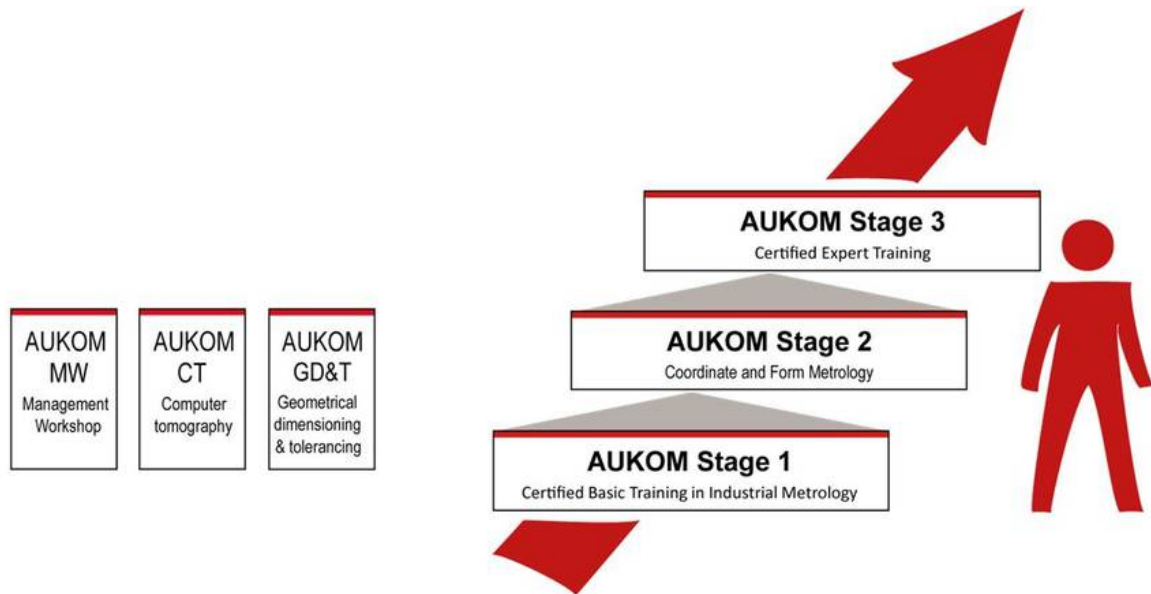


# Structure AUKOM

**Formation indépendante et personnalisée en métrologie tridimensionnelle.**



## Notre objectif :

« Des résultats de mesure qui peuvent être comparés dans le monde entier »

- Pour réduire les coûts
- Minimiser les déchets
- Et prendre des décisions efficaces.

Atteindre ces objectifs nécessite une communication efficace entre tous les employés impliqués dans l'obtention des résultats de mesure. La base de cette communication est une compréhension partagée basée sur la connaissance. Les séminaires AUKOM transmettent ces connaissances à tous les intervenants.

# Contenu du niveau 1

## Formation de base Certifiée en métrologie industrielle 3D

- Groupe cible : Utilisateurs et métrologues
- Conditions préalables : Aucune
- Objectifs : Le séminaire définit et consolide les connaissances de base de la métrologie pour les débutants et les métrologues avancés. L'approche didactique utilisée dans le séminaire est basée sur les dernières découvertes. Le séminaire couvre les dernières connaissances en matière de tolérance dimensionnelle, de bases de programmation, de planification des processus de mesure et de technologie des machines et des capteurs utilisés. La compréhension améliorée de la mesure et des paramètres externes permet aux techniciens de réduire les incertitudes de mesure et donc de rendre les résultats de mesure plus fiables et plus faciles à comparer.
- Durée du cours : 5 jours, selon le niveau de connaissances antérieur
- Achèvement : Examen avec certificat AUKOM niveau 1.

### 1-1 Unités de mesure

Unités du Système International : définition, historique, quantités de base, quantités dérivées et symboles.  
Angles : conversion degrés-radians, Mesure conventionnelle et équipement de mesure.

### 1-2 Système de coordonnées

(Mathématique) Dessin technique, Origine, Coordonnées cartésiennes, Règle de la main droite, Translation et rotation, Coordonnées polaires, Système de coordonnées cylindriques et sphériques.

