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 2018

Durée : 3 heures Coefficient : 2

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

Constitution du sujet :

- **Dossier Sujet** *(mise en situation et questions à traiter par le candidat)*
  - **Mise en situation** ……...Pages 2 à 3
  - **PARTIE 1** ..... Pages 4 à 6
  - **PARTIE 2** ..... Pages 6 à 9
- **Documents Techniques**…… .... Pages 10 à 13
- **Documents Réponses à rendre avec la copie**..... Pages 14 à 18

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

Les documents réponses DR1 à DR5 (pages 14 à 18) seront à rendre agrafés avec vos copies.

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

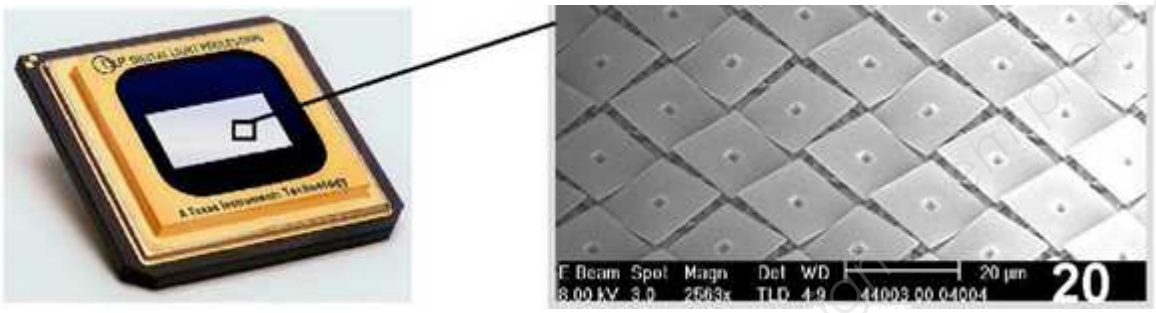
Le sujet se compose de 18 pages, numérotées de 1/18 à 18/18.

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

Mise en situation (lecture conseillée 5 min)

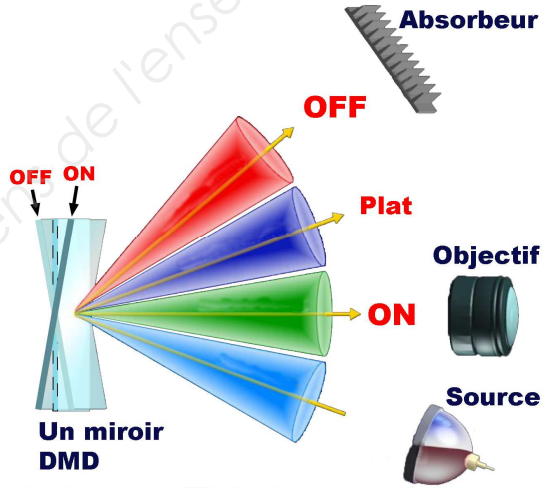


L'épreuve aura pour support un vidéo projecteur DLP (Digital Light Projector ou Traitement numérique de la lumière). Cette technologie est basée sur une puce contenant des micro-miroirs orientables électriquement, appelée **DMD** (Digital Micromirror Device ou matrice de micro-miroirs)

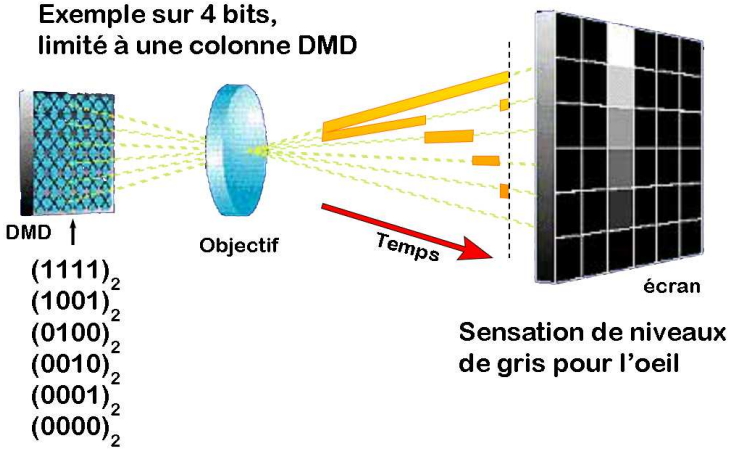


Un micro miroir représente un pixel et peut être dans 3 états :

- **Au repos** si la puce n'est pas alimentée. Inclinaison=0°
- **ON** s'il renvoie la lumière de la source vers l'objectif. Inclinaison= -12°
- **OFF** s'il renvoie la lumière de la source vers un absorbeur. Inclinaison= +12°

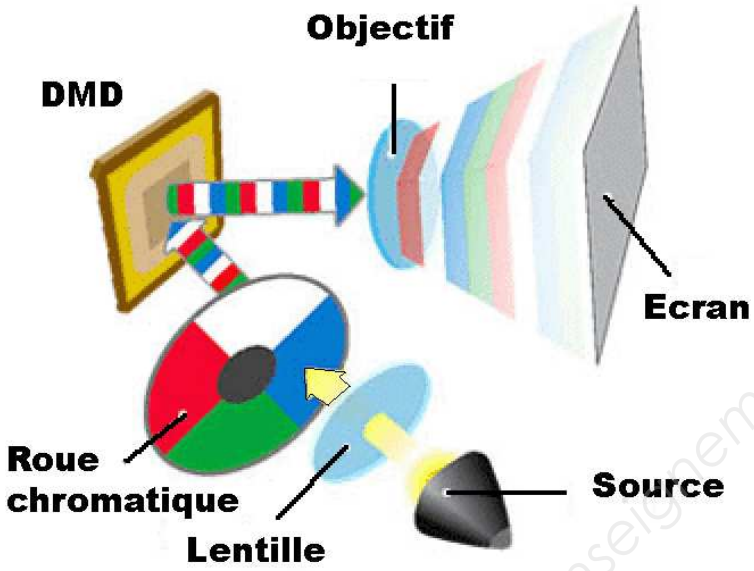


Pour obtenir des variations de luminosité (nuances de gris), on joue sur le temps où le miroir est ON dans une période. Sur l'exemple ci-dessous limité à une colonne, sur 4 bits, remarquez les niveaux de gris obtenus



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

Pour obtenir de la couleur, on fait passer la lumière dans une **roue chromatique** tournant devant la source de lumière et comportant au minimum les 3 couleurs primaires : rouge, vert, bleu.



Un secteur supplémentaire transparent permet d'augmenter la luminosité. Le vidéo projecteur étudié possède une roue chromatique de 6 couleurs, des secteurs cyan et magenta s'ajoutant aux autres secteurs (soit cyan, magenta, transparent, rouge, vert, bleu et permet d'améliorer le rendu de couleur).

Pour chaque couleur l'image sur le DMD est différente et correspond à la composante de couleur appropriée. En faisant tourner la roue suffisamment rapidement la persistance rétinienne nous fait voir une image projetée en couleur.

- **La partie 1 de l'étude** portera sur l'objectif du vidéo projecteur. On vérifiera l'adéquation des caractéristiques de l'objectif avec l'image projetée attendue. Dans un deuxième temps nous étudierons les contraintes d'assemblage de l'objectif au vidéoprojecteur.

