

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
PHOTONIQUE : TECHNOLOGIES ET SCIENCES DE LA
LUMIERE

ÉPREUVE E4 : CONCEPTION DURABLE D'UN SYSTÈME OPTIQUE
PHOTONIQUE

PARTIE 2 : Conception durable d'un système optique photonique
SESSION 2026

Durée : 3 heures - Coefficient : 3

Matériel autorisé :

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Constitution du sujet :

- **Dossier Questionnement Réponses à rendre (DQR1 à DQR5)** (mise en situation et questions à traiter par le candidat) Pages 1 à 22
 - **Mise en situation**..... Pages 1 à 2
 - **PROBLÉMATIQUE 1** Page 3
 - **PROBLÉMATIQUE 2** Pages 4 à 9
 - **PROBLÉMATIQUE 3** Page 10
 - **PROBLÉMATIQUE 4** Pages 11 à 14
 - **PROBLÉMATIQUE 5** Pages 15 à 22
- **Livret Ressources (LR1 à LR12)** Pages 1 à 13

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

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

CORRECTION

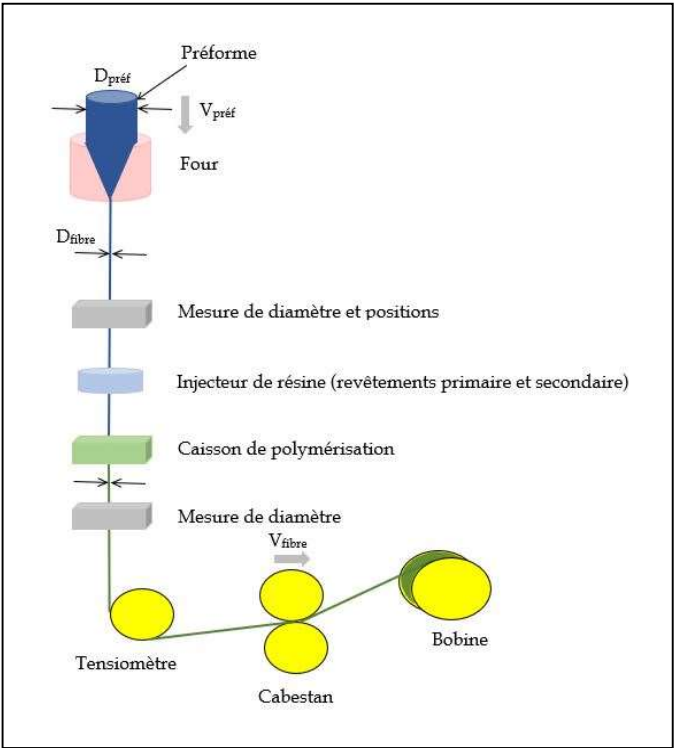
Etude d'une tour de fibrage
Dossier Questionnement / Réponses

Mise en situation : Principe du fibrage

L'étude porte sur une tour de fibrage permettant la production de fibre optique standard ou spéciale. Dans un premier temps, la préforme est introduite dans le four (four résistif) afin de chauffer sa partie inférieure à une température proche de sa température de fusion (supérieure à 2200°C). La préforme commence à se ramollir et il se forme une goutte de silice. Cette dernière est entraînée par gravité, engendrant un fil de silice. Ensuite, la fibre pénètre dans un mesureur de diamètre (Zumbach), avant d'être enduite d'une résine de protection se trouvant dans le godet. Elle est immédiatement polymérisée par un rayonnement UV (four de polymérisation UV). Le diamètre extérieur de la fibre après revêtement est de l'ordre de 245 µm. On obtient ainsi la fibre optique, il reste à l'enrouler sur la bobine précédée d'un cabestan. Ce dernier assure la traction et le guidage de la fibre et sa vitesse de rotation est asservie par un système de contrôle du diamètre.

Domaine d'étude : les questionnements portent sur le principe de fonctionnement de la tour de fibrage, et certains éléments constitutifs, afin de mettre en évidence leur rôle sur la qualité de la réalisation.

Schéma de principe de la tour de fibrage



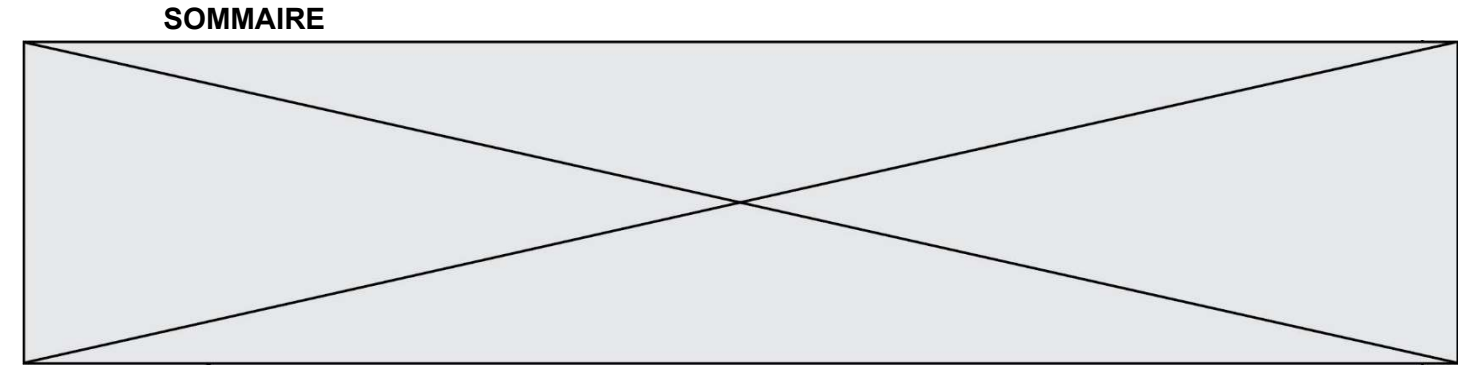
Durées conseillées :

