

QUESTION N° 1 (5 points)

Soit deux pavés surfaciques S_A et S_B utilisés pour construire une partie de la surface de la carrosserie d'un véhicule de compétition. La figure 1 suivante illustre les composants de ces deux surfaces.

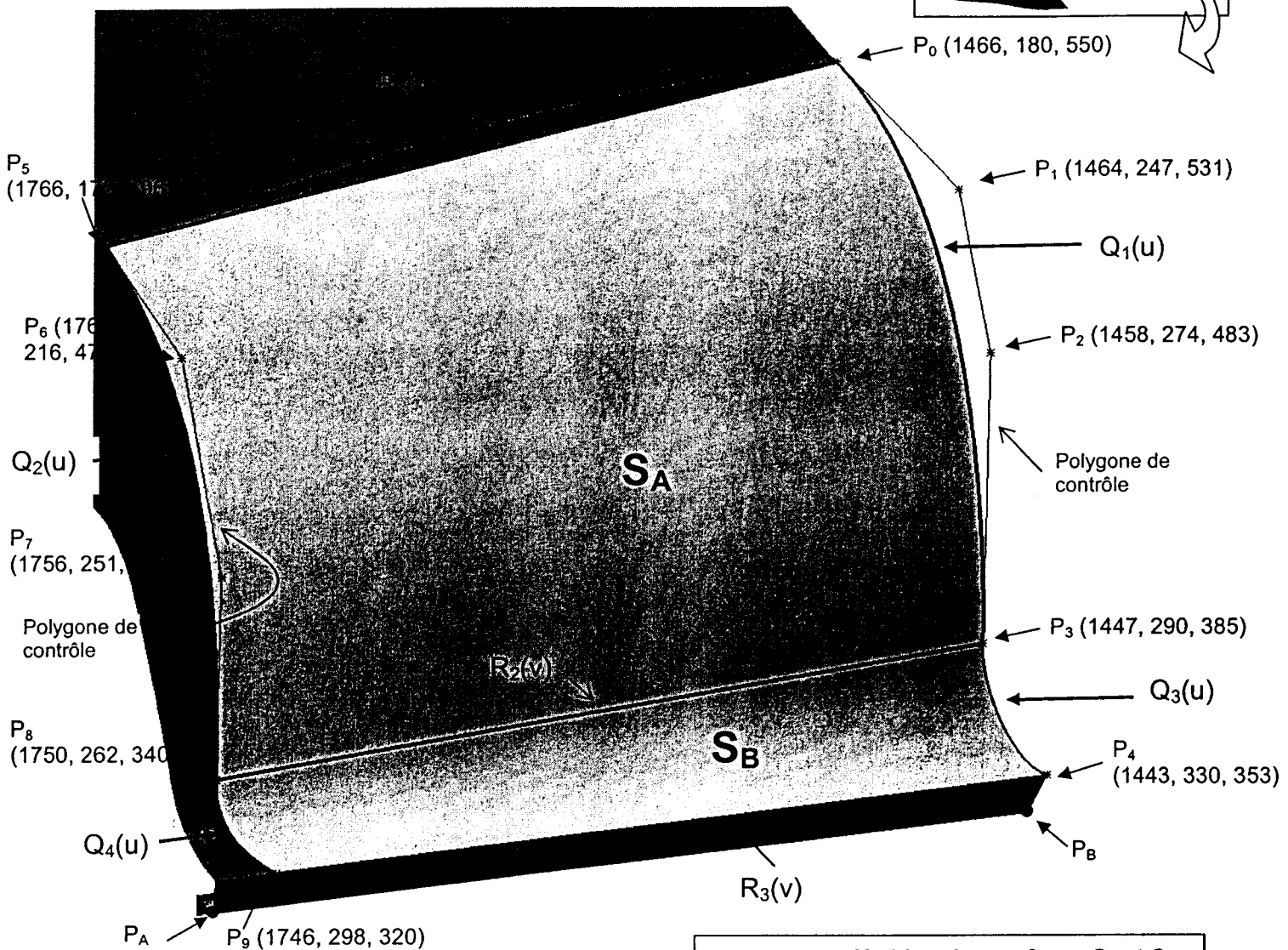


Figure 1.1 Définition des surfaces S_A et S_B

où :

$Q_1(u)$: courbe B-spline d'ordre 4, construite avec les points de contrôle P_0, P_1, P_2, P_3

$Q_2(u)$: courbe Bézier cubique, construite avec les points de contrôle P_5, P_6, P_7, P_8

$Q_3(u)$: courbe d'Hermite construite avec les vecteurs $P_3, P_4, Q_3'(0)$ et $Q_3'(1)$

où : $P_3 = Q_3(0)$; $P_4 = Q_3(1)$; $Q_3'(0) = (-33, 48, -294)$; $Q_3'(1) = (-2, -98, -17)$

$Q_4(u)$: courbe d'Hermite construite avec les vecteurs $P_8, P_9, Q_4'(0)$ et $Q_4'(1)$

où : $P_8 = Q_4(0)$; $P_9 = Q_4(1)$; $Q_4'(0) = (-6, 11, -68)$; $Q_4'(1) = (0, 100, 0)$

$$R_1(v) = (1-v) P_5 + v P_0 \quad 0 \leq v \leq 1$$

$$R_2(v) = P_8 B_{0,1}(v) + P_3 B_{1,1}(v) \quad 0 \leq v \leq 1$$

$$R_3(v) = P_9 N_{0,2}(v) + P_4 N_{1,2}(v) \quad 0 \leq v \leq 1$$

Question 1a) Quel type de continuité a-t-on entre les courbes $Q_1(u)$ et $Q_3(u)$? Cochez le(s) énoncé(s) qui s'applique(nt) :

☐ C0	☐ G0
☐ C1	☐ G1
☐ C2	☐ G2
☐ Aucune de ces réponses	

Calculs :

Question 1b) Laquelle (lesquelles) des équations suivantes représente(nt) mathématiquement un segment de droite reliant deux points ? (cochez toutes les équations valables)

☐	$R_1(v) = (1-v) P_5 + v P_0$	$0 \leq v \leq 1$
☐	$R_2(v) = P_8 B_{0,1}(v) + P_3 B_{1,1}(v)$	$0 \leq v \leq 1$
☐	$R_3(v) : P_9 N_{0,2}(v) + P_4 N_{1,2}(v)$	$0 \leq v \leq 1$
☐	$P(t) = (1-t^2) P_A + t P_B$	$0 \leq t \leq 1$
☐	$P(t) = P_A \cos^2 \phi + P_B \sin^2 \phi$	$0 \leq \phi \leq \pi/2$
☐	Aucune de ces réponses	

Question 1c) Supposons que S_A et S_B sont des surfaces réglées, écrivez leur équation.

