

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

SYSTEMES PHOTONIQUES

EPREUVE E4 : ETUDE D'UN SYSTEME OPTIQUE

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

Coefficient 2 – Durée 3 heures

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Constitution du sujet :

- **Dossier Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **Mise en situation** Page 2
 - **PARTIE 1** Pages 3 à 7
 - **PARTIE 2** Pages 8
- **Documents Techniques DT1 à DT9**.....Pages 9 à 17
- **Documents Réponses DR1, DR2**.....Pages 18,19

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

Les documents réponses DR1 et DR2 (pages 18 et 19) seront à rendre agrafés avec vos copies.

durées conseillées Lecture du sujet : 15 mn

PARTIE 1 : 2 h 00

PARTIE 2 : 45 mn

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 1 / 20

Mise en situation

- Présentation :

Le support de ce sujet est le frontoprojecteur AXIL de chez Essilor.

Cet outil, indispensable à l'opticien-lunetier, lui permet de mesurer la puissance des verres avant montage dans les montures mais aussi à les centrer et à les orienter.

Le frontoprojecteur est composé : (DT1 à DT7)

- d'un ensemble collimateur comprenant une mire (test) éclairée, d'un objectif, d'un support servant d'appui pour la lentille à mesurer.

- d'un objectif de projection, d'une série de miroirs et d'une lentille divergente permettant de projeter l'image de la mire sur un écran de lecture. La lecture des informations se fait sur l'écran et le résultat des mesures est directement affiché grâce à un afficheur à cristaux liquides.



Procédure de mesure d'une lentille cylindrique

<p>Mise à zéro de l'appareil (sans la lentille)</p> <p>Mire en position Zéro</p> <p>L'image de la mire est focalisée sur l'écran et apparait donc nette.</p> <p>Puissance frontale = 0,00 δ</p>	
<p>Installation de la lentille sur l'embout</p> <p>→ Image de la mire floue</p>	
<p>Translation de la mire à l'aide de la molette de mise au point</p> <p>→ L'image de la mire est de nouveau focalisée sur l'écran</p> <p>Lecture de la puissance frontale de la mire</p> <p>Par exemple, P = +4,25 δ</p>	
<p>Après cette opération, l'image de la mire peut se retrouver décentrée par rapport au rapporteur de l'écran.</p> <p>Cela signifie que la lentille mesurée n'est elle-même pas centrée par rapport au système.</p>	
<p>Centrage manuel de la lentille</p>	
<p>Marquage du centre optique O par un point au feutre, rouge ici (et d'un axe, ce qui est utile uniquement pour les lentilles corrigeant l'astigmatisme)</p> <p>La connaissance du centre optique de la lentille est essentielle pour le montage des verres dans la monture.</p>	

Travail demandé

Ce sujet se décompose en 2 parties distinctes :

- Une première partie de validation de la résolution de la mesure de puissance annoncée par le constructeur.
- Une seconde partie où vous traiterez du réglage propre à la rotation de la mire nécessaire au bon fonctionnement de cet appareil.

PARTIE 1 (Barème indicatif : 29 points sur 40 – Durée conseillée : 2h)

Dans cette partie on ne s'intéresse qu'à la fonction « **Mesure et affichage de la puissance de la lentille** »

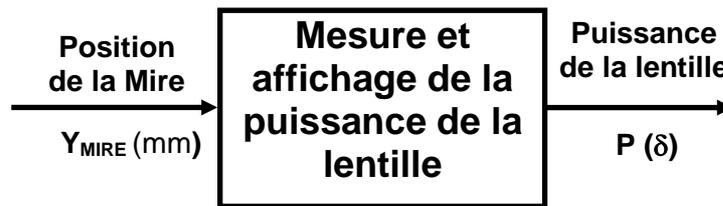


Figure 1-1

Problématique

S'assurer que la **précision de la mesure de la puissance de la lentille P (δ) est bien d'au moins 0,25 dioptries**, conforme au cahier des charges (DT5 : Charge B : Tolérance : 0,25 δ)

Etude de la fonction mesure de la puissance de la lentille

Question 1.1
DT7 | **Donner** les repères des pièces mises en mouvement par l'utilisateur lors de la mesure de la puissance en vous appuyant sur le document DT7.

Question 1.2
DT2 | La plage de mesure de puissance de l'appareil est de -25δ à $+25 \delta$.
On donne la relation $P (\delta) = \frac{Y_{Mire}}{f_{Coll}^2}$ avec $f_{Coll} = 24,5 \text{ mm}$
• **Déterminer** les valeurs $Y_{Mire-mini}$ et $Y_{Mire-maxi}$ correspondants aux valeurs extrêmes de la puissance à mesurer. En déduire la **course utile** de la mire C_{Mire} .

Question 1.3
DT3, DT4, DT6 | **Définition de la plage de rotation de l'axe du capteur P1 de déplacement de la mire, pour une mesure de l'amplitude maximale de 50 dioptries et de 0,25 dioptries de précision.**

Le pignon 33 a un nombre de dents Z_{33} de 24 et un module m_{33} de 0,5 mm.

Déterminer :

- le diamètre primitif du pignon 33
- la translation d_{32} de la crémaillère 32 pour un tour du pignon 33

On donne la relation : $Y_{Mire} = m_{33} \cdot Z_{33} \cdot \frac{\alpha_{33}}{2}$

Calculer la valeur de l'angle de rotation α_{33} du pignon 33 pour la course maximale

Sachant que le potentiomètre possède une plage de fonctionnement de 300° , **valider** le

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 3 / 20

choix du capteur P1.

Déterminer l'angle de rotation de P1 pour une course de la mire correspondant à la tolérance de $0,25 \delta$ et **comparer** à la sensibilité de réglage d'un utilisateur moyen qui est de 1° .

Le schéma ci-dessous (**Figure 1-2**) décrit les fonctions permettant d'obtenir la conversion de la position de la mire Y_{MIRE} en une tension V_{p2} . Les valeurs de V_{p2} doivent être comprises entre 0 et +5V pour être compatibles avec les caractéristiques d'entrée du traitement numérique (Convertisseur Analogique-Numérique ou CAN).

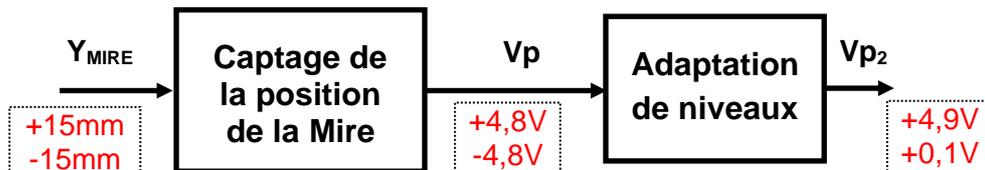
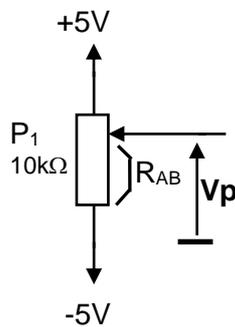


Figure 1-2

Etude des Structures électroniques réalisant les fonctions Captage et Adaptation



Le potentiomètre P_1 réalise la fonction captage ; la rotation de son axe (angle α_{33}) entraîne le déplacement de la mire.

Le réglage peut se faire par une rotation dans les deux sens à partir d'une position médiane.

Question 1.4
DT6
Figure 1-2

- A partir des données de la Figure 1.2, déterminer la relation permettant d'exprimer V_p en fonction de Y_{MIRE}

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 4 / 20

Une partie de la structure électronique étudiée ci-dessous permet de remédier au problème.