### 1-3 Machine de Mesure Tridimensionnelle (MMT)

Historique des Machines de Mesure de Tridimensionnelle, Types de machine : Cantilever / Pont / Horizontale / Portique, Différences entre les types, Guidage, Table de fixation, Ordinateur et Logiciel de mesure, Précision des machines tridimensionnelles et correction, Machines de mesure de défaut forme.

### 1-4 Capteurs

Sélection du capteur, Système de palpage, Stylet, Capteurs optiques, Traitement d'image, Triangulation laser.

### 1-5 Définitions de base

Cotation (dimensions, symboles de tolérance géométrique), Référence normalisée, Différence entre élément géométrique nominal, réel, extrait, et associé. Forme gauche.

### 1-6 Tolérances dimensionnelles

Tolérances dimensionnelles, Principe de Taylor, Normes, Symboles et entrées de dessin, Dimensions de longueur, Dimensions angulaires, Limitation des dimensions et des ajustements, Système de cotation ISO, Tolérances communes.

### 1-7 Éléments géométriques

Les éléments géométriques standards : Plan / Cylindre > Cône / Sphère / Droite / Cercle / Point / Ellipse  
Vecteur, Normale, Nombre minimum de points, Projection.

### 1-8 Constructions géométriques

Calcul des caractéristiques avec deux éléments géométriques (distance, angle, intersection, symétrie), Calcul à partir de plusieurs éléments géométriques (Construction).

### 1-9 Préparation d'une mesure sur machine tridimensionnelle

Température recommandée, Nettoyage de la pièce, Contrôle de la température, Mise en place de la pièce, Système de bridage, Démarrage de la machine et du logiciel.

#### **1-10 Choix et qualification du palpeur**

Sélection du système de palpation, Qualification du stylet, Sphère de référence, Palpeur de référence, Correction du rayon de bille et de la déflexion du stylet, Filtrage mécanique du stylet, Erreurs lors d'une qualification.

#### **1-11 Mesure avec une Machine de Mesure Tridimensionnelle**

Détermination du système de coordonnées de la pièce, Différence avec le référentiel machine, Alignement manuel et automatique, Palpages, Références, Conséquences des collisions, Nombre de points de palpation et leur répartition.

#### **1-12 Évaluation des mesures et statistiques**

Importance des paramètres statistiques, Valeurs aberrantes, Dispersion, Histogramme, Méthodes de compensation, Influences sur la mesure du résultat.

#### **1-13 Rapport d'inspection**

Définition des caractéristiques, But de la mesure, Production de la pièce, Fonction de la pièce, Méthode et Précision de fabrication, Écart de forme, Effets de l'incertitude, Sensibilisation à l'incertitude de mesure, Planification de l'inspection, Identification des caractéristiques de mesure.

#### **1-14 Documentation et gestion de la Qualité**

Rapports de mesure, Tableaux de contrôle de la qualité, Coopération entre la Conception, la Production et le Contrôle, Rapport de mesure reproductible et claire, Documentation sur la stratégie de mesure.

# Contenu du niveau 2

## Certification en métrologie 3D

- Groupe cible : Utilisateurs et métrologues
- Conditions préalables : Certificat AUKOM niveau 1
- Objectifs : Le séminaire consolide les connaissances de base de la métrologie pour les les métrologues avancés. L'approche didactique utilisée dans le séminaire est basée sur les dernières découvertes. Le séminaire couvre les dernières connaissances en matière de tolérance dimensionnelle, de bases de programmation, de planification des processus de mesure et de technologie des machines et des capteurs utilisés. La compréhension améliorée de la mesure et des paramètres externes permet aux techniciens de réduire les incertitudes de mesure et donc de rendre les résultats de mesure plus fiables et plus faciles à comparer.
- Durée du cours : 5 jours
- Achèvement : Examen avec certificat AUKOM niveau 2.

### 2-1 Aperçu du processus de mesure complet

Bref rappel du contenu du niveau 1

### 2-2 Éléments géométrique

Éléments géométriques standard, Points de surface, Oblong, Hexagone, Symétrie, Perpendicularité, Parallélisme, Angle dans l'espace, Transformations du système de coordonnées.

### 2-3 Tolérances de forme et de position

Introduction aux tolérances de forme et de position, Symboles de cotation, Désignation de la référence, Tolérances générales.

