

SESSION 2017

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

Section : GÉNIE MÉCANIQUE

Option : CONSTRUCTION

ANALYSE D'UN PROBLÈME TECHNIQUE

Durée : 4 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Il est demandé au candidat d'utiliser des feuilles de copie distinctes pour chacune des parties traitées et d'insérer les documents réponses, complétés ou non, dans les copies relatives à la partie considérée. Le candidat pourra apporter tous les compléments qu'il souhaite sur ces mêmes copies. L'ensemble sera alors placé dans une copie servant de « chemise » pour toute la composition.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Le sujet comporte 28 pages

- le dossier sujet commençant par la mise en situation et comportant 53 questions (pages 1/19 à 19/19) ;
- le dossier réponse comportant 4 documents réponse (DR1 à DR4) ;
- le dossier technique comportant 5 documents techniques (DT1 à DT5) ;

RECOMMANDATIONS

L'étude est composée de 8 parties qui se suivent, mais qui sont indépendantes.

Il est proposé au candidat de répartir son temps de travail sur les différentes parties de l'étude de la façon suivante :

| | | |
|------------------------------|---|-------------------|
| Partie A | Mise en situation | 10 minutes |
| Partie B | Présentation du scanner de lumière | |
| Partie C.I | Analyse fonctionnelle du système | 10 minutes |
| Partie C.II-1 | Étude de la motorisation des Gobos | 50 minutes |
| Partie C.II-2 & 3 | Étude de l'effet stroboscopique | 50 minutes |
| Partie C.III | Étude du guidage en rotation | 30 minutes |
| Partie C.IV | Fixation du scanner | 50 minutes |
| Partie C.V | Rigidité de la barre supérieure | 40 minutes |

A. MISE EN SITUATION DU SYSTEME ÉTUDIÉ

La lumière occupe depuis longtemps une place importante à travers le domaine artistique. Qu'elle soit naturelle ou artificielle, elle a été exploitée à travers le temps pour montrer, dévoiler, embellir ou encore faire passer une émotion.

Mettre en lumière un spectacle est de nos jours une tâche essentielle pour sa réussite.

En accord avec le metteur en scène, le décorateur et le costumier, les techniciens éclairagistes ont donc en charge la scénographie lumière. Leur mission sera :

- d'élaborer les lumières projetées sur la scène et les acteurs,
- de créer une ambiance,
- d'attirer l'attention du public sur certains aspects du spectacle.



Fig. 1

Les principales caractéristiques de la lumière que l'éclairagiste se doit de maîtriser sont :

- l'intensité : l'éclairage de scène peut varier en intensité d'une lueur quasi imperceptible à une luminosité aveuglante,
- la couleur : la couleur d'un objet sur scène est déterminée tant par sa couleur réelle que par la couleur de la lumière qui l'éclaire. Des filtres permettent d'accentuer certains éléments du décor,
- le mouvement : l'intensité, la couleur et la distribution de la lumière peuvent être modifiées aussi vite ou aussi lentement que le concepteur et le metteur en scène le désirent,
- la direction : on peut en faire varier la forme depuis une lueur douce, sans définition particulière, jusqu'à un rayon aux contours nets. On peut aussi faire passer le rayon lumineux à travers une plaque de métal trouée, appelée un **gobo** (de l'anglais : "**G**oes **b**efore **O**ptics"), et créer ainsi des formes et des intermittences.

On utilise à cet effet des lasers, des stroboscopes ou des scanners. L'étude portera sur un scanner de lumière iRocks 7S. Ce système est capable d'assurer les quatre caractéristiques précédentes.

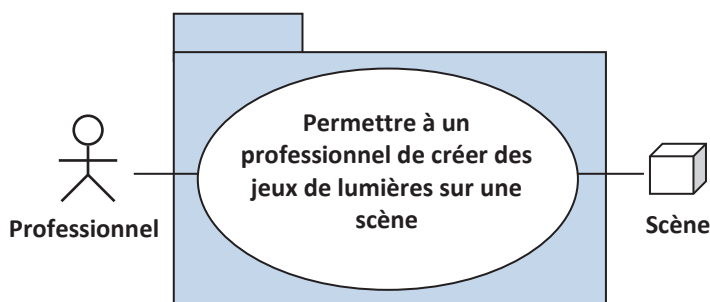


Fig. 2

Une analyse du contexte précise quelques éléments de l'environnement du scanner de lumière.

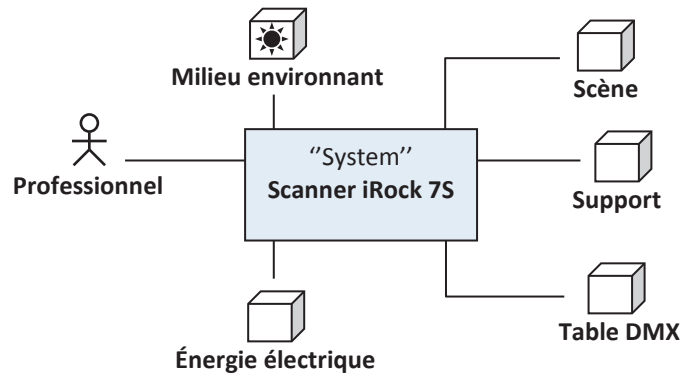


Fig. 3

B. PRÉSENTATION DU SCANNER DE LUMIÈRE

Le scanner de lumière peut être mis en œuvre de trois façons :

- en utilisant les programmes intégrés,
- en utilisant un contrôleur annexe connecté à l'entrée jack de l'appareil,
- en utilisant un contrôleur DMX universel.

Une lampe à décharge de 250 W de type MSD 250/2 permet de créer la lumière.

Le diagramme d'exigences ci-dessous met en évidence les contraintes à satisfaire par le système.

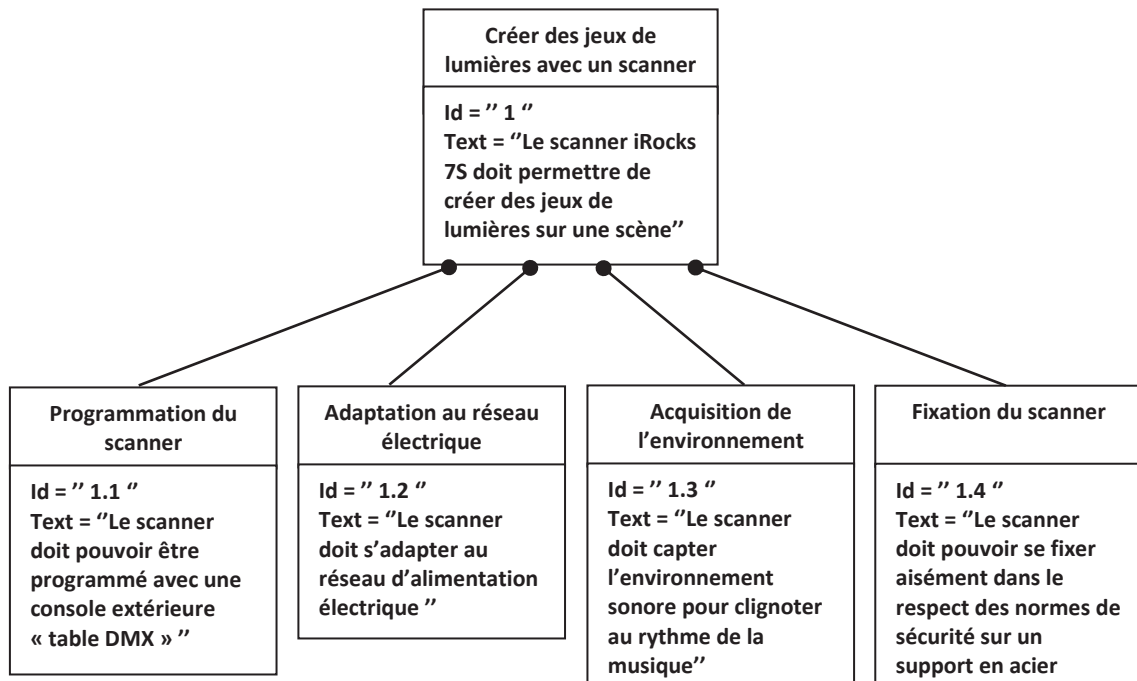


Fig. 4

Les principaux éléments composant le scanner iRock 7S sont définis dans le diagramme de définition de blocs ci-dessous :

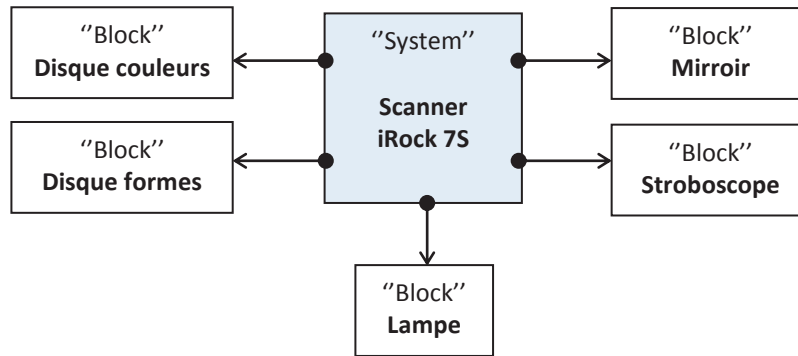


Fig. 5

Six fonctions doivent être assurées par le système (voir DT1 et DR1) :

- faire pivoter le miroir pour modifier l'orientation de la lumière émise (actionneur N°1),
- orienter le miroir pour modifier la direction de la lumière émise (actionneur N°2),
- changer la couleur projetée (actionneur N°3),
- changer la forme projetée (actionneur N°4),
- mettre en mouvement la forme projetée (actionneur N°5),
- créer un effet stroboscopique (actionneur N°6).

Ces six fonctions sont assurées à partir de six chaînes cinématiques, chacune pilotée par un moteur pas à pas. Les formes projetées sont obtenues à partir de six disques métalliques sur lesquels sont découpés des motifs. On rappelle que ces disques portent le nom de **gobos** et peuvent être animés.

C. ÉTUDE DEMANDÉE

I. ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME

L'étude suivante doit vous permettre de comprendre l'architecture globale du scanner IRock S7.

Question 1 : A partir des éléments fournis ci-dessus et de l'observation des documents techniques DT1 et DT2, identifier le type et le numéro des actionneurs sur le DR1 et compléter le diagramme FAST du document réponse DR2.

II. VALIDATION DE LA MOTORISATION DU SYSTÈME

Le constructeur a fait le choix de motoriser les six chaînes fonctionnelles du scanner IRock7S par le même type de moteur. Parmi ces chaînes fonctionnelles, on se propose de vérifier la validité de la performance en vitesse de la motorisation des gobos mais aussi celle qui permet d'obtenir l'effet stroboscopique.

II - 1 Étude cinématique de la motorisation des gobos

Les mouvements qui impliquent les gobos sont de deux types.

Type 1 -> Le gobo est amené ou enlevé en position (dans l'axe du faisceau lumineux) grâce au moteur de changement de forme qui entraîne le disque à gobos (voir DT1 + DT2).

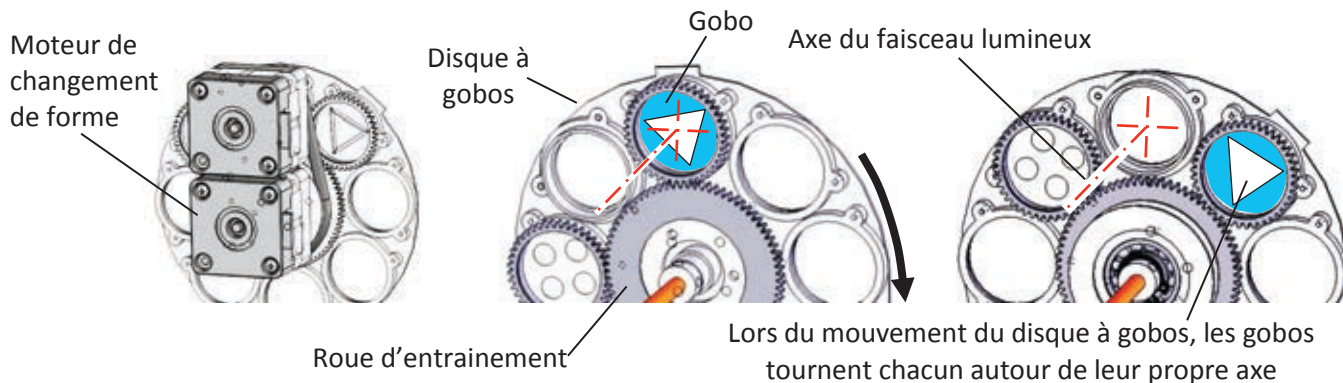


Fig. 6

Type 2 -> Un effet de balayage de lumière d'un gobo peut être créé grâce au moteur d'orientation du miroir (voir DT1 + DT2).

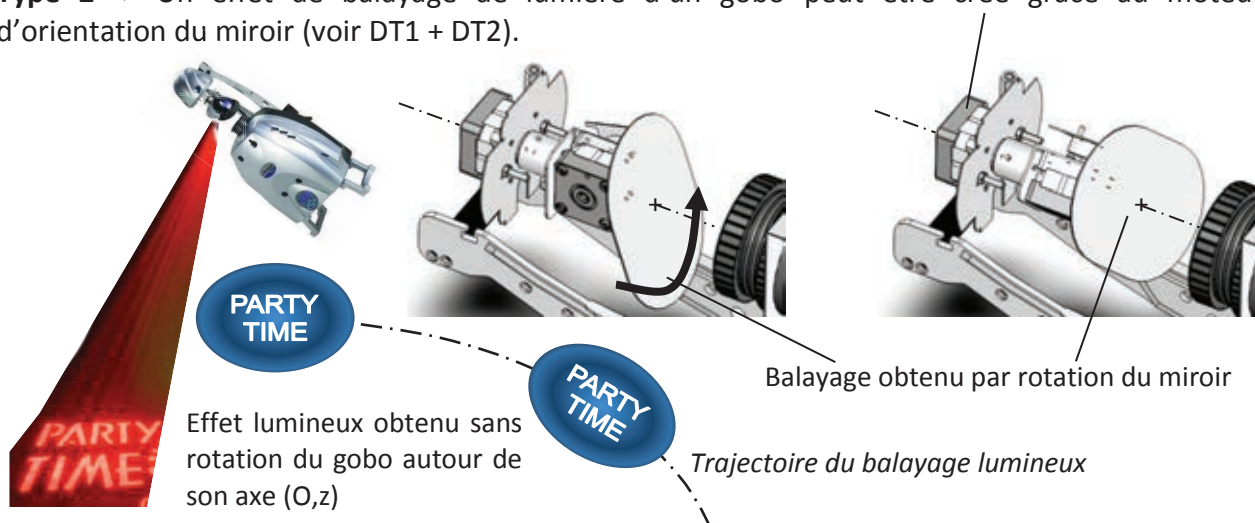


Fig. 7

Le gobo pouvant être un support publicitaire, les effets lumineux doivent pouvoir se faire sans qu'apparaisse la rotation de la publicité sur elle-même lors que le gobo est amené (ou enlevé) mais aussi lors d'un balayage lumineux. Un mécanisme permet de supprimer cette rotation visuelle « parasite ».

