

TECHNIQUES DE RELEVES OPTIQUES

MODELISATION D'OBJETS DE FORMES COMPLEXES

Auteur: J.Richard

Date: octobre 2002

1: TECHNIQUES DE RELEVES OPTIQUES

MESURES 3D PAR VOIES OPTIQUES

2: MODELISATION 3D D'OBJETS DE FORMES COMPLEXES

MESURES 3D PAR VOIES OPTIQUES

LES CAPTEURS:

- **Optique physique**
- **Numérisation 3D**

- **LASER**
- **Lumière blanche**

- **Conclusion**

OPTIQUE PHYSIQUE

Théorie:

- **Histoire de l'optique physique**
- **Caractéristiques physique de la lumière**
- **Principes de mesure**

Applications:

- **Capteurs**

OPTIQUE PHYSIQUE : Histoire

Greco:

- Archimède IIIe Siècle av.J.C : traité de la réflexion de la lumière (Miroirs - machine de guerre).

Arabes:

- Alhazen 965-1039: énonce les lois de la propagation rectiligne, de la réflexion et de la réfraction de la lumière

Renaissance:

- Galilée vers 1609: lunette astronomique (observation des planètes).

OPTIQUE PHYSIQUE : Histoire

XIX Siècle:

- Maxwell 1865: la théorie électromagnétique de la lumière.

XX Siècle:

- Einstein 1905: théorie des quanta - effet photo électrique.
- Bose 1924 : théorie quantique de la lumière.
- 1960: LASER à rubis (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).
- Paris 1983: le mètre définit comme $1/299\,792\,458$ de seconde-lumière.

OPTIQUE PHYSIQUE : Histoire

XX Siècle:

- Einstein 1905: théorie des quanta - effet photo électrique.
- Bose 1924 : théorie quantique de la lumière.
- 1960: LASER à rubis (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).
- Paris 1983: le mètre définit comme $1/299\,792\,458$ de seconde-lumière.

PRINCIPES DE MESURE DE DISTANCE

- **Trigonométrie**
- **Temps de vol**
- **Interférométrie**
- **Analyse spectrale**

on utilise chaque fois une des caractéristiques physique de la lumière

NUMERISATION 3D:

Capture de la **forme** d'un objet

- Mesure dense de points
- On ne mesure pas une ou quelques cote particulières mais un grand nombre de points de la surface de l'objet
- Chaque point de mesure est caractérisé par ses coordonnées $P = (x, y, z)$ par rapport à un même repère

CLASSIFICATION DES PRINCIPES PHYSIQUES DE NUMERISATION 3D

NUMERISATION 3D

CAPTEURS A CONTACT

BILLE OU
PALPEUR

AIGUILLE ULTRA SON

POINTE DIAMANT

CAPTEURS SANS CONTACT

OPTIQUE

INDUCTIF

CAPACITIF

COAXIAUX

Microscopie
champ proche

Télémétrie
LASER

Focalisation
dynamique

Codage
Chromatique

Interférométrie

TRIANGULATION

Lumière blanche

LASER

Temps de vol

Déphasage

Photogramétrie

Lumière
structurée

Spot

Stripe

LASER:

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement).

Fonctionnent basé sur la théorie quantique de la lumière (Bose , Einstein).

1960 : premier LASER à rubis.

MESURES 3D LASER:

Télémétrie

- Temps de vol
- Déphasage
- Interférences

Triangulation

- Pinceau lumineux de forte Intensité

TELEMETRIE LASER:

Temps de vol, déphasage, interférence

Pour des mesures de grandes précisions les géomètres utilisent des théodolites incorporant une mesure de distance.

De tels système nécessitent de placer une cible bien définie, le temps d'une mesure est relativement lent (quelques secondes).

NUMERISATION LASER COAXIALE:

- Temps de vol
- Déphasage

Systèmes utilisés pour la mesure de grandes structures (10 -100m)

- La mesure de l'écho d'un pulse LASER donne une distance à quelques mètres près
- La modulation de la fréquence permet de préciser la mesure à ± 1 cm, on mesure les battements de l'onde émise avec celle de l'écho.