Etude de la structure Adaptation de niveaux de tension

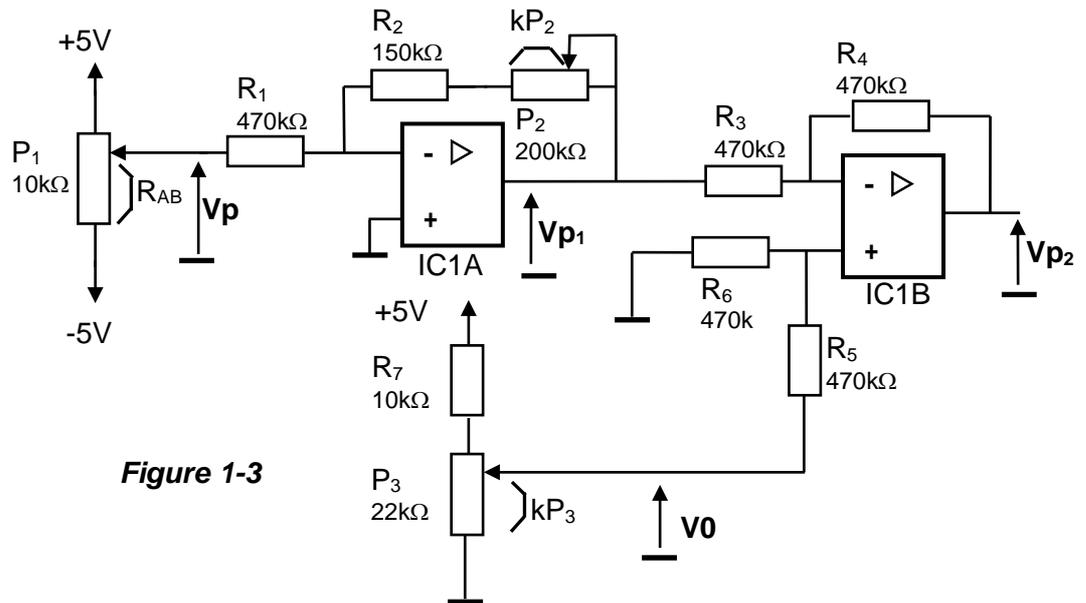


Figure 1-3

Question 1.5

Figure 1-3

- **Donner** le nom du montage permettant de fournir V_{p1} à partir de V_p .
- **Exprimer** l'amplification du montage : V_{p1} / V_p en fonction R_2 , kP_2 et R_1 .
- Compte tenu des valeurs de R_2 , P_2 et R_1 , **Calculer** les valeurs extrêmes du rapport V_{p1} / V_p .
- **Calculer** la valeur de la résistance ajustable kP_2 pour que le rapport V_{p1} / V_p soit de **-0,5**.

La partie du schéma électronique qui permet de fournir V_{p2} peut être simplifiée de la façon suivante car R_3 , R_4 , R_5 et R_6 sont identiques et égales à R .

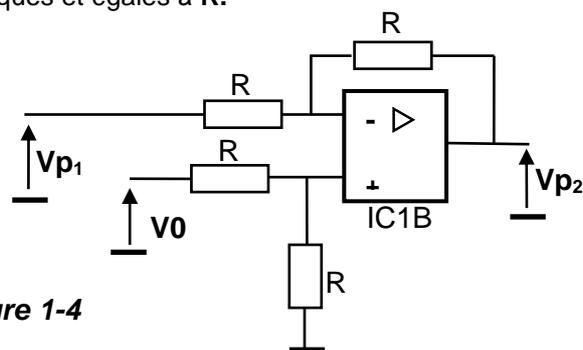


Figure 1-4

Question 1.6

Figure 1-3,
Figure 1-4

- **Donner** le nom du montage permettant de fournir V_{p2} à partir de V_{p1} et V_0 .
- Lorsque P_2 et P_3 sont réglés, la relation entre V_{p2} et V_p est $V_{p2} = 0,5.V_p + 2,5$.
- **Justifier** que cette structure permet de rendre compatibles les valeurs de V_{p2} avec les caractéristiques d'entrée du traitement numérique.

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 5 / 20

Acquisition et conversion analogique – numérique

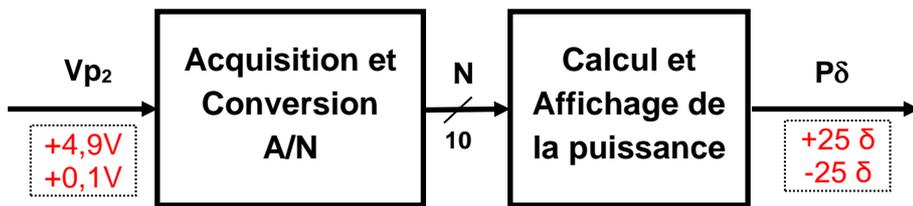


Figure 1-5

Dans le but de calculer puis d'afficher la puissance de la lentille P_δ , il est nécessaire de convertir la tension V_{p2} en un **nombre N codé en binaire de format 10 bits**.

Question 1.7 | En vous servant des éléments fournis ci-dessus,

- Si la tension de référence V_{REF} est de + 5V, **calculer** le quantum q du convertisseur Analogique-Numérique (CAN) choisi.
- **Donner** les valeurs extrêmes de N : N_{MIN} et N_{MAX} en sortie du CAN.
- **Trouver** l'expression de **N** en fonction de V_{p2} .
- **Calculer** la valeur de **N** dans les cas où :
 $V_{p2} = 4,9 \text{ V}$ et $V_{p2} = 0,1 \text{ V}$

Le Convertisseur analogique-numérique (CAN) étudié est intégré à un microcontrôleur (ATMega328P). Les informations relatives au CAN sont données dans les documents **DT8** et **DT9**.

L'objectif sera de configurer le convertisseur pour effectuer la conversion de la tension V_{p2} .

Schéma structurel partiel de la carte microcontrôleur pour l'étude du Convertisseur analogique - numérique

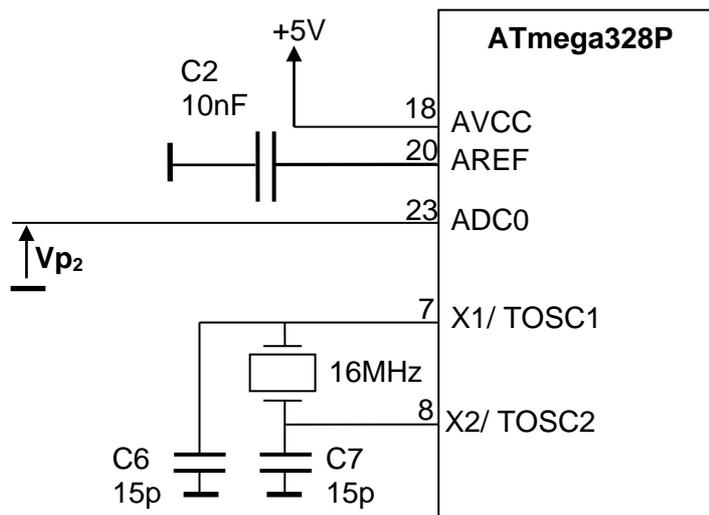


Figure 1-6

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 6 / 20

La programmation du contenu des deux registres **ADMUX** et **ADCSRA** configurera la conversion analogique-numérique.

