

Concours général des lycées

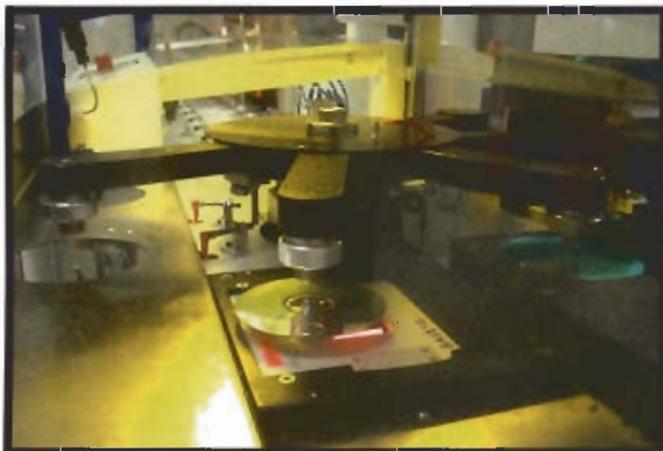
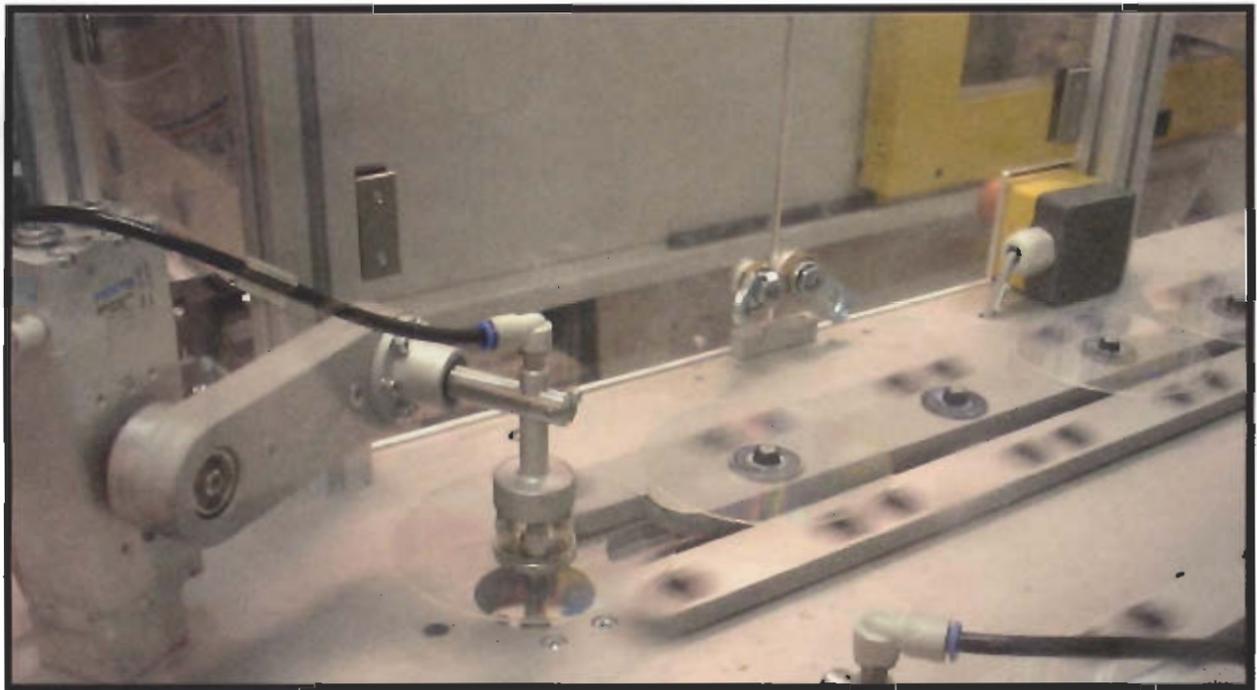
SESSION 2004

SCIENCES DE L'INGENIEUR

(Classe de terminale S)

DUREE : 5 heures

Ligne de production de CD-Rom



TRAME DU SUJET

Présentation

- Présentation du problème (et lecture du sujet dans son ensemble).

} Durée conseillée :
20 mn

A - Analyser le fonctionnement du bras manipulateur

- Analyser un mécanisme à partir de sa description fonctionnelle interne (diagramme FAST).
- Proposer sous forme schématique une solution au problème posé, en intégrant qualitativement la notion de pièce déformable.
- Justifier un choix de capteur.
- Justifier un choix de moteur.
- Analyser et déterminer les modes de fonctionnement, en déduire le sens de circulation du flux d'énergie.

} Durée conseillée :
1H40 mn

B - Vérifier une solution technique

- Isoler un solide.
- Identifier les contacts entre pièces.
- Déterminer les actions mécaniques transmises en vue de valider le choix du constructeur.

} Durée conseillée :
40 mn

C - Vérifier la qualité de la métallisation

- Vérifier le respect d'une contrainte temporelle.
- Élaborer des parties d'un diagramme décrivant l'enchaînement temporel des différentes tâches.

} Durée conseillée :
45 mn

D - Vérifier le dimensionnement du vérin rotatif

- Identifier les mobilités entre les pièces afin de réaliser un schéma cinématique.
- Valider par une construction graphique le choix du constructeur.
- Analyser un modèle numérique.

} Durée conseillée :
50 mn

E - Etudier une solution technique

- Proposer une solution constructive répondant à une modification du CdCF et la représenter par un moyen de communication approprié.

} Durée conseillée :
45 mn

Présentation

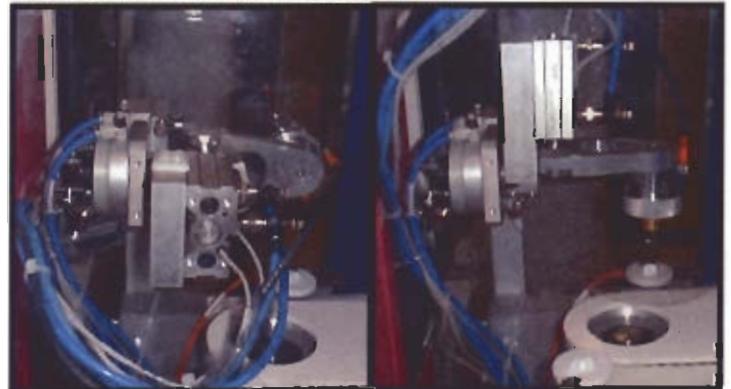
(voir **DOCUMENT 1**)

La généralisation du CD-Rom comme support multimédia a nécessité la création de lignes de production automatisées permettant de très grandes cadences de fabrication. La ligne de production, objet de l'étude, a une capacité de production d'environ 1000 CD-Rom (support publicitaire, audio, vidéo...) par heure. La suite des opérations requises pour réaliser un CD-Rom est la suivante :

Moulage du support vinyle: réalisé au moyen d'une *presse à injecter* située en début du process. C'est lors de cette opération que les données sont transférées sur le support, en injectant la matière plastique dans une matrice portant en relief les données à inscrire ou « microbosses » sur le disque, sous forme d'un codage binaire.

Extraction du CD-Rom du moule : cette opération est confiée à un bras manipulateur (motorisé par un moteur à courant continu) appelé *transfert rotatif d'entrée*, alors en position B.

Mise en position sur le convoyeur à courroie : cette opération est réalisée par un manipulateur rotatif pneumatique nommé *poste de retournement* (voir photos ci-coutre), qui prélève le CD-Rom à la position C du transfert rotatif d'entrée (l'axe du CD-Rom est alors parallèle à l'axe \vec{y}), le poste de retournement l'amenant, après rotation, parallèle à l'axe \vec{z} , afin de le déposer sur un centreur du *convoyeur à courroie*.



Poste de retournement dans les deux positions

Ejection de la carotte d'injection (position C) : dernière opération réalisée par le transfert rotatif d'entrée avant son retour en position d'attente (position A).

Refroidissement du CD-Rom : cette opération est réalisée au moyen d'un *convoyeur à courroie* déplaçant le CD-Rom dans une *enceinte ventilée*.

Dépôt de la pellicule d'aluminium (POSTE 1) : cette opération appelée «métallisation» permet de transférer sur le support vinyle une fine couche d'aluminium qui permettra de réfléchir le faisceau laser lors de l'utilisation du CD-Rom. Cette opération ne peut s'effectuer que sous vide d'air.

Dépôt du vernis protecteur (POSTE 2) : cette opération permet de déposer sur la surface du CD-Rom une couche de vernis protecteur.

Solidification du vernis protecteur (POSTE 3) : cette solidification est réalisée par une exposition du vernis protecteur à des rayons ultra-violets.

Contrôle par scanner (POSTE 4) : permet de vérifier la conformité du CD-Rom vis-à-vis de normes internationales (concernant entre autre la qualité de la métallisation).

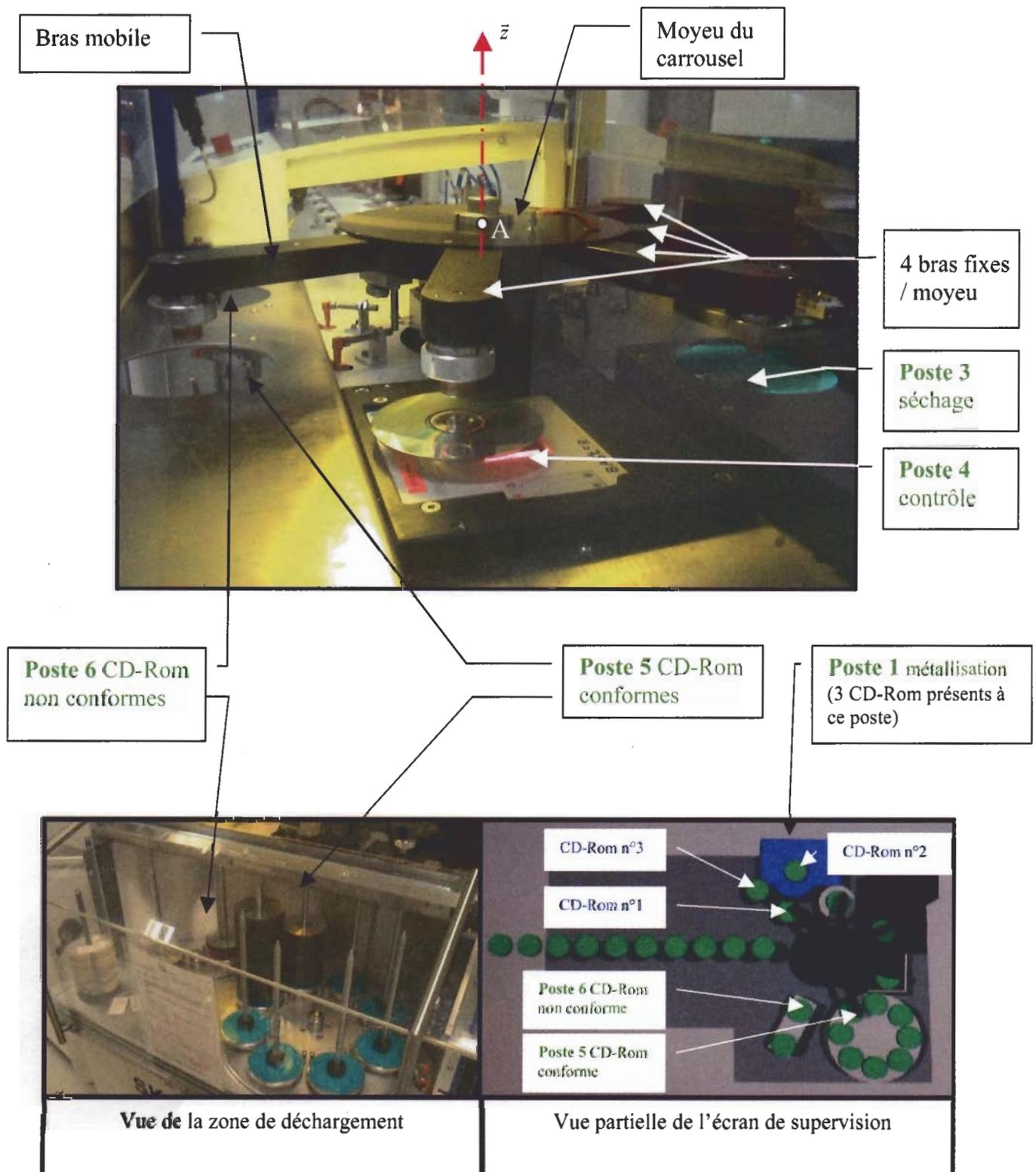
Evacuation des CD-Rom conformes (POSTE 5) : empilage des CD-Rom en vue de leur emballage (cartonné ou plastique).

Evacuation des CD-Rom non conformes (POSTE 6) : empilage des CD-Rom non conformes en vue de leur destruction.

Le transfert entre les différents postes est confié à un bras manipulateur nommé *Carronsel* (voir photos page suivante). Ce carrousel est constitué d'un ensemble de 5 bras.

Le moyeu de ce carrousel effectue des cycles en «U» que l'on peut décomposer en un mouvement de translation suivant l'axe \bar{z} et un mouvement de rotation autour de l'axe \bar{z} . Cette combinaison de mouvements permet (par un va-et-vient) de saisir le CD-Rom présent au poste i ($0 < i < 4$) et de le transférer au poste $i+1$.

Les quatre premiers bras sont en liaison complète avec le moyeu du carrousel (voir photo page suivante). Le cinquième, assurant l'évacuation des CD-Rom conformes ou non conformes, possède une mobilité en rotation supplémentaire d'axe (A, \bar{z}) par rapport au moyeu du carrousel. Cette mobilité supplémentaire permet d'acheminer les CD-Rom non conformes au poste 6.



