

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BLANC

## Assistance Technique d'Ingénieur

### ÉPREUVE E3 – Mathématiques et sciences physiques

#### Sous-épreuve – U32 – Sciences physiques

SESSION 2023

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

#### **Matériel autorisé :**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

#### **Documents à rendre avec la copie :**

Document réponse 1 (DR1)

page 7/8

Document réponse 2 (DR2)

page 8/8

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

**S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.**

Ce sujet aborde le principe des portes sécurisées.

Lors d'un franchissement autorisé, les portes vitrées s'ouvrent et laissent passer la personne dans le couloir. Ces portes se referment après le passage. Les portes sont pourvues d'une technologie qui adapte leur temps d'ouverture en fonction de la morphologie de la personne, accompagnée ou non d'un bagage.



D'après : <https://a3m.eu/fr/couloir-de-passage-ttscp120>, vu le 19 novembre 2021.

Q1. À l'aide du tableau ci-dessus, donner les valeurs des grandeurs suivantes, pour un courant  $I_F = 50 \text{ mA}$ , définies sur la figure 1 :

- la tension type de polarisation  $U_F$  ;
- la longueur d'onde  $\lambda_P$ .

L'oscillogramme de la tension  $u_S(t)$  est donné sur la figure 2.

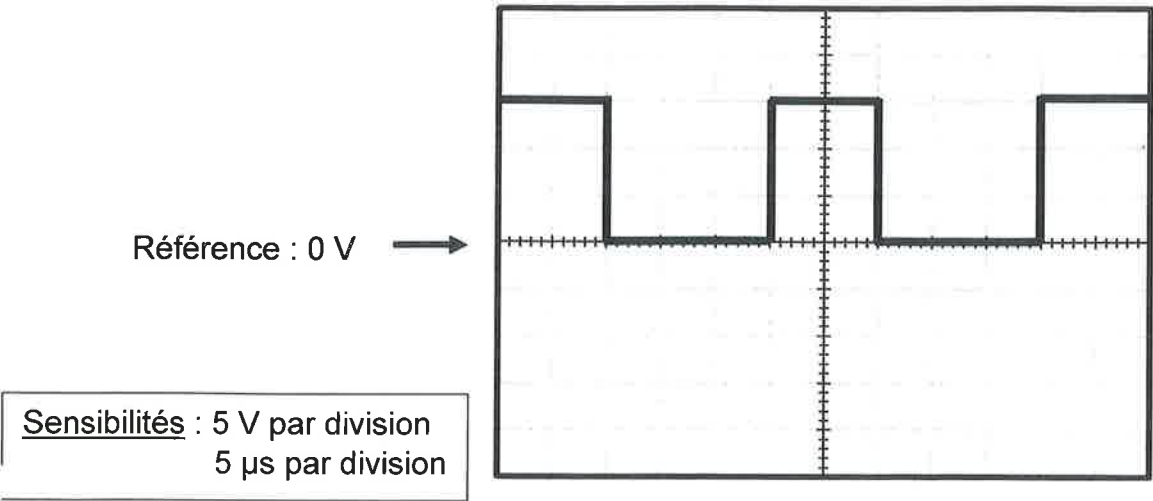


Figure 2 : oscillogramme de la tension  $u_S$

- Q2. En utilisant la figure 2, déterminer la valeur maximale  $\widehat{U}_S$  et la valeur de la fréquence  $f$  de la tension  $u_S$ .
- Q3. En utilisant la figure 1, déduire la valeur de la résistance  $R_p$  pour que la DEL admette le fonctionnement nominal défini dans la question 1. On suppose dans cette question que la tension  $u_S(t)$  vaut  $\widehat{U}_S$ .
- Q4. Déterminer, à l'aide de la figure 2, la valeur du rapport cyclique  $\alpha$  de la tension  $u_S$  puis déterminer la valeur moyenne de  $u_S$ , notée  $\langle u_S \rangle$ .
- Q5. Déterminer la valeur de la puissance  $P_1$  consommée par le circuit générant le signal d'émission infrarouge constitué par une DEL et un conducteur ohmique de résistance  $R_p$  puis la valeur de la puissance  $P_{16}$  consommée par les seize circuits de même type contenus dans un couloir sécurisé.

Une entreprise de transport détient 950 couloirs sécurisés.

- Q6. Calculer la valeur de la puissance  $P_{totale}$  consommée par l'ensemble des circuits générant un signal d'émission infrarouge de cette entreprise de transport. Commenter.

