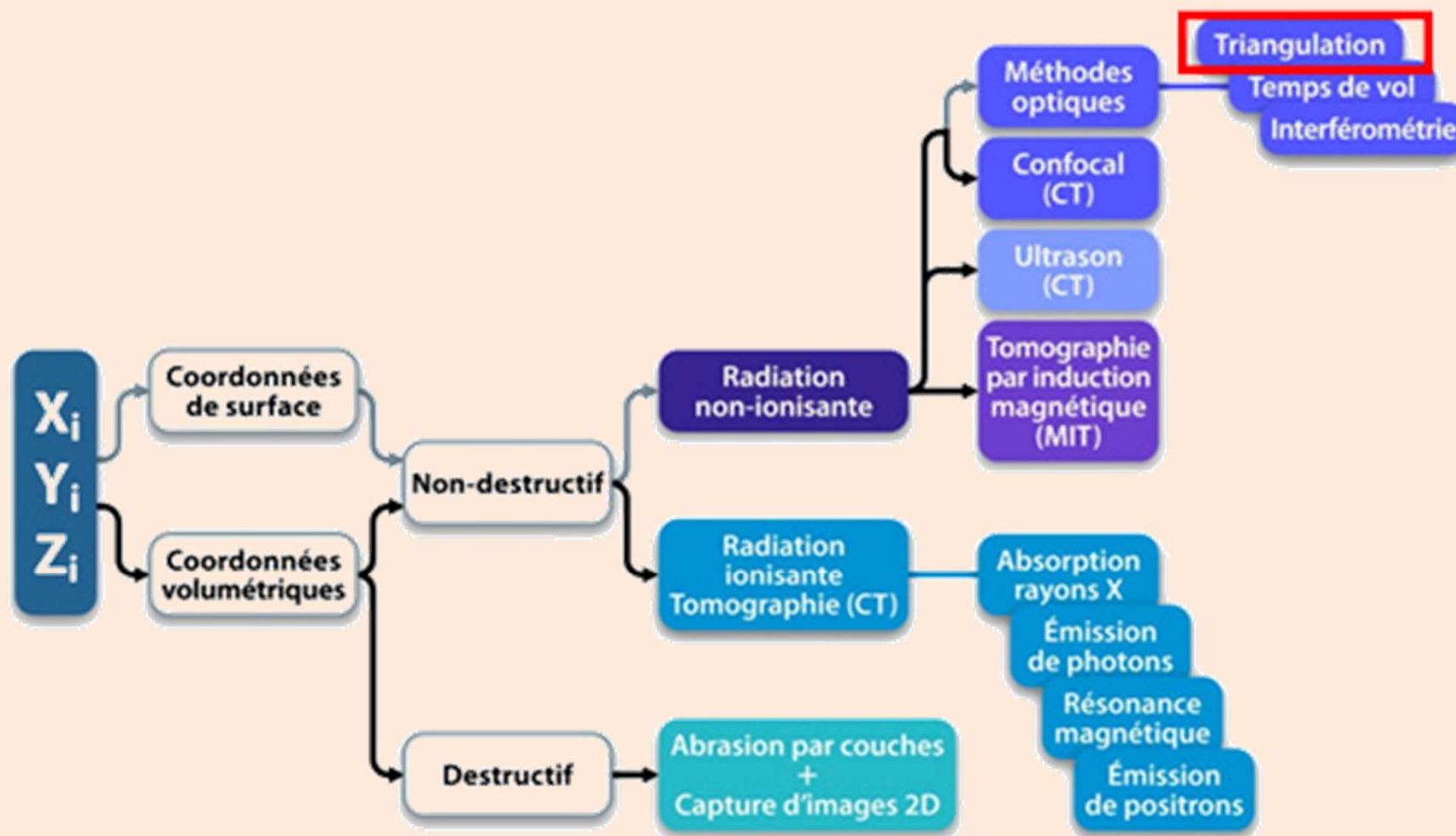


Métrologie

Numérisation sans contact



Métrologie



Définitions

Sensibilité :

La sensibilité est le quotient de l'accroissement de la réponse d'un instrument de mesure divisé par l'accroissement correspondant du signal d'entrée (VIM).

Exactitude :

Le terme sensibilité ne doit pas être confondu avec exactitude (accuracy), qui est une notion qualitative. L'exactitude est l'étroitesse de l'accord entre un résultat de mesurage et une valeur vraie du mesurande (VIM).

Incertitude :

C'est un paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande (VIM).

Seuil de détection, résolution :

C'est la variation la plus grande du signal d'entrée qui ne provoque pas de variation détectable de la réponse d'un instrument de mesure, la variation du signal étant lente et monotone (VIM).

Répétabilité :

C'est l'étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages successifs du même mesurande, mesurages effectués dans la totalité des mêmes conditions de Mesure (VIM).

