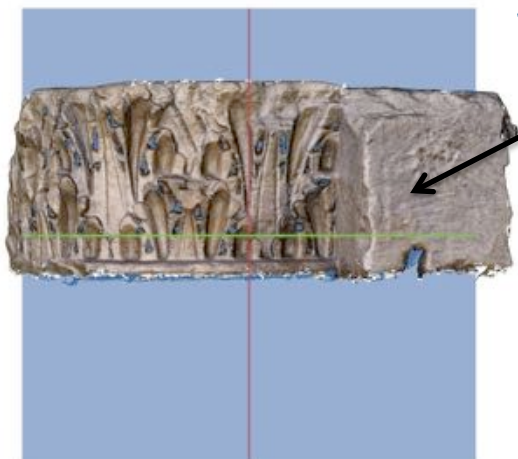
Alignement des faces du bloc avec les plans du logiciel  
Maillage 3D sans orientation



### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

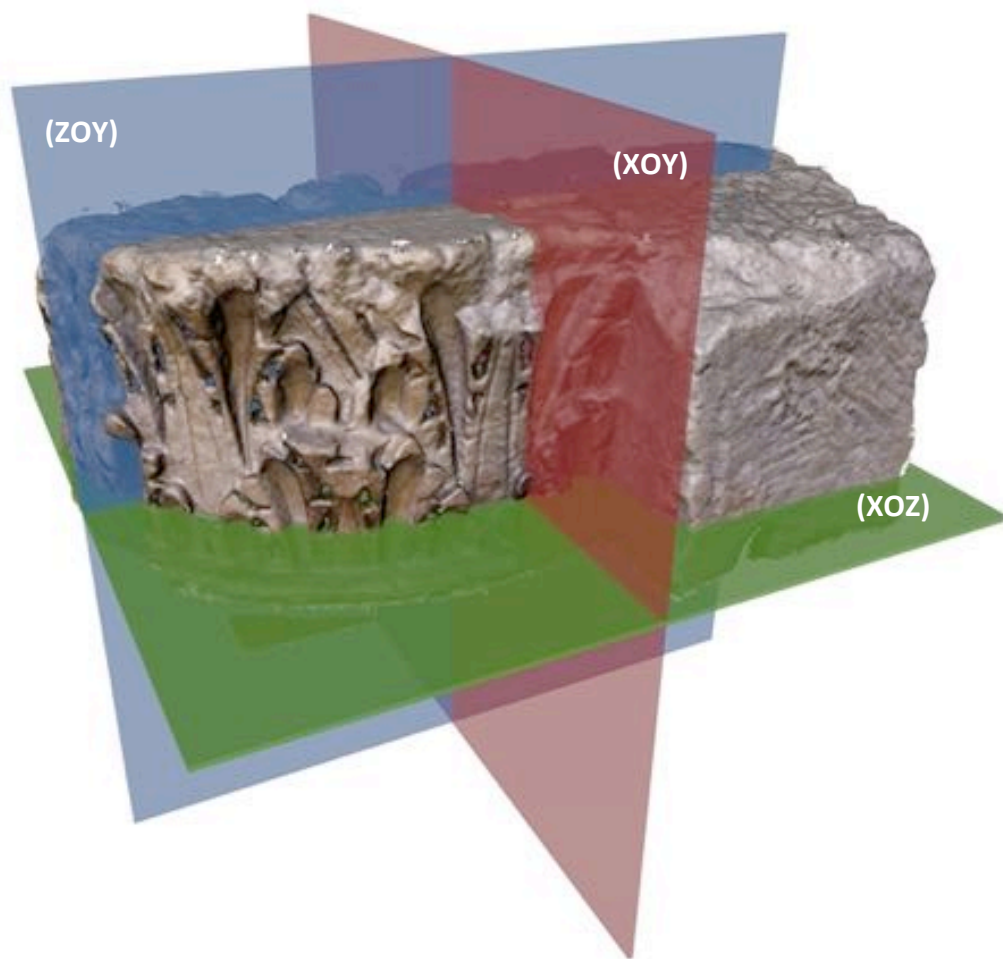
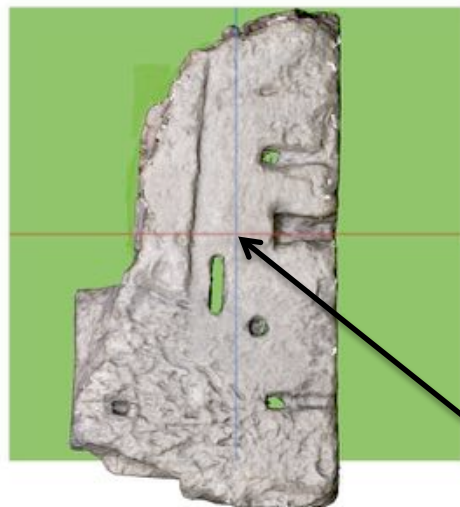
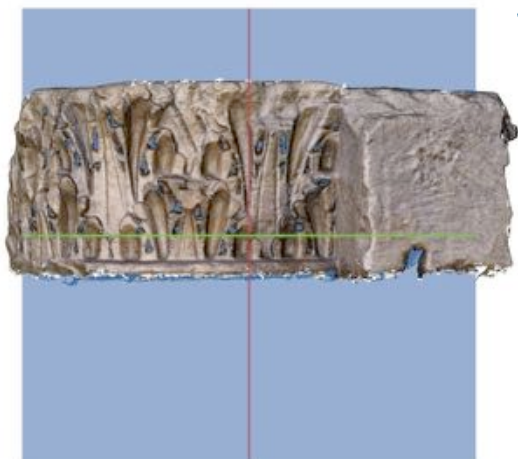
Alignement des faces du bloc avec les plans du logiciel

Rotation du maillage : alignement des faces horizontales du bloc avec le plan XOZ



### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

Alignement des faces du bloc avec les plans du logiciel



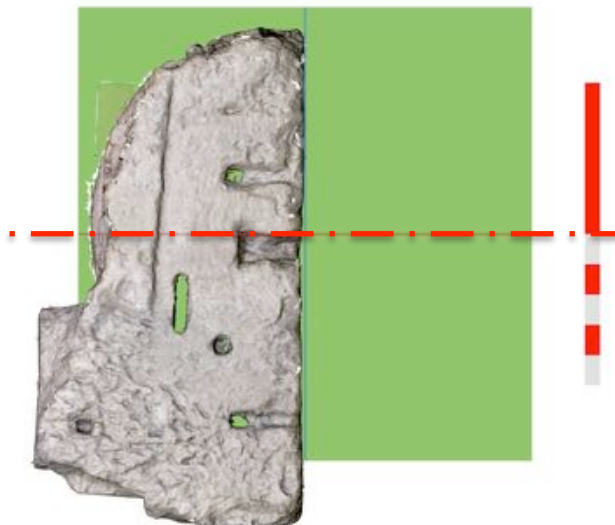
Rotation du maillage : alignement des faces verticales du bloc avec les plans XOY ET ZOY

### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

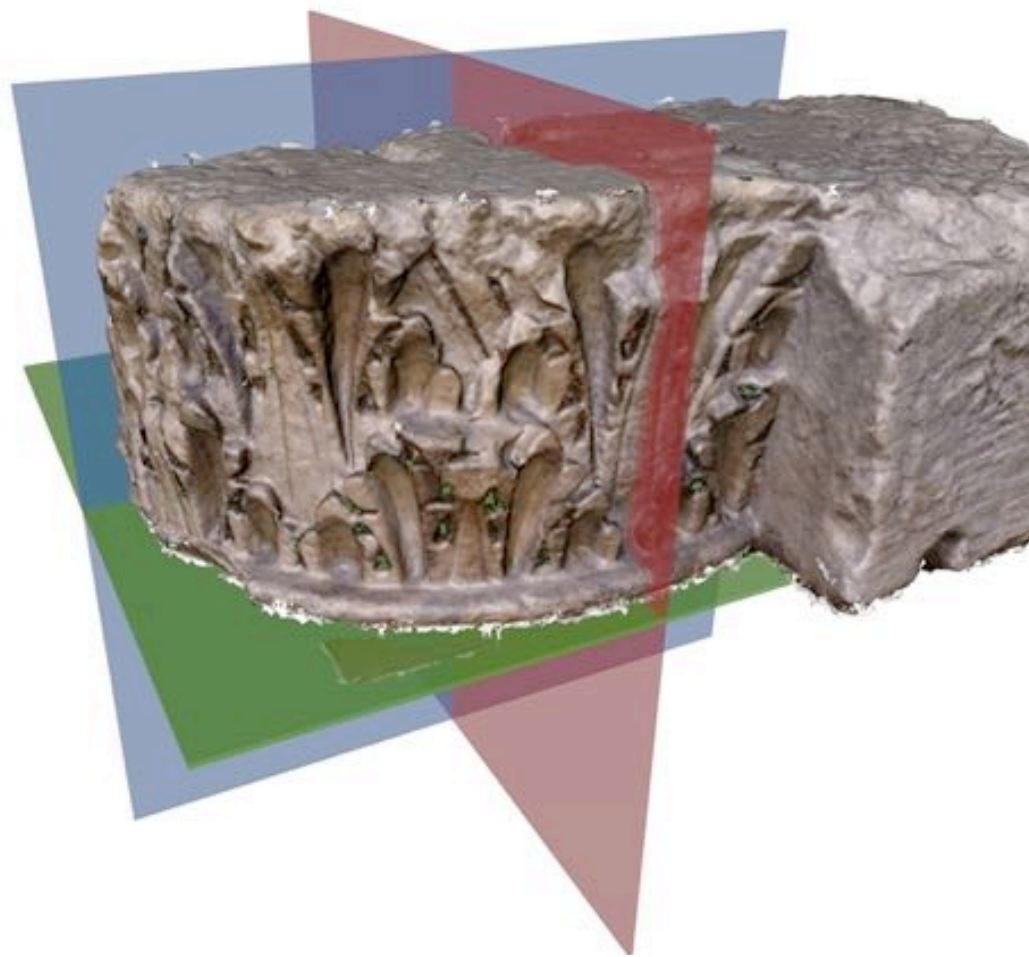
Alignement des faces du bloc avec les plans du logiciel



FEUILLE AXIALE DU  
CHAPITEAU ALIGNÉE À  
L'AXE Y DU LOGICIEL



ÉCHELLE GRAPHIQUE



Alignement des axes et des faces du bloc  
au axes et plans du logiciel

### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

Assemblage des projections orthogonales du maillage au sein d'un géométral photo-réaliste



FACE POSTÉRIEURE



PLAN DU LIT D'ATTENTE



FACE LATÉRALE  
GAUCHE



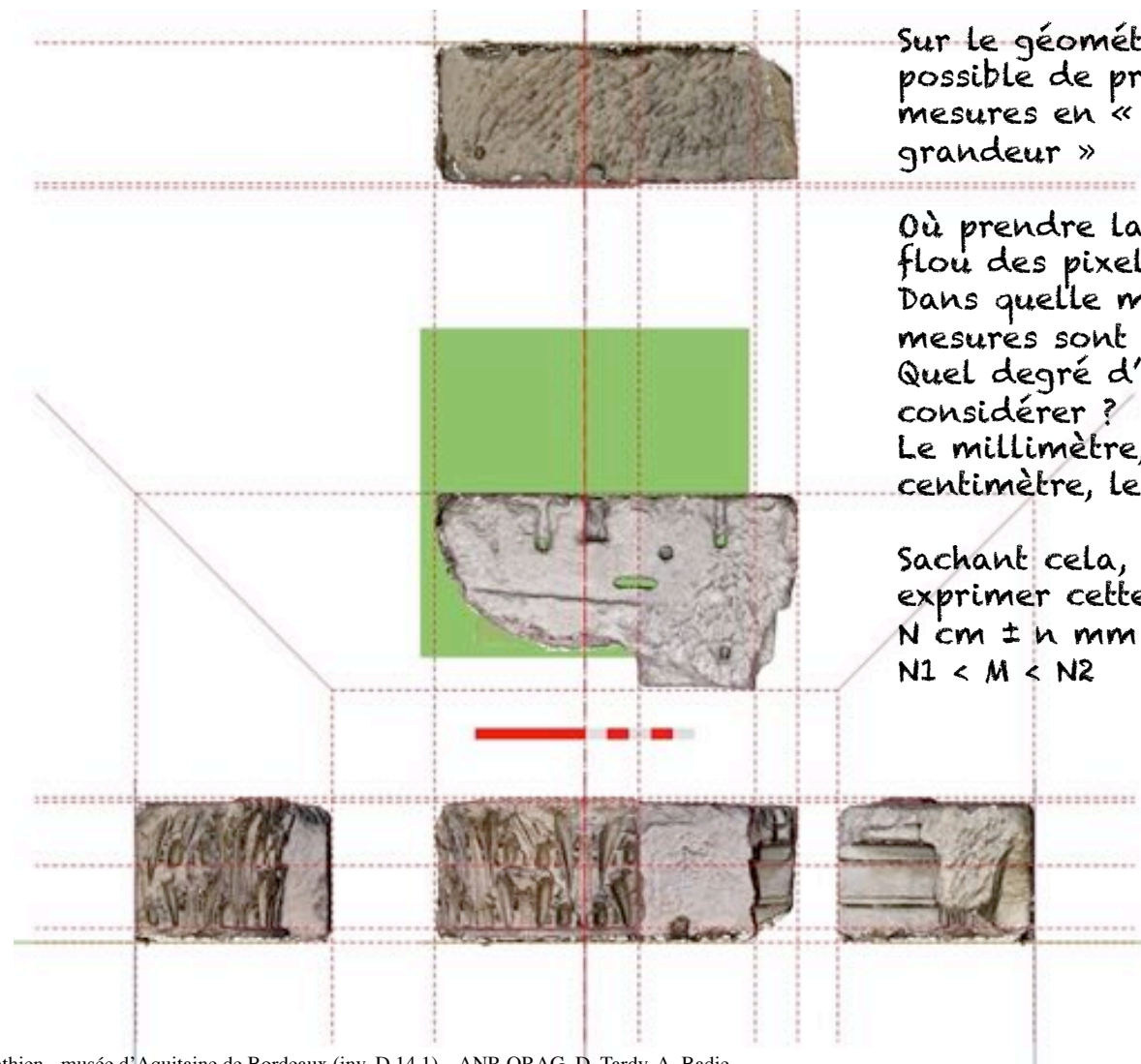
FACE ANTÉRIEURE



FACE LATÉRALE  
DROITE

### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

#### Mesures sur le géométral photo-réaliste ?



Sur le géométral, il est possible de prendre des mesures en « vraie grandeur »

Où prendre la mesure dans le flou des pixels de l'image ?  
 Dans quelle mesure ces mesures sont fiables ?  
 Quel degré d'erreur doit-on considérer ?  
 Le millimètre, le demi-centimètre, le centimètre ?