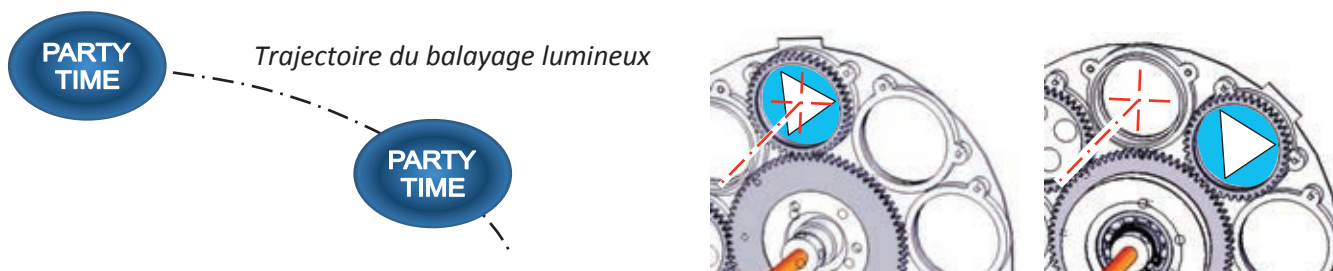


Fig. 8

On se propose dans cette partie d'étudier la chaîne cinématique qui permet de mettre en mouvement les différents gobos. Le mouvement de ces gobos résulte d'une composition entre le mouvement du disque à gobos et de la roue d'entraînement de chacun des gobos. Le disque à gobos et la roue d'entraînement sont entraînés par deux moteurs distincts (DT2).

Question 2 : Identifier les composants qui permettent le mouvement d'un gobo (voir DT2 et figure 9).

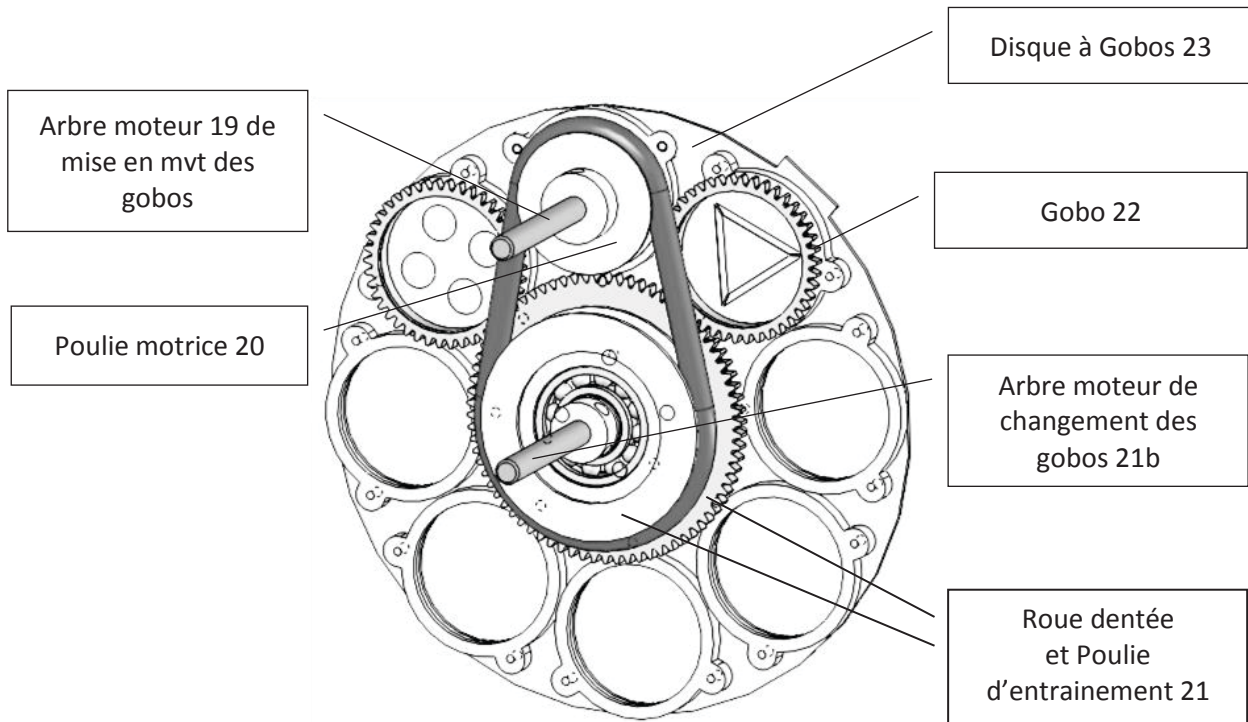


Fig. 9

Question 3 : Compléter alors sur le document réponse DR3, le schéma cinématique proposé en y faisant apparaître les liaisons cinématiques normalisées et le nom de chacun des constituants.

On considère que le système est dans un fonctionnement en balayage créé grâce au moteur d'orientation du miroir (type 2 des mouvements des gobos). (voir DT1 + DT2). Le disque à gobos est dans cette étape fixe par rapport au bâti.

On donne :

le diamètre primitif de la poulie motrice $D_{p20} = 28$ mm,
 le diamètre primitif de la poulie d'entraînement $D_{p21} = 45$ mm,
 le nombre de dents de la roue d'entraînement $Z_{21} = 74$,
 le nombre de dents d'un gobo $Z_{22} = 42$.

Question 4 : Calculer le rapport de transmission i_1 entre la roue motrice et la roue d'entraînement.

Question 5 : Calculer le rapport de transmission i_2 entre roue dentée de la roue d'entraînement et le gobo.

Question 6 : Calculer alors le rapport de transmission global i entre la roue motrice 20 et le gobo.

Question 7 : Sachant que le mouvement de l'effet lumineux est engendré par le moteur d'orientation $N_{\text{moteur orientation}/0}$ (fig7) que peut-on faire comme hypothèse sur la vitesse de rotation du gobo par rapport au bâti $N_{22/0}$ pour que l'effet lumineux se fasse sans qu'apparaisse la rotation de la publicité sur elle-même.

$$(N_{22/0} \geq N_{\text{maxmoteur orientation}/0} \text{ ou } N_{22/0} < N_{\text{maxmoteur orientation}/0})$$

Question 8 : A partir du résultat de la question 6 calculer la vitesse de rotation du gobo par rapport au bâti. La vitesse de rotation du moteur de mise en mvt des gobos est $N_{\text{maxMotMvt}} = 15 \text{ tr/min}$.

Question 9 : Sachant que la vitesse maximale du moteur d'orientation par rapport au bâti est $N_{\text{maxMoteur Orientation}/0} = 15 \text{ tr/min}$, que peut-on dire de l'hypothèse faite à la question 7 ?

Dans cette partie de l'étude on considère que le système amène le gobo dans l'axe du faisceau lumineux grâce un moteur de changement de forme. Cela correspond au type 1, des mouvements des gobos, décrite précédemment.

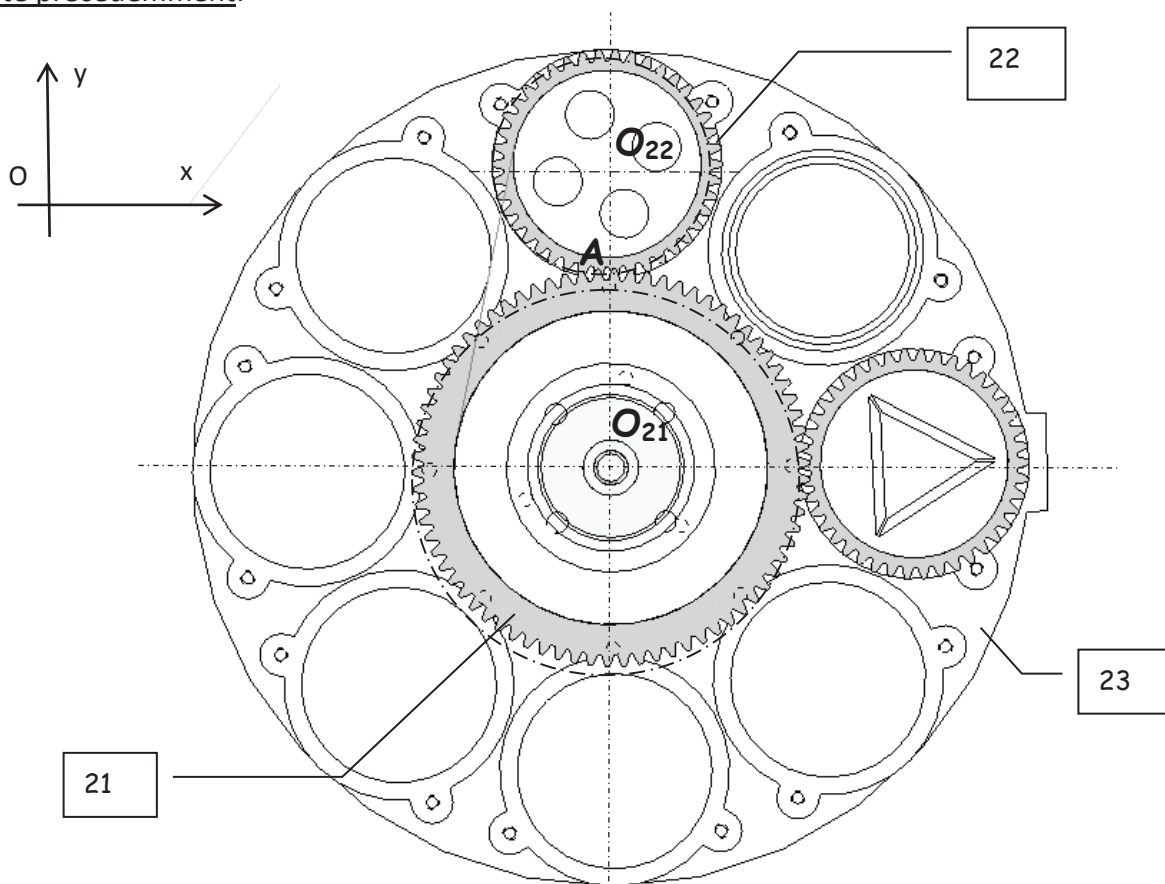


Fig. 10

Question 10 : L'engrenage entre la roue d'entraînement 21 et le gobo 22 est supposé sans jeu et parfait, avec un point de contact en A. Comment s'effectue le mouvement du gobo sur le roue d'entraînement (soyez le plus précis possible) ?

Pour que l'effet du gobo apparaisse visuellement «sans rotation», la vitesse de rotation du gobo par rapport au bâti est nulle ($N_{22/0} = 0$).

L'objectif de l'étude ci-dessous est donc de calculer la vitesse de rotation de la roue motrice par rapport au bâti et vérifier si celle-ci est suffisante pour obtenir une projection de la publicité fixe.

Pour uniquement la question suivante, le mécanisme est représenté par le schéma cinématique simplifié ci-dessous :

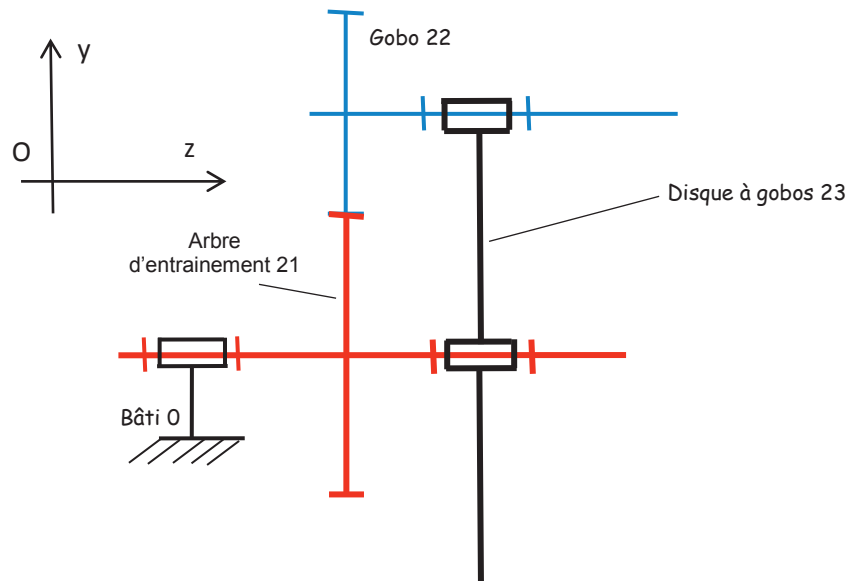


Fig. 11

On considère que la vitesse angulaire du disque à gobos par rapport au bâti $\omega_{23/0}$ est nulle : $\omega_{23/0} = 0$

Question 11 : Déterminer littéralement le rapport : $\frac{\omega_{21/23}}{\omega_{22/23}} = (-1)^n \cdot \dots \dots \dots$

n est le nombre de contacts extérieurs dans le train d'engrenages,
 $\omega_{21/23}$ est la vitesse angulaire de la roue d'entraînement par rapport au disque à gobos,
 $\omega_{22/23}$ est la vitesse angulaire d'un gobo par rapport au disque à gobos.

On se place pour la suite de l'étude le cas général avec ou $\omega_{23/0} \neq 0$

Question 12 : Établir la loi de composition des vitesses angulaires entre 21, 23 et 0, puis celle entre 22, 23 et 0

Question 13 : Pour avoir une image sans rotation autour de son axe lors de l'apparition devant le faisceau lumineux (image « fixe »), quel doit être le mouvement du gobo 22 par rapport au bâti 0 ?