Métrologie



Justesse de mesure:

La justesse de mesure est l'écart entre la moyenne d'un nombre infini de valeurs mesurées répétées et une valeur de référence (VIM).

Fidélité de mesure:

La fidélité est l'écart entre les indications ou les valeurs mesurées obtenues par les mesurages répétés du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées (VIM).

Erreur de mesure:

Différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence (VIM).

Erreur systématique:

L'erreur systématique est la composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible (VIM).

Erreur aléatoire:

L'erreur aléatoire est la composante de l'erreur de mesure qui dans des mesurages répétés, varie de façon imprévisible (VIM).

Biais de mesure :

Le biais de mesure est l'estimation d'une erreur systématique (VIM).

Métrologie

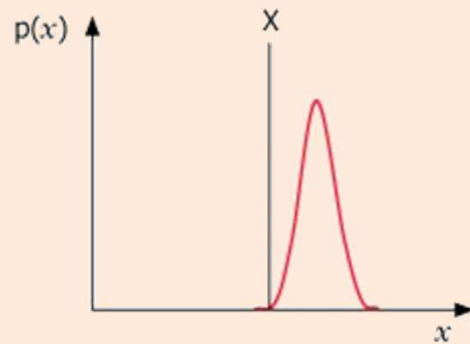
Reproductibilité de mesure:

La reproductibilité de mesure est la fidélité de mesure selon un ensemble de conditions de reproductibilité (VIM).

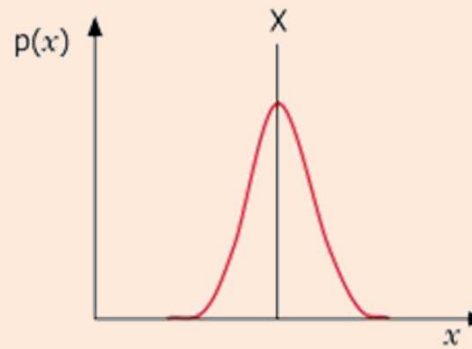
Etalonnage :

L'étalonnage est une opération qui, dans des conditions spécifiées, établit en une première étape une relation entre les valeurs et les incertitudes de mesure associées qui sont fournies par des étalons et les indications correspondantes avec les incertitudes associées, puis utilise en une seconde étape cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication.

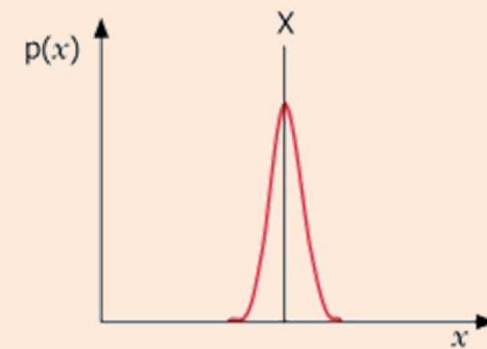
Métrologie



La **fidélité** est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs sont faibles. L'écart-type est souvent considéré comme l'erreur de fidélité.



Un instrument est d'autant plus **juste** que la valeur moyenne est proche de la valeur vraie.



Un appareil **précis** est à la fois fidèle et juste.



Fidélité



Justesse



Exactitude

Reproductibilité ou répétabilité

Ces deux termes sont souvent mélangés par erreur, c'est pour cela que nous allons définir la différence qu'il y a entre la reproductibilité et la répétabilité.

La *répétabilité* est la mesure d'un même échantillon avec la même méthode dans le même laboratoire avec la même personne et le même équipement, alors que

la *reproductibilité* est la mesure du même échantillon avec la même méthode mais dans un laboratoire différent avec des personnes différentes et des équipements différents.

L'*écart-type* permet de quantifier ces deux notions, dans ces cas-là on parlera d'écart-type de répétabilité ou de reproductibilité.

L'écart-type montre la dispersion des valeurs autour de la moyenne, cela permet de savoir si la répétition des mesures n'engendrent pas une trop grande dispersion autour de la moyenne. Si l'écart-type est faible, cela signifie qu'exécuter deux mesures donnent des valeurs proches de ce que l'on attend et donc le capteur est dit répétable ou reproductible.

La connaissance de ces écarts-types permettent d'avoir un ordre d'idée sur l'estimation des incertitudes. Bien sûr seul une analyse à partir des documents techniques ainsi que des expériences permettent d'avoir une incertitude globale la plus fidèle possible à la réalité.

Métrologie



Les méthodes de mesure point par point et celles de numérisation 3D sans contact à haute densité sont complémentaires et également importantes.