Sachant cela, comment exprimer cette mesure ?  
 $N \text{ cm} \pm n \text{ mm}$   
 $N1 < M < N2$



### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

Du géométral photo-réaliste au géométral dessiné  
par un relevé devant le bloc (dessin et mesures *in situ*)

Le relevé qui est effectué devant le bloc comporte deux opérations principales :  
LE DESSIN et LA PRISE DE MESURES (longueurs et angles).

Dessin : simplification de la forme du bloc  
par des figures géométriques élémentaires : points, lignes, surfaces.

Mesures importantes effectuées directement sur le bloc.

Éléments secondaires calqués sur le géométral photo-réaliste  
avec un constant aller-retour entre les observations du bloc et de son image.



Registre inférieur de chapiteau corinthien - musée d'Aquitaine de Bordeaux (inv. D.14.1) – ANR ORAG, D. Tardy, A. Badie.

### 3. VRAIE GRANDEUR ET CORRESPONDANCE DES FACES : LE GÉOMÉTRAL

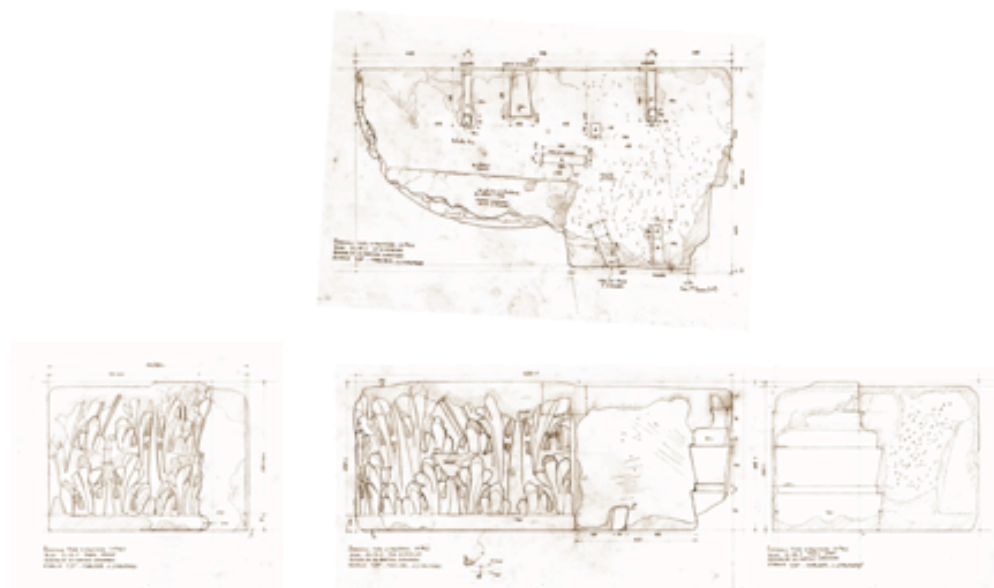
Du géométral photo-réaliste au géométral dessiné  
par un relevé devant le bloc (dessin et mesures *in situ*)

Rôle analytique du dessin : sélection des éléments caractéristiques du bloc.

Par la technique de la photogrammétrie tridimensionnelle numérique

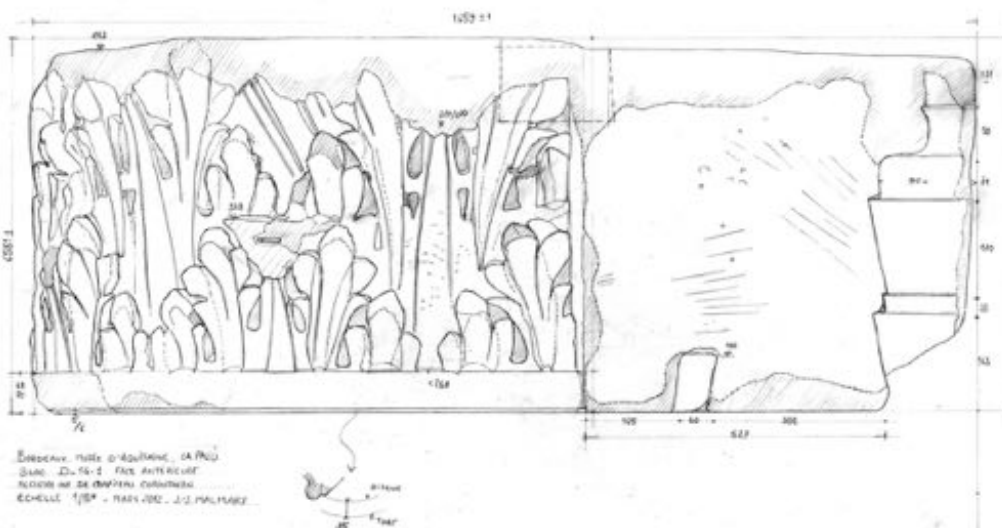
Redéfinition du RÔLE DU RELEVÉ TRADITIONNEL :

- UN OUTIL D'ENREGISTREMENT
- + UN OUTIL D'ANALYSE



## 4. PHOTOGRAMMÉTRIE NUMÉRIQUE ET RELEVÉ CLASSIQUE

### QUALITÉS DE LA PHOTOGRAMMÉTRIE NUMÉRIQUE TRIDIMENSIONNELLE : Projection orthogonale de formes complexes



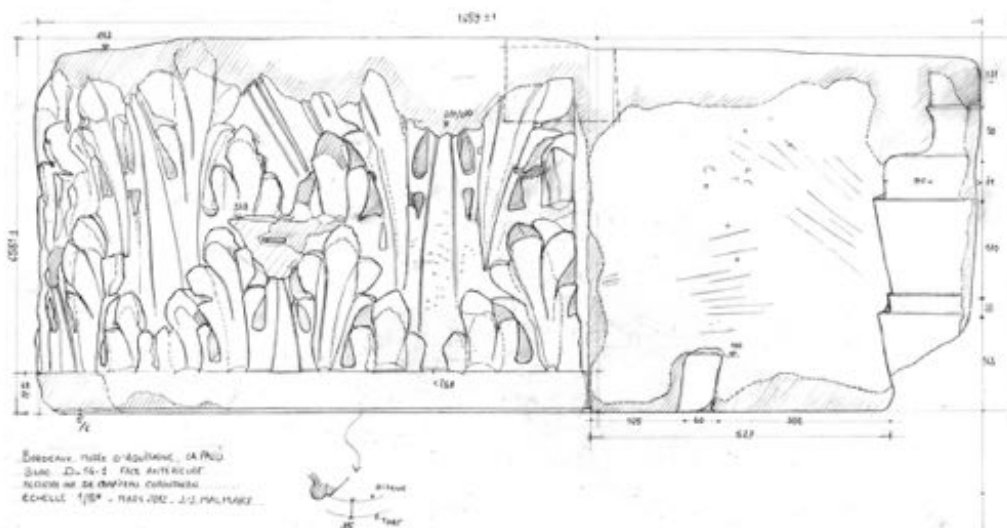
#### LE MAILLAGE 3D :

- La projection orthogonale de formes complexes (ici cylindriques ou tronconiques) et de l'ornementation développée autour de la corbeille (feuilles d'acanthe, caulicoles, volutes, etc...).
- La représentation photo-réaliste en « vraie grandeur » d'un objet réel.

