**Programme de certification en alignement de la CMVA/ACVM**

**Alignement des machines et des arbres rotatifs niveau 1 et niveau 2, objectif de performance**

Ces objectifs de performance définissent les connaissances qu’une personne certifiée devrait être capable de mettre en œuvre lors de l'alignement des arbres rotatifs lors de l'installation d'une unité de machine (par exemple, une pompe et un moteur), que ce soit pour une nouvelle installation, une réinstallation ou dans le cadre d'un contrôle préventif de maintenance. Ces objectifs sont directement basés sur la norme ANSI/ASA S2.75-2017/Parties 1 & 2 et ont été préparés par les membres du comité de formation technique de la CMVA/ACVM. Tous les examens comportent le même pourcentage de questions par grand sujet que celui indiqué dans l'intitulé de ce sujet. Ce document est disponible sur www.cmva.com pour les membres de la CMVA. Vérifiez régulièrement pour obtenir la version la plus récente.

Conditions préalables

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Niveau | **1** | **2** |
| Heures minimales de formation | 14 | 26 (14+12) |
| Expérience/formation pratique minimale (mois) | 6 | 12 |
| Nombre de questions | 100 | 100 |
| Nombre d’heures autorisées | 2 | 2 |

La note de passage d’examen est de 70%

La norme ANSI/ASA S2.75-2017/Parties 1 & 2 concerne l'application des concepts d'alignement en ce qui concerne les positions relatives des arbres rotatifs reliées par des moyens mécaniques. Elle contient des tolérances spécifiques, des facteurs influençant l'alignement, et un aperçu des différentes méthodes de mesure, suivant les composants techniques essentiels de « Mesurer, Analyser, Corriger et Documenter ».

Cette norme couvre la configuration générale de deux machines montées horizontalement et à l’aide d’un système à quatre paliers.

L'alignement des arbres rotatifs peut être considéré comme un processus ou une série de quatre étapes : Étape un – Préparation ; Étape Deux – Inspection ; Étape Trois – Mesure et Correction ; et Étape Quatre – Mise en service, conformément à l'Annexe B.

**Niveau un- exigences d’un spécialiste d’alignement**

**Un spécialiste certifié de l'alignement de niveaux 1 sera capable de réaliser l'alignement des arbres en utilisant la méthode d'alignement par cadran ou un outil d'alignement laser sur deux arbres rotatifs couplés et non couples.**

Les compétences et connaissances incluront :

1. Principes d’alignement, tolérances et terminologie selon l’annexe A.
2. Comprendre et connaître le processus en quatre étapes de l'alignement des arbres rotatifs, y compris la Préparation, l'Inspection, la Mesure/Analyse/Correction et la Mise en service, selon l'Annexe B.
3. Comprendre et connaître les conséquences potentielles de ne pas suivre cette norme, telles que l'usure accélérée des composants de la machine (roulements, accouplements et joints), la réduction de la durée de vie de la machine, les pannes imprévues et les dangers pour le personnel et l'environnement.
4. Comprendre et savoir comment éliminer le stress de la machine pour que l'arbre de la machine soit en position neutre.

L'exigence est l'alignement de deux arbres, depuis leur position neutre jusqu'à une tolérance atteinte, en utilisant l'un des outils/instruments répertoriés.

Remarque : certains outils sont utilisés pendant la phase de préréglage, mais un outil quantifiable est nécessaire pour vérifier l'atteinte d'une tolérance définie.

