

Référentiel de Compétition

# MÉTIER N°05

# CAO-INGÉNIERIE

# MÉCANIQUE

Soumis par :

Mickaël PEREIRA, Expert WorldSkills France

Philippe JEANNEROD, Expert adjoint WorldSkills France

Date : 27/09/2024

# TABLE DES MATIÈRES

1.	NOM ET DESCRIPTION DU MÉTIER .....	3
2.	CONNAISSANCES ET PORTÉE DU TRAVAIL.....	4
3.	LE SUJET D'ÉPREUVE.....	7
4.	NOTATION .....	11
5.	EXIGENCES DE SÉCURITÉ LIÉES AU MÉTIER .....	11
6.	ÉQUIPEMENTS ET MATÉRIAUX .....	12
7.	ANNEXES.....	12

# 1. NOM ET DESCRIPTION DU MÉTIER

## LE NOM DU MÉTIER EST CAO – INGÉNIERIE MÉCANIQUE

### DESCRIPTION DU MÉTIER

La conception assistée par ordinateur (CAO) en génie mécanique est l'utilisation de systèmes informatiques pour aider à la création, à la modification, à l'analyse ou à l'optimisation d'une conception technique. Le logiciel de CAO est utilisé pour augmenter la productivité du concepteur, améliorer la qualité de la conception, améliorer la communication par le biais de la documentation, et créer une base de données pour la fabrication. La CAO peut être utilisée pour concevoir des géométries bidimensionnelles (2D) ou tridimensionnelles (3D).

Le résultat de la CAO se présente souvent sous la forme de fichiers numériques pour l'impression, la fabrication, la documentation, l'assemblage, ou d'autres processus. Les dessins et images techniques et d'ingénierie doivent transmettre des informations telles que les matériaux, les processus, les dimensions et les tolérances conformément à la norme ISO, seule reconnue. La CAO est également utilisée pour produire des animations informatiques pour les effets spéciaux utilisés, par exemple, dans les manuels publicitaires et techniques.

La CAO permet aux projets de devenir réalité. Elle est largement utilisée dans de nombreuses applications, notamment dans les industries automobile, navale et aérospatiale, ainsi que dans le design industriel. Le processus et les résultats fournis par la CAO sont essentiels pour trouver des solutions efficaces aux problèmes d'ingénierie et de fabrication. Les logiciels de CAO nous aident à explorer des idées, à visualiser des concepts à travers des rendus et des films photoréalistes, et à simuler les performances d'un projet de conception dans le monde réel.

### DOCUMENTS COMPLÉMENTAIRES AU RÉFÉRENTIEL DE COMPÉTITION

Le Référentiel de Compétition Métier ne contient que des informations relatives au métier. Il doit donc être utilisé en association avec le règlement de la Compétition Nationale des Métiers et ne peut contredire ce Règlement. En cas de contradiction qui resterait dans le présent document, c'est le Règlement de la Compétition qui prime.

## 2. CONNAISSANCES ET PORTÉE DU TRAVAIL

La compétition est une démonstration et évolution de tout ou partie des compétences associées avec le métier en question. Le sujet d'épreuve est uniquement composé de travaux pratiques.

### COMPÉTENCES SPÉCIFIQUES

#### **WSSS (WorldSkills Standards Specification)**

##### **1. Utiliser les logiciels et le matériel**

**Importance relative : ≈ 5 %**

Les candidats doivent :

- Savoir configurer le poste de travail,
- Savoir importer un modèle CAO issu d'un autre logiciel dans un format d'échange de type STEP, SAT ou IGES,
- Savoir exporter un modèle CAO dans un format d'échange de type PDF ou STL,
- Avoir une connaissance suffisante des systèmes d'exploitation de l'ordinateur, des logiciels et des fichiers utilisés.

Pour être capable de :

- Gérer des projets comportant de nombreux fichiers,
- Produire rapidement des fichiers exploitables,
- Échanger des travaux avec des collaborateurs.