- Lecture du dossier : **15 minutes**
- Problématique n°1 « Analyser le fonctionnement de la tour de fibrage » : **15 minutes**
- Problématique n°2 « Vérifier le centrage et le diamètre de la fibre » : **60 minutes**
- Problématique n°3 « Vérifier le respect du cahier des charges » : **20 minutes**
- Problématique n°4 « Valider les caractéristiques de la lampe » : **20 minutes**
- Problématique n°5 « Analyser le système d'enroulement de la fibre » : **50 minutes**

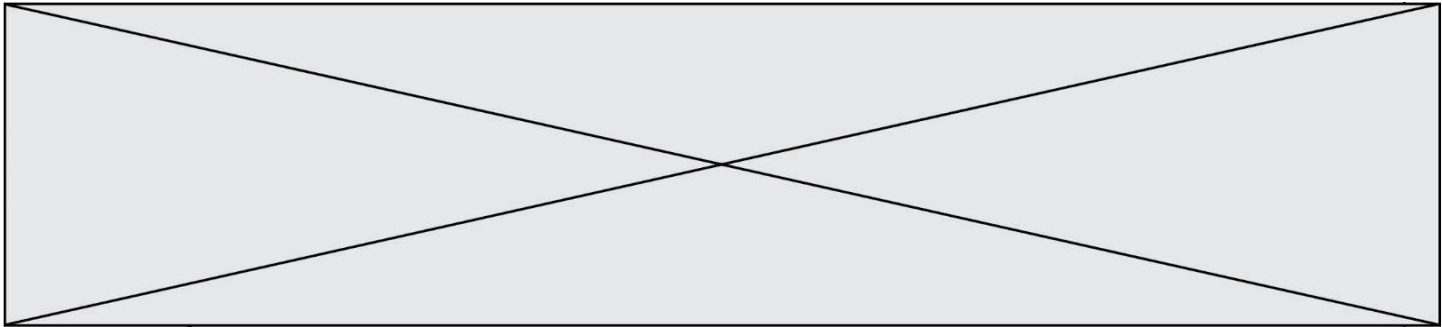
PROBLÉMATIQUE N°2 : Vérifier le centrage et le diamètre de la fibre
(14 Points, Durée conseillée : 60 min)

Objectif 2.1 : Justifier le choix du capteur

Question 3	Le capteur de ODAC18XY est utilisé en 2 endroits sur la tour de fibrage : Poste 1 : sortie du four (fibre nue) : mesure de centrage afin de fournir l'information pour le contrôle du positionnement de la préforme et mesure de diamètre pour ajuster l'effort de tirage. Poste 2 : sortie dépôt des revêtements primaire et secondaire : mesure de diamètre.
Ressources LR2 LR4 (tableau comparatif)	En relevant les exigences de la platine de centrage sur LR2, Justifier pourquoi le modèle ODAC18XY est-il plus adapté que le modèle ODAC14XY-M au poste 1 ?
ODAC14XY-M d'après tableau comparatif (mesure sur 3x3mm) D'après DT2 SYSML il faut 10mm mini donc celui-ci ne peut pas convenir.	



PROBLÉMATIQUE N°1 : Analyser le fonctionnement de la tour de fibrage	3
PROBLÉMATIQUE N°2 : Vérifier le centrage et le diamètre de la fibre	4
PROBLÉMATIQUE N°3 : Vérifier le respect du cahier des charges	10
PROBLÉMATIQUE N°4 : Valider les caractéristiques de la lampe	151
PROBLÉMATIQUE N°5 : Analyser le système d'enroulement de la fibre.....	15



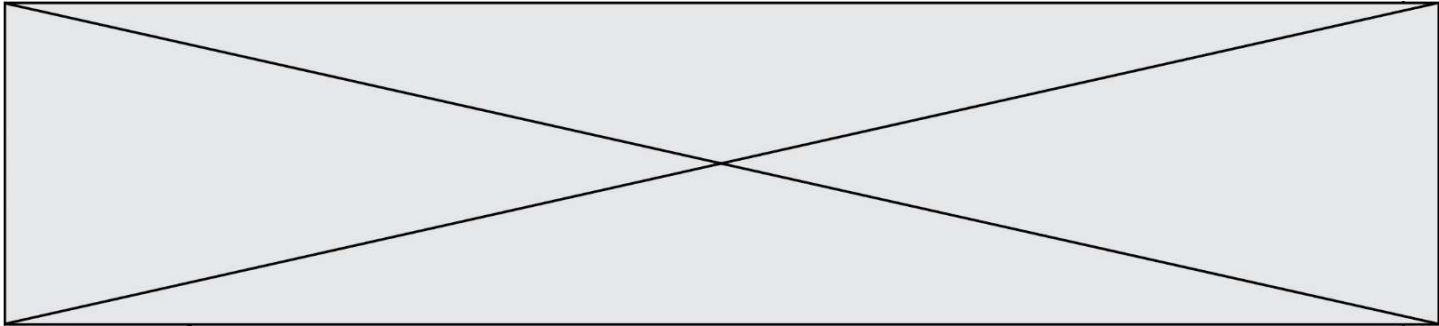
PROBLÉMATIQUE N°1 : Analyser le fonctionnement de la tour de fibrage

(3 Points, Durée conseillée : 15 min)

