

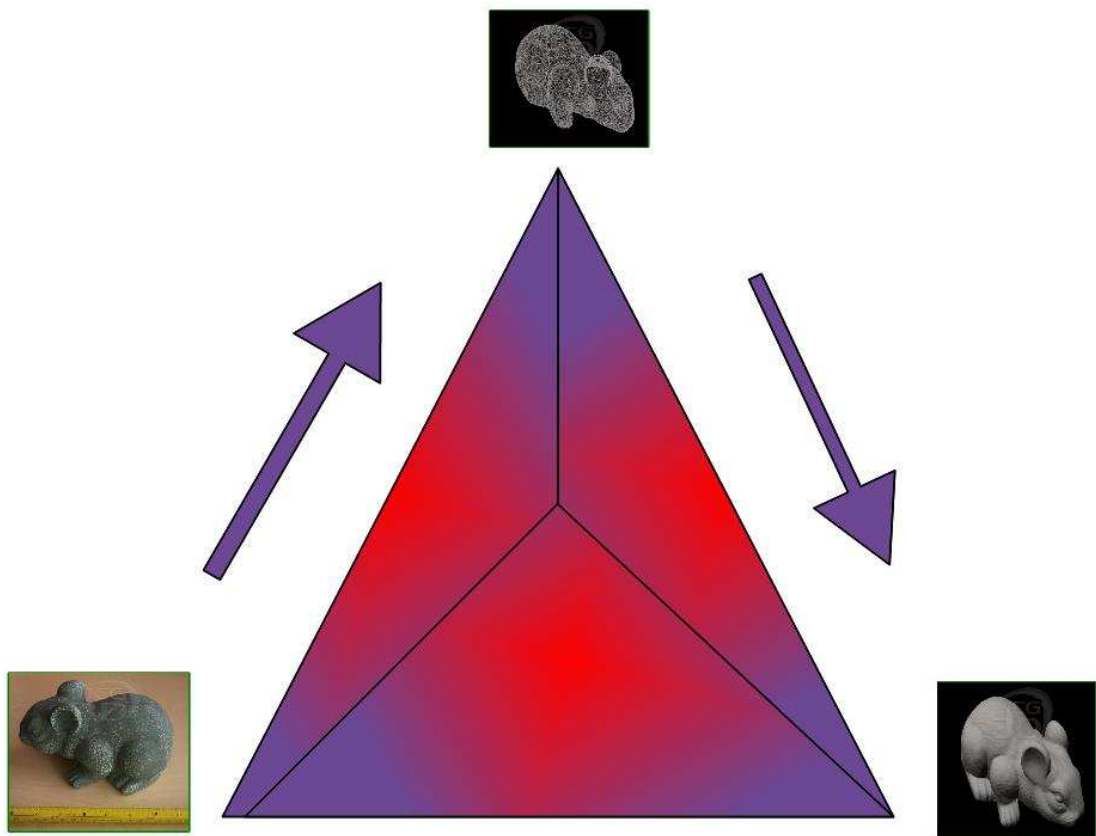
Stéphanie Smague

Trehout Joffrey



Projet Bibliographique

Mesure de volume par triangulation LASER



Licence Professionnelle Gestion de Production Vision Industrielle

Année 2010/2011



Sommaire

Introduction.....	Page 3
I- Présentation.....	Page 4
1-Le LASER.....	Page 5
2-La Triangulation.....	Page 6
3-La Triangulation LASER.....	Page 7
4-Pourquoi le LASER ?.....	Page 8
II- LASER de numérisation.....	Page 9
1-Principe de fonctionnement et description.....	Page 10
2-Reconstitution 3D et calcul du volume.....	Page 12
3-Défauts et précision de la mesure.....	Page 12
4-Applications.....	Page 13
III- Les limites de la triangulation LASER.....	Page 15
1-Les différentes limites.....	Page 16
2-Le LASER de poursuite.....	Page 16
Conclusion.....	Page 19
Bibliographie.....	Page 20

Introduction

Produire vite et bien est indispensable dans le monde industriel. De plus, La qualité est un facteur essentiel et inévitable. Elle est présente dans toutes les entreprises de production. Il faut que ce contrôle soit rapide, fiable et peu couteux.

Au début du contrôle qualité, les industriels réalisaient leur contrôle en fin de production, cela était très couteux puisque beaucoup de produit n'était pas conforme dé le début de la production.

De nos jours, La vision industrielle est très utilisée pour le contrôle qualité. Grâce aux nouvelles technologies, on place ses systèmes de vision sur les lignes de production ce qui permet de détecter plus rapidement les défauts sur la production et de réduire son coût.

Chaque ligne de production doit avoir un système de vision industrielle qui lui est propre. Certaines industries ont besoin de contrôler un volume pour de nombreuses raisons. La plus répandu est la méthode de la triangulation LASER.

Après avoir présenté le principe de la triangulation, on expliquera le fonctionnement des LASER de numérisation ainsi que ses applications.

Puis dans ce projet bibliographique, on parlera des limites de la triangulation LASER et l'étude d'un autre système qui ne fait pas appelle à la triangulation LASER mais qui est complémentaire au LASER de numérisation.

I-Présentation

1-Le LASER

2-La Triangulation

3-La Triangulation LASER

4-Pourquoi le LASER ?

1-Le LASER :

LASER est un acronyme qui veut dire Light Amplification by Stimulated Radiation. En français cela signifie amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement.

Inventé en 1953, Les applications des LASER sont très nombreuses et ouvert au grand public. Par exemple, les imprimantes LASER, les lecteurs CD, ...