Avantages clefs des méthodes de mesure point par point :

- Généralement plus précises
- Plus rapides pour contrôler un petit nombre d'entités et dimensions
- Peuvent souvent mesurer plus facilement des zones difficiles d'accès
- Ne sont pas affectées par la réflectivité ou la transparence des objets

Avantages clefs des méthodes de numérisation sans contact à haute densité :

- Beaucoup plus rapides pour mesurer une surface non prismatique
- Plus rapides pour contrôler un grand nombre d'entités et dimensions
- Peuvent dans certains cas mesurer l'intérieur et l'extérieur d'un objet
- Recommandées pour mesurer un matériau flexible comme le plastique, car on évite de déformer l'objet en entrant en contact avec lui

Éléments de base d'un capteur temps de vol par impulsions lumineuses

Systemes à moyenne et longue portée
Profondeur de champ typique variant de 1.5 m à 1000 m (6 pieds à 3000 pieds)

Méthode Externe de Référencement

Ces capteurs utilisent typiquement des cibles dans la scène (sphères réfléchissantes ou rétro-rélecteurs) ou encore un logiciel de post-traitement comme méthodes externes de référencement

Avantages d'une technologie temps de vol par impulsions lumineuses

Très grande profondeur de champ
Vitesse d'acquisition
Compatible avec les méthodes d'arpentage (GPS, GIS, LIDAR, etc.)
Technologie coaxiale (pas de base de triangulation, aucune occlusion)

Désavantages

Moins précis que les systèmes à courte portée
Produit plus de points erratiques que les capteurs à courte portée

Éléments de base d'un capteur temps de vol par déphasage

Systèmes à moyenne portée

Profondeur de champ typique variant de 1,5 m à 80 m (6 pieds à 250 pieds)

Méthode Externe de Référencement

Ces capteurs utilisent typiquement des cibles dans la scène (sphères réfléchissantes ou rétro-rélecteurs) ou encore un logiciel de post-traitement comme méthodes externes de référencement

Avantages d'une technologie temps de vol par déphasage

Meilleure précision que la technologie basée sur des impulsions

Grande profondeur de champ

Vitesse d'acquisition

Technologie coaxiale (pas de base de triangulation, aucune occlusion)

Compatible avec les méthodes d'arpentage (GPS, GIS, LIDAR, etc.)

Désavantages

Profondeur de champ plus petite que la technologie basée sur les impulsions

Moins précis que les technologies à courte portée (jusqu'à 0,4 mm ou 16 millièmes de pouce)

Produit plus de points erratiques que les capteurs à courte portée

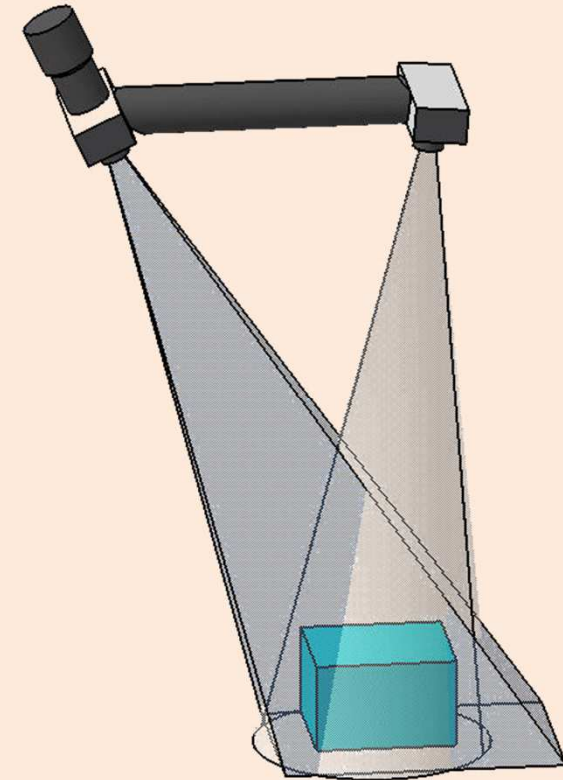
Lumière structurée

Principe

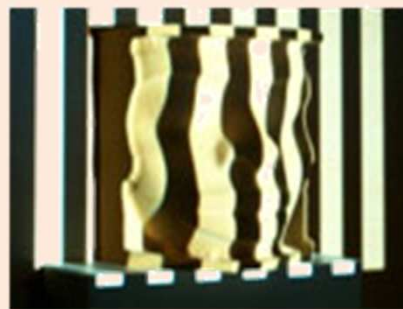
L'exemple ci-dessous montre des patrons de franges typiques utilisant de la lumière blanche visible. Une séquence de patrons connus alternant des franges noires et blanches est projetée. La séquence de patrons binaires est habituellement suivie d'autres images basées sur le déphasage permettant d'augmenter l'exactitude des mesures. Contrairement aux capteurs laser, aucun système mécanique ou optique supplémentaire n'est requis pour générer une grille de points 3D à partir d'une position donnée.

