Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

SYSTÈMES PHOTONIQUES

ÉPREUVE E4 : ÉTUDE D'UN SYSTÈME OPTIQUE

SOUS-ÉPREUVE E42 : Conception et industrialisation d'un système optique

SESSION 2017

Durée : 3 heures Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique sous réserve que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante. (Circulaire n° 99-186, 16/11/1999).

Tout autre matériel est interdit

Aucun document autorisé

Constitution du sujet :

- **Dossier Sujet** *(mise en situation et questions à traiter par le candidat)*
  - **Mise en situation** ……Page 2
  - **PARTIE 1** ……Page 3
  - **PARTIE 2** ……Pages 3 à 5
  - **PARTIE 3** ……Pages 6 à 9
  - **PARTIE 4** ……Pages 10 à 12
- **Documents Techniques (DT1 à DT7)**……..Pages 13 à 19
- **Documents Réponses à rendre avec la copie (DR1 à DR6)** Pages 20 à 25

Les différentes parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les documents réponses DR1 à DR6 (pages 20 à 25) seront à rendre agrafés avec vos copies.

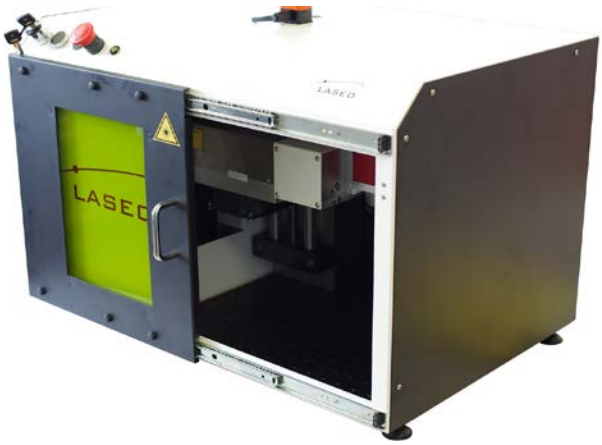
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de 25 pages, numérotées de 1/25 à 25/25.

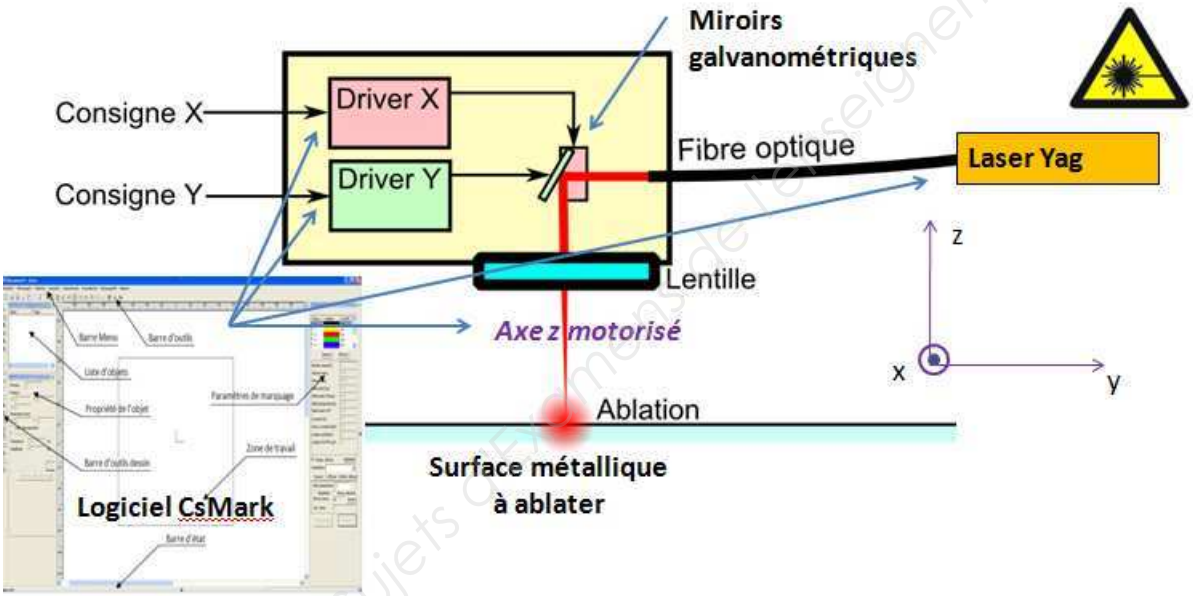
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Mise en situation (lecture conseillée 5 min)

- **Présentation :** l'étude porte sur une **machine de gravure Laser**.



SCHEMA DE PRINCIPE DE LA STATION DE MARQUAGE



Un faisceau laser de puissance est défléchi au moyen d'une tête XY de déflexion et focalisé sur la surface à graver : un axe de déflexion correspond à un miroir galvanométrique.

- **Domaine d'études :** les questionnements portent sur le principe de fonctionnement de la machine de gravure, et certains éléments constitutifs, afin de mettre en évidence leur rôle sur la qualité de la réalisation.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

PARTIE 1

Analyse du système de gravure laser. (Durée conseillée : 30 min)

Cette partie permet de mettre en évidence les éléments constitutifs du système de gravure laser à travers les diagrammes SysML.

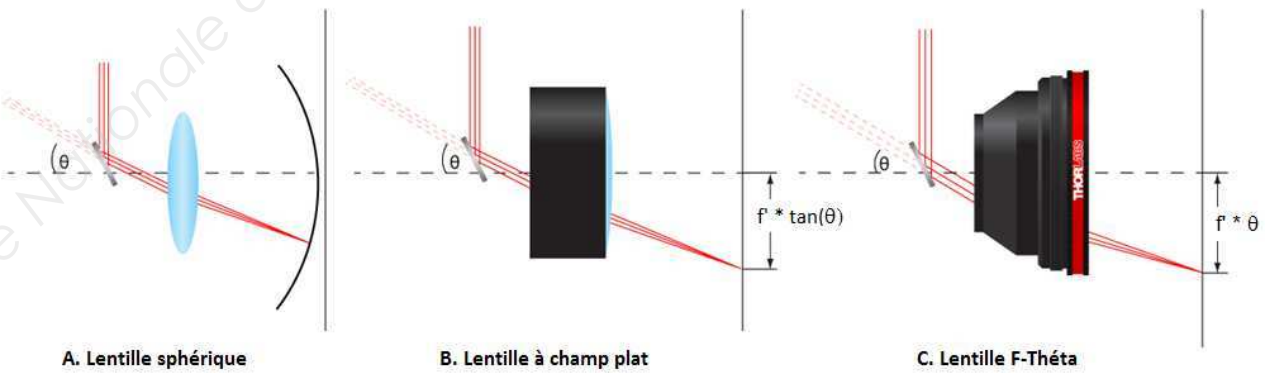
Question 1.1 *DT1, DT2, DT3*	**Identifier,** à partir des différents diagrammes SysML, les structures liées à la sécurité qui assurent la protection de l'opérateur.
Question 1.2 *DT1, DT2, DT3*	**Identifier,** à partir des diagrammes SysML, les structures permettant de réaliser la focalisation.
Question 1.3 DR1	**Identifier sur** le document réponse DR1, pour chacun des flux transitant entre les blocs, le type de flux (flux énergétique (énergie électrique ou lumineuse), flux informationnel, flux matière). Ils seront identifiés sur le diagramme en respectant le code couleur suivant : Rouge (énergie) - Vert (information) - Bleu (matière)

PARTIE 2

Analyse de la partie optique et mise en évidence des réglages sur le niveau de qualité obtenu. (Durée conseillée : 50 min)

Problématique : identifier les points de réglages agissant sur la qualité de la gravure (précision des dimensions du motif et finesse, vitesse de gravure, contraste du motif gravé)

On compare les résultats de la focalisation du faisceau avec 3 optiques différentes ; la figure suivante illustre les méthodes de focalisation du faisceau sur une surface :



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 2.1 | **Préciser** l'inconvénient lié à l'utilisation d'une lentille sphérique (cas A), et une conséquence possible sur le résultat de la gravure?

Question 2.2 | **Donner** une raison expliquant l'utilisation préférentielle de la lentille F-Theta par rapport à la lentille à champ plat ?

Définition des dimensions de la zone de gravure.

La formule donnant la longueur de la diagonale de la zone de travail est : $L = 2.f'.\theta$

(f' est la valeur de la distance focale effective, θ en radiants)

On prendra comme distance focale 160 mm.

Définition de la référence de la lentille F-Theta.

Question 2.3 | **Indiquer** la référence de la lentille F-Theta permettant d'obtenir une zone de gravure de 156 mm de côté.

DT4 | **Vérifier** par le calcul que cette lentille permet bien de couvrir la zone de gravure.

Etude de la tête de marquage qui assure la déflexion du faisceau laser.

Question 2.4 | **Donner** la valeur de la puissance crête du laser SPI 20W/RM.

DT6

Le faisceau laser est défléchi au moyen d'un miroir galvanométrique qui fait partie intégrante de la tête de marquage.

Question 2.5 | **Indiquer** la dynamique angulaire mécanique possible.

DT5

Construction des rayons défléchis

Question 2.6 | **Compléter** le tracé avec le rayon réfléchi pour la position initiale du miroir (45°) sur le Document réponse DR2.

DR2

Question 2.7 | **Compléter** ensuite ce tracé sur le document réponse DR2 pour une rotation du miroir de + 10° autour de l'axe (o) :

DR2

- Tracer la nouvelle position du miroir
- Faire apparaitre l'angle θ_m (Ecart d'angle entre les deux positions du miroir), et θo l'angle de déflexion du rayon qui résulte du changement de position du miroir.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 2.8	**En déduire** la relation entre l'angle mécanique θ_m de rotation du miroir et l'angle de déflexion θo du faisceau.