Le LASER à des caractéristiques intéressantes. Tout d'abord, la lumière émise par le LASER est monochromatique (elle émet une seule longueur d'onde). De plus, la lumière est cohérente et directive.



LASER rouge

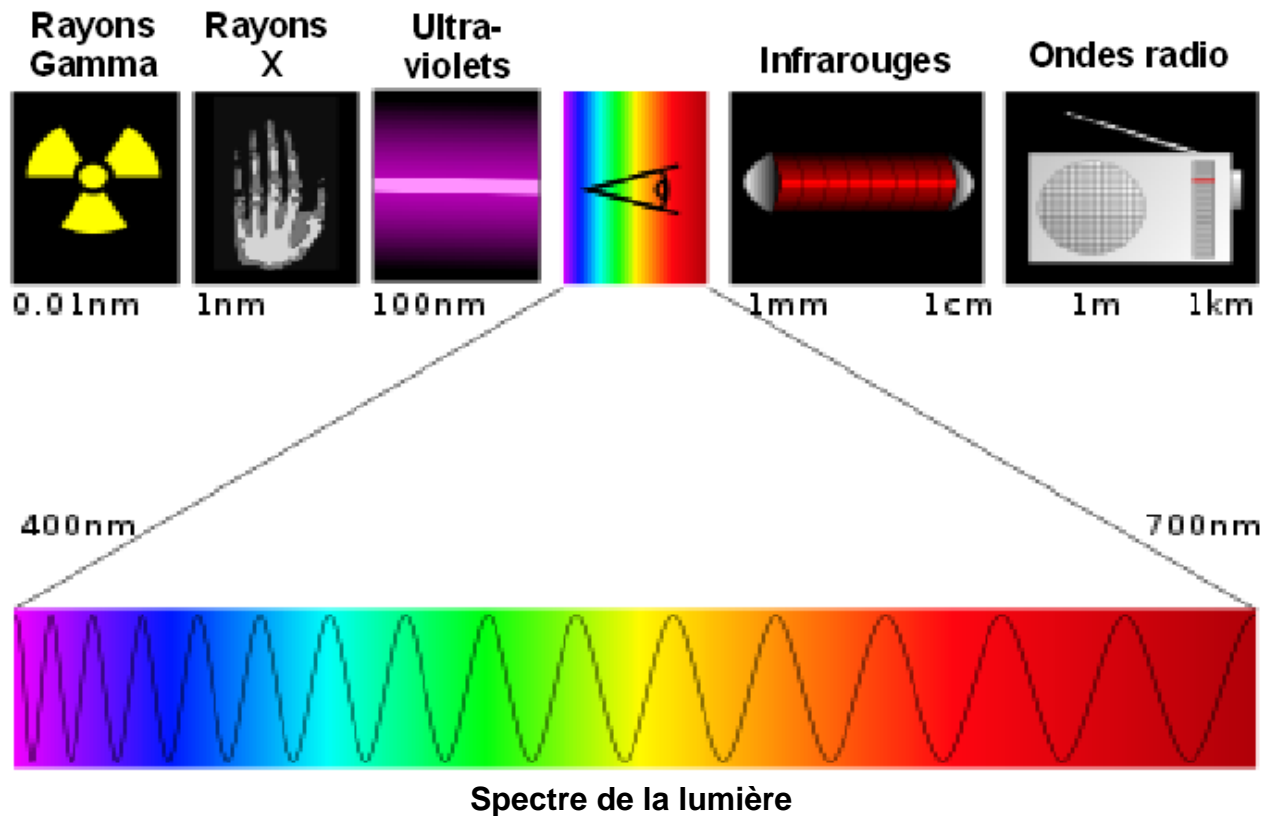


LASER vert

Il existe six familles de LASER, ils sont de tailles et de compositions différentes :

- ◆ LASER semi-conducteur
- ◆ LASER à gaz
- ◆ LASER à cristallins
- ◆ LASER colorant
- ◆ LASER à électrons libres
- ◆ LASER à fibres

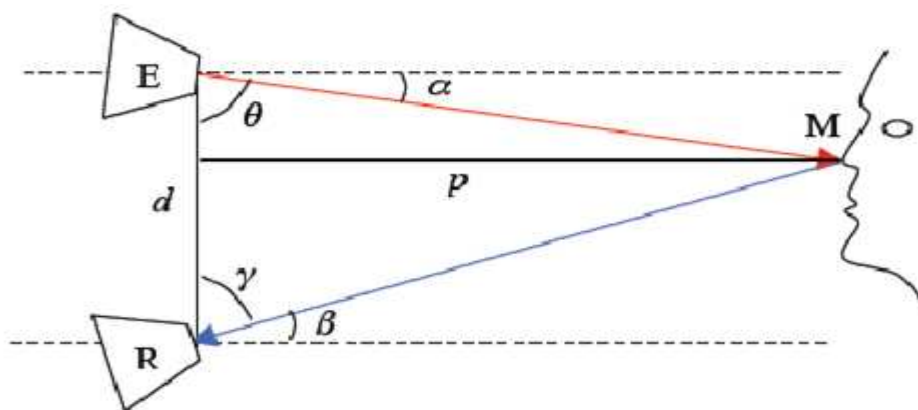
Au tout début de leur existence, les LASER émettaient de la lumière dont les longueurs d'ondes concernées étaient les micro-ondes. Puis, elles se sont élargies aux domaines de l'infrarouge, du domaine visible, de l'ultra-violet et même depuis peu les rayons X (voir spectre de la lumière).