Question 1d) Dans le cas où S_A et S_B sont des surfaces réglées, cochez le(s) énoncé(s) qui s'applique(nt) :

☐	Continuité C0 entre S_A et S_B
☐	Continuité C1 entre S_A et S_B
☐	Continuité C2 entre S_A et S_B
☐	Aucune de ces réponses

Calculs :

Question 1d (suite) :

Calculs (suite) :

Question 1e)

Si on déplace le point P_7 à la position P_7^* ($1752, 258\frac{1}{3}, 317\frac{1}{3}$), cochez le(s) énoncé(s) qui s'applique(nt) ?

☐	La continuité entre les courbes $Q_2(u)$ et $Q_4(u)$ sera C0 et C1.
☐	La continuité entre les courbes $Q_2(u)$ et $Q_4(u)$ sera C0 et G1.
☐	Une partie seulement de la surface S_A sera déformée.
☐	Toute la surface S_A sera déformée (sauf les courbes $Q_1(u)$, $R_1(v)$ et $R_2(v)$).
☐	Une partie seulement de la surface S_B sera déformée.
☐	Toute la surface S_B sera déformée (sauf les 4 courbes frontières).
☐	La continuité entre S_A et S_B sera C0.
☐	La continuité entre S_A et S_B sera C1.
☐	La continuité entre S_A et S_B sera G1.
☐	Aucune de ces réponses.

Question 1f) Supposons maintenant que S_B est une surface de Coons, écrivez son équation :

Question 1g) Est-ce que les surfaces S_B calculées en 1c (S_B = surface réglée) et 1f (S_B = surface de Coons) sont équivalentes ? Démontrez votre réponse.

QUESTION N° 2 (4 points)

La figure 2.1 ci-dessous montre deux vues d'une disquette 3.5 pouces qui sera l'objet de cette analyse. Cette disquette est composée de deux sous-ensembles qui sont représentés en vue éclatées aux figures 2.2 et 2.3 respectivement et dont la nomenclature est reportée au tableau 2.1.

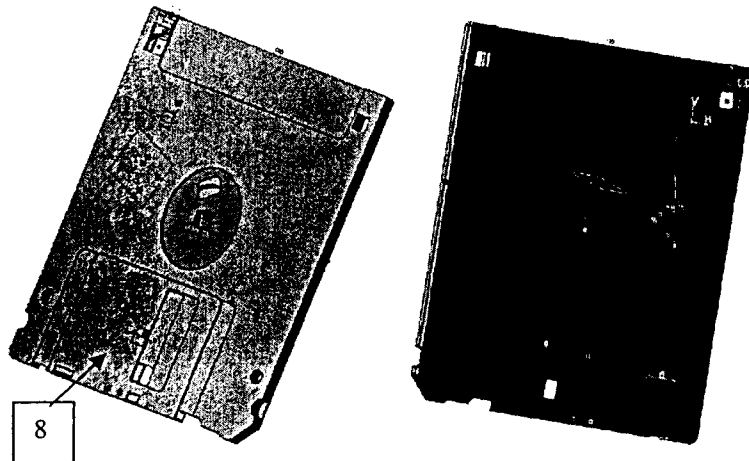


Tableau 2.1: Nomenclature des composants de la disquette

Index	Quantité	Désignation
1	1	Couvercle supérieur
2	1	Boîtier inférieur
3	2	Flasque
4	1	Axe
5	1	Disque magnétique
6	1	Langnette ressort
7	1	Bouton de protection anti-écriture
8	1	Bouclier
9	1	Ressort (non représenté)

Figure 2.1: Vue des deux faces de la disquette 3.5 po.

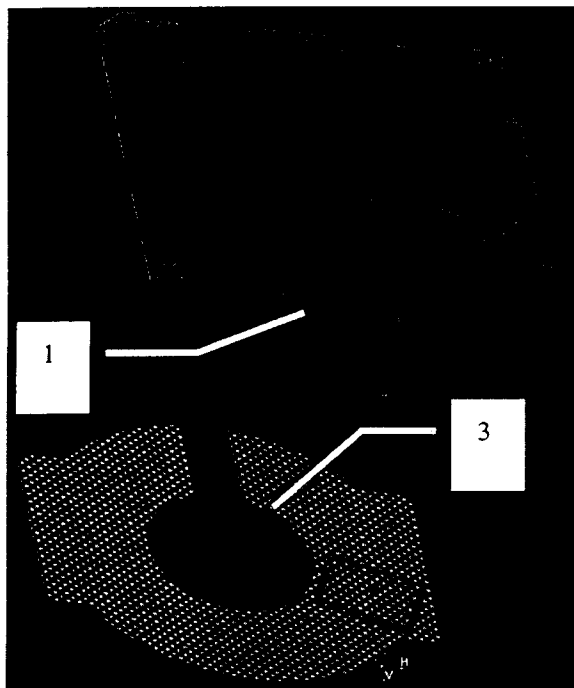


Figure 2.2: Vue éclatée du sous-ensemble supérieur

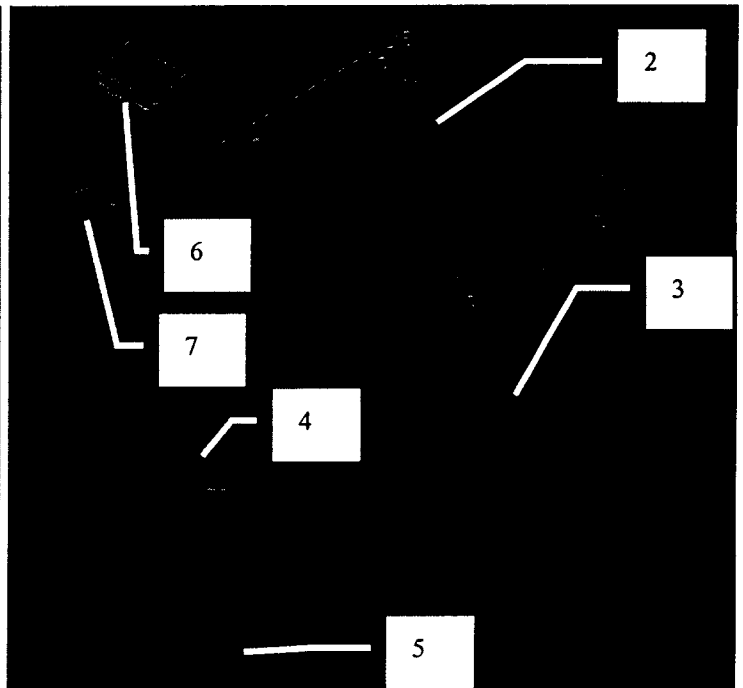


Figure 2.3: Vue éclatée du sous-ensemble inférieur

Question 2.a :