- **La partie 2 de l'étude** portera sur la synchronisation entre la roue chromatique et l'image sur le DMD. On étudiera la création d'un signal de déclenchement pour permettre une bonne synchronisation.

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

Travail demandé

PARTIE 1 : Étude de l'objectif (Durée conseillée : 1h 45)

Cette partie vise à vérifier certaines caractéristiques de l'objectif du vidéoprojecteur vis-à-vis des données constructeur et à déterminer son bon positionnement par rapport à la puce DMD.

Formation de l'image : il vous est demandé ici de vérifier les caractéristiques de grossissement annoncées par le constructeur. Pour cela, vous allez vérifier l'adéquation des caractéristiques suivantes : Taille de la puce DMD - Focales de l'objectif - Taille de l'image projetée - Distance de projection.

Question 1.1 **DT1**	**Identifier et relever** les caractéristiques de la puce DMD (système DLP). **En déduire** le format d'affichage du vidéoprojecteur (5/4, 4/3, 3/2, 16/10 ou 16/9).
Question 1.2 **DT1**	**Déterminer** la taille de la puce DMD en mm ainsi que sa diagonale à partir des données constructeur.
Question 1.3 **DT1**	**Identifier et relever** les valeurs maxi et mini de la focale de l'objectif. **Calculer** les tailles des diagonales mini et maxi de l'image attendue à une distance de 3 m, en considérant un système mince et en négligeant $\overline{OF'}$ devant $\overline{OA'}$. (rappel : 1 pouce = 1" = 25,4 mm)
Question 1.4 **DT2**	**Vérifier** la cohérence de vos résultats par rapport aux données avancées par le constructeur. Un écart inférieur à 6% sera jugé acceptable.

Réglages du ZOOM : Pour des raisons ergonomiques, le réglage du Zoom doit être effectué par une rotation d'un demi-tour de la bague de réglage. Il vous est demandé de dimensionner le pas du filetage nécessaire à ce réglage.

L'objectif sera modélisé par deux lentilles minces : une convergente (Lc) et une divergente (Ld) de focales respectives : f'c = 28,2 mm et f'd = - 44,5 mm représentées sur le document réponse **DR1 (Figure 1)**.

La formule de Gullstrand suivante vous permet de déterminer l'espacement (*e*) nécessaire entre les deux lentilles en fonction de leurs focales (f'c et f'd) et de la focale globale de l'objectif (f') souhaitée :

$$e = \left(\frac{1}{f'c} + \frac{1}{f'd} - \frac{1}{f'}\right) * f'c * f'd$$

Question 1.5	**Calculer** l'espacement (*e*) entre les deux lentilles pour les valeurs extrêmes de f'. Nous prendrons ici f'min = 22 mm et f'max = 24 mm. En **déduire** le déplacement axial nécessaire entre ces deux lentilles.

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

Question 1.6	**Calculer** le pas de vis nécessaire à l'obtention du réglage du zoom pour 1/2 tour de la bague.

Positionnement de l'objectif par rapport à la puce DMD :
Afin de ne pas gêner l'utilisateur le vidéoprojecteur qui est souvent situé entre l'utilisateur et l'écran ne doit pas se trouver dans le champ de vision. Pour cela il projette une image vers le haut tel que présenté sur le **document technique DT2**.
Nous allons déterminer ici quel doit être le positionnement des éléments optiques pour permettre cette configuration , en particulier la position de la puce DMD par rapport à l'axe optique de l'objectif.

Question 1.7 **DT3**	**Indiquer** la position de la puce DMD par rapport à l'axe optique de l'objectif.
Question 1.8 **DT2**	**Déterminer** la hauteur moyenne de l'image projetée à 3m par rapport à l'axe optique de l'objectif. **Déduire** l'angle formé entre l'axe optique (supposé horizontal) et les faisceaux de sortie de l'objectif en direction de ce point central de l'image.
Question 1.9 **DR1**	Sur le document réponse **DR1 figure 1**, vous pouvez visualiser deux rayons émergeants de l'objectif en direction du point central de l'image. **Tracer et relever** l'angle proposé et le **comparer** à celui trouvé précédemment.
Question 1.10 **DR1**	**Tracez** les rayons incidents sur le document réponse **DR1 figure 2**. **Déterminer** la position de la puce DMD et la **représenter** à l'échelle 1:1. **Définir** le sens de l'image.
Question 1.11 **DR1**	**Repérer et tracer** F et H (plan principal objet) du système sur le document réponse **DR1 figure 2**. **Observer** la position de H par rapport aux lentilles de l'objectif. **En déduire** l'intérêt de la solution retenue.
Question 1.12 **DT4**	**Décrire** la solution technologique permettant le réglage en focalisation.
Question 1.13	**Conclure** sur la nécessité et l'importance du positionnement axial et radial de l'objectif par rapport à la puce DMD.

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

Maintien en position de l'objectif : Comme nous venons de le voir, lors de l'assemblage de l'objectif avec le vidéoprojecteur, celui-ci doit être positionné de manière rigoureuse. Nous allons donc analyser les solutions retenues pour sa mise en position et son maintien, puis vérifier qu'il est possible d'obtenir un positionnement reproductible.

Question 1.14 **DT3**	**Définir** si le joint mousse participe à la mise en position de l'objectif en justifiant votre réponse. Quel rôle peut jouer ce joint mousse ?
Question 1.15 **DR2**	**Colorier** les surfaces (ou groupes de surfaces) qui permettent la mise en position de l'objectif (une couleur par surface). **Compléter** le tableau en spécifiant pour chaque surface coloriée la nature du contact, la liaison correspondante et les degrés de liberté supprimés.
Question 1.16 **DR2**	**Définir** si la mise en position est totale ou partielle. **Déduire et justifier** si ce montage est isostatique ou hyperstatique ? **Définir** les éléments qui participent au maintien en position **Analyser** la solution constructive retenue et indiquer si celle-ci est réglable?
Question 1.17	**Conclure** quant à la reproductibilité du positionnement de l'objectif par rapport à la puce DMD.

PARTIE 2 (Durée conseillée : 1h10)

Pour obtenir une image correctement colorée il faut une synchronisation entre la rotation de la roue chromatique et l'image créée sur la puce DMD. On se sert pour cette synchronisation d'un signal top zéro donné par le moteur et d'un retard de la trame de projection que l'on peut régler par programme.

Réglages du retard de la trame de projection : on s'intéressera dans cette étude à la meilleure méthode de réglage du retard logiciel permettant une projection de l'image avec des couleurs adaptées.

Le document réponse **DR3** représente la gestion électronique de l'image du vidéoprojecteur. La carte électronique comporte notamment un ASIC DDP2431 (circuit spécialisé développé spécialement pour ce vidéoprojecteur). Ce circuit programmable permet de mettre le signal vidéo à l'échelle native de la puce DMD, d'appliquer les corrections colorimétriques, les déformations trapézoïdales… Il est aussi chargé de créer les trames de pilotage des micro-miroirs de la puce DMD.