2-La triangulation :

La triangulation est une technique qui permet de déterminer la position d'un point. Cette technique utilise la mesure des angles entre la position du point et d'autre point de références dont on connaît la position.

On appelle cette technique la triangulation car on peut considérer ce point comme étant le troisième sommet d'un triangle, dont on connaît la longueur d'un coté et deux angles.



Principe de la triangulation LASER

Sur la figure ci-dessus, le E correspond a l'émetteur, le R au récepteur et le M correspond au point de visé de la surface à numériser.

3-La triangulation LASER :

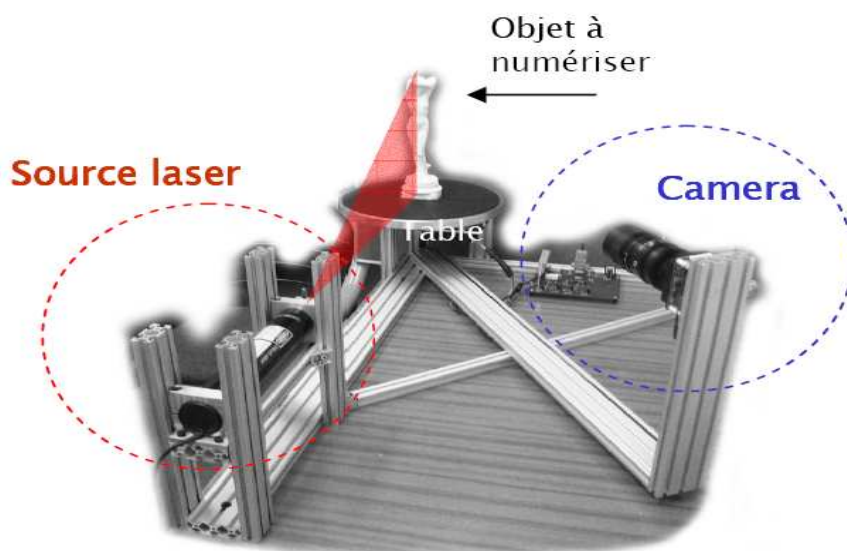
La triangulation LASER est une technique de mesure sans contact. Elle est utilisée pour recueillir des données en 3D à partir de n'importe quel objet.

La triangulation LASER utilise principalement des LASER semi-conducteur ou à gaz.

Les LASER semi-conducteur sont très utilisés en industrie car ils sont peu coûteux et très compact. De plus, on utilise très souvent des LASER qui émettent dans la longueur d'onde du rouge et du proche infrarouge car ce sont les moins coûteux sur le marché.

Pour mesurer une distance, La triangulation LASER utilise le principe de la télémétrie. Cette technique permet de mesurer une distance entre deux points avec une grande précision. Pour cela un détecteur mesure le temps que met une impulsion à faire un aller-retour. Grâce à la relation entre la vitesse et le temps, on peut obtenir la distance qui sépare le LASER de l'objet.

Après avoir mesurer la distance ; il faut mesurer les angles pour réaliser la technique de la triangulation. Ces angles sont définis par des miroirs situés en sortie du LASER.