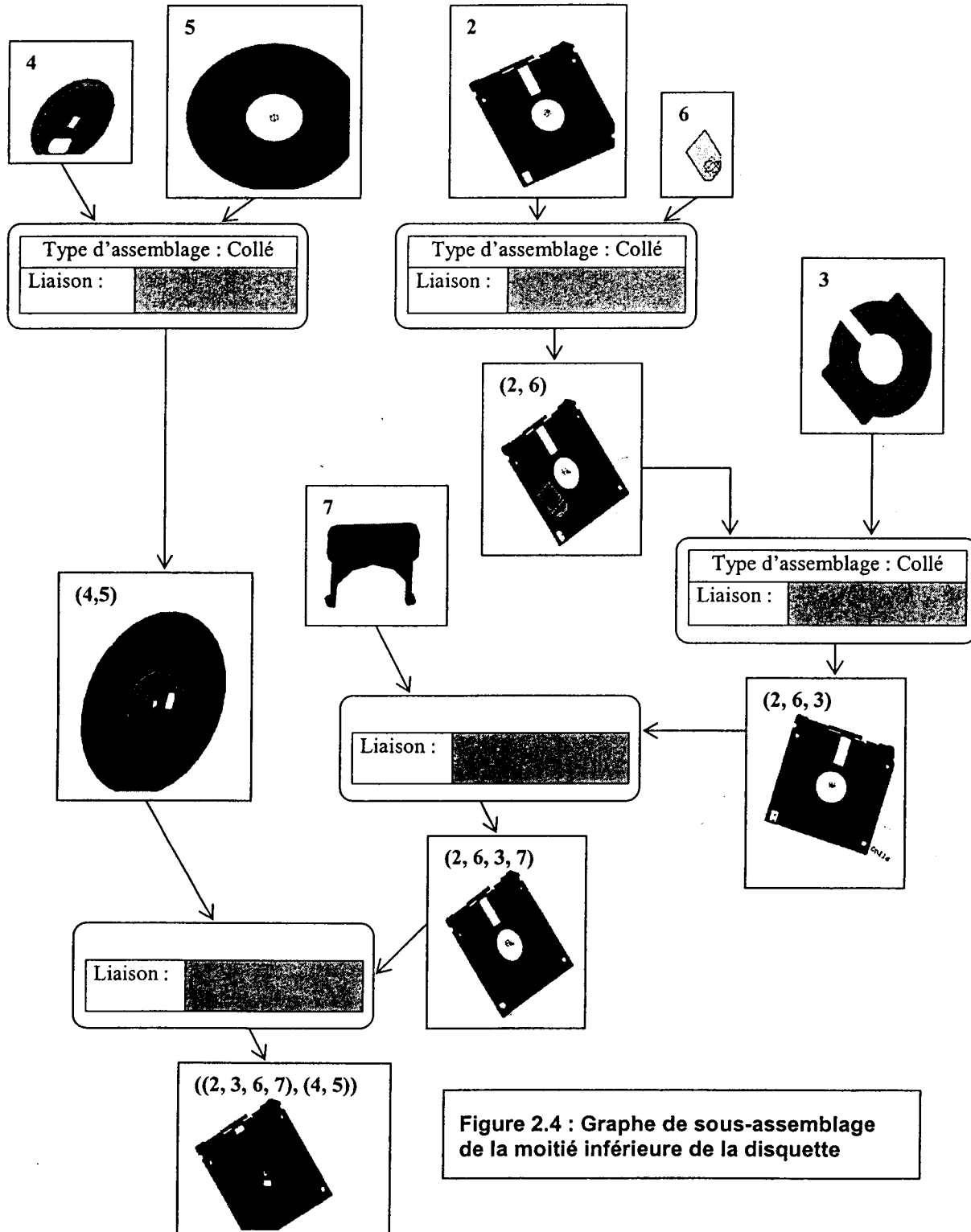
Sur le graphe d'assemblage illustré aux figures 2.4 et 2.5, remplissez les cadres grisés indiquant la nature (type) des liaisons entre chaque composant de la disquette (9 réponses au total).

Notes :

1) Les divers types de liaison solide-solide sont rappelés au tableau 2.3 (à la fin de l'énoncé de cette question).

2) Les sous-assemblages sont notés ci-après par l'index de ses composants entre parenthèses.

Par exemple : $(X, (Y, Z))$ = assemblage de la pièce X avec le sous-assemblage constitué des pièces Y et Z.



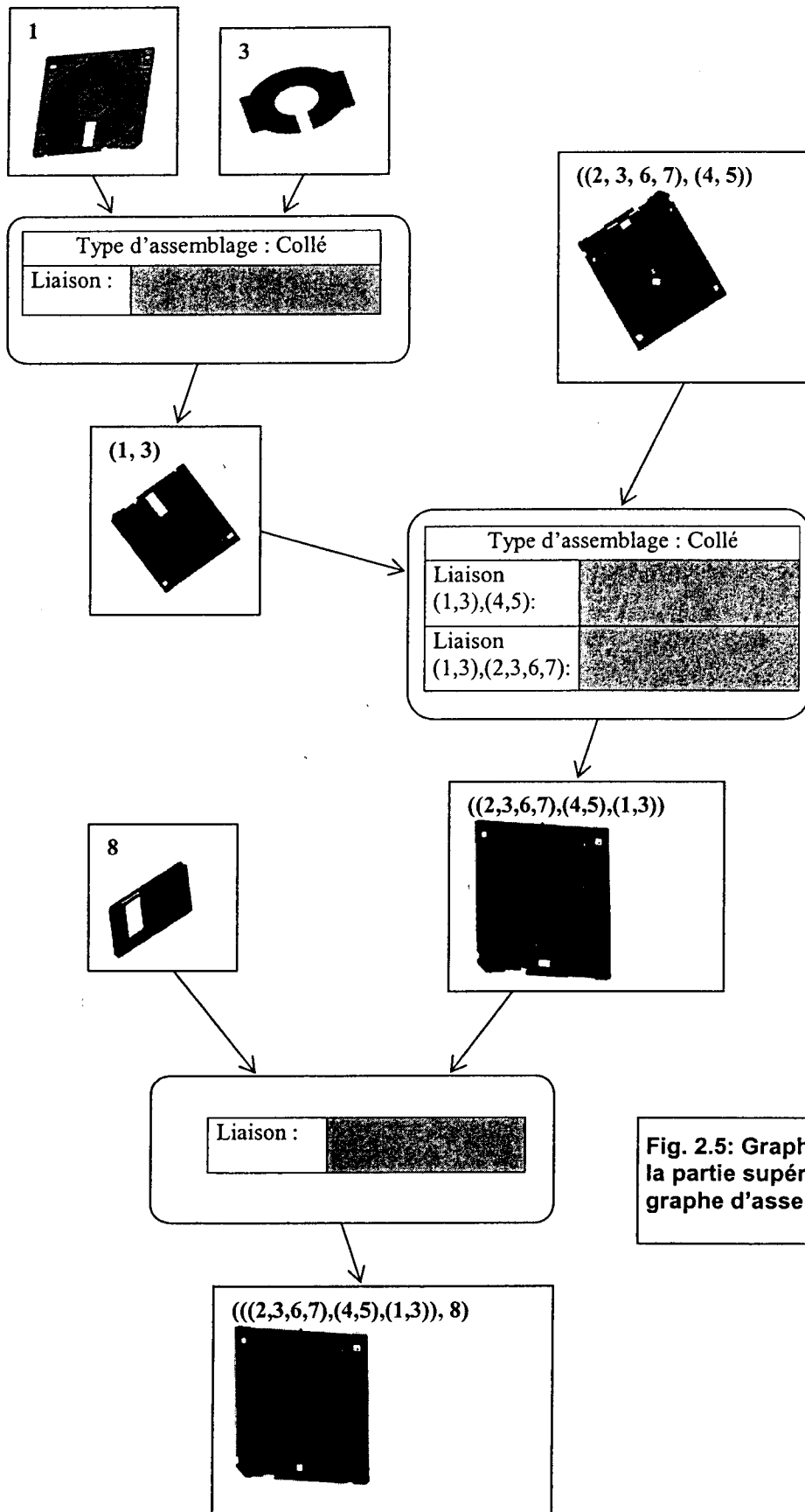
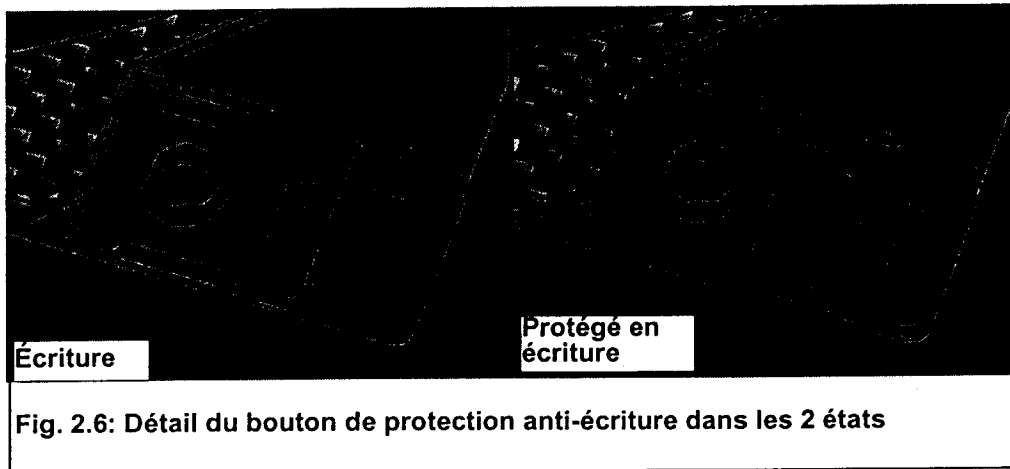