Dans un premier temps on s'intéressera au registre **ADMUX**. Le contenu de ce registre est programmé de la façon suivante :

$$\text{ADMUX} = (0110 \text{ XXXX})_{\text{B}}$$

Le signal **V_{p2}** est appliqué sur l'entrée analogique **ADC0** du microcontrôleur.

Question 1.8
DT8 | • **Donner** les valeurs des bits MUX3 à MUX0 du registre **ADMUX**, pour choisir l'entrée analogique (**DT8**)

Les valeurs binaires placées ou lues dans le registre **ADCSRA** permettent de commander la conversion et de connaître son déroulement. (**DT8**)

La conversion analogique-numérique se déroule conformément aux chronogrammes sur la **figure 28-5 (DT9)**.

La valeur initiale du registre **ADCSRA** est **(1000 0111)_B**

L'**algorithme** décrivant la conversion utilisée est le suivant :

Algorithme de conversion

- Configurer le Convertisseur analogique-numérique (seulement pour la première conversion)
- Produire un ordre de début de conversion
- Tant que la conversion est en cours
Attendre
- Placer le nombre converti dans les cases mémoires NH et NL

Question 1.9
DR1, DT9 | • **Compléter** sur le Document Réponse **DR1** l'algorithme décrivant les différentes étapes de la conversion analogique-numérique.

Synthèse et réponse à la problématique de départ :

La précision de la mesure de la puissance de la lentille **P_δ** doit être d'au moins **0,25** dioptries.

Question 1.10
DR1 | • **Compléter** le tableau de synthèse du document **DR 1**.

Question 1.11 | • Le Cahier des Charges impose une étendue de mesure de **-25δ** à **+25δ** par pas de **0,25δ**. **Combien de valeurs différentes** l'appareil devra-t-il pouvoir afficher.

• Si le nombre de valeurs différentes de **N** issues de la conversion Analogique-Numérique est **984** (voir Figure 1-5), **conclure** quant au respect du Cahier des Charges.

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 7 / 20

PARTIE 2 (Barème indicatif : 11 points sur 40 – Durée conseillée : 45 min)

Dans cette partie, vous allez déterminer un protocole de réglages conformément au cahier des charges. On souhaite vérifier que l'image de la mire reste centrée sur le repère de l'écran lors de la rotation de la mire **sans lentille à mesurer**.

En effet, comme nous l'avons vu dans la mise en situation du frontoprojecteur (page 2), il est nécessaire de centrer l'image de la mire sur le rapporteur de l'écran afin de déterminer le centre optique de la lentille.

Il est donc essentiel de s'assurer que la mire est centrée par rapport à son axe de rotation pour obtenir un centrage de son image sur l'écran sans lentille à mesurer.

L'axe de rotation de la mire est lui supposé colinéaire à l'axe optique du système (aux tolérances de fabrication près).

Question 2.1 | **Décrire** le mouvement que fait la mire lors de la rotation de la molette J (DT 7).

DT7

Question 2.2 | Pour respecter la charge E (DT5), **indiquer** la position que doit respecter le centre de la mire vis-à-vis de son axe de rotation.

DT5

Question 2.3 | **Déterminer** le moyen de réglage de cette charge E.

DT3, DT4

Préciser également avec quels éléments mécaniques ce composant peut se déplacer.

Question 2.4 | En considérant maintenant, sur le document réponse **DR2**, les images de la mire projetée sur l'écran sans présence de lentille à mesurer, pour 2 positions de la mire avant et après une rotation de 180° (tourillonnement).

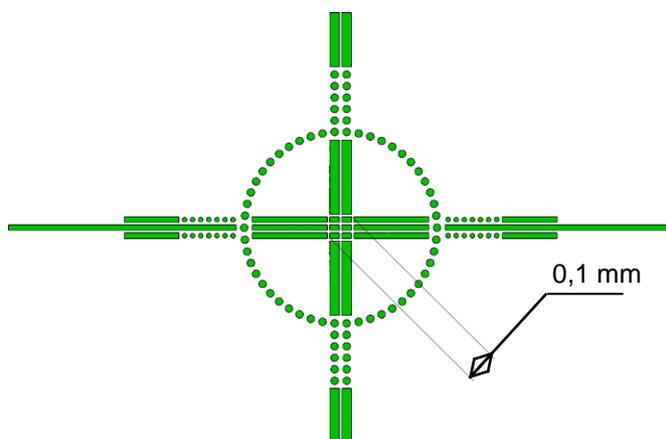
DT2, DT5

DR2

Compléter le document réponse **DR2** en indiquant par une flèche la direction et l'amplitude du réglage à effectuer à partir de la **position n°1** ou de la **position n°2** de l'image la mire pour respecter la tolérance de la charge E.

Préciser un moyen de mesurage nécessaire pour confirmer la précision attendue.

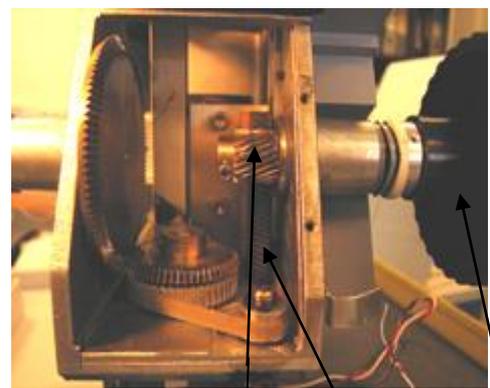
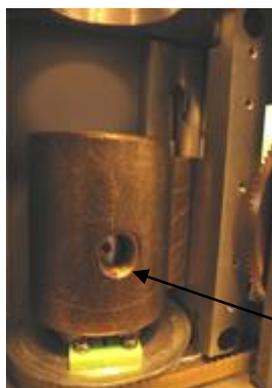
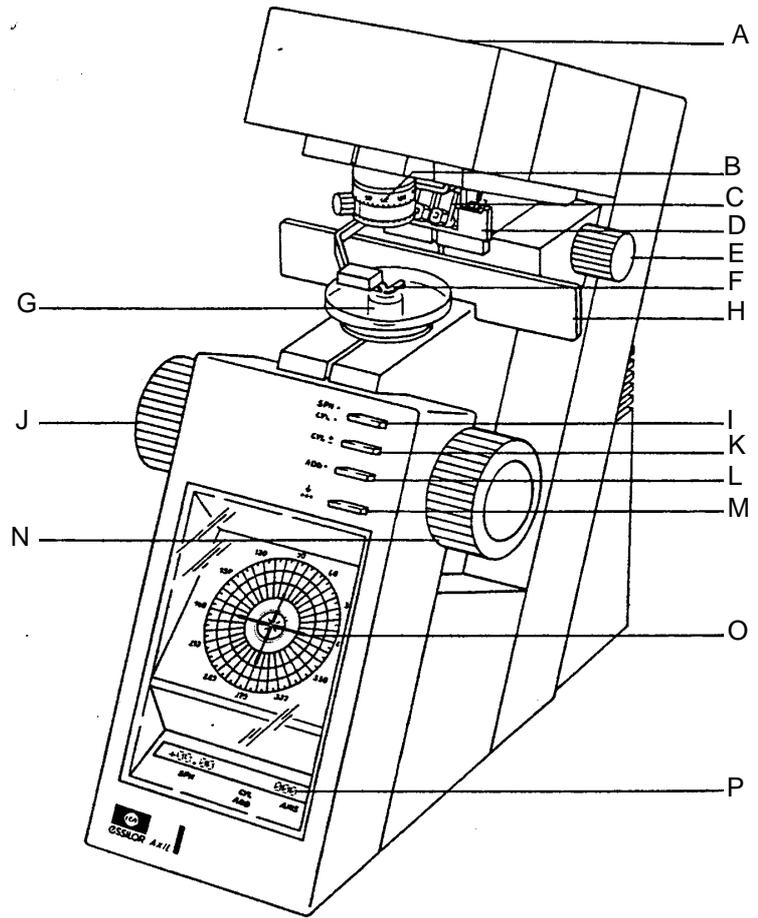
Mire :



BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 8 / 20

DT1 : Présentation de l'appareil

- A Commande imprimante
- B Diasporamètre
- C Marqueur d'axe
- D Tampon encreur
- E Commande du support lunette
- F Serre verre
- G Appui verre
- H Support lunette
- I Commandes Sphère / Cylindre
- J Rotation du test
- K Transposition
- L Addition
- M Commande marquer d'axe
- N Recherche des puissances
- O Écran
- P Affichage des puissances et des axes



Glissière

Collimateur

Pignon 33

Crémaillère

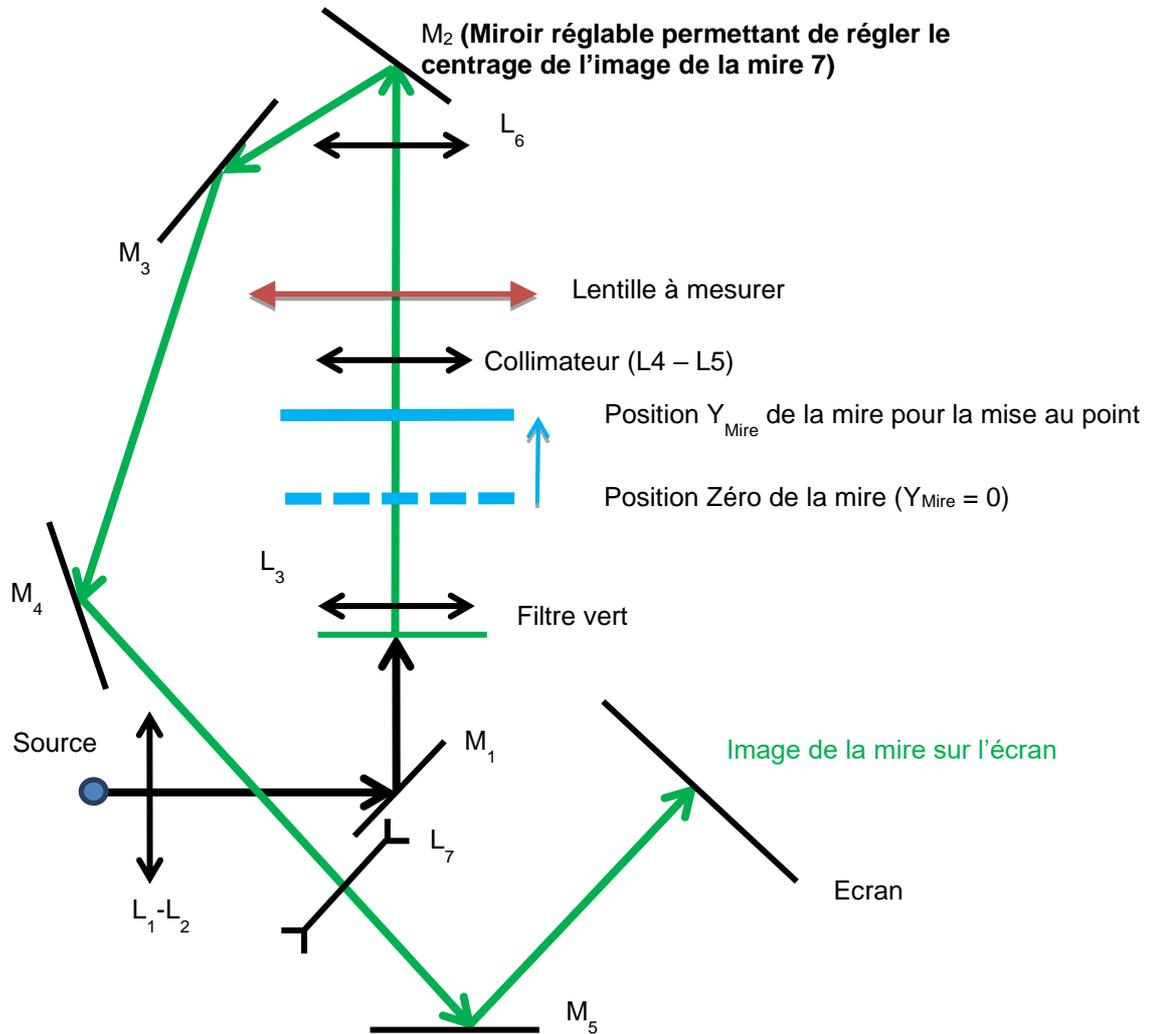
N

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 9 / 20

|

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 10 / 20

DT2 : Schéma optique de l'appareil

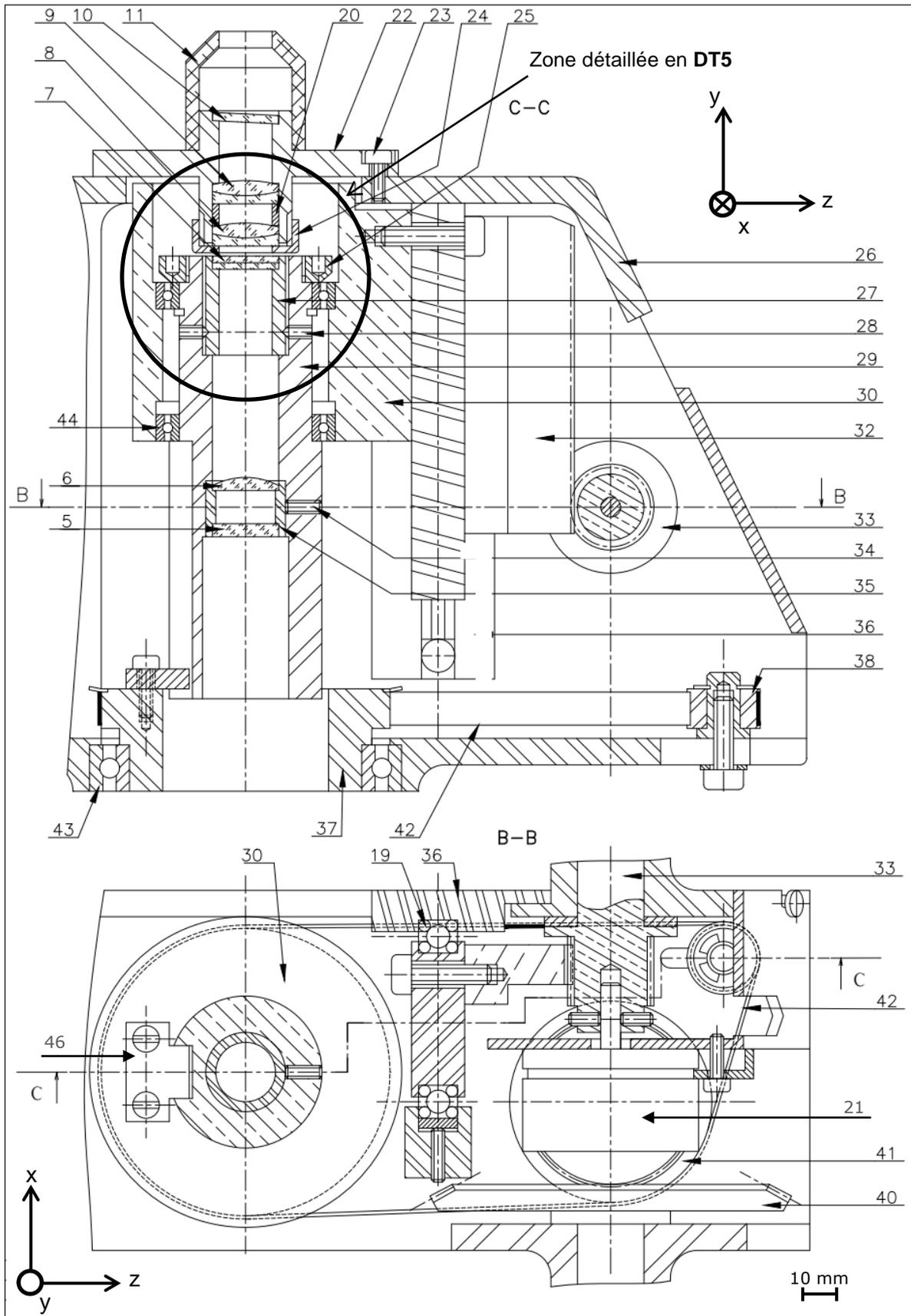


L'appareil affiche la valeur de la puissance : $P(\delta) = \frac{Y_{Mire}}{f'_{Coll}{}^2}$

f'_{Coll} est la longueur focale du collimateur.

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 11 / 20

DT3 : Coupe de la partie collimateur



BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 12 / 20

DT4 : Coupe de la partie collimateur : nomenclature

46	Ergot	1	
45	Poulie menante	1	
44	Roulement à billes	1	
43	Roulement à billes	1	
42	Courroie	1	
41	Roue dentée conique	1	
40	Roue dentée conique	1	
39	Bouton moleté	2	Molette N, molette J
38	Galet tendeur	1	
37	Poulie menée	1	
36	Glissière	1	
35	Support filtre et lentille L3	1	
34	Vis	1	
33	Pignon	1	$m_{33} = 0,5 \text{ mm}$; $Z_{33} = 24$
32	Crémaillère	1	
30	Support coulant	1	
29	Coulant	1	
28	Vis	4	
27	Porte test	1	
26	Corps	1	
25	Écrou	1	
24	Contre barillet	1	
23	Vis CHc	5	
22	Barillet d'objectif collimateur	1	
21	Capteur électronique	1	Potentiomètre P ₁ monotour
20	Entretoise	1	Longueur ajustée au montage
19	Glissière à billes	1	
18	Écran	1	Traitement antireflet Type 713