### 2-4 Stratégie de mesure

Définition des conditions de bridage et des références, Choix du système d'axes et de l'origine, Alignement itératif, Alignement 3-2-1, Best-fit (3D fit), Élément de mesure et éléments auxiliaires, mesure de profils, etc.

### 2-5 Stratégie de palpation - Contact

Nombre et répartition des points de palpation, Force et vitesse de palpation, Propriétés du matériau, Diamètre du stylet, Stylets spéciaux, Scanning continu.

### 2-6 Stratégie de palpation – Analyse d'image

Mesure plein champ, mesure multi-points, Détection de bord, Traitement l'image, Optiques, Éclairages, Filtre, Numérisation, Mise au point automatique (Autofocus).

### 2-7 Stratégie de palpation – Capteur de distance

Capteurs à triangulation laser, Capteur principe Foucault, Capteur à lumière blanche, Capteur à frange, Photogrammétrie, Influence sur les résultats de mesure.

### 2-8 Programmation CNC

Apprentissage, Programmation Offline, Mesure surfacique avec CAO, Variables, Modules et programmes.

### 2-9 Mesure des formes gauches

Types d'éléments en surfacique, Effet du Best-fit 3D, Stratégies de mesure, Méthodes de programmation.

### 2-10 Évaluation

Critères d'évaluation : Méthodes d'évaluation axées sur la fonction et la fabrication, Différences dans les méthodes d'association (Gauss, enveloppe, exigence minimum), Constructions, Évaluation graphique et littérale.

### **2-11 Effets sur le résultat de mesure**

Effets sur le résultat de mesure, Réduction de l'incertitude de la mesure, Détection et réduction des causes systématiques et aléatoires, Compensation de la température.

### **2-12 Documentation**

Principes de conception et de standardisation de la documentation, Évaluations graphiques, Tracé des défauts de forme et Rapports de mesure.

### **2-13 Surveillance des moyens de mesure**

Contrôle de l'équipement incluant les stratégies de suivi, Pièce d'essai, Normes, Test et suivi d'acceptation des machines de mesure 3D et de la chaîne d'étalonnage.

### **2-14 Bonnes pratiques pour la mesure**

Bonnes pratiques dans la mesure, Nécessité d'une coopération inter-services.

# Contenu du niveau 3

## Certification en métrologie 3D niveau expert

- Groupe cible : Métrologues
- Conditions préalables : Certificat AUKOM niveau 2 et AUKOM GD&T
- Objectifs : le séminaire offre une connaissance approfondie de la métrologie pour les techniciens de mesure avancés qui travaillent avec d'autres départements et sont obligés de communiquer efficacement. L'approche didactique utilisée dans le séminaire est basée sur les dernières découvertes. Le contenu comprend les dernières connaissances sur la fonction et la production basée sur la mesure, le filtrage, la programmation, la tomographie par ordinateur, le Management Qualité et la gestion des salles de mesure. Une compréhension intégrée de la mesure des emplois et des paramètres permet aux experts de communiquer en toute confiance et de réduire les incertitudes de mesure, les résultats de mesure deviennent plus fiables et plus faciles à comparer.
- Durée du cours : 5 jours
- Achèvement : Examen avec certificat AUKOM niveau 3.

### 3-1 Connaissances de base - Géométrie

Calcul angulaire, Centre de gravité, Distance, Surface.

### 3-2 Connaissances de base - Technologie de la production

Type de fabrication et précisions attendues, Définition et causes des défauts de forme, Adéquation entre la production et la conception pour la production.

### 3-3 Connaissances de base - CAO

Principes de construction et de dessin technique, Principes et outils de la CAO, Image de la géométrie, Types de modèles, Formats CAO, Importation de données CAO, Interfaces CAO.

### 3-4 Nuage de points et Tomographie

Technologie de tomographie par ordinateur, Principe physique, De l'image radiographique à la mesure, Région d'intérêt (ROI), Mesure de sections, Vérification de la structure matérielle, Spectre des radiations, Bruit, Autres applications : Projection de franges, Photogrammétrie.

### 3-5 Création de programmes de mesure

Programme de mesure avec une optimisation de la précision, Programme avec une optimisation du temps de mesure, Optimisation des trajectoires, Programmation orientée caractéristiques, Programmation Offline, Points de passage et plans de sécurité, Boucles de programmation, Sous-programmes, Macros, Conditions logiques, Interfaces utilisateurs, Standard DMIS.