Constructeurs: UK Robotics, Zoller&Frohlich, CTB Bertin

LASER:Triangulation

Systeme laser et camera CCD :

- Laser spot ou point laser
- Laser stripe ou plan laser

En triangulation le LASER est utilisé comme pinceau lumineux, il est choisi pour son intensité lumineuse

Schéma de mesure d'un laser spot :

Source lumineuse: laser

Un système optique focalise
l'image du spot laser sur le
détecteur

la distance calculée par
triangulation

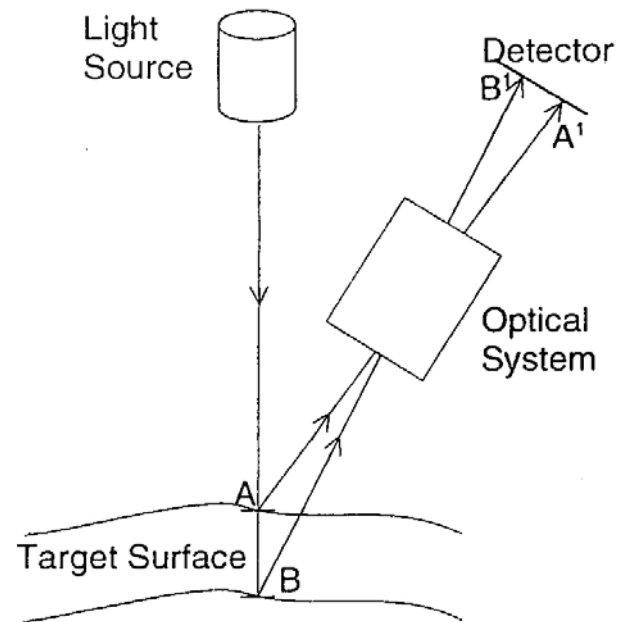
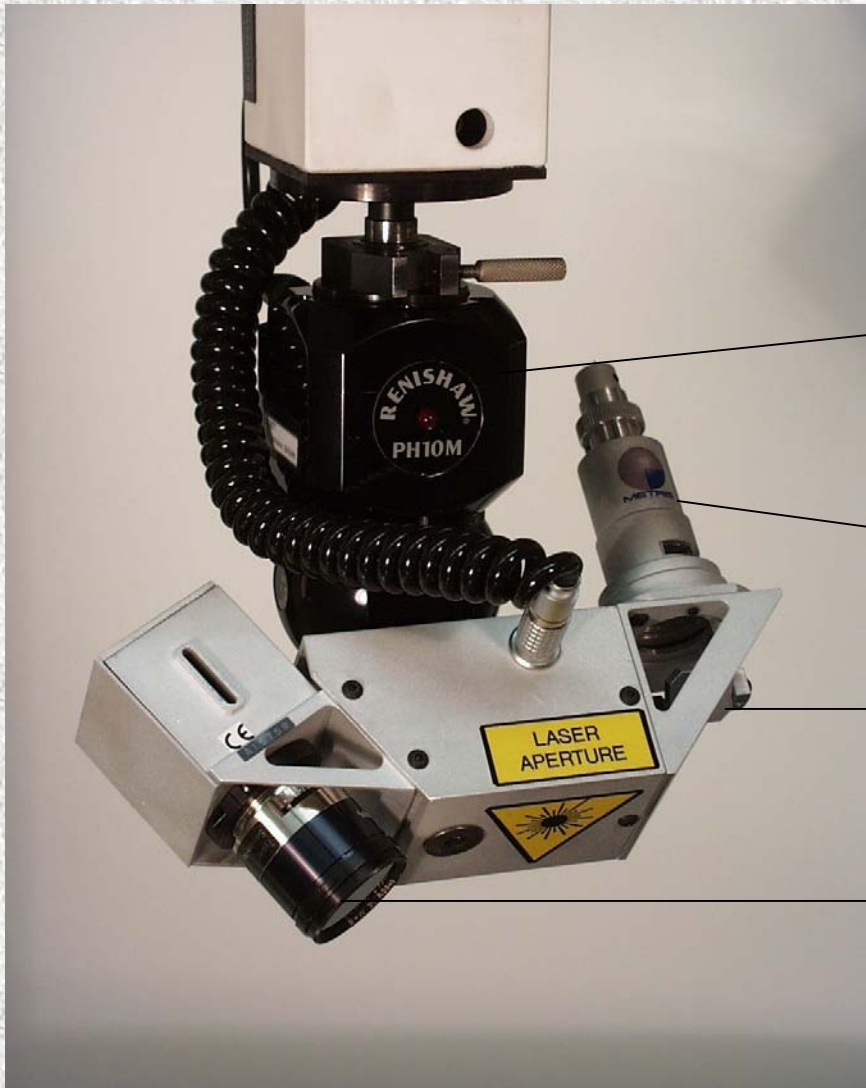