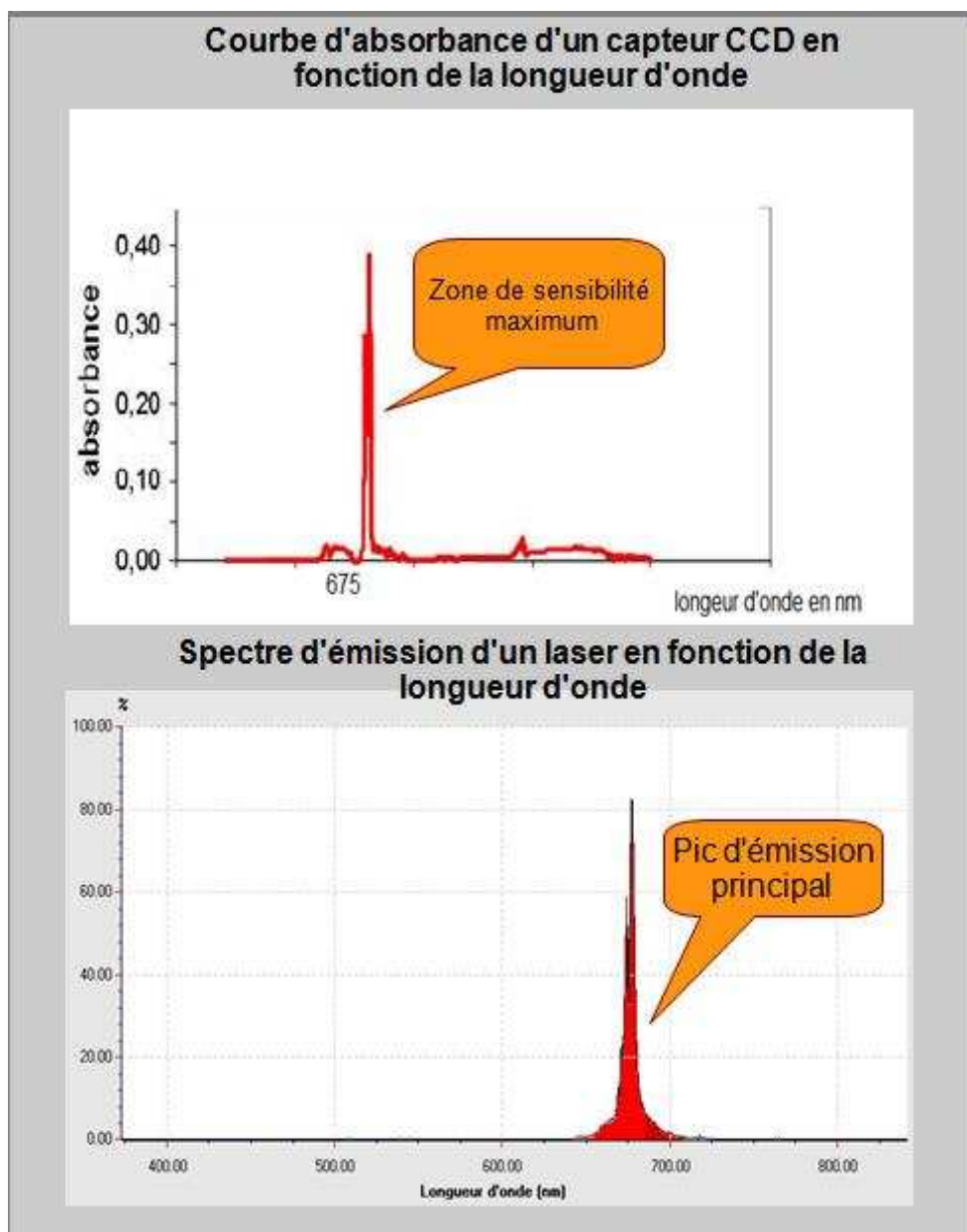


Principe de la triangulation LASER

4-Pourquoi le LASER ?

En raison des caractéristiques spécifiques du LASER, il est moins judicieux d'utiliser la lumière blanche pour la triangulation. Le LASER permet d'obtenir une longueur d'onde bien spécifique. Cela permet de cibler un capteur avec une grande sensibilité dans la longueur d'onde voulu et ainsi augmenter la précision des mesures en minimisant les bruits.

Pour mieux comprendre, nous allons illustrer ce paragraphe par un exemple. Nous pouvons observer sur ces graphiques un spectre d'émission d'un LASER émettent principalement dans le rouge et un spectre d'absorption d'un capteur CCD coïncident.



Spectre d'absorbance d'un capteur CCD et Spectre d'émission d'un LASER

II-LASER de numérisation

1-Principe de fonctionnement et description

2-Reconstitution 3D et calcul du volume

3-Défauts et précision de la mesure

4-Applications

1-Principe de fonctionnement et description :

A-Fonctionnement

Le laser de numérisation est une méthode servant à l'acquisition d'un profil d'objet, basé sur la triangulation laser.

Le laser de numérisation est un dispositif dit comme « actif », du fait qu'il émet lui-même l'éclairage perçu par le capteur, ici un faisceau laser. Il est constitué de deux grandes parties que nous allons détailler, la source et le récepteur.

En début de fonctionnement, le laser émet un faisceau lumineux, pour un souci de rapidité et de précision, il est nécessaire de diffracter ce faisceau en nappe, de sorte à avoir une trace sur la longueur de l'objet. De cette façon on augmente le nombre de points pris par le capteur.

Une fois la trace sur l'objet, le capteur sensible à la longueur d'onde du laser va être en mesure de prendre l'image de la trace et par conséquent la surface de l'objet.

Le dispositif étant fixe, l'objet ayant un mouvement rectiligne uniforme, on est en mesure de prendre un profil de l'objet suivant une direction. En fonction de la forme de l'objet à numériser, on va déterminer le nombre de dispositifs nécessaires à l'acquisition de l'objet. Par exemple, si l'on a un cube deux caméras suffisent, mais si nous avons une sculpture ou une forme complexe on monte, au maximum, jusqu'à trois caméras.

Les informations de ses caméras sont transmises à un logiciel. Le logiciel est capable de reconstituer une image en 3D à l'aide d'une série de nuage de points représentant l'aspect de la surface de l'objet. En évitant tous problèmes de collision des points du aux nombre de caméras.

B-Le LASER

Le LASER peut projeter un point ou un plan sur la surface de l'objet à numériser. Le système de projection est le même dans les deux cas, seule la quantité d'information change.

Le faisceau LASER est envoyé sur un jeu de miroir avant d'être envoyé sur l'objet afin de fixer les angles.

Pour obtenir un plan LASER, on diffracte le LASER grâce à une lentille cylindrique. Le plan LASER projeté sur l'objet est appelé « trace » et se traduit par une ligne lumineuse dont la géométrie varie selon la surface étudiée.

C-Le capteur

Généralement, le récepteur utilisé est une caméra CCD (Charge-Coupled-Device). On utilise plusieurs capteurs afin de réduire les zones aveugles du champ de vision. On peut trouver des systèmes de numérisation qui contiennent jusqu'à 3 capteurs.

Cependant, une lentille est présente dans le capteur afin de faire converger les rayons lumineux issus de la scène afin d'obtenir une image sur le capteur. Dans certains cas, On peut trouver jusqu'à quinze lentilles pour obtenir une meilleure image sur le capteur en éliminant les défauts liés à l'optique géométrique même. Ces lentilles sont placées de façon à ce que le système soit stigmat (l'image d'un point est un point).

Une fois l'image arrivée sur le capteur, le capteur CCD transforme un signal analogique en une image numérique.