**Niveau deux- Exigences pour le spécialiste de l’alignement**

**Un spécialiste de l'alignement certifié de niveaux deux sera capable d’effectuer un alignement d’arbres à l'aide d'un outil d'alignement laser ou d'un indicateur à cadran sur deux arbres rotatifs, qu'ils soient couplés ou non couplés. Un spécialiste de niveau deux doit avoir une connaissance pratique des applications d'alignement, y compris un arbre fixe (non rotatif) et les deux arbres fixes (non rotatifs). Il doit également avoir les compétences nécessaires pour diagnostiquer, comprendre et surmonter la plupart des situations d'alignement.**

**Les compétences et connaissances incluront :**

1. Compétences et connaissances de niveau 1 (et certificat)
2. Pour les méthodes d'alignement au laser, au minimum, la méthode standard 9-12-3 doit être utilisée.
3. Pour les méthodes avec cadran indicateur, utiliser les méthodes Rim and Face ou «Reverse dial» avec des calculs graphiques et mathématiques conformément à l'Annexe C.
4. Démonstration des options et résultats graphiques/modélisation, y compris les options et résultats liés aux boulons et à la base, conformément à l'Annexe C.
5. À partir des dimensions de la machine données, des valeurs de matériau et de température, effectuer un calcul et fournir le résultat en valeurs cibles en pieds, conformément à l'Annexe C.

**Annexe A- Principes d’alignement, tolérances et terminologies**

Méthodes et outils de mesure pour déterminer les positions des axes hors ligne.  
Les quatre choix de rotation des arbres par ordre de préférence.  
Principes de tolérance d'alignement.

1. Décrire un ensemble à quatre roulements.
2. Définir l'acronyme CML.
3. Qu'est-ce que l'espacement ?
4. Qu'est-ce que le décalage ?
5. Qu'est-ce que l'angle ?
6. Décrire un plan de flexion.
7. Définir TIR.
8. Qu'est-ce que l'écart ?
9. Qu'est-ce que la colinéarité ?
10. Qu'est-ce qu'une tolérance ?
11. Qu'est-ce que la répétabilité ?

Connaître et indiquer les tolérances pour:

1. Niveau
2. Planéité
3. Coplanarité
4. Déviation d'arbre
5. Contraintes sur les tuyaux
6. Pieds mous
7. Alignement de l'axe de l’arbre à l'axe de l’arbre (trois niveaux d'acceptation des tolérances pour les plans de flexion courts et les arbres de séparation. Désalignement résiduel admissible).

Répétabilité des mesures:

1. Connaître la différence entre la répétabilité et l’étalonnage.
2. Connaître la valeur de répétabilité qui doit être démontrée pour être conforme.
3. Connaître la valeur de répétabilité souhaitable lors des premières mesures lorsqu'un désalignement important est présent.
4. Connaître les facteurs pouvant influencer la répétabilité des mesures.

La section sur la répétabilité des mesures est référencée dans la section 5.3 de la norme ANSI.

Facteurs affectant les mesures:

1. Savoir ce qui est nécessaire pour pouvoir aligner l’axe de chaque arbre mécanique.
2. Connaître ce qui est nécessaire pour mesurer la déviation d'arbre ou de moyeu.
3. Identifier le facteur qui peut plier (dévier) élastiquement les arbres, entraînant des résultats erronés.
4. Connaître les erreurs potentielles qui peuvent survenir lors de la prise de mesures axiales.
5. Décrire le problème connu sous le nom de « déversement des supports » et comment y remédier.
6. Lister les outils considérés comme acceptables uniquement pour l'alignement grossier.
7. Lister les outils/instruments qui nécessitent et ceux qui ne nécessitent pas de calibration.

**Annexe B- Les quatre étapes de l’alignement des arbres rotatifs**

**L'alignement des arbres rotatifs peut être considéré comme un processus ou une série de quatre étapes : Étape Un – Préparation ; Étape Deux – Inspection ; Étape Trois – Mesure et Correction ; et Étape Quatre – Mise en Service.**