En déduire la valeur de la vitesse angulaire d'un gobo par rapport au bâti $\omega_{22/0}$.

Pour la suite quelque soit le résultat précédent on considère que $\omega_{22/0} = 0$.

Question 14 : Reprendre les résultats des questions 11 et 12 pour exprimer $\omega_{21/0}$ en fonction de Z_{21} , Z_{22} et $\omega_{23/0}$.

Question 15 : Sachant que la vitesse de rotation (du moteur) du disque à gobos est $N_{\text{Moteur } 23/0} = 15$ tr/min, calculer la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement $N_{21/0}$.

Question 16 : En déduire la vitesse de rotation de la poulie motrice 20 : $N_{20/0}$.

Question 17 : En tenant compte des charges appliquées, la vitesse de rotation maximale du moteur de la roue motrice $N_{\text{Mot roue motrice}/0} = N_{20/0} = 70 \text{ tr/min}$
Que peut-on déduire du résultat calculé à la question 16 ? (Est-il cohérent ?)

II - 2 Étude cinématique de la motorisation pour créer l'effet stroboscopique

L'objectif de cette partie est d'étudier la solution existante qui permet d'obtenir "l'effet stroboscopique" et de le comparer à d'autres solutions technologiques envisageables.

Le fabricant a choisi de créer cette source de lumière intermittente par un dispositif mécanique : deux obturateurs coupent le faisceau lumineux par alternance, leur mise en mouvement étant réalisée par un seul moteur pas à pas (voir les figures 12 et 13).

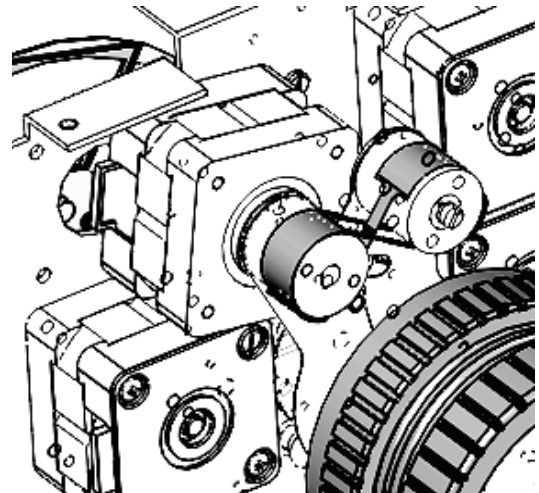
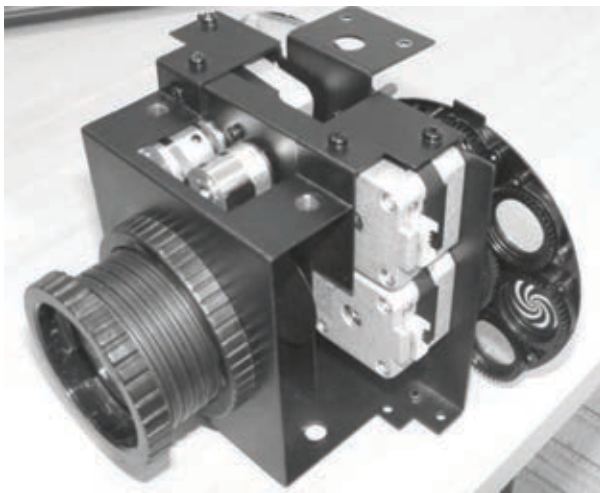


Fig. 12

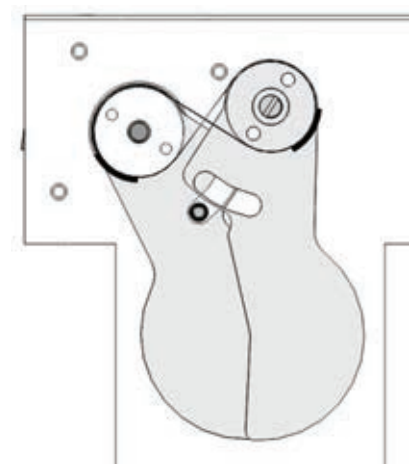
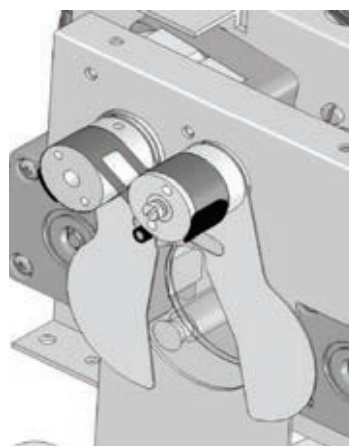
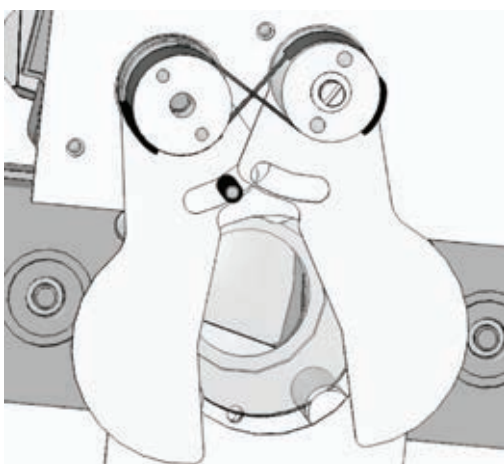


Fig. 13

Question 18 : À partir des figures ci-dessus et du document technique DT3, préciser par quel dispositif s'effectue la transmission de mouvement entre les deux obturateurs.

Question 19 : Justifier la forme particulière de la lame d'acier 502 en « huit ».

Question 20 : Peut-il y avoir glissement pendant le fonctionnement entre la lame acier 502 et les cylindres d'entraînement 501 et 506 ? Justifier votre réponse.

A partir du choix technologique du concepteur (un moteur pas à pas pour deux obturateurs), on peut envisager deux autres solutions technologiques à la transmission du mouvement entre les obturateurs.

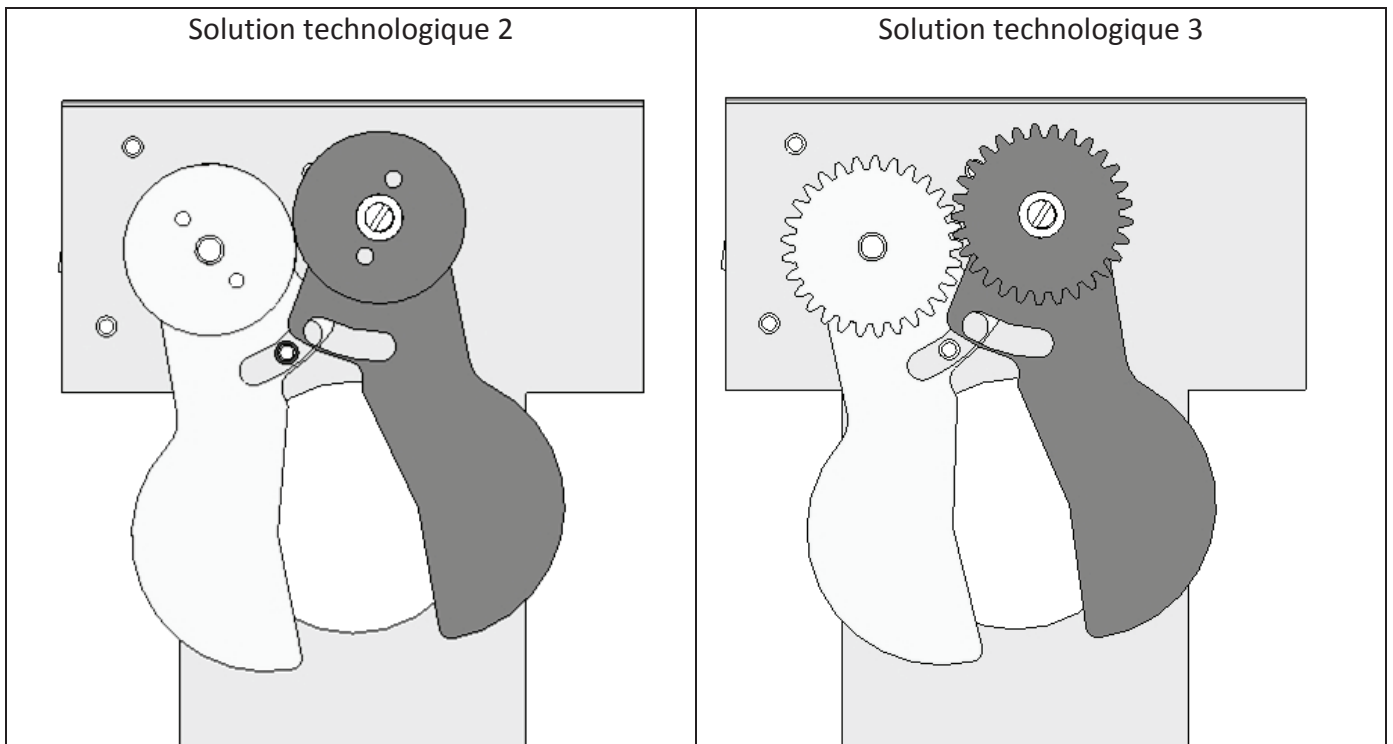


Fig. 14

Question 21 : Pour ces deux autres solutions, préciser si la transmission du mouvement entre les obturateurs se fait par adhérence ou par obstacle. Que doit-on respecter d'un point de vue dimensionnel pour permettre un mouvement symétrique des obturateurs ? Faire un schéma expliquant votre réponse.

Ces deux possibilités technologiques n'ont pas été retenues par le constructeur.

Question 22 : Donner pour chacune de ces solutions une raison pour laquelle le constructeur n'a pas fait ce choix.

On se place dans le cas avec deux obturateurs. On étudie la cinématique de l'obturateur 504 uniquement.

La figure du document réponse DR3 représente un des deux obturateurs dans une position intermédiaire durant son mouvement de fermeture (obturation du faisceau lumineux).

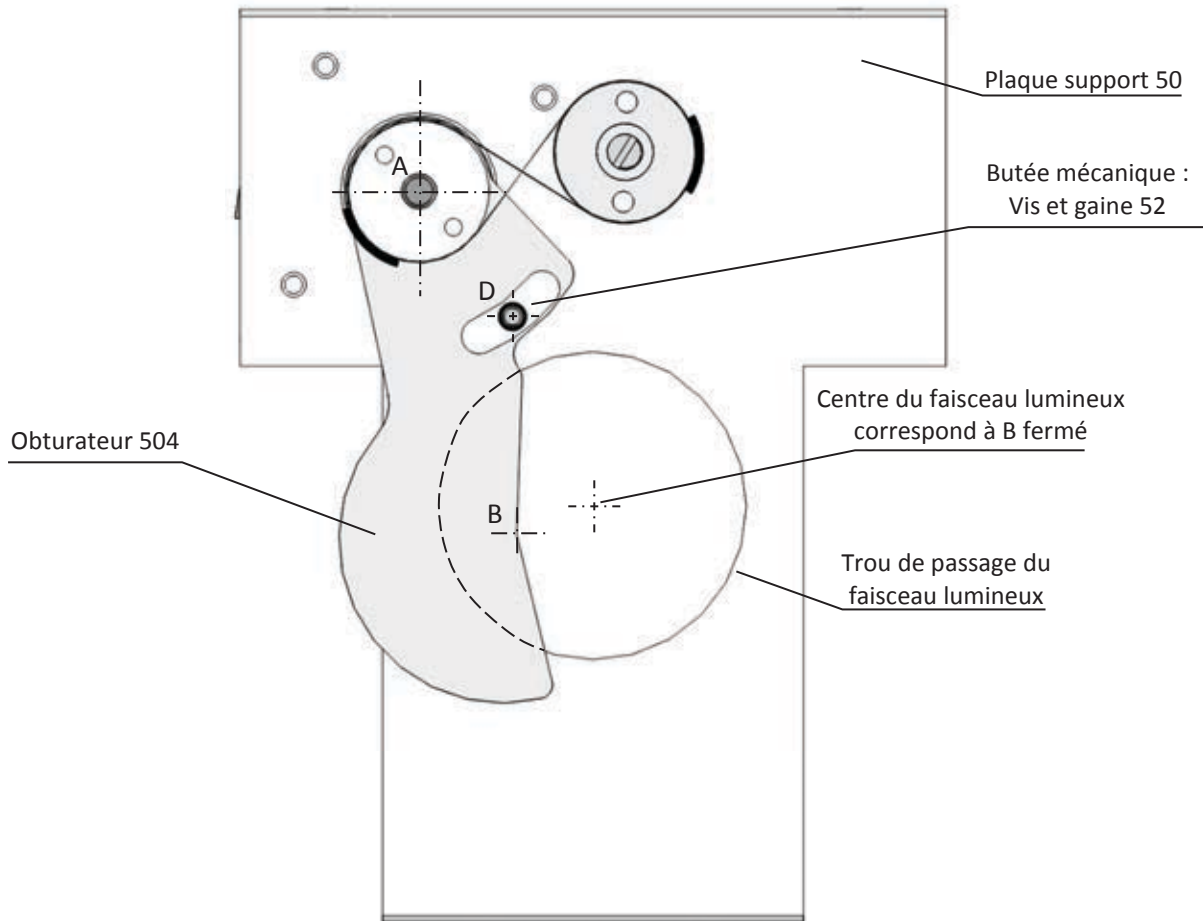


Fig. 15

Question 23 : Indiquer le mouvement de l'obturateur 504 par rapport au bâti 50. Déterminer puis tracer sur le DR3 la trajectoire du point B de 504 / 50 : $T_{B,504/50}$.

Il faut maintenant limiter cette trajectoire. Ainsi, on associera pour l'obturateur fermé le point B_f et pour l'obturateur ouvert le point B_o . La butée mécanique de l'obturateur est une sécurité. L'angle réel de balayage d'un obturateur est légèrement inférieur à l'angle défini par cette butée. Pour la suite de l'étude, on négligera cet écart. Le point D représente le centre de la butée mécanique 52 lié à la plaque support 50. Les points C_f et C_o liés à l'obturateur 504 représentent les centres des positions maximales fermée et ouverte de la « lumière ».

Question 24 : Tracer les points B_f et B_o sur la trajectoire du point B. Vérifier la condition suivante : B_f coïncide avec le centre du faisceau lumineux. Cette position est elle satisfaisante pour obturer le faisceau lumineux.