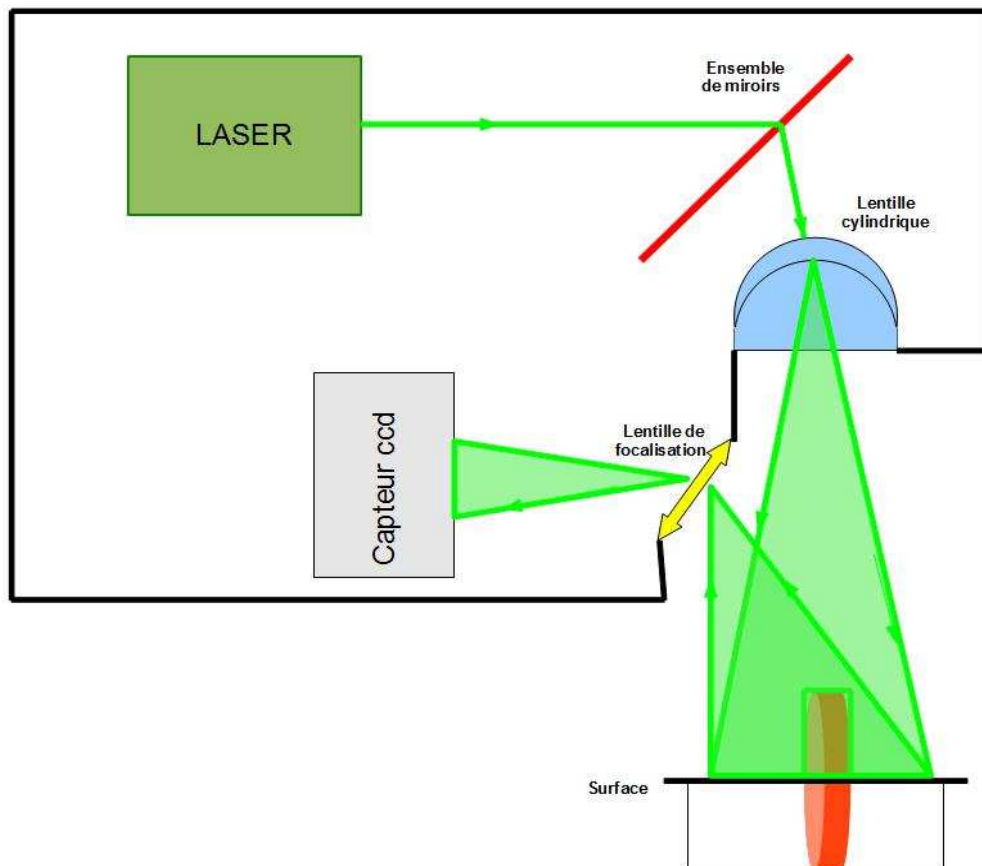


Schéma du laser de numérisation

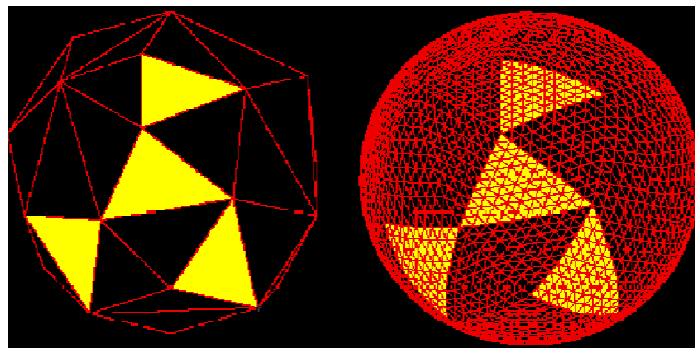
2-Reconstitution 3D et calcul du volume :

Le laser de numérisation permet de prendre les coordonnées d'un point d'une surface. On obtient un « nuage de points ». Pour pouvoir utiliser ces points il nous faut un logiciel capable de récupérer et de traiter ce nuage de point.

Pour ce faire, le logiciel utilise un algorithme de reconstitution par maillage. En quels que mots, cette méthode consiste à relier les points par une organisation logique de l'espace.

Les différents types de maillage principalement utilisés sont sous la forme de tétraèdre, de triangle ou d'hexagone (voir exemple de maillage triangle).

Ensuite, le logiciel va lisser la figure obtenu pour un meilleur rendu visuelle.



Maillage triangle

3-Défauts et précision de la mesure :

Il existe plusieurs défauts liés au LASER et au capteur CCD.

A-Défauts du LASER

La qualité de la trace est essentielle, elle doit être la plus fine possible. La trace dépend du rayon initial généré par le LASER. Cependant, elle doit être considérée sans épaisseur pour parler de trace.

Utiliser un profil gaussien pose un problème au niveau de l'intensité de la trace. En effet, l'intensité de la trace diminue sur les extrémités. Ce défaut peut être corrigé en diminuant la distance source-surface à numériser ou en augmentant la puissance du LASER.

Le fait de corriger ce défaut implique la mise en place d'autres défauts. Tout d'abord si on augmente la puissance du LASER, l'épaisseur de la trace augmentera également et on ne pourra plus parler de trace. Si l'épaisseur de la trace est trop importante, son image sur le capteur est moins précise du fait d'un étalement sur plusieurs rangs de pixels.

B-Défaut du capteur CCD

Il existe un défaut lié à l'intensité lumineuse du LASER que reçoit le capteur. En effet, si l'exposition à la lumière est trop importante, le pixel emmagasine un surplus d'électrons, il va « déborder » et le surplus d'électrons est transmis aux pixels voisins. Ce phénomène est appelé Blooming. On peut remédier à ce problème en réglant le temps d'exposition.

C-Précision

La précision permet de donner une idée sur la perspicacité des mesures que fournit l'appareil.

Le principe pour déterminer cette donnée est d'additionner toutes les précisions des composants de l'appareil, dans notre cas il y a énormément de choses intervenant, les lentilles, le laser, l'objet et le capteur CCD. Pour le laser de numérisation l'ordre de grandeur est au alentour du micromètre pour une pièce allant de quelque cm² à quelque m² selon les données constructeur de plusieurs sociétés.