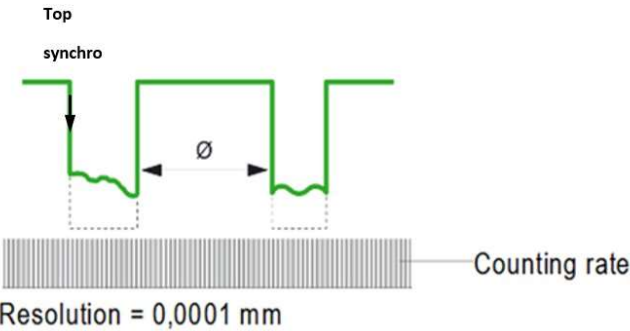
Objectif 1.1 : Cette partie permet de mettre en évidence les éléments constitutifs de la tour de fibrage à travers les diagrammes SysML

Question 1	Identifier, à partir des différents diagrammes SysML, les structures permettant d'enrouler la fibre sur la bobine.
Ressources LR1 , LR2	
Cabestan de tirage, bobine et axe avec vis sans fin (Id 1.3.4.1.1 et Id 1.3.4.1.2)	

Question 2	Identifier, à partir des diagrammes SysML, les structures permettant de réaliser les vérifications du diamètre de la fibre.
Ressources LR1 , LR2	
Capteur ODAC 18XY (Id 1.3.3.1) et Capteur ODAC 18XY avec Platine de centrage (Id 1.3.1.1.1 et Id 1.3.1.1.2)	



Objectif 2.2 : Déterminer les paramètres de l’algorithme de traitement



Le front descendant de l’impulsion Top_synchro est détecté automatiquement et effectue la remise à zéro du compteur puis lance le comptage.

Les fronts montants et descendants suivants (impulsion_mesure) sont détectés et déclenchent la lecture du compteur (nombres N1 et N2).

Question 11	Le traitement informatique du signal repose sur l’utilisation d’un compteur intégré qui compte des impulsions d’horloge de fréquence 45 MHz.
Ressource LR5 , LR6	Compléter l’algorithme ci dessous qui permet d’évaluer la position du centre de la fibre et son diamètre à partir des nombres N1 et N2 d’impulsions comptées.
Début N1,N2 entiers sur n bits faire indéfiniment attendre (front descendant Top_synchro) N=0 // réinitialisation du compteur attendre (front montant signal) N1 = lire_compteur() // N1 ← N attendre (Front descendant du signal) N2 = lire compteur // N2 ← N // calcul diamètre Ndiamètre = N2 - N1 // calcul centre fibre NcentreFibre= (N2+N1) / 2 // envoi des informations fin faire Fin	

Modèle CCYC : ©DNE

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

Prénom(s) :

N° candidat :
(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

N° d'inscription :

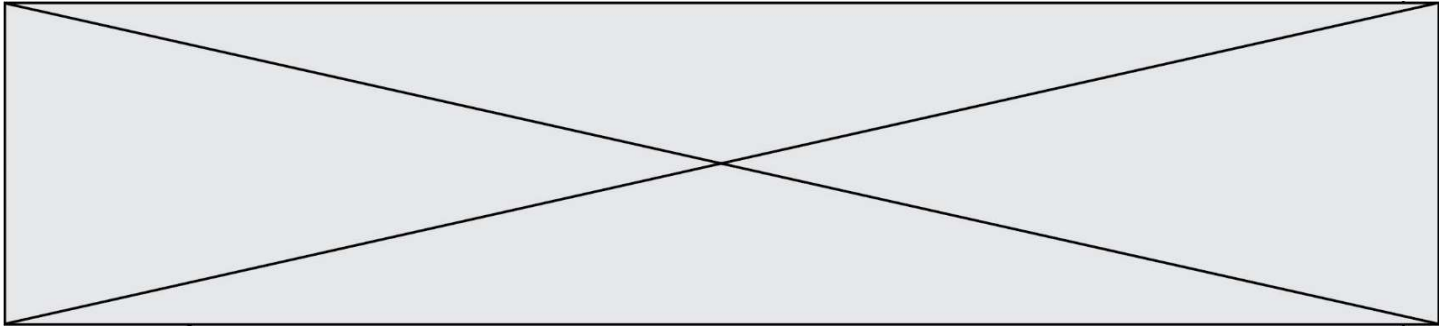

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1s

- Remplir soigneusement en majuscules, le cadre d'identification sur toutes les copies.
- En dehors de ce cadre d'identification, aucun signe distinctif ne doit permettre d'identifier le candidat.
- CONSIGNES
- Ne joindre aucun brouillon et n'effectuer aucun collage et aucun agrafage.
- Ecrire à l'encre foncée et éviter d'utiliser du blanc correcteur. Ne pas composer dans la marge.

Question 4	Evaluer pour le modèle ODAC18XY Standard, la durée d’une mesure.
Ressource LR2,LR3,LR4	Commenter cette valeur en rapport avec la vitesse de tirage (environ 20m/min).
1200echantillons/s /voie T=0.833ms Vitesse fibre : 20m/min donc 0.33m/s Donc la mesure se fait tous les 278.3x10-6 m d’avancée de la fibre ce qui permet un centrage et un diamètre constant.	

Question 5	Principe du traitement du signal pour 1 axe (la mesure se fait donc sur 1 voie)
Ressource LR4 et LR3	Compte-tenu des indications fournies sur la fiche présentant le principe de fonctionnement (LR 3) : Déterminer la valeur de la vitesse de rotation nécessaire en rad.s ⁻¹ du miroir octogonal.
Un balayage dure 0.833ms (il y a 8 balayages par tour) donc la durée d’un tour est de 6.64ms Soit une vitesse de rotation d’environ 150tour/s ou 9000tr/min ce qui correspond à 300π rad.s⁻¹	



Le chronogramme sur LR5 est le signal d'une fibre centrée il est obtenu pour une fibre nue bien centrée et de diamètre 125 µm.

Début d'un balayage : front descendant de l'impulsion Top_syncro

Fin du balayage : front montant de l'impulsion suivante.