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

Question 2.1

DR3

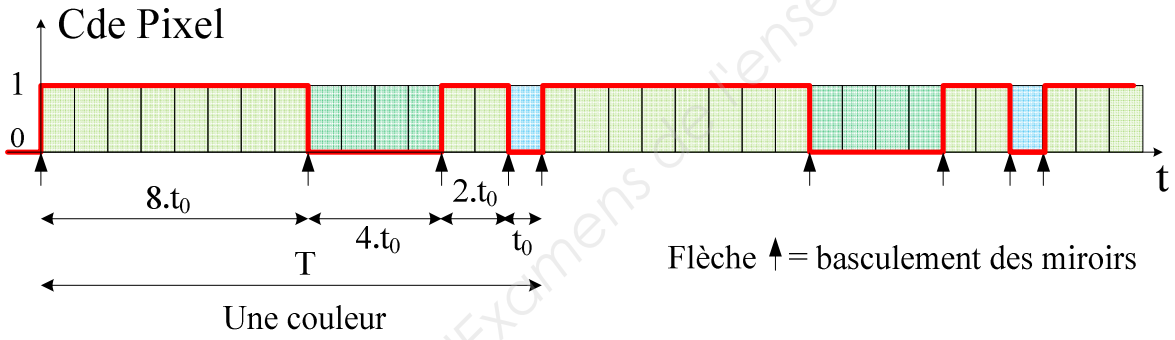
Surligner en rouge les signaux vidéos analogiques et en vert les signaux vidéos numériques.

Question 2.2

Calculer le nombre total de couleurs qu'il est possible de coder pour 1 pixel sachant que chaque plan de couleur (R,V,B) comporte 8 bits.

Pour faire varier la luminosité d'un pixel on joue sur le temps de positionnement à l'état ON. Chaque micro-miroir est affecté à un bit d'une mémoire DDR RAM (Dynamic RAM). Il est possible de pré-charger ce bit pour faire basculer les micro-miroirs simultanément au front montant d'un signal nommé Load. Les bits pré-chargés à 1 seront ON, les bits pré-chargés à 0 seront OFF.

En divisant par 2 le temps d'attente des miroirs à chaque basculement, il est possible de créer un signal dont la valeur moyenne est proportionnelle au nombre binaire donné.



Exemple ci-dessus du signal de commande pour une seule couleur, soit sur 4 bits pour le mot $(1010)_2$.

Question 2.3

Calculer la valeur moyenne du signal ci-dessus pour une période T.

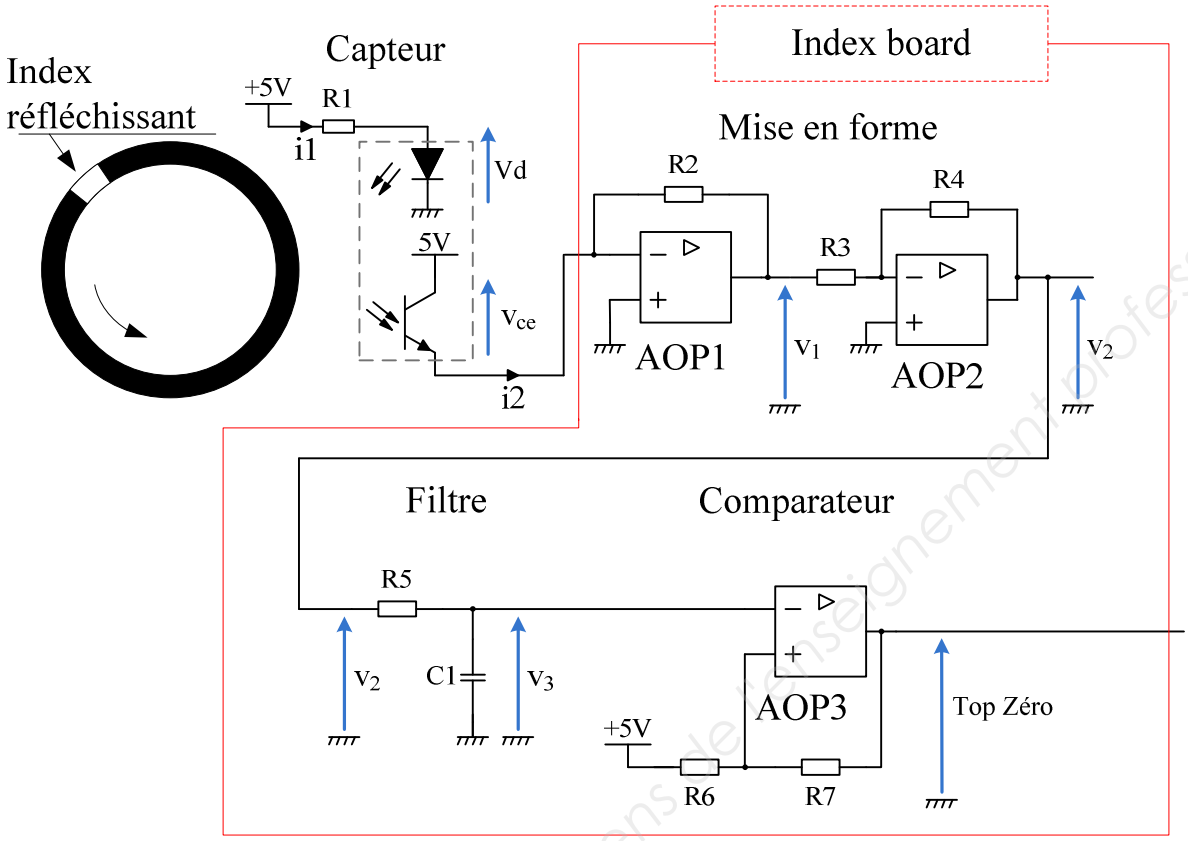
Démontrer en généralisant votre calcul, qu'un nombre binaire $(b_3b_2b_1b_0)_2$ exprimé en nombre décimal Nb, produit un signal de commande nommé « Cde Pixel » dont la valeur moyenne est proportionnelle à Nb.

On s'intéresse maintenant au signal électrique de synchronisation du moteur.

La roue chromatique est montée sur un axe de moteur. Pour obtenir un signal top synchro à chaque tour de moteur celui-ci comprend un disque noir avec un index réfléchissant, l'ensemble étant accouplé à son axe. Un capteur réflexif comprenant une diode et un phototransistor associé à un montage électronique (index board) permet d'obtenir un signal impulsionnel Top Zéro à chaque tour du moteur.

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

Schéma du montage électronique :



Captage de l'information issue de l'index réfléchissant :

Question 2.4

DR4

Déterminer à partir de la courbe $I_F = f(V_F)$ la valeur de Vd pour un courant i1 de 20 mA.

Calculer la résistance de polarisation R1.

Question 2.5

DR4

Indiquer la valeur de la tension V_{CE} à partir de l'analyse du schéma ci-dessus.

Déterminer à partir de la courbe $I_c = f(I_F)$ pour VCE = 5v, la valeur du courant i2 lorsque le signal est réfléchi.

On donne i2 = 20 µA lorsque le signal est absorbé.

Question 2.6

Donner la relation entre i_2, R2 et V_1.

Indiquer le rôle du montage et **calculer** la valeurs extrêmes de V_1 possibles sachant que R2=1kΩ.

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

Pour obtenir un signal de Top zéro, il est nécessaire de mettre en forme le signal V1 issu du convertisseur courant – tension.