Fig. 2.5: Graphe de sous-assemblage de la partie supérieure de la disquette et graphe d'assemblage de la disquette

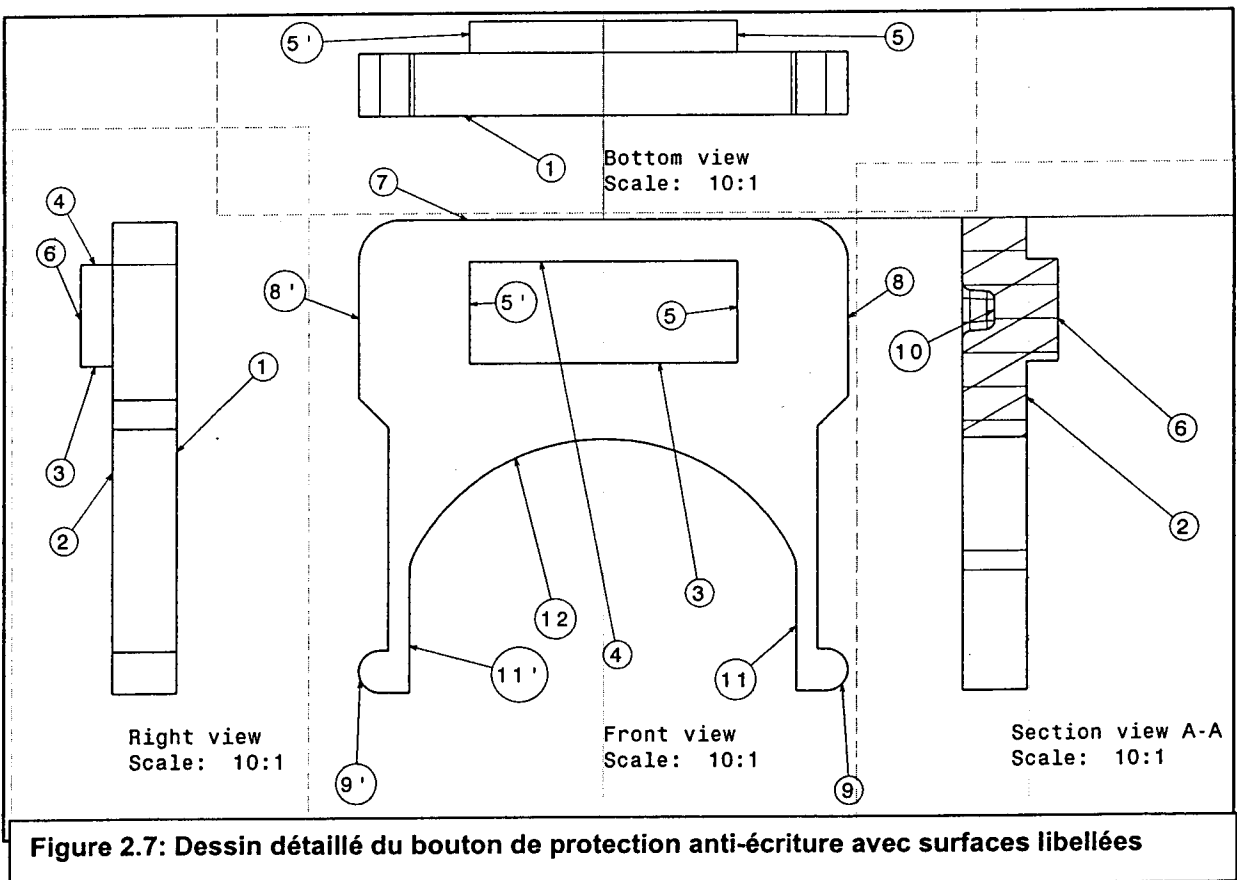
Question 2.b :

La figure 2.6 montre les deux états possibles du bouton de protection anti-écriture (7). La géométrie du bouton dessert 4 objectifs fonctionnels :

1. un objectif cinématique, correspondant à la liaison identifiée à la question 2.a ;
2. un objectif de verrouillage en position ;
3. une interface utilisateur permettant de changer l'état ; et
4. une interface avec le lecteur de disquette permettant de prévenir l'écriture du disque.



Les surfaces du bouton (7) sont libellées à la figure 2.7. Ces surfaces peuvent participer à chacune des fonctions identifiées ci-dessus.



Question 2.b (suite) :

Pour cette question, nous vous demandons de compléter le tableau 2.2 en indiquant par une coche (✓) dans la case appropriée lorsque la surface contribue à l'une des 4 fonctions identifiées.