Caractéristiques

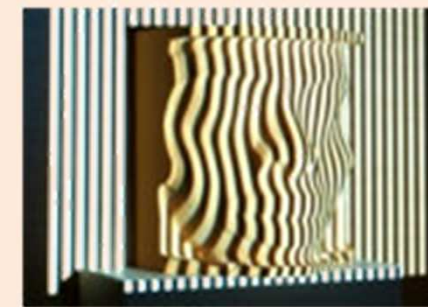
Les capteurs basés sur la projection de franges sont des systèmes à courte portée, la distance entre le capteur et l'objet étant généralement inférieure à 1 mètre. La profondeur de champ (PDC) est de 50 à 400 mm (2 à 16 pouces). La PDC est la profondeur de la zone pour laquelle le capteur peut effectuer des mesures.



15/05/2014



FX de Contencin



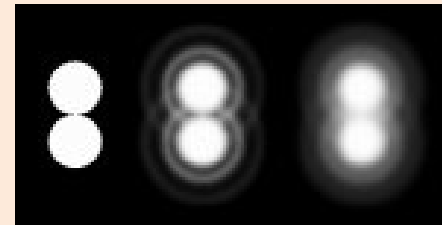
Mise au point, diaphragme, profondeur de champ :

La netteté

La netteté d'une image dépend d'un ensemble de paramètres. On peut les classer à partir de 3 ensembles déterminants : la netteté optique, la netteté de mouvement, la définition de l'image.

netteté optique

Quelle que soit la qualité d'un objectif, l'image qu'il donne d'un point lumineux n'est jamais un point, mais une tache aux bords plus ou moins diffus, généralement accompagnée de cercles de diffraction concentriques.



Netteté, illustration

Si le flou n'est pas trop important, les taches-images de deux points voisins peuvent être distinguées ; sinon, elles fusionnent et l'information est perdue. La limite à partir de laquelle cette fusion se produit est extrêmement difficile à définir. Par la suite, les choses se compliquent encore car la granulation de la pellicule ou la pixellisation due à la structure du capteur, suivis du tirage sur papier ou de la projection, interviennent à leur tour pour dégrader l'image.

La profondeur de champ

La profondeur de champ désigne communément la zone de netteté en avant et en arrière du sujet sur lequel on a fait la mise au point.

Cette zone n'est pas du tout fixe. Elle dépend :

- de la qualité de l'optique
- de la fermeture du diaphragme
- de la focale de l'objectif

Qualité de l'optique

De manière générale, plus une optique est de bonne qualité, plus son "piqué", sa précision, sera grande. Une optique en plastique, mal dégrossie, comme sur les appareils jetables, donnera un piètre résultat en terme de netteté mais aussi en terme de profondeur de champ.

Qualité de l'optique

De manière générale, plus une optique est de bonne qualité, plus son "piqué", sa précision, sera grande. Une optique en plastique, mal dégrossie, comme sur les appareils jetables, donnera un piètre résultat en terme de netteté mais aussi en terme de profondeur de champ.

Métrologie

Objets photographiés

Objectif

Film/capteur

La mise au point est sur A : le film/capteur est en A' (image de A)

La tache grise = images de B ou de C. On assimilera cette tache à un point car plus petite que e , donc ce sera net.

La tache verte = image d'un objet situé avant C ou entre B et l'objectif (rouge). Cette image est plus grande que e , ce sera flou.

Sur le capteur

e = diam. cercle de confusion

L'échelle de profondeur de champ : Comment se régler sur l'hyperfocale ?

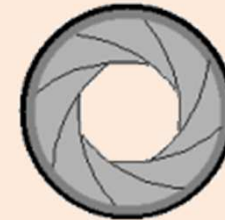
- Nombre d'ouverture du diaphragme de l'objectif effectif, en face du trait rouge
- Distance de mise au point réglée sur l'objectif à lire en face du trait rouge
- Distance du dernier plan net à lire en face du repère (trait blanc) correspondant du nombre d'ouverture entouré en vert.
- Distance du premier plan net à lire en face du repère correspondant à la valeur de diaphragme réglée (entouré en vert)



Métrologie

Fermeture du diaphragme

D'une manière générale, plus on ferme le diaphragme (plus on exploite le centre de la lentille), plus on obtient une grande profondeur de champ. En effet, les bords de la lentille provoquent des distorsions qui donnent une moins grande précision à l'image. Evidemment, pour fermer le diaphragme, il faut que la lumière tombant sur le sujet soit suffisamment intense, sinon on sous-expose l'image, ou on force l'appareil à utiliser une trop longue vitesse d'obturation. Les chiffres d'ouverture de diaphragme expriment une fraction de la distance focale, précédée par fois de la lettre f : 1.4 2 2.8 4 5.6 8 11 16 22 32 45 64

