

SUJET 1^{ère} PARTIE

Performances industrielles

DURÉE CONSEILLÉE : 0h40

L'entreprise DVOPEK applique depuis de nombreuses années une démarche qualité visant à réduire ses coûts énergétiques, ses coûts de production, sa non-qualité et ainsi améliorer la satisfaction de ses clients.

Plusieurs outils qualité sont mis en place dans l'entreprise, le tout reposant sur une démarche 5S. Sur ses équipements de production, DVOPEK utilise la TPM (Total Productive Maintenance) pour améliorer les performances de ses lignes de fabrication.

L'entreprise possède depuis sa création des lignes de fabrication équipées d'étuyeurs horizontales continues. Le service de production a mis en place une surveillance afin de faire un bilan de leur TRS sur une année. Un taux de 0,8 est visé pour cette première année.

Ce bilan servira au responsable de production afin de faire un choix sur de nouveaux investissements.

1.1- Analyse de la performance de productivité

Documents à consulter : **DT1**

Réponses sur : **DR1**

La ligne "biscottes" est requise 24 h / 24 et cela pendant plus de 240 jours à l'année. L'objectif de l'entreprise est d'obtenir un TRS de 80 % sur cette étuyeuse horizontale. Jusqu'à présent, les micro-arrêts (arrêts inférieurs à 5 minutes) étaient comptabilisés par les opérateurs (méthode du "bâtonnage"). La fiabilité de cette méthode repose exclusivement sur la rigueur des opérateurs. Dans un premier temps, le responsable de ligne souhaite les définir par calcul. L'obtention directe par l'automatisme de la machine est à l'étude.

Q1.1.1 Sur le document DR1, compléter les cellules vides en calculant les différentes valeurs pour les mois de février et mars de l'analyse de performance de productivité :

- Temps d'arrêt propre (sans les micro-arrêts)
- Quantité d'étuis acceptés
- Quantité d'étuis théoriquement réalisable
- Temps de fonctionnement
- Temps net
- Temps utile

Q1.1.2 Sur le document DR1, calculer les différents Taux pour les trois mois:

- Disponibilité opérationnelle
- Taux de performance
- Taux de qualité
- Taux de Rendement Synthétique

Q1.1.3 Sur le document DR1, donner une conclusion générale sur la valeur du TRS, indiquer le ou les éléments les plus pénalisant(s). Proposer des pistes d'amélioration.

Q1.1.4 Sur le document DR1, calculer les temps perdus par micro-arrêts, conclure par rapport aux autres temps inclus dans les temps d'arrêt propre.

SUJET 2^{ème} PARTIE

Dépilleur d'étuis - Vérin de guide supérieur

DURÉE CONSEILLÉE : 1h20

Cette entreprise vient de décrocher de nouveaux marchés en Europe et souhaite doubler sa capacité de production concernant les biscottes. Le service Bureau Projet en interne a la charge de développer un nouveau dépilleur sur l'étuyeuse existante afin de répondre aux nouvelles exigences de productivité.

Les parties 2.1, 2.2 et 2.3 sont indépendantes

2.1- Analyse du réducteur SH47/T AQH100/4

Documents à consulter : **DT3-DT5-DT15**

Réponses sur : **DR2-DR3**

Q2.1.1 Sur le document **DR2**, mentionner de façon générale, trois avantages et trois inconvénients d'un réducteur à roue et vis sans fin.

Q2.1.2 Sur le document **DR2**, mentionner dans l'ordre chronologique les numéros des composants du réducteur SH47/T AQH100/4 permettant la transmission du couple du moteur vers l'arbre de sortie.

Q2.1.3 Sur le document **DR2**, dans le cadre de la mise en place d'un plan de maintenance préventive, par rapport aux trois éléments cités ci-après : huile, roulements, engrenages. Quel est celui qui vous semble le plus opportun de surveiller justifier votre réponse en argumentant.