Par exemple (voir ligne grisée au tableau 2.2), la surface 10 est la seule qui interface avec le lecteur de disquette pour prévenir l'écriture. Une coche est placée dans la colonne correspondant à la fonction 4. Si la surface ne participe à aucune des fonctions, cochez la colonne 5.

Tableau 2.2 : Relations surfaces-fonctions pour le bouton (7)

Surface	Fonction 1 : Cinématique	Fonction 2 : Verrouillage en position	Fonction 3 : Interface Utilisateur	Fonction 4 : Interface Lecteur de disquettes	Pas de fonction
1					
2					
3					
4					
5, 5'					
6					
7					
8, 8'					
9, 9'					
10				✓	
11, 11'					
12					

Tableau 2.3 - Synthèse des différentes liaisons à contacts ponctuel, linéique et surfacique
(DDLlib = Degrés de liberté; DDLia = Degrés de liaison)

Nom	DDLlib	DDLia	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Libre	6	0	x	x	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ponctuel	5	1	x	x	✓	x	x	x	✓	✓	x	✓	✓	✓
Couteau	4	2	x	x	✓	✓	x	x	✓	✓	x	x	✓	✓
Annulaire	4	2	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓
Plan	3	3	x	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
Sphérique	3	3	✓	✓	✓	x	x	x	x	x	x	✓	✓	✓
Cylindrique	2	4	x	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	x	✓	x	x
Pivot	1	5	✓	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓	x	x
Prismatique	1	5	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x	x
Helicoidale	1	5	$\begin{matrix} \checkmark \\ \text{Mx} \\ \text{Mz} \end{matrix}$	✓	✓	✓	✓	✓	$\begin{matrix} \checkmark \\ \text{Ry} \end{matrix}$	x	x	✓	x	x
Complete	0	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x	x	x

QUESTION N° 3 (5 points)

Soit le produit suivant, constitué de 2 pièces A (pièce mâle) et B (pièce femelle), définies chacune dans leur « référentiel modèle » respectif. Les données nécessaires à cette question sont illustrées sur la figure 3.1.