## 4. PHOTOGRAMMÉTRIE NUMÉRIQUE ET RELEVÉ CLASSIQUE

### QUALITÉS DU DESSIN :

Outil d'analyse, sélection et hiérarchisation de l'information,



### LE DESSIN :

- Distinction et hiérarchisation des formes.
- Mise en évidence des lignes essentielles du bloc : silhouette ou contour, inflexions de surfaces courbes, lignes séparatives de surfaces de différentes natures etc...
- Hiérarchisation des éléments constitutifs du bloc : codification du dessin.

## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Un chapiteau ionique en marbre à Délos

Un chapiteau dorique en poros à Delphes



## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau ionique en marbre à Délos : problèmes de lecture...  
Géométral photo-réaliste



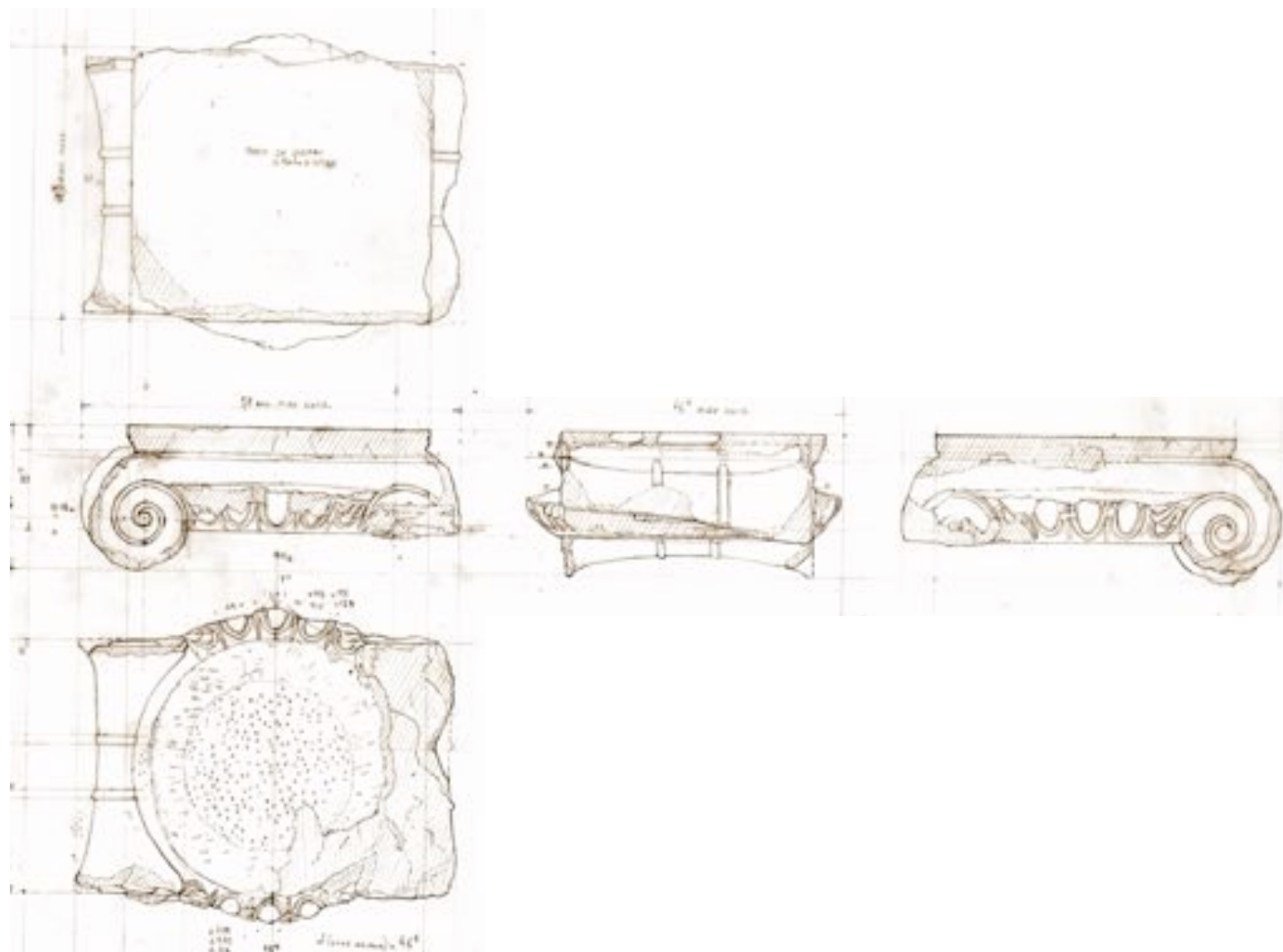
### EXIGENCES POUR LE RELEVÉ DU BLOC

- Précision millimétrique
- Représentation de détails et de moulures très fins
- Représentation d'inflexions ténues entre les surfaces



## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau ionique en marbre à Délos : problèmes de lecture...  
Géométral dessiné



Chapiteau ionique - Magasin à la baignoire (GD122a) à Délos - relevé dans le cadre de l'étude sur les édifices commerciaux du front de mer à Délos - ÉFA, P. Karvonis, J.-J. Malmary

## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau ionique en marbre à Délos : problèmes de lecture...

Détails photo-réalistes

Profil de la  
moulure de  
l'abaque ?

Limite entre cassure et  
partie conservée ?



Traces de ciseau ?

Limite entre  
l'orle et le  
canal de la  
volute ?



Chapiteau ionique - Magasin à la baignoire (GD122a) à Délos - relevé dans le cadre de l'étude sur les édifices commerciaux du front de mer à Délos - ÉFA, P. Karvonis, J.-J. Malmary



## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau ionique en marbre à Délos : problèmes de lecture...

Détails dessinés

Profil de la  
moulure de  
l'abaque ? TALON

Limite entre cassure et  
partie conservée ?  
MISE EN ÉVIDENCE PAR  
LE DESSIN

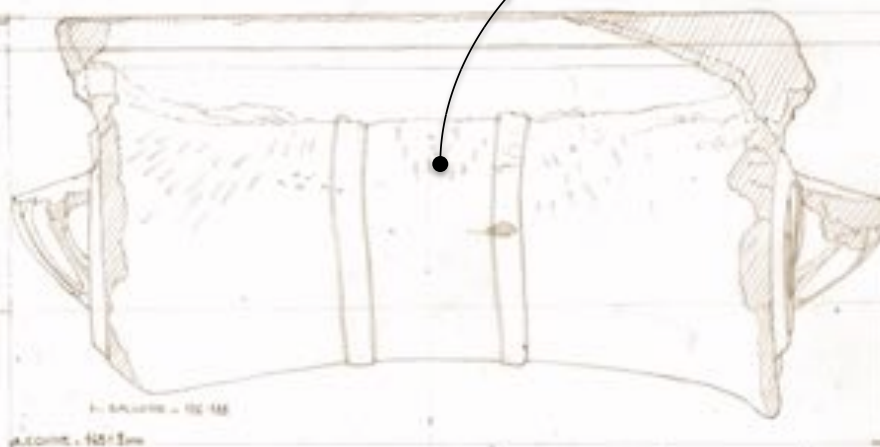


Traces de ciseau ?  
CODIFIÉES PAR LE  
DESSIN

Limite entre  
l'orle et le  
canal de la  
volute ?