Le portillon est composé de deux portes transparentes, de parois en verre. Il fonctionne avec seize capteurs infrarouges placés sur les portants autour des portes vitrées.

Le problème est composé de 4 parties indépendantes :

- Partie A : détection du passage d'un utilisateur par rayonnements infrarouges (5 points)
- Partie B : blocs détecteur et amplification de tension (3,5 points)
- Partie C : moteur asynchrone triphasé, utilisé pour l'ouverture et la fermeture d'une porte vitrée (9,5 points)
- Partie D : systèmes de détection et de contrôle des portes (2 points)

Partie A - Détection de passage d'un utilisateur, par rayonnements infrarouges.  
(5 points)

Le circuit de détection de passage d'un utilisateur est composé de seize émetteurs – récepteurs infrarouges. Le circuit générant le signal d'émission infrarouge est représenté par la figure ci-dessous :

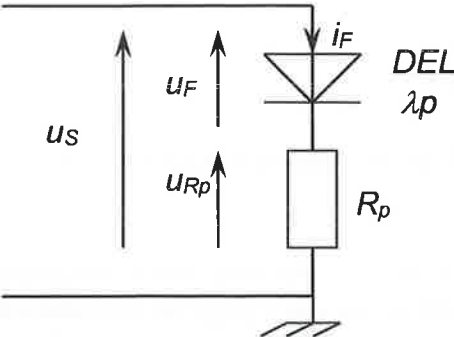


Figure 1 : génération du signal d'émission infrarouge

Les caractéristiques techniques de la diode électroluminescente (DEL) utilisée dans le circuit sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

BASIC CHARACTERISTICS ( $T_{amb} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Direct voltage	$I_F = 50 \text{ mA}$ , $t_p \leq 20 \text{ ms}$	$U_F$		1,3		V
Radiant intensity	$I_F = 50 \text{ mA}$ , $t_p \leq 20 \text{ ms}$	$I_e$	0,7	1,5	2,1	$\text{mW}\cdot\text{sr}^{-1}$
Radiant power	$I_F = 50 \text{ mA}$ , $t_p \leq 20 \text{ ms}$	$\phi_e$		10		mW
Angle of half intensity		$\varphi$		$\pm 55$		deg
Peak wavelength	$I_F = 50 \text{ mA}$	$\lambda_P$		950		nm
Spectral bandwidth	$I_F = 50 \text{ mA}$	$\Delta\lambda$		50		nm

D'après : <https://www.vishay.com/company/brands/semiconductors/>

## Partie B - Blocs détecteur et amplification de tension (3,5 points)

Pour détecter le passage d'un utilisateur dans le couloir sécurisé de passage, on utilise des blocs de détection et d'amplification de tension, représentés sur la figure 2.

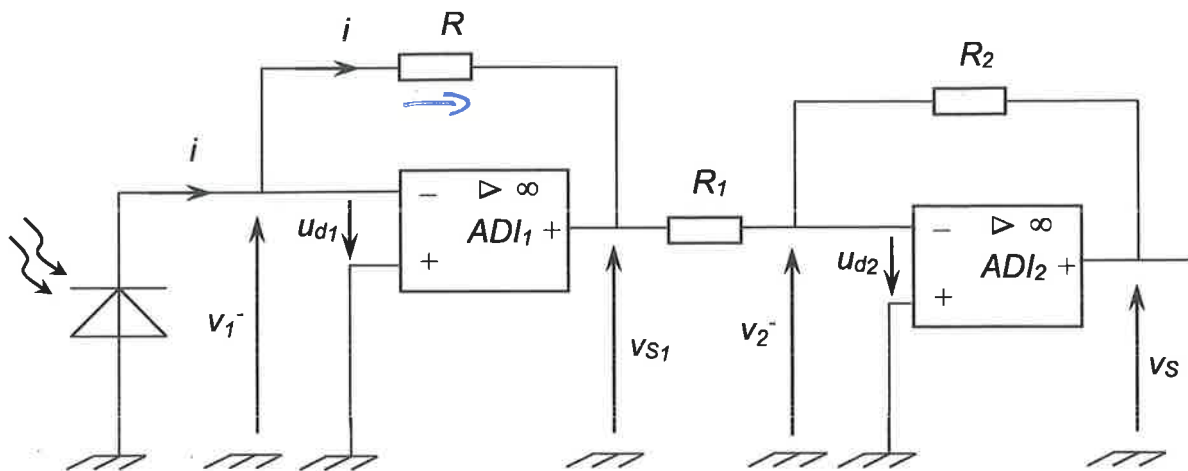


Figure 2 : bloc détecteur et amplificateur de tension

Les Amplificateurs Différentiels Intégrés (ADI) sont considérés comme parfaits.