##### **2. Modéliser en 3D des composants et des assemblages à partir de documents techniques (Cahier des charges, plan, notice technique)**

**Importance relative : ≈ 25 %**

Les candidats doivent :

- Connaître les matériaux couramment utilisés dans les systèmes techniques,
- Lire et comprendre des plans de définition de composants,
- Lire et comprendre le tolérancement dimensionnel et géométrique,
- Comprendre les systèmes mécaniques et leur fonctionnement,
- Connaître les procédés d'obtention des pièces brutes et usinées, des pièces moulées, des pièces injectées, des pièces obtenues à partir de tôles, ou par fabrication additive,
- Connaître les procédés d'assemblage des composants (vissage, soudage, ...).

Pour être capables de :

- Modéliser de manière optimale des composants en utilisant les fonctionnalités logicielles appropriées relativement aux procédés d'obtention (tôlerie, pièces moulées),
- Caractériser les composants en fonction de leur matériau, couleur et texture,
- Produire un assemblage de pièces 3D en utilisant les fonctionnalités appropriées,
- Exploiter les bibliothèques de composants du logiciel,
- Structurer un assemblage par groupes cinématiques ou classes d'équivalences.

### **3. Produire des documents techniques : Dessins d'ensemble et dessins de définition**

**Importance relative :  $\approx 20\%$**

Les candidats doivent :

- Connaître les règles du dessin technique relativement aux normes ISO,
- Savoir choisir un format de plan ainsi que les vues les mieux appropriées pour présenter un composant ou un ensemble,
- Savoir créer une nomenclature,
- Connaître les normes de cotation et de tolérancement dimensionnel et géométrique conforme à la norme ISO,
- Savoir utiliser les manuels, tableaux, normes et des catalogues de produits,
- Connaître l'utilisation des traceurs et des imprimantes.

Pour être capables de :

- Produire des dessins d'ensemble montrant l'ensemble des pièces, la nomenclature, avec éventuellement plusieurs situations de fonctionnement,
- Produire des dessins de définition avec une cotation fonctionnelle partielle ou totale relative à la norme ISO,
- Éditer des impressions de dessins techniques aux formats A0 à A4.

### **4. Produire des documents de présentation : éclatés, rendus photo-réalistes et vidéos**

**Importance relative :  $\approx 15\%$**

Les candidats doivent :

- Comprendre les systèmes mécaniques et leur fonctionnement,
- Connaître les paramètres influents sur la qualité des rendus photo-réalistes (l'éclairage, les matériaux, les apparences, les mapping, les mises en scène, les décalcomanies),
- Connaître les paramètres influents sur la qualité des vidéos de présentation : les points de vue, les animations, les éclatés, les mises en mouvement du plateau et de la caméra).

Pour être capables de :

- Créer des dessins d'éclatés pour réaliser des notices techniques,
- Créer des images en rendus photo-réalistes de pièces ou d'assemblages 3D de qualité professionnelle,
- Créer des vidéos de qualité professionnelle pour présenter des éclatés des systèmes modélisés.

### **5. Optimiser les composants d'un produit**

**Importance relative :  $\approx 10\%$**

Les candidats doivent :

- Savoir évaluer les sollicitations appliquées sur un composant ou un produit,
- Savoir anticiper le comportement d'un composant dans son environnement.

Pour être capables de :

- Dimensionner un composant en optimisant sa résistance,
- Dimensionner un composant en optimisant sa masse,
- Choisir parmi plusieurs modèles, la solution optimum.

## **6. Modéliser en 3D à partir d'un modèle physique réel (Ingénierie inverse)**

**Importance relative :  $\approx 15\%$**

Les candidats doivent :

- Savoir utiliser les outils de prise de mesure de manière efficace,
- Savoir préparer sur feuille une démarche de modélisation,
- Faire des croquis à main levée explicites,
- Déterminer les dimensions à relever sur un modèle réel,
- Savoir exploiter le résultat d'un scan 3D.