Question 25 : En s'aidant des points B_f et B_o , mesurer sur le document **DR3** l'angle de balayage de l'obturateur.

Une simulation sur logiciel de calcul permet de déterminer la valeur de $\overrightarrow{V_{B,504/50}}$. Cette vitesse est de $0,2365 \text{ m.s}^{-1}$. Cette valeur correspond à la position du point B donnée.

Question 26 : Tracer ce vecteur vitesse sur le document réponse **DR3**.

Question 27 : La distance entre les points A et B étant de 50 mm, calculer $\omega_{504/50 \text{ maxi}}$.

Une solution plus simple encore pourrait être envisagée : le moteur pas à pas entraîne un seul "grand" obturateur lié directement à l'arbre moteur. L'étude suivante va permettre de valider ou non cette autre solution.

Question 28 : Proposer une nouvelle forme sur le DR3 pour qu'un obturateur unique coupe totalement le faisceau lumineux.

L'effet stroboscopique doit être identique quelque soit la solution technologique adoptée. Il faut donc que ce "grand" obturateur coupe le faisceau lumineux pendant la même durée que la version à deux obturateurs.

Question 29 : Comparer les distances angulaires que doivent parcourir les obturateurs dans ces deux versions D_{1ob} et D_{2ob} (avec 1 ou 2 obturateurs).

La solution avec un seul obturateur doit avoir le même effet stroboscopique que la solution du constructeur.

Question 30 : Ces contraintes de durée et de distances angulaires ont une répercussion sur la vitesse maxi de rotation mono obturateur : $\omega_{1_obturateur\ 504/50\ maxi}$. Laquelle ?
Calculer la vitesse $\omega_{1_obturateur\ 504/50\ maxi}$.

On donne :

Les moteurs pas à pas utilisés ont une limite de fréquence de rotation à ne pas dépasser. Pour le moteur choisi, la limite de la fréquence à vide $f_{limite\ à\ vide}$ est de 650 Hz. En tenant compte des charges appliquées à l'arbre moteur, cette limite n'est plus que de 230 Hz ($f_{limite\ en\ charge}$).

Les moteurs utilisés dans le scanner ont 200 pas / tour (N_p). La vitesse de rotation (n) se détermine en tr/s avec la relation : $n = f / N_p$.

Question 31 : Déterminer la vitesse angulaire limite en charge du moteur en rad/s.

Question 32 : Comparer cette dernière avec $\omega_{grand504/50\ maxi}$ et conclure sur la possibilité d'utiliser cette version simplifiée de l'obturateur.

II - 3 Conclusion sur le choix de la motorisation

Les questions précédentes ont mis en évidence les limites du moteur choisi. Cette partie va permettre de conclure sur la validité de la motorisation du scanner.

Question 33 : Le constructeur a fait le choix d'une motorisation identique pour les six chaînes fonctionnelles, donner une raison expliquant ce choix.

III. ÉTUDE DU GUIDAGE EN ROTATION DE LA ROUE D'ENTRAÎNEMENT

La roue d'entraînement est guidée en rotation par rapport à l'axe du disque à gobos sur un palier à roulement à billes.

Cette partie consiste à étudier la solution adoptée, puis à proposer une solution financièrement plus accessible.

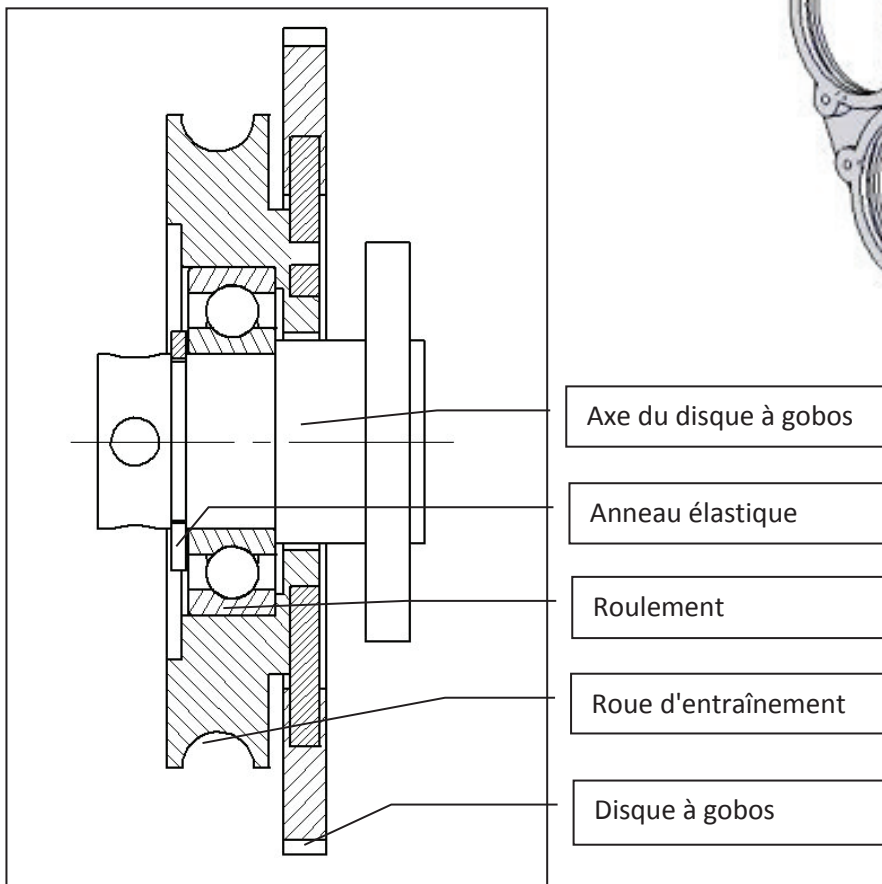
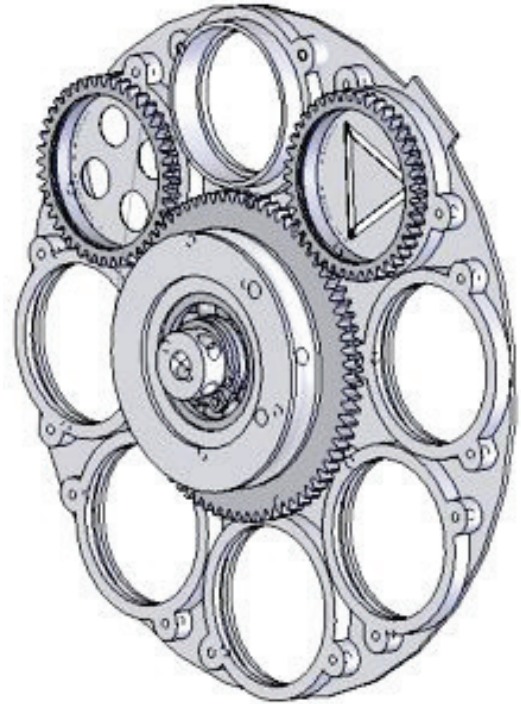


Fig. 16

Le dessin ci-contre représente la mise en plan de la liaison pivot entre la roue d'entraînement et l'axe du disque à gobos.

Question 34 : Préciser le type de roulement utilisé et décrire la solution technologique adoptée pour réaliser cette liaison.

Un jeu fonctionnel J_a est nécessaire pour assurer le montage de l'anneau élastique. Ce jeu se situe entre l'anneau élastique et la bague intérieure du roulement.

Question 35 : Sur le document réponse DR4, tracer la chaîne de cotes installant cette condition. Donner les deux équations du jeu $J_{a_{\text{mini}}}$ et du jeu $J_{a_{\text{Maxi}}}$.

Question 36 : Sur le DR4, dessiner à main levée une solution technologique pour réaliser la même liaison entre la roue d'entraînement et l'axe du disque à gobos. Cette solution doit être moins onéreuse que celle du constructeur. Justifier vos choix sur feuille de copie.

IV. FIXATION DU SCANNER

Le scanner doit pouvoir se fixer sur une structure tubulaire avec de multiples orientations possibles, donc des angles de projection différents pour une scène, un mur ou un plafond, le tout en assurant la sécurité des personnels qui manipulent l'ensemble.

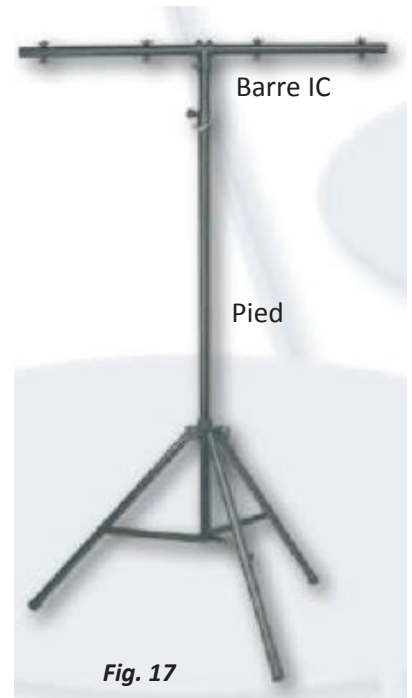
Il est donc nécessaire d'avoir :

- une liaison encastrement réglable et sécurisée entre le scanner et la structure,
- un pied pouvant supporter quatre scanners rigide et stable.

Les deux études suivantes portent

- d'une part sur la sécurité de la fixation entre le scanner et la barre horizontale de la structure du pied,
- et d'autre part sur la stabilité du pied.

On supposera que le pied est suffisamment rigide pour supporter la charge de quatre scanners.

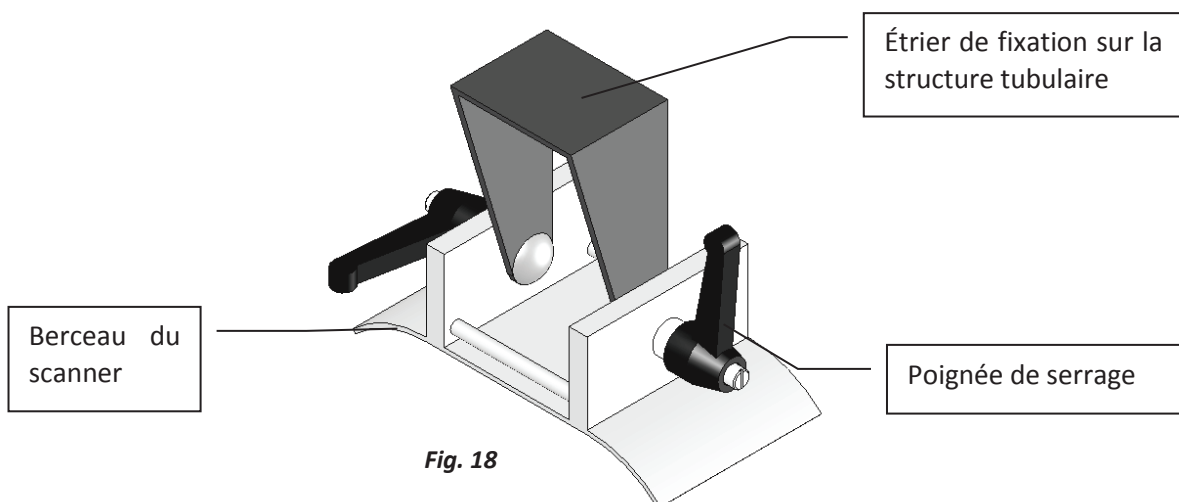


IV – 1 Étude de la liaison encastrement réglable

Le scanner iRocks 7S est commercialisé avec un étrier permettant la fixation du scanner sur les barres des pieds de fixation.

Données :

Le document technique DT4 présente les différents constituants de cet assemblage.



Question 37 : Pourquoi a-t-on réalisé des cannelures à l'intérieur de la poignée 4 et sur l'écrou 6. Quel est le rôle du ressort 7 ? Expliquer alors (brièvement) la manœuvre à réaliser sur la poignée 4 pour serrer et desserrer l'ensemble.

Question 38 : Cette fixation sur la barre du pied de support vous semble-t-elle sécurisée ? Si oui, expliquer pourquoi ?

IV – 2 Vérification de la stabilité du pied supportant la structure

Dans cette partie on se propose de vérifier la stabilité du pied.

Un pied pliable et une barre horizontale en acier seront utilisés pour supporter 4 scanners de lumières disposés symétriquement de part et d'autre du pied.

La figure suivante montre la modélisation du pied.

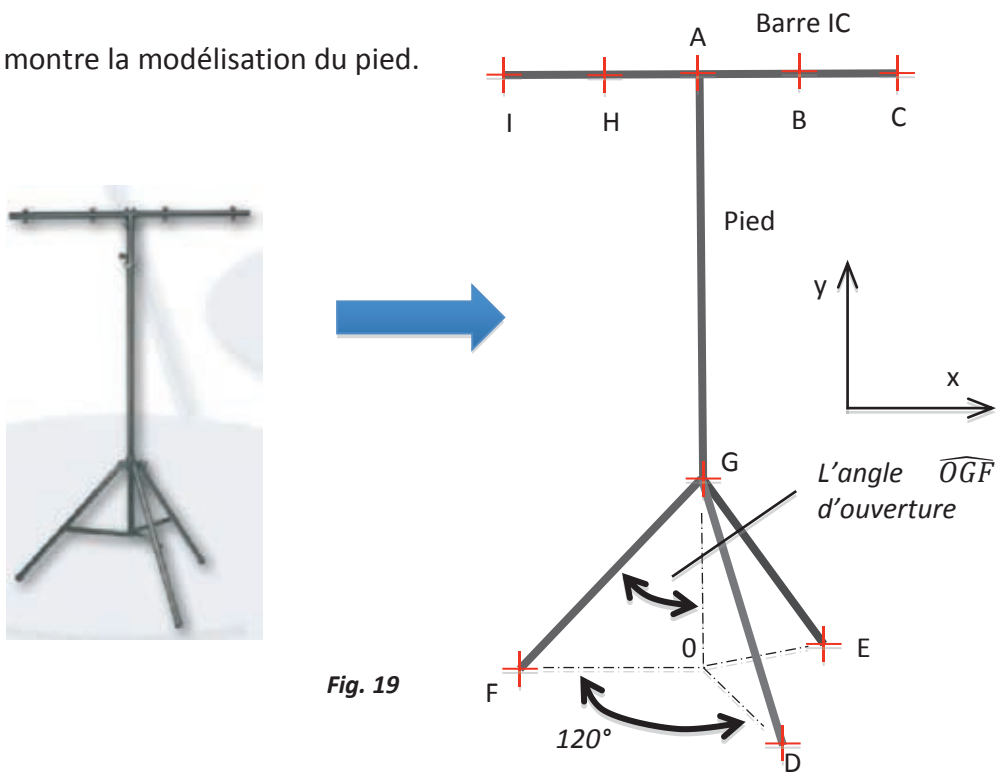


Fig. 19

Il est principalement constitué :

- d'une barre d'un profil creux à section carrée IC
- d'un pied qui comprend un tube cylindrique vertical AG et un tripode triangulé de stabilisation à trois barres FG, DG et EG
- Les points I, H, B et C définissent les positions de fixation des scanners.