Question 2.7

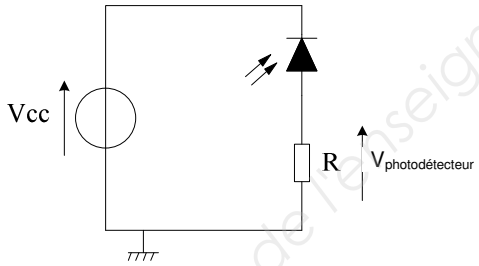
DR5

Indiquer le rôle de la structure réalisée par R3, R4, AOP2.

Indiquer le rôle de la structure réalisée par R5, C1.

Compléter le diagramme du signal top zéro à partir de la caractéristique de transfert du comparateur et du relevé de V3.

Pour obtenir la bonne synchronisation entre les trames DMD et la roue chromatique, il est nécessaire de récupérer une image du signal projeté afin de mesurer puis de corriger le retard entre les deux signaux. On relève donc à partir d'un montage photo-détecteur ce signal projeté.



Question 2.8

DR5

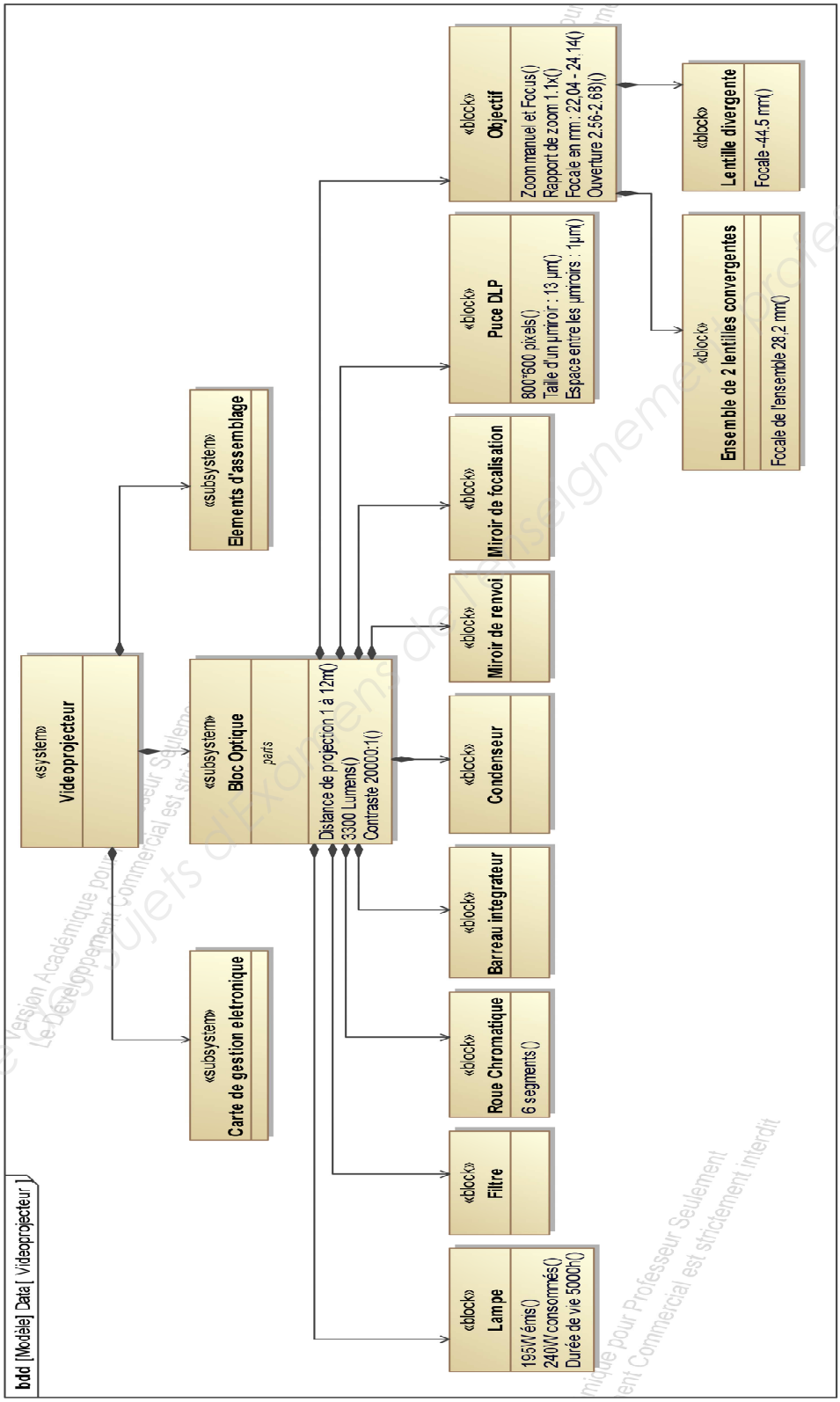
- **Justifier** à partir du chronogramme de la tension $V_{photodétecteur}$ que chacun des plateaux correspond à une couleur de la roue chromatique.
- **Relever** sur le chronogramme le retard entre le front montant du TopZéro et le début du plateau blanc.

Question 2.9

- **En déduire** une procédure de réglage possible de ce retard, en intégrant la mesure du signal projeté et le signal Top Zéro.

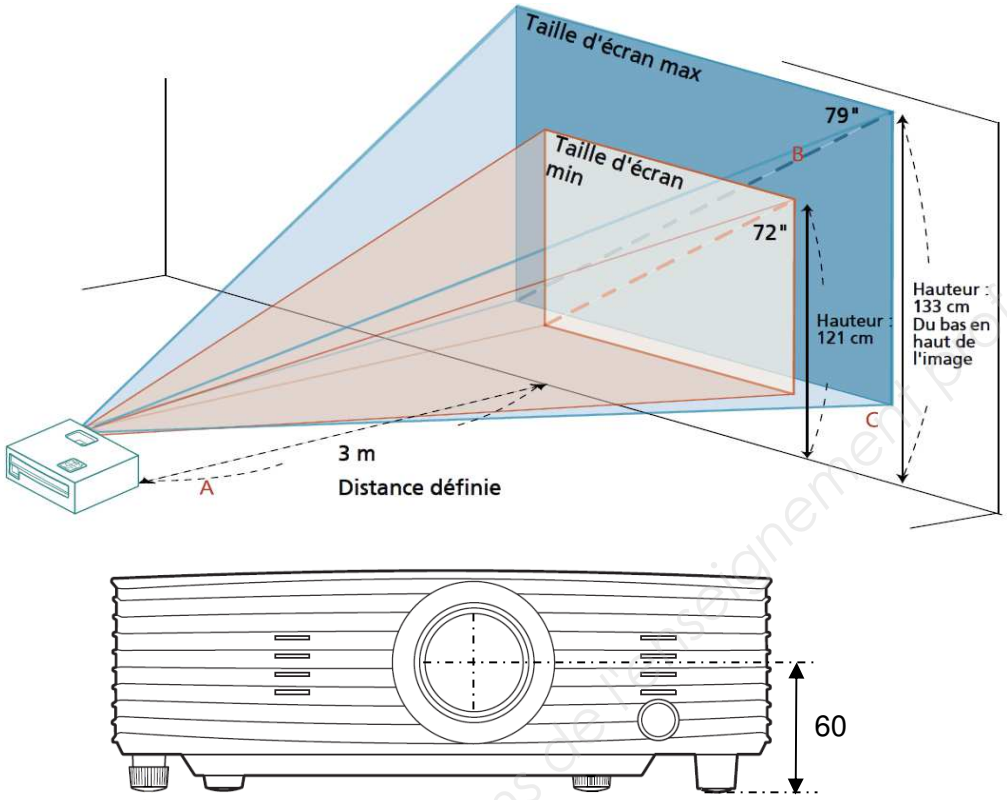
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DT1 : SYSML Vidéoprojecteur