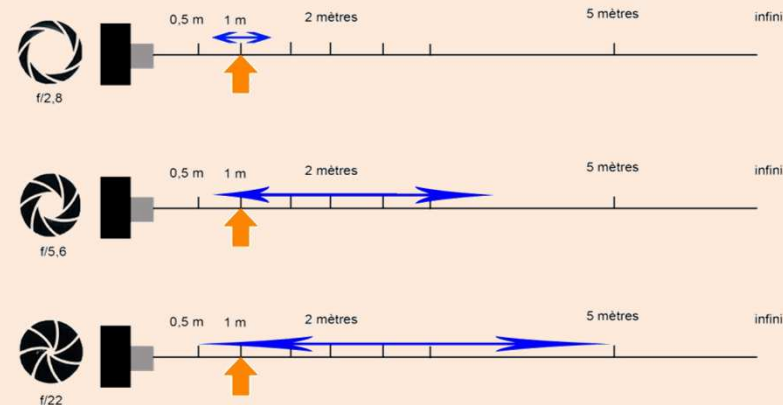


A chaque "cran" de fermeture on divise la lumière qui entre par 2 : en passant de f4 à f5.6, on a ainsi deux fois moins de lumière. Il y a donc une correspondance entre obturation et diaphragme, car la vitesse d'obturation évolue elle-même en doublant ou divisant par 2 : 1 1/2 1/4 1/8 1/15 1/30 1/60 1/125 1/250 1/500 1/1000 1/2000

On parle donc de "couple diaphragme/vitesse" lorsque l'on parle d'exposition de la pellicule. Pour une lumière donnée, il peut y avoir plusieurs couples possible : f5.6 durant 1/125 de seconde fera entrer dans l'appareil la même quantité de lumière que f8 pendant 1/60 de seconde ou encore f4 pendant 1/30 de seconde. Au photographe de choisir s'il privilégie une vitesse élevée, pour figer les mouvements, ou un diaphragme plus fermé, pour une meilleure profondeur de champ.

Focale de l'objectif

La profondeur de champ est enfin dépendante de la longueur focale de l'objectif : un grand angle aura une plus grande profondeur de champ qu'un téléobjectif.

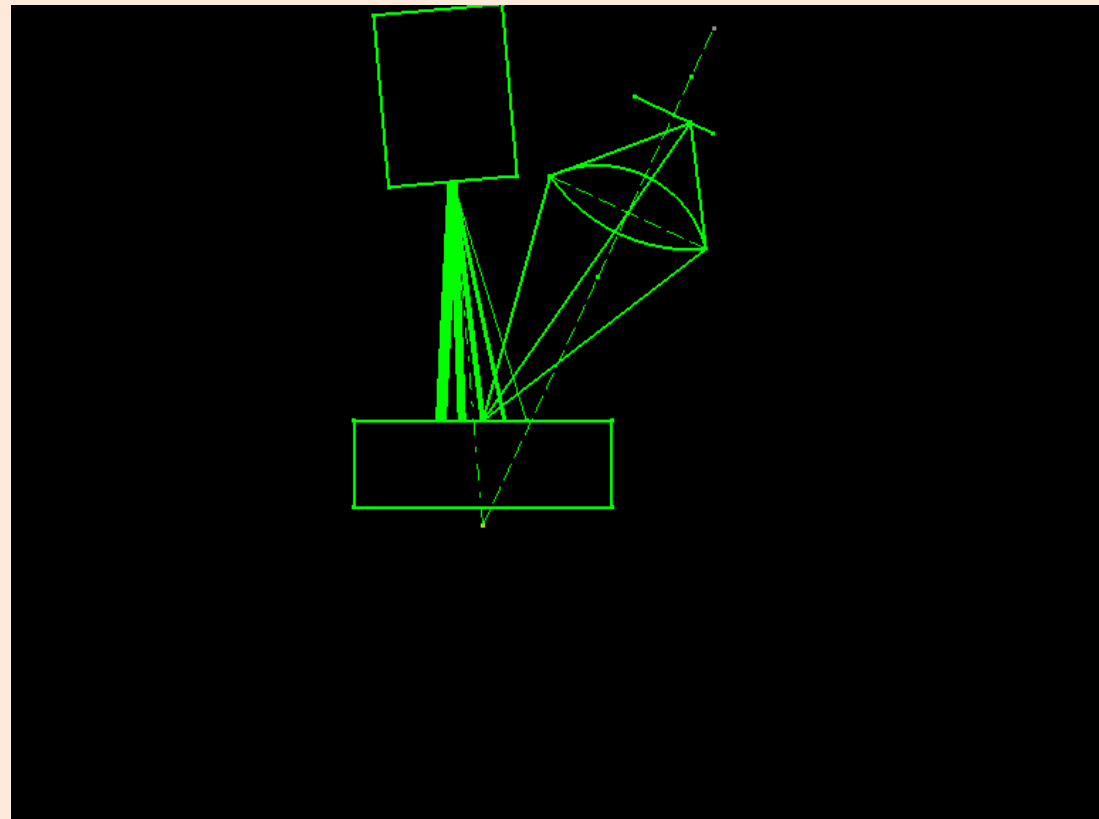


Profondeur de champ modifiée par le diaphragme **Profondeur de champ** modifiée par la distance focale de l'objectif La maîtrise de la profondeur de champ est absolument indispensable pour la réussite de la plupart des prises de vues, en particulier pour le portrait, la macrophotographie, le paysage, la publicité, etc

Profondeur du volume de travail en triangulation:

Chaque faisceau passe par le centre de la lentille et est projeté sur la matrice du capteur CCD.