17	Miroir M5	1	Surface : 105*76 mm ²
16	Lentille divergente	1	
15	Miroir M4	1	Surface : 85*55 mm ²
14	Miroir M3	1	Surface : 70*33 mm ²
13	Miroir M2 réglable	1	Surface : 30*24 mm ² , Réglage de la mire 7
12	Doublet de projection	1	Objectif
11	Support verre	1	
10	Lame de protection	1	
9	Doublet L5 collimateur	1	Doublets L4 et L5 identiques
8	Doublet L4 collimateur	1	
7	Mire	1	Test
6	Lentille L3	1	
5	Filtre	1	Filtre vert
4	Miroir M1	1	Surface : 20*20 mm ²
3	Lentille L2 condenseur	1	
2	Lentille L1 condenseur	1	
1	Lampe source	1	
Rep	Désignation	Nb	Observations

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 13 / 20

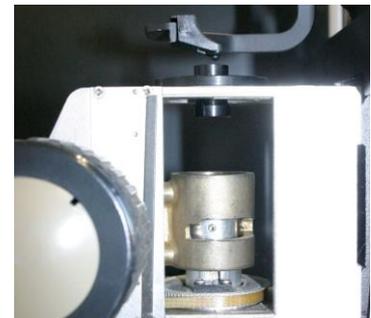
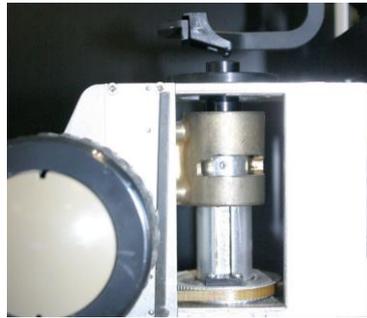
DT5 :

Cahier des charges des réglages du frontoprojecteur

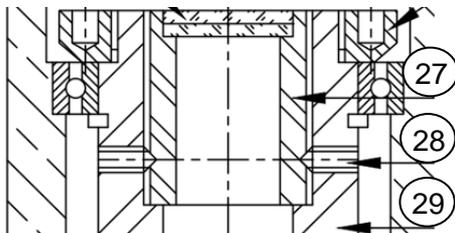
- **Charge A** : en l'absence de lentilles à mesurer, le frontoprojecteur doit afficher une puissance de 0δ . Tolérance : $0,25 \delta$
- **Charge B** : Le frontoprojecteur doit être calibré pour afficher la valeur de la puissance de lentilles de -25 à $+25 \delta$. Tolérance : $0,25 \delta$
- **Charge C** : Lorsque l'image de la mire est orientée verticalement, le frontoprojecteur doit afficher un angle de 0° . Tolérance : $0,5^\circ$
- **Charge D** : En l'absence de lentille à mesurer, l'image de la mire doit être centrée sur le repère de l'écran. Tolérance : $0,1 \text{ mm}$
- **Charge E** : En l'absence de lentille à mesurer, le centre de l'image de la mire doit rester fixe lors sa rotation. Tolérance : $0,1 \text{ mm}$
- **Charge F** : La lampe doit être focalisée et centrée pour obtenir un éclairage optimal et uniforme de l'image de la mire.

Vue de la mire dans l'instrument

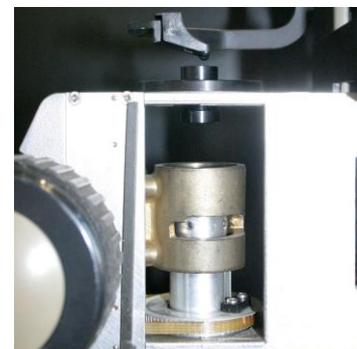
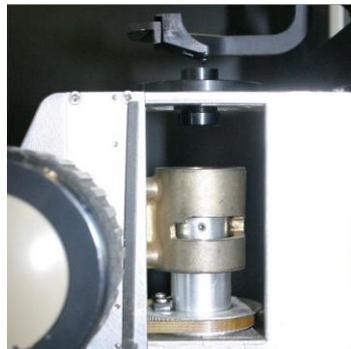
Action Molette N