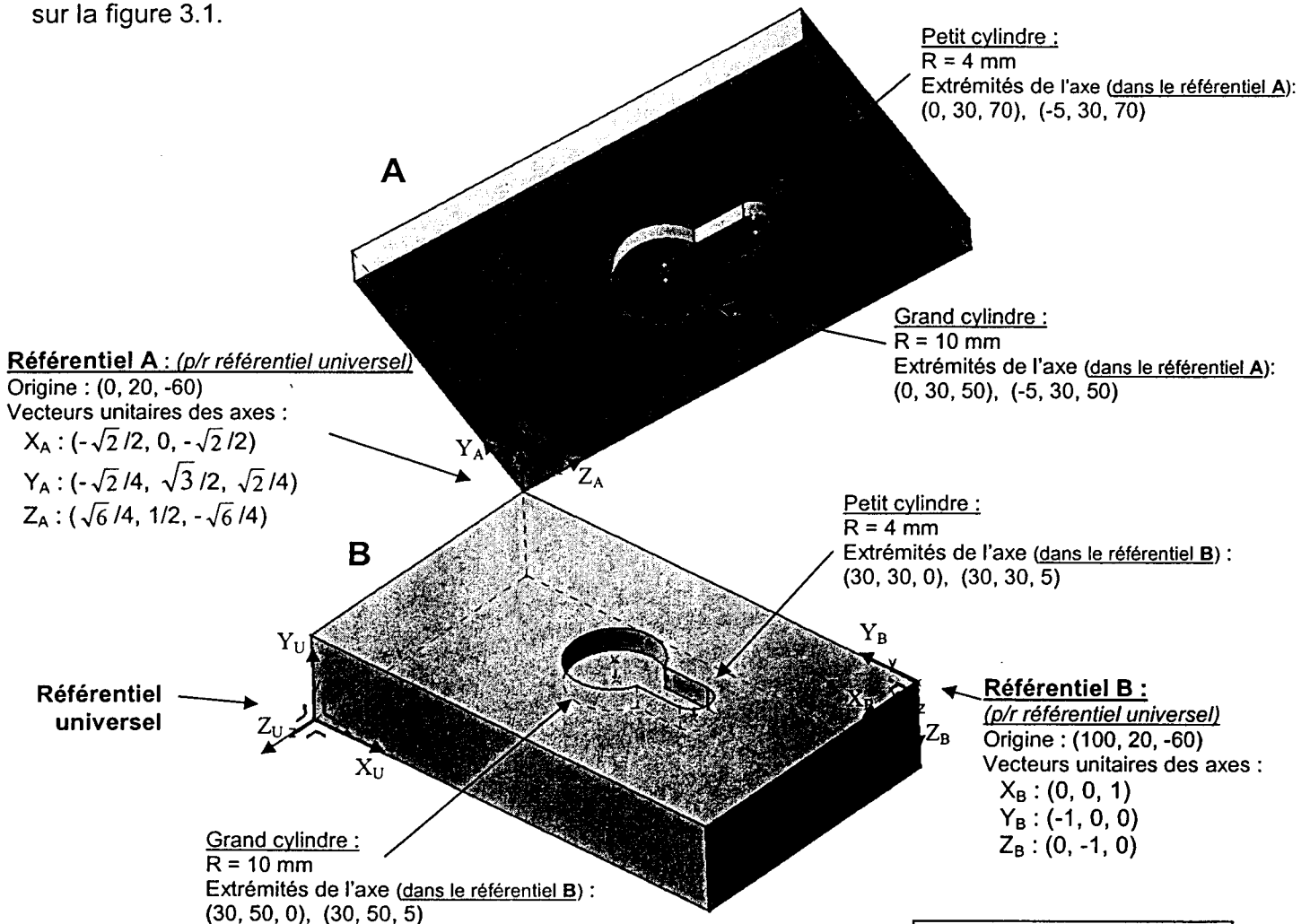


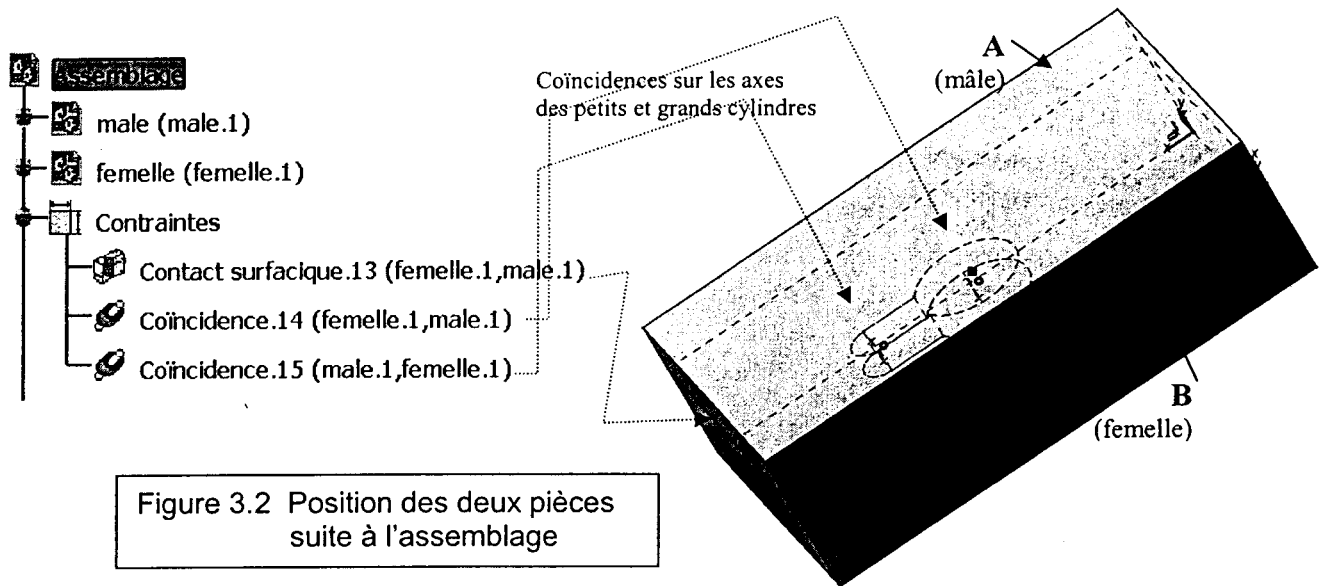
Figure 3.1 Pièces A et B

Question 3a) Calculez la matrice de *mapping* (matrice de passage) M_{AB} . Pour cet exercice, utilisez la notation « vecteur-colonne ».

Question 3a (suite) :

Question 3b) Quelles sont les coordonnées des extrémités de l'axe du grand cylindre de la pièce B, exprimées dans le référentiel A ? Pour cet exercice, utilisez la notation « vecteur-colonne ».

Question 3c) La figure 3.2 illustre la position des deux pièces suite à l'assemblage. L'arbre d'assemblage permet d'identifier les contraintes d'assemblage utilisées.

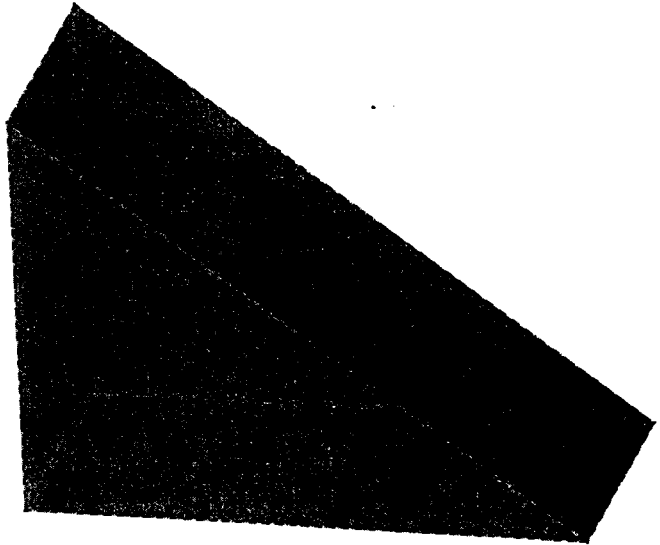
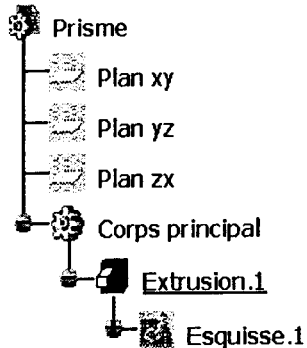


Calculez les angles de rotations autour des axes mobiles du référentiel A, selon la séquence θ_{XA} , $\theta_{YA'}$, $\theta_{ZA''}$, à appliquer à la pièce A afin de l'insérer à sa position finale. Pour cet exercice, utilisez la notation « vecteur-rangée ».

Note : YA' et ZA'' sont les axes du repère A suite aux transformations précédentes.

QUESTION N° 4 (3 points)

Soit le prisme triangulaire droit suivant et son arbre de spécifications. Le modèle est sauvegardé sous le nom Prisme.CATPart .



Cette pièce est également sauvegardée dans les formats IGES et STL, dont le contenu est listé ci-après :

```

START RECORD GO HERE.
1H,,1H;;20HCNEXT - IGES PRODUCT,20HC:\tmp\prismeigs.igs,43HIBM CATIA IGEG
S - CATIA Version 5 Release 7 ,26HCATIA Version 5 Release 7 ,32,75,6,75,G
15,,1.0,2,2HMM,1000,1.0,15H20020423.232052,0.001,10000.0,,17HDASSAULT SYG
STEMES,11,0,15H20020423.232052,;
110      1      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
110      2      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
110      3      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
110      4      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
110      5      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
110      6      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
110      7      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
110      8      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
110      9      0      0      0      0      19      000000001D
110      0      0      1      0      0      19      000000001D
124      10     1      2      0      0      19      000000001D
124      10     1      2      0      0      19      000000001D
110,40.0,0.0,20.0,40.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0;
110,40.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0;
110,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,20.0,0.0,0.0;
110,0.0,0.0,20.0,40.0,0.0,20.0,0.0,0.0,0.0;
110,0.0,30.0,20.0,0.0,30.0,0.0,0.0,0.0,0.0;
110,0.0,30.0,0.0,40.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0;
110,40.0,0.0,20.0,0.0,30.0,20.0,0.0,0.0,0.0;
110,0.0,0.0,0.0,0.0,30.0,0.0,0.0,0.0,0.0;
110,0.0,30.0,20.0,0.0,0.0,20.0,0.0,0.0,0.0;
124,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,-1.0,0.0,0.0,0.0;
S      1G      4D      20P      10
S      1G      4D      20P      10
  