### 3-6 Filtrage numérique et évaluation

Filtres logiciels, Filtres de Gauss, Passe bas, Passe haut, Ondulation, Rugosité, Comparaison entre Machine de défaut de forme et machine 3D.

### 3-7 Suivi des MMTs

Suivi des MMT, ISO 10360/VDI 2617, Possibilités d'optimiser la précision des MMT, Exemples, Expérience.

### 3-8 Incertitude de mesure et capacité du processus

Manuel GUM, Détermination de l'incertitude de mesure, Méthode PUMA, Conformité ISO 14253, Calcul de l'incertitude sur les étalons, Utilisation de la machine virtuelle, Mesure de la capacité du processus selon MSA (GR&R), VDA 5, Comparaison des méthodes.

### 3-9 Gestion de la qualité

Systèmes de gestion de la qualité : Manuel qualité, Normes qualité, Audit et certification, Outils pour la qualité, Coûts fixes et réels, Origine et élimination des erreurs, Conscience du coût des tolérances.

### **3-10 Surveillance du processus**

Suivi du processus : Statistical Process Control (spc), Valeurs cp, cpk, cm, cmk, Cartes de contrôle.

### **3-11 Gestion de la salle de métrologie**

Gestion des données de mesure, Gestion de la salle de mesure, Qualification des utilisateurs, Formation et perspectives pour les métrologues.

# Contenu AUKOM GD&T

- Groupe cible : Métrologues, Ingénieurs de production, développeurs, Responsables Qualité.
- Conditions préalables : pour les métrologues : Certificat AUKOM niveau 2  
pour les autres groupes : Aucunes
- Objectifs : Le séminaire fournit des connaissances approfondies sur le sujet des tolérances de forme et de positionnement en conformité avec les normes DIN ISO et ASME pour les métrologues qui travaillent avec d'autres départements et doivent communiquer efficacement. Les ingénieurs de conception, les développeurs et les ingénieurs de production acquièrent un aperçu du sujet de la forme et des tolérances de positionnement du point de vue du métrologue qui doit mettre en œuvre avec succès les spécifications du dessin. Une compréhension de la mesure, des emplois et de l'influence des paramètres permet aux experts de communiquer en toute confiance et de réduire les incertitudes de mesure; Les résultats de mesure deviennent plus fiables et plus faciles à comparer.
- Durée du cours : 3 jours
- Achèvement : Certificat.

## **GD&T-1 Règles de base du système ISO – GPS (Spécifications Géométrique des Produits)**

Introduction, ISO 8015 – règles de base de la spécification géométrique des produits (GPS), Étapes à suivre pour vérifier l'écart géométrique, Droite médiane – surface médiane.

## **GD&T-2 Tolérances de forme, d'orientation, de position et de battement – indications de dessin**

Symboles pour indiquer les tolérances de forme, d'orientation, de position et de battement, Zones de tolérance, Règles d'écriture par défaut et Exemples pour indiquer des exceptions.

## **GD&T-3 Tolérances de forme**

Rectitude, Circularité, Planéité, Cylindricité, Mesure de du défaut de forme.

## **GD&T-4 Tolérances d'orientation, de position et de battement**

Relation entre l'écart de forme, d'orientation et de position, Déviations pour battement, Élément de référence, Orientation, Position, Battement.

## **GD&T-5 Tolérances de profil**

Définitions, Indications schématiques, Exemples.

## **GD&T-6 Principes de tolérancement I**

Définition des tailles – ISO et ASME, Principe d'indépendance, Exigence d'enveloppe, Résumé et exemples.

## **GD&T-7 Principes de tolérancement II**

Règles de base de l'indication de dessin, MMC – exigence du Maximum Matière, Tolérance de forme et déviation perpendiculaire avec MMC, Tolérance de position avec MMC, Vérification des pièces en considérant le MMC, Tolérance de coaxialité avec MMC, Tolérance de symétrie avec MMC, LMC – exigence du Minimum Matière.

## **GD&T-8 Tolérances de forme, d'orientation, de position et de battement – ASME**

Règles et définitions de base, Exigence d'enveloppe, Élément de référence, Tolérances de forme, Tolérances d'orientation, Tolérances de position, Tolérances de position composées et multiples, Tolérances de forme de profil

## **GD&T-9 Workshop / Atelier**