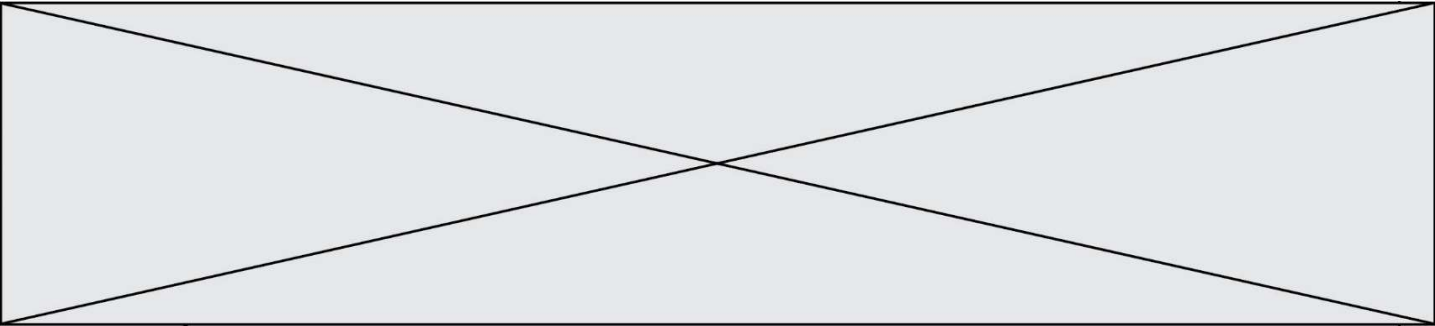
Les chronogrammes sur LR6A et LR6B sont les détails de l'impulsion, zoom de la partie impulsion_ombre_portée due à la fibre dans 2 cas de figure :

- Fibre bien centrée et de diamètre 125 µm (impulsion_référence)
- Fibre non centrée et de diamètre différent de 125 µm (impulsion_mesure)

Question 6	Evaluer la durée effective de balayage.
Ressource LR5	
D'après le chronogramme tbalayage = 800us	

Question 7	Justifier que sur le LR5 la fibre est bien centrée sur le capteur.
Ressource LR5, LR6A	
L'impulsion de la fibre est sur 433us le début de balayage est à 33us et la fin à 833us Il y a donc 400us entre l'impulsion de la fibre et le début du balayage et 400us entre l'impulsion de la fibre et la fin du balayage. La fibre est donc bien centrée.	

BTS PTSL	Épreuve écrite E4 partie 2	Session : 2026	
Conception durable d'un système optique photonique	Code : 26_PTSLE42CDS	Coefficient : 3	Page 6 / 22



Question 8	Justifier que le signal de référence correspond à une fibre de diamètre 125 μm . La distance parcourue lors d'un balayage est de 18mm.
Ressource LR4 + LR5	
D'après le chronogramme, la largeur de l'impulsion est de 5.5μs. Il faut 800 μs pour parcourir les 18mm de balayage Les 5.5μs correspondent donc à une distance de 123.5μm. Ce qui est très proche des 125 μm attendus.	

Question 9	Déterminer la valeur de l'excentrement de la fibre. Vous ferez apparaitre vos calculs.
Ressource LR6A, LR6B	
Le centre de l'impulsion est à : $t=423\mu s$ au lieu de $433\mu s$ sur la fibre centrée donc $10\mu s$ d'écart..... En distance : $10 \times 18 / 800 = 225\mu m = 0.225mm$	

Question 10	Déterminer le diamètre de la fibre et choisir s'il faut augmenter ou diminuer la vitesse de tirage de la fibre.
Ressource LR6A, LR6B	
L'impulsion dure 6 us la fibre mesure donc 135um il faut donc augmenter le tirage car nous souhaitons une fibre de 125um	

BTS PTSL	Épreuve écrite E4 partie 2	Session : 2026	
Conception durable d'un système optique photonique	Code : 26_PTSLE42CDS	Coefficient : 3	Page 7 / 22

Question 18	A partir de la documentation du polymère utilisé et des lampes UV proposées, choisir et justifier le numéro de lampe UV qui convient.
Ressource LR9	
Une lampe Uv est adaptée car A() centrée sur 275nm ce qui est bien dans l'U.V.	

Objectif 4.2 : Vérifier la stabilité en puissance de la lampe

Le responsable de la tour de fibrage souhaite étudier la **stabilité** de la lampe car cette dernière influence la qualité du coating (revêtement de protection de la fibre). Une photodiode sera insérée au plus proche de la fibre

Question 19	D'après les documents constructeurs des 4 photodiodes proposés, de l'étude faite sur la lampe UV et du prix : justifier le choix de la photodiode.				
Ressources LR10a à LR10d	Référence	BPV 10NF	BPW21R	LD-A275-050T	SG01D-18
	Fabricant	Vishay	Vishay	Lida optical	Sg lux
	Prix	0.8€	10.9€	17.8€	51€
Les photodiodes LD-A275-050T et SG01D-18 sont centrées sur 275nm ce qui n'est pas le cas pour les autres (550nm et 900nm). Elles sont donc plus adaptées à la mesure des UV (meilleur sensibilité) En tenant compte du critère de prix, il faut choisir la LD-A275-050T.					

Modèle CCYC : ©DNE		
Nom de famille (naissance) : (Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)		
Prénom(s) :		
N° candidat :		N° d'inscription :
	(Les numéros figurent sur la convocation.)	
Né(e) le :		

- 1.1s
- Remplir soigneusement en majuscules, le cadre d'identification sur toutes les copies.
 - En dehors de ce cadre d'identification, aucun signe distinctif ne doit permettre d'identifier le candidat.
- CONSIGNES
- Ne joindre aucun brouillon et n'effectuer aucun collage et aucun agrafage.
 - Ecrire à l'encre foncée et éviter d'utiliser du blanc correcteur. Ne pas composer dans la marge.