Base Nationale Sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Version Académique pour Professeur Seulement
Le Développement Commercial est strictement interdit

DT2 : Optimisation de la taille de l'image et la distance



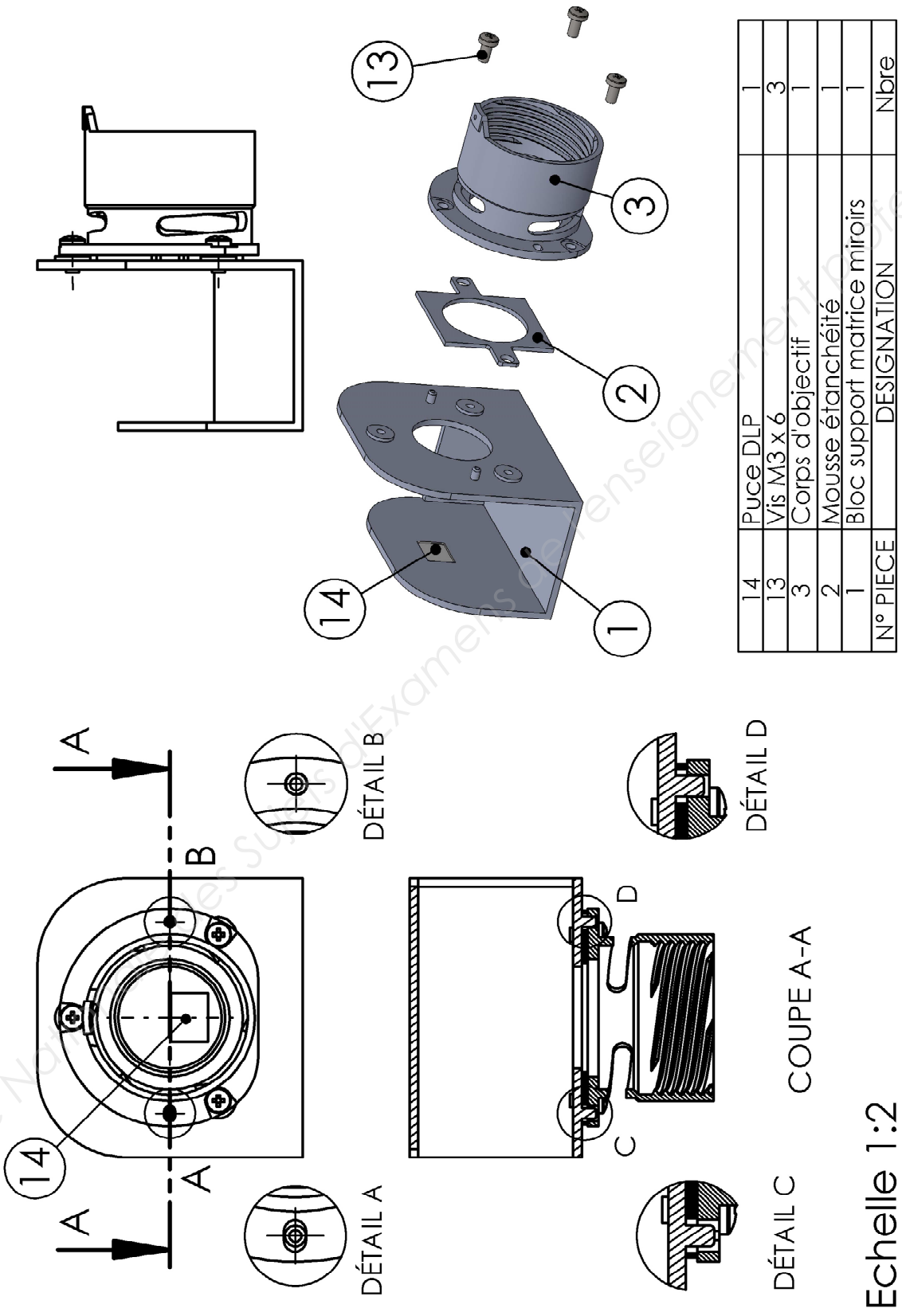
Consultez le tableau ci-dessous pour connaître des tailles d'image optimales réalisables lorsque le projecteur est positionné à la distance désirée de l'écran.

Distance définie (m) < A >	Taille d'écran minimale (Zoom minimal)			Taille d'écran maximale (Zoom maximal)		
	Diagonal (pouce) < B >	L (cm) x H (cm)	Du bas en haut de l'image(cm) < C >	Diagonal (pouce) < B >	L (cm) x H (cm)	Du bas en haut de l'image(cm) < C >
1	24	49 x 37	40	26	54 x 40	44
1,5	36	74 x 55	61	40	81 x 60	67
2	48	98 x 74	81	53	108 x 81	89
2,5	60	123 x 92	101	66	134 x 101	111
3	72	147 x 110	121	79	161 x 121	133
3,5	84	172 x 129	142	93	188 x 141	155
4	96	196 x 147	162	106	215 x 161	177
4,5	109	221 x 165	182	119	242 x 181	200
5	121	245 x 184	202	132	269 x 202	222
6	145	294 x 221	243	159	323 x 242	266
7	169	343 x 257	283	185	376 x 282	310
8	193	392 x 294	324	212	430 x 323	355
9	217	441 x 331	364	238	484 x 363	399
10	241	490 x 368	404	265	538 x 403	444
11	265	539 x 404	445	291	591 x 444	488
12	289	588 x 441	485	318	645 x 484	532