Question 2.9	**Justifier** que l'association miroir galvanométrique THD8050 / lentille F-Theta de référence FTH160-1064 est bien choisie (se baser sur les valeurs issues de la documentation).

On s'intéresse maintenant aux miroirs fixés sur le moteur galvanométrique.

La densité de puissance maximale admissible est de 500W/cm^2 pour les miroirs utilisés, à la longueur d'onde de travail.

Dans l'application présente, on utilise une source laser à 1064nm de 20W de puissance moyenne, le faisceau a une taille de 12 mm de diamètre.

Question 2.10	**Calculer la densité de puissance pour cette source laser.** **Justifier** le choix des miroirs retenus.

Traitement des surfaces des miroirs.

Afin d'optimiser les performances de la machine de gravure, un dépôt en couche mince a été réalisé sur les miroirs galvanométriques.

L'objectif est d'avoir une réflexion du laser de gravure supérieure à 90 %.

A partir des 3 simulations de dépôts en couches minces qui ont été réalisées avant la mise en production, vous allez valider le traitement le plus adapté.

Question 2.11 DT2, DT5	**Identifier** les 2 longueurs d'onde que les miroirs doivent réfléchir.

Question 2.12 DR3	**Tracer** sur chacun des graphes sur le document réponse DR3, la droite permettant de déterminer la valeur du coefficient de réflexion pour ces 2 longueurs d'onde. Relever sur les diagrammes les valeurs du coefficient de réflexion.

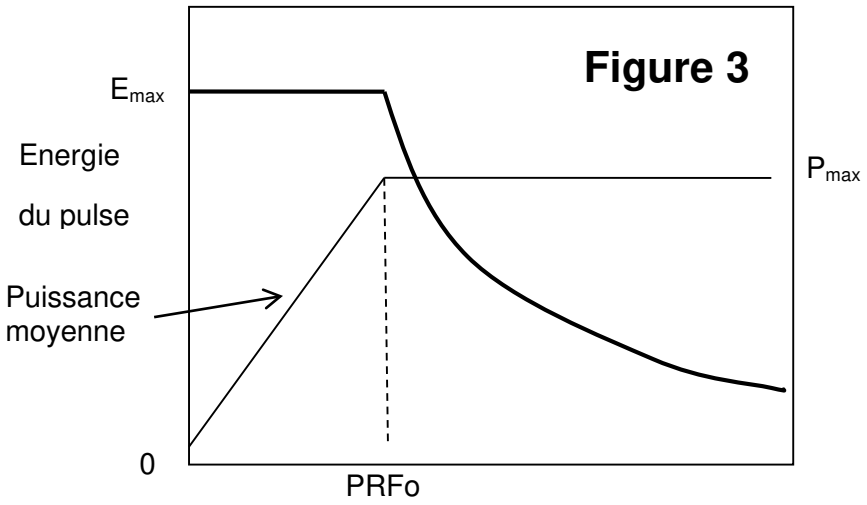
Question 2.13	**Indiquer** quel est le traitement le plus adapté, **justifier** votre choix.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

PARTIE 3

Analyse de la partie commande du laser. (Durée conseillée : 50 min)

Le laser de puissance travaille en mode pulsé. La figure suivante illustre les deux modes de fonctionnement possibles selon la valeur de la fréquence PRF de répétition des tirs (énergie de pulse constante ou puissance moyenne constante) :

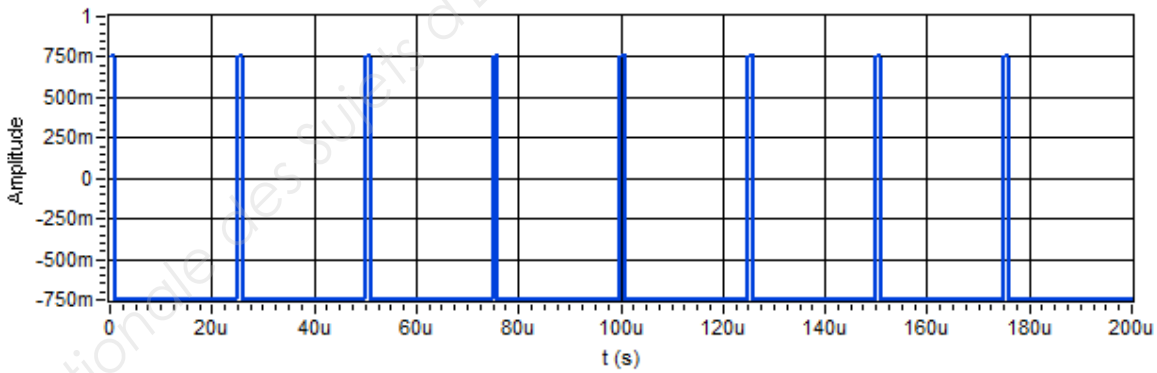


Fréquence de répétition des tirs (PRF)

Le laser SPI utilisé est le 20W/RM.

Question 3.1 DT6	En tenant compte des indications précédentes et de la documentation technique du laser, quelle est la valeur de la fréquence PRFo (fréquence à l'intersection des deux gammes de puissance) pour le laser utilisé ?

On donne un chronogramme issu d'un détecteur captant une fraction du faisceau de tir :

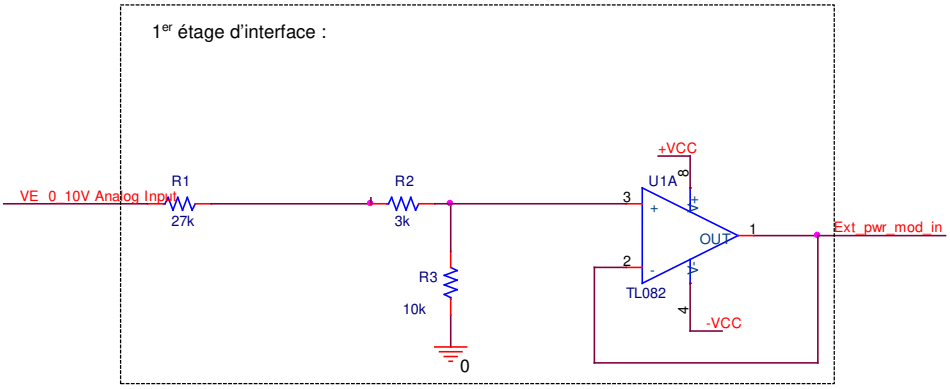


Question 3.2	**Déterminer** la fréquence de répétition des tirs utilisée **En déduire** la valeur de la puissance moyenne du faisceau de gravure, à partir du diagramme de la figure 3 ci-dessus.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

La commande du laser se fait par 2 moyens : commande via les entrées analogiques ou des commandes numériques envoyées par la liaison série.

Étude de l'interfaçage des signaux de commande du laser en mode analogique.

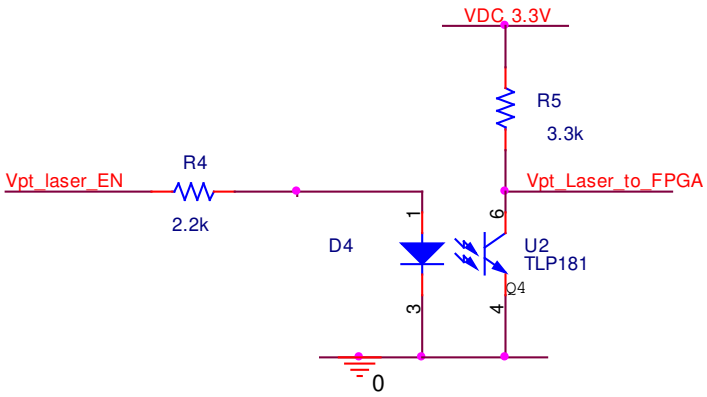


Le constructeur annonce une résistance d'entrée de 40 kΩ à l'entrée du 1er étage d'interface.

Question 3.3	**Justifier** la valeur de la résistance d'entrée indiquée dans la documentation.
Question 3.4	**Calculer** la tension de commande adaptée Vext_pwr_mod-in si Ve = 10V

Interfaçage des signaux logiques (extrait de la documentation du laser SPI).

Étude de l'adaptation du signal de commande pour activer le pointeur laser.



Question 3.5	**Indiquer** le rôle de la résistance R5 en sortie de l'optocoupleur U2 (TLP181) **Donner** l'intérêt d'utiliser un optocoupleur pour l'adaptation des signaux.
Question 3.6 DR4	**Compléter** le tableau de fonctionnement lié au pilotage du pointeur laser sur le document réponse DR4.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Étude de la programmation du laser SPI, pilotable via l'interface RS232.

Configuration de la liaison RS232 :

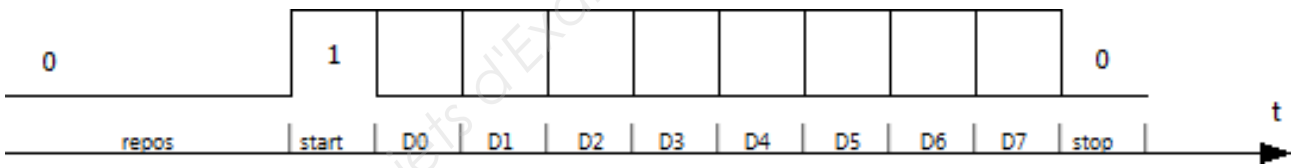
Paramètre	valeur
Débit par défaut	115200 bds
Bit de start	1
Bits de données	8
Bit de stop	1
parité	aucune
Contrôle de flux	aucun
Caractères de terminaison	\r\t (retour chariot+changement de ligne)

Un début de trame de communication a été capturé : il correspond à l'envoi d'une commande « SWxx ».