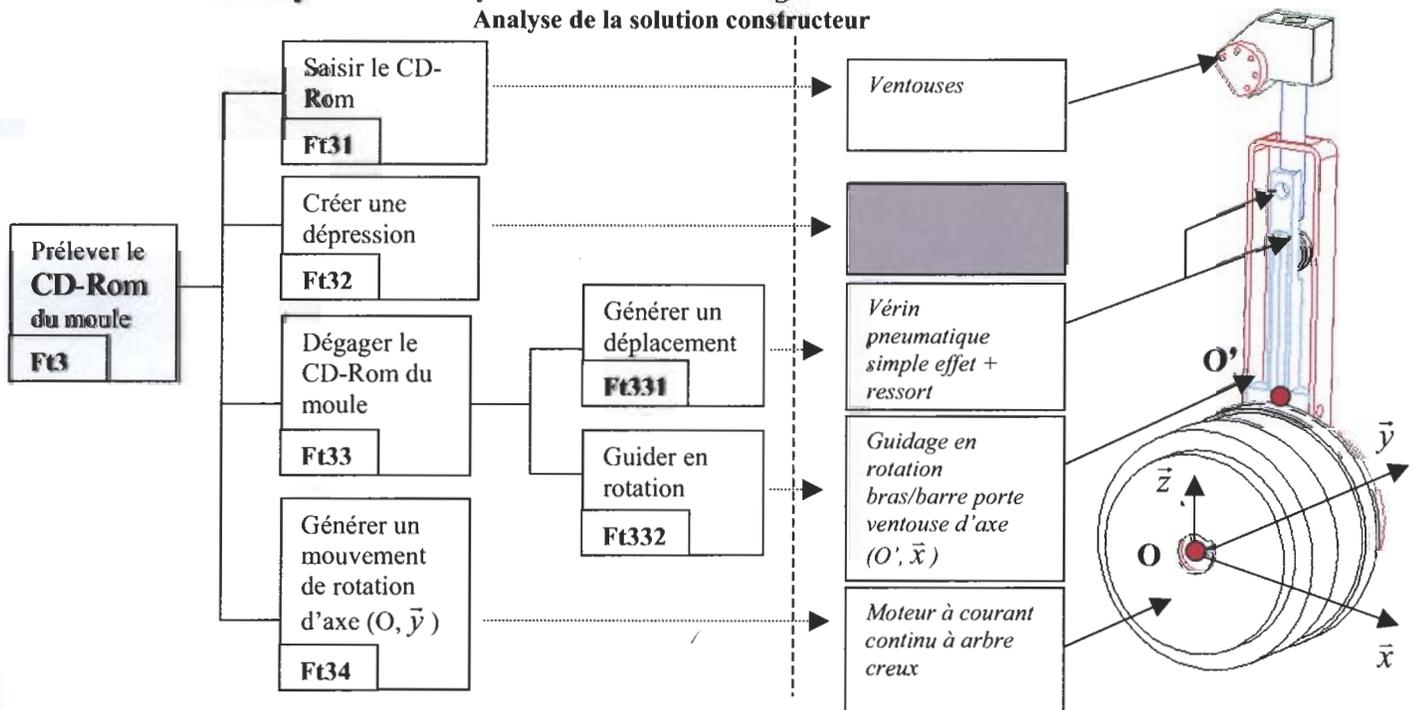
A - Analyser le fonctionnement du transfert rotatif d'entrée (voir DOCUMENTS 1 et 2)

Question A1 : Compléter les informations figurant sur diagramme fonctionnel en précisant sur votre copie la fonction de la ligne de production de CD-Rom ainsi que les matières d'œuvres entrantes et sortantes.

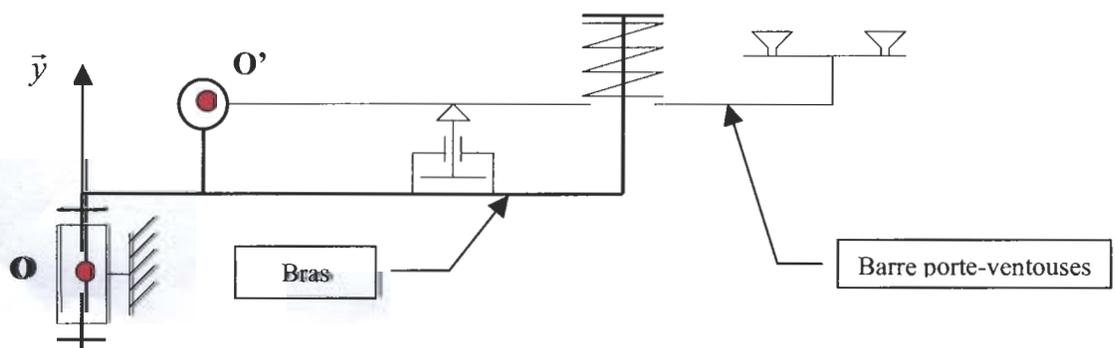
Question A2 : compléter le diagramme F.A.S.T. en caractérisant, sur votre copie, les fonctions techniques Ft61, Ft62 et Ft63 ainsi que les éléments du système qui les réalisent.

L'extraction du CD-Rom du moule est confiée à un bras manipulateur appelé transfert rotatif d'entrée. Cet ensemble a pour fonction principale d'extraire le CD-Rom du moule puis de le positionner devant le poste de retournement tout en prélevant et en éjectant la carotte de coulée (voir positions A, B, C et D du DOCUMENT 1). Le prélèvement de la carotte de coulée s'effectue par aspiration puis soufflage de cette dernière vers une zone de récupération en vue de son recyclage.

Complément à l'analyse fonctionnelle interne figurant sur le DOCUMENT 1
Analyse de la solution constructeur



La chaîne de fabrication fonctionnant 24 heures sur 24, une grande fiabilité des différents sous-systèmes est requise. Dans le cas du transfert rotatif d'entrée, le temps nécessaire pour effectuer un cycle complet est d'environ 1,2s, ce qui se traduit par de très fortes accélérations angulaires. Consécutifs à ces conditions de fonctionnement, de nombreux problèmes ont été constatés essentiellement liés à la rupture du ressort de rappel et à l'apparition de jeu dans la liaison pivot entre le bras et la barre porte ventouses, incompatible avec la précision de positionnement requise.



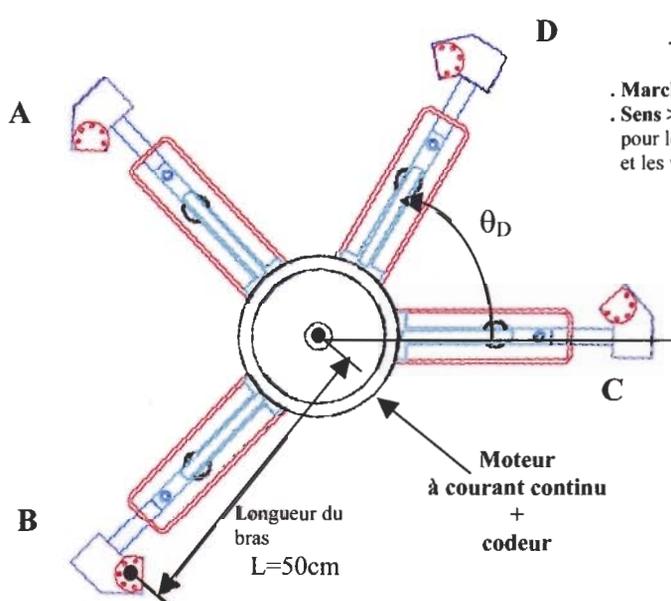
Question A3 : Donner le nom de l'élément de système permettant de réaliser la fonction technique : « créer une dépression ».

Question A4 : Proposer, sous la forme d'un schéma cinématique plan, une solution permettant, en limitant le nombre de pièces, de résoudre les problèmes évoqués ci-dessus.

Décrire en quelques lignes l'intérêt de votre solution (les correcteurs seront particulièrement sensibles à la pertinence du vocabulaire technique employé).

Description du cycle de fonctionnement du transfert rotatif d'entrée

Les différentes positions que peut occuper le transfert rotatif d'entrée sont définies ci-dessous :



. Marche Arrière
 . Sens < 0
 pour les couples
 et les vitesses

 . Marche Avant
 . Sens > 0
 pour les couples
 et les vitesses

- A : attente de la fin du cycle de passage d'un nouveau CD-ROM ($\theta_A=135^\circ$)
- B : prise du CD-ROM à l'intérieur du moule ($\theta_B=225^\circ$)
- C : retournement et pose du CD-ROM
Position angulaire de référence : $\theta_C=0$
- D : éjection de la carotte ($\theta_D=73^\circ$)

Dans chacune des positions, le moteur, bien que ne tournant pas, exerce un couple (et absorbe un courant) de manière à maintenir le bras immobile.

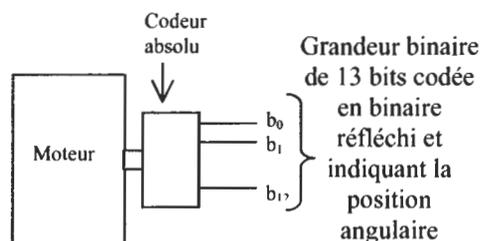
Chaque déplacement comporte trois phases : une accélération, un déplacement à très grande vitesse suivi d'un freinage juste avant l'arrivée sur la position visée.

La description du cycle de fonctionnement est donnée sur le grafcet du DOCUMENT 2.

Justification du choix du capteur de position du bras

Ce bras est entraîné en rotation par un moteur comportant un capteur de position angulaire absolu monté sur son axe.

Ce capteur sera calé angulairement de manière à avoir $\theta_C=0$ lorsque le bras est dans la position C. Le code délivré sera alors égal à "0...00".



Élément du cahier des charges : La précision demandée dans le positionnement de l'extrémité du bras (de longueur $L=50$ cm) doit être égale 0,2mm.

Question A5 : Quel avantage présente le codage de cette grandeur binaire en « binaire réfléchi » plutôt qu'en « binaire naturel » ?

Question A6 : Justifier, par un calcul, le nombre de bits du codeur absolu.

Calcul du courant absorbé et du couple de maintien du moteur animant le bras

Caractéristiques du moteur :

Type : NSK - YS2020

$U_{m\text{ nom}} = 110\text{V}$ continu

$I_{m\text{ nom}} = 7\text{A}$

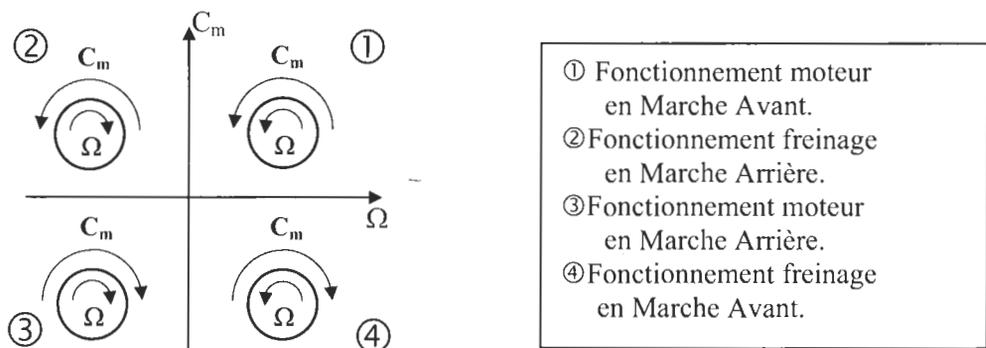
Constante de couple : $K_c = 9,38\text{ Nm/A}$

Rappel de cours sur la machine à courant continu

Nous admettrons que :

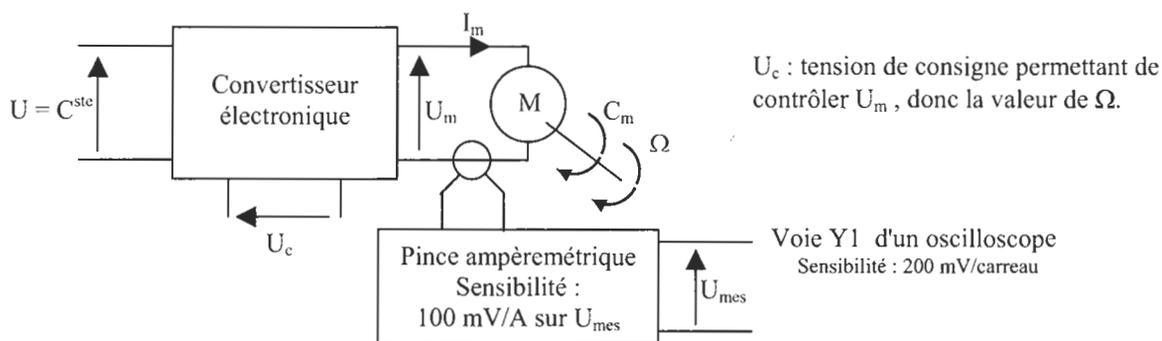
- Le couple moteur est proportionnel au courant absorbé selon la relation $C_m = K_c \cdot I_m$
- La vitesse de rotation est proportionnelle à la tension U_m , le signe de U_m permet de contrôler le sens de rotation.

La charge étant entraînée, si le courant I_m s'inverse, le couple moteur change de signe : il en résulte un couple de freinage qui va permettre de stopper le mouvement de la charge. La caractéristique mécanique $C_m(\Omega)$ du moteur présente donc 4 situations différentes illustrées par la figure ci-dessous.



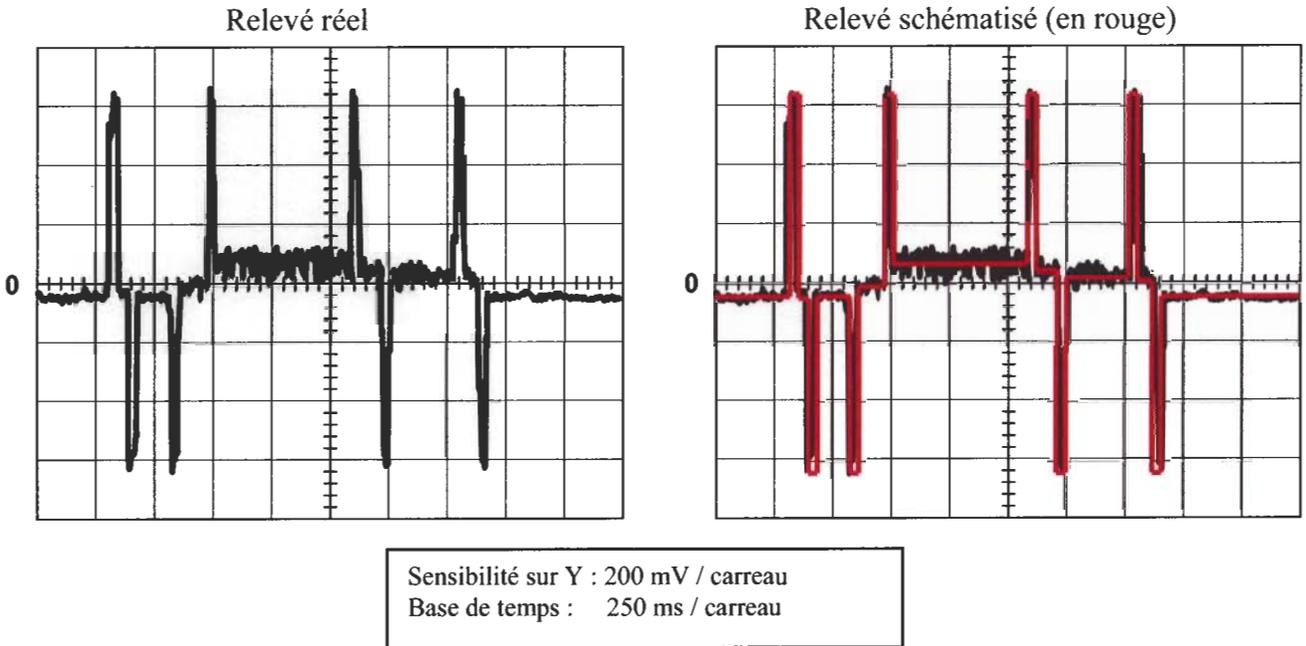
Lors du freinage, la technique de commande utilisée entraîne une pointe de courant I_m de même amplitude que lors de l'accélération mais de signe opposé.