Zoom du DT3

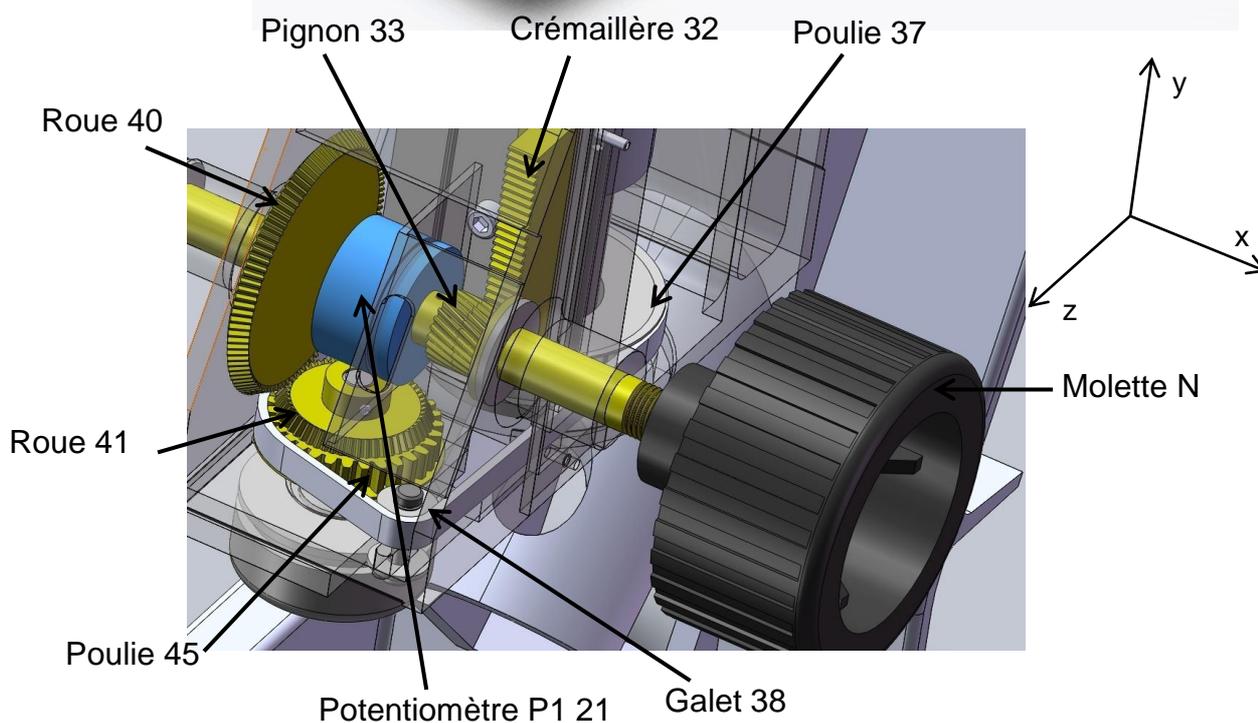
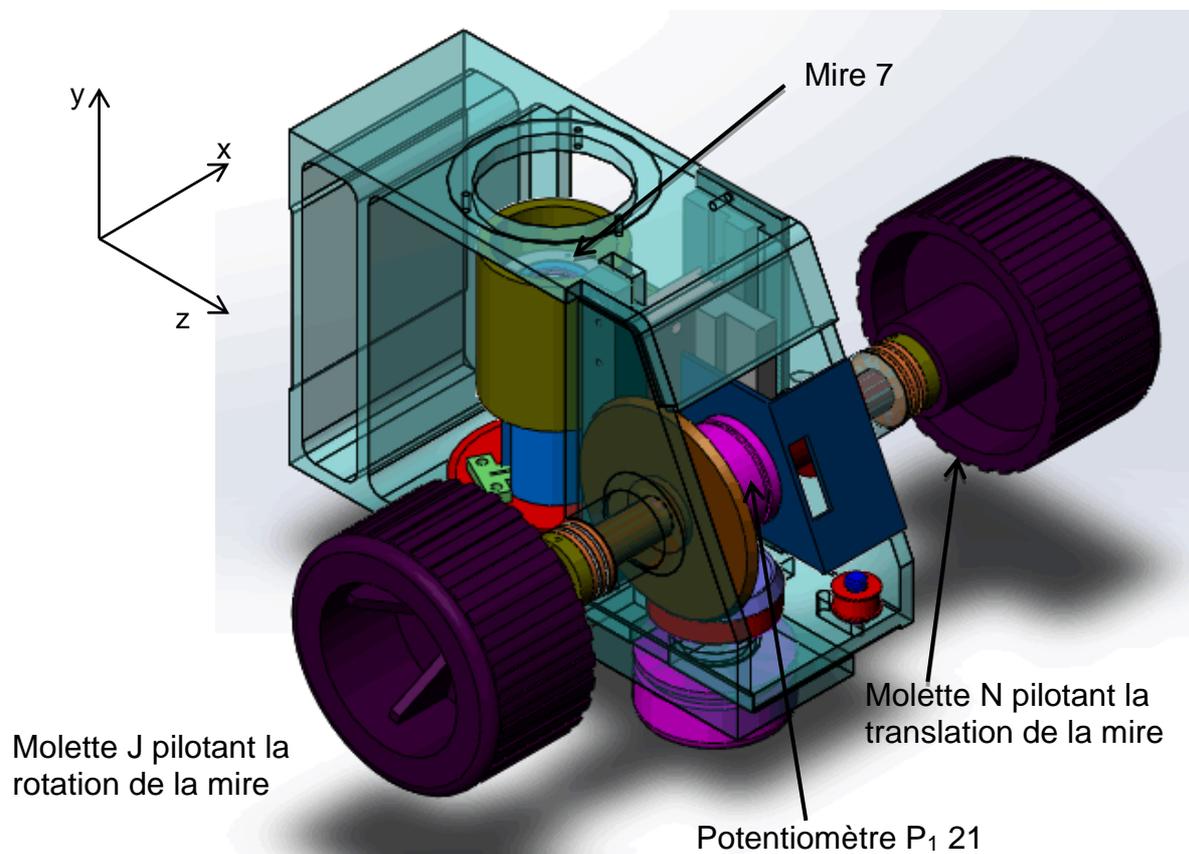


Action Molette J



DT6 : Présentation de la partie mécanique du système

BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 14 / 20



BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 15 / 20

DT7 : Schémas cinématiques

Schéma cinématique simplifié de la partie mécanique réalisant la fonction technique "Translater la mire 7"