Pour être capables de :

- Modéliser en 3D un ou des composants uniquement avec ses prises de note,
- Reconstruire un modèle 3D solide à partir du résultat du scan 3D,
- Intégrer le résultat du scan dans une modélisation exploitable.

## **7. Produire des modèles physiques réels par fabrication additive**

**Importance relative :  $\approx 10\%$**

Les candidats doivent :

- Savoir créer un fichier STL,
- Connaître les paramètres influents sur la qualité du fichier STL (unité, résolution),
- Savoir positionner/orienter le modèle 3D dans la machine en fonction des contraintes du procédé,
- Savoir définir les paramètres de fabrication optimum (épaisseur des couches, taux de remplissage, vitesse, ...),
- Savoir utiliser un slicer (l'expert annoncera au plus tard deux mois avant la compétition le slicer qui sera utilisé),
- Connaître le fonctionnement des imprimantes 3D par dépôt de fil fondu (l'expert annoncera au plus tard deux mois avant le modèle de la machine utilisée),

Pour être capables de :

- Fabriquer une pièce ou un ensemble fonctionnel en fabrication additive par dépôt de fil fondu,
- Tester un élément de conception (structure et/ou liaisons).

Remarque : L'utilisation du slicer n'est pas une finalité dans le métier. Il est une étape intermédiaire pour la fabrication additive. Seul, le résultat de la fabrication doit être évalué.

## CONNAISSANCES THÉORIQUES

**Les connaissances théoriques sont requises mais ne seront pas testées à proprement parler :**

Liste des connaissances théoriques à connaître pour réaliser le sujet d'épreuve.

**La connaissance des règles et règlements de compétition ne sera pas testée.**

## TRAVAUX PRATIQUES

Les données relatives aux tâches à réaliser seront fournies sous forme de schémas, de plans, de fichiers, de pièces ou d'assemblages réels.

La collecte d'informations à partir de ces données nécessite de savoir lire un schéma, un plan, une table de calcul, un manuel ou tout autre document technique.

Des informations complémentaires seront obtenues par mesure directe sur pièce réelle, modèle 3D ou plan.

Les solutions proposées doivent être fournies sous forme de descriptions graphique et textuelle suffisantes pour communiquer correctement les informations nécessaires à la fabrication des pièces ou à leur assemblage dans l'industrie.

# 3. LE SUJET D'ÉPREUVE

## FORMAT / STRUCTURE DU SUJET D'ÉPREUVE

Le sujet d'épreuve est développé par l'équipe métier sous la conduite de l'expert métier.

La Compétition Nationale est divisée en 4 modules répartis sur 3 jours de compétition.

Une combinaison des compétences spécifiques est autorisée dans chaque module.

Chaque module fait l'objet d'un sujet.

Chaque sujet élaboré devra comprendre :

- Le texte du sujet,
- Les données pour le compétiteur,
- Un descriptif des tâches demandées avec toutes les données appropriées,
- Le barème des notations subjectives et objectives, précisant les critères, sous-critères et aspects évalués, accompagnés de leurs pondérations,
- Les documents et fichiers à rendre.

## **Module 1 : Modélisation de produit**

Données qui pourront être fournies :

- Dessins de définition de composants de l'assemblage,
- Modèles 3D de composants de l'assemblage,
- Nomenclature,
- Toute information complémentaire nécessaire.

Travail qui pourra être demandé :

- Modéliser les composants de l'assemblage à partir des dessins de définition,
- Assembler les composants,
- Éditer un dessin d'ensemble de l'assemblage,
- Établir une nomenclature,
- Éditer un dessin de définition d'une pièce,
- Réaliser une animation de montage de l'assemblage.

Résultats qui pourront être attendus :

- Fichiers des pièces et assemblage,
- Dessin d'ensemble de l'assemblage,
- Nomenclature,
- Éclaté de l'assemblage,
- Dessin de définition d'une pièce,
- Animation de montage des différents éléments,
- Pièce ou sous-ensemble réalisés en fabrication additive.