Le moteur à courant continu M est associé à un convertisseur électronique comme le montre la figure ci-dessous.



On dispose du relevé du courant absorbé par le moteur au cours d'un cycle (positions A à D). Il a été relevé à l'aide d'une pince ampèremétrique et d'un oscilloscope à mémoire.

Le tracé réel de $I_m(t)$ est représenté ci-dessous. Pour l'étude, nous considérerons le tracé schématisé (en rouge) repris sur le **DOCUMENT RÉPONSE 1**.



Les pointes de courant observées correspondent à des phases d'accélération ou à des phases de freinage. Les pointes de courant au démarrage, très élevées mais de durées très brèves, ne sont pas visibles sur ces oscillogrammes.

En observant un cycle de fonctionnement du bras manipulateur, on relève les éléments suivants :

- Le temps d'arrêt dans une position est toujours plus long que le temps mis par le bras pour atteindre celle-ci,
- Le temps d'arrêt est beaucoup plus long à la position A qu'aux trois autres.

Cette dernière information justifie la position, sur le **DOCUMENT REPONSE 1**, de l'instant t_1 correspondant à l'activation de l'étape 1 du grafset.

Nous vous proposons maintenant d'interpréter le relevé expérimental de $I_m(t)$ (voir **DOCUMENT REPONSE 1**). Cette courbe est périodique et le tracé proposé montre légèrement plus qu'une période (T).

Question A7 : Graduer, sur le **DOCUMENT REPONSE 1**, les axes I_m et C_m en y notant les valeurs qui correspondent à $U_{mes}=100$ mV. Noter ensuite les valeurs de U_{mes} , I_m et C_m pour les pointes de courant positives (toutes ces réponses seront reportées dans les carrés bleus).

Question A8 : Positionner sur le **DOCUMENT REPONSE 1** les instants t_4 , t_8 , et t_{11} correspondant aux instants d'activation des étapes 4, 8 et 11.

Question A9 : Relever, sur le **DOCUMENT REPONSE 1**, la durée totale (période T) d'un cycle de fonctionnement du bras ? Est-elle compatible avec la cadence de production annoncée ?

Le choix de ce moteur, qui à chaque mise en marche n'effectue qu'une fraction de tour, dépend essentiellement du couple qu'il doit fournir pendant :

- *Les phases d'accélération et de freinage ;*
- *Les séquences de maintien du bras dans une position fixe.*

Dans ce sujet, nous nous limiterons au calcul de ce couple de maintien.

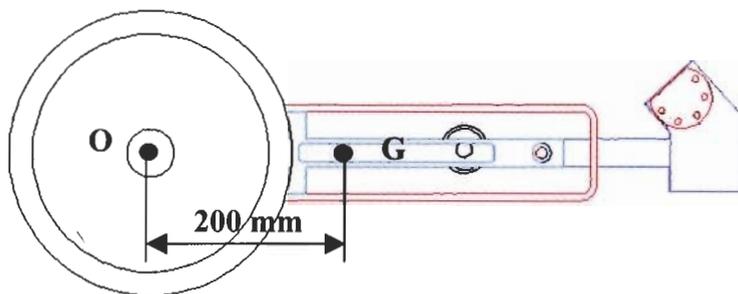
Question A10 : Après avoir justifié brièvement que le couple nécessaire au maintien du bras immobile est maximum à la position C, calculer sa valeur C_{mc} . La comparer à la valeur que vous relèverez sur le **DOCUMENT REPONSE 1**.

Question A11 : En vous basant uniquement sur les valeurs du couple de maintien et du courant absorbé sur un cycle, en déduire si le choix de ce moteur, de ce point de vue, est correct.

Recherche des quadrants de fonctionnement du moteur à courant continu

L'un des critères de choix du convertisseur électronique associé au moteur dépend des quadrants de la caractéristique mécanique $C_m(\Omega)$ balayés au cours d'un cycle de fonctionnement du bras. C'est cette caractéristique que nous allons rechercher.

Les autres critères ne seront pas abordés dans ce sujet.



masse totale : 3 Kg

G : centre de gravité
du bras manipulateur

Question A12 : Situer approximativement, dans le système d'axes $C_m(\Omega)$ du DOCUMENT RÉPONSE 1, les positions :

- des points de fonctionnement M_A , M_B , M_C et M_D associés aux positions respectives A, B, C et D;
- les zones balayées par le point de fonctionnement au cours des étapes 1, 2, 3, 4 et 5 (noter les numéros des étapes sur ce tracé).

En déduire les quadrants balayés au cours d'un cycle de fonctionnement du bras.



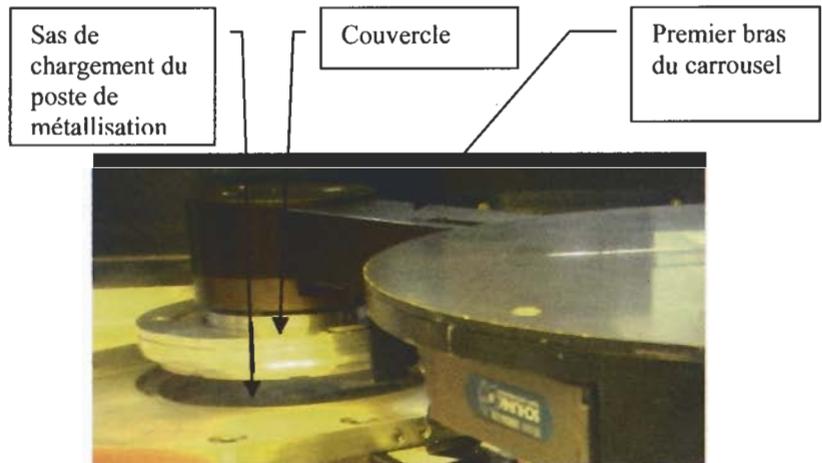
B - Vérifier une solution technique

Le premier bras du carrousel saisit, au moyen de ventouses, le CD-Rom en attente sur le convoyeur à courroie (POSTE 0) afin de le transférer au poste 1 de métallisation sous vide (voir DOCUMENT 1).

Le temps nécessaire pour effectuer cette opération étant incompatible avec la cadence générale de la ligne de production, trois CD-Rom sont simultanément présents à ce poste :

- Un CD-Rom (n°1) est en attente de chargement (déposé par le bras du carrousel).
- Un CD-Rom (n°2) est en cours de métallisation.
- Un CD-Rom (n°3) est en attente d'évacuation.

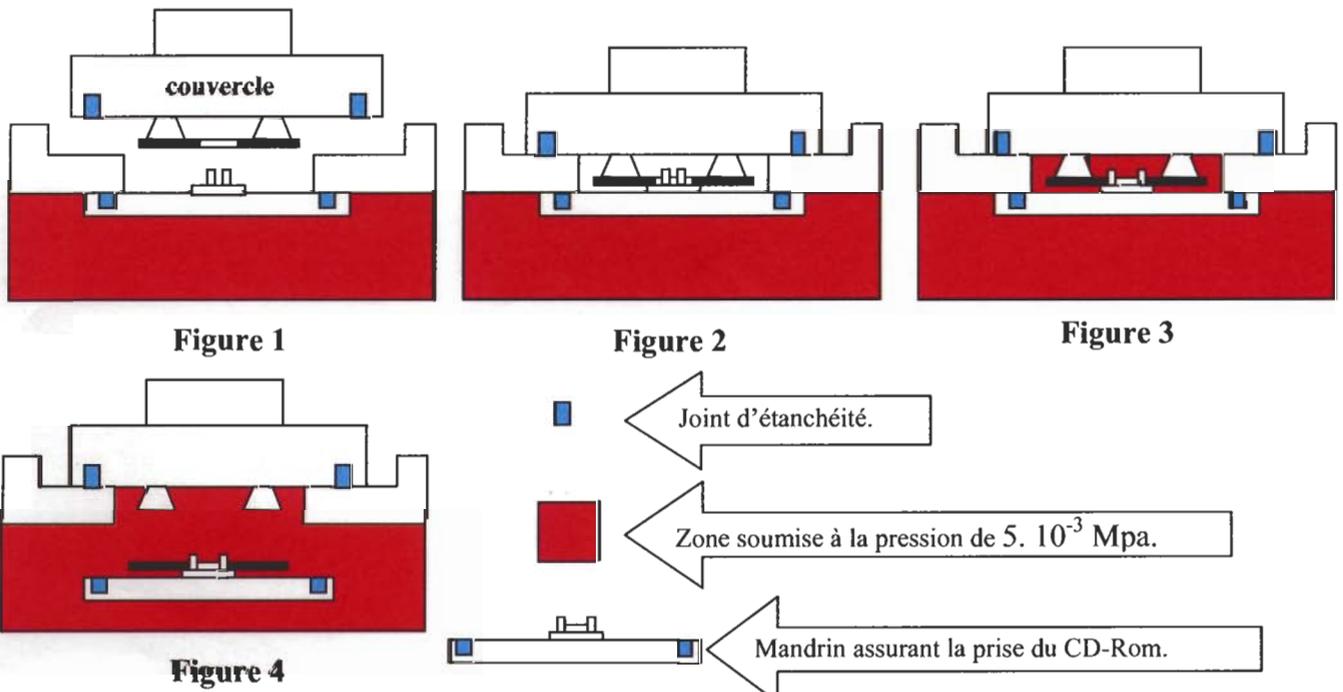
Les CD-Rom n°2 et n°3 se trouvent dans une enceinte où l'on maintient en permanence une pression absolue de 5.10^{-3} MPa (requis afin d'effectuer correctement l'opération de métallisation).



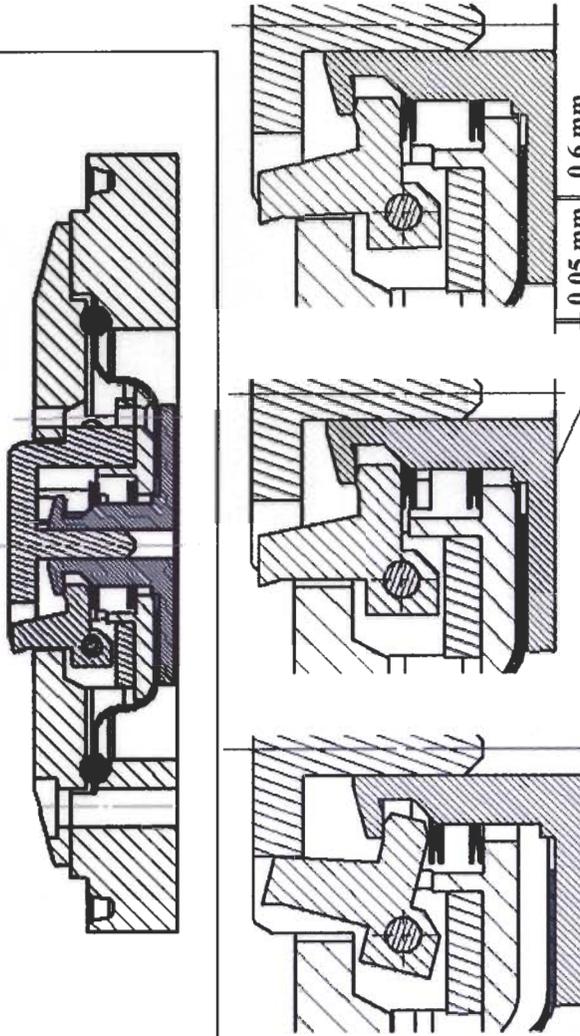
Mode opératoire :

- Le CD-Rom n°1 est transféré dans le sas de chargement du poste de métallisation : **figure 1**.
- Il est déposé sur le mandrin du poste de métallisation (voir pages suivantes), le couvercle solide du premier bras du carrousel assure l'étanchéité du sas de chargement **figure 2**.
- Afin de ne pas modifier la pression régnant dans l'enceinte de métallisation, on crée dans la zone de chargement la même pression que dans le reste de l'enceinte. Cette opération assure également le déplacement des mors du mandrin et la saisie du CD-Rom **figure 3**.
- Le mandrin dégage le CD-Rom n°1, afin de le transférer au poste de métallisation (**figure 4**). Cette opération ne fait pas partie de l'étude.

Remarque : Une démarche inverse permet l'évacuation du CD-Rom n°3.



VUES EN COUPE DU MANDRIN DE METALLISATION
Représenté au repos : soumis à la pression atmosphérique sur toutes ses faces.