Ceci est la précision liée à la prise des points mais il ne faut pas oublier l'erreur qu'introduit le logiciel de reconstruction 3D, on ne numérise pas tout l'objet mais une partie, il y a donc des zones d'approximation et par conséquent des erreurs de reconstitution.

Il faut en déduire, la précision pour ce type de dispositif est une notion délicate mais qui reste satisfaisante.

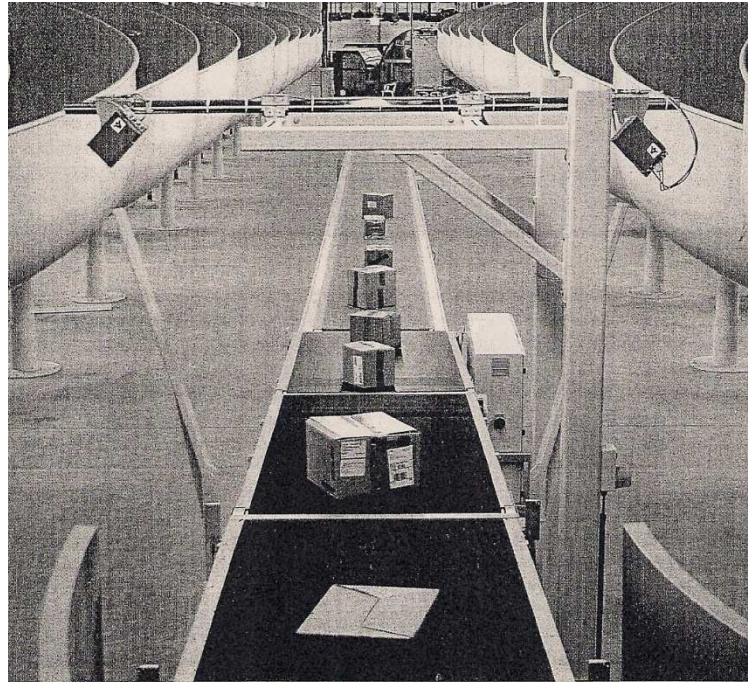
4-Application :



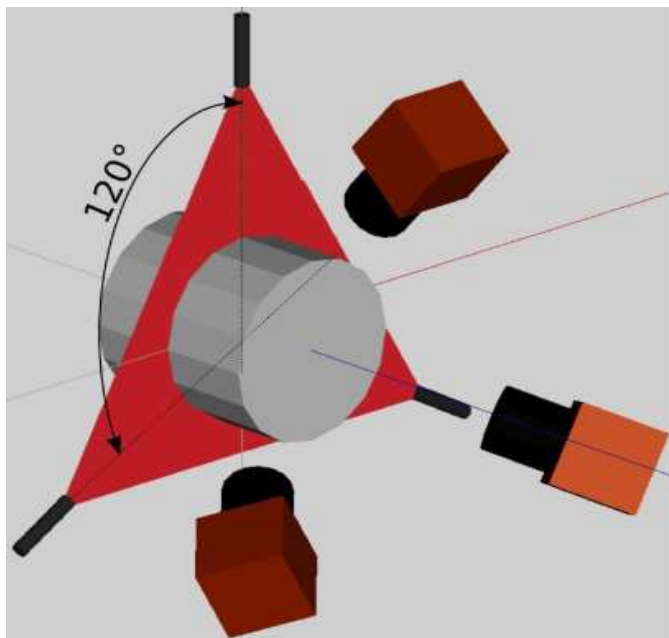
Exemple avec une caméra

L'utilisation d'une seule caméra implique l'utilisation d'un plateau rotative qui permet de mettre en mouvement l'objet et de le numériser complètement. Cette technique permet de numériser des objets de petite dimension. Ce système est peu utilisé par les industriels qui préfèrent l'utilisation de plusieurs caméras pour éviter de créer un mouvement de rotation qui est plus difficile à mettre en place.

On met en place des systèmes à deux caméras généralement pour mesurer le volume d'objet de forme parallélépipédique, de sorte avoir les deux flancs de l'objet. L'utilisation que l'on va détailler est celle de l'aéroport, en effet lorsque nous déposons nos valise en soute nous payons au volume, pour déterminer ce volume il utilise un système à deux caméras, cela leurs permet de mesurer un grand nombre de bagage de façon automatique en évitant tout forme de litige sur la facturation final.



Exemple avec deux caméras



Exemple avec trois caméras

Le secteur de l'agro-alimentaire est très pointille sur la quantité mise dans leurs contenant. La méthode qu'ils ont trouvée est de mesurer le volume du produit. On va partir d'un saucisson, cette article est de forme cylindrique, avec une surface non régulière, pour surmonter ce problème et éviter les zones invisible on va installer trois systèmes de laser de numérisation avec ces cameras. L'image si dessous montre la disposition des cameras. Le logiciel va gérer les collisions entres les points. (plusieurs cameras peuvent avoir le même point)

III- Les limites de la triangulation LASER

1-Les différentes limites

2-Le LASER de poursuite

1-Les différentes limites de la triangulation LASER :

Il existe deux types de limites pour la triangulation LASER. Il y a des limites liées aux composants et des limites liées aux modèles et aux algorithmes de traitements.

A-Limites des composants

Si la trace était infiniment fine, elle ne serait pas visible par la camera CCD. Il faut donc que cette trace est une épaisseur suffisamment grande. Ce qui implique des erreurs d'approximations.