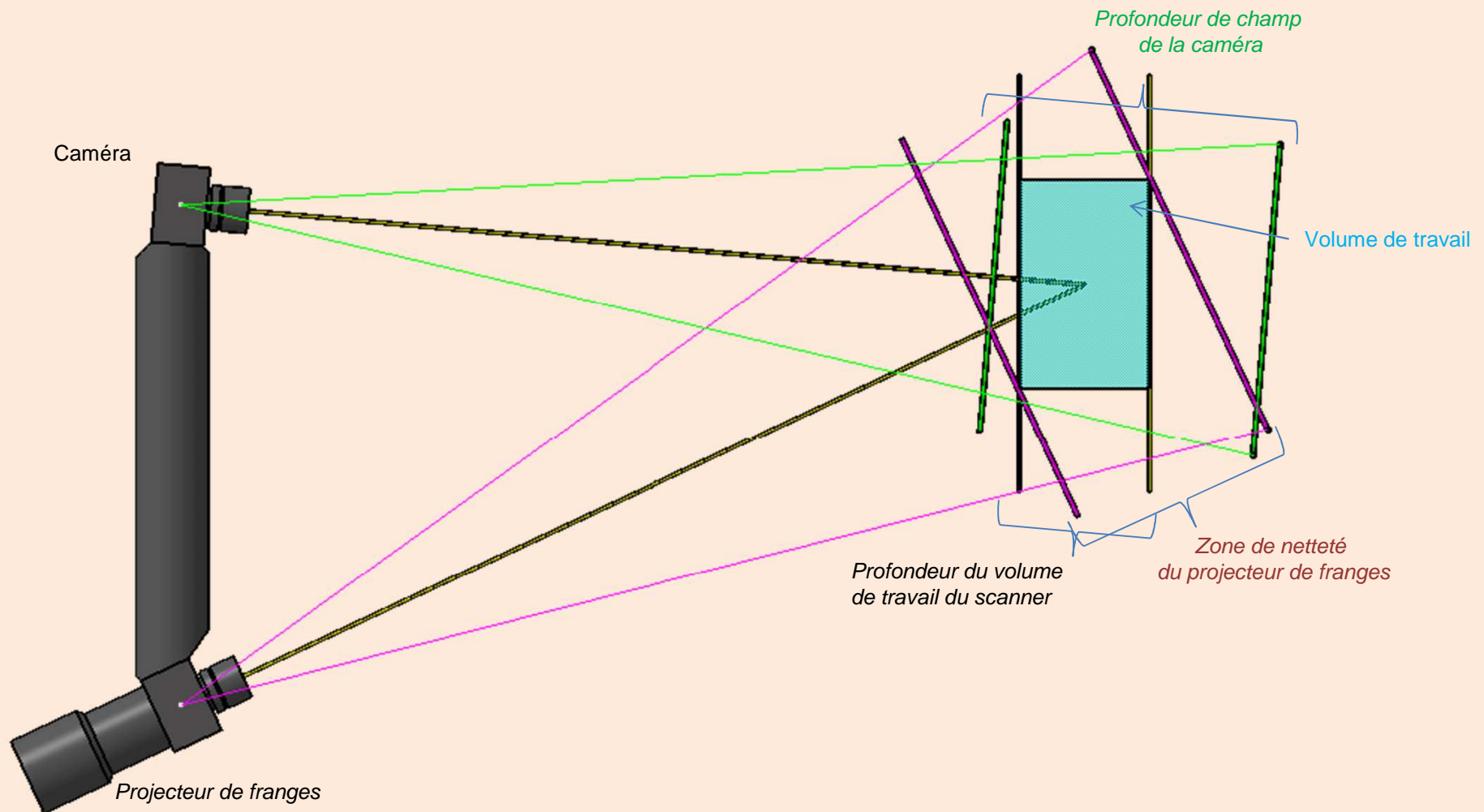
La distance entre le projecteur (franges ou laser) et l'objet ne doit pas dépasser les limites du capteur CCD balayé par les faisceaux.



Métrie



Profondeur de champ du scanner Breuckmann



Avantages des capteurs basés sur la projection de franges et utilisant la lumière blanche

L'utilisation de la lumière structurée et une grande base de triangulation permet une exactitude des relevés qui place ce type de scanners parmi les plus performants.

Mesure rapidement des objets comportant beaucoup de surfaces à faible courbure.