Pour la liaison série RS232, on précise que :

- l'envoi des caractères se fait « bit de poids faible en tête »,
- au repos le niveau est à 0.
- Le bit de start correspond à un 1
- Le bit de stop correspond à un 0

Allure de la séquence d'envoi d'un caractère codé sur sur 8 bits :



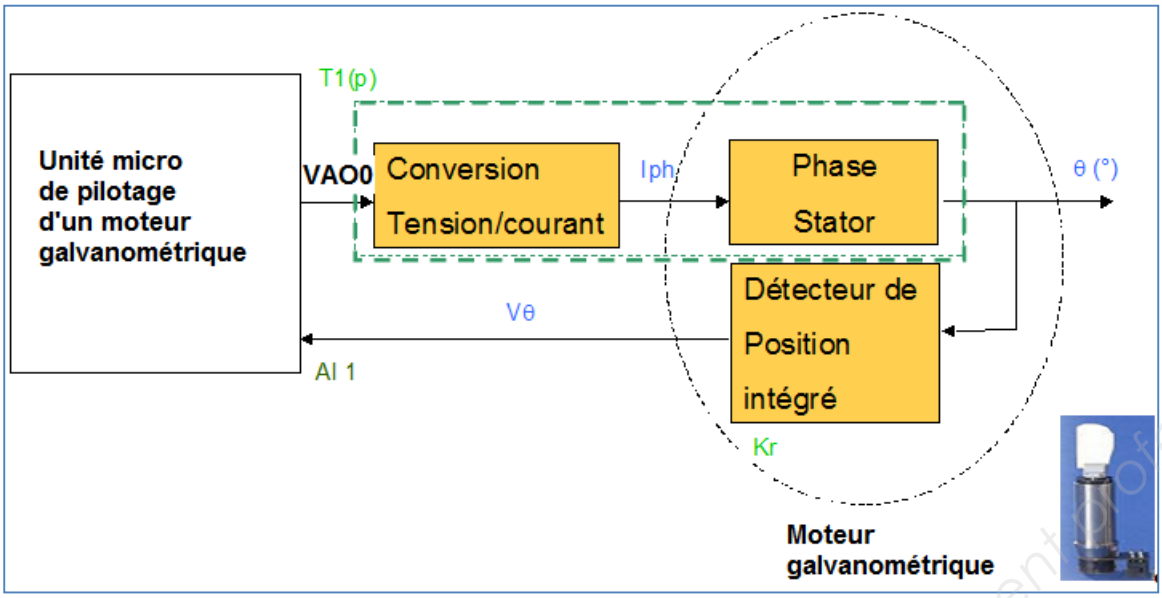
On donne les codes ASCII des caractères envoyés : Code ASCII du « S » : 83 en décimal ;

Code ASCII du « W » : 87 en décimal

Question 3.7	**Justifier** la séquence de 0 et de 1 pour l'envoi du « S ».
DR4	**Compléter** la séquence pour l'envoi du « W »

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Étude du pilotage des moteurs galvanométriques qui assurent la déflexion du faisceau laser.



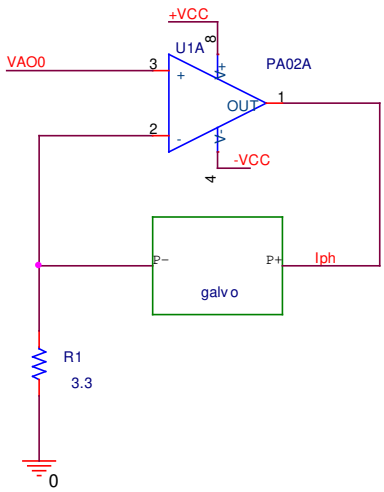
Le moteur galvanométrique est un actionneur de position angulaire.

L'angle de rotation est proportionnel au courant d'alimentation de la phase du moteur.

$\theta = Km*Iph$ avec Km = 4 °/A

Un capteur angulaire délivre une tension image proportionnelle à angle θ :

Schéma du circuit convertisseur Tension/courant VAO0 / Iph



Question 3.8 | **Etablir** la relation Iph = f(V AO0)

VAO-0 varie de +10V à -10V.

Question 3.9 | **Déterminer** quelle sera la gamme de variation du courant.

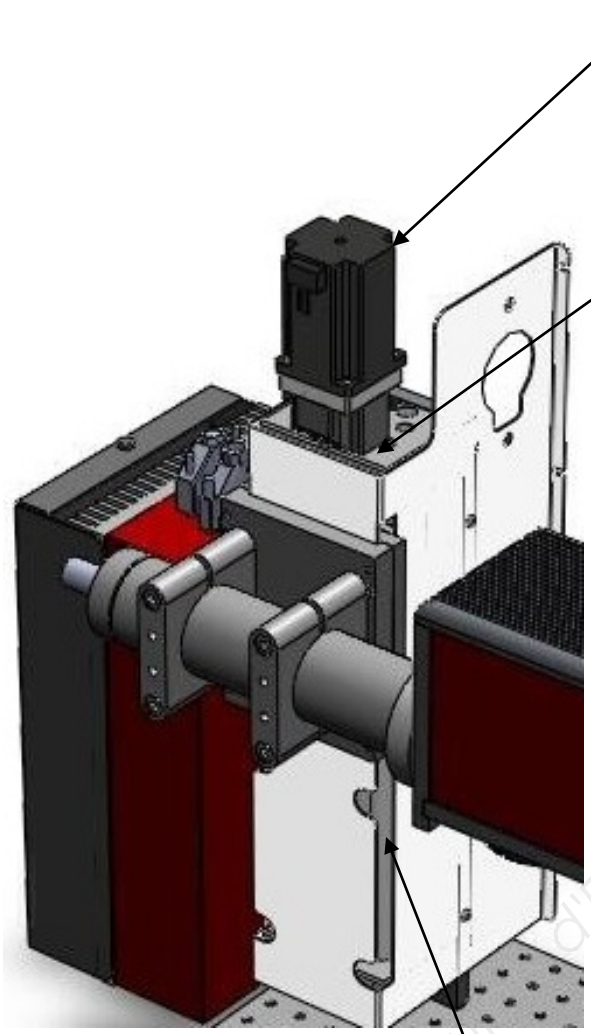
En déduire la gamme de variation de l'angle θ.

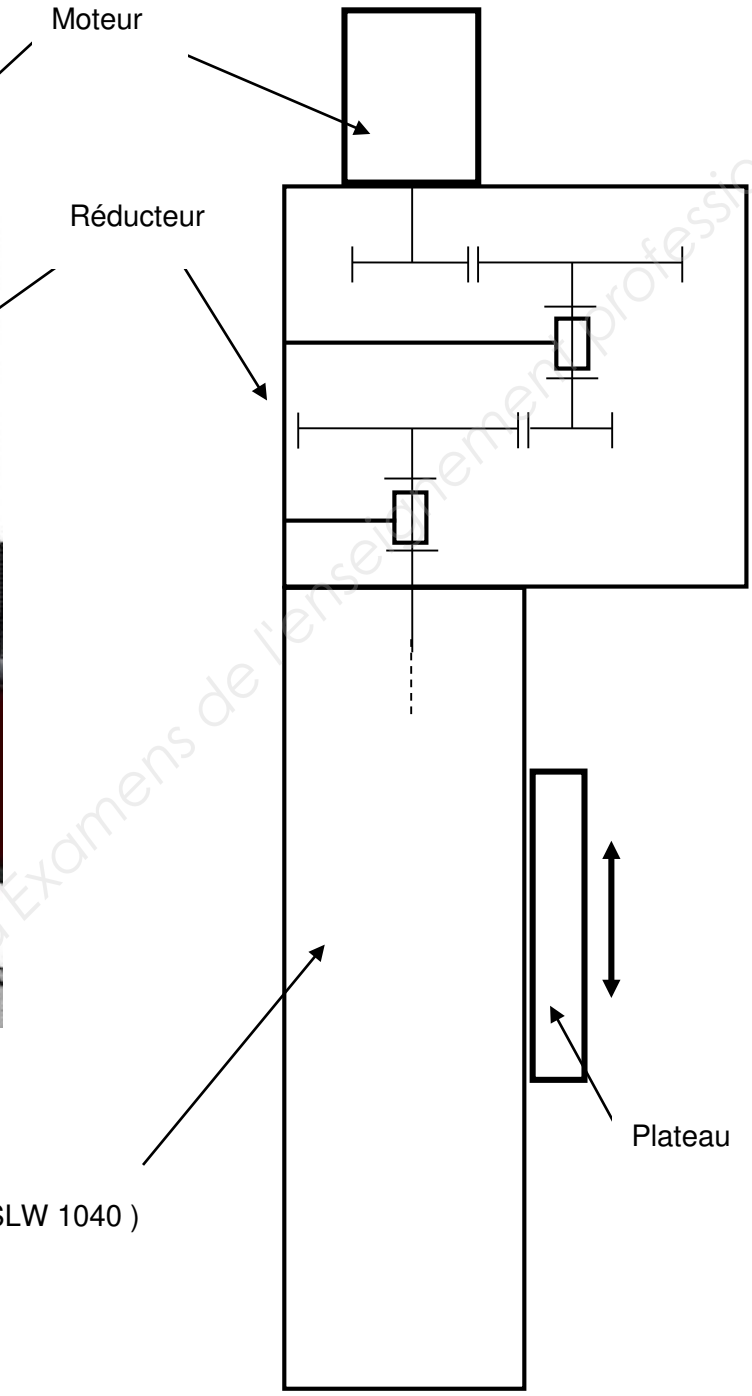
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