Question 12	Dans le cas d'une fibre bien centrée et de diamètre 125µm, déterminer quelles seront les valeurs attendues pour N1 et N2 de l'algorithme ? Prendre en compte que le début du comptage a lieu à t = 33µs.
Ressource LR5, LR6A, LR6B	
N1 : de front descendant top synchro à front montant fibre : Début à 33µs fin à 430,2 µs donc 397.2 µs Compteur à 45MHz donc T=1/45x10 ⁶ donc pour N1 :17874 N2 :de front descendant top synchro à front descendant fibre : Début à 33µs fin à 435.75us donc 402,75 µs Compteur à 45MHz donc T=1/45x10 ⁶ donc pour N2 :18124	

Question 13	Choisir et justifier, un nombre de bits pour les nombres N1 et N2 de l'algorithme (8, 16 ou 32)
LR5	
Avec 16 bit il est possible de compter jusqu'à 65535 Sur 8 bit nb maxi : 255 ce qui serait insuffisant	

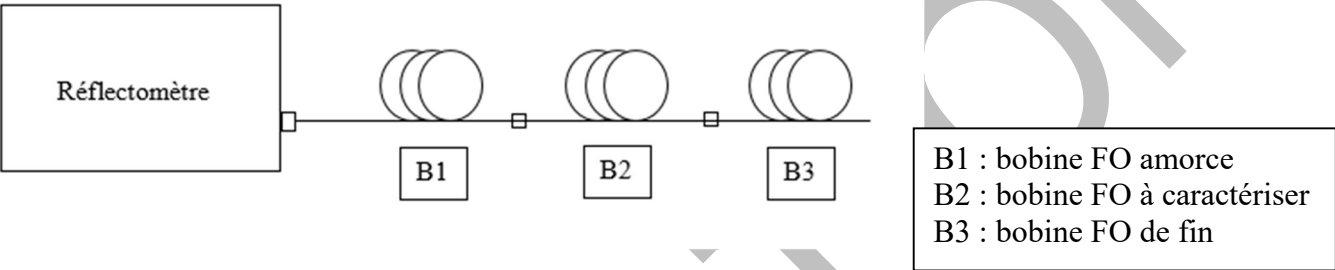
Question 14	D'après vos réponses aux questions 3 à 13, valider que les différents éléments étudiés permettent le contrôle du centrage et du diamètre de la fibre en respect du cahier des charges.
Nous avons vu dans les questions précédentes que le capteur ODAC18XY permet grace à la mesure de la durée d'une impulsion de déterminer le diamètre de la fibre. Le traitement informatique du signal permet lui de connaitre la position du centre de la fibre. Ce dispositif nous permet donc de s'assurer des valeurs de diamètre ainsi que du centrage de la fibre en respect du cahier des charges.	

PROBLÉMATIQUE N°3 : VERIFIER LE RESPECT DU CAHIER DES CHARGES

(3 Points, Durée conseillée : 20 min)

Objectif 3.1 : Valider les caractéristiques la fibre.

- Il s'agit de caractériser par réflectométrie de la fibre fabriquée :
- En sortie de fabrication, la fibre optique produite est caractérisée pour vérifier le respect des spécifications demandées, en termes de longueur et d'atténuation linéique (en dB/km). Dans le cas présent le client demande une bobine de fibre de longueur 30 km et d'atténuation linéique maximale de 0,22 dB/km.



Question 15	En analysant le réflectogramme LR7, déterminer la longueur de la fibre à caractériser et son atténuation linéique.
Ressources LR7	
Longueur : 14952.9m Att linéique : 0.209dB / km	

PROBLÉMATIQUE N°4 : VALIDER les caractéristiques de la lampe

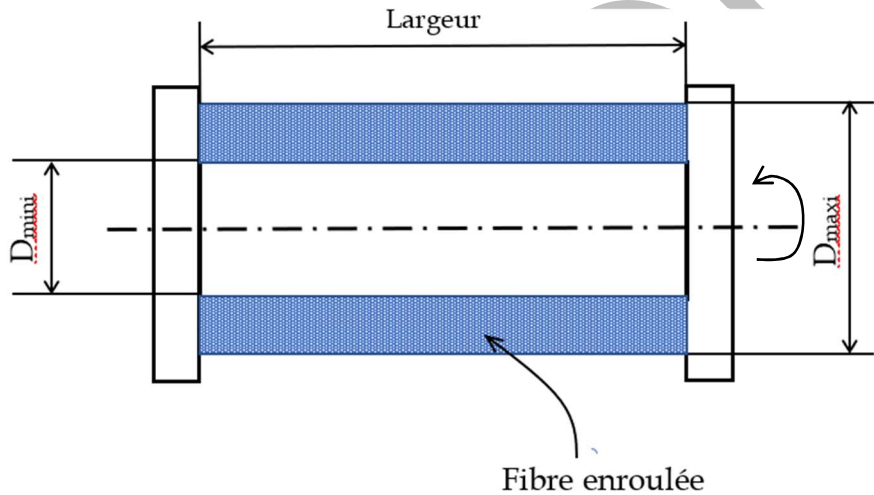
(6 Points, Durée conseillée : 25 min)

Objectif 4.1 : Nous nous intéressons dans cette partie au choix du type de lampe pour la polymérisation du revêtement (coating).