## **Module 2 : Ingénierie inverse**

Données qui pourront être fournies :

- Modèle physique (pièce et/ou assemblage réels),
- Toute information complémentaire nécessaire.

Travail qui pourra être demandé :

- Modéliser une pièce ou un produit d'après les dimensions prises sur son modèle physique.

Les candidats pourront réaliser pendant la phase de relevés, des croquis qui leur serviront ensuite à modéliser la pièce. Le modèle physique sera donné aux candidats pendant une durée impartie et leur sera ensuite repris. Les candidats réaliseront alors le travail demandé d'après les croquis et informations collectés précédemment. L'utilisation de l'ordinateur est permise au terme d'un délai prédéfini.

*NB : Une liste officielle d'instruments de mesure est établie en annexe afin que les candidats se les procurent pour la compétition. Un scanner 3D pourra être mis à disposition des candidats par l'organisation.*

*Par ailleurs, il est dès à présent établi qu'aucun outil ou système à mémoire de forme ne sera autorisé (appareil photo, pâte à modeler, tampon encreur).*

Résultats qui pourront être attendus :

- Modèle 3D de la pièce,
- Modèle 3D de l'assemblage,
- Rendu réaliste,
- Dessin de définition de la pièce,
- Pièce ou sous-ensemble réalisés en fabrication additive.



### **Module 3 : Conception/Modification de produit**

Données qui pourront être fournies :

- Cahier des charges,
- Fiche produit,
- Environnement 3D,
- Modèles 3D de pièces ou sous-ensembles.

Travail qui pourra être demandé :

- Concevoir ou modifier des pièces ou des sous-ensembles,
- Utiliser un module de design génératif pour obtenir des formes optimisées sur un composant,
- Réaliser l'assemblage d'après le cahier des charges,
- Éditer un dessin de définition d'une pièce,
- Éditer la mise en plan de l'assemblage réalisé,
- Réaliser une animation de montage de l'assemblage,
- Préparer la fabrication d'une ou plusieurs pièces en fabrication additive.

Résultats qui pourront être attendus :

- Modèle 3D des pièces modifiées ou créées,
- Modèle 3D de l'assemblage,
- Mise en plan de l'assemblage,
- Dessin de définition de la pièce,
- Éclaté de l'assemblage,
- Animation de montage des différents éléments,
- Pièce ou sous-ensemble réalisés en fabrication additive.

### **Module 4 : Simulation/Optimisation de composants**

Données qui pourront être fournies :

- Environnement 3D,
- Modèles 3D de pièces et/ou d'ensembles,
- Descriptif du produit,
- Cahier des charges du fonctionnement.

Travail qui pourra être demandé :

- Paramétrer les conditions aux limites d'une étude d'optimisation topologique,
- Exploiter les résultats d'une étude d'optimisation topologique,
- Réaliser la modélisation de pièces,
- Réaliser l'assemblage d'après le cahier des charges.

Résultats qui pourront être attendus :

- Modélisation d'un composant optimisé en fonction d'un critère,
- Plan de définition du composant,
- Plan d'ensemble intégrant le composant optimisé,
- Pièce réalisée en fabrication additive.

## **FORMAT DE FICHIERS**

Le logiciel de CAO utilisé lors de la compétition nationale est **Autodesk Fusion 360**.

Les données 3D des sujets seront fournies dans un format compatible avec le logiciel Autodesk Fusion 360.

Les plans seront fournis en version papier et au format numérique PDF.

Les textes des sujets seront réalisés au format Word. Ils seront donnés aux candidats en version papier, et au format numérique PDF. Une traduction des sujets sera proposée aux compétiteurs étrangers et pourra être rectifiée au besoin par le juré accompagnateur.

## **RENDUS DE FIN D'ÉPREUVE :**

Les fichiers et les documents à rendre seront spécifiés explicitement dans les instructions du sujet. Une liste de contrôle sera utilisée et signée par le candidat pour vérifier la conformité des rendus.