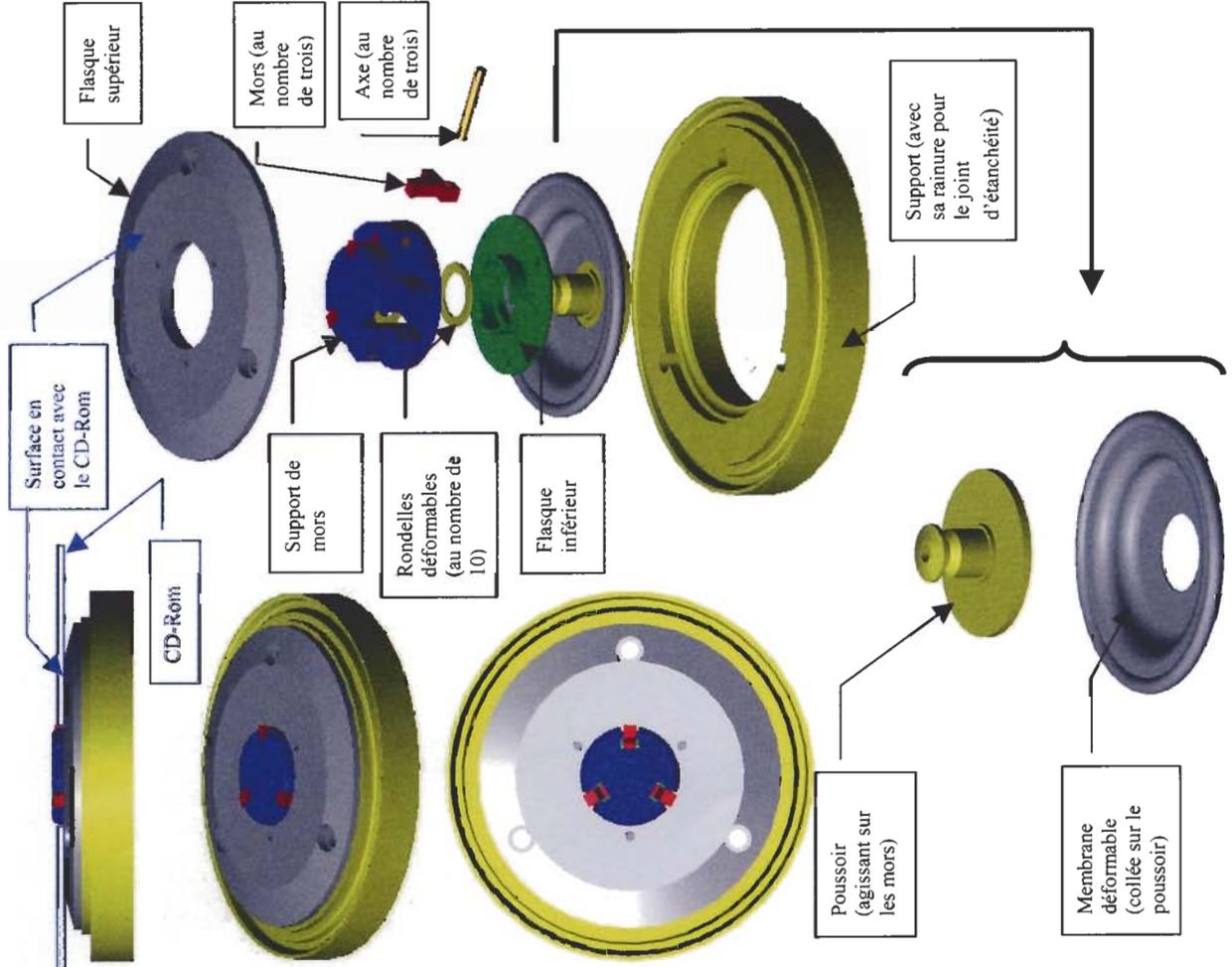


Mandrin en position CD-Rom saisi

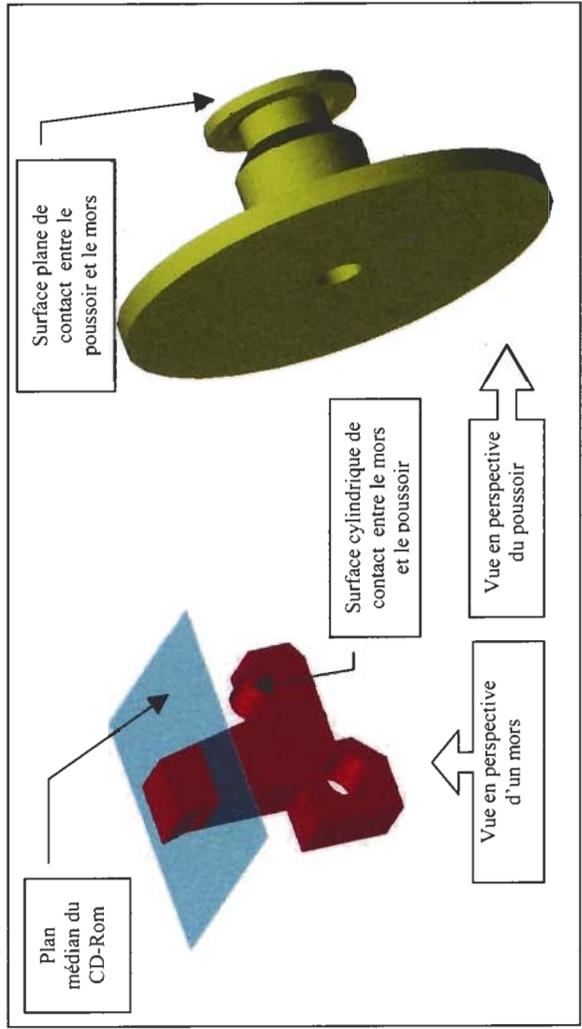
Mandrin en position ouverte

Mandrin au repos (poste de metallisation à karrel)

VUES EN PERSPECTIVE ET EN ECLATE DU MANDRIN DU POSTE DE METALLISATION

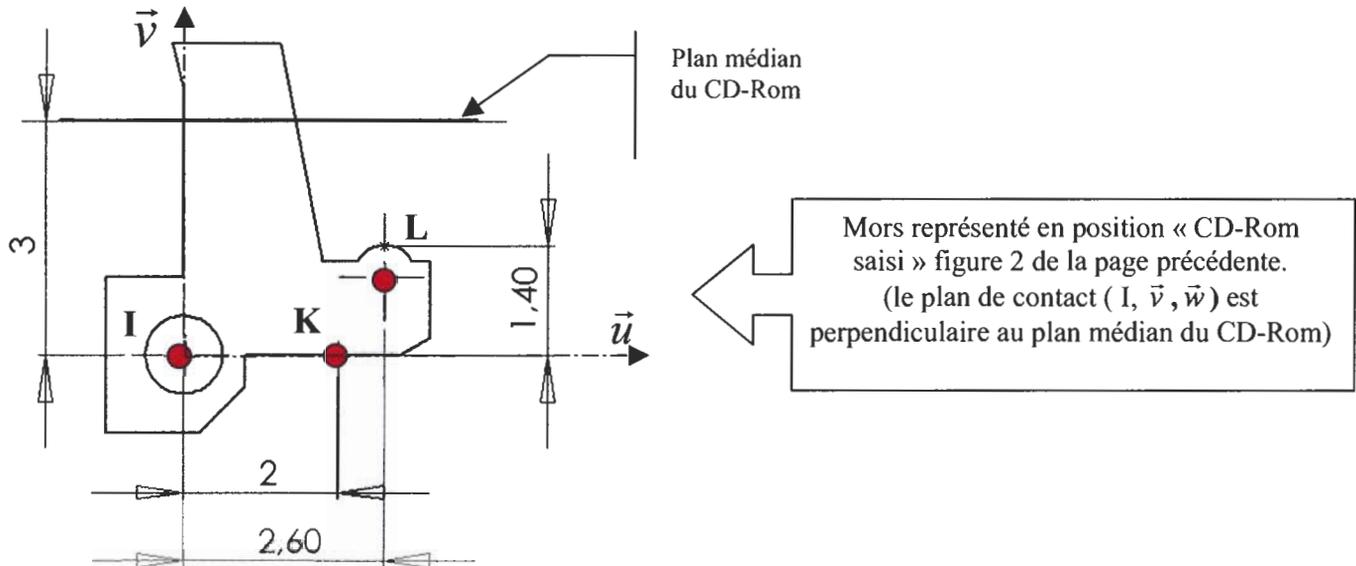


Remarque : les éléments de visserie ne sont pas



Données :

- Le trièdre $(\vec{U}, \vec{V}, \vec{W})$ constitue un trièdre orthonormé direct.
- L'empilage de rondelles déformables comporte 10 rondelles.
- La raideur d'une rondelle déformable est de 100 N.mm^{-1} .
- L'ensemble des rondelles est initialement comprimé de $0,4 \text{ mm}$ (mandrin au repos).
- L'épaisseur d'un CD-Rom est de 1 mm .
- La largeur de la zone de contact entre un CD-Rom et un mors est de $1,4 \text{ mm}$.

**Hypothèses :**

- Le diamètre extérieur de la membrane soumise à la pression de $5 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$ est de 30 mm .
- Le point K modélise le point de contact entre la rondelle déformable et le mors.
- Le plan de contact (I, \vec{v}, \vec{w}) est perpendiculaire au plan médian du CD-Rom.
- Les liaisons sont supposées sans frottement.
- Le poids propre des pièces est négligé.
- Les effets dynamiques sont négligés.

Rappel : la pression atmosphérique vaut $0,1 \text{ MPa}$.

Question B1 : Expliquer comment, lors de la mise en dépression de la zone de chargement, s'effectue la fermeture du mandrin assurant le serrage du CD-Rom.

Question B2 : Vérifier, que l'action mécanique exercée par la pression sur la membrane permet bien d'assurer l'ouverture maximale des mors.

Afin de ne pas détériorer l'alésage central du CD-Rom, il est important de vérifier que, sous l'effet des actions de serrage, la limite élastique du matériau constituant le CD-Rom (polycarbonate tel que $R_e = 30 \text{ MPa}$) n'est pas dépassée.

Question B3 : Vérifier, que l'action mécanique appliquée par un mors du mandrin sur le CD-Rom ne conduit pas, localement, à un dépassement de la limite élastique du matériau constituant le CD-Rom (vous formulerez, ci besoin, les hypothèses supplémentaires nécessaires pour étayer vos conclusions).

C - Vérifier la qualité de la métallisation

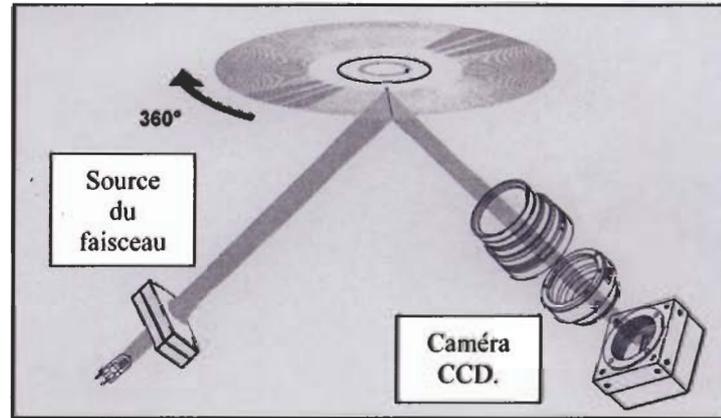
Cette tâche est réalisée par une structure matérielle et logicielle qui consiste à mesurer la quantité de lumière réfléchiée par la métallisation lorsque celle-ci reçoit un faisceau laser incident. Seule la zone utile du disque est testée, soit une couronne de diamètres intérieur et extérieur respectivement égaux à 18 mm et 59 mm (voir figure ci-dessous).

Principe:

Un faisceau laser incident est appliqué selon un rayon du disque (de longueur $59-18 = 41\text{mm}$).

La lumière réfléchiée vient activer 2048 pixels également répartis selon une ligne sur l'écran d'une caméra CCD. La longueur de cette ligne correspond à la longueur du rayon éclairé sur le disque.

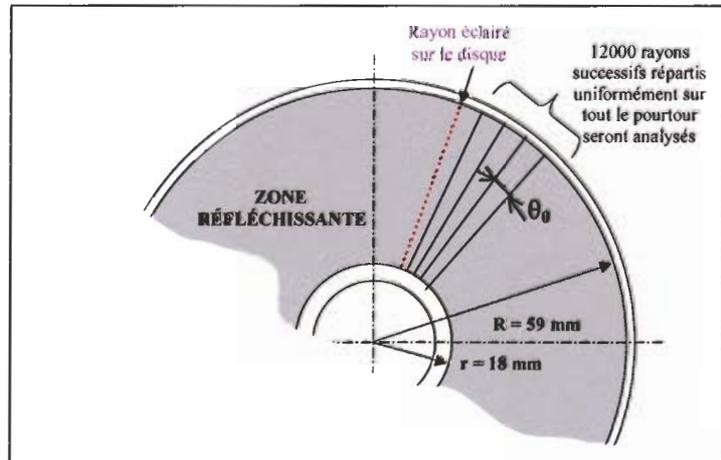
Chaque pixel délivre une tension continue proportionnelle à la quantité de lumière reçue.



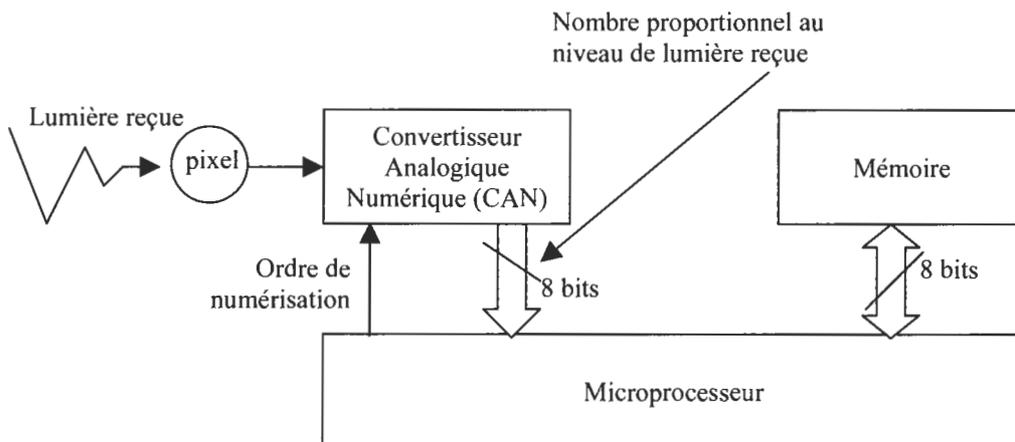
Il s'ensuit alors les traitements suivants :

- numériser ces 2048 tensions selon un format de 8 bits (délivrer un nombre entre 0 et 255),
- stocker ces octets dans une mémoire,
- interpréter ces résultats.

De manière à tester toute la surface du disque, ce procédé est appliqué, au cours de la rotation du disque de 360° , à 12000 rayons successifs répartis uniformément sur tout son pourtour.

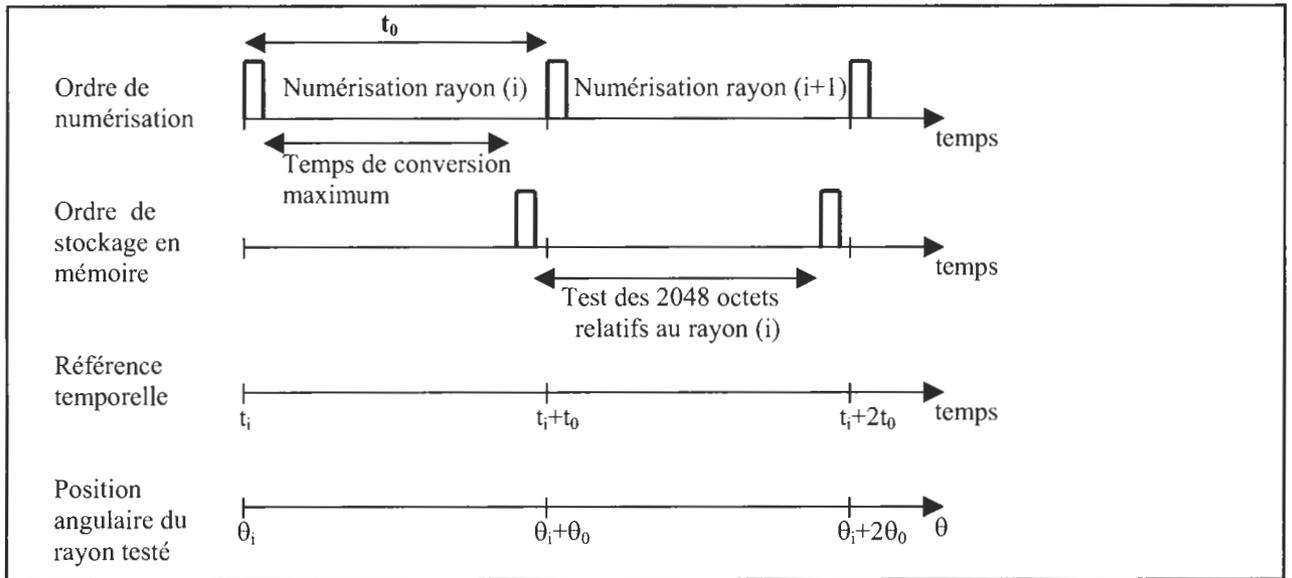


La chaîne de mesure du niveau de gris reçu par un pixel se présente de la manière suivante :



Cette structure présente en réalité 2048 Convertisseurs Analogiques Numériques qui numérisent tous les pixels d'un même rayon (i).