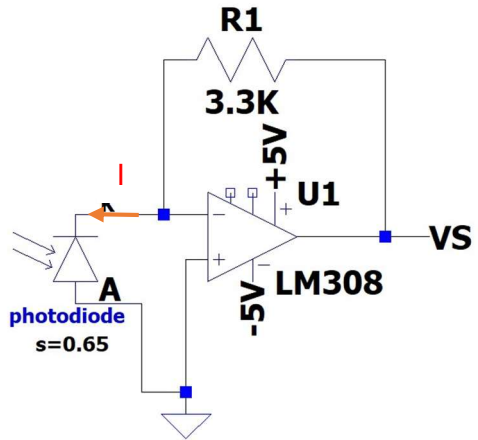
L'objectif de cette activité est de valider le type de lampe choisi

Question 16	Trouver dans la documentation technique de la fibre l'épaisseur du polymère (coating).
Ressources LR8	La fibre étudiée dans notre cas est de type Unimodale
Diam :245µm	

Question 17	Le cahier des charges est le suivant : La pose du revêtement polymère doit se faire en moins d'une seconde.
Ressources LR2	A partir de la vitesse de défilement de la fibre disponible sur le diagramme des exigences, déterminer le temps de passage d'un point de la fibre sous la surface de la lampe U.V. La distance parcourue sous la lampe est de 273mm.
V= 20m/min donc le temps d'exposition est de Temps expo = 273x10 ⁻³ / 20 = 13.65x10 ⁻³ min = 819ms	

Question 26	On admettra que la longueur de fibre obtenue est égale à 25km. A l'aide du schéma ci dessous de la bobine et la vitesse de tirage de la fibre. Déterminer la vitesse de rotation du moteur d'enroulement et le temps nécessaire pour pouvoir enrouler les 25km de fibre. On utilisera le diamètre moyen de la bobine, les pertes dues aux frottements et glissement seront négligées. <u>Donnée</u> : $V_{\text{tirage}} = 20\text{m/min}$, $D_{\text{mini}} = 200\text{mm}$, $D_{\text{maxi}} = 450\text{mm}$ et Largeur = 350mm <u>Schéma de la bobine</u> :  $D_{\text{moyen}} = \frac{D_{\text{mini}} + D_{\text{maxi}}}{2} = 325 \text{ mm}$ $V = \omega \times R$ donc $\omega = 2.05 \text{ rad/s}$ $N = \frac{60 \times \omega}{2 \times \pi} = 19.57 \text{ tour/min}$ Périmètre moyen de la bobine = $2.\pi . R = 1.02 \text{ m}$ Il faudra donc environ 20 heures pour faire une bobines de 25km (20m/min)
-------------	--

Question 20	D'après les caractéristiques de la photodiode, déterminer le courant I pour une puissance optique reçue de 5mW à la longueur d'onde de 275nm
Ressource LR10a à LR10d	
$I = D \times P = 0.113 \times 5 \times 10^{-3} = 0.564 \text{ mA}$	

Question 21	La conversion courant/tension sera réalisée par un amplificateur transimpédance.  Sur le schéma ci-dessus : Flécher le photocourant I issu de la photodiode dans le sens positif. L'amplificateur Opérationnel U1 travail en régime linéaire.
-------------	---

Question 22	Déterminer la relation entre la tension de sortie Vs et le photocourant I.
Vs=R1xI (car V+=V- en linéaire)	

Question 23	Faire l'application numérique pour un éclairement de 10mWatt.
Vs= 3.3x10e3 x10X10-3X0.113 =3.729V	
Question 24	Un relevé de l'évolution de la tension Vs (image de la puissance de la lampe) en fonction du temps est disponible sur le LR11.
Ressources LR11	D'après le cahier des charges cette variation ne doit pas dépasser 10 %. Relever les valeurs extrêmes, vérifier si le cahier des charges est respecté.
$\Delta V_{spp}=0.5V$ $(0.5/2)/3.7 = 6.7\%$ Le cahier des charges est donc respecté	

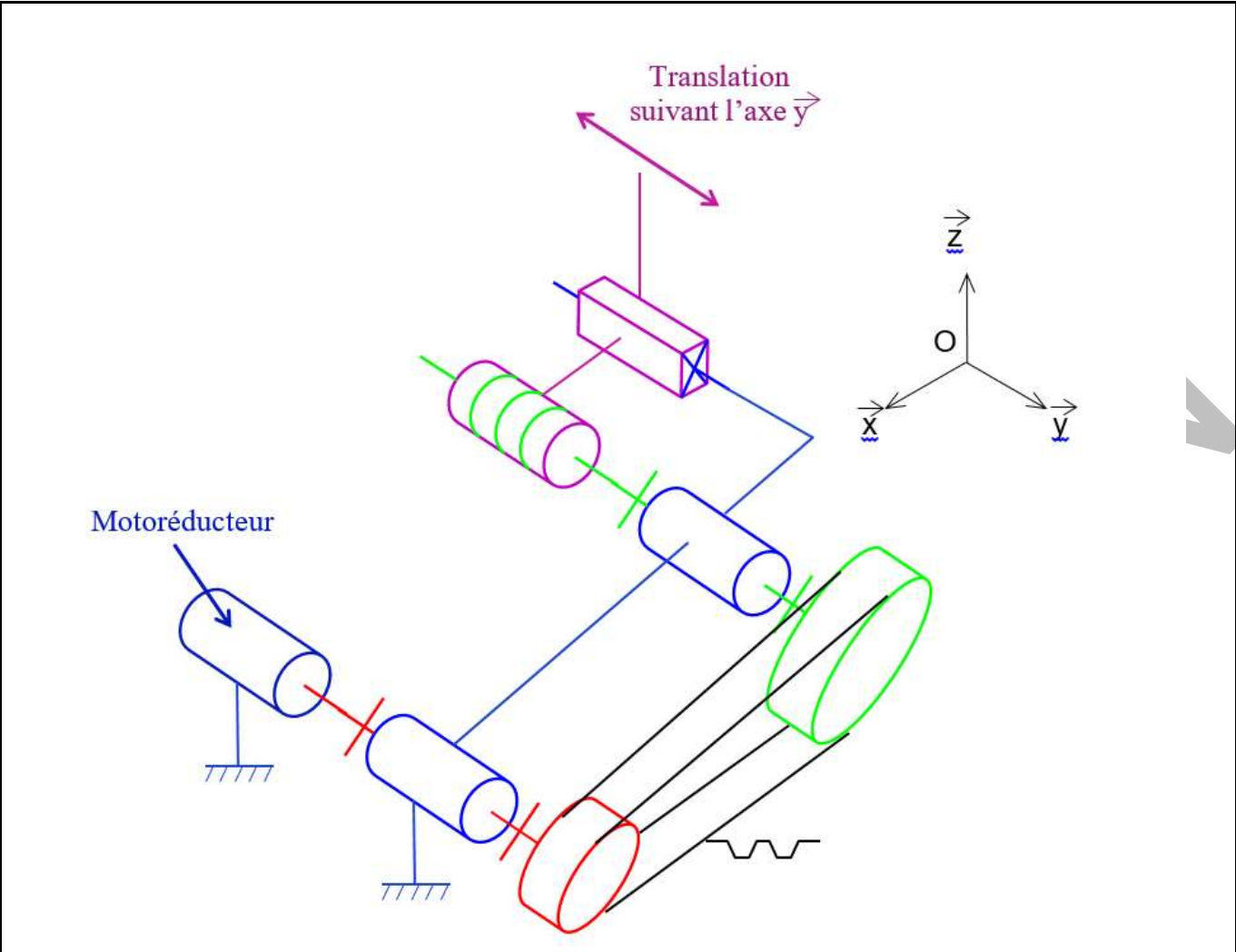
PROBLÉMATIQUE N°5 : Analyser le système d'enroulement de la fibre.
(14 Points, Durée conseillée : 60 min)