De plus quand le plan LASER est projeté sur une surface sur laquelle il y a des variations brutale de hauteur, La trace est mal formée sur l'objet. Les données reçues par le capteur CCD seront erronées, et le logiciel donnera des informations fausses à l'opérateur.

Il y a une autre limite liée à l'objet, il s'agit des matériaux composant l'objet. En effet si la surface absorbe la trace, celle-ci ne sera plus visible par le capteur. Par exemple, une surface en verre est une surface absorbante. A contrario, si la surface est trop réfléchissante, elle risque de propager le rayon lumineux n'importe comment. De plus la trace peut devenir plus intense ce qui impose un problème de saturation au niveau de capteur, ce qui rend impossible d'obtenir une image correcte. Mais pour éviter ce genre de problème, Les industriels utilisent une poudre blanche, mais celle-ci peut introduire une erreur sur l'épaisseur de l'objet et par conséquent introduire une erreur sur les dimensions de l'objet.

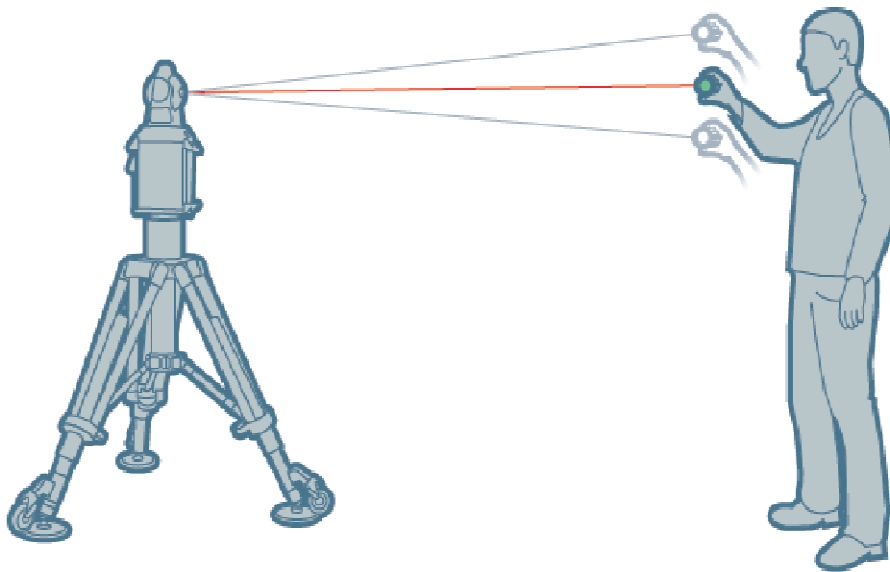
Pour finir, un défaut lié à l'aspect de surface est présent. Il s'agit du Speckle. Ce défaut est dû à la rugosité de la surface de l'objet, il modifie la régularité de la surface et introduit une erreur sur sa reconstitution.

B-Limite des modèles et des algorithmes de traitement

La taille des pixels de la camera CCD constitue une limite à la précision de la mesure du volume. Comme évoqué avant dans le projet, la taille de la trace impose aussi une limite. Cela implique qu'à chaque point 3D plusieurs coordonnées peuvent lui être associées et poser problème dans la reconstitution 3D.

2-Le LASER de poursuite :

Le laser de poursuite a pour but de suivre une surface réfléchissante afin de numériser un objet point par point. Il s'agit d'une technique qui utilise la mesure avec contact.



LASER de poursuite

Ce type de laser est basé sur le même principe de récupération de point que le laser de numérisation. C'est à dire, en utilisant la triangulation. La différence provient de la fonction tracker du laser, elle permet à l'utilisateur de positionner l'appareil à l'endroit souhaité et de balayer la surface à l'aide d'une sphère réfléchissante.

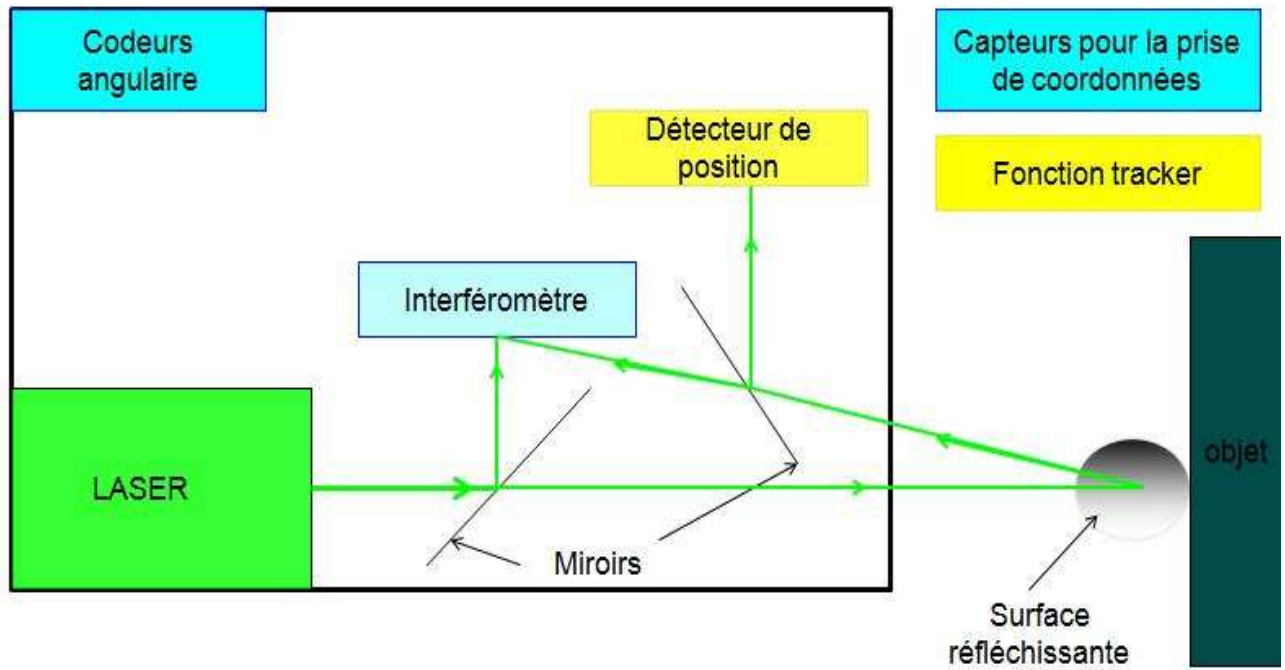
Le LASER émet un faisceau lumineux vers une surface réfléchissante positionnée contre l'objet à mesurer. La surface réfléchissante principalement utilisé pour les LASER de poursuite est le rétro réflecteur monté sur sphère. La distance entre le centre de la sphère et la surface de l'objet doit toujours être identique, pour éviter les erreurs.