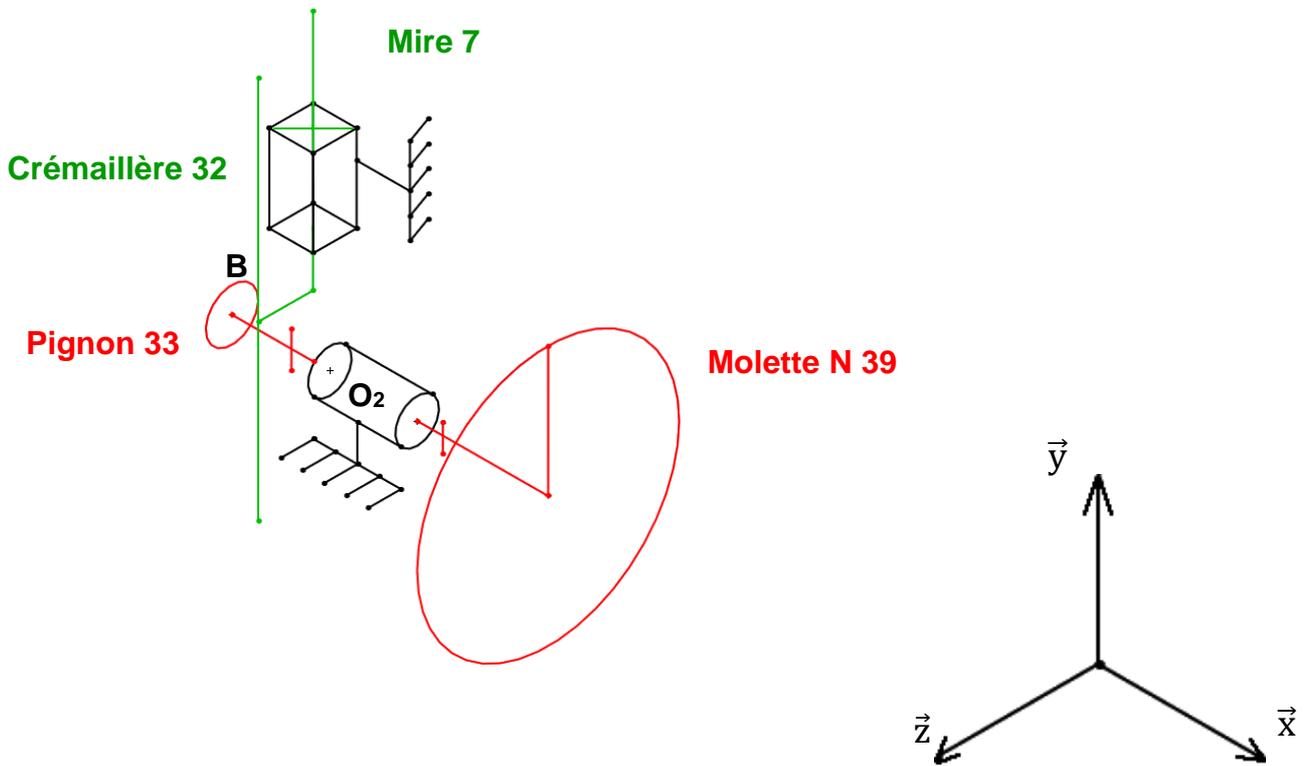
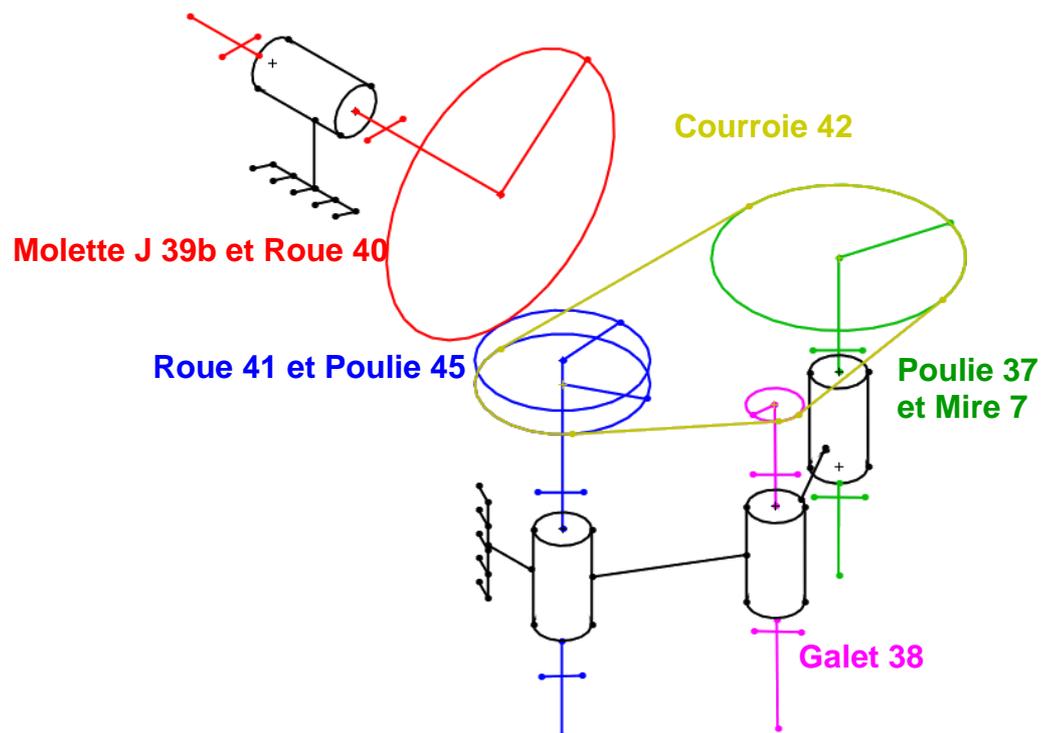


Schéma cinématique simplifié de la partie mécanique réalisant la fonction technique "Mettre en rotation la mire 7"



BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 16 / 20

DT8 : Registres de configuration et de données du Convertisseur A/N

Le registre de configuration **ADMUX** comporte les éléments suivants (description partielle) :

ADMUX ADC Multiplexer Selection Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR		MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
REFS1, REFS0	Reference Selection		2 bits qui permettent de sélectionner la tension de référence du Convertisseur V_{REF} . 00 : $V_{REF} = AREF$ 01 : $V_{REF} = AV_{CC}$ avec un condensateur sur l'entrée AREF 10 : Réservé 11 : $V_{REF} = 1,1 V$ avec un condensateur sur l'entrée AREF					
ADLAR	ADC Left Adjust Result		Permet de modifier la présentation du résultat de la conversion sur les deux registres ADCH et ADCL. 0 : alignement à droite 1 : alignement à gauche					
MUX3 à MUX0	Analog Channel Selection		(4 bits qui permettent de choisir l'entrée analogique) connectée au convertisseur 0000 et 0111 : respectivement ADC0 à ADC7					

Le registre de configuration **ADCSRA** comporte les éléments suivants (description partielle) :

ADCSRA ADC Control and Status Register A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
ADEN	ADC Enable							
ADSC	ADC Start Conversion		Lorsque ce bit est mis à 1 alors la conversion débute					
ADATE	ADC Auto Trigger Enable							
ADIF	ADC Interrupt Flag		Lorsque ce bit passe à 1 cela indique que la conversion est terminée					
ADIE	ADC Interrupt Enable							
ADPS2 à ADPS0	ADC prescaler select		3 bits qui permettent de choisir la fréquence de l'horloge d'entrée du convertisseur. La valeur de cette fréquence sera un sous multiple de la fréquence de l'horloge interne du microcontrôleur. En choisissant la valeur des 3 bits, on peut diviser la fréquence par une valeur allant de 2 (000 et 001) à 128 (111)					

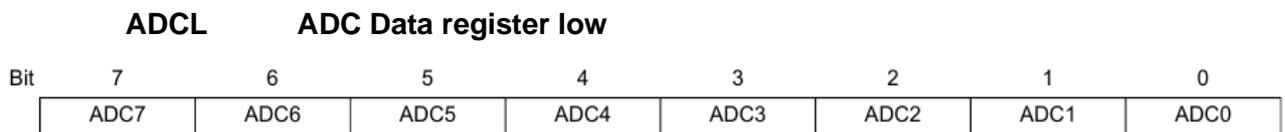
BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 17 / 20

DT9 : Registres de configuration et de données du convertisseur A/N

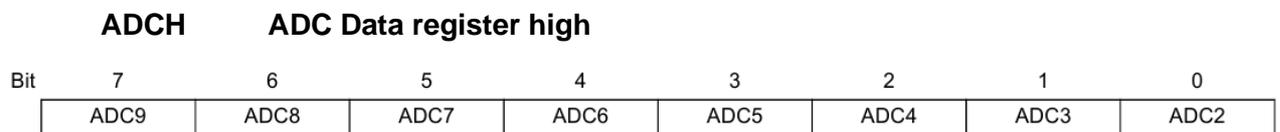
Le nombre résultat de la conversion se trouvera dans les deux registres **ADCH** et **ADCL**.