Nous allons commencer par étudier la barre horizontale IC.

On donne :

La barre horizontale IC est constituée d'un profil creux à section carrée de coté 35 mm et d'épaisseur 2mm.

La masse linéique M_{barre} (ou M_{IC}) de ce profil est de $M_{\text{IC}} = 1,99 \text{ kg/m}$.

La longueur totale de cette barre IC est de 1,5 m avec $AB = 0,375 \text{ m}$ et $AC = 0,75 \text{ m}$

Le matériau choisi pour ces deux éléments est un S355.

Question 39 : Quel est le type de matériau utilisé pour la fabrication de la barre IC ?

Expliciter sa désignation.

Quelle est la masse de la barre IC M_{IC} ?

Pour l'étude de la stabilité du pied on se ramène à un système plan. Pour cela on considère les barres GD et GE dans le plan (O, \vec{x}, \vec{y}) . Les points D et E apparaissent confondus dans ce plan.

On donne :

La masse de chacun des scanners est : $M = 15 \text{ kg}$.

La barre horizontale IC est constituée d'un profil creux à section carrée de coté 35 mm et d'épaisseur 2mm.

La masse linéique de ce profil est de $1,99 \text{ kg/m}$.

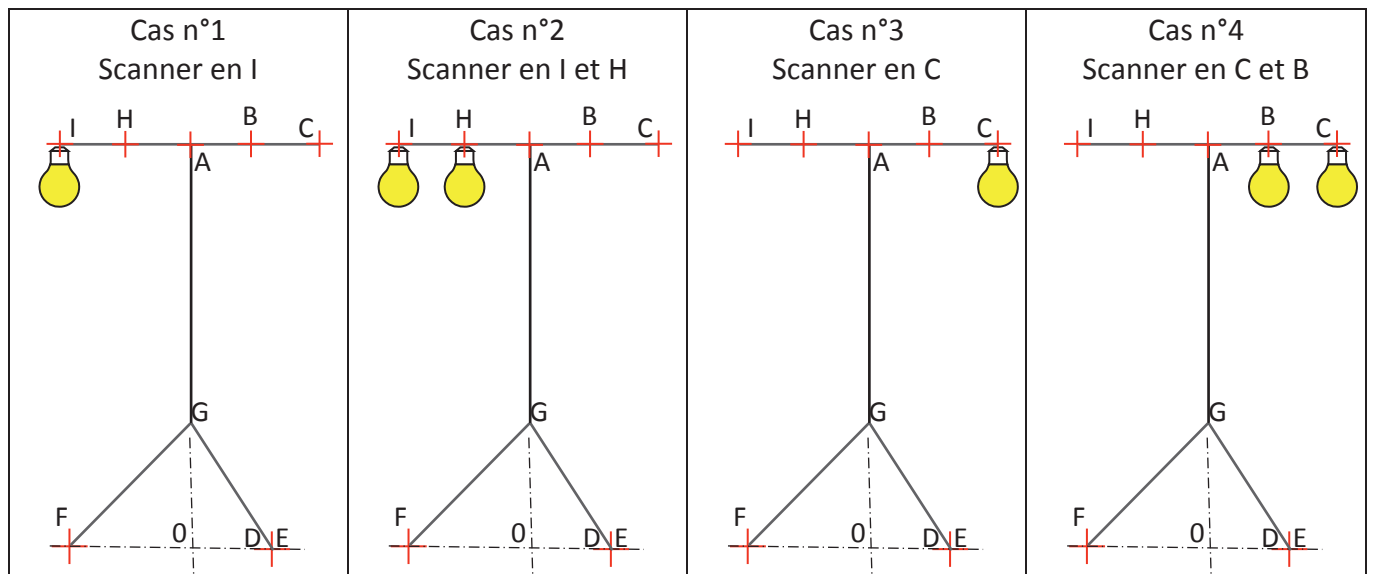
La longueur totale de cette barre IC est de $1,5 \text{ m}$

Question 40 : Quel est l'effort exercé en **A** sur le pied par la barre horizontale $\overrightarrow{A_{Barre/pied}}$ équipée de ses 4 scanners ?

On néglige le poids propre de la tubulure et de la barre horizontale du pied pour l'étude suivante.

Un scanner fixé sur le pied est modélisé par le symbole d'une ampoule :

Quatre cas de chargement du pied sont modélisés dans le tableau ci-dessous :



Question 41 : Donner la position qui vous semble la plus instable.

Quelle que soit la réponse précédente nous allons vérifier par le calcul le cas n°3 pour notre système avec les données suivantes :

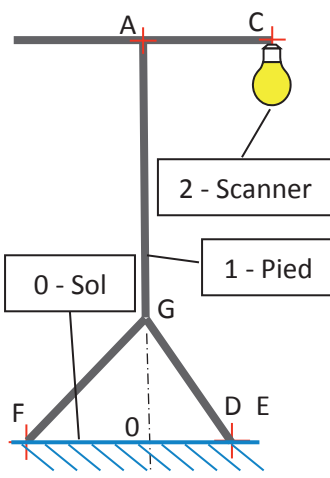


Fig. 20

On néglige le poids propre du pied et de la barre horizontale par rapport aux efforts mis en jeu.

Les liaisons sont supposées parfaites et sans frottement.

L'étude s'effectue dans le plan (O, \vec{x}, \vec{y}) .

La masse de chacun des scanners est : $M = 15 \text{ kg}$.

Tube cylindrique AG est de longueur : $2,5 \text{ m}$.

Les barres FG, DG et EG du système triangulé de stabilisation sont de longueur de 2 m .

Les 3 barres FG, DG et EG s'ouvrent du même angle (\widehat{OGF}) désigné α .

Pour une ouverture normale du tripode, l'angle $\widehat{OGF} \alpha = 60^\circ$ (donné par le fabricant).

Accélération de pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

La longueur $AC = 0,75 \text{ m}$.

On supposera que les actions mécaniques aux points D et E sont identiques dans le plan de l'étude.

On note :

L'action mécanique du scanner 2 sur le pied 1 au point C sera notée : $\overrightarrow{C_{2/1}}$

L'action mécanique du sol 0 sur le pied 1 au point F sera notée : $\overrightarrow{F_{0/1}}$

Le moment en O de l'action $\overrightarrow{F_{0/1}}$ sera noté : $\overrightarrow{M_0} \overrightarrow{F_{0/1}}$

Sachant que l'angle $\widehat{OGF} \alpha = 60^\circ$ et que les barres GF, GD et GE ont une longueur de 2m, on donne :

$$\overrightarrow{OF} = \begin{bmatrix} -1,73 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{OD} = \begin{bmatrix} 0,86 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} .$$

Question 42 : Dans le plan (O, \vec{x}, \vec{y}) isoler le pied 1. Faire le bilan des Actions Mécaniques Extérieures (AME) appliquées sur le pied 1.

Question 43 : Calculer les AME aux points F, D et E. Enoncer le principe utilisé.

Question 44 : Le pied est-il stable avec un seul scanner positionné en C ? Justifier votre réponse.

Une simulation numérique a permis d'obtenir les actions mécaniques verticales aux points D et F en Newton dans le tableau suivant :

| Angle d'ouverture | Cas n°3 Scanner en C | | Cas n°4 Scanner en C et B | |
|-------------------|-------------------------|--------|------------------------------|--------|
| | YD | YF | YD | YF |
| 5 | 259,4 | -371,7 | 364,5 | -435,1 |
| 10 | 154,6 | -162,2 | 207,4 | -120,7 |
| 15 | 119,8 | -92,7 | 155,3 | -16,5 |
| 20 | 102,6 | -58,2 | 129,4 | 35,2 |
| 25 | 92,4 | -37,8 | 114,1 | 65,9 |
| 30 | 85,7 | -24,3 | 104,0 | 86,0 |
| 35 | 81,0 | -14,9 | 96,9 | 100,1 |
| 40 | 77,5 | -8,0 | 91,8 | 110,4 |
| 45 | 74,9 | -2,9 | 87,9 | 118,2 |
| 50 | 72,9 | 1,1 | 84,9 | 124,2 |
| 55 | 71,4 | 4,2 | 82,6 | 128,9 |
| 60 | 70,2 | 6,7 | 80,8 | 132,5 |
| 65 | 69,2 | 8,5 | 79,3 | 135,3 |
| 70 | 68,5 | 10,0 | 78,3 | 137,5 |
| 75 | 68,0 | 11,0 | 77,5 | 139,1 |
| 80 | 67,6 | 11,8 | 76,9 | 140,2 |
| 85 | 67,4 | 12,2 | 76,6 | 140,8 |

Question 45 : Quel est l'angle d'ouverture minimal pour les deux chargements (cas n°3 et cas n°4) garantissant une stabilité du pied chargé ?

Vérifier que le pied est stable pour l'angle d'ouverture normal pour le cas n°4.

Le pied vous semble-il stable pour l'ensemble des cas de chargements envisagés ?

Quel conseil peut-on donner aux personnels pour assurer leur sécurité, lors du montage des scanners?

V. RIGIDITÉ DE LA BARRE SUPÉRIEURE

Pour certains effets de lumières il est nécessaire que les scanners soient positionnés précisément les uns par rapport aux autres.

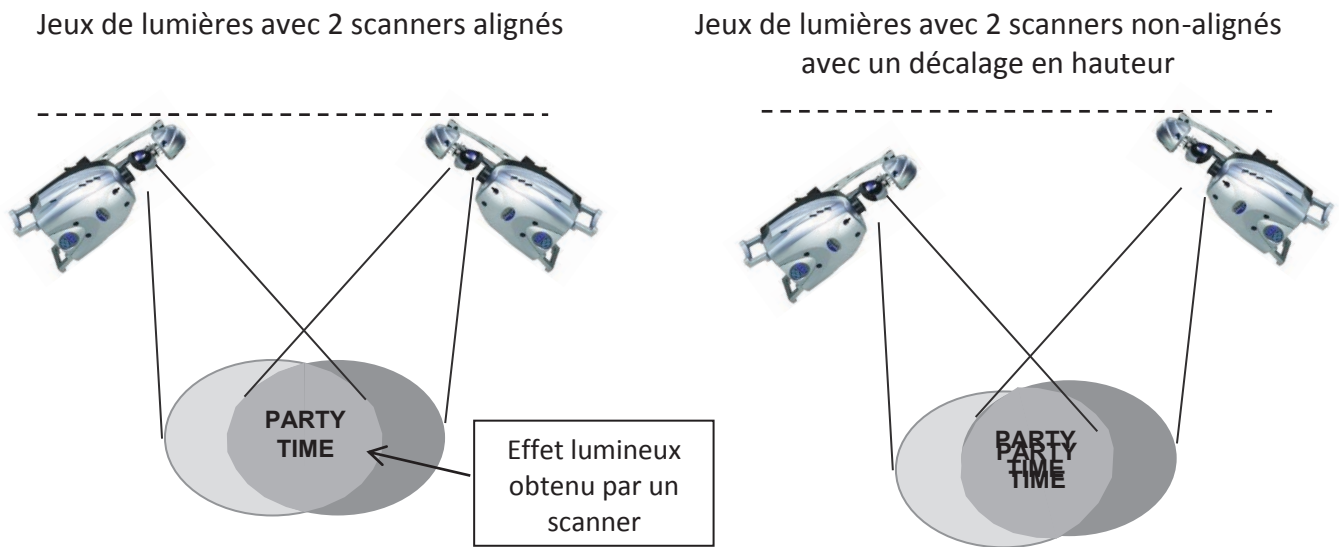


Fig. 21

Le technicien fixe les scanners sur le pied avec des étriers identiques afin d'assurer l'alignement simple des scanners et donc des jeux de lumières.

Pour que visuellement l'effet soit satisfaisant, il faut que le décalage (voir figure 21), entre les deux sources des images soit inférieur à 7 mm.

Le décalage engendré par le montage des pièces est de 2 mm maximum.

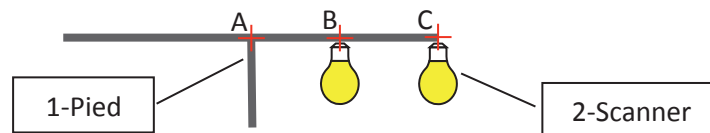


Fig. 22

Lors de la fixation des scanners sur la barre supérieure du pied, celle-ci constituée de métal, se déforme.

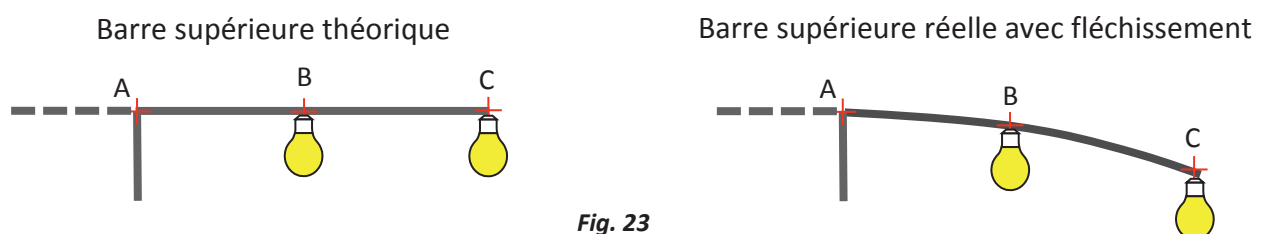


Fig. 23

On se propose dans cette partie d'étudier le fléchissement de la barre sous l'action des scanners afin de vérifier que celui-ci n'engendre pas un décalage supérieur à 5 mm.

V – 1 Étude de la rigidité d'une demi-barre

La demi-barre horizontale étudiée AC de longueur 0,75 m est considérée comme une poutre encastée en A. Deux charges concentrées en B et C lui sont appliquées.