Q2.1.4 Sur le document **DR2**, vérifier par calcul le rapport de réduction du réducteur, est-il indiqué sur la plaque signalétique du réducteur ?

On se propose de vérifier si le couple nominal du servo moteur Lexium SH31003P02A2000 est adapté au couple de sortie maximal admissible mentionné sur la plaque signalétique du réducteur SH47/T AQH100/4. Le servo moteur est alimenté en 400 V triphasé. Le rendement du réducteur est donné à 77 %. ($\eta = 0,77$)

Q2.1.5 Sur le document **DR2**, vérifier par calcul si le couple nominal du servo moteur est adapté au couple de sortie maximal admissible du réducteur. Conclure.

Q2.1.6 Sur le document **DR3**, terminer la représentation du **schéma cinématique minimal du réducteur**, en respectant une couleur par classe d'équivalence. (Pièces repérées 2, 5 et 6)

L'arbre de sortie du réducteur est un arbre creux ne possédant pas de rainure de clavette. L'accouplement avec l'arbre entraînant le grand plateau se fera à l'aide d'une frette de serrage.

Q2.1.7 Sur le document **DR3**, lister de façon générale deux avantages de ce type de montage. Dans un deuxième temps, lister les avantages lors du réglage du positionnement des ventouses par rapport aux contre ventouses et les précautions à prendre lors du montage.

2.2- Analyse cinématique du dépileur d'étuis

Documents à consulter : **DT2-DT4-DT5-DT6-DT7**

Réponses sur : **DR3-DR4-DR5**

A sa vitesse de rotation maximale, le dépileur actuel équipé de deux bras porte ventouses, permet une cadence maximum en fonction des formats de 48 étuis à la minute.

Q2.2.1 Sur le document **DR3**, le bureau projet propose une solution avec quatre bras porte ventouses, donner la cadence théorique maximum pouvant être atteinte.

Q2.2.2 Sur le document **DR4**, le Grand plateau tourne dans le sens trigonométrique, indiquer le sens de rotation des différents éléments jusqu'au bras porte ventouses (Voir schéma cinématique **DT4**).

Q2.2.3 Sur le document **DR4**, calculer les rapports d'engrèvements entre le Grand plateau et le bras porte ventouses.

Q2.2.4 Sur le document **DR4**, déterminer la fréquence de rotation du moteur fréq_{mot} en tr.min^{-1} pour avoir 80 étuis déposés par minute sur le convoyeur aval de l'étuyeuse. (Un tour complet du Grand plateau permet la dépose de 4 étuis sur le convoyeur aval.)

L'acheminement vers le poste de préhension des étuis pliés qui sont empilés dans le magasin se fait à l'aide d'un tapis motorisé. La vitesse de ce tapis doit être parfaitement synchronisée avec la fréquence de rotation du Grand plateau. En effet si le tapis n'avance pas suffisamment vite, les ventouses du bras porte ventouses ne pourront pas aspirer d'étui lors de leur passage au **Poste P1** de préhension. A l'inverse si le tapis avance trop vite, des étuis chuteront avant le passage du bras porte ventouses, générant dans les deux cas des arrêts de production. (Voir **DT5**)

Q2.2.5 Sur le document **DR5**, déterminer l'expression littérale de la vitesse d'avance du tapis du magasin d'étuis pliés par rapport à la vitesse de rotation du moteur afin qu'elle soit synchronisée avec la fréquence de rotation du Grand plateau.

- ✓ Vitesse d'avance tapis : V_{Tapis} en mm.min^{-1} .
- ✓ Fréquence de rotation du moteur : fréq_{mot} en tr.min^{-1} .
- ✓ Epaisseur des étuis pliés : $E_{\text{étuis}} = 1,5 \text{ mm}$.