PARTIE 4

Unité de translation (Durée conseillée : 45 min)

Schématisation du système :

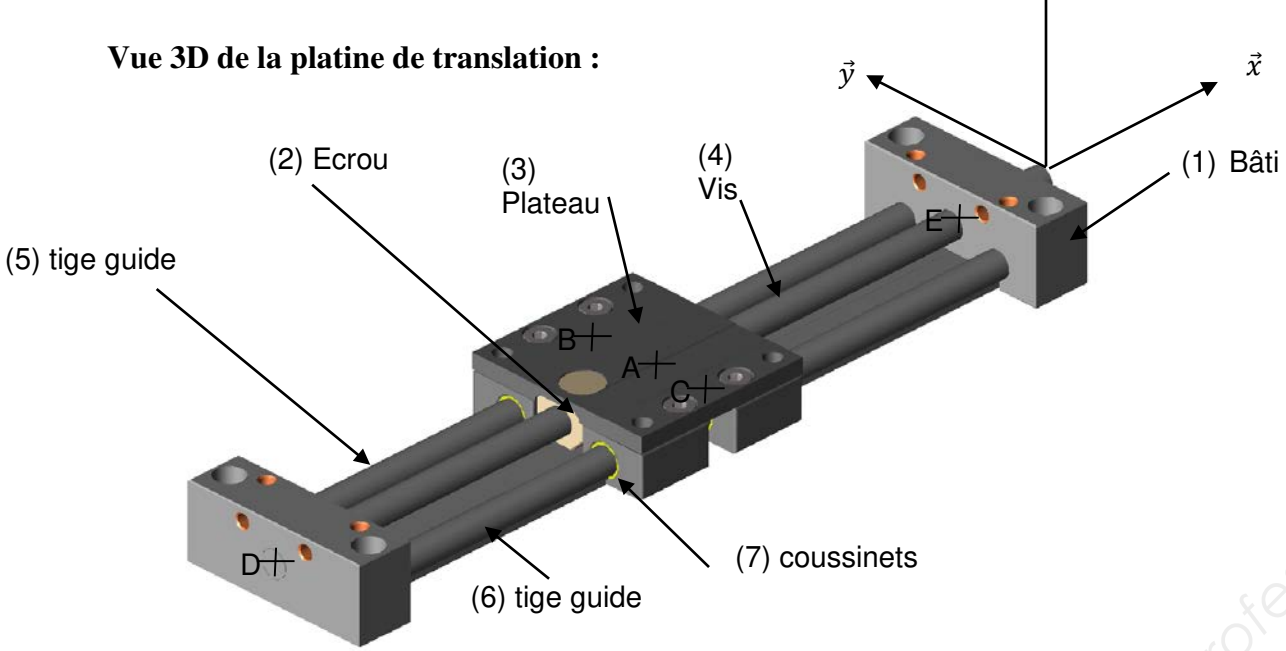




Unité de translation (SLW 1040)

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Vue 3D de la platine de translation :

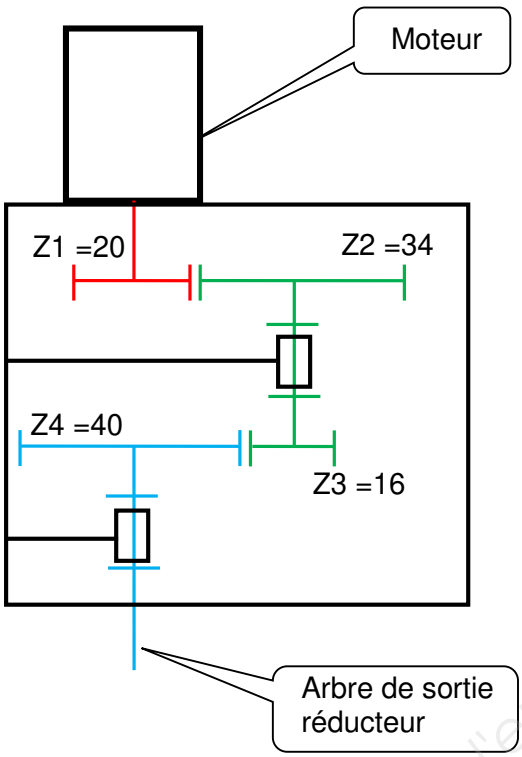


Question 4.1 DR5	**Définir** sur le document réponse DR5, les classes d'équivalence de la platine de translation.
Question 4.2 DR5	**Etablir** le graphe des liaisons sur le document réponse DR5.
Question 4.3 DR5	**Compléter** le tableau de caractérisation des liaisons correspondant sur le document réponse DR5 et spécifier les axes des liaisons.
Question 4.4 DR6	**Compléter** le schéma cinématique de la platine de translation sur le document réponse DR6. (Utiliser des couleurs différentes pour chaque classe d'équivalence)

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Vérification des performances du système :

L'objectif de cette partie est de vérifier la capacité du mécanisme de focalisation à atteindre les performances attendues en matière de précision de déplacement.

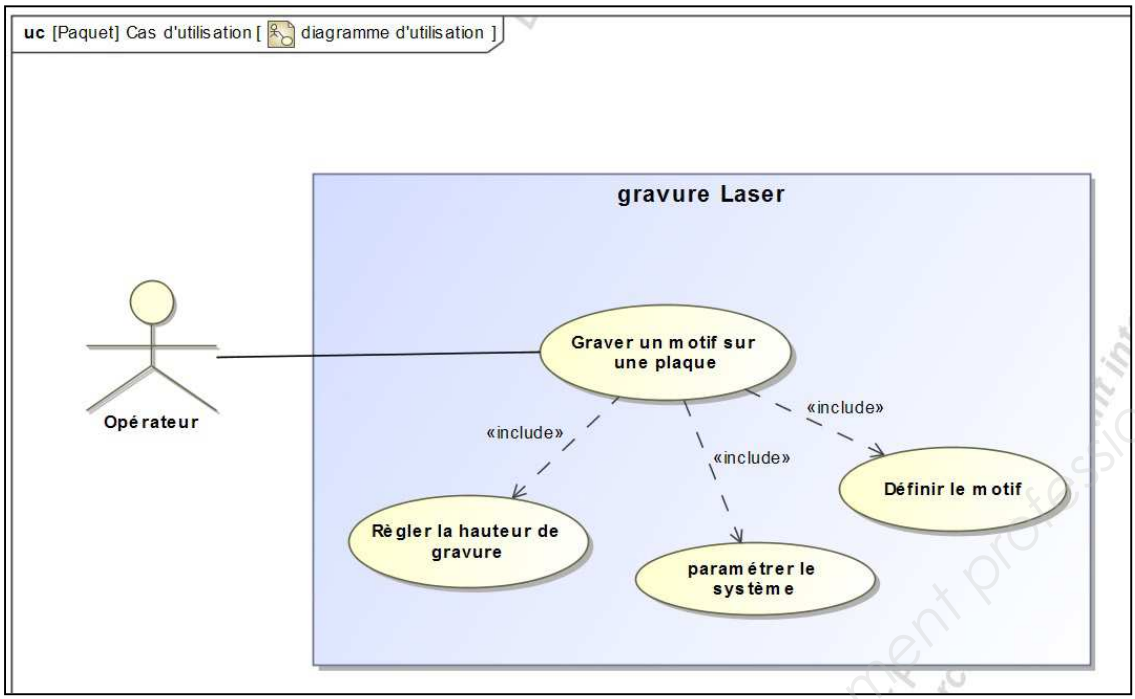


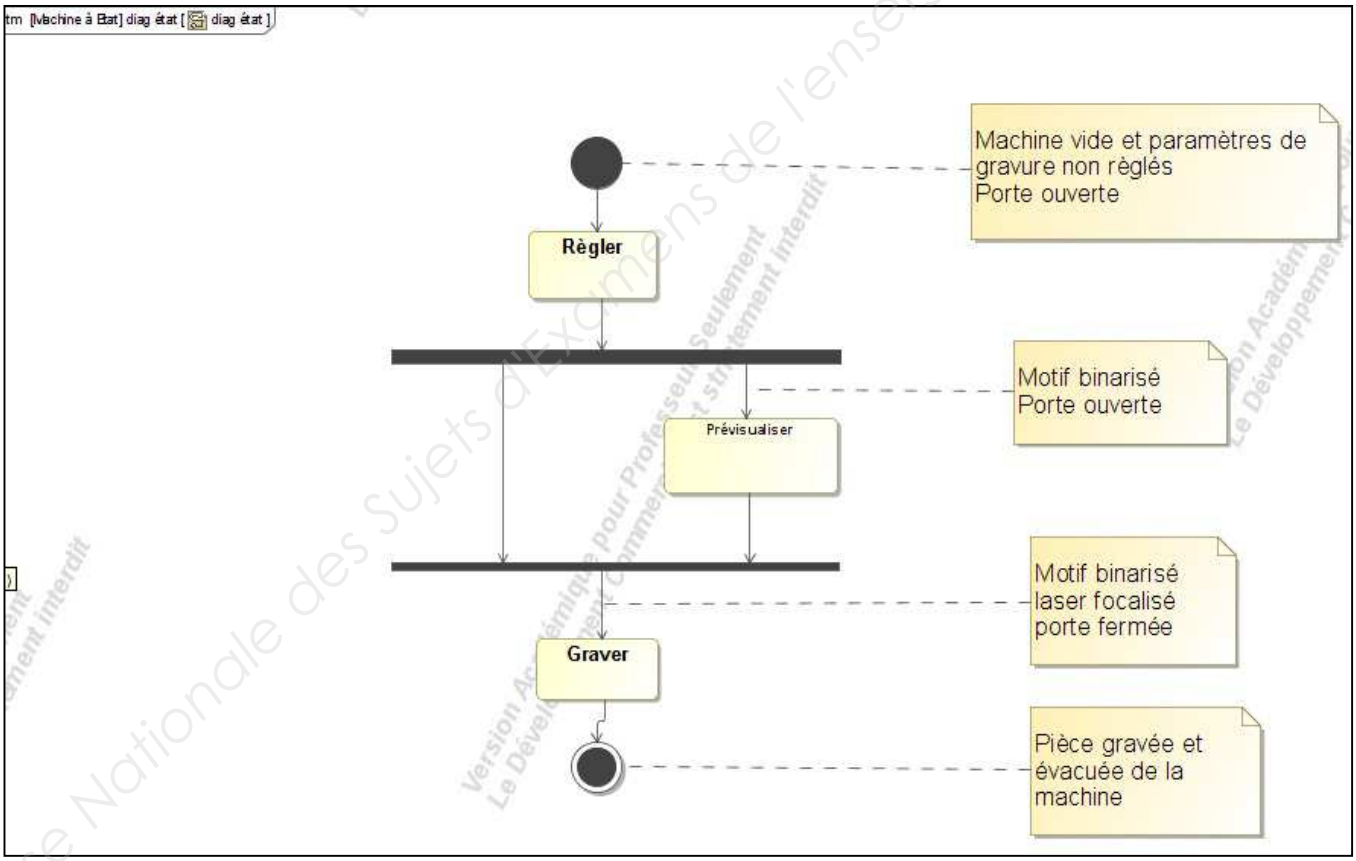
L'ensemble moto-réducteur peut être schématisé tel que ci-dessus.