Les dessins seront imprimés sur traceur au format A1 maximum. Les autres documents papier et les rendus réalistes seront imprimés sur imprimante laser couleur au format A3 maximum. Pendant la compétition, chaque compétiteur a droit à deux impressions intermédiaires pour chaque tâche demandée. Une impression finale sera réalisée à la fin de chaque module, hors temps d'épreuve.

Pour les simulations, les vidéos et les images en rendus réalistes, toutes les tâches en cours de calcul, et non terminées en fin d'épreuve, seront interrompues et non enregistrées.

Pour qu'un mouvement soit validé dans une vidéo, il doit être clairement reconnaissable.

Les tâches d'impression 3D devront être lancées pendant le temps de l'épreuve et pourront se poursuivre après la fin des épreuves, sauf indication contraire exprimée explicitement dans le sujet. Une limite de temps de fabrication peut être imposée dans le sujet.

Le post-traitement des pièces imprimées en 3D sera à la charge des candidats, sauf indication contraire exprimée explicitement dans le sujet. Un temps sera prévu à cet effet. Cette phase pourra être évaluée.

## **DISTRIBUTION / CIRCULATION DU SUJET D'ÉPREUVE**

Aucune information concernant les thèmes abordés ou les tâches demandées lors de la compétition ne sera communiquée aux candidats préalablement à la compétition.

Seul, ce Référentiel de Compétition en présente les axes possibles.

## 4. NOTATION

### CRITÈRES D'ÉVALUATION

Cette section définit les critères d'évaluation et le nombre de points accordés (notation *Judgement* et *Measurement*).

Les valeurs données dans ce tableau pourront évoluer dans de légères proportions en plus ou en moins.

Le nombre total de points pour tous les critères d'évaluation réunis est égal à 100.

SECTION	Domaines de compétences	NOTE		
		Judgement (si applicable)	Measurement	Total
<b>A</b>	Critère 1 : Modélisation de produit	2	18	<b>20</b>
<b>B</b>	Critère 2 : Ingénierie inverse	2	18	<b>20</b>
<b>C</b>	Critère 3 : Conception/Modification de produit	2	38	<b>40</b>
<b>D</b>	Critère 4 : Simulation/Optimisation de composant	2	18	<b>20</b>
<b>Total =</b>		<b>8</b>	<b>92</b>	<b>100</b>

### SPÉCIFICATION D'ÉVALUATION DU MÉTIER

Dans le tableau précédent, le « *Judgement* » est une notation subjective qui fait appel à l'appréciation des membres du jury (exemple : esthétique, finition, ...) selon une échelle préalablement définie. Les notes « *Measurement* » correspondent à des critères mesurables (exemple : dimensions, tâche réalisée ou non...).

L'expert (Président de jury) divise le jury en 3 ou 4 groupes de notation en veillant à ce que chaque groupe soit constitué de jurés expérimentés et novices.

Aucun juré ne peut noter un aspect sans la présence des autres jurés de son groupe. Les éventuels jurés étrangers pourront participer à la notation.

Chaque groupe de notation sera responsable de la notation des mêmes aspects sur l'ensemble des candidats.

L'expert essaiera d'attribuer le même nombre de points à évaluer à chaque groupe de notation sur l'ensemble des modules.

Les critères d'évaluation de chaque module mettront en évidence le résultat ou les valeurs attendues accompagnées de la pondération, de manière que le groupe de jurés chargé de la notation n'ait aucun doute sur les points à attribuer à chaque aspect.

## 5. EXIGENCES DE SÉCURITÉ LIÉES AU MÉTIER

Aucune exigence de sécurité n'est requise quant à la plupart des tâches demandées dans le métier. Seul, le post-traitement des pièces imprimées en 3D impose l'emploi d'équipements de protection individuelle qui seront fournis (lunettes et gants).

Il conviendra toutefois de s'assurer que l'environnement de travail n'est pas trop bruyant et dans ce cas, des protections auditives seront mises à disposition.