**Étage d’un- préparation:**

1. Quelles sont les mesures de sécurité qui doivent être prises ?
2. Comprendre les problèmes potentiels introduits lors de l'installation des machines, les facteurs pouvant influencer la position des arbres et leur impact sur l'alignement.
3. Connaître les exigences de la machine et les résultats attendus (débit).
4. Connaître l'historique de la machine (si disponible).
5. Rassembler les informations relatives nécessaires, par exemple, qu’elle est la plage attendue pour les RPM, la température de fonctionnement de la machine et la puissance en chevaux.
6. Connaître les outils/équipements supplémentaires nécessaires pour réaliser une installation correcte, en fonction de l'état de l'équipement et de la base. Un exemple pourrait être l'équipement de levage de la machine (crics, chaînes, élingues, leviers, etc.).
7. Comprendre les outils d'alignement acceptables, les outils de mesure et les instruments nécessaires pour effectuer des mesures précises avec une bonne compréhension de leur utilisation. Des exemples d'outils sont les réglets, les micromètres, les niveaux, les cadrans indicateurs, les systèmes d'alignement laser (note : si un système laser est utilisé, l'opérateur doit comprendre le principe de son fonctionnement et être conscient de ses exigences en matière d'état/calibration).

**Étage deux- inspection:**

1. Système de soutien structurel de la machine. Savoir comment effectuer une inspection complète du système, y compris des éléments tels que le mécanisme de soutien d'une structure de tuyauterie et l'intégrité de la base de la machine.
2. Notez les outils/instruments acceptables pour les mesurer.
3. Savoir si la machine ou les machines sont en bon état.
4. Identifier les contraintes actuelles et potentielles de la machine.
5. Connaître les technologies spécialisées qui pourraient être nécessaires (par exemple, analyse de phase de vibration ou test de fissures par pénétration de colorant, IR, température, ultrasons).
6. Dégradation de la machine
   * Les problèmes de dégradation de la machine, tels que les jeux excessifs, le relâchement ou les dommages aux roulements, doivent être résolus avant toute opération d'alignement. Une évaluation doit être effectuée, par exemple, un levage de roulement.
7. Évaluation des besoins en alignement :
   * La recommandation est que toutes les machines avec arbres rotatifs soient alignées. Une évaluation des données d'alignement doit être effectuée en fonction de la puissance, du travail effectué et de la vitesse de rotation. L'évaluation doit être effectuée lors de la nouvelle installation et dans le cadre du travail de maintenance (par exemple : le retrait, la révision et le repositionnement d'une unité de machine, ou dans le cadre d'un programme de maintenance préventive confirmant les résultats d'alignement).
   * Une évaluation peut également être effectuée lorsque la machine indique un changement dans son fonctionnement (par exemple : niveau de bruit plus élevé). Notez que si des travaux d'alignement sont effectués dans cette situation, ils ne répareront pas l'usure ou les dommages qui se sont produits.