```

```

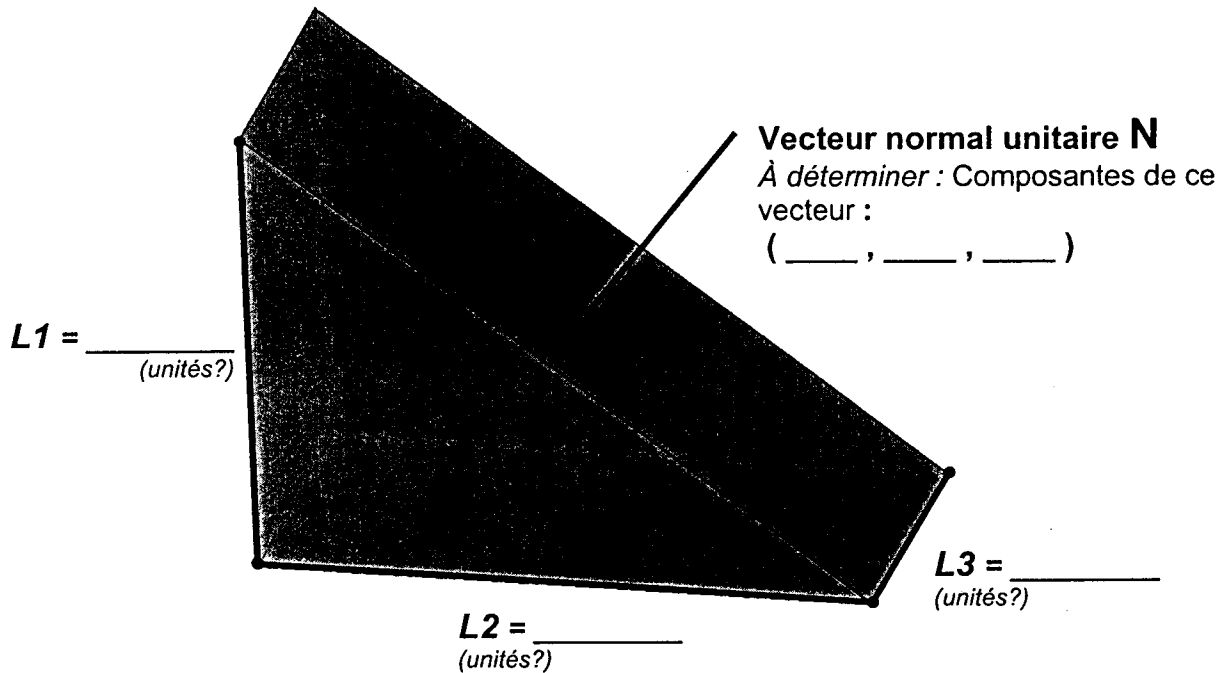
solid CATIA STL
  facet normal 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00
    outer loop
      vertex 0.000000e+00 2.000000e+01 0.000000e+00
      vertex 0.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
      vertex 4.000000e+01 2.000000e+01 0.000000e+00
    endloop
  endfacet
  facet normal 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00
    outer loop
      vertex 4.000000e+01 2.000000e+01 0.000000e+00
      vertex 0.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
      vertex 4.000000e+01 0.000000e+00 0.000000e+00
    endloop
  endfacet
  facet normal 0.600000e+00 0.489842e-16 -0.800000e+00
    outer loop
      vertex 4.000000e+01 2.000000e+01 0.000000e+00
      vertex 4.000000e+01 0.000000e+00 0.000000e+00
      vertex 0.000000e+00 2.000000e+01 -3.000000e+01
    endloop
  endfacet
  facet normal 0.600000e+00 0.000000e+00 -0.800000e+00
    outer loop
      vertex 0.000000e+00 2.000000e+01 -3.000000e+01
      vertex 4.000000e+01 0.000000e+00 0.000000e+00
      vertex 0.000000e+00 0.000000e+00 -3.000000e+01
    endloop
  endfacet
  facet normal -1.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
    outer loop
      vertex 0.000000e+00 2.000000e+01 -3.000000e+01
      vertex 0.000000e+00 0.000000e+00 -3.000000e+01
      vertex 0.000000e+00 2.000000e+01 0.000000e+00
    endloop
  endfacet
  facet normal -1.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
    outer loop
      vertex 0.000000e+00 2.000000e+01 0.000000e+00
      vertex 0.000000e+00 0.000000e+00 -3.000000e+01
      vertex 0.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
    endloop
  endfacet
  facet normal 0.000000e+00 -1.000000e+00 0.000000e+00
    outer loop
      vertex 0.000000e+00 0.000000e+00 -3.000000e+01
      vertex 4.000000e+01 0.000000e+00 0.000000e+00
      vertex 0.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
    endloop
  endfacet
  facet normal 0.000000e+00 1.000000e+00 0.000000e+00
    outer loop
      vertex 0.000000e+00 2.000000e+01 0.000000e+00
      vertex 4.000000e+01 2.000000e+01 0.000000e+00
      vertex 0.000000e+00 2.000000e+01 -3.000000e+01
    endloop
  endfacet
endsolid CATIA STL

```

Question 4a) À partir des informations des fichiers IGES et/ou STL, déterminez :

- la position du système de référence (dessinez ci-dessous l'origine et les 3 axes) ;
- les composantes du vecteur normal unitaire N à la surface de l'hypoténuse; tel qu'identifié sur la figure suivante;
- les dimensions $L1$, $L2$ et $L3$ de 3 arêtes du prisme. Spécifiez les unités.

Reportez vos réponses sur la figure ci-dessous :



Question 4b) Quel est le nom de fichier IGES ? _____

Question 4c) Si le fichier IGES est relu par le logiciel CATIA, cochez le(s) énoncé(s) qui s'applique(nt) (i.e. ceux qui sont vrais)

☐ On récupère le modèle <i>solide</i> complet, ainsi que son arbre de spécifications.
☐ On récupère un modèle <i>solide</i> , mais pas nécessairement avec les mêmes <i>features</i> dans l'arbre de spécification.
☐ On peut récupérer un modèle <i>surfactive</i> , et toutes les données seront représentées dans l'arbre de spécifications dans le « corps surfactive ».
☐ On peut récupérer un modèle <i>filaire</i> , et toutes les données seront représentées dans l'arbre de spécifications dans le « corps surfactive ».
☐ Aucune donnée géométrique ne peut être récupérée.
☐ Aucune de ces réponses.

QUESTION N° 5 (3 points)

L'une des remarques importantes découlant de la gestion de produits et des outils d'intégration CFAO/PPAO (Planification de Procédés Assistée par Ordinateur) est que la définition d'un produit peut être différente suivant qu'on le considère d'un point de vue fonctionnel (Définition de produit) ou fabrication. Afin d'illustrer ce point, considérons l'exemple de la pièce simple définie par ses spécifications fonctionnelles en figure 5.1. Après passage au travers du bureau des méthodes toutefois, le dessin de la pièce est tel qu'illustré à la figure 5.2. On notera d'emblée que si la géométrie de la pièce reste la même, par contre le dimensionnement et les tolérances ont changé. Les questions qui suivent portent sur les justifications de ces changements ainsi que leur conséquences au sein d'un système PDM.