Rapport de Zoom : 1,1 x

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

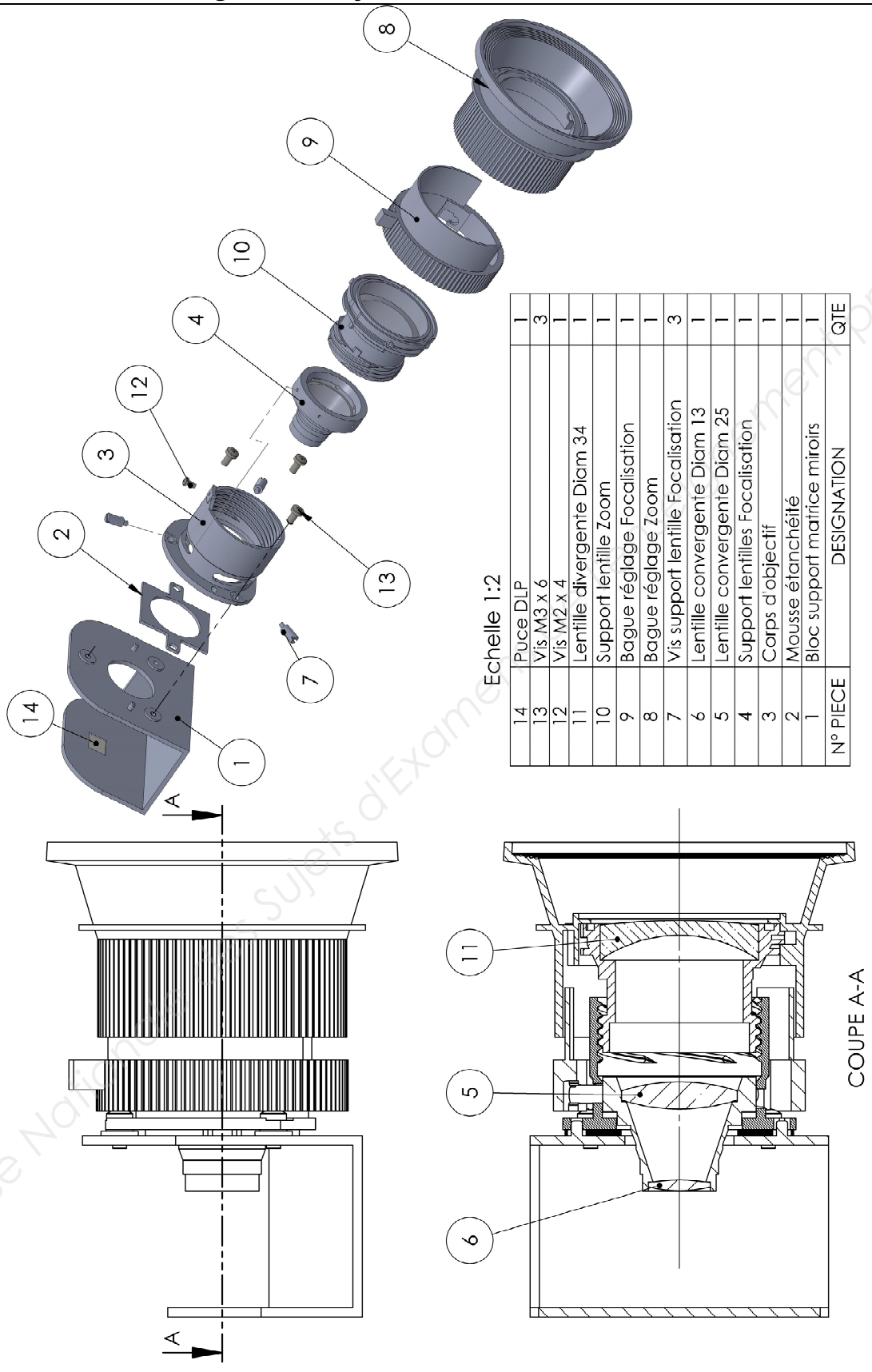
DT3 : Fixation du corps d'objectif sur le support de la puce DMD



N° PIECE	DESIGNATION	Nbre
14	Puce DLP	1
13	Vis M3 x 6	3
3	Corps d'objectif	1
2	Mousse étanchéité	1
1	Bloc support matrice miroirs	1

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

DT4 : Assemblage de l'Objectif



Echelle 1:2

N° PIECE	DESIGNATION	QTE
14	Puce DLP	1
13	Vis M3 x 6	3
12	Vis M2 x 4	1
11	Lentille divergente Diam 34	1
10	Support lentille Zoom	1
9	Bague réglage Focalisation	1
8	Bague réglage Zoom	1
7	Vis support lentille Focalisation	3
6	Lentille convergente Diam 13	1
5	Lentille convergente Diam 25	1
4	Support lentilles Focalisation	1
3	Corps d'objectif	1
2	Mousse étanchéité	1
1	Bloc support matrice miroirs	1

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

DOCUMENT RÉPONSES DR1

Réponse à la question 1.9.

Figure 1 :

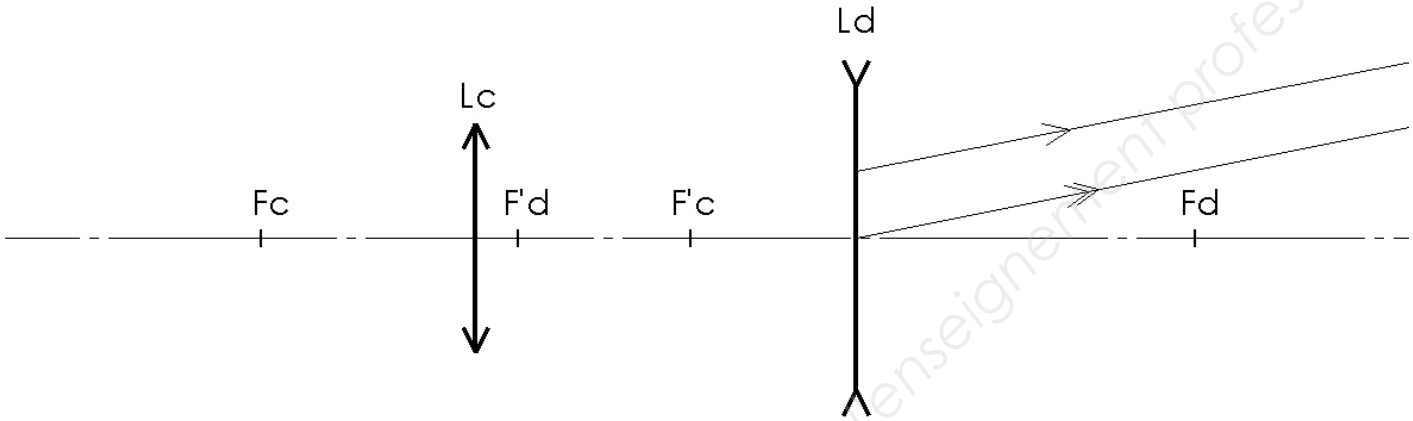
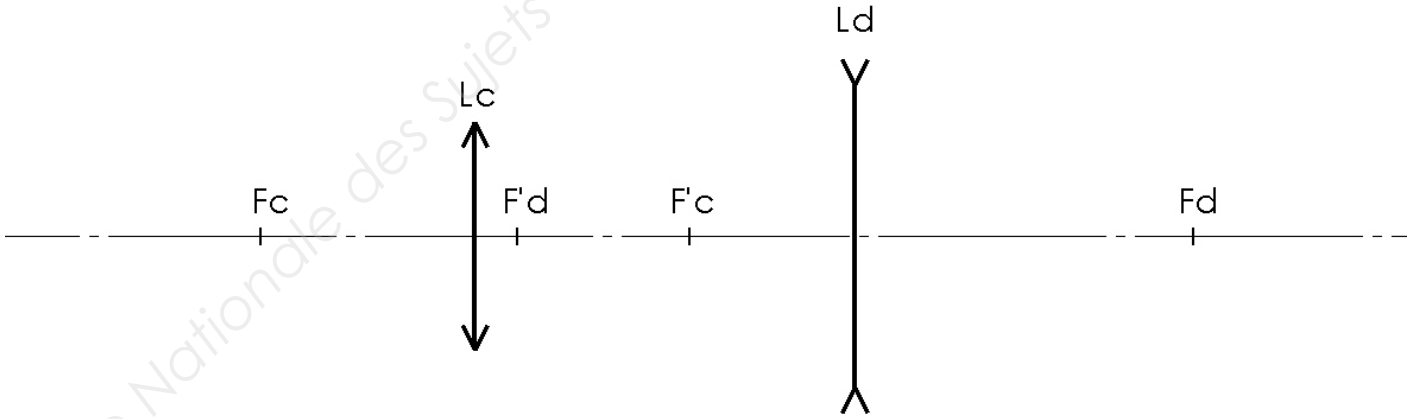