Question 4.5	**Calculer** le rapport de transmission Ns/Nm (entre le moteur et la sortie réducteur)
Question 4.6 DT7	**Indiquez** l'angle de pas sur le moteur à partir du document DT7. **Calculer** le nombre de pas pour 1 tour du moteur.
Question 4.7	**Calculer** pour 1 pas moteur l'angle de rotation de la vis. **Calculer** la valeur de déplacement du plateau correspondant à une rotation de 1 pas du moteur. La vis principale de la platine de translation a un pas de 2 mm.
Question 4.8 DT2	**Conclure** quant à la capacité du mécanisme à répondre aux exigences du cahier des charges sur le déplacement minimum entre deux positions de marquage du laser.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DT1 : Diagramme sysml "cas d'utilisation et contexte"

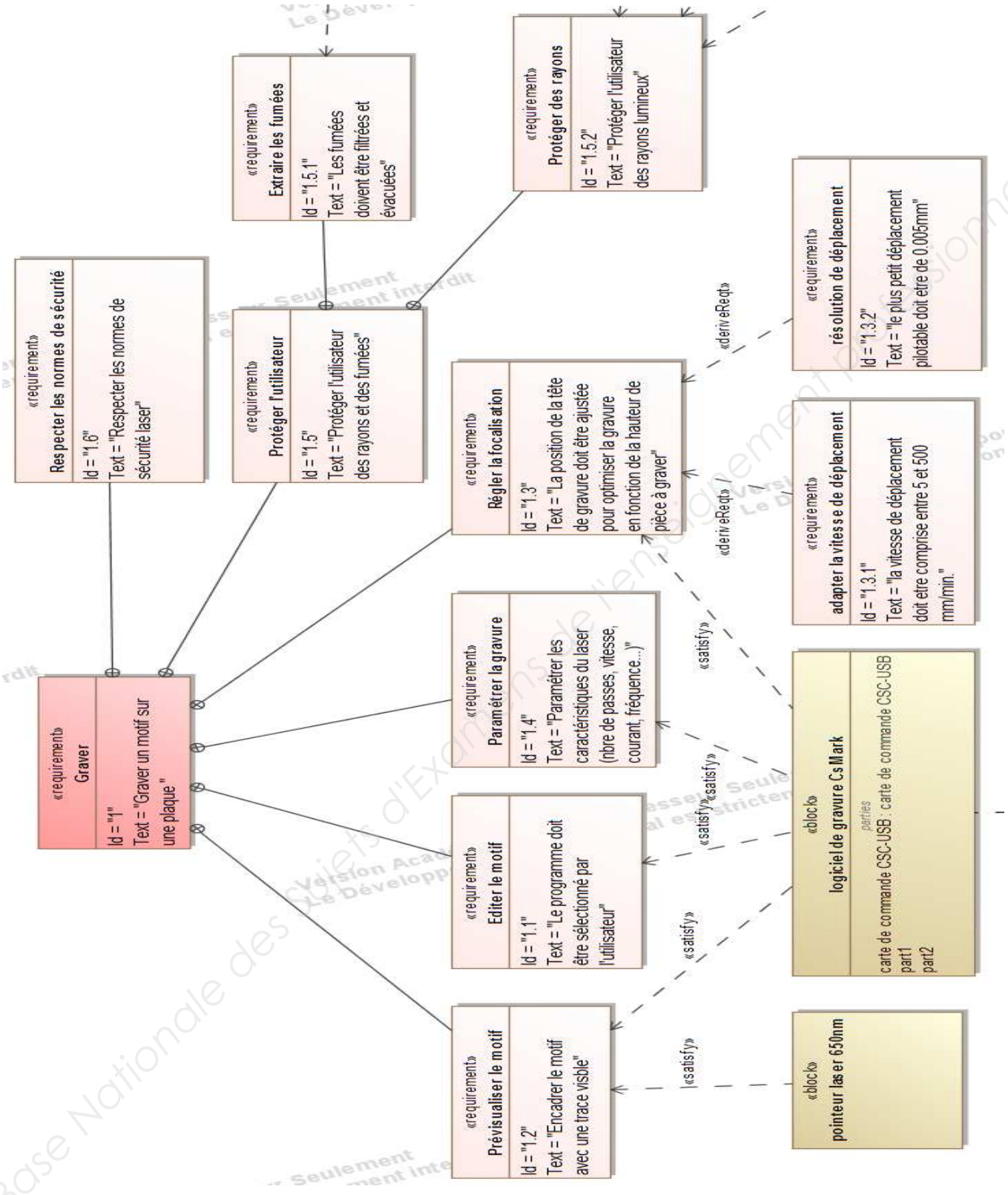




Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

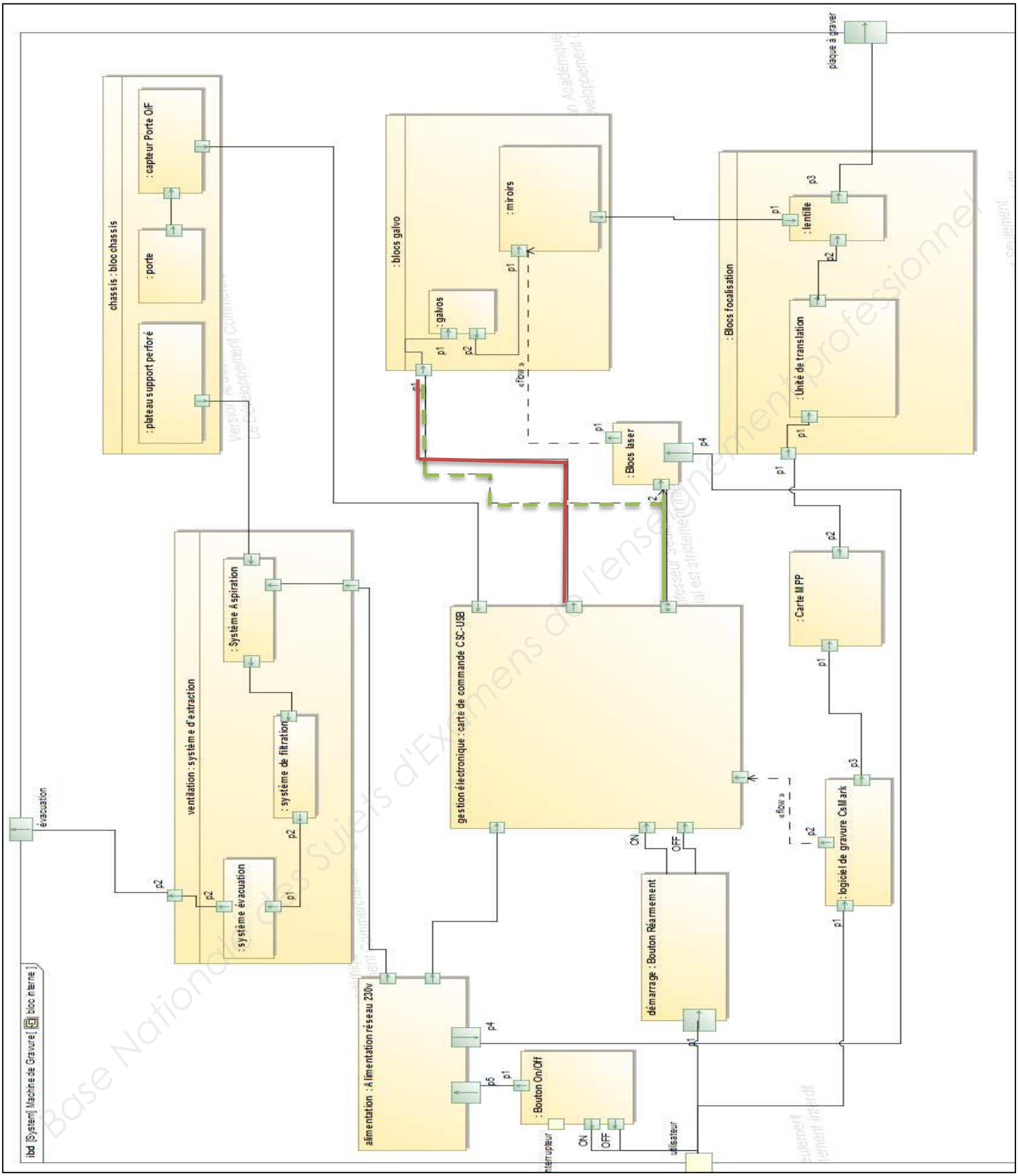
DT2 : Diagramme sysml "EXIGENCES"