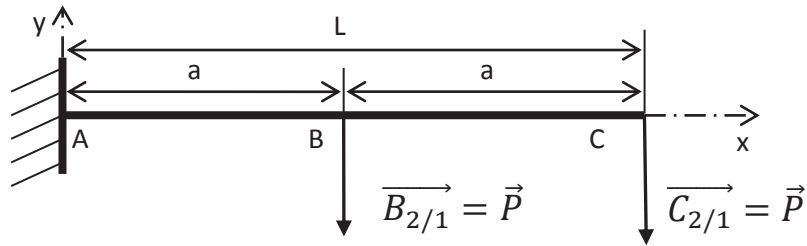


Fig. 24

Question 46 : Donner le type de sollicitation dans la poutre.
Donner l’allure des torseurs de cohésion $\{\tau_G\}$ dans une section droite (S) de centre G le long de la poutre entre A et B puis entre B et C.

On donne :

La barre est constituée d'un profil creux à section carrée de coté 35 mm et d'épaisseur 2 mm.
Un formulaire de calcul Document DT5

Question 47 : Calculer le moment quadratique de la section droite $I_{Gz}(S)$ (voir DT5).

V – 2 Calcul du fléchissement d'une demi-barre

Le calcul du fléchissement se fera en deux étapes :

- calcul de la flèche en C dans deux cas de charge simple,
- détermination de la flèche dans le cas du chargement réel.

Première étape :

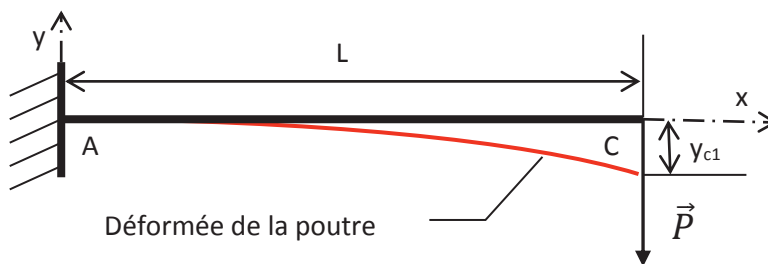


Fig. 25

Question 48 : Déterminer littéralement dans la poutre ci-dessus le moment de flexion : $M_{f_{Gz}}(x)$.

Question 49: Déterminer l'équation dans sa forme littérale de la déformée $y = f(x)$ à partir de l'équation différentielle suivante : $E \cdot I_{Gz} \cdot y'' = M_{f_{Gz}}(x)$.

Question 50 : Dans les deux cas suivants (figure 26), calculer alors la flèche (Voir DT5) au point **C** : y_{c1} et y_{c2} .

On donne :

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$L = 0,75 \text{ m}$$

$$a = L / 2$$

Quelque soit la valeur calculée précédente on prendra : $I_{Gz}(S) = 4,8 \text{ cm}^4$

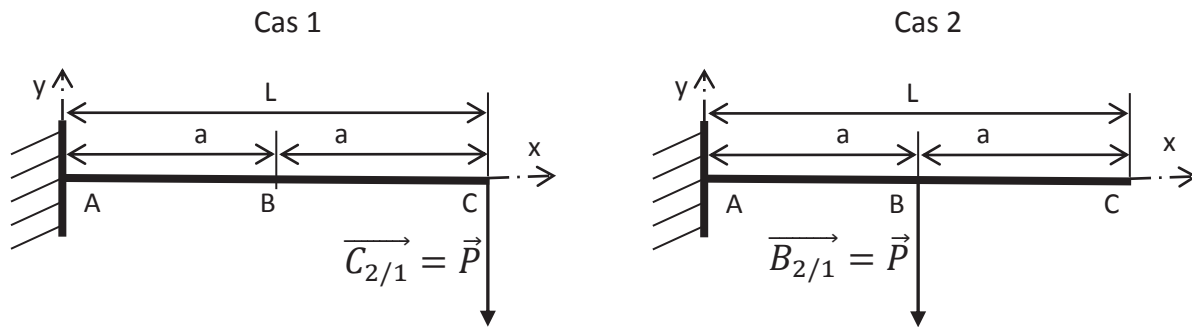


Fig. 26

Seconde étape :

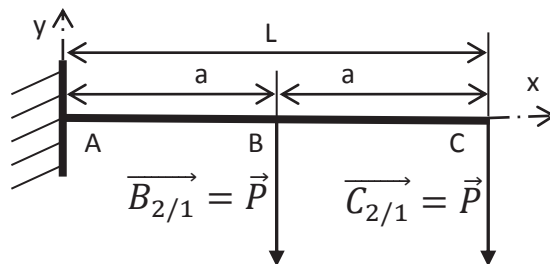


Fig. 27

Question 51 : A l'aide de la question 50, énoncer le principe qui permet de déterminer la flèche totale y_c .

Question 52 : Déterminer la flèche totale y_c .

Question 53 : En admettant une flèche maximale en C : $|y_{c \max}| = 5 \text{ mm}$, conclure sur le dimensionnement de la barre horizontale du pied pour l'utilisation envisagée.

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|



Prénom(s) :

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Numéro
Inscription :

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Né(e) le :

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|
| | | / | | | / | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : Section/Spécialité/Série :

Epreuve : Matière : Session :

CONSIGNES

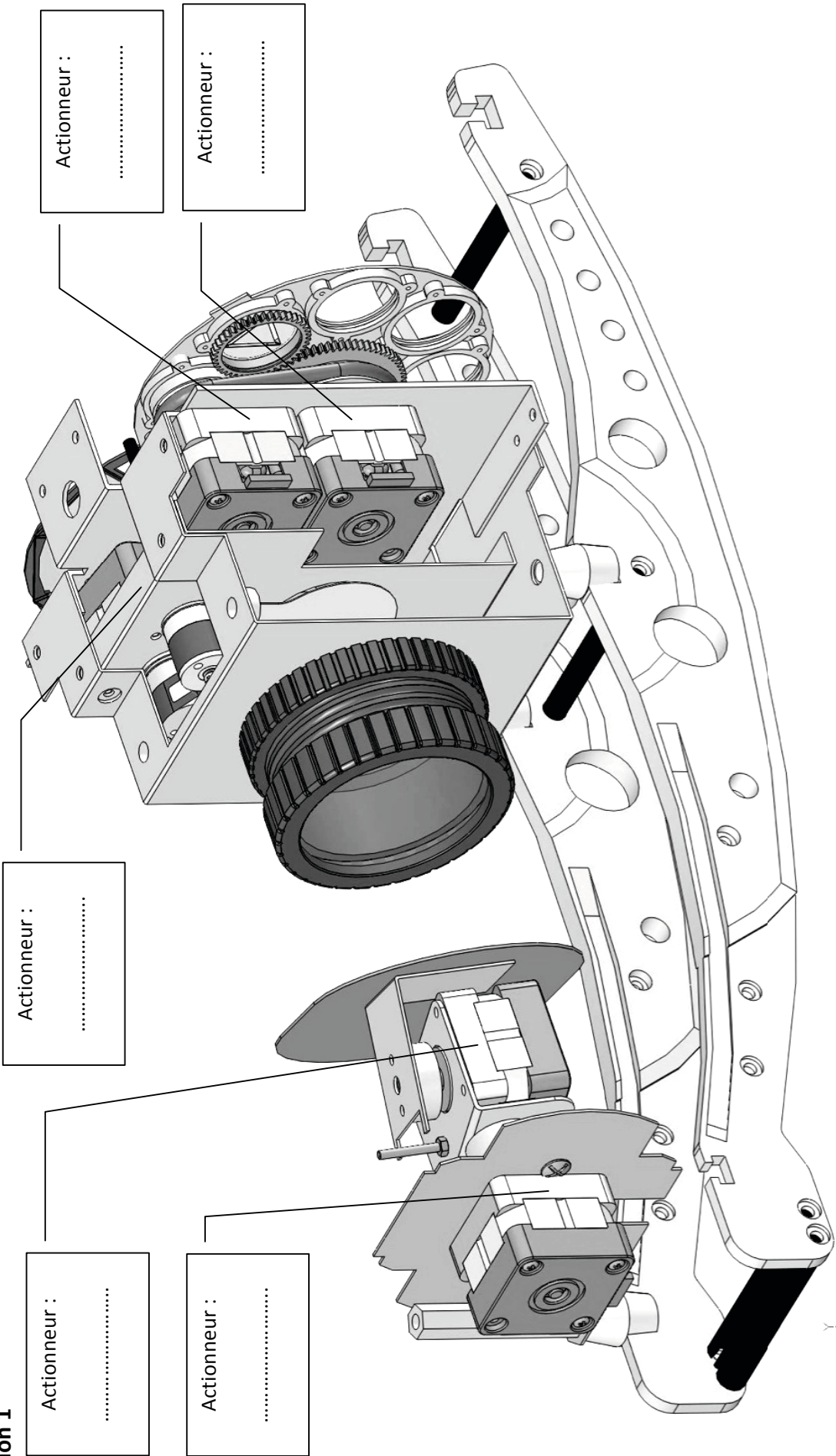
- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numérotter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

EFE GMC 1

DR1 - DR2

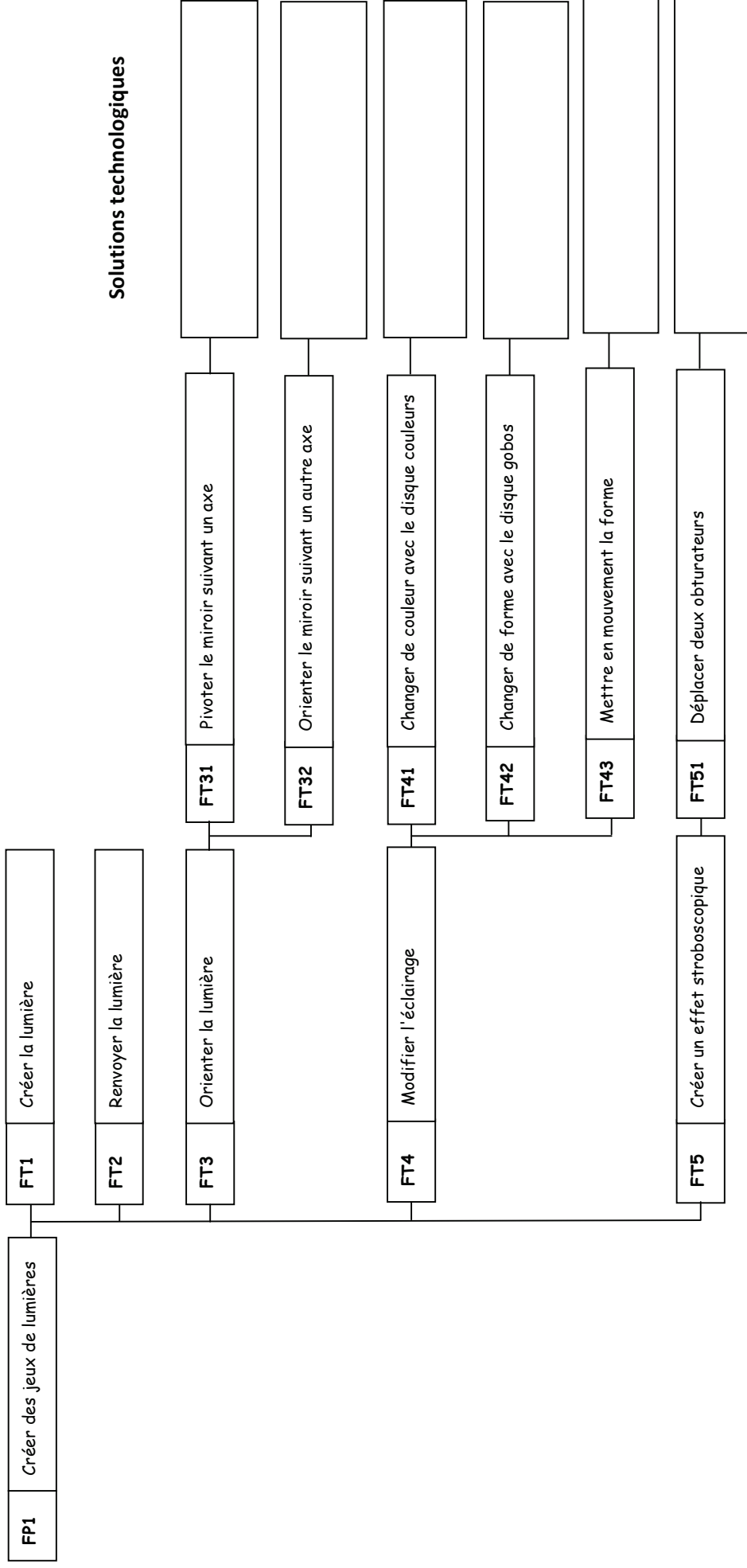
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 1



Document réponse DR2

Question 2



Nom de famille :

(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|



Prénom(s) :

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Numéro
Inscription :

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Né(e) le :

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | / | | | / | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : Section/Spécialité/Série :

Epreuve : Matière : Session :