- Q7.** Justifier le régime de fonctionnement de l'ADI<sub>1</sub> et l'ADI<sub>2</sub>. En déduire la relation qui lie la tension de l'entrée inverseuse  $v^-$  et la tension de l'entrée non inverseuse  $v^+$ .
- Q8.** Déterminer l'expression littérale de la tension  $v_{S1}$  en sortie du premier amplificateur, en fonction de l'intensité du courant  $i$  produit par la photodiode et de la résistance  $R$ .
- Q9.** Etablir l'expression de la tension  $v_S$  en sortie du second amplificateur, en fonction de  $v_{S1}$ ,  $R_1$  et  $R_2$ .

**Données :**  $R = 100 \text{ k}\Omega$  ;  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  ;  $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$ .

- Q10.** À partir des résultats obtenus aux questions Q8 et Q9, en déduire que :

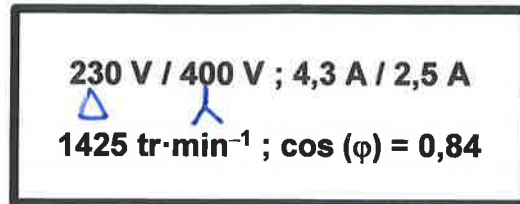
$$v_S = R_0 \times i, \text{ avec } R_0 = 300 \text{ k}\Omega$$

- Q11.** La valeur du courant généré par la photodiode  $i$  varie entre  $1 \mu\text{A}$  et  $50 \mu\text{A}$ , en déduire les valeurs limites des tensions de sortie  $v_{Smin}$  et  $v_{Smax}$ .

**Partie C - Moteur asynchrone triphasé utilisé pour l'ouverture et la fermeture de la porte vitrée (9,5 points)**

On utilise un moteur asynchrone triphasé pour ouvrir et fermer les portes du couloir sécurisé de passage. Le moteur est piloté par un onduleur.

La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé porte les indications suivantes :



Dans les conditions nominales de fréquence et de tension, la mesure à chaud de la valeur de la résistance  $R$  entre deux phases du stator couplé donne :  $R = 4,0 \, \Omega$ .

Le moteur est alimenté par un réseau triphasé ( $U = 400 \, \text{V}$  ;  $f = 50 \, \text{Hz}$ ).

**Q12.** Donner et justifier le couplage des enroulements du stator.

**Q13.** En vous aidant des indications de la plaque signalétique, déterminer en tours par minute la valeur de la vitesse de synchronisme  $n_s$  du moteur et en déduire le nombre de paires de pôles  $p$  du stator.

**Pour le fonctionnement nominal du moteur :**

**Q14.** Donner l'expression puis calculer la valeur du glissement  $g$ .

**Q15.** Donner l'expression puis calculer la valeur de la puissance électrique absorbée  $P_a$ .

**Q16.** Donner l'expression puis calculer la valeur des pertes par effet Joule au stator  $P_{Js}$ .

**Q17.** À l'aide des différentes puissances citées ci-dessous, compléter le bilan de puissances sur le **document réponse DR 1**, avec les expressions suivantes :