(Diagramme d'exigences partiel)



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DT3: Diagramme sysml "BLOCS INTERNES"



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DT4 : Documentation technique de la lentille F-Theta

F-Theta Scan Lenses

Item #	FTH100-1064	FTH160-1064-M39	FTH160-1064	FTH254-1064
Photo - Not to Scale (Click to Enlarge)				
Effective Focal Length (EFL)	100 mm	160 mm	160 mm	254 mm
Scan Angle (Max)	±28°	±20°	±28°	±25°
Scan Length (Max)	98 mm	111.7 mm	156.4 mm	221.7 mm
Scan Field (Max)	70 mm x 70 mm	79 mm x 79 mm	110.6 mm x 110.6 mm	156.7 mm x 156.7 mm
Beam Diameter[a]	12 mm	8 mm	12 mm	20 mm
Spot Size (Diffraction Limited)	16 µm	39 µm	26 µm	25 µm
F-Theta Distortion (Max)	0.1%	1.3%	0.1%	0.1%
Field Curvature and F-Theta Distortion Graphs (Click to View)				
Working Distance[a]	97.8 mm	181.0 mm	182.5 mm	301.2 mm
A_1[a] (Typical)	7 mm	8.3 mm	7.5 mm	11.5 mm
A_2[a] (Typical)	15 mm	12.7 mm	12.3 mm	20.5 mm
ΔM[a] (Typical)	20 mm	10 mm	20 mm	30 mm
Number of Elements	3 Plus Protective Window	2 Plus Protective Window	3 Plus Protective Window	3 Plus Protective Window
AR Coating[b]	1020 nm - 1080 nm: R_{avg} < 0.3% (per Surface) 450 nm - 700 nm: R_{avg} < 1.0% (per Surface)			
Damage Threshold	5 J/cm² (1064 nm, Ø1 mm, 10 ns, 10 Hz)			
Lens Length	50.7 mm (2.00")	12 mm (0.47")	50.2 mm (1.98")	67.8 mm (2.67")
Lens Housing Diameter at Largest Point	Ø90 mm (Ø3.54")	Ø47.0 mm (Ø1.85")	Ø90 mm (Ø3.54")	Ø120 mm (Ø4.72")
Mounting Threads	M85 x 1.0	M39 x 1.0	M85 x 1.0	M85 x 1.0
Replacement Protective Window Item #[c]	FTHW75-1064	FTHW42-1064	FTHW75-1064	FTHW110-1064

Base Nationale des Sujets d'Enseignement Professionnel

acal technology

BFi OPTiLAS

TSH8050

Specification

(All angles are in mechanical degree)

Specification for Driver



Input Voltage Requirement	±24VDC@4A MAX.RMS
Analog Signal Input Resistance	200K±1%Ω (differential input)
Position Signal Output Resistance	1K±1%Ω
Analog Position Signal Input Range	±5V
Position Signal Input Scale Factor	0.5V/°
Position Signal Output Scale Factor	0.5V/°
Operating Temperature Range	0℃ – 40℃
Driver Board Dimensions (L*W*H) mm	99*71*37

Specification for Motor:

Settling Time	≤0.9ms
Linearity	99.9%
Scale Drift	<40PPM/℃
Zero Drift	<15μRad./℃
Repeatability	<8μRad./℃
RMS Current	4A(Max.)
Peak Current	25A(Max.)
Optical Aperture (mm)	25,30,32
Maximum Scan Angle	±12°
Weight	8.4Kg
Operating Temperature Range	25℃±10℃

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Model	10W / RM	20W / RM	12W / HS	20W / HS
Specifications				
Peak Emission wavelength	1062 ± 3 nm			
Modes of operation	Pulsed		Pulsed and CW / M	
Minimum specifications	12W / 7.5kW	20W / 12kW	12W / 9kW	20W / 12kW
Minimum Pulse Energy @ PRF0	0.5mJ	0.8mJ	0.6mJ	0.8mJ
Pulse repetition range				
Gamme à pleine puissance	25 - 100kHz	25 - 100kHz	20 - 500kHz	25 - 500kHz
Gamme à puissance réduite	1 - 25 kHz	1 - 25 kHz	1 - 20 kHz	1 - 25 kHz
Modulation range in CW	N/A		DC to 100 kHz	
Output power stability (typical)	5%			
Output beam characteristics				
Beam Diameter, nominal	1 – 10mm with selected BET option			
M^2	1.6 – 2.0			
Polarization state	Random			
Beam delivery cable length	2 m			
Red alignment laser	Optional			
Electrical				
Laser head power supply requirement	24 V / 7A	24 V / 10 A	24 V / 7 A	24 V / 10 A

Note : indications de puissance avec le format Puissance moyenne/puissance crête

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Données techniques

Cote de bride		56mm (NEMA23)
Moteur		
Tension maximale	[VDC]	60
Tension nominale	[VDC]	24-48
Courant nominal	[A]	4,2
Couple de maintien	[Nm]	2
Couple de détente	[Nm]	0,068
Angle de pas	°	1,8
Résistance/phase	[Ω]	0,5±10%
Inductivité/phase	[mH]	1,90±20%
Moment d´inertie du rotor	[kgcm^2]	0,48
Charge arbre, axiale	[N]	15
Charge arbre, radiale	[N]	52
Encodeur		
Tension de service	[VDC]	5
Impulsions/tour	[1/min]	500
Impulsion zéro/index		oui
Pilote		Protocole RS 422
Frein		
Tension de service	[VDC]	24±10%
Puissance	[W]	10
Couple de maintien	[Nm]	1
Moment d´inertie	[kgcm^2]	0,02
Poids		
Poids du produit	[kg]	1,12
avec codeur	[kg]	1,14
avec codeur et frein	[kg]	1,36
Données de service		
température ambiante	[°C]	-10...+50
Montée en température maxi admissible	[°C]	80
Classe d´isolation		B
Humidité de l'air (non condensante)	%	85
Indice de protection carter moteur		IP65 (étanchement de l'arbre IP52)
Déclaration CE		Directive CEM