Figure 1: Standard Triangulation Method

Principe de fonctionnement d'un laser plan :

- Un trait laser plan est projeté sur l'objet à digitaliser.
- Une caméra filme la scène, numérisée en temps réel.
- Ce trait est transformé en un ensemble de points 3D.
- L'ensemble se déplace tout autour de la pièce.
- Les données collectées sur la surface permettent d'obtenir rapidement un modèle 3D virtuel de l'objet réel.



laser plan :
capteur METRIS LC

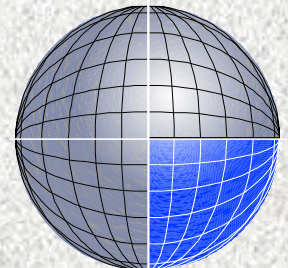
PH10M

→ Positionnement 2 Axis Automatique

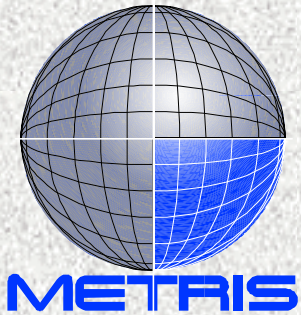
→ Source diode Laser

→ Mirroir oscillant

→ Caméra CCD



METRIS



laser plan: principe de mesure

Mirror on piezo

Laser

Triangulation angle

CCD-Camera

Section de l'object

Sections multiples
par déplacement
capteur



LASER: Triangulation

CONCLUSION:

Avantages et inconvénients:

- + bien industrialisé
- + permet la numérisation d'objets sombres
- précision limitée par le grain LASER (scintillement)
- passablement de zones d'ombre

Constructeurs: 3d Scanners, Kreon, MMS, Intecu,
Minolta,...

LUMIERE BLANCHE:

Caractéristiques de la lumière blanche :

- Toutes les longueurs d'ondes sont présentes
- Pas de cohérence ni spatiale ni temporelle (direction phase)
- Intensité moyenne

Photogrammétrie

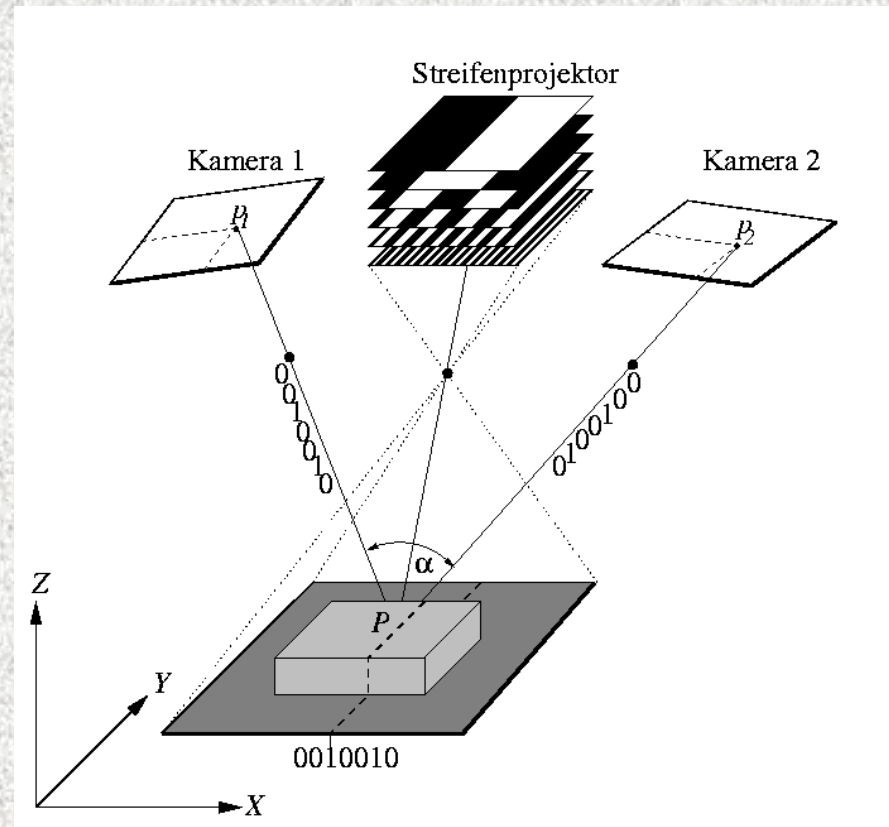
Lumière structurée

Projection de franges :