PERCEPTIBLE  
AU TOUCHER

REPRÉSENTÉE  
PAR LE DESSIN



## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau dorique en poros à Delphes : problèmes de lecture et de mesure...

### **BLOC EN MAUVAIS ÉTAT :**

- Nombreuses cassures et épaufures dues au réemploi du bloc dans un mur tardif,
- Dégradation accentuée par la nature poreuse et hétérogène du poros
- Lichens difficile à éliminer sans détériorer la pierre,
- Couches de mortier sur le lit d'attente.



Chapiteau dorique – réemploi situé dans un mur tardif au sud-ouest de la terrasse du portique Ouest de Delphes – ÉFA, A. Perrier, J.-J. Malmary

## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau dorique en poros à Delphes : problèmes de lecture et de mesure...

MESURES SUR LE BLOC

ET MESURES SUR LE MAILLAGE 3D...

### 2 DIFFICULTÉS MAJEURES :

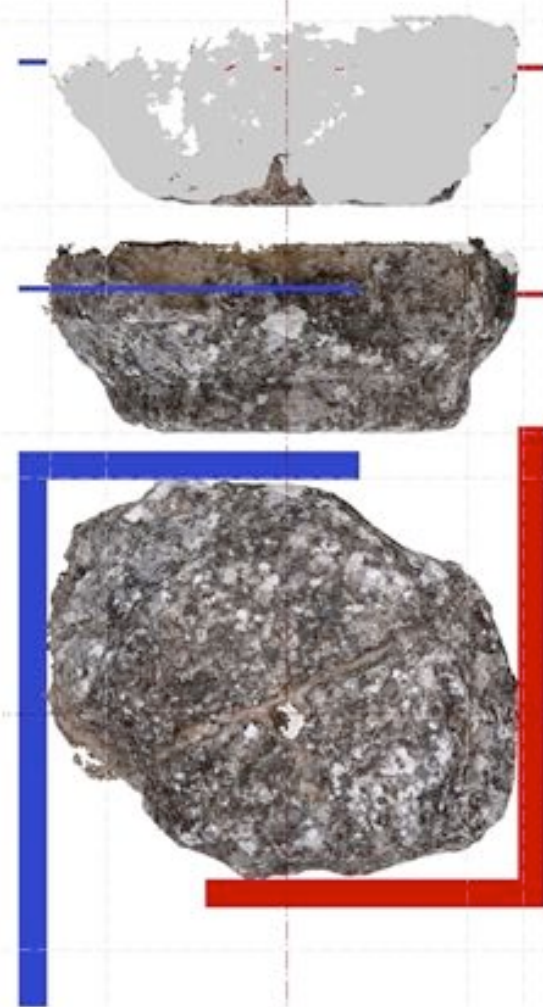
SUR LE BLOC : LES MESURES

Côté de l'abaque et diamètre du fût  
difficiles à mesurer avec les outils  
traditionnels :

- Fût incomplet
- 2 petites surfaces conservées pour l'abaque

SUR LE MAILLAGE 3D : LA LECTURE DES  
FORMES

- Lignes directrices et détails illisibles.
- Identification des surfaces conservées  
quasiment impossible sans un rapport visuel  
et tactile avec le bloc.



## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau dorique en poros à Delphes : problèmes de lecture et de mesure...

MESURES SUR LE BLOC

ET MESURES SUR LE MAILLAGE 3D...

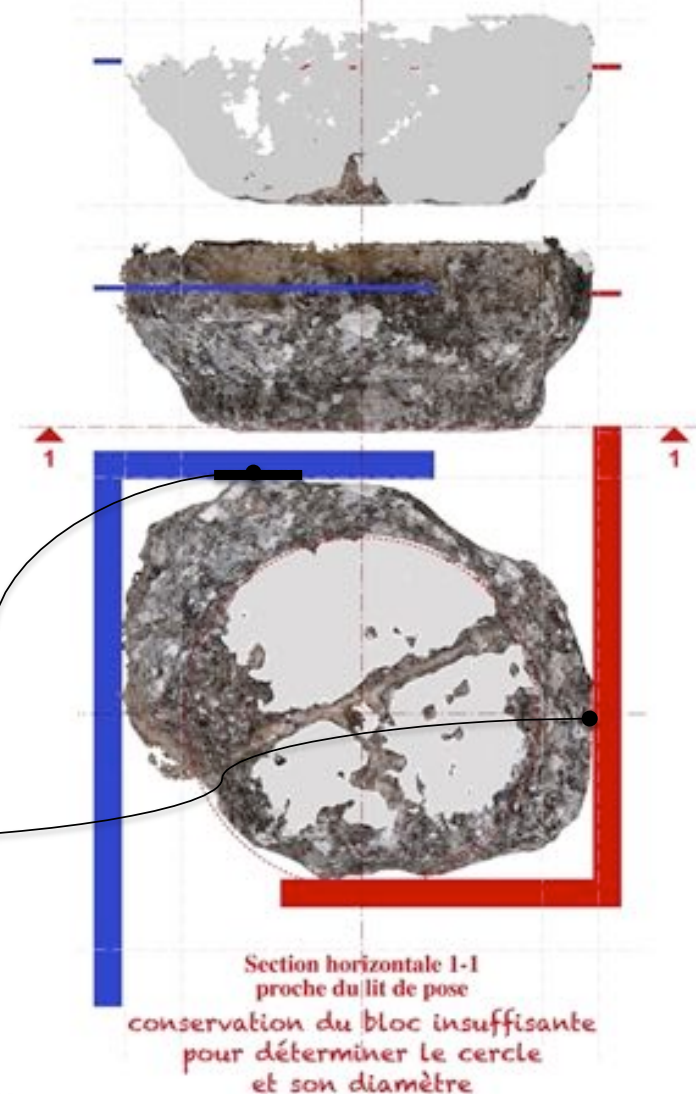
### MESURES SUR LE BLOC

Détails du profil mal conservés : nécessité d'un examen visuel et tactile du bloc pour repérer de bas en haut :

- La surface originale du lit d'attente (couverte en partie de mortier)
- la position des annelets,
- la section de l'échine
- et la position du soffite de l'abaque

Identification des surfaces conservées indispensable pour le choix des points de prise de mesure :

- la seule face conservée de l'abaque
- et la face à droite qui n'est pas originale