Objectif 5.1 : L'objectif de cette partie est de vérifier la capacité du mécanisme d'enroulement à atteindre les performances attendues en termes de temps de fabrication.



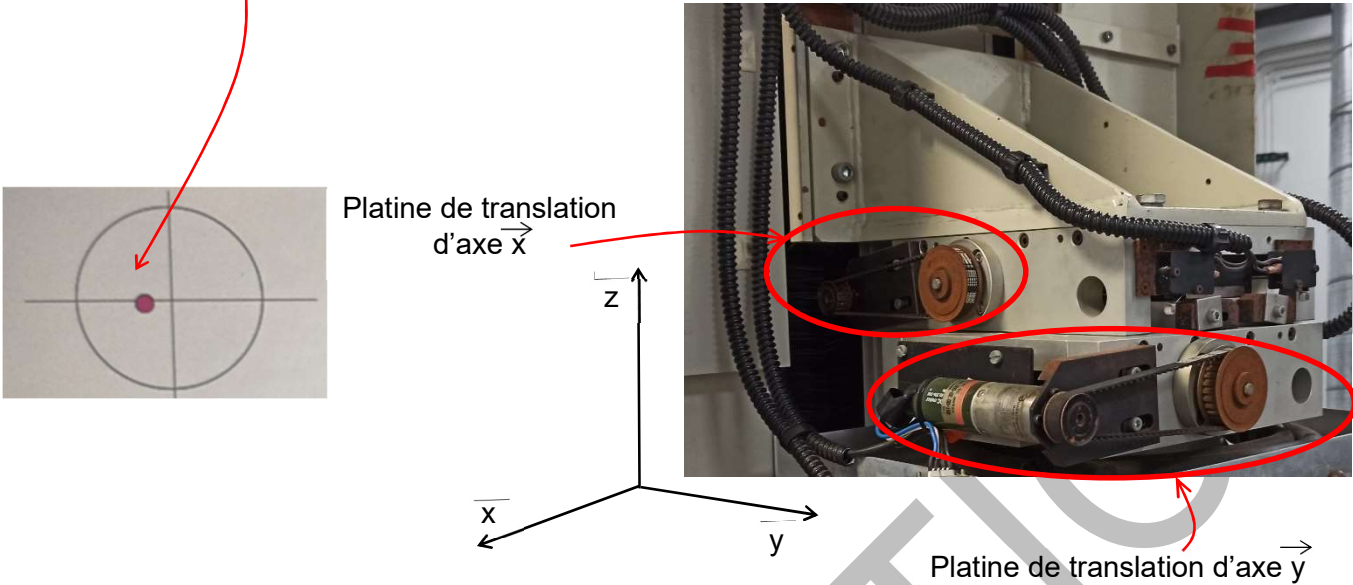
Moteur d'entraînement

Question 25	On admettra comme hypothèse, qu'il n'y a pas de perte de matière lors de la fabrication de la fibre.
	Connaissant le diamètre de la préforme ainsi que sa longueur exploitable de la préforme pour la fabrication de la fibre, déterminer la longueur de fibre que l'on pourra obtenir. <u>Données :</u> D _{préf} = 50 mm, L _{préf exploitable} =150 mm D _{fibre} = 125µm
$V_{préforme} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L = 294524 \text{ mm}^3$	
.....	
$L_{fibre} = \frac{294524 \times 4}{\pi \times 0.125^2} = 24000000 \text{ mm soit } 24 \text{ km}$	
.....	