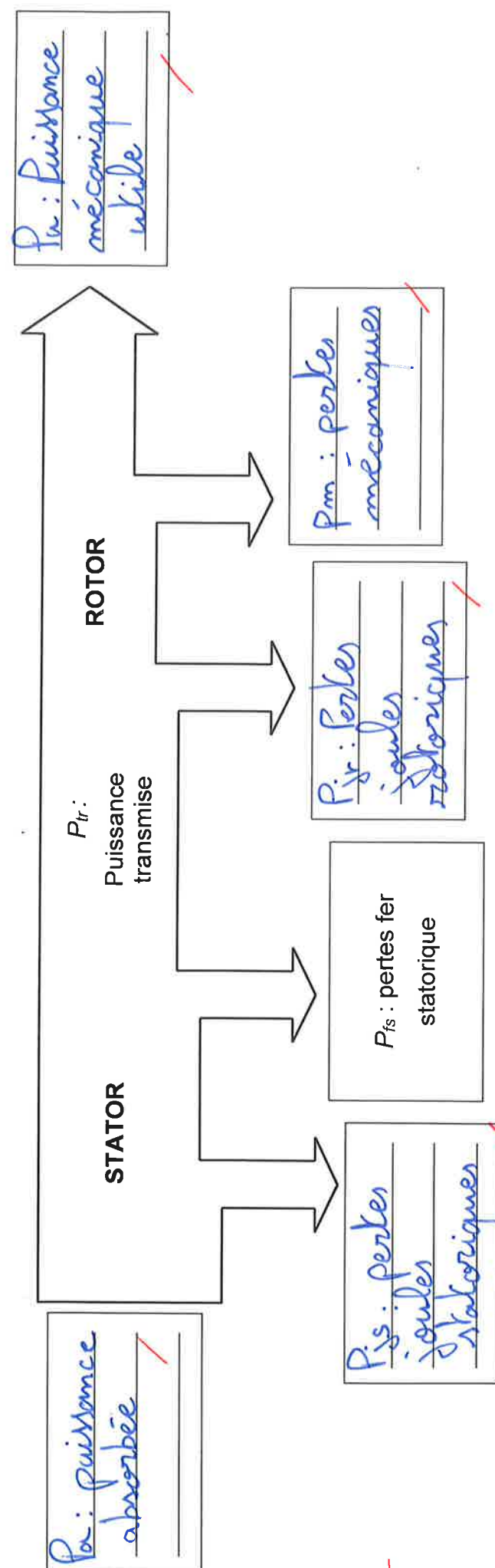
- $P_{jr}$  : pertes Joule rotoriques ;
- ~~$P_{fs}$  : pertes fer statoriques ;~~
- ~~$P_a$  : puissance absorbée ;~~
- ~~$P_{Js}$  : pertes Joules statoriques ;~~
- $p_m$  : pertes mécaniques ;
- ~~$P_u$  : puissance mécanique utile.~~

**Q18.** La valeur de la puissance utile étant  $P_u = 1,25 \, \text{kW}$ , calculer la valeur du rendement  $\eta$  du moteur.



NOM : *Dijah Fabien*

Q17 :



### Bilan de puissances du moteur asynchrone

Toutes les puissances et les pertes significatives du moteur asynchrone, sont représentées.

7/8

### Pour le fonctionnement du moteur alimenté par l'onduleur

Le moteur est alimenté par un onduleur fonctionnant à  $\frac{U}{f} = \text{constante}$ .

Pour une tension de valeur  $U_0 = 400 \text{ V}$ , la valeur de la fréquence est :  $f_0 = 50 \text{ Hz}$ .

Pour ouvrir les portes, le moteur doit être alimenté par un réseau triphasé dont la gamme de valeurs de fréquences doit pouvoir être réglée de 10 Hz à 50 Hz.

Q19. Préciser le rôle de l'onduleur, dans ce contexte.

Q20. Déterminer l'équation de la caractéristique du moteur  $T_u(n)$  dans sa zone utile (dans cette zone de fonctionnement, la caractéristique peut-être modélisée par une droite). Expliquez soigneusement toute votre démarche.

Q21. On relie ce moteur à un élément rotatif de couple résistant constant  $T_r = 6 \text{ N.m}$ . Déterminer la vitesse de rotation de l'ensemble.

On impose la valeur de la fréquence suivante :  $f_1 = 10 \text{ Hz}$ .

Q22. Déterminer alors la valeur de la vitesse de synchronisme  $n_{s1}$  du moteur pour  $f_1 = 10 \text{ Hz}$ .

Q23. Calculer la valeur de la tension d'alimentation  $U_1$ .

### Partie D - Systèmes de détection et de contrôle des portes (2 points)

Chaque système de détection est constitué :

- d'un **filtre passe-bande** ;
- d'un amplificateur de tension ;
- d'un **détecteur photodiode**.

À la suite des 16 systèmes de détection est placé un système de contrôle d'ouverture-fermeture de la porte représenté sur le document réponse DR2 à rendre avec la copie.

Le système de contrôle d'ouverture-fermeture de la porte est constitué :

- d'un **étage de commande** ;
- d'un **bloc de contrôle d'ouverture-fermeture** ;
- des portes du couloir sécurisé de passage.

Q24. À l'aide des informations ci-dessus, compléter, pour le système de détection 1 et le système de contrôle ouverture-fermeture, avec les termes notés en gras ci-dessus, le schéma du **document réponse DR2** à rendre avec la copie.

Q25. Émettre une hypothèse pour laquelle l'amplificateur de tension est nécessaire dans le système de détection.

Q26. Justifier l'intérêt du filtre passe-bande dans le système de détection.

Q27. Expliquer le rôle de l'étage de commande de puissance dans le système de contrôle ouverture-fermeture des portes.

# DOCUMENT RÉPONSE 2 (DR2) À RENDRE AVEC LA COPIE

Q24 :