Lorsque le faisceau atteint de nouveau le laser, par principe de retour inverse. Une partie du rayon atteint un dispositif mesurant la distance entre le laser et la surface réfléchissante. Ce dispositif peut être sous la forme soit d'un interféromètre, soit d'un capteur de mesure de distance absolue. De plus, un laser de poursuite contient deux encodeurs angulaires. Ces capteurs mesurent l'angle des deux axes mécaniques : l'axe de l'azimut et l'axe d'élévation.

L'accouplement des angles et de la distance permet d'utiliser la technique de la triangulation et ainsi connaître exactement la position du centre de la surface réfléchissante.

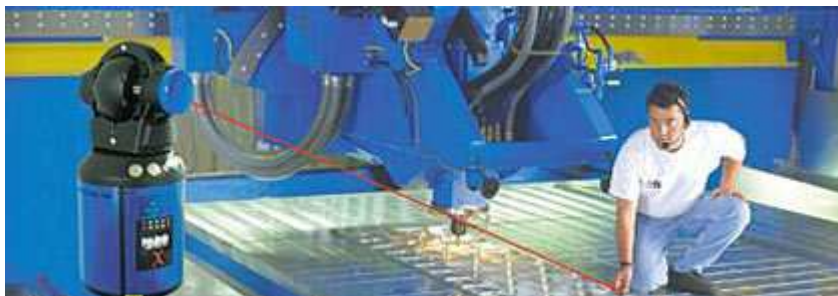
La fonction tracker a pour but de « suivre » le centre de la surface réfléchissante. Si le faisceau est au centre du réflecteur alors il sera au centre du détecteur de position. Sinon il va créer un message d'erreur qui a pour but de rectifier la position, en agissant sur les axes de rotation du LASER lui même.

Le LASER de poursuite utilise le même procédé que le LASER de numérisation pour reconstituer une image 3D.



Principe du LASER de poursuite

Principalement, le LASER de poursuite est utilisé dans le secteur de l'automobile, de l'aéronautique ou encore du nucléaire. Il est utilisé pour contrôler le volume de grandes pièces.



Exemple de LASER de poursuite

Par exemple l'entreprise Volkswagen utilise des LASER de poursuite dans ses industries de monde entier pour contrôler la bonne qualité des pièces qui compose leur voiture pour garder leur image de marque.

Conclusion

La principale différence entre le LASER de numérisation et Le LASER de poursuite est la taille de l'objet à contrôler. En effet, Le LASER de numérisation est principalement utilisé par les industrielle pour mesurer le volume de petit objet. A contrario, le LASER de poursuite est utilisé pour des mesures de volume plus important.

De plus, il est plus facile pour le LASER de poursuite de mesurer le volume de pièces immobile puisque que c'est le LASER qui bouge (si la pièce a un volume important il est plus compliquer de la mettre en mouvement).

Même si l'utilisation da la triangulation LASER pour mesurer des volumes comporte des erreurs du au LASER, à l'objet ou au capteur. Elle reste une technique précise et de plus en plus utilisé dans le monde de l'industrie.

Ce projet bibliographique nous a permis de connaitre ce qu'est réellement la triangulation LASER, avec ces avantages et ces inconvénients. De plus, ce projet nous a forcés à utiliser plusieurs sources pour avoir toutes les informations nécessaires sur le sujet de la triangulation LASER.

Bibliographie

Articles et thèse:

- ◆ Comment choisir un système LASER pour la mesure de volume de Marie-Line Zani-Demange (Mesures 815-Mai 2009)
- ◆ Les outils se combinent de Marie-Line Zani-Demange (Industrie et technologies-Avril 2008)
- ◆ Numérisation 3D intelligente d'objets de formes inconnues basée sur des critères de qualité de Charyar Mehdi-Souzani (2006)
- ◆ Technologies de numérisation 3D et domaine d'applications de Boulbaba BEN AMOR

Sites web :

- ◆ anne.crouzeix.free.fr/DEA/node5.php3
- ◆ directindustry.fr/prod/roland/scanner-laser-3d-automatise-17942-255354.html
- ◆ faro.com/default_fr.aspx?ct=fr
- ◆ mcg3d.com/article.php3?id_article=3
- ◆ Techno-sciences.net/onglet=glossaire & definition=2955
- ◆ wikipedia.org/wiki/Scanner_3D