Codage optique

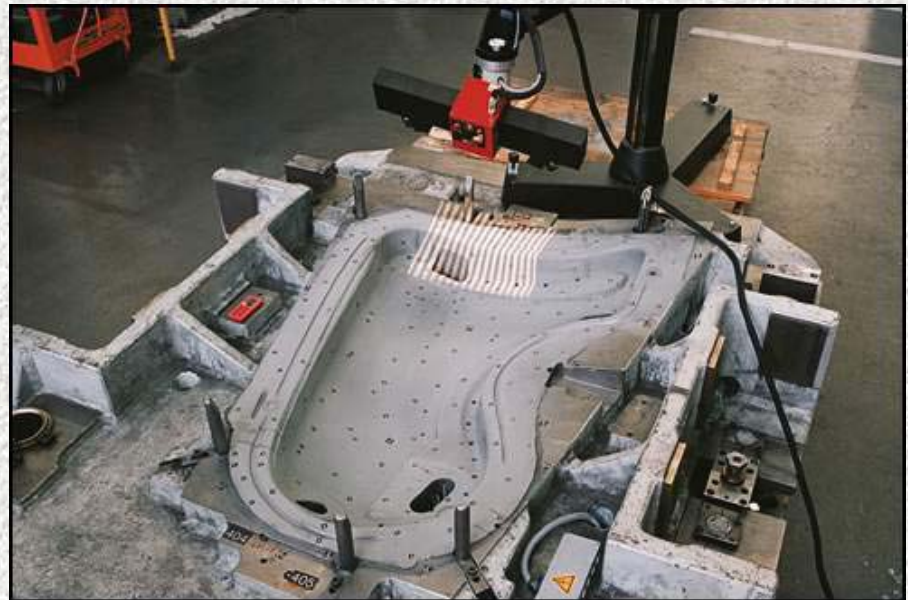
Chaque point est identifié par sa phase :

$$\varphi = 2k\pi + \theta$$



Numérisation 3D par Projection de franges

Exemple de
numérisation d'une
matrice
d'emboutissage



LUMIERE BLANCHE

Photogrammétrie et lumière structurée :

Conclusion

Avantages et inconvénients:

- + précision
- + flexibilité

- vignettes, surface réfléchissante

1: TECHNIQUES DE RELEVES OPTIQUES

MESURES 3D PAR VOIES OPTIQUES

2: MODELISATION 3D D'OBJETS DE FORMES COMPLEXES

MODELISATION 3D D'OBJETS DE FORME COMPLEXE:

Les capteurs fournissent les données géométrique de l'objet numérisé sous forme de "nuages de points" dense (>100 000 points) .

Cette abondante information nécessite des logiciels spécialisés, (les modeleurs CAO classiques sont en général incapables de traiter une telle quantité de données). En outre les fonctions associées à ce type d'entités sont particulières.

MODELISATION 3D: OBJETS VIRTUELS ELEMENTAIRES

POINTS

$P = (x,y,z)$ point cartésien $P \in \mathbb{R}^3$

FACETTE, POLYGONE

$F = (P1,P2,P3)$ élément de $\mathbb{R}^3 \times \mathbb{R}^3 \times \mathbb{R}^3$

Notion d'orientation (vecteur normal)