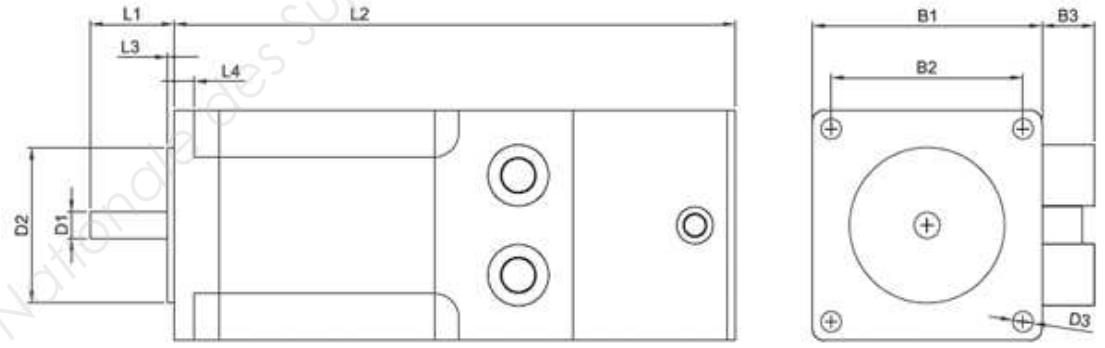


Photo avec encodeur et frein

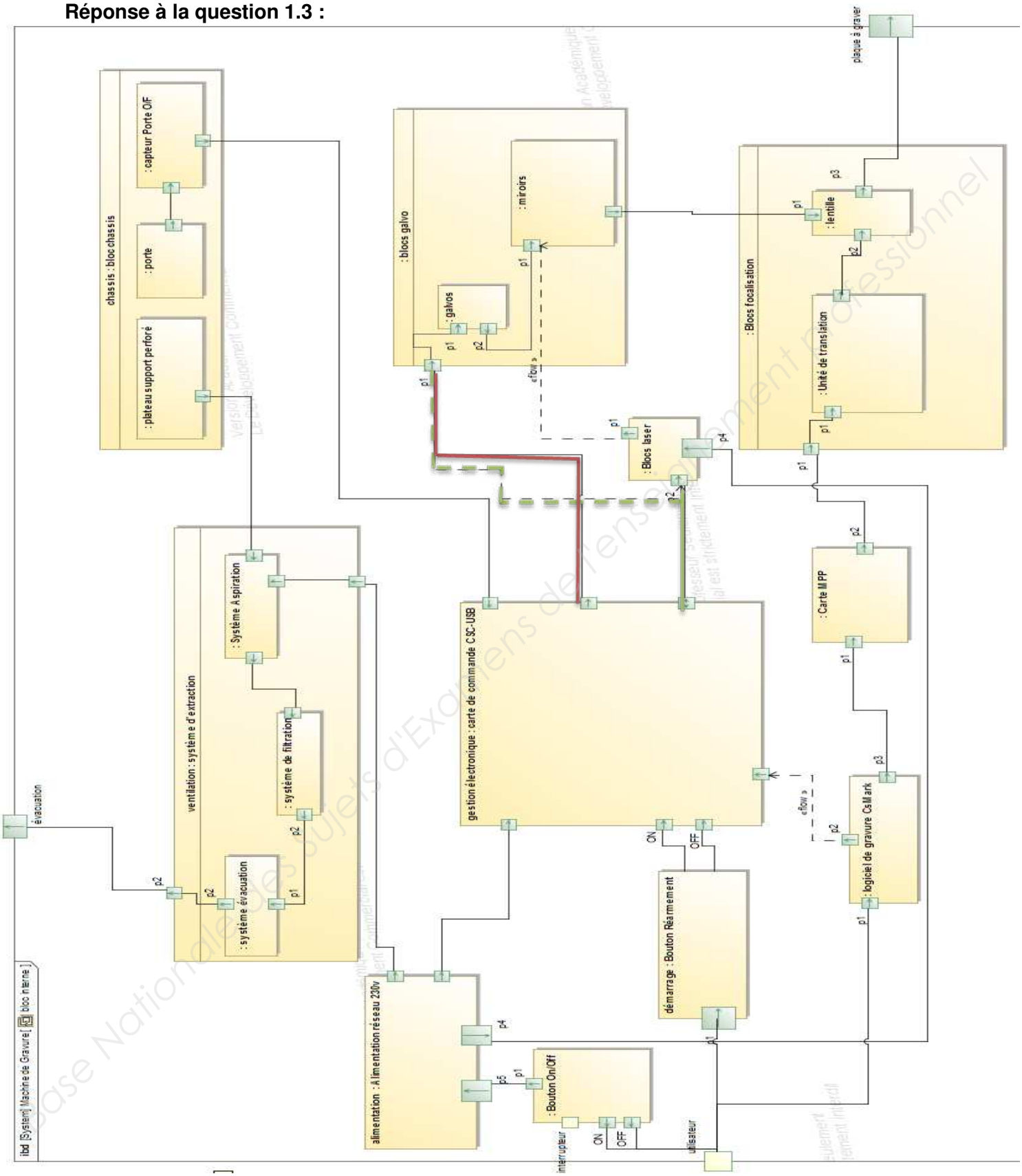
Cotes

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DOCUMENT REPONSES DR1

PARTIE 1

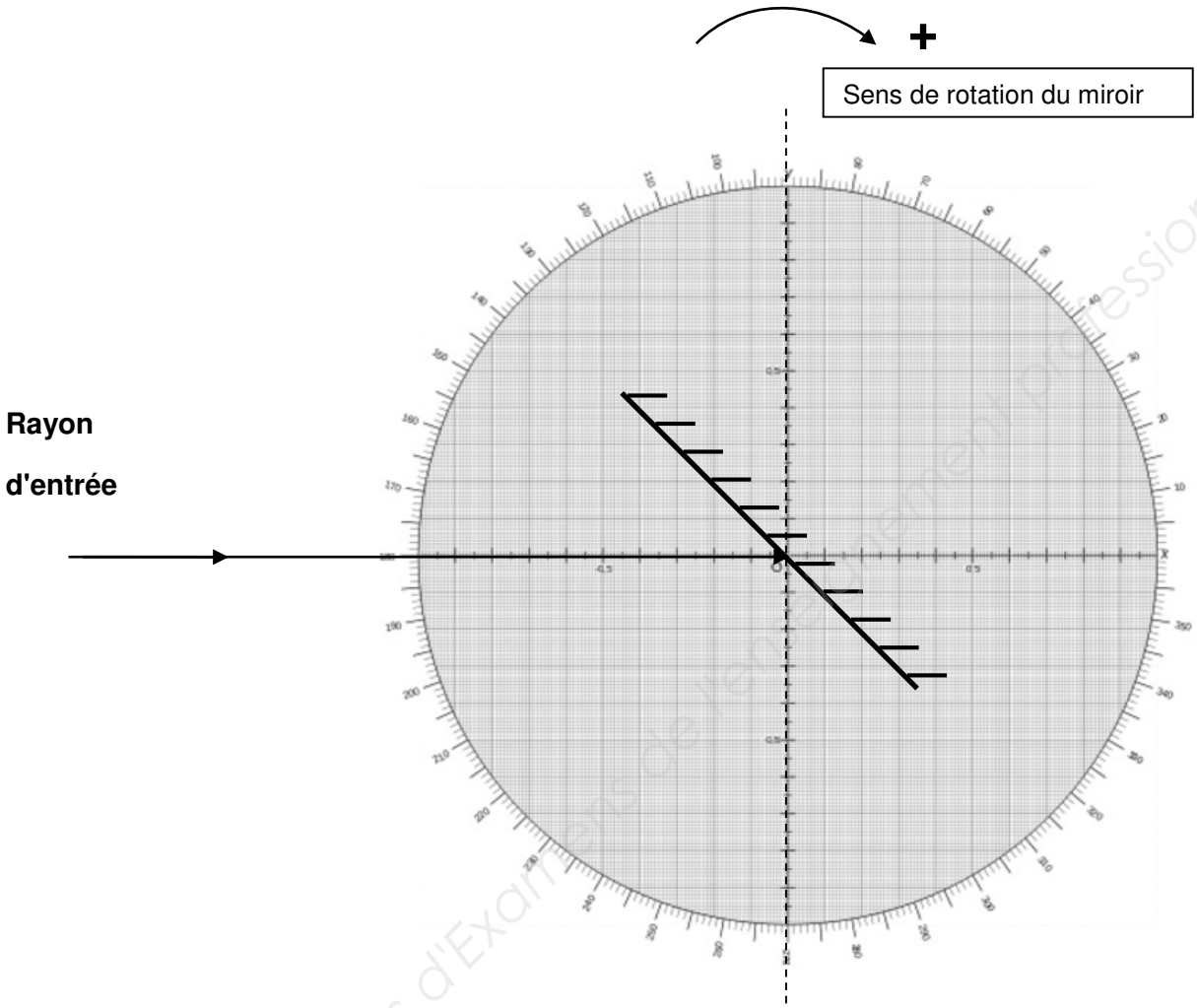
Réponse à la question 1.3 :



Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

PARTIE 2

Réponse à la question 2.6 et à la question 2.7 : Construction des rayons défléchis



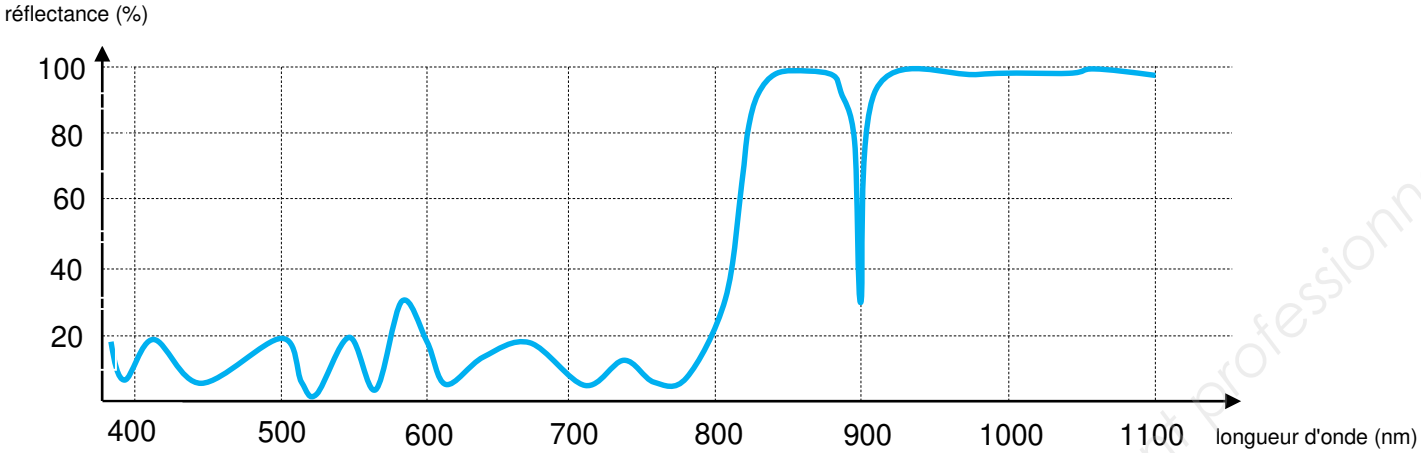
Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