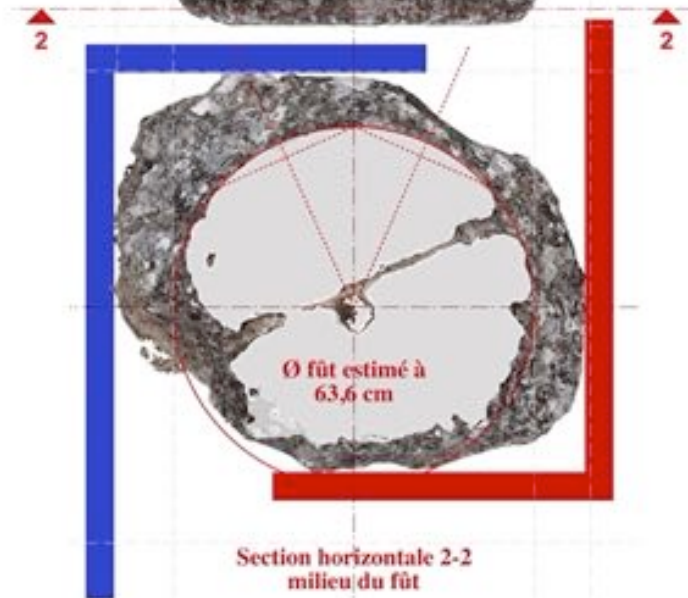


## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau dorique en poros à Delphes : problèmes de lecture et de mesure...

MESURES SUR LE BLOC

ET MESURES SUR LE MAILLAGE 3D...



### MESURES SUR LE MAILLAGE 3D

Mesures difficiles à prendre directement sur le bloc : faisables à partir de sections en projection orthogonale sur le maillage

Pour déterminer le diamètre du fût :

- Création d'une section horizontale dans le fût parallèlement au lit de pose
- Déterminer le cercle idéal passant par cette section.

Possibilité de déterminer le centre et le diamètre des parties superposées du chapiteau à différentes hauteurs.

## 5. PRÉCISION DU RELEVÉ ET DES MESURES : 2 EXEMPLES GRECS

Chapiteau dorique en poros à Delphes : problèmes de lecture et de mesure...

MESURES DIRECTES SUR LE BLOC  
et MESURES INDIRECTES SUR LE MAILLAGE 3D...

### COMPLÉMENT DES DEUX TYPES DE MESURE POUR LA RESTITUTION DE L'ABAQUE

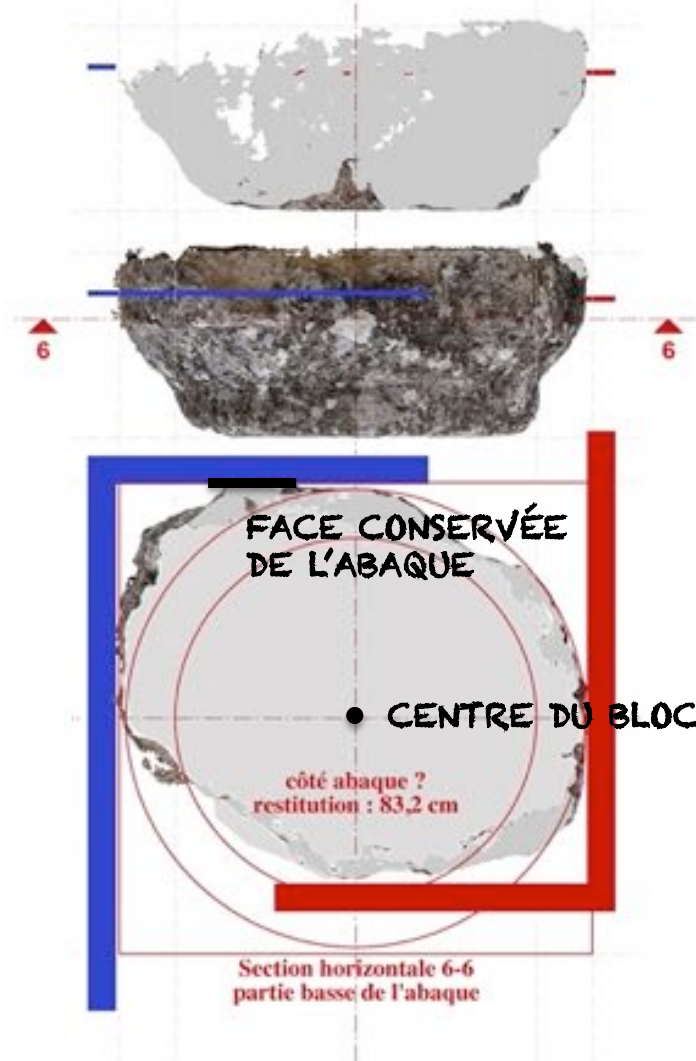
Centre du bloc déterminé  
grâce au maillage 3D.

Surface conservée d'une face de l'abaque  
par le rapport direct à l'objet.

2 méthodes réunies : restitution :

- des annelets,
- de l'échine,
- et de l'abaque.

Cette opération était possible à faire  
uniquement avec la méthode traditionnelle  
mais avec un niveau d'incertitude beaucoup  
plus grand.



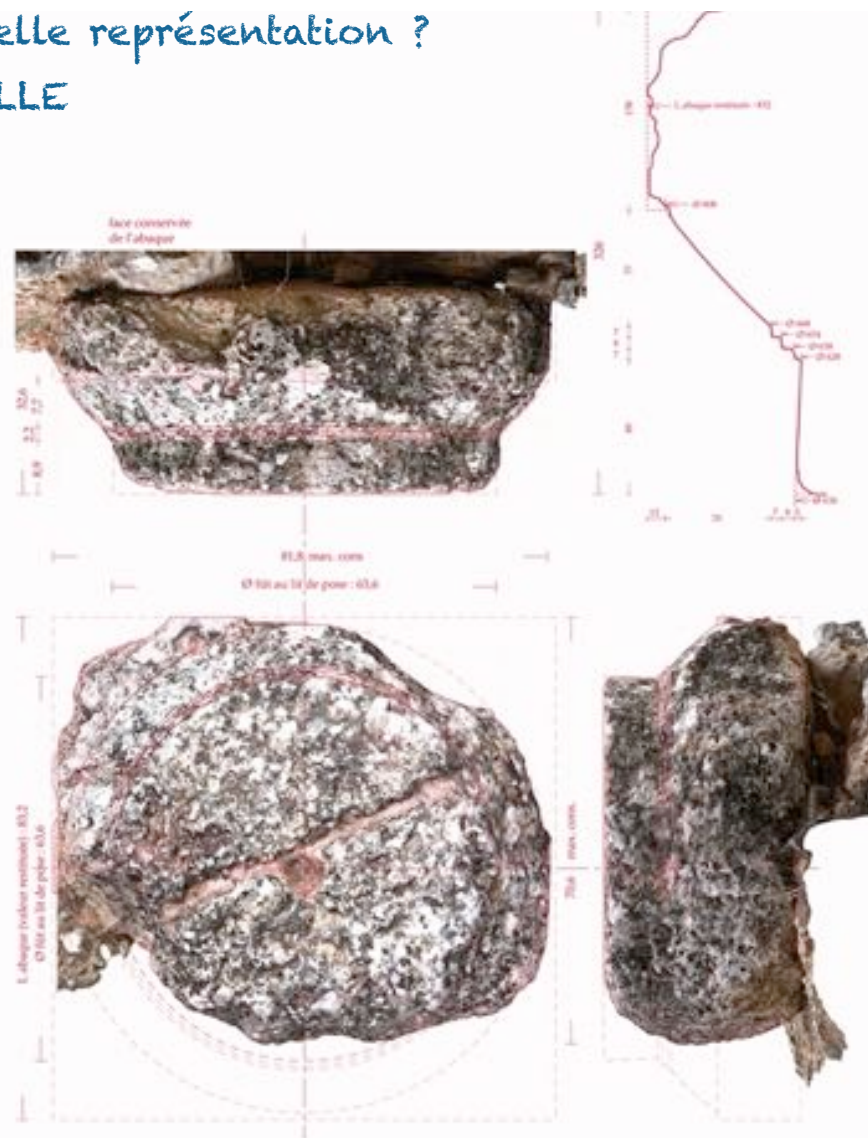
## 6. PUBLICATION : RENDU PHOTO-RÉALISTE ou DESSIN ?

