POSTER D'ATELIER CAO 3D & CONCEPTION PARAMÉTRIQUE

Noyaux Géométriques · Matrice de Décision · Tolérances · Perçages Standards & Raccourcis (2026)

1. NOYAUX GÉOMÉTRIQUES CAO ET ÉCHANGE DE DONNÉES INDUSTRIELLES — STANDARDS B-REP & NURBS

Noyau Géométrique	Développeur / Licence	Précision B-Rep & Modélisation	Principaux Logiciels CAO Utilisateurs	Format Natif	Format Neutre Recommandé	Règle Critique d'Échange
Parasolid	Siemens (Licence commerciale)	Leader industriel ; stabilité absolue des assemblages complexes	SOLIDWORKS, Onshape, Siemens NX, Solid Edge	`.x_t`, `.x_b`	`STEP AP242` / `Parasolid X_T`	Entre logiciels Parasolid, l'export direct .x_t est totalement sans perte.
Autodesk Shape Mgr (ASM)	Autodesk (Dérivé ACIS)	Haute précision ; intégration parfaite des surfaces T-Splines	Autodesk Fusion, Inventor, AutoCAD 3D	`.f3d`, `.ipt`	`STEP AP214` / `STEP AP242`	Lors de l'export STEP, les T-Splines sont converties en solides B-Rep exacts.
OpenCASCADE (OCCT)	Open CASCADE SA (LGPL-2.1+)	Standard open source ; v1.0 résout le nommage topologique	FreeCAD, CAD Exchanger, SALOME	`.FCStd`, `.brep`	`STEP AP214`, `IGES`	L'export STEP depuis FreeCAD préserve la hiérarchie et les couleurs d'assemblage.
CGAL & OpenCSG	Open Source (GPL / LGPL)	Précision arithmétique exacte ; géométrie et booléens CSG par code	OpenSCAD	`.scad` (Texte/Code)	`CSG`, `STL`, `3MF`, `DXF`	Ne produit pas de STEP ; les solides s'exportent en 3MF haute densité pour le tranchage.
OpenNURBS	McNeel & Associates (Open)	Mathématiques de surfaces NURBS complexes (continuité G0 à G3)	Rhino 3D, Grasshopper	`.3dm`	`STEP AP214`, `IGES`	Toujours joindre et vérifier les surfaces en solide fermé avant l'export STEP.

2. ARBRE DE DÉCISION CAO

- **Mécanique / Fabrication / 3D :**
  → FreeCAD 1.0 (100% Open Source)
  → Fusion (Hobby / CAM & Usinage CNC)
  → Onshape (Cloud dans le navigateur / Équipe)
- **Pièces Paramétriques par le Code :**
  → OpenSCAD (Modifier une variable met à jour le modèle).
- **Mécanismes Légers & Cinématique :**
  → SolveSpace (Fichier 3 Mo, solveur de contraintes).
- **Surfaces NURBS & Design Algorithmique :**
  → Rhino + Grasshopper (Design industriel organique).

3. ÉVITER LES RUPTURES DE MODÈLE (5 RÈGLES)

- **1. Esquisser sur les Plans de Référence :**
  Attacher les esquisses aux plans XY/XZ/YZ, jamais aux faces instables.
- **2. Ne Jamais Référencer les Congés :**
  Les arêtes de congés changent d'indice ; s'appuyer sur la géométrie parente.
- **3. Placer les Congés en Fin d'Arbre :**
  Finaliser tous les perçages et nervures avant d'arrondir les arêtes.
- **4. Contraindre Totalement les Esquisses :**
  L'esquisse doit devenir verte (0 degré de liberté) avant extrusion.
- **5. Tableur de Paramètres Global :**
  Piloter toutes les cotes maîtresses via une feuille de calcul.

4. PLIAGE TÔLERIE & FACTEUR K

- **Formule de Tolérance de Pliage (BA) :**

```
BA = π × (R + K × T) × (A / 180)
```

R: Rayon Intérieur | T: Épaisseur Tôle | A: Angle de Pli.

- **Valeurs Typiques Facteur K (Pliage en l'air) :**
  - Acier Doux (T < 2mm) : K = **0.33 – 0.38**
  - Aluminium (5052-H32) : K = **0.40 – 0.45**
  - Acier Inoxydable : K = **0.45 – 0.50**
- **Rayon de Pliage Minimum :**
  Pour éviter les criques : `R ≥ 1.0 × T`.

5. PERÇAGES DE PASSAGE ET LAMAGES POUR VIS MÉTRIQUES (ISO 273 / ISO 4762)

Filetage	Pas	Passage Fin (H12)	Passage Moyen (H13)	Passage Large (H14)	Diamètre Tête CHC	Diamètre Lamage	Profondeur Lamage	Recommandation Impression 3D
M2	0.40 mm	2.2 mm	2.4 mm	2.6 mm	3.8 mm	4.4 mm	2.4 mm	**2.5 mm** (Jeu fonctionnel)
M2.5	0.45 mm	2.7 mm	2.9 mm	3.1 mm	4.5 mm	5.2 mm	2.9 mm	**3.0 mm**
M3 (Standard)	0.50 mm	3.2 mm	3.4 mm	3.6 mm	5.5 mm	6.5 mm	3.4 mm	**3.5 – 3.6 mm**
M4	0.70 mm	4.3 mm	4.5 mm	4.8 mm	7.0 mm	8.2 mm	4.4 mm	**4.6 – 4.7 mm**
M5	0.80 mm	5.3 mm	5.5 mm	5.8 mm	8.5 mm	9.8 mm	5.4 mm	**5.6 – 5.7 mm**
M6	1.00 mm	6.4 mm	6.6 mm	7.0 mm	10.0 mm	11.5 mm	6.5 mm	**6.7 – 6.8 mm**

6. CONTRAINTES D'ASSEMBLAGE

- **Coïncidence (Coincident) :**
  Aligne deux faces dans le même plan (supprime 3 DDL).
- **Concentricité (Concentric) :**
  Alignement d'axes cylindriques (Vis dans alésage).
- **Tangence (Tangent) :**
  Contact continu sur profil courbe ou came.
- **Limite Distance / Angle :**
  Définit la course mécanique autorisée.
- **Règle Fondamentale :**
  Toujours fixer le châssis de base dans l'espace (Ground).

7. RACCOURCIS CAO UNIVERSELS

Action	FreeCAD	Fusion	SOLIDWORKS
Rotation (Orbit)	Shift + Clic Droit	Shift + Clic Molette	Clic Molette
Translation (Pan)	Clic Molette	Clic Molette	Ctrl + Clic Molette
Nouvelle Esquisse	Créer Esquisse	C / L	Créer Esquisse
Extrusion Solide	Pad	E	Bossage Extrusion
Cotation	D (Constraint)	D	Cotation Intelligente

8. DFM: CONCEPTION POUR LA FABRICATION

- **Dépouille de Démoulage (Draft Angle) :**
  Prévoir min **1.0° – 2.0°** de dépouille sur les parois verticales.
- **Épaisseur de Paroi Constante :**
  Les fortes variations d'épaisseur génèrent des retassures.
- **Rayons dans les Angles Vifs :**
  Éviter la concentration de contraintes : `R ≥ 0.5 × T`.
- **Proportion des Nervures :**
  Épaisseur nervure ≤ 60% de l'épaisseur de paroi (`t ≤ 0.6 × T`).