**Étape trois- mesure, analyse et correction:**

1. Avoir une compréhension approfondie du processus de travail d'alignement, que ce soit pour une nouvelle installation, une réparation avec retrait et repositionnement, ou une tâche de maintenance préventive.
2. Définir le processus et l'ordre de mesure, d'analyse et de correction :
   * Système de soutien structurel de la machine (planéité de la base, niveau et coplanarité).
   * Déviation d'arbre.
   * Déviation du moyeu d'accouplement :
     + Connaître les différentes exigences par rapport à l’axe de rotation.
     + Connaître la technique pour éviter l'erreur de déviation du moyeu lors de l'alignement des arbres mécaniques.
   * Contraintes sur les tuyaux et conduits :
     + Les contraintes sur les tuyaux, les conduits, les gaines et autres forces externes créent des contraintes/distorsions sur la machine. Connaître l'ampleur de la tolérance mesurée, le plan directionnel et l'emplacement de la mesure.
   * Pieds mous :
     + Connaître ce qu'est une condition de pied mou.
     + Connaître les effets du pied mou.
     + Connaître trois types d'anomalies qui créent un pied mou.
     + Pouvoir citer une contrainte externe ou une charge qui provoque des symptômes semblables à ceux du pied mou.
   * Connaître l'emplacement et la méthode de mesure acceptable.
   * Mouvement de la machine hors ligne à en fonctionnement (OLTR) (Niveau 2 uniquement).
   * Alignement de la ligne centrale des arbres à la ligne centrale des arbres :
     + Évaluation de l'état d'alignement. Une évaluation d'une machine peut être effectuée lorsqu'elle est en fonctionnement. Notez les observations et mesures recommandées à utiliser.
     + Pour les méthodes d'alignement au laser, il convient d’utiliser au minimum la méthode standard 9-12-3.
     + Pour les méthodes avec un cadran indicateur, les méthodes de la jante et de la jace ou celle du cadran inversé peuvent être utilisées.
   * Cales :
     + Connaître le pourcentage de la base de la machine qui doit être supporté par des cales.
     + Confirmer les recommandations sur la précision des cales, la quantité totale utilisée et toute autre information pertinente concernant les cales.
   * Correction des conditions de désalignement :
     + Pour corriger un désalignement, il faut déplacer l’une ou les deux machines. Connaître l'ordre et la procédure pour corriger et déplacer les machines.
3. Boulons de fixation de l'équipement [boulons de pied] :
   * Notez les éléments pour l'inspection du matériel.
   * Décrire la séquence de serrage des boulons.
   * Quel est le mouvement d'arbre admissible lors du serrage des machines ?
4. Techniques de mouvement contrôlé :
   * Savoir s'il est nécessaire de mesurer avec un cadran indicateur ou un système laser/détecteur le mouvement en cours lors du déplacement d'une machine avec des vis de levage (boulons de levage).
   * Quelle est la position à gauche des vis d’assemblage ?
5. Espacement axial ou écart d'accouplement :
   * Lorsque les machines sont déplacées, l'espacement axial ou l'espace d'accouplement peut être affecté.
   * Connaître les dimensions de l'espacement axial.
   * Savoir ce qu'est la poussée axiale.

**Étape quatre: mise en service:**

1. Connaître l'importance que la machine atteigne le rendement requis.
2. Documenter tout ce qui a été mesuré, y compris les données de l'état trouvé/état laissé, la température de fonctionnement finale et la vérification du mouvement de la machine.
   * Énumérer les éléments recommandés à inclure dans le rapport, y compris la calibration due pour tous les instruments de mesure applicables.

**Annexe C- Information supplémentaire de niveau 2**

**(7.3 Modélisations de l'Alignement)**

Remarque :il est possible de construire un modèle de deux machines et des positions de leurs arbres qui représentent un désalignement des arbres mécaniques. Cela peut être un simple dessin linéaire utilisant une technique de traçage graphique. Il s’agit d’un très bon outil visuel pour le technicien d'alignement.

1. Créez un graphique à l’aide des données fournies et donnez l’ajustement nécessaire pour la correction de la machine mobile.
2. Ajouter le OLTR donné à la machine stationnaire et retracée.
3. Démontrer les options liées aux boulons et à la base pour aligner l'arbre mécanique. (7.3 alignements modeling)

**(8.1 Calculs de la Croissance thermique)**

1. Décrire le processus de mesure de la croissance thermique aux pieds des machines.
2. Connaître et définir le calcul (T x L x C) en utilisant les valeurs de température différentielles (température de fonctionnement – température ambiante) (T), la longueur ou la distance entre les pieds et l'arbre (L), et le coefficient de dilatation thermique en fonction du matériau (C).

**(8.2 lié aux boulons / liés à la base)**

1. Définir ce qui signifie être «lié aux boulons» et « lié à la base»
2. Décrire la méthode de correction préférée
3. Énumérer les méthodes alternatives

**Références normatives**

ANSI/ASA S2.75-2017/Partie 1 – Méthodologie d'Alignement des Arbres, Partie 1 : Principes généraux, Méthodes, Pratiques et Tolérances  
ANSI/ASA S2.75-2017/Partie 2 – Méthodologie d'Alignement des Arbres, Partie 2 : Vocabulaire