Sécuritaire pour les yeux

Désavantages

La mesure par lumière blanche est affectée par la lumière ambiante

N'a pas la plage dynamique d'un laser pour numériser des surfaces polies

Une grande base de triangulation augmente les effets d'occlusion (la caméra ne voit pas les franges projetées), ce qui augmente le nombre de points de vue nécessaires

La mesure d'objets comportant de multiples détails complexes demande beaucoup de temps.

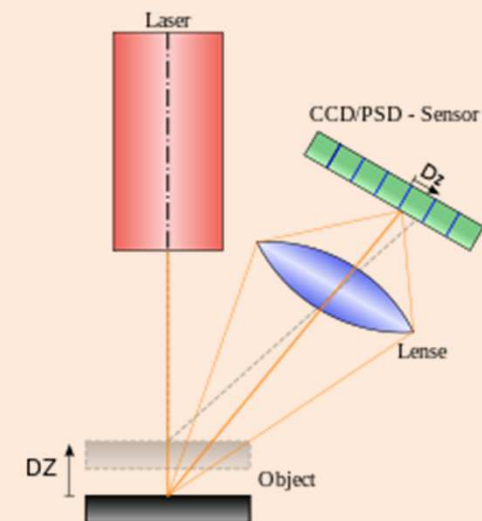
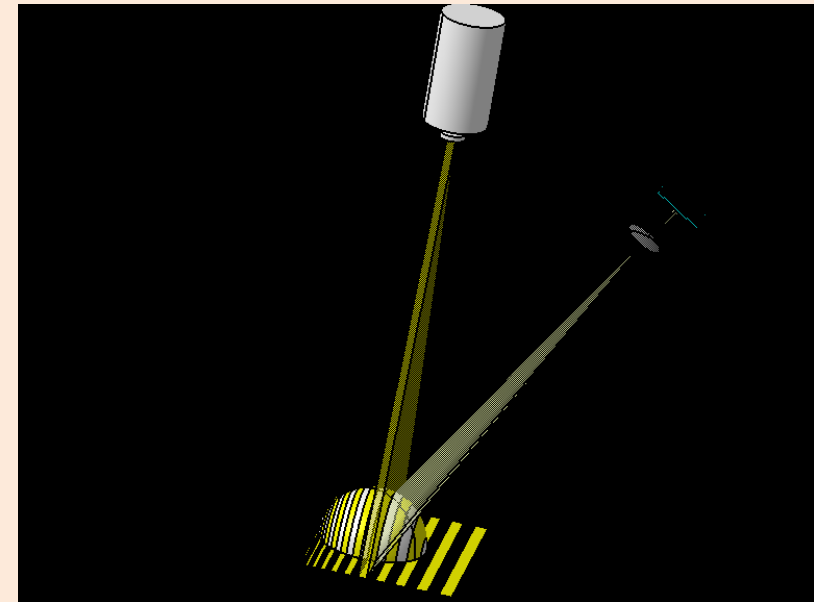
Méthode Externe de Référencement (MER)

Autres MERs utilisées avec les capteurs basés sur la projection de franges:

Machine à Mesurer Tridimensionnelle stationnaire (MMT).

Traqueur optique.

Robot.



Méthode Externe de Référencement (MER)

Les capteurs basés sur la *projection de franges* peuvent mesurer une grille de points couvrant jusqu'à 1 mètre carré de superficie. Lorsque l'objet à mesurer n'est pas trop grand, un algorithme logiciel peut être employé pour recalibrer ou aligner de multiples grilles de points produites en mesurant l'objet de différents points de vue. Toutefois, si le volume mesuré est trop grand, une Méthode Externe de Référencement (MER) peut être requise afin de ramener de multiples grilles de points dans un système de coordonnées commun.

La *photogrammétrie* est la MER typiquement utilisée avec les capteurs basés sur la projection de franges. Des marqueurs optiques, collants ou aimantés, sont d'abord disposés sur la totalité de l'objet, de telle manière que pour chaque mesure de grille de points, la caméra puisse voir un minimum de 3 marqueurs. Puis des artéfacts connus permettant une mise à l'échelle sont positionnés dans la scène. À l'aide d'une caméra numérique à haute résolution, des dizaines d'images sont alors prises de différents points de vue. Un logiciel de photogrammétrie traite ces images et calcule les coordonnées 3D des centres de marqueurs. L'ensemble de ces points constitue ainsi un squelette à partir duquel chaque grille de points sera recalibrée. L'utilisation de la photogrammétrie permet ainsi de numériser des automobiles, des avions ou des outils de grande dimension.

Métrologie



Aspects critiques

Base de triangulation

Une grande base de triangulation améliore la précision des mesures

Une petite base de triangulation réduit les effets d'occlusion qui surgissent lorsque la caméra ne voit pas les images projetées sur l'objet

La stabilité mécanique de l'appareil

La qualité des lentilles (projection et collection)

La qualité et la résolution des caméras

La qualité du logiciel de post-traitement qui décode les images de franges et calcule les points 3D mesurés

La quantité de lumière reçue par les caméras

La saturation (trop de lumière reçue lorsqu'un objet poli est numérisé).