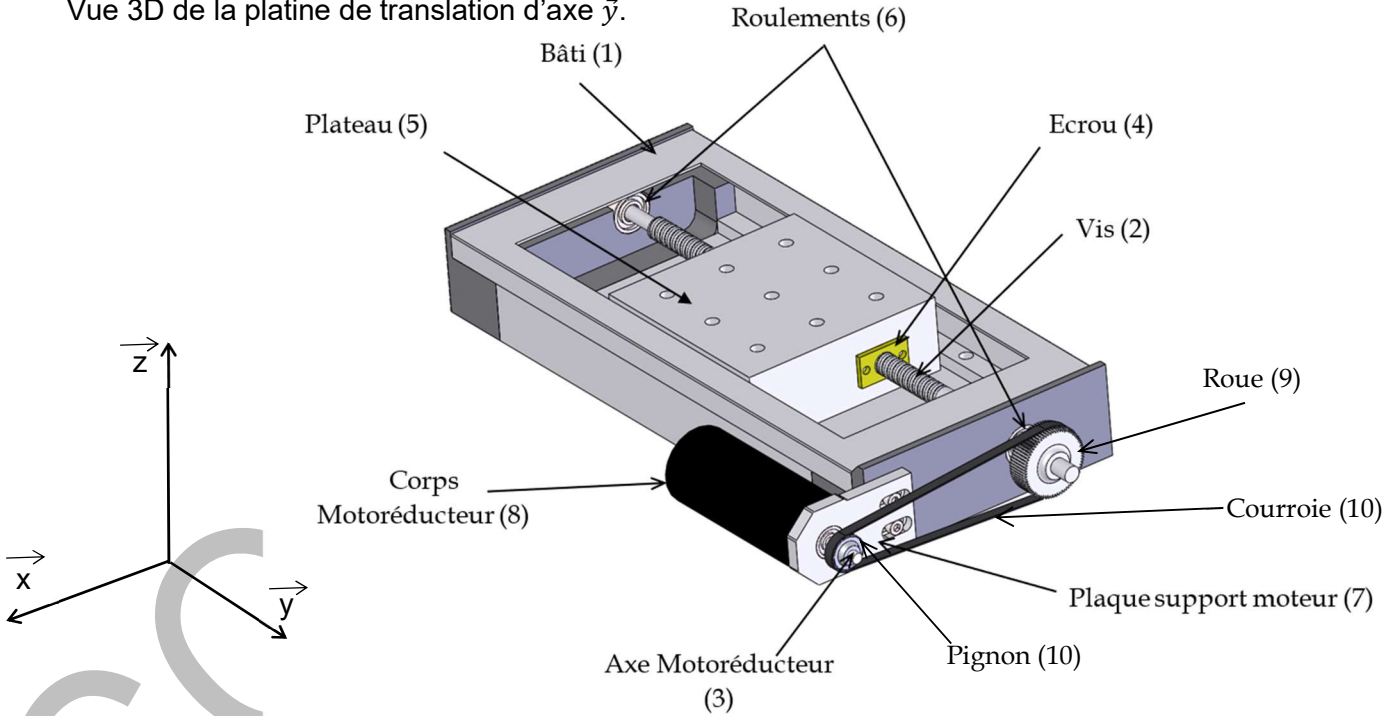
Analyse du système de centrage de la fibre.

Le système de centrage de fibre est composé de 2 platines de translation pilotées chacune par des motoréducteurs.



Objectif 5.2 : L'objectif de cette partie est de vérifier la capacité du mécanisme de centrage à atteindre les performances attendues en matière de précision de déplacement.

Vue 3D de la platine de translation d'axe $\vec{y}$.



Question 27	Définir les classes d'équivalence de la platine de translation.
Vue 3D page 17/22	
C1 : { 1, 8, 7 } C2 : { 2, 9 } C3 : { 3, 10 } C4 : { 5, 4 } Pièces non prises en compte : { 6 , 10 }	

Question 28	Etablir le graphe des liaisons.

The diagram shows a graph with four nodes labeled C1, C2, C3, and C4, arranged in a square. Five edges connect the nodes: L1 connects C1 and C3, L2 connects C1 and C2, L3 connects C2 and C4, L4 connects C1 and C4, and L5 connects C3 and C2. The edges are labeled in red text.

```
graph TD; C1((C1)) --- L1 --- C3((C3)); C1 --- L2 --- C2((C2)); C2 --- L3 --- C4((C4)); C1 --- L4 --- C4; C3 --- L5 --- C2;
```

Question 29	Compléter le tableau de caractérisation des liaisons correspondant et spécifier les axes des liaisons.

Groupes cinématiques (Exemple C1/C2)	Mouvements relatifs	Nom complet de la liaison
C3 / C2	Ry	Poulie / Courroie
C1 / C3	Ry	Pivot de centre A et d'axe y
C1 / C2	Ry	Pivot de centre B et d'axe y
C2 / C4	Ty + Ry	Hélicoïdale de centre C et d'axe y
C1 / C4	Ty	Glissière de centre D et d'axe y

Question 30	Compléter le schéma cinématique de la platine de translation d'axe $\vec{y}$ sur le schéma ci-dessous. (Utiliser des couleurs différentes pour chaque classe d'équivalence)

Question 31	Calculer le rapport de transmission du système poulie/courroie entre le motoréducteur et la vis sans fin.
	<u>Données</u> : Module des poulies m = 1.5, Z _{pignon} = 15 dents et Z _{roue} = 62 dents
$r = \frac{Z_{pignon}}{Z_{roue}} = 15 / 62 = 0.2419$	

Question 32	A l'aide du document technique LR12, déterminer le pas de la vis de désignation : Vis B4-01-14-8-1000
LR12	
Le pas de la vis est de 4mm	

Question 33	Déterminer le déplacement de la platine de translation pour 1 tour en sortie de réducteur.
$d = N_{vis} \times pas = N_{red} \times r \times pas = 1 \times 0.2419 \times 4 = 0.9677mm$	

Question 34	A l'aide du Document Ressource LR2, déterminer la rotation du moteur minimal pour vérifier les performances attendues en Id='1.3.1.1.2'
LR2	<u>Donnée</u> : le motoréducteur à un rapport de reduction de 1/1200
Pour 1200 tours du moteur, le déplacement du chariot sera de 0.9677mm. Il faudra donc pouvoir piloter le moteur de 0.116 tours minimum pour obtenir la précision voulue (0.1micron).	