La valeur du bit **ADLAR** déterminera l'alignement du nombre (à droite ou à gauche) à l'intérieur de ces deux registres :

- bit **ADLAR = 0**

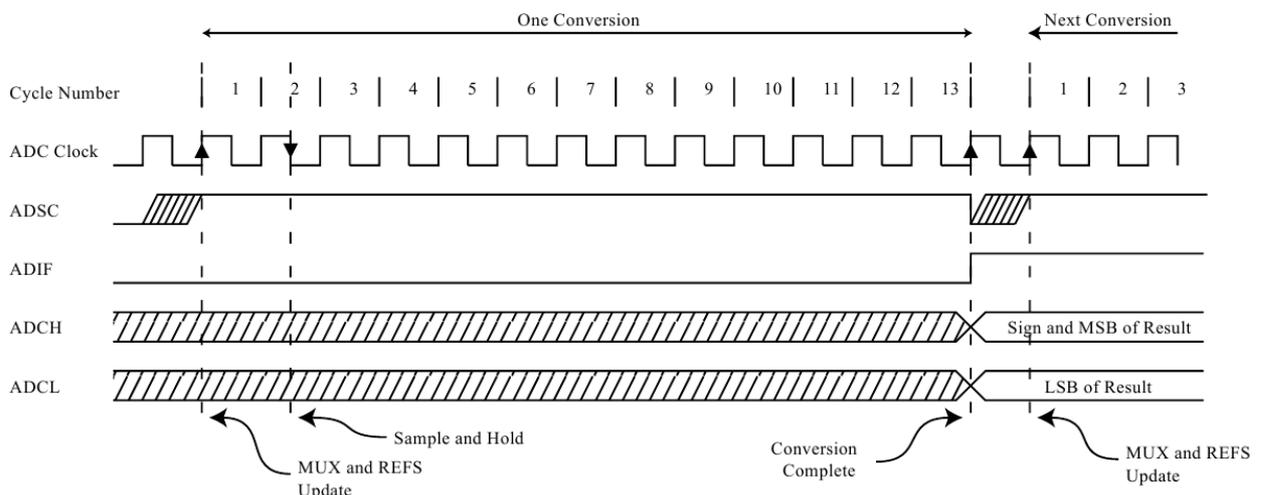


- bit **ADLAR = 1**



Chronogrammes de fonctionnement du Convertisseur A/N

Figure 28-5. ADC Timing Diagram, Single Conversion



BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 18 / 20

DOCUMENT REPONSES DR1

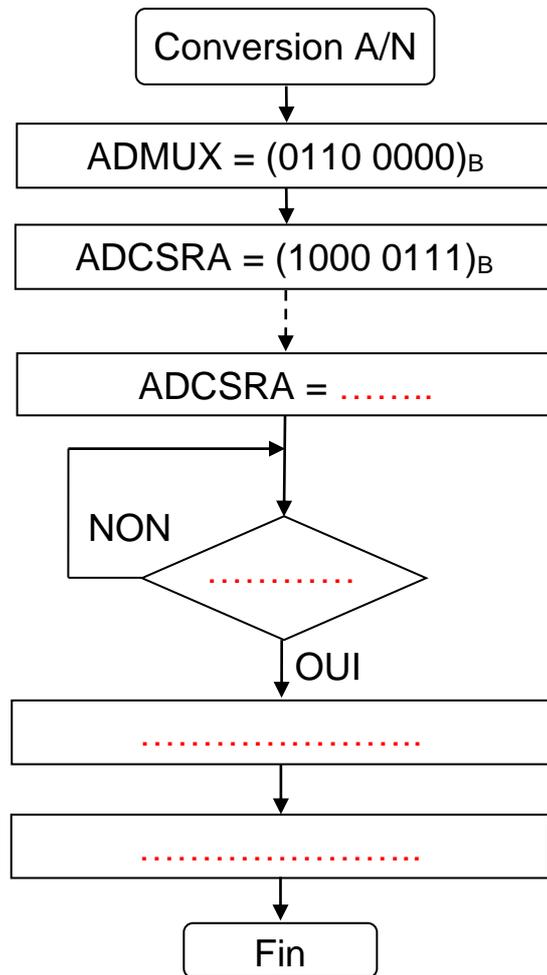
Question 1.9.

Configuration du Convertisseur A/N avant la première conversion (choix de l'entrée à convertir, de la fréquence d'horloge,...)

Ordre de début de conversion

Lecture fin conversion

Placer le nombre résultant de la conversion dans les cases mémoires NH et NL



Question 1.10

Tableau de Synthèse à compléter

Y_{MIRE} (mm)	R_{AB} (Ω)	V_p (= a. Y_{MIRE}) (V)	V_{p3} (= 0,5. V_p + 2,5) (V)	N	$P\delta$ (dioptries)
+15mm	9775	4,8	25
-15mm	225	- 4,8	- 25

course utile de la mire
 $C_{Mire} = 30mm$

DOCUMENT REPONSES DR2

Question 2.4.

Image de la mire sur l'écran
Position initiale N°1

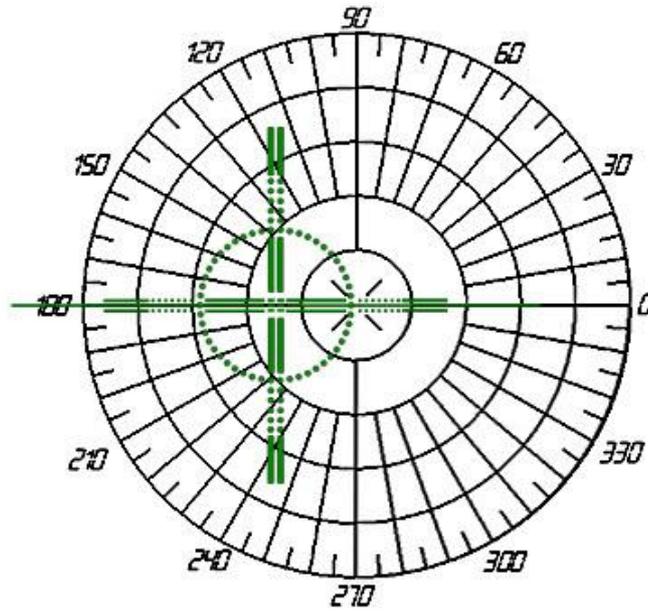
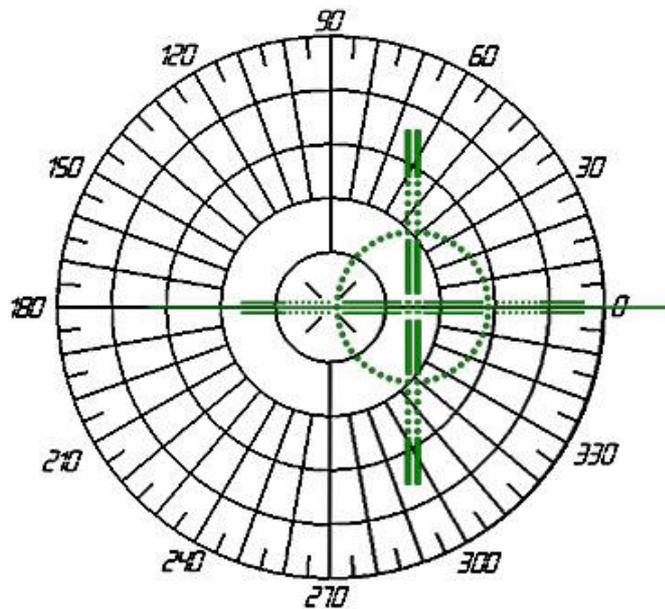


Image de la mire sur l'écran
Position N°2 après tourillonnement



BTS Systèmes photoniques	Epreuve écrite E42	SESSION 2021
Conception et industrialisation d'un système optique	Coef 2 – Durée 3h	Page 20 / 20