Aspects critiques

Base de triangulation

Une grande base de triangulation améliore la précision des mesures

Une petite base de triangulation réduit les effets d'*occlusion* qui surgissent lorsque la caméra ne voit pas la lumière laser projetée sur l'objet

La stabilité mécanique de l'appareil (mécanisme de balayage et de projection)

La qualité des lentilles (projection et collection)

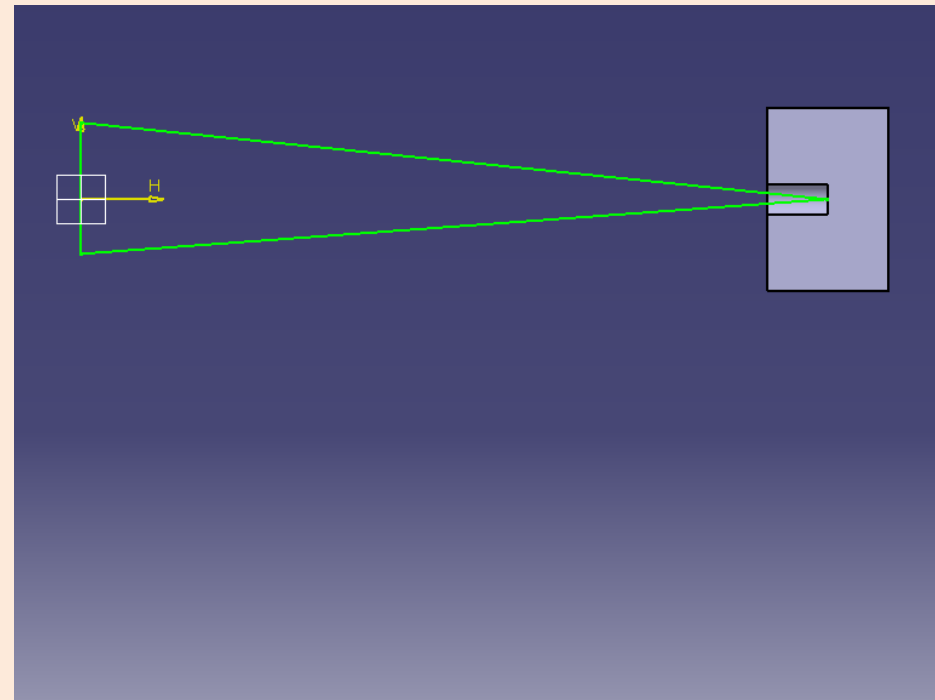
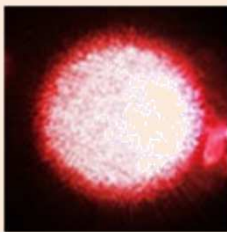
La qualité et la résolution de la caméra

La qualité du laser projeté

La quantité de lumière reçue par la caméra

La saturation (trop de lumière reçue lorsqu'un objet poli est numérisé)

L'effet de granularité d'un laser (non-uniformité de l'intensité d'un faisceau laser).



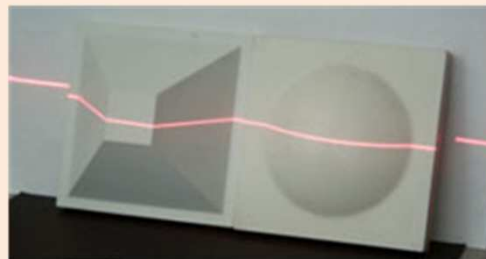
Caractéristiques

Les capteurs laser par triangulation sont des systèmes à courte portée, la distance entre le capteur et l'objet (distance minimum de mesure) étant généralement inférieure à 1 mètre. La profondeur de champ (PDC) est habituellement de 25 à 200 mm (1 à 8 pouces). La PDC est la profondeur de la zone pour laquelle le capteur peut effectuer des mesures.

Il y a deux catégories principales de capteurs laser par triangulation:

Un seul point peut être projeté à la fois sur l'objet, auquel cas un miroir polygonal ou un miroir équipé d'un galvanomètre est utilisé afin d'appliquer une rotation au faisceau laser et de projeter ainsi l'équivalent d'une ligne laser

Une autre approche consiste à transformer le faisceau laser en ligne au niveau de la source laser et de projeter directement une ligne sur l'objet.



Métrologie



Erreur systématique
Erreur aléatoire
Valeur vraie
Répétabilité
Exactitude
Ecart-type
Fidèle
Sensibilité
Temps de réponse
Résolution

Systematic error
Random error
True value
Repeatability
Accuracy
Standard deviation
Faithful
Sensitivity
Response time
Resolution