Chapiteau dorique en poros à Delphes : quelle représentation ?

LE GÉOMÉTRAL PHOTO-RÉALISTE À L'ÉCHELLE

REPRÉSENTATION DE L'ASPECT DU BLOC

La couleur et la texture de sa matière  
Son état général de conservation



Chapiteau dorique – remploi situé dans un mur tardif au sud-ouest de la terrasse du portique Ouest de Delphes – ÉFA, A. Perrier, J.-J. Malmary

## 6. PUBLICATION : RENDU PHOTO-RÉALISTE ou DESSIN ?

Chapiteau dorique en poros à Delphes : quelle représentation ?

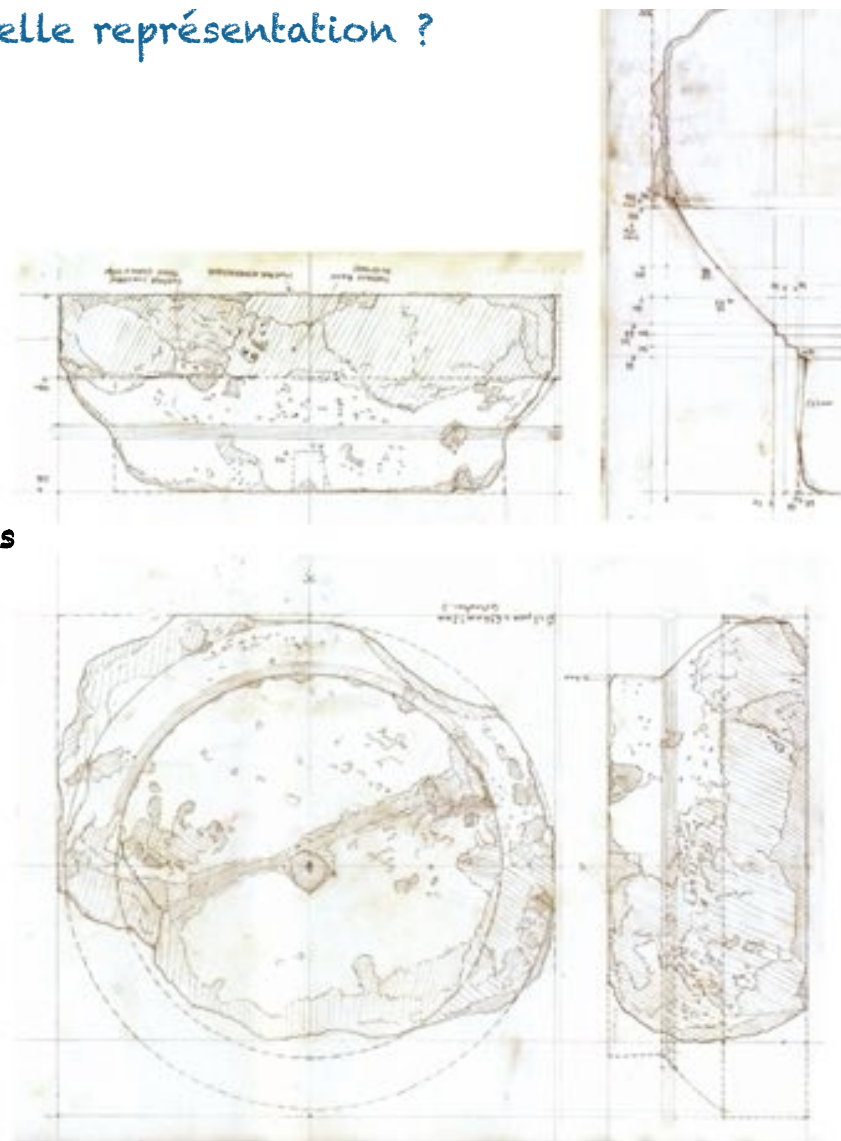
LA MINUTE À L'ÉCHELLE

### LA MINUTE À L'ÉCHELLE

« Le relevé d'architecture est un dialogue avec l'objet que l'on désire étudier. Chaque observation couchée sur le papier donne occasion à des questions, qui amènent à d'autres observations et ainsi de suite. »

« Ce ne sont pas des « images » mais des représentations schématiques de certaines observations, rendues par des symboles bien définis. »

E. Hansen



Chapiteau dorique – remploi situé dans un mur tardif au sud-ouest de la terrasse du portique Ouest de Delphes – ÉFA, A. Perrier, J.-J. Malmary



## 6. PUBLICATION : RENDU PHOTO-RÉALISTE ou DESSIN ?

Chapiteau dorique en poros à Delphes : quelle représentation ?