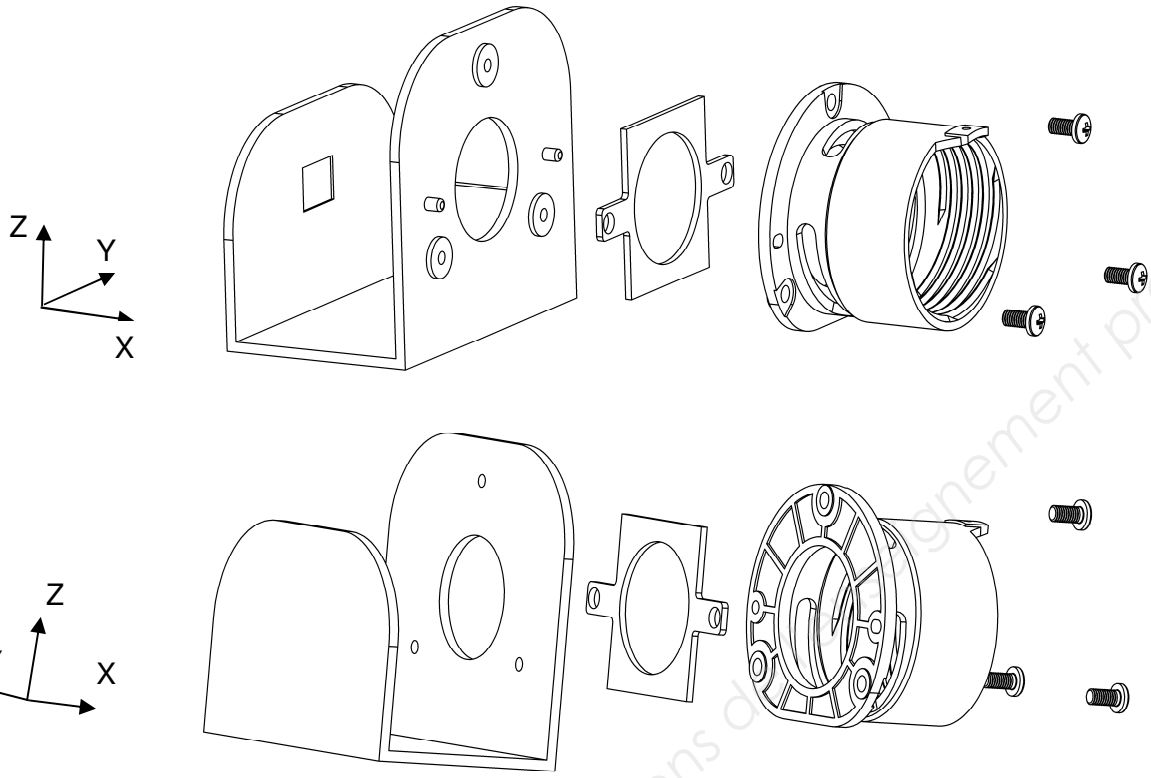
Figure 2 :
Réponse aux questions 1.10 et 1.11.



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

DOCUMENT RÉPONSES DR2

Réponse aux questions 1.15 et 1.16 :

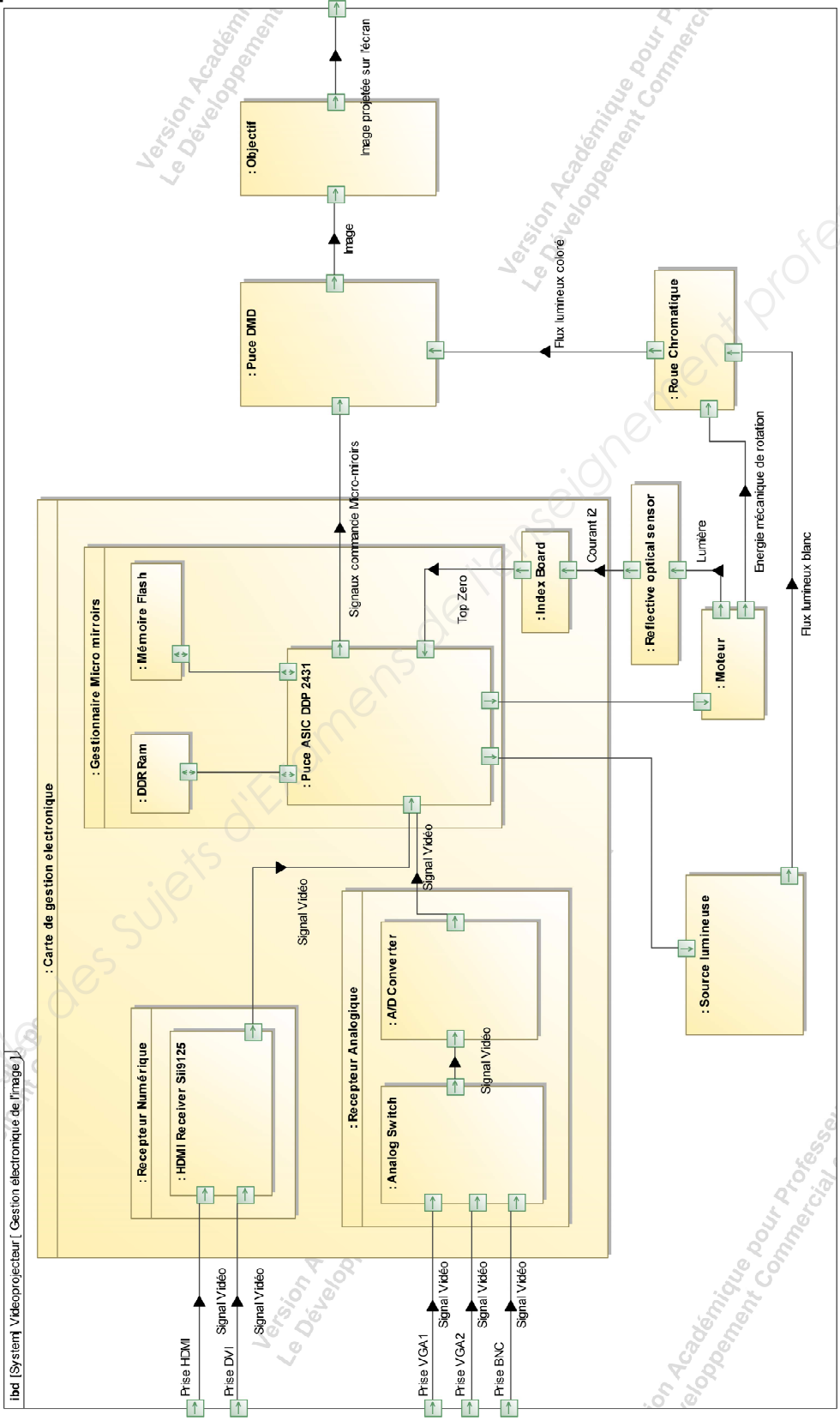


Mise en position								
Repère/couleur des surfaces	**Nature du contact** (Cylindrique, Plan…)	**Nature de la liaison** (Pivot, appui plan…)	**Degrés de Liberté (DDL) (Mettre une croix lorsque le DDL est Supprimé)**					
			Tx	**Ty**	**Tz**	**Rx**	**Ry**	**Rz**
Liaison équivalente								
La mise en position est-elle totale ou partielle ?								
La liaison est-elle isostatique ou hyperstatique ? Justification :								
Quels sont les éléments qui participent au maintien en position :								
Solution réglable ? :								

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

DOCUMENT REPONSES DR3

Réponse à la question 2.1 :



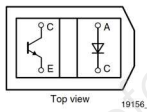
Version Académique pour Professeur
Le Développement Commercial
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DOCUMENT RÉPONSES DR4

Réponse aux questions 2.4 et 2.5

Reflective Optical Sensor with Transistor Output





DESCRIPTION

The TCRT5000 and TCRT5000L are reflective sensors which include an infrared emitter and phototransistor in a leaded package which blocks visible light. The package includes two mounting clips. TCRT5000L is the long lead version.