Diagramme temporel



Un défaut sur la métallisation se traduira par un niveau de lumière réfléchi hors d'un gabarit donné. Plusieurs standards existent pour ce test selon la qualité du disque fabriqué.

Pour que ce défaut entraîne un rejet du disque, il faut que la zone défectueuse occupe une longueur minimale sur le rayon testé, ce qui correspondra à un certain nombre d'octets successifs de valeurs erronées.

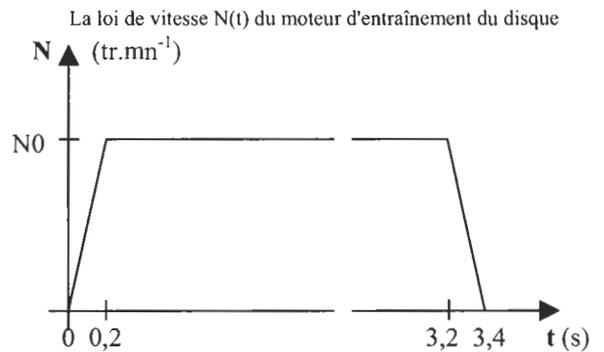
L'algorithme de ce test est donné sur le **DOCUMENT REPONSE 2**. Il est à noter que les temps d'exécution indiqués correspondent à des valeurs maximales dans les cas les plus défavorables.

Question C1 : Quelle devra être la capacité minimale (exprimée en Kilo octets) d'une mémoire pouvant stocker "une image" de la qualité de la couche réfléchissante, c'est-à-dire tous les octets relatifs à tous les points testés sur le disque dans le pire des cas ?

Cette information sera utile pour déceler la nature d'éventuels problèmes car cette image montre la répartition des défauts sur toute la couche.

Question C2 : Sachant que les tests ne s'effectuent que pendant la phase où la vitesse du moteur est constante, calculer la valeur maximale de la durée t_0 définie sur le diagramme temporel ci-dessus.

Cette valeur est un paramètre important à prendre en considération pour le choix des Convertisseurs Analogiques Numériques, question non abordée dans ce sujet.



La partie logicielle du test est décrite par l'algorithme du **DOCUMENT REPONSE 2**.

Question C3 : Compléter les zones colorées sur le **DOCUMENT REPONSE 2** relatif à l'algorithme décrivant la partie logicielle du test, après avoir pris connaissance des commentaires.

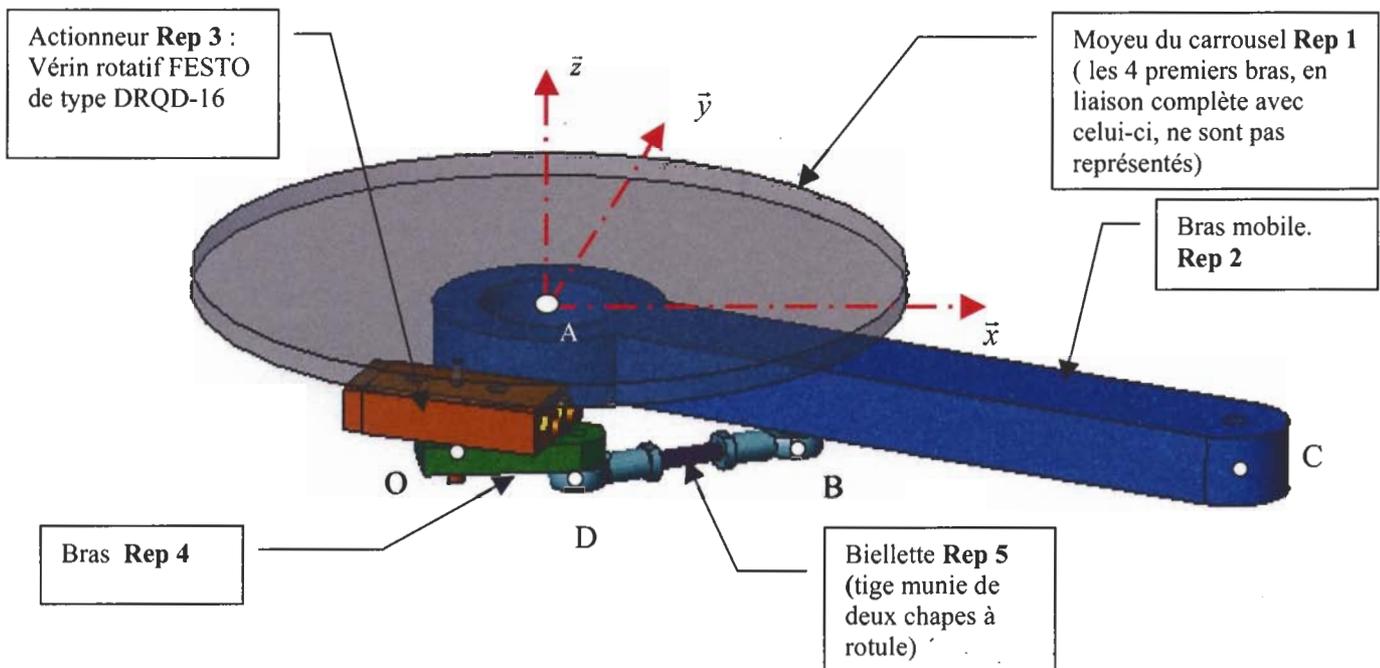
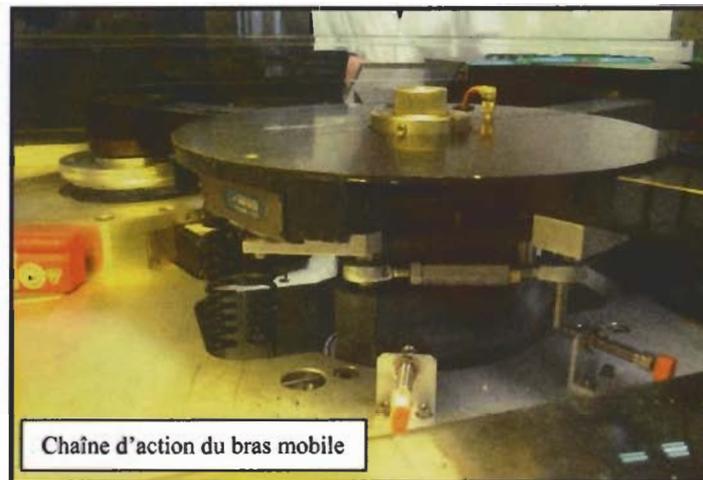
Question C4 : Donner, d'après cet algorithme, la relation littérale exprimant le temps d'exécution du test de la qualité de la métallisation d'un CD-Rom dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire lorsque le disque est bon : $t_{\text{exéc}} = f(t_{01}, t_{02}, t_{03})$.
Faire l'application numérique et vérifier si ce temps est compatible avec le temps de cycle du test d'un CD-Rom.

D - Vérifier le dimensionnement du vérin rotatif

Comme cela a été expliqué dans la présentation, le dernier bras du carrousel est un bras mobile qui permet :

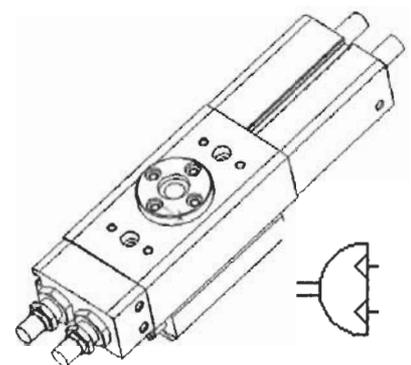
- dans le cas général, d'acheminer les CD-Rom conformes au poste 5,
- dans le cas particulier où un défaut a été constaté au poste 4, d'acheminer le CD-Rom défectueux au poste 6.

Ce mode de fonctionnement est rendu possible par la mobilité en rotation supplémentaire d'axe (A, \vec{z}) que possède ce bras mobile par rapport au moyeu du carrousel.

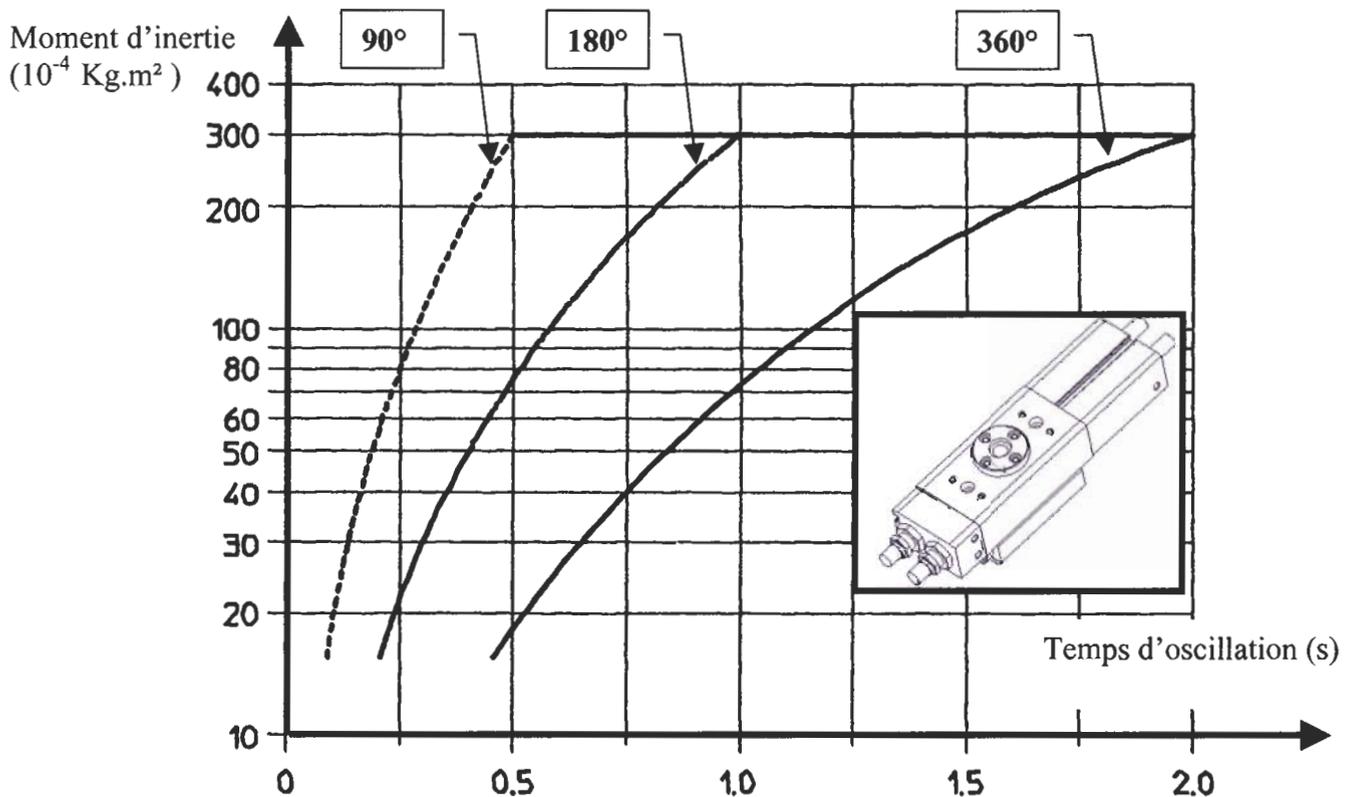


Le Vérin rotatif FESTO de type DRQD-16, choisi par le constructeur pour mettre en mouvement le bras mobile, est muni de dispositifs d'amortissement de fin de course. Le constructeur fournit une courbe (voir page suivante) permettant de choisir ou de vérifier ce composant en fonction :

- de la durée minimale de la rotation (dans un sens) exprimée en secondes,
- de l'amplitude du mouvement de rotation,
- du moment d'inertie de l'ensemble à entraîner ramené sur l'axe de l'actionneur.



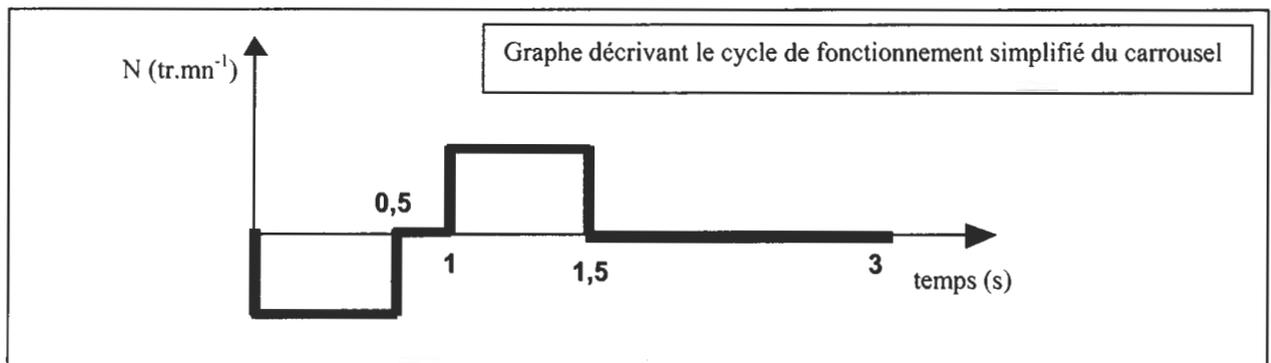
Vérin rotatif FESTO DRQD-16 (et son schéma pneumatique)



Le cycle de fonctionnement simplifié du carrousel est décrit par le graphe ci-dessous.

Remarques : Compte tenu du système d'axe défini sur le **DOCUMENT 1**, le transfert d'un CD-Rom du poste i au poste $i+1$ nécessite une rotation dans le sens horaire.