## 6. ÉQUIPEMENTS ET MATÉRIAUX

### LISTE D'INFRASTRUCTURES

La liste des infrastructures reprend tous les équipements, matériaux et installations mis à disposition des compétiteurs sur les espaces de concours.

Le matériel nécessaire au post-traitement des pièces imprimées en 3D est fourni par l'organisation. Ce matériel sera présenté par l'expert au plus tard trois mois avant la compétition. Aucun autre matériel que celui fourni pour cette tâche ne sera admis sur le poste de travail.

### CAISSE À OUTILS

La taille externe maximale de la caisse à outils est de 800 x 800 x 500 mm.

### MATÉRIEL, ÉQUIPEMENTS ET OUTILS QUE LES COMPÉTITEURS APPORTERONT DANS LEUR CAISSE À OUTILS

- Recueil de normes,
- Manuels techniques,
- Notes personnelles (procédures de configuration logiciel, calculs...),
- Instruments de dessin (outils en plastique tels que règles, équerre, rapporteur d'angle),
- Instruments de contrôle (cf. annexe 7.1),
- Instruments de mesure (cf. annexe 7.2),
- Au besoin, périphériques personnels (clavier, souris, souris3D, tapis), uniquement s'ils sont filaires (l'organisation vous fournira un clavier et une souris standards, mais pas de tapis de souris).
- Les baladeurs MP3 sont autorisés, uniquement s'ils ne possèdent pas de fonctionnalité leur permettant une communication extérieure, et s'ils sont avec des écouteurs ou un casque avec fil.

Une liste complémentaire pourra être distribuée lors du séminaire de préparation à la Compétition Nationale et/ou apparaître sur le sujet d'épreuve.

### MATÉRIEL ET ÉQUIPEMENTS INTERDITS SUR L'ESPACE DE COMPÉTITION

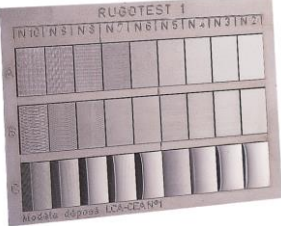

- Tout matériel et équipement apporté par les candidats devra être présenté aux jurés chargés de cette vérification le premier jour de la compétition, et à tout instant.
- Tout matériel permettant une communication externe est interdit pendant la compétition. Les téléphones portables des candidats seront éteints et rassemblés dans une boîte prévue à cet effet dès l'entrée sur le stand.
- Tout matériel de stockage (clé USB, disque dur...) ne pourra être utilisé afin de transférer des fichiers sur les ordinateurs. Seuls les pilotes des périphériques personnels autorisés pourront être installés en présence de deux membres du jury minimum.
- Aucun outil ou système à mémoire de forme ne sera autorisé (appareil photo, pâte à modeler, tampon encreur).
- Le jury exclura tout article jugé non conforme à la liste exposée plus haut ou aux méthodes inhérentes au métier en matière de dessin technique ou de CAO, et qui donnerait au candidat un avantage déloyal.

Une liste complémentaire pourra être distribuée lors du séminaire de préparation à la Compétition Nationale et/ou apparaître sur le sujet d'épreuve.

## 7. ANNEXES


## 7.1. CAISSE À OUTILS : INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

Images non contractuelles

<p><b>Plaquettes pour rugosité de surface</b></p> 	<p><b>Jauges pour filetage-taraudage métriques de M3 à M12</b></p>  <p>À défaut, des vis et des écrous peuvent être tolérés.</p>
---	--

## 7.2. CAISSE À OUTILS : INSTRUMENTS DE MESURE

Images non contractuelles

<p><b>Pied à coulisse (digital ou non) 150 mm minimum</b></p> 	<p><b>Pied de profondeur (digital ou non)</b></p> 
<p><b>Rapporteur d'angle (digital ou non)</b></p> 	<p><b>Réglet (200 mm minimum)</b></p> 
<p><b>Jauges à congés et à rayons (1 à 25 mm)</b></p> 	<p><b>Pied de mesure d'entraxes</b></p> 