BASIC CHARACTERISTICS (1)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
INPUT (EMITTER)						
Forward voltage	I_F = 60 mA	V_F		1.25	1.5	V
Junction capacitance	V_R = 0 V, f = 1 MHz	C_j		17		pF
Radiant intensity	I_F = 60 mA, t_p = 20 ms	I_e			21	mW/sr
Peak wavelength	I_F = 100 mA	λ_P	940			nm
Virtual source diameter	Method: 63 % encircled energy	d		2.1		mm
OUTPUT (DETECTOR)						
Collector emitter voltage	I_C = 1 mA	V_{CEO}	70			V
Emitter collector voltage	I_e = 100 µA	V_{ECO}	7			V
Collector dark current	V_{CE} = 20 V, I_F = 0 A, E = 0 lx	I_{CEO}		10	200	nA
SENSOR						
Collector current	V_{CE} = 5 V, I_F = 10 mA, D = 12 mm	I_C (2) (3)	0.5	1	2.1	mA
Collector emitter saturation voltage	I_F = 10 mA, I_C = 0.1 mA, D = 12 mm	V_{CEsat} (2) (3)			0.4	V

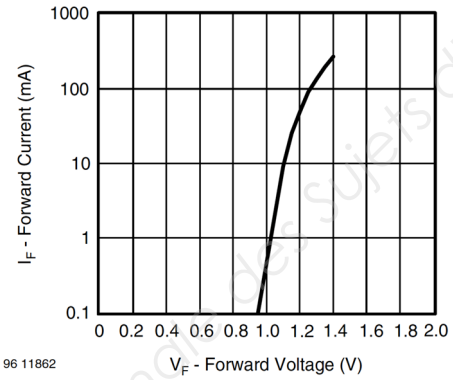


Fig. 4 - Forward Current vs. Forward Voltage

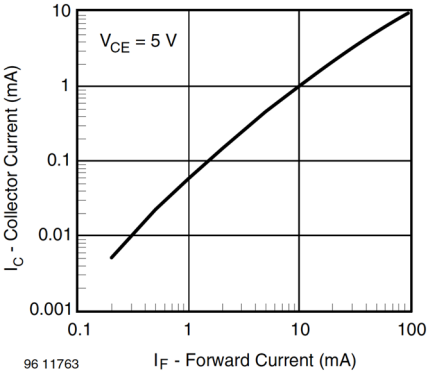


Fig. 6 - Collector Current vs. Forward Current

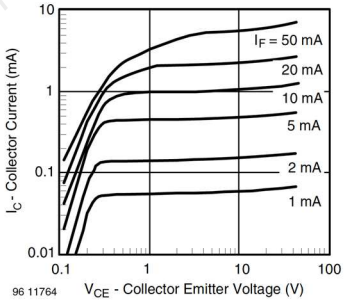


Fig. 7 - Collector Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current

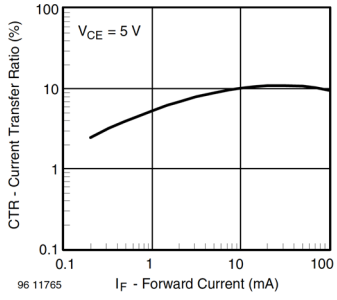
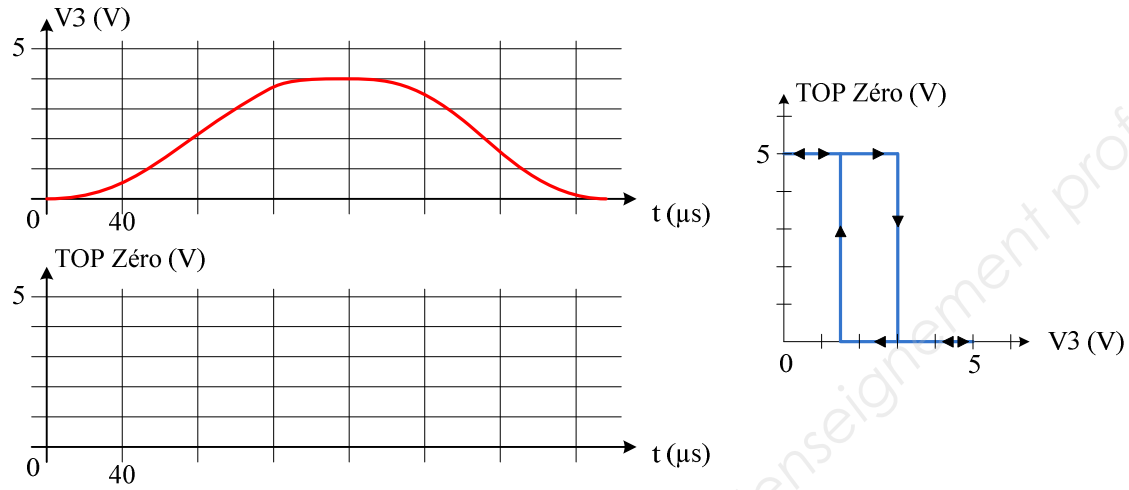


Fig. 8 - Current Transfer Ratio vs. Forward Current

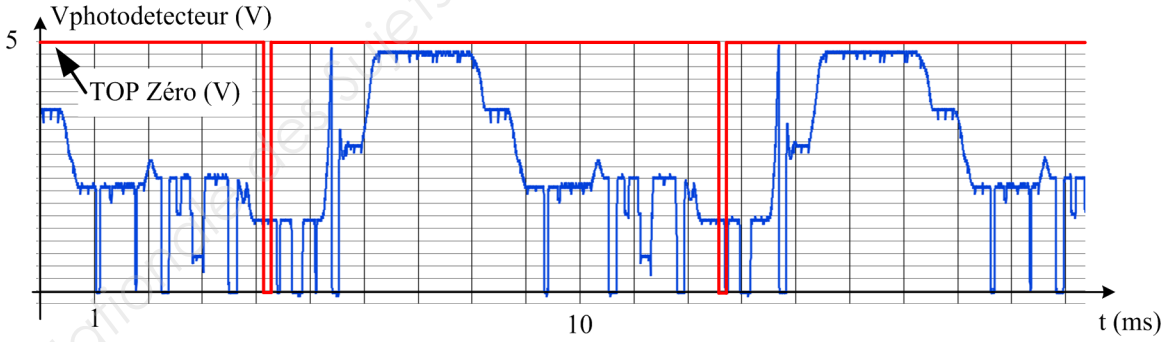
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DOCUMENT RÉPONSES DR5

Réponse à la question 2.7 :



Réponse à la question 2.8 :



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.