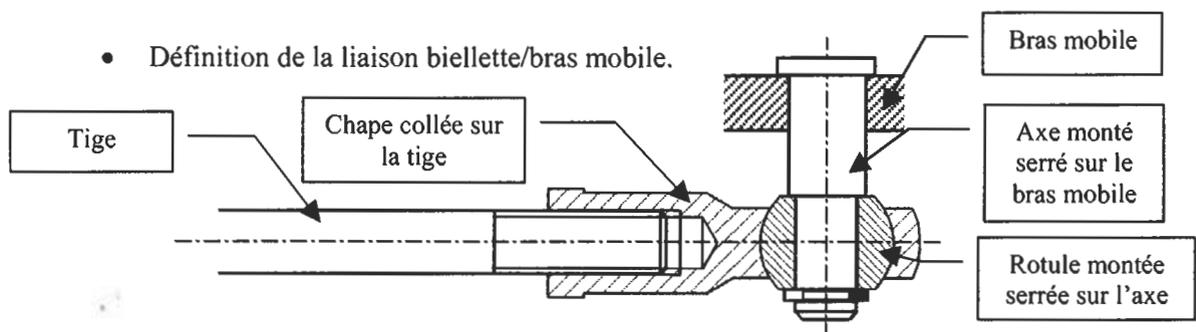
Le transfert du CD-Rom défectueux au poste 6 s'effectue pendant que le carrousel est à l'arrêt, le retour du bras mobile en position initiale s'effectue quant à lui simultanément avec le retour en position initiale du carrousel.



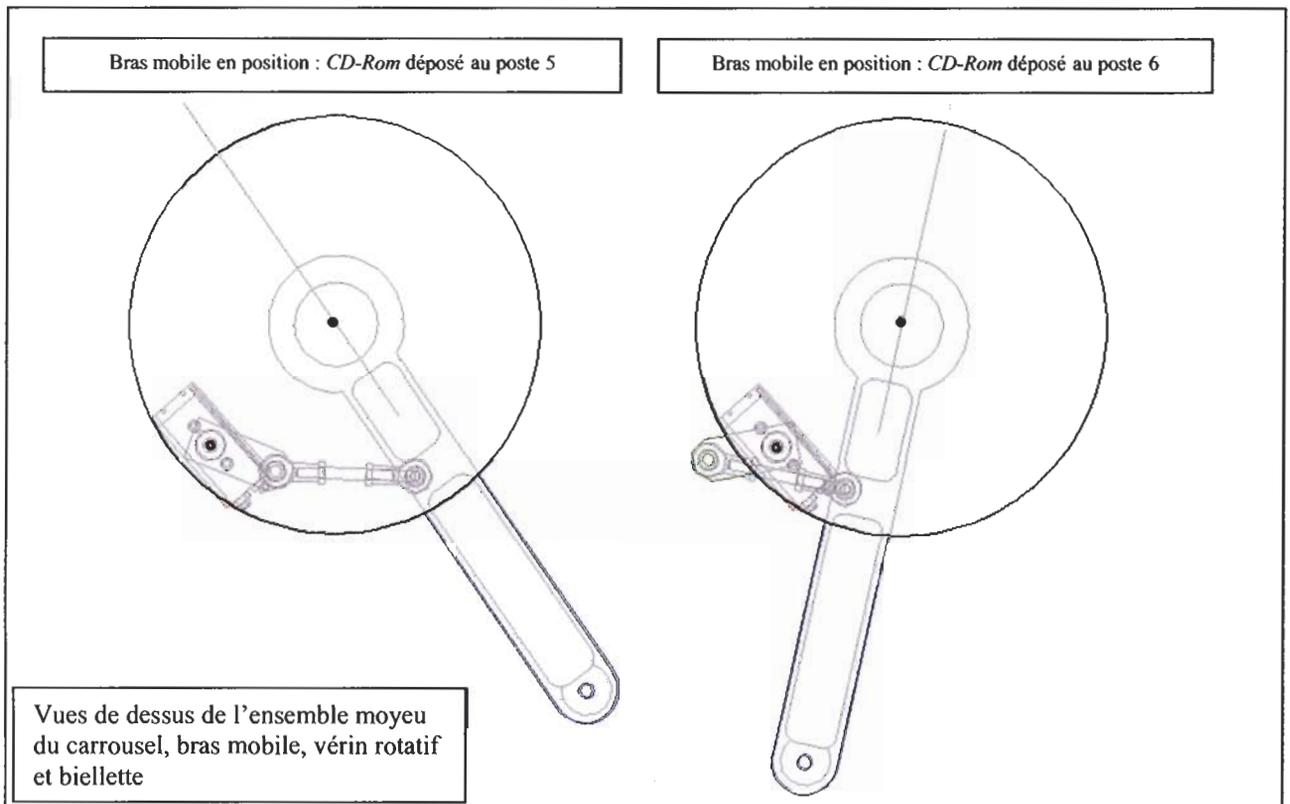
DONNEES :

- L'inertie de l'ensemble des pièces mobiles ramenée sur l'arbre moteur vaut $24,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$.

- Définition de la liaison biellette/bras mobile.



- Les figures ci-dessous définissent le débattement angulaire du bras mobile.



Question D1 : Construire le schéma cinématique spatial du mécanisme décrit ci-dessus (le moyeu du carrousel sera considéré, dans cette étude, comme fixe par rapport au bâti).

Question D2 : Vérifier, en détaillant votre démarche, que l'actionneur de type DRQD-16 a été correctement choisi (hypothèse : les frottements au sein du mécanisme sont négligés).
En déduire le temps de cycle minimum admissible pour l'actionneur, permettant d'effectuer le transfert du CD-Rom défectueux au poste 6.

Un des problèmes qui se pose lors du démarrage du bras concerne le maintien par adhérence du CD-Rom en bout du bras mobile. Le CD-Rom est en effet maintenu en position par 3 ventouses, un démarrage trop brutal provoque la rupture du contact entre le CD-Rom et les ventouses.

Question D3 : Compte tenu du temps de cycle minimum calculé à la question précédente, déterminer graphiquement, sur le DOCUMENT REPONSE 3, la vitesse du point C appartenant au bras mobile 2 par rapport au moyeu 1 du carrousel notée $\vec{V}(C \in 2/1)$.

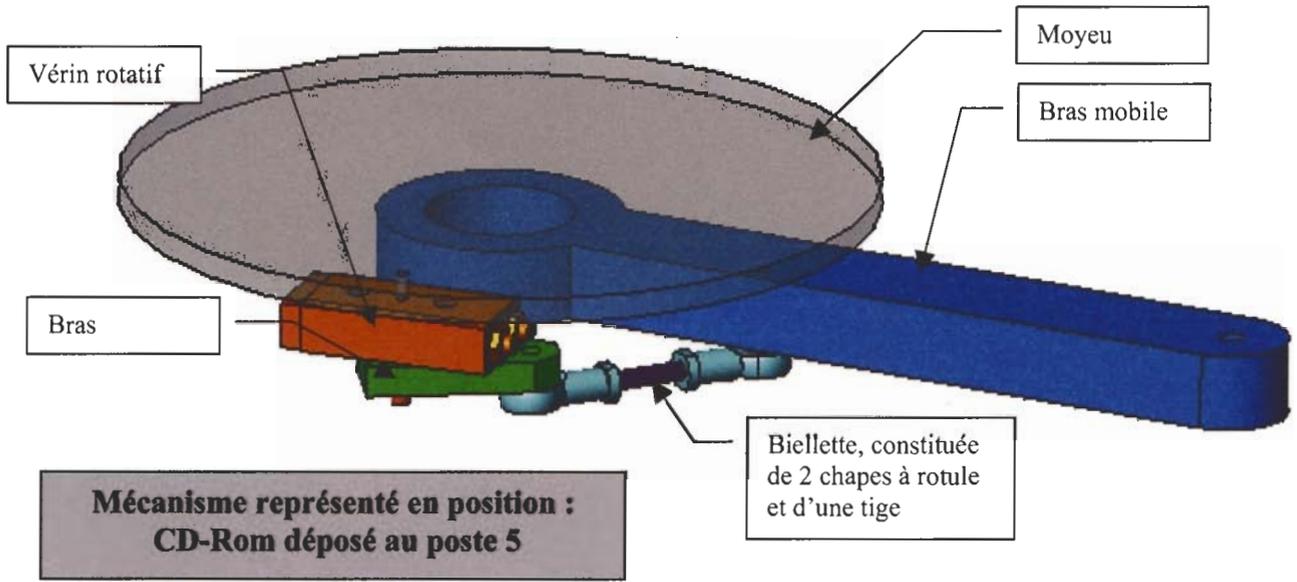
L'expérience du constructeur dans ce domaine lui a permis de définir une vitesse maximale permettant d'éviter ce problème de rupture de contact CD-Rom ventouses. La vitesse maximale admissible est $\|\vec{V}(C \in 2/1)\| = 0,35 \text{ m.s}^{-1}$.

Question D4 : Vérifier si cette vitesse est compatible avec la définition du cycle de fonctionnement du carrousel (détailler votre démarche).

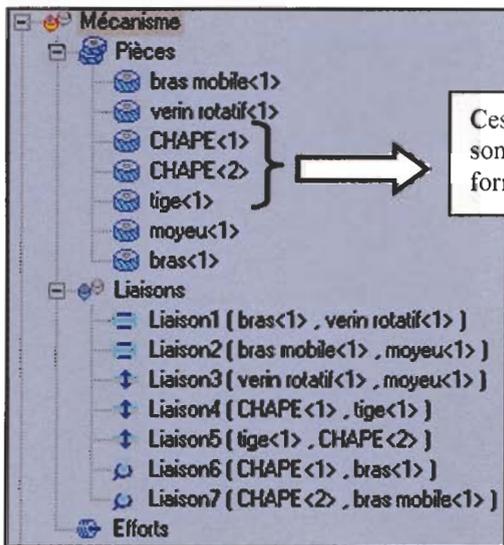
Question D5 : Le constructeur doit adapter la fréquence de rotation du vérin rotatif ; proposer sous forme d'un schéma pneumatique une solution permettant de régler cette fréquence de rotation (*justifier vos choix au moyen de quelques explications*).

Modèle numérique du mécanisme de mise en œuvre du bras mobile.

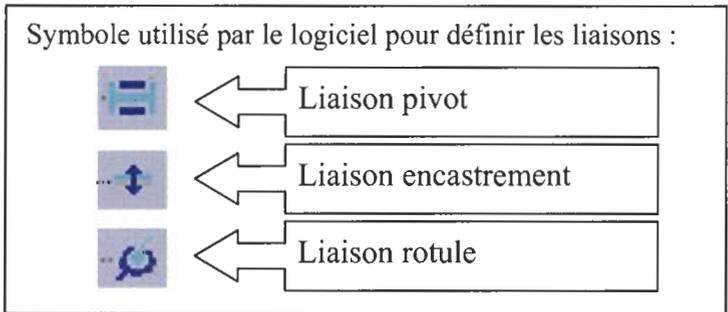
Afin de mieux maîtriser la conception de ces systèmes mécaniques, le constructeur utilise un logiciel de simulation associé à un modéleur volumique.



La figure ci-dessous apporte les informations relatives au modèle choisi par le constructeur, notamment concernant les classes d'équivalence et les liaisons retenues.



Ces trois pièces appartiennent à la même classe d'équivalence. Elles sont donc en liaison encastrement les unes par rapport aux autres formant ainsi la bielle définie sur la figure de la page précédente.



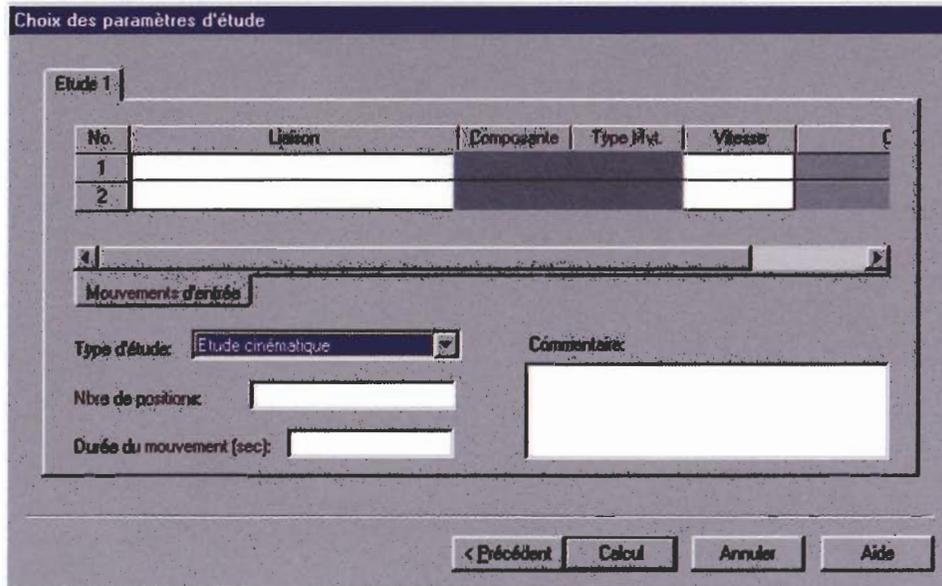
Le mécanisme étant ainsi défini, le logiciel réalise, préalablement au calcul, une analyse dont les résultats sont donnés dans le tableau ci-contre.

Analyse du mécanisme	
Analyse cinématique: Le graphe de structure du mécanisme présente 1 cycle(s) indépendant(s); Le système cinématique comporte: 6 équation(s) et 8 inconnue(s) cinématique(s).	Analyse statique: Le mécanisme comprend 6 pièce(s) (bâti non compris); Le système statique comporte: 36 équation(s) et 34 inconnue(s) de liaison(s) et 0 inconnue(s) de effort(s) extérieur(s). L'étude des efforts est possible...
En résumé: Le mécanisme est isostatique et possède un degré de mobilité égal à : 2	

Question D6 : Le logiciel nous indique que le graphe de structure du mécanisme ne présente qu'un seul cycle indépendant, commenter cette affirmation. Comment nomme-t-on les mécanismes présentant ce type de graphe ?

Question D7: Expliquer précisément à quels mouvements correspondent les 2 degrés de mobilité.

Le calcul nécessite le choix des paramètres de l'étude. Le logiciel nous propose donc de définir les paramètres cinématiques de deux liaisons.