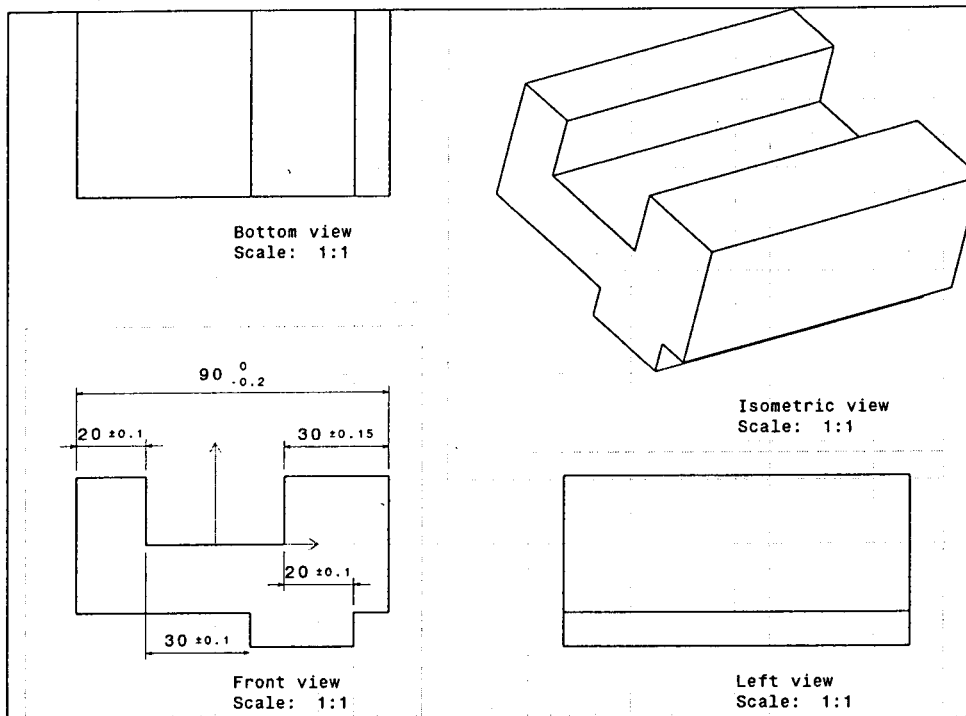


Figure 5.1 : Définition fonctionnelle de la pièce

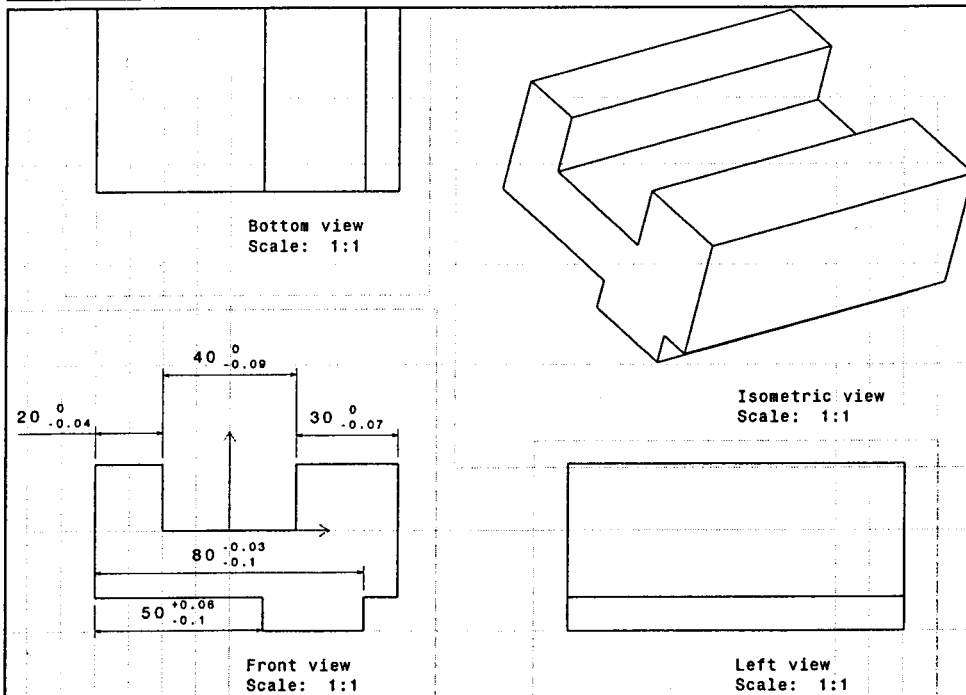


Figure 5.2 : Définition manufacturière de la pièce

Question 5a : Cette question porte sur la justification de l'existence de deux définitions pour un même produit. On remarque que les lignes de cotes sont différentes entre les deux définitions de la pièce. En d'autres termes, les cotes portent sur des surfaces différentes ou les cotes portant sur des mêmes surfaces ont des dimensions ou tolérances différentes. La raison pour cette différence est que : (cochez toutes les propositions qui sont vraies)

- | |
|---|
| ☐ La pièce, telle que définie à la figure 5.1, ne traduit pas vraiment les spécifications fonctionnelles. |
| ☐ La pièce, telle que définie à la figure 5.1, ne peut être fabriquée telle que spécifiée. |
| ☐ La pièce telle que définie à la figure 5.1, ne peut être contrôlée telle que spécifiée. |
| ☐ La fabrication est plus facile telle que spécifiée à la figure 5.2 car les tolérances sont plus serrées. |
| ☐ Les deux dimensionnements sont équivalents et on peut utiliser les définitions des figures 5.1 et 5.2 de façon interchangeable. |

Question 5b : Cette question porte sur les principes généraux de fonctionnement d'un système de gestion de définition de produit (PDM) en relation à la possibilité de multiples définitions pour la pièce considérée. Cochez toutes les propositions ci-dessous qui sont vraies :

- | |
|---|
| ☐ L'utilisateur d'un système de CFAO (utilisateur d'application) doit toujours travailler sur le modèle original pour éviter de multiplier les données. |
| ☐ L'utilisateur d'un système de CFAO (utilisateur d'application) doit toujours travailler sur une copie de la base de données pour éviter de modifier l'original. |
| ☐ L'utilisateur d'un système de CFAO (utilisateur d'application) peut accéder en lecture à la base de données relationnelle d'un système PDM, mais l'accès en écriture peut être restreint. |
| ☐ L'utilisateur d'un système de CFAO (utilisateur d'application) doit toujours travailler avec la définition fonctionnelle de la pièce. |
| ☐ L'utilisateur d'un système de CFAO (utilisateur d'application) doit toujours travailler avec la définition manufacturière de la pièce. |

Question 5c : Cette question porte sur l'aptitude d'un système de gestion de définition de produit (PDM) à maintenir simultanément plusieurs représentations pour un même produit. Comme on l'a constaté, la géométrie de la pièce est la même entre les figures 5.1 et 5.2. Par contre, la définition de la pièce n'est pas la même. Nous désirons évaluer si cette multiplicité de définitions peut être une source de problèmes dans un système de gestion de définition de produit (PDM). À cette fin, veuillez cocher toutes les propositions ci-dessous qui sont vraies :

- | |
|---|
| ☐ Les deux définitions (fonctionnelle et manufacturière) font partie de la définition du produit. Celle qui sera utilisée ne dépendra que de l'application. |
| ☐ La définition manufacturière est conçue de telle façon que toute pièce fabriquée aux spécifications de la figure 5.2 satisfait nécessairement les spécifications fonctionnelles de la figure 5.1. |
| ☐ La définition fonctionnelle de la figure 5.1 est totalement indépendante et disjointe de la définition manufacturière de la figure 5.2. La définition du produit devra respecter les deux définitions simultanément, c'est-à-dire à la fois les spécifications de la figure 5.1 et celles de la figure 5.2. |

Bonne chance !
Total : 20 points

Les professeurs :
Carl-Éric Aubin & Joseph Pegna