LE GÉOMÉTRAL « ENCRÉ » À L'ÉCHELLE DE LA PUBLICATION

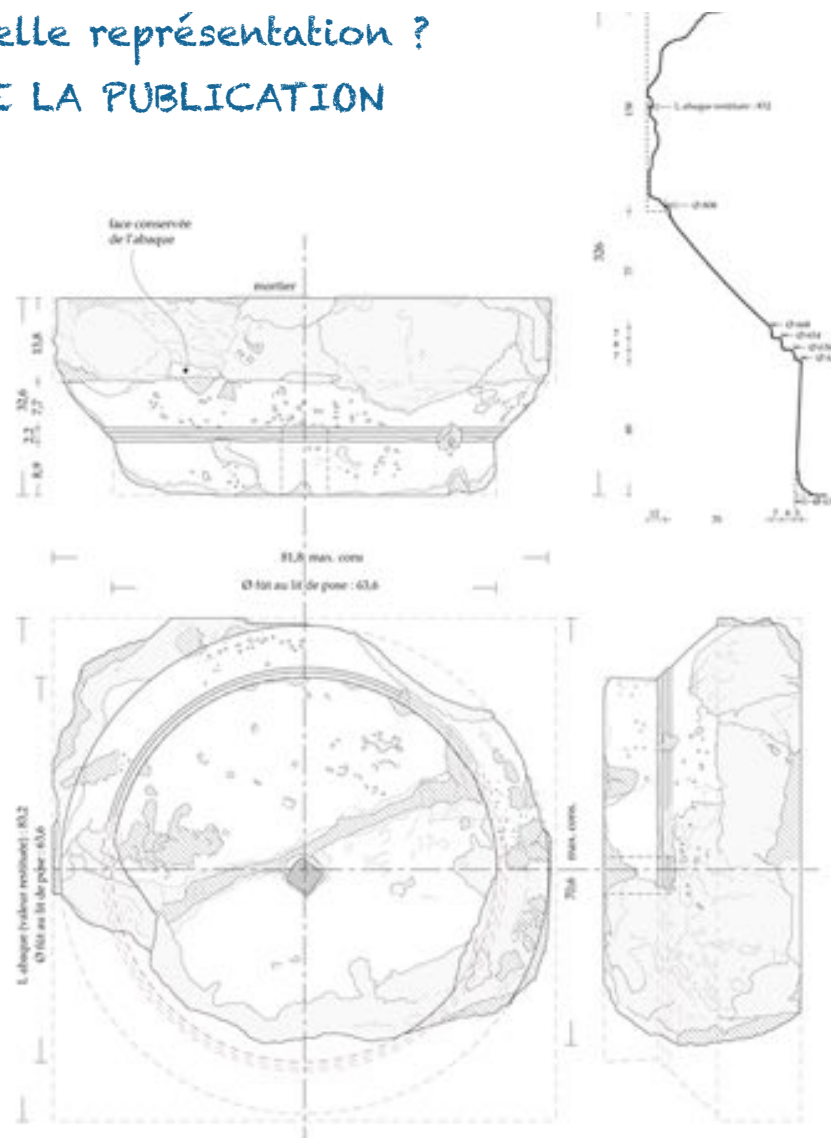
« MISE À L'ENCRE »

Même démarche que pour la minute

Sélection et hiérarchisation de l'information représentée par des codes :

- Silhouette du bloc
- Contour et lignes de séparation des parties d'un chapiteau dorique : fût, anneau, échine, abaque
- Restitution des parties manquantes
- Des indications légères de la matière poreuse
- Distinction entre ce qui est conservé / ce qui est cassé

Cotation des parties importantes



## CONCLUSION... PISTES DE RECHERCHE

### LES AMÉLIORATIONS :

#### OPTIMISATION DU TEMPS

RÉDUIRE ET ÉQUILIBRER LE TEMPS DE  
L'ACQUISITION ET LE TEMPS DE L'ANALYSE  
(ACTION SUR LES CHAÎNES OPÉRATOIRES  
DE L'ACQUISITION ET DE L'ANALYSE)

#### ASSURER UNE FIDÉLITÉ OPTIMALE DE L'OBJET NUMÉRIQUE À L'OBJET ORIGINAL

CONSERVATION DE LA MORPHOLOGIE  
MISE EN CORRESPONDANCE MÉTRIQUE DES  
DIMENSIONS DE L'OBJET NUMÉRIQUE  
AVEC CELLES DE L'OBJET PHYSIQUE

#### RÉSOLUTION DE L'IMAGE / TAILLE DU FICHER

LISIBILITÉ DE TOUS LES DÉTAILS  
GESTION AISÉE DES FICHIERS

## CONCLUSION... PISTES DE RECHERCHE

### LES OUTILS À DÉVELOPPER :

DÉVELOPPER DES OUTILS DE VISUALISATION  
ADAPTÉS AUX MAILLAGES 3D  
REPRÉSENTATION GÉOMÉTRALE  
À L'ÉCHELLE

DÉVELOPPER DES OUTILS DE MESURE  
ADAPTÉS AUX MAILLAGES 3D  
PROGRAMMATION D'OUTILS  
MATHÉMATIQUES : RÉGRESSIONS

RENDRE « TACTILES » LES MAILLAGES 3D  
LEUR CONFÉRER DES PROPRIÉTÉS MATÉRIELLES

RENDRE CES MAILLAGES « SOLIDES » ?  
TRAVAILLER SUR DES DESSINS VECTORIELS  
ET NON SUR DES IMAGES

## ANNEXE

### LA CHAÎNE OPÉRATOIRE DE L'ACQUISITION : fidélité du maillage 3D à l'objet réel

**PHOTOGRAPHIES NUMÉRIQUES**

↓ *Corrélation dense*

**OBJET NUMÉRIQUE : LISTE DE DONNÉES**  
(X ; Y ; Z / R ; V ; B / X<sub>n</sub> ; Y<sub>n</sub> ; Z<sub>n</sub>)

*Représentable sous forme de :* ↓

**NUAGE DE POINTS TRIDIMENSIONNEL**

*Lui même transformé en :* ↓

**MAILLAGE TRIDIMENSIONNEL TEXTURÉ**

*« Post-traitement » manuel* ↓

**NETTOYAGE ET COMPLEMENT DES**  
**LACUNES DU MAILLAGE 3D**

↓

**MAILLAGE 3D TEXTURÉ**  
ET « NETTOYÉ » :

**OBJET NUMÉRIQUE =**  
**OBJET BRUT À ANALYSER**

- Prises de vue avec un étalon pour l'enregistrement des dimensions de l'objet (cibles, points, échelle graphique, points topographiques, etc...)

- Conservation de la morphologie de l'objet
- Correspondance des dimensions l'objet numérique avec celles de l'objet réel
- Lisibilité des détails

- « Nettoyage » du maillage : suppression des pics, du « bruit », etc...
- Comblement des lacunes : fermeture des trous dans le maillage

EST-ON SÛR QUE TOUTES CES OPÉRATIONS N'ONT PAS ALTÉRÉ L'OBJET ?

DANS QUELLE MESURE LES MESURES PRISES SUR LE MAILLAGE SONT FIABLES ?

**ÉQUILIBRE ENTRE LE NIVEAU DE PRÉCISION EXIGIBLE ET LA PRÉCISION DU MAILLAGE 3D**

## ANNEXE

### LA CHAÎNE OPÉRATOIRE DE L'ANALYSE : des outils à créer ?

#### MAILLAGE 3D TEXTURÉ

↓ *Importation sur un logiciel de 3D  
Rotation de l'objet*

#### ORIENTATION DU MAILLAGE À PARTIR D'UN RÉFÉRENTIEL : LE SYSTÈME ORTHONORMÉ DU LOGICIEL DE 3D

↓ *Création de vues en projection  
orthogonale*

**VRAIE GRANDEUR ET MISE EN  
CORRESPONDANCE DES FACES :  
PROJECTION ORTHOGONALE ET  
CRÉATION DES 6 VUES DU GÉOMÉTRAL**

↓ *Importation des images dans un  
logiciel de dessin vectoriel 2D*

**GÉOMÉTRAL À L'ÉCHELLE**

↓ *Outils de mesure des logiciels  
de dessin vectoriel*

**MESURES SUR LE GÉOMÉTRAL ?  
OU RELEVÉ IN SITU (DESSIN + MESURES)  
AIDÉ PAR LE GÉOMÉTRAL PHOTO-  
RÉALISTE ?**



**MESURES DIRECTES SUR LE  
MAILLAGE TRIDIMENSIONNEL ?**

*Outils mathématiques à développer ?  
Régression des données enregistrées*

*Exemples :*

*N points enregistrés coplanaires :  
Définition d'un plan « moyen »  
mesurable*

*N points enregistrés sur une surface  
cylindrique :  
Définition du cylindre « moyen »  
mesurable*