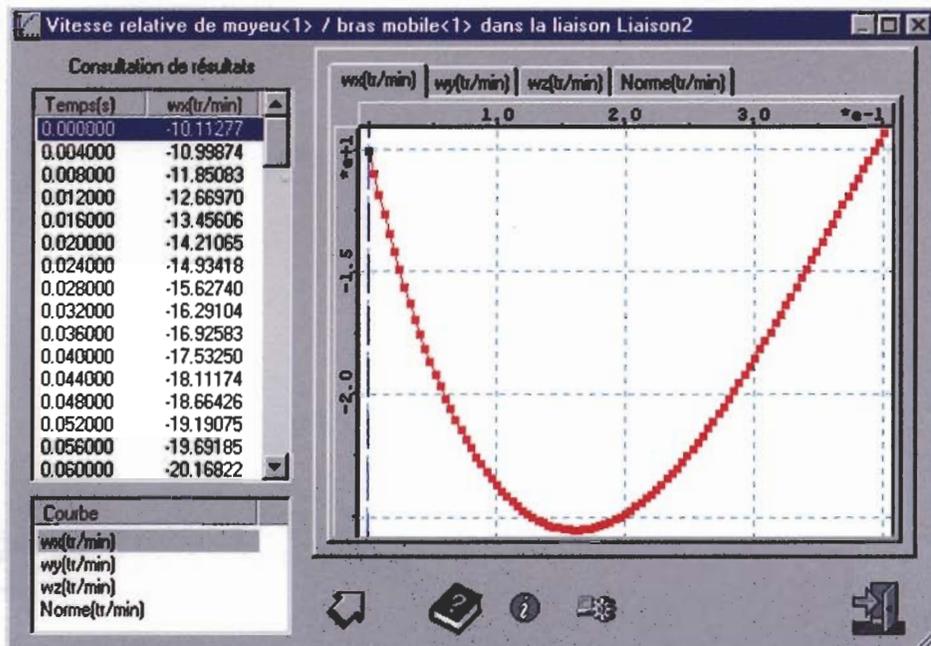


Sachant que les unités utilisées par le logiciel sont :

- Pour les vitesses de rotation : $\text{tr} \cdot \text{mn}^{-1}$.
- Pour les vitesses linéaires : $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Question D8 : Choisir les deux liaisons à paramétrer (liaison n° ?). Définir pour chacune d'entre elles la vitesse, sachant que l'amplitude de la rotation du bras, par rapport au vérin rotatif, est égale à 150° , cette amplitude étant par ailleurs atteinte en 0.4 s.

Question D9 : Au vu du résultat donné ci-dessous, le choix du mécanisme de transformation de mouvement vous semble-t-il pertinent (détailler votre réponse)?



E - Etudier une solution technique

Afin de faire face à la demande toujours croissante en CD-Rom, les constructeurs de ces lignes de production ont conçu des unités de production assurant une cadence double de la ligne de production présentée précédemment.

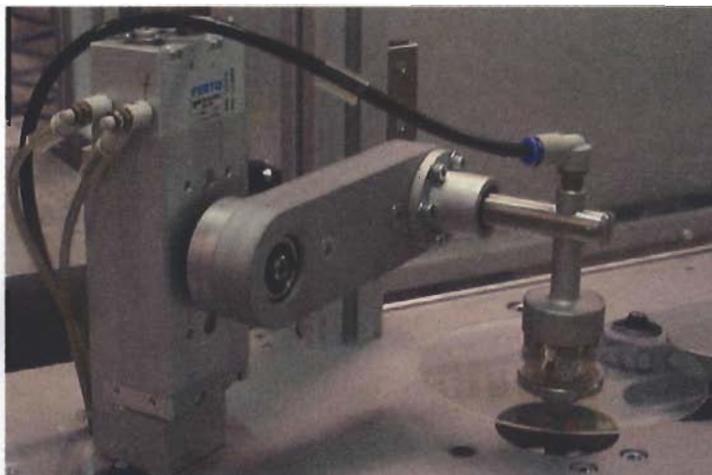
Il s'agit en fait d'une évolution de la structure existante.

- Le convoyeur à courroie a été conservé (en augmentant la capacité de refroidissement de l'enceinte ventilée).
- En amont du convoyeur, deux presses à injecter ainsi que deux transferts rotatifs associés à deux postes de retournement ont été positionnés.
- En aval du convoyeur, deux carrousels ont été positionnés (voir schéma ci-contre). Les CD-Rom transportés par le convoyeur sont alors saisis par un **bras manipulateur** (objet de l'étude) assurant leur acheminement vers les carrousels n° 1 ou n°2.

Le bras manipulateur a été conçu spécifiquement pour cette utilisation par un sous-traitant spécialisé. Il devra respecter les éléments du cahier des charges suivant :

- Assurer un mouvement de rotation d'axe autour de l'axe \vec{z} , permettant d'alimenter alternativement les deux transferts rotatifs de sortie (**ne fait pas partie de l'étude**).
- Assurer le transport des CD-Rom entre le convoyeur et l'un ou l'autre des deux carrousels, en utilisant un mouvement de translation circulaire.
- Les actionneurs utilisés sont des vérins rotatifs pneumatiques.
- Le sous-traitant, qui a conçu ce bras, le propose pour des applications en automatisme dans son catalogue, il envisage des séries de 200 unités par an renouvelables.

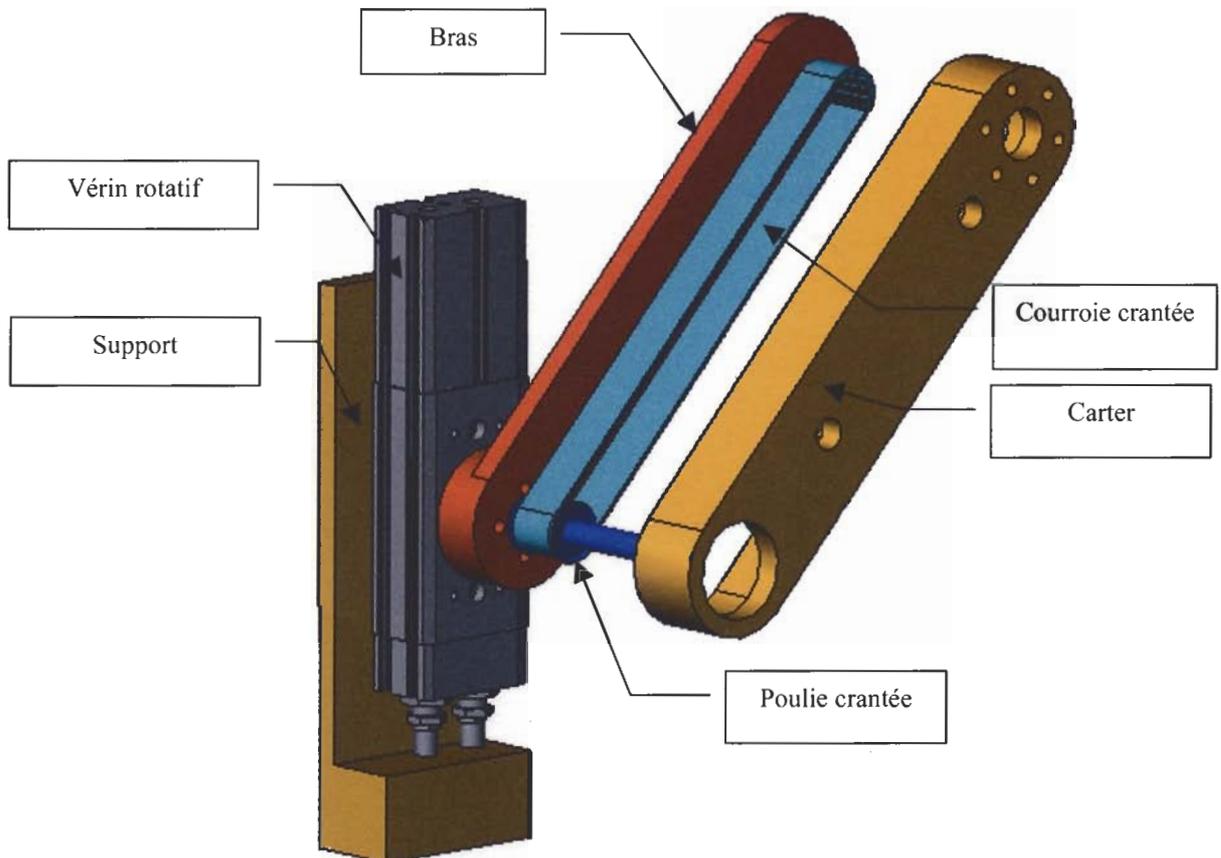
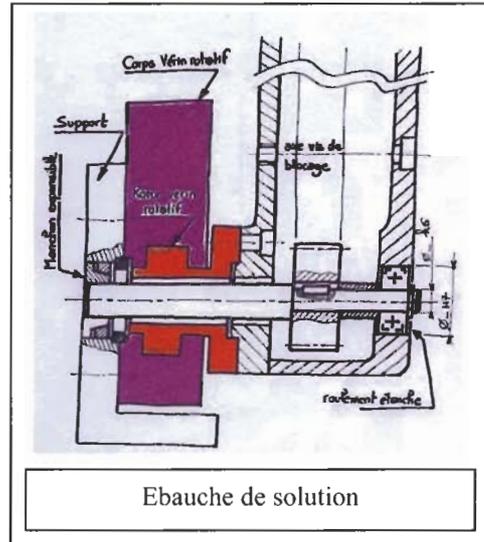
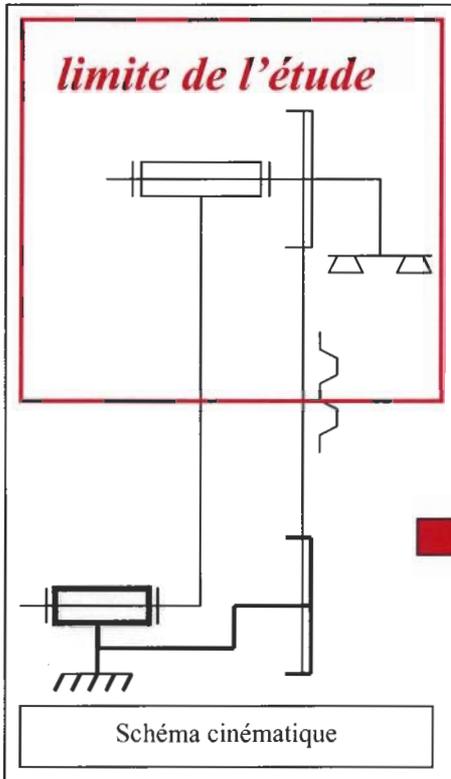
La photo ci-dessous représente le manipulateur dans sa version finale (la partie du mécanisme assurant le mouvement de rotation d'axe \vec{z} n'est pas visible).



La conception de ce bras manipulateur a été réalisée au moyen d'un modeleur 3D.

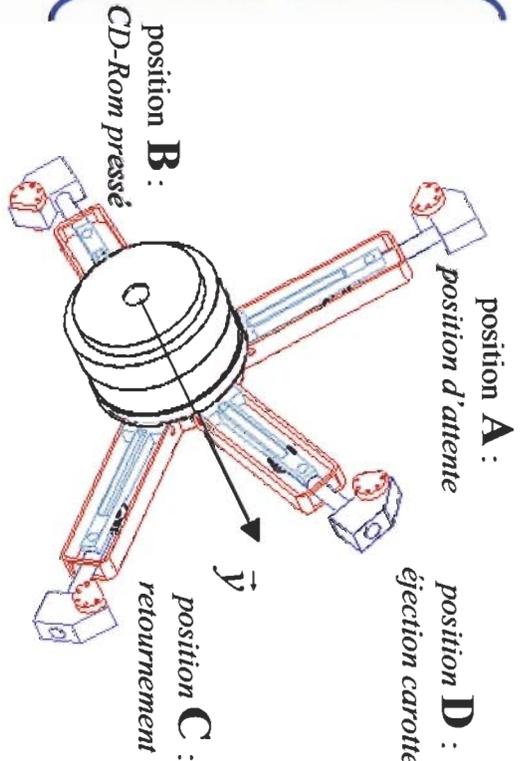
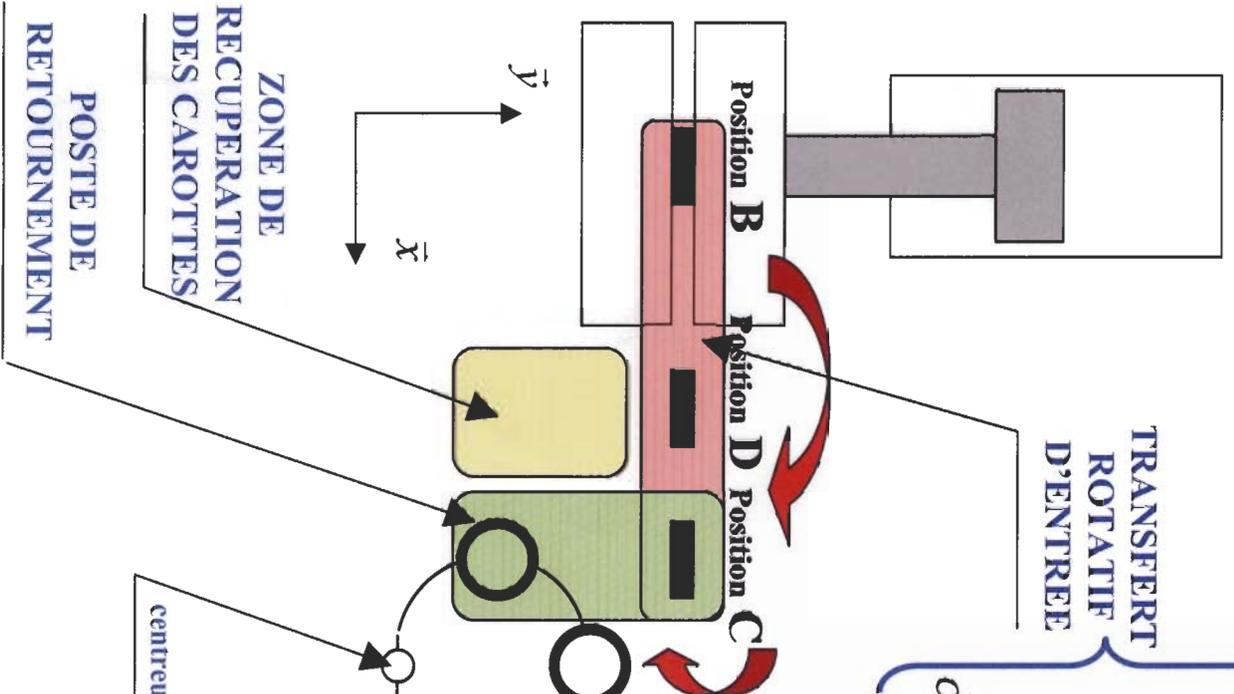
Afin de préparer le travail sur ce type de logiciel, le bureau d'étude a :

- dans un premier temps, défini le bras manipulateur au moyen d'un schéma cinématique (voir ci-dessous).
- dans un deuxième temps, esquisser, à main levée, une ébauche de solution sur le **DOCUMENT REPONSE 4**. Cette ébauche a servi de base de travail à la conception 3D du bras manipulateur dont une partie est présentée ci-dessous.