CONSIGNES

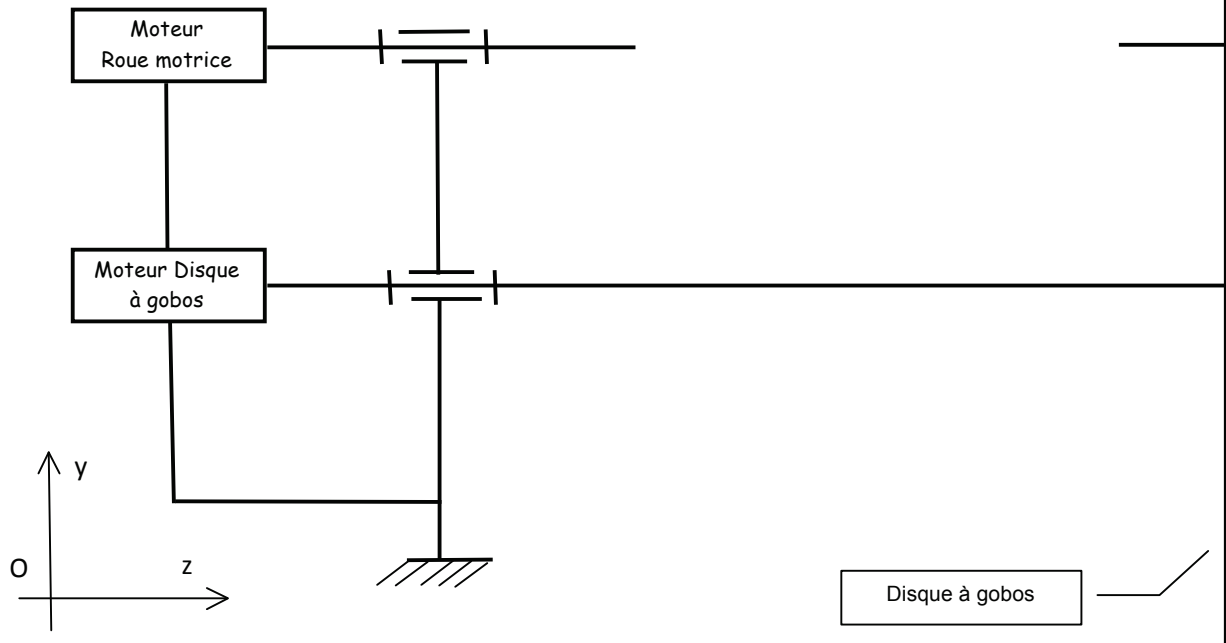
- Remplir soigneusement, sur **CHAQUE** feuille officielle, la zone d'identification en **MAJUSCULES**.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroter chaque **PAGE** (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

EFE GMC 1

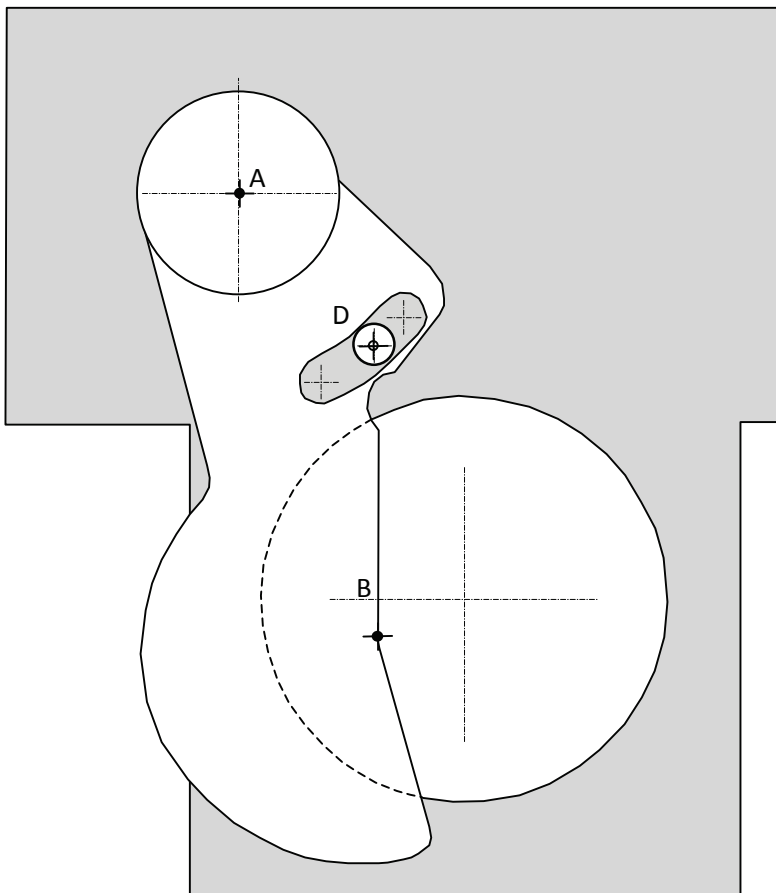
DR3 - DR4

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

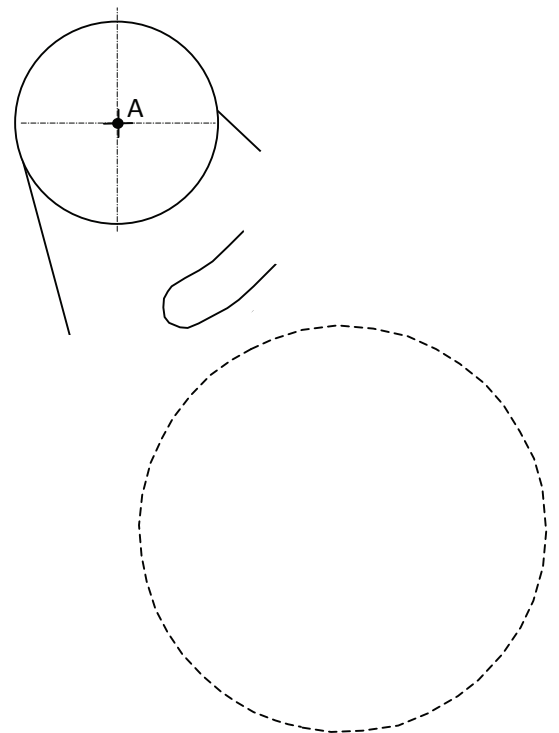
Question 3



Questions 23 à 27

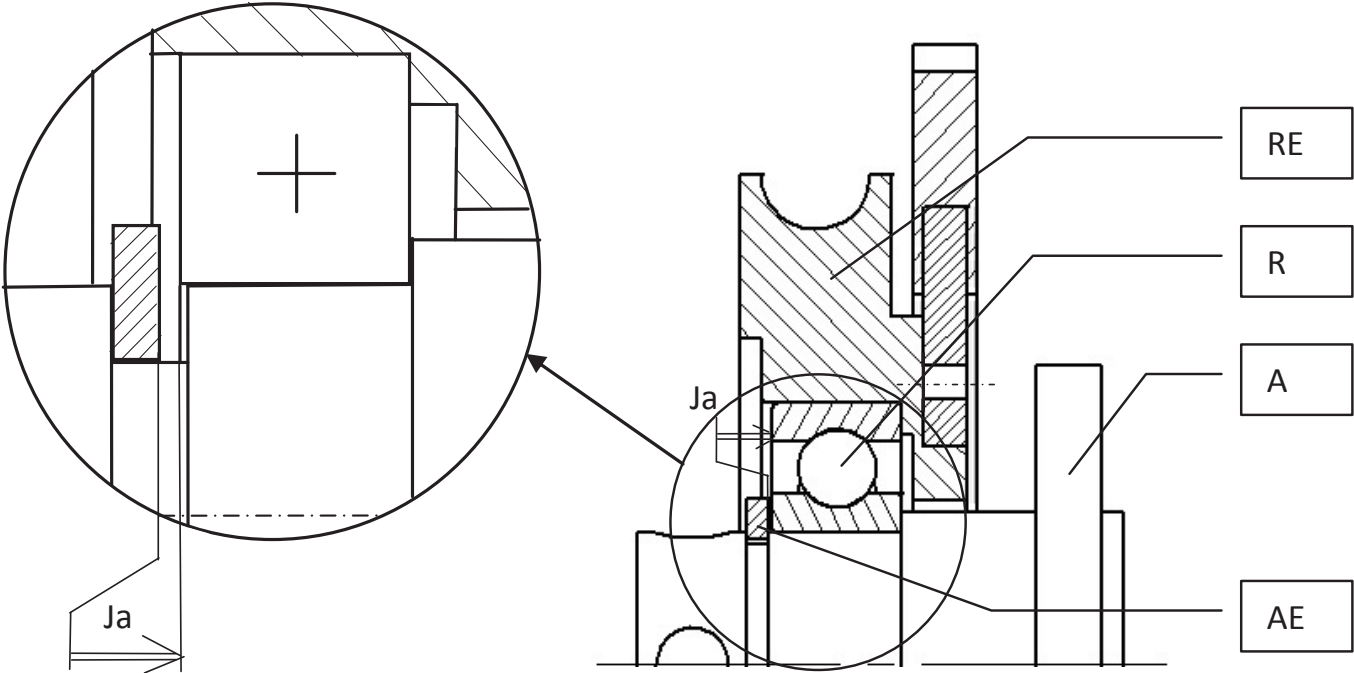


Question 28



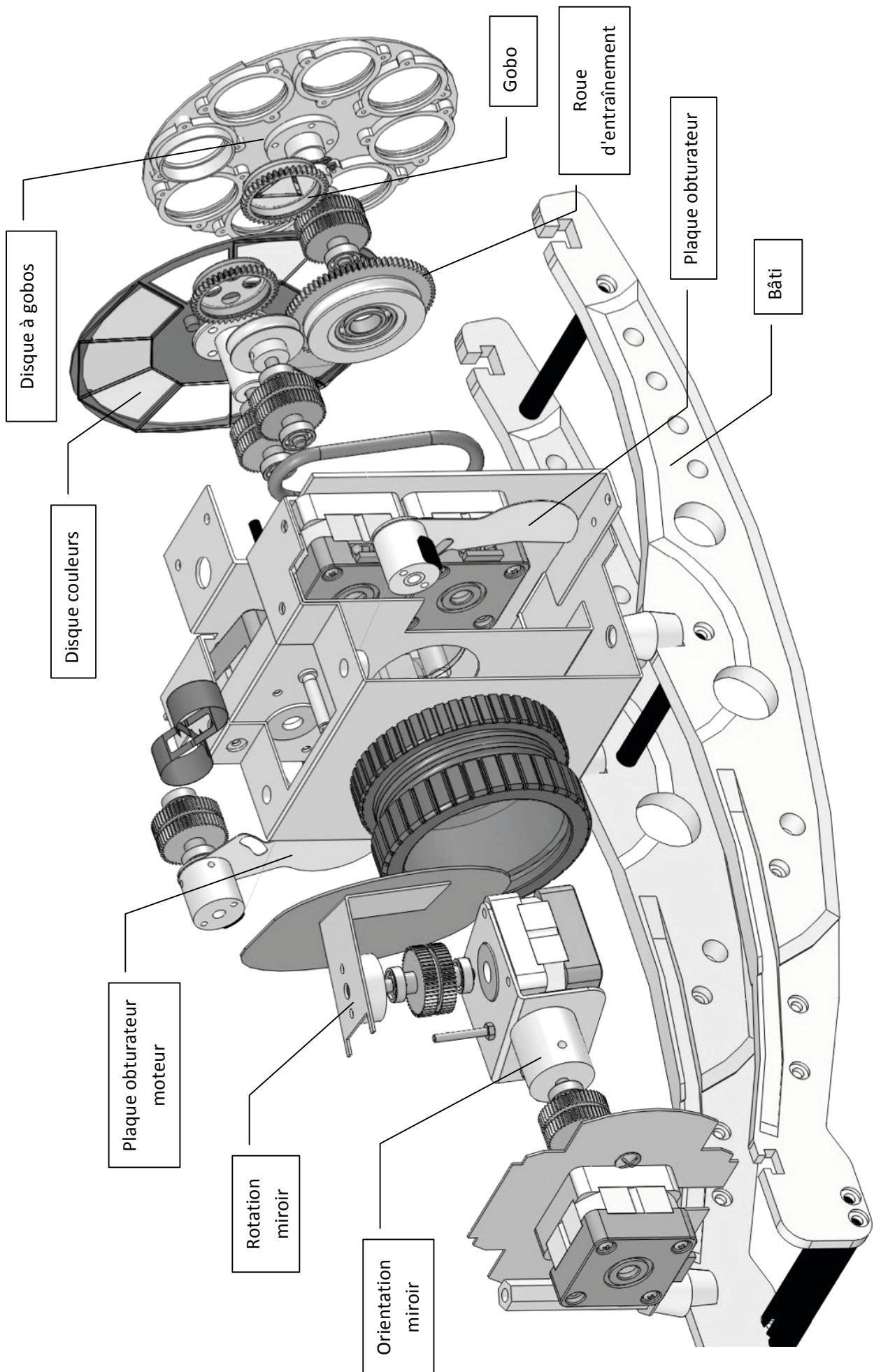
Echelle 1 :1 Echelle des vitesses 0,1 m/s → 10 mm