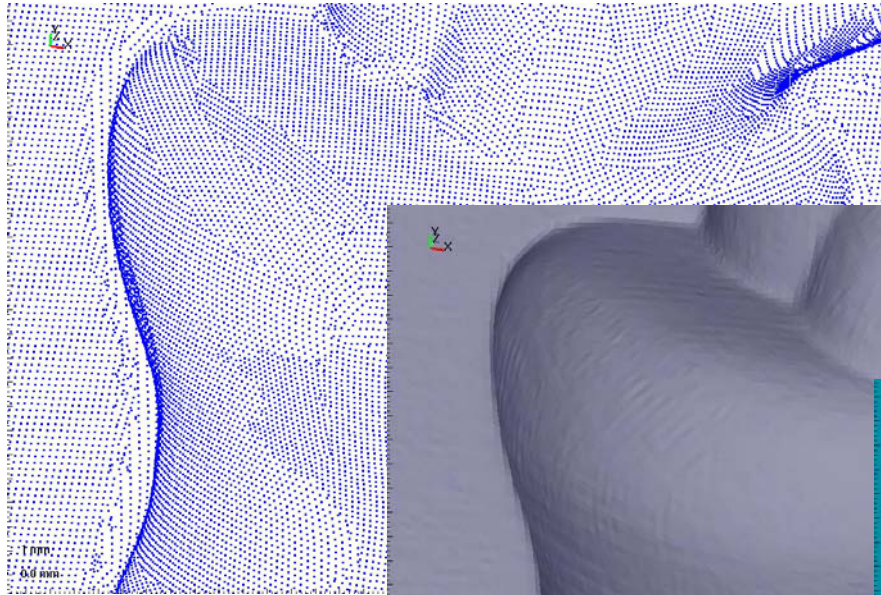
Relation de voisinage

Modèle discret

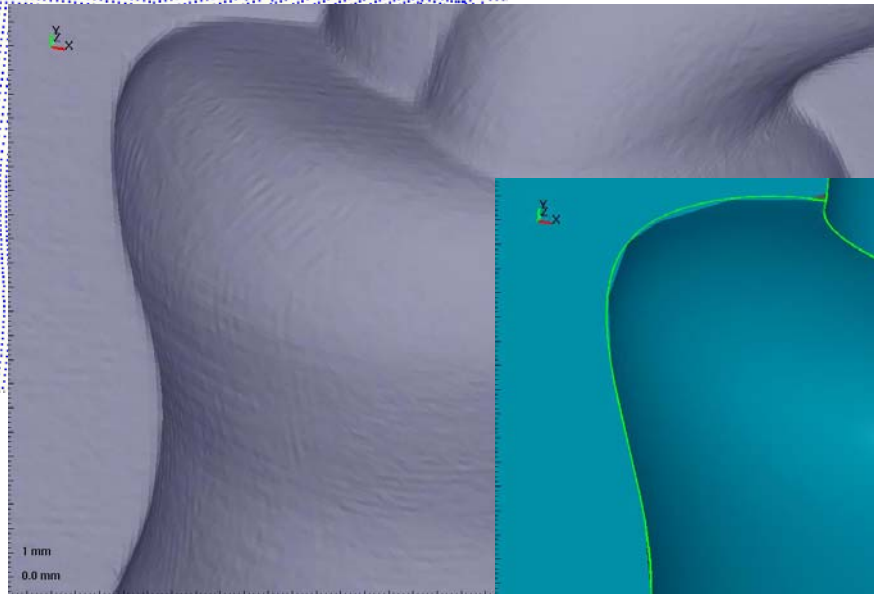
SURFACE

$S=S(u,v)$ surface paramétrée

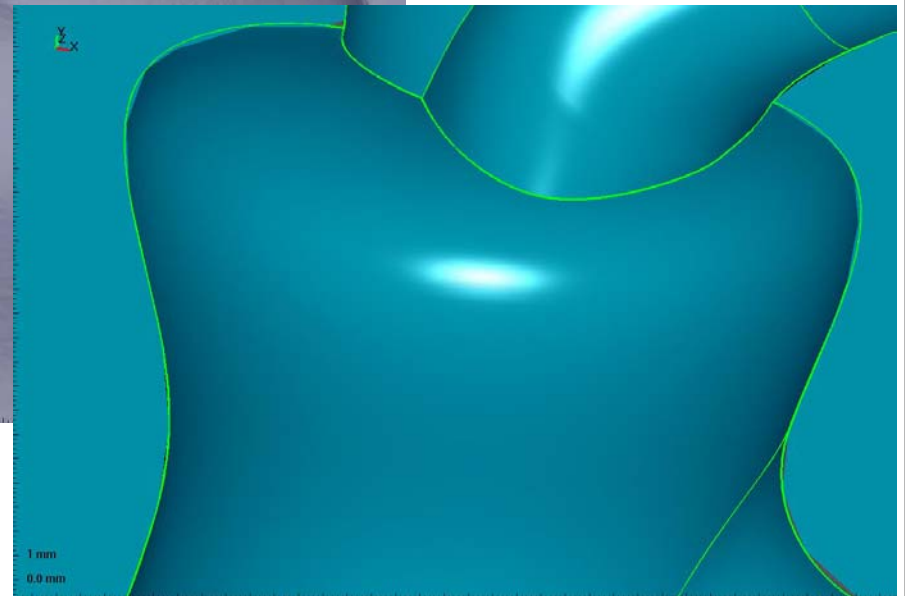
Modèle continu et lisse



POINTS

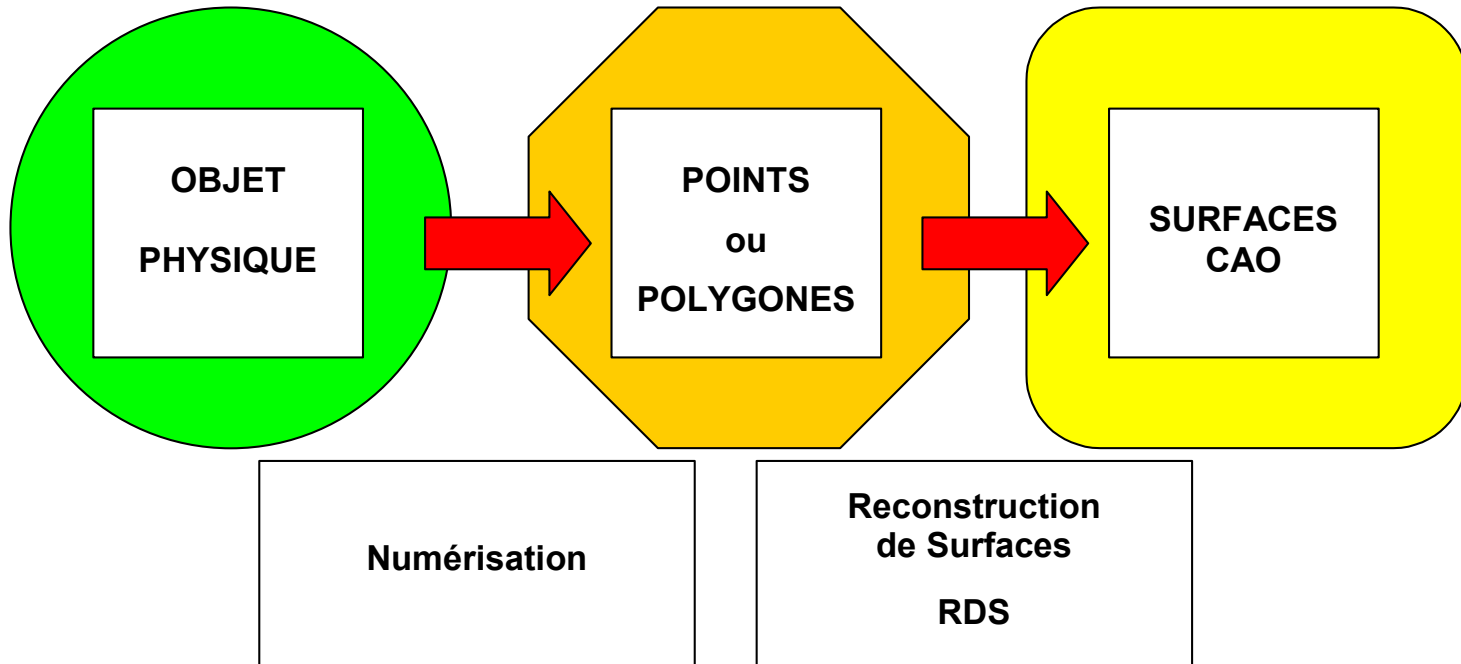


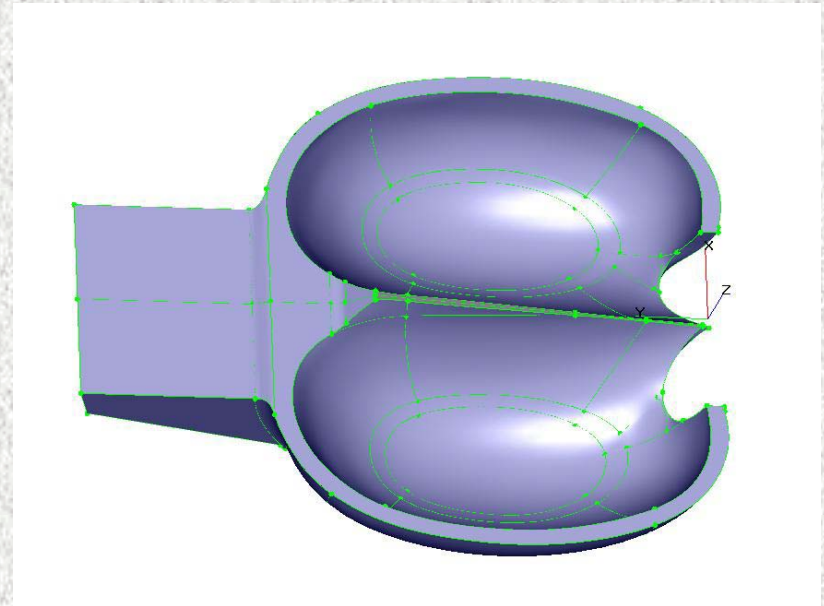
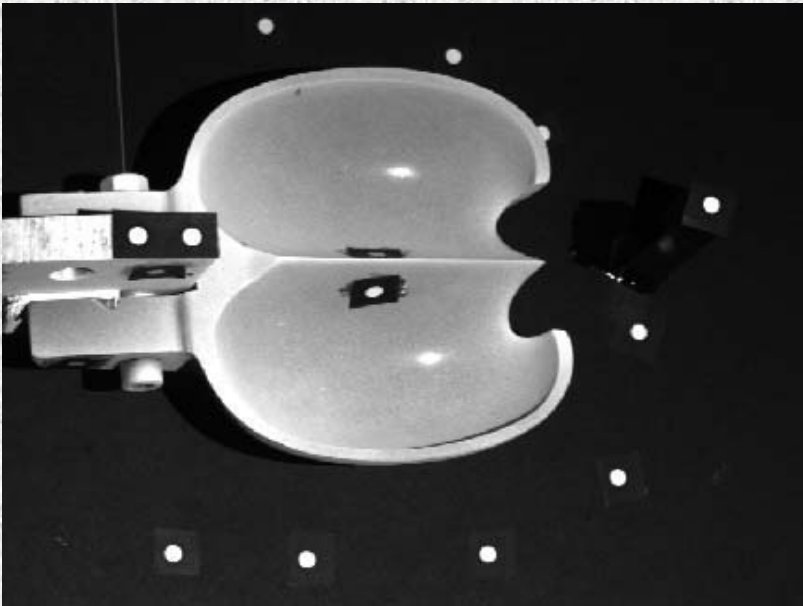
POLYGONE



SURFACES

DATA FLOW TYPIQUE EN REVERSE ENGINEERING



REVERSE ENGINEERING : résumé**Objet physique****Objet virtuel**