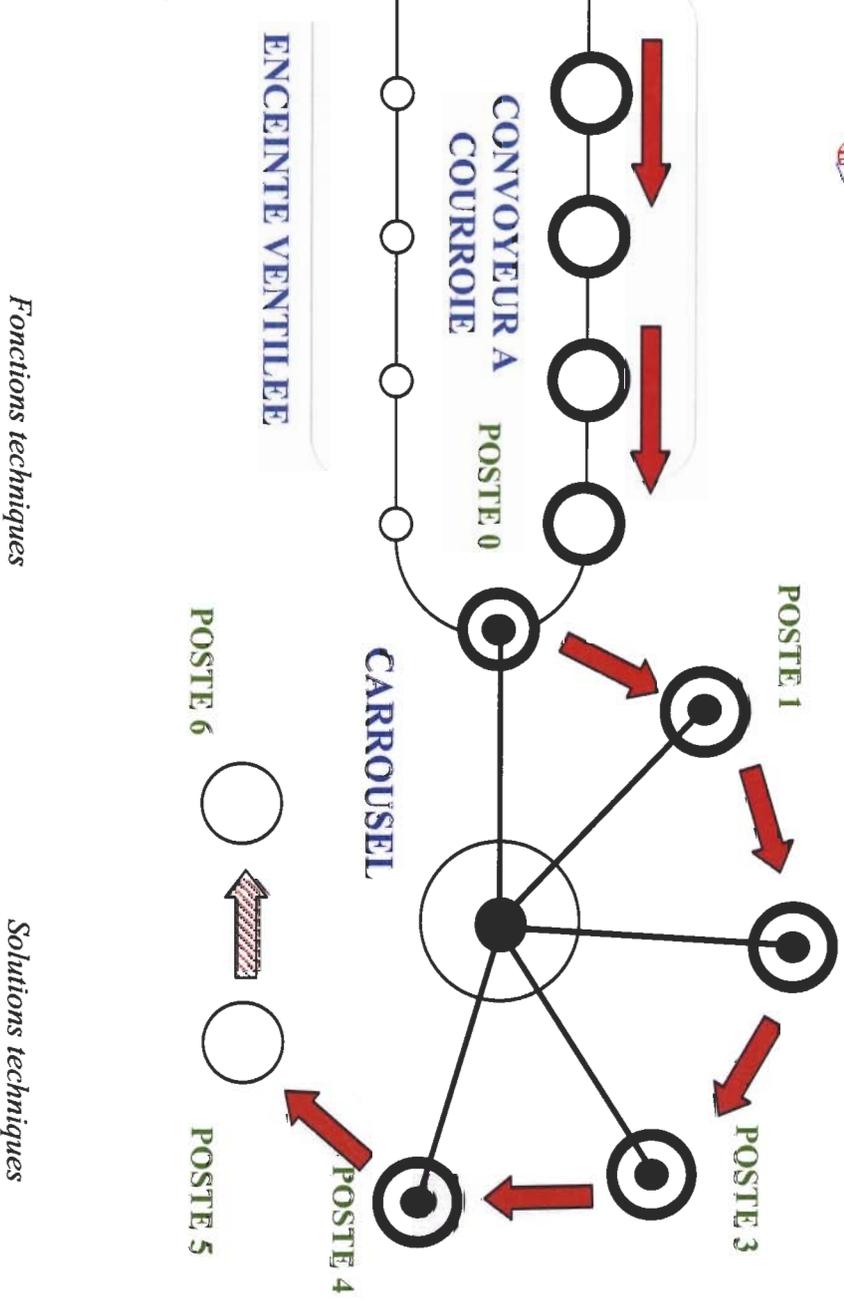


Question E1 : Compléter, à main levée, l'ébauche de solution proposée sur le **DOCUMENT REPONSE 4**.

PRESSE A INJECTER



- POSTE 0 : CD-Rom en attente
- POSTE 1 : Métallisation sous vide
- POSTE 2 : Dépôt de vernis protecteur
- POSTE 3 : Solidification du vernis protecteur
- POSTE 4 : Contrôle (scanner)
- POSTE 5 : Evacuation CD-Rom conformes
- POSTE 6 : Evacuation CD-Rom non conformes

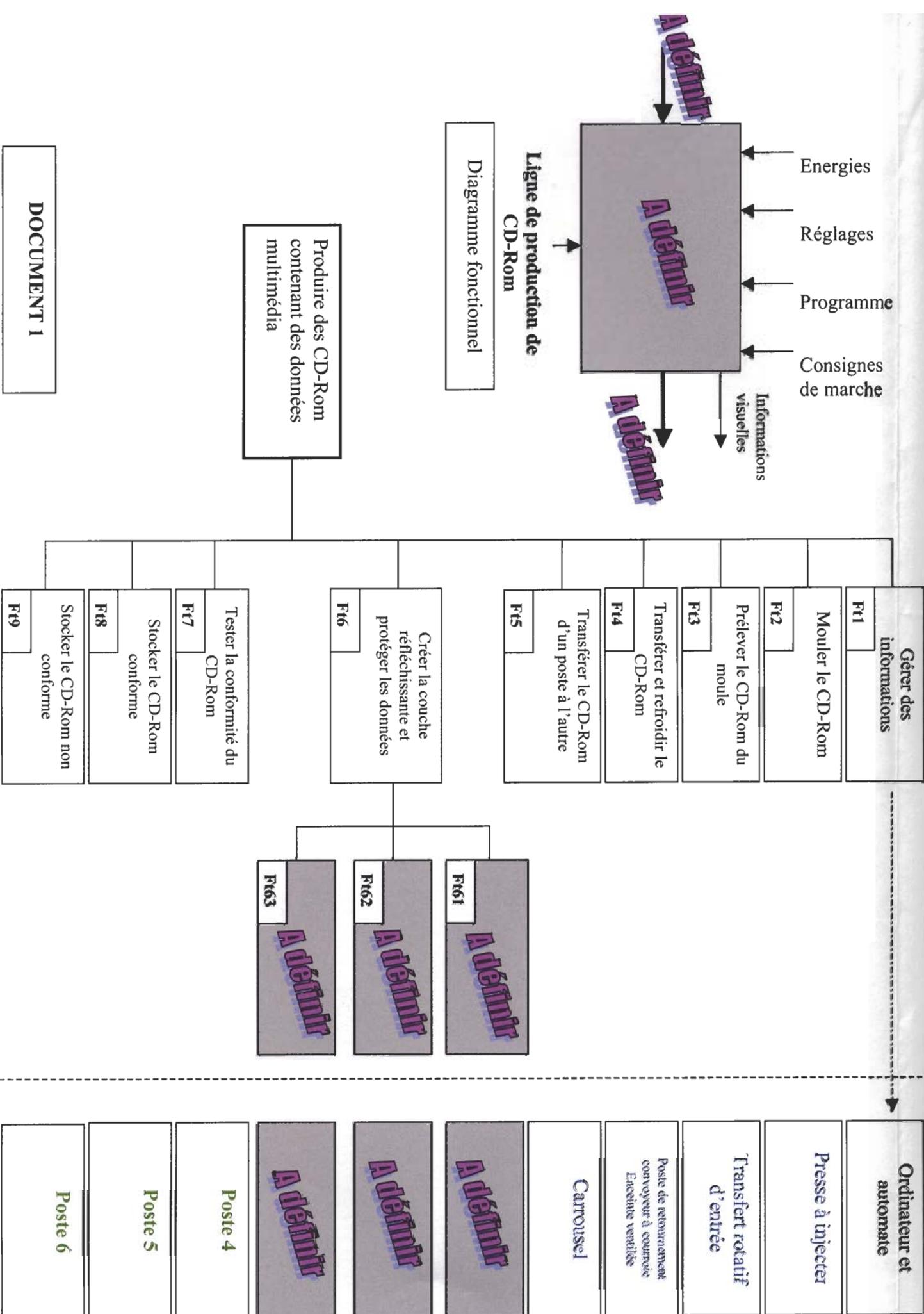


Fonctions techniques

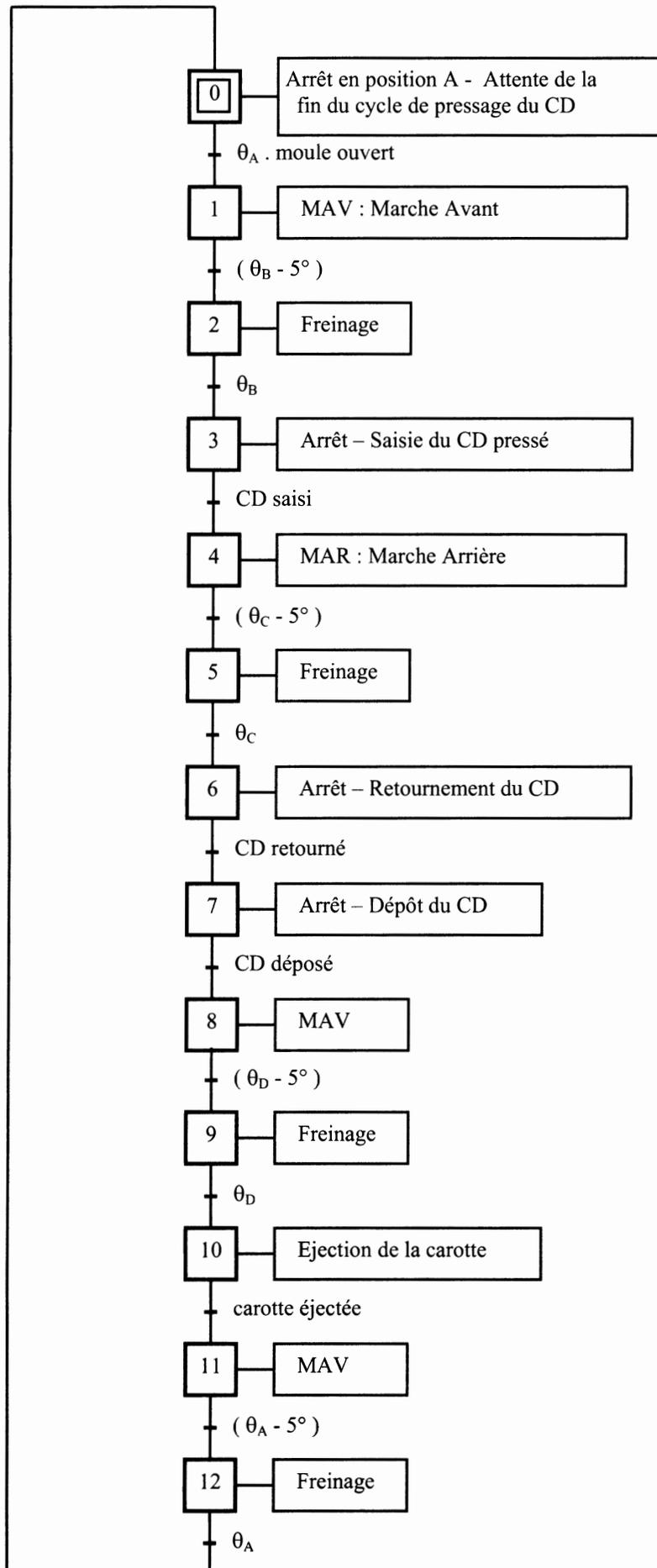
Solutions techniques

Gérer des informations

Ordinateur et automate

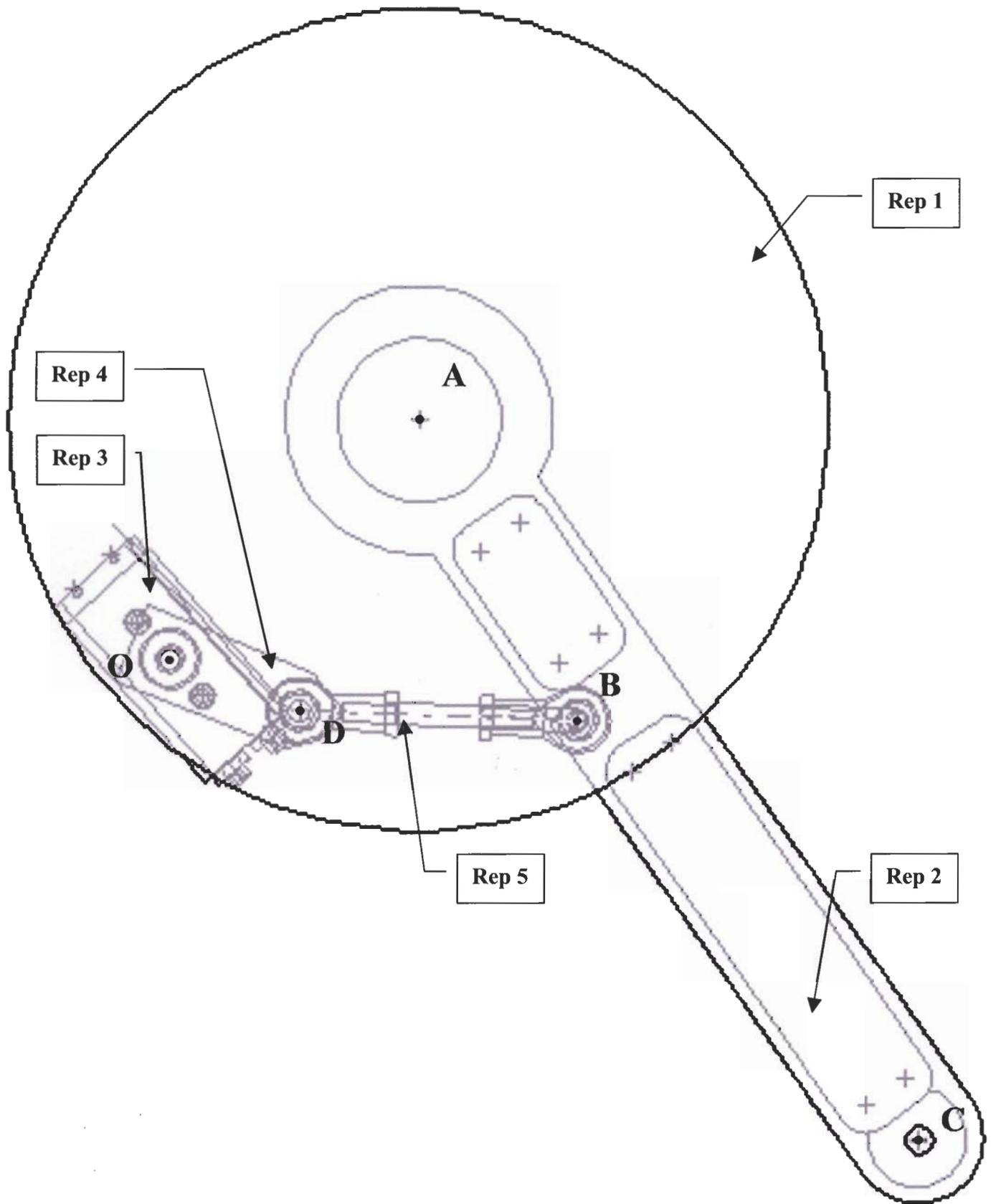


GRAFSET



Documents

Réponse



Echelle du dessin 1 : 2

Echelle des vitesses conseillée : 10mm \longleftrightarrow 0.1 m.s⁻¹

DOCUMENT REPONSE 3