Question 35

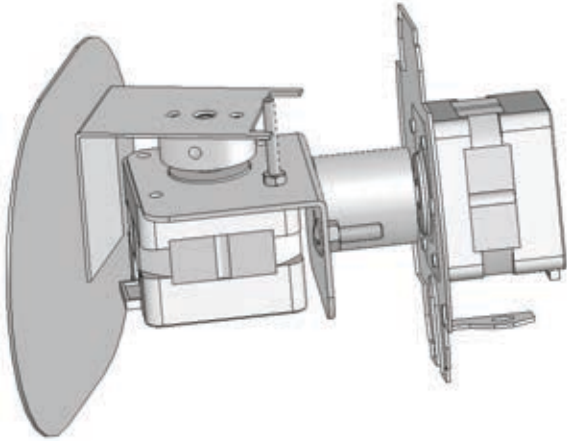


Dessin à main levée pour la question 36

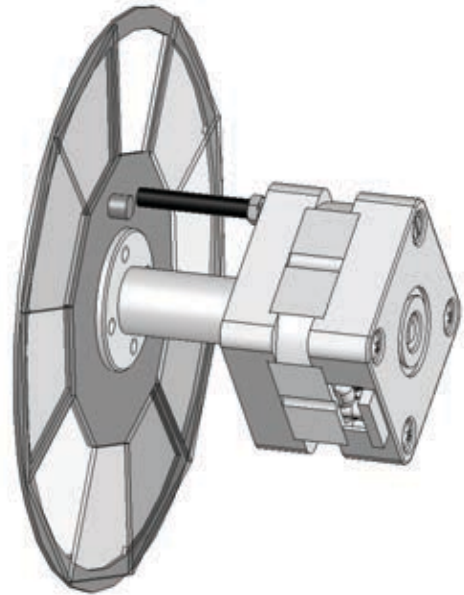
Document technique DT1



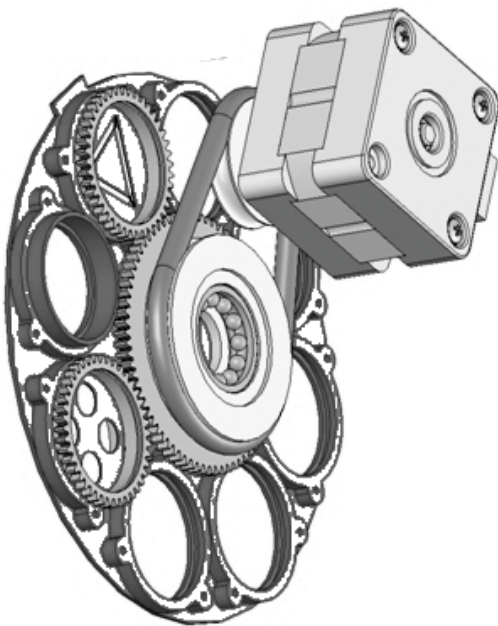
Document technique DT2



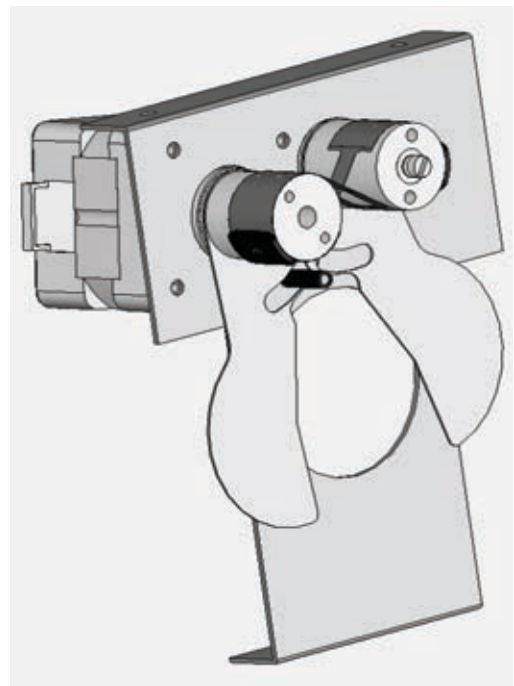
Rotation et Orientation du miroir



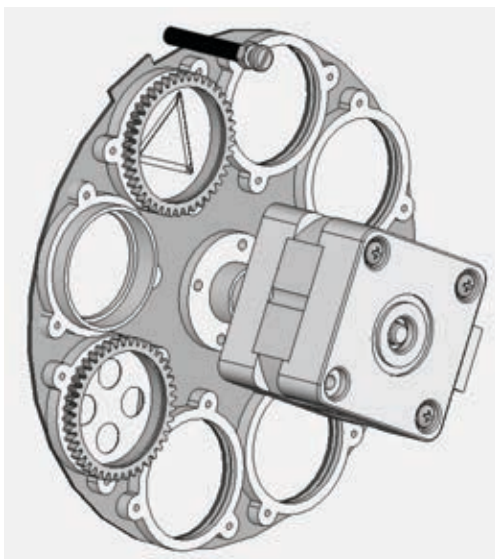
Changement de couleur



Mise en mouvement de la forme projetée

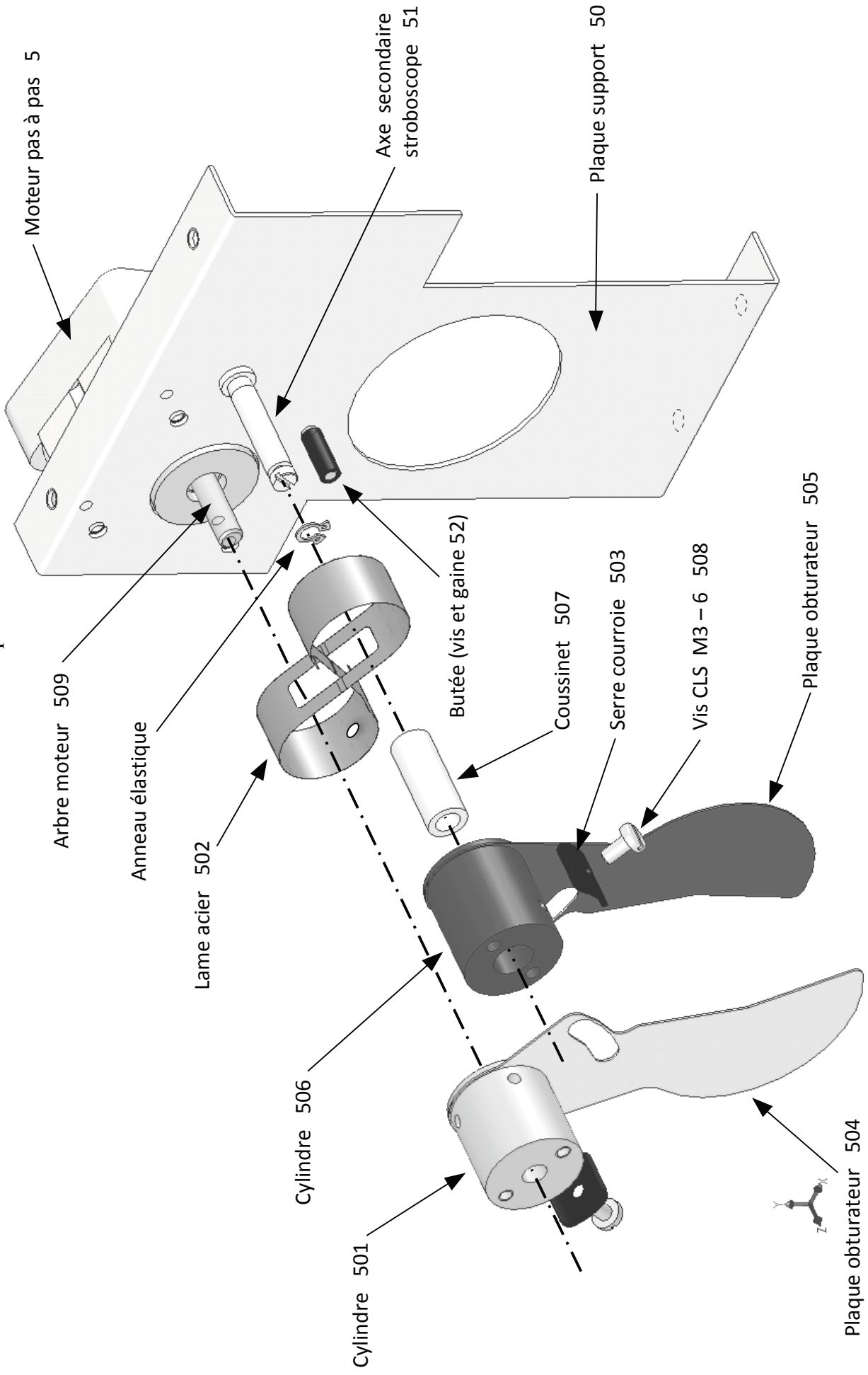


Création de l'effet stroboscopique



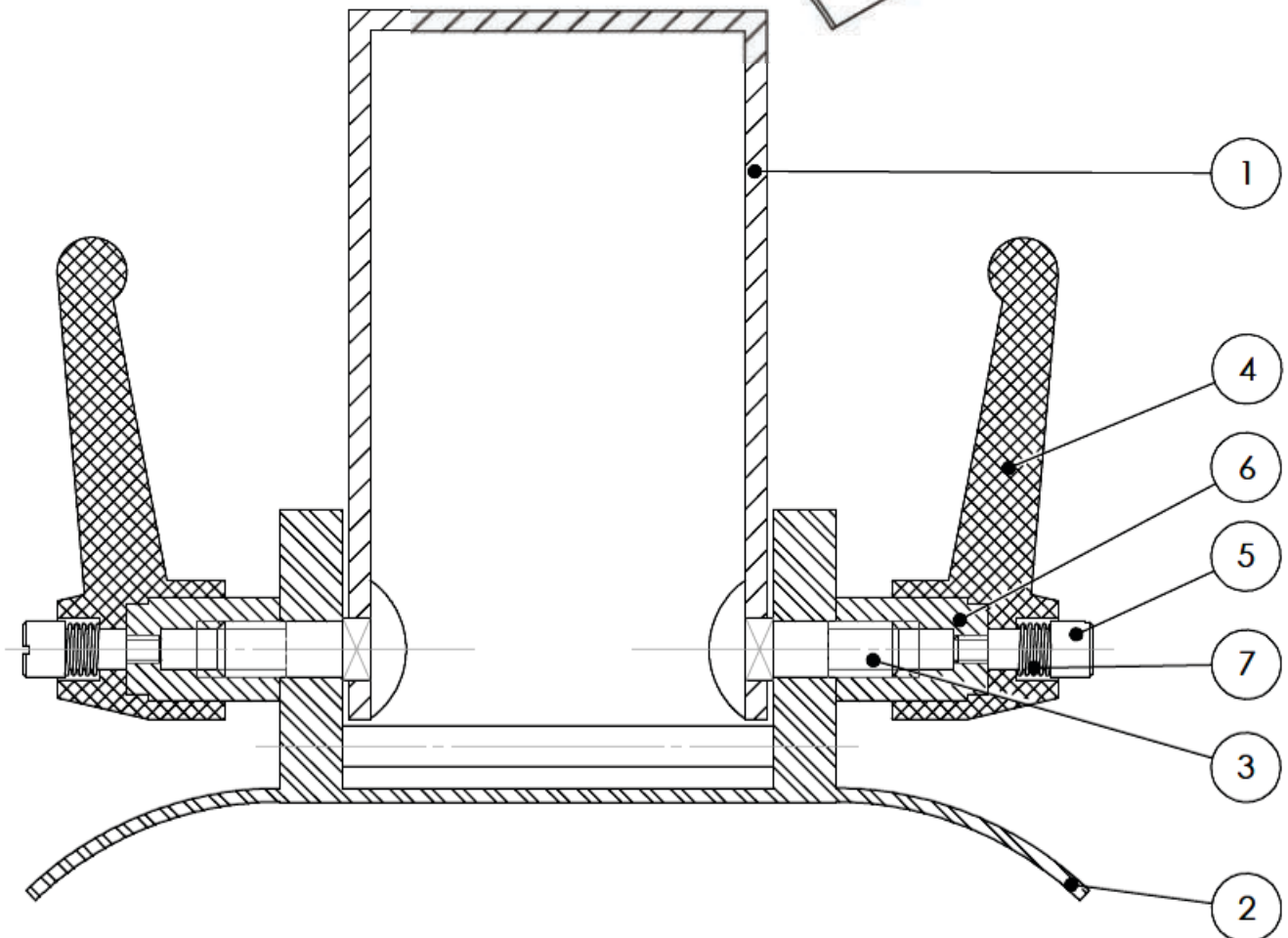
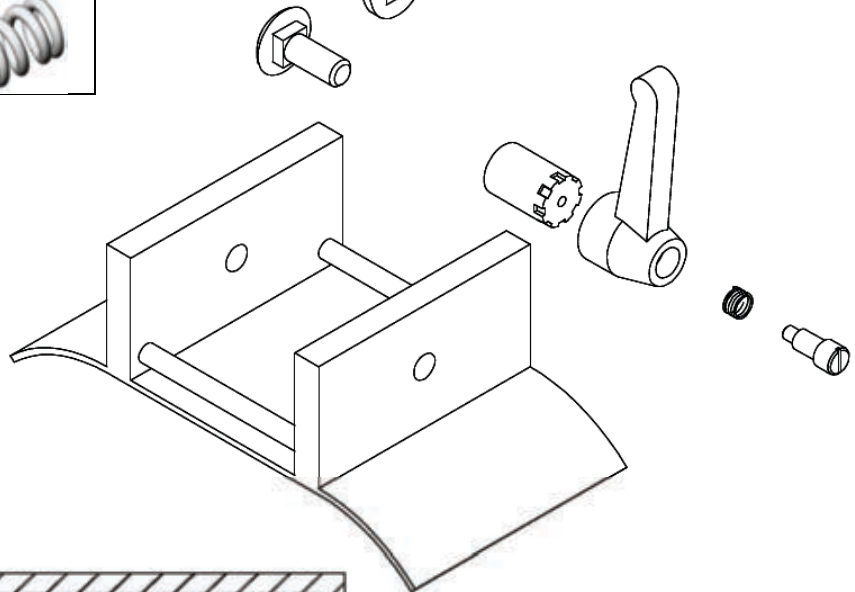
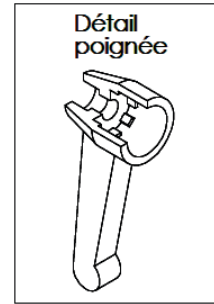
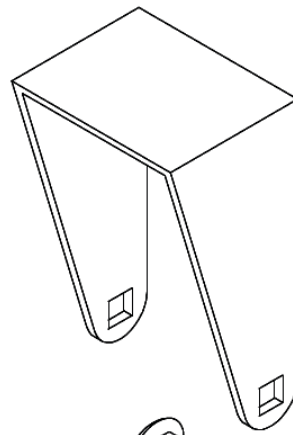
Changement de la forme projetée

Document technique DT3



Document technique DT4

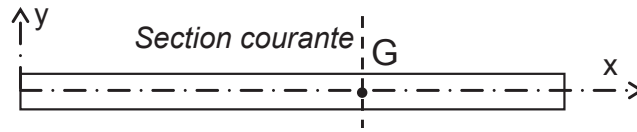
| REP | NBRE | DESIGNATION |
|-----|------|-------------------|
| 1 | 1 | Etrier |
| 2 | 1 | Berceau |
| 3 | 2 | Vis-axe |
| 4 | 2 | Poignée |
| 5 | 2 | Vis à tête fendue |
| 6 | 2 | Ecrou |
| 7 | 2 | Ressort |



Document technique DT5

RAPPELS

On définit une poutre par son repère tel que l'axe \vec{X} est suivant sa longueur principale.



Les moments quadratiques sont alors par rapport à l'axe :

- I_z : le moment quadratique de flexion autour de l'axe \vec{Z} et est noté I_{Gz}

TABLEAU DES MOMENTS UTILISES

| exemples | I_{Gz} | Exemples | I_{Gz} |
|----------|--|----------|------------------------------|
| | $\frac{b \cdot h^3}{12}$ | | $\frac{\pi \cdot d^4}{64}$ |
| | $\frac{a^4}{12}$ | | $\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$ |
| | $\frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}$ | | |

FLEXION DES POUTRES

| Cas de charge | Moment de flexion en G | Equation de la déformée |
|---------------|--|-------------------------------------|
| | $0 < x < a$ $M_{fz}(x) = -(a - x) \cdot F$ | $y(x) = \frac{F x^2}{6EI} (x - 3a)$ |
| | $a < x < L$ $M_{fz}(x) = 0$ | $y(x) = \frac{F a^2}{6EI} (a - 3x)$ |