DOCUMENT REPONSES DR3

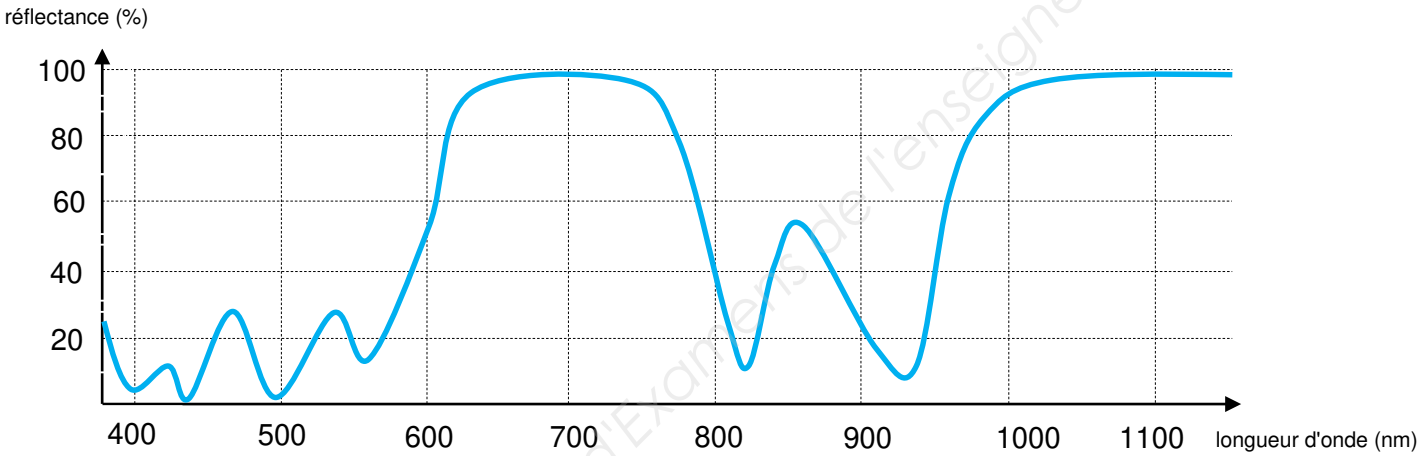
PARTIE 2

Réponse à la question 2.12

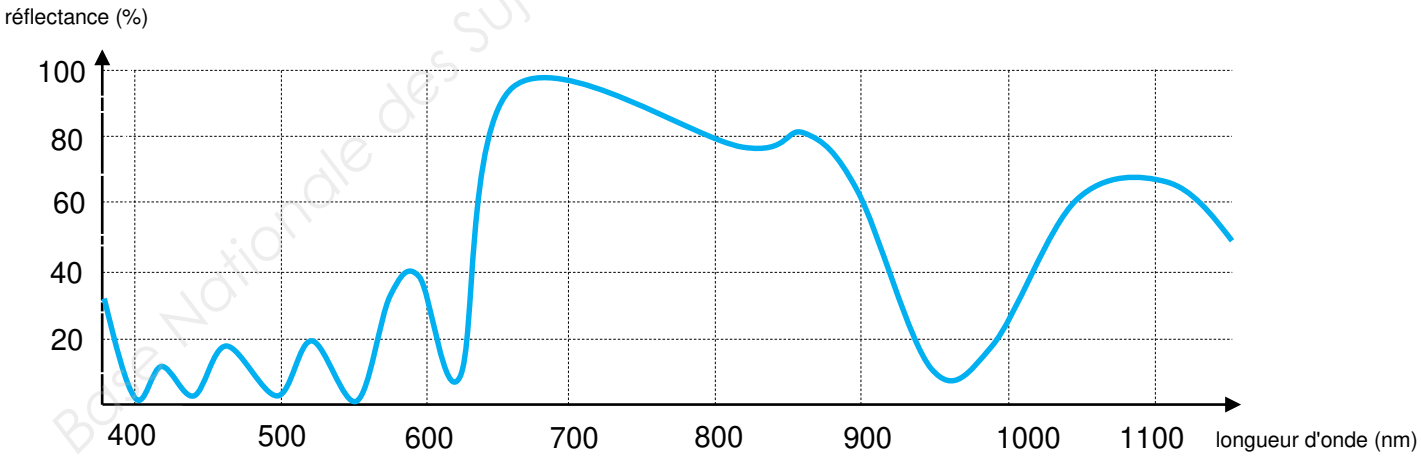
Traitement 1:



Traitement 2:



Traitement 3:



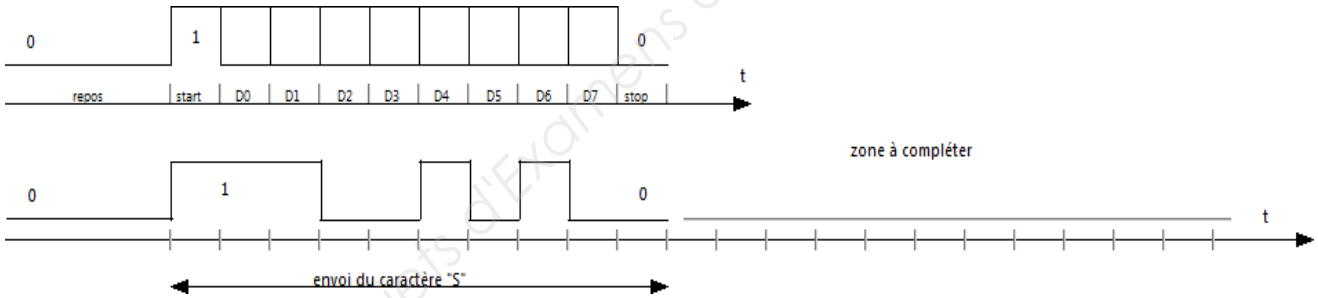
Banque Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

PARTIE 3 Tableau de fonctionnement du pointeur Laser

Réponse à la question 3.6

	Etat de la diode D4 (passante ou bloquée)	Etat de Q4 (bloqué ou saturé)	V_pt_laser_toFPGA (0V ou 3,3V)
V_pt_laser_en=0V			
V_pt_laser_en=5V			

Réponse à la question 3.7



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

PARTIE 4

Réponse à la question 4.1 :

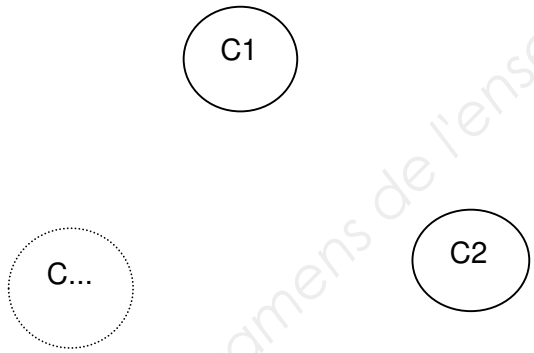
C1= {

C2= {

.....

.....

Réponse à la question 4.2:



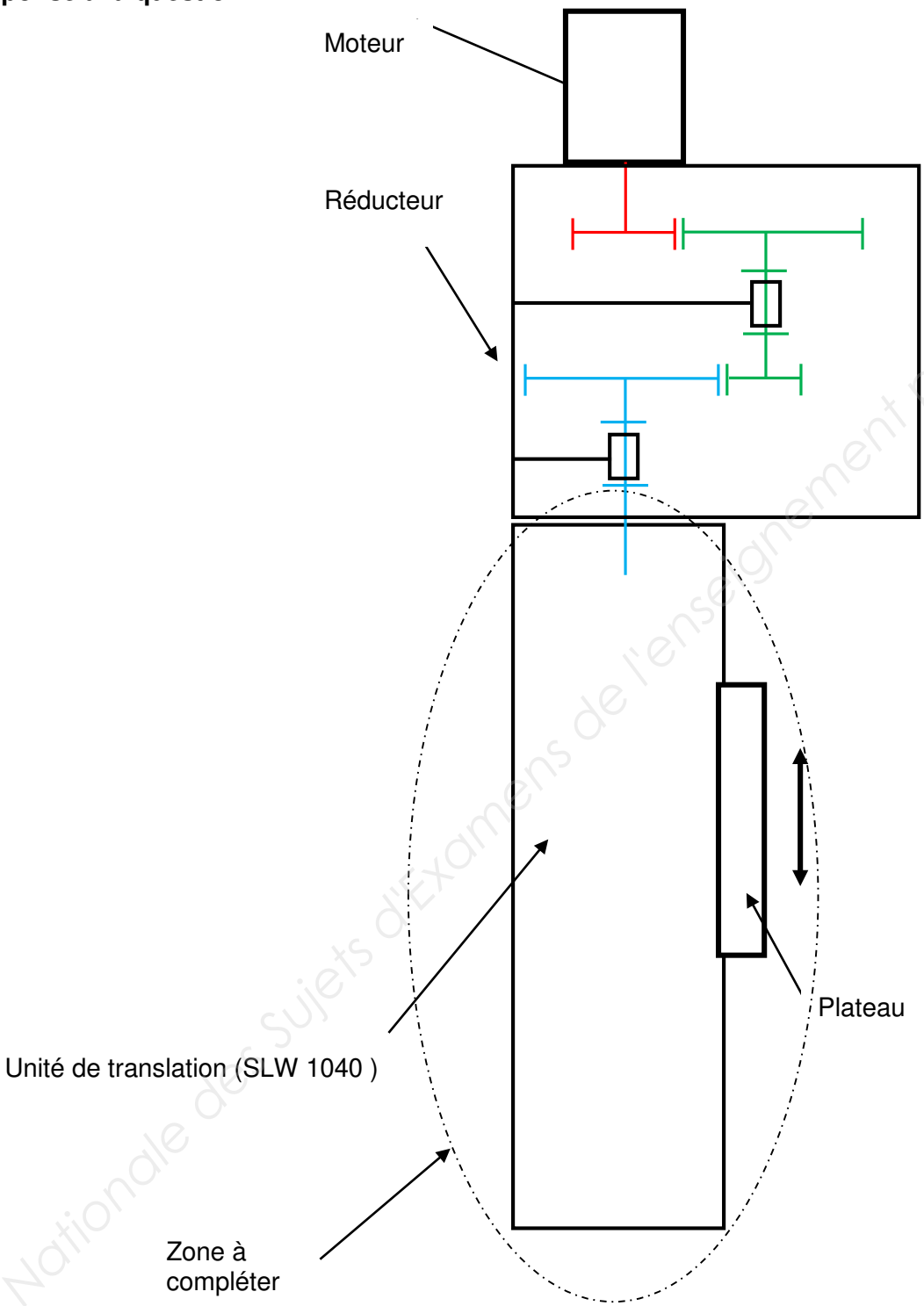
Réponse à la question 4.3:

Classes (exemple C1/C2)	**Mouvements relatifs**	**Liaisons + axes**

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

PARTIE 4 :

Réponse à la question 4.4



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.