MODELISATION 3D: CHOIX DU MODELE

Le Choix du type de modèle virtuel (POINTS, POLYGONE,SURFACE) dépend de l'application et des objectifs fixés

- Mise en plan
- Visualisation
- Réplication 3D (Par usinage ou par stéréolithographie)

MODELISATION 3D: ACTEURS LOGICIELS

logiciels spécialisés en reverse-engineering :

- Imageware (ex SURFACER) de EDS-PLM
- Catia V5R8 de Dassault Système
- Surface de Metris
- Surf de Icem
- Rapid'Form de Inus
- Shape de Raindrop Geomatic
- PointMaster de KnotenPunkt

Les 4 premiers ont une orientation surfaces classe A tandis que les 3 derniers sont orientés surfaces rapide.

MODELISATION 3D: ACTEURS LOGICIELS

Il existe aussi des logiciels spécialisés dans le traitement des points et polygones :

- Base de Metris
- Polyworks de InnovMetrics
- CopyCad de Delcam

Pour plus d'informations:

EIG / LNMP

Jacques RICHARD
4 rue de la Prairie
CH 1202 GENEVE

Tel	++41+22 338 06 02
Fax	++41+22 338 05 77
E-mail	richard@eig.unige.ch
Web Page	www.eig.unige.ch/lnmp