L'application numérique se fera à l'aide des valeurs trouvées à la question **Q2.2.4**

Avec le dépileur initial, il est arrivé à plusieurs reprises, que lors de cadences importantes, des étuis soient éjectés sous l'effet de la force centrifuge. Pour anticiper ce problème, on se propose d'étudier les accélérations des étuis lorsqu'ils sont saisis à la sortie du magasin. On se mettra dans le cas d'une vitesse maximale de rotation du Grand plateau de 24 tr.min^{-1} . La zone d'étude se situe au niveau de la surface de contact des ventouses avec l'étui plié (**Poste P1**). Cas particulier où $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0$. Des animations et des relevés de valeurs de vitesses et d'accélérations ont été réalisés à l'aide d'un logiciel.

Q2.2.6 Sur le document **DR5**, pour ce cas particulier au **Poste P1**, l'expression littérale de la composition de vitesse du point V appartenant à la ventouse par rapport à S_0 ($\mathbf{V}_{V,S_0/S_0}$) étant donnée, en déduire l'expression littérale de cette vitesse pour le cas particulier où $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0$. (Voir **DT6**)

Q2.2.7 Sur le document **DR5**, calculer la valeur numérique au **Poste P1** et comparer cette valeur par rapport à la courbe de vitesse obtenue par le logiciel. (La vitesse de rotation du Grand plateau est égale à 24 tr.min^{-1} , et on a $\omega_3 = 4 \omega_1$ et $\omega_2 = -4 \omega_1$) (Voir **DT5** et **DT6**).

Q2.2.8 Sur le document **DR5**, relever les valeurs d'accélérations et le temps pour les deux **Postes P2 ; P3** (Voir **DT7**).

Q2.2.9 Sur le document **DR5**, pour le **Poste P1** calculer les forces de maintien des ventouses F_{HX} suivant l'axe X et F_{HY} suivant l'axe Y.

Afin d'harmoniser les stocks, on souhaite prendre des ventouses rondes possédant 3,5 soufflets et d'un diamètre de 30 mm. La pression de travail est de 50 kPa.

Q2.2.10 Sur le document **DR5**, vérifier que la force de préhension F_P de ce type de ventouse avec un $\varnothing = 30$ mm peut convenir pour la saisie des étuis au **Poste P1**.

2.3- Implantation d'un vérin pneumatique

Lors de bourrage d'étuis suite à une mauvaise dépose sur le tapis convoyeur de l'étuyeuse et/ou lors de changement de format de production, les opérateurs ou les techniciens de maintenance sont amenés à soulever le guide supérieur d'étuis (voir **DT8**). Actuellement, cette opération est faite à partir de trois petits vérins pneumatiques implantés sur chacun des trois supports verticaux du guide supérieur. Cela génère de nombreux arcs-boutements lors des phases de levée et/ou de descente du guide dus à des différences de vitesse de sortie ou de rentrée des tiges des trois vérins. Il a été décidé d'implanter un seul vérin pneumatique sur un d'un support vertical du guide supérieur avec un système pignon crémaillère afin de permettre une montée simultanée des trois supports verticaux du guide supérieur.

Documents à consulter : DT8-DT9-DT10-DT11	Réponses sur : DR6-DR7-DR8-DR9 et COPIE
--	--

Q2.3.1 Sur le document **DR6** donner les noms des différents composants pneumatiques repérés par un chiffre de **01** à **06**. Pour chaque composant préciser leur fonction dans le circuit pneumatique.

Q2.3.2 Sur le document **DR7**, insérer un composant permettant le réglage de vitesse de la rentrée de tige du vérin évitant ainsi un contact brutal de la butée de réglage en hauteur avec le bâti de la machine. De plus, afin d'assurer la sécurité des opérateurs et des techniciens lorsque le guide est en position haute, implanter le composant permettant d'éviter l'écrasement des mains des intervenants si une coupure d'énergie pneumatique apparaît, engendrant une descente brusque du guide supérieur. Dans le tableau du **DR7**, indiquer les noms de vos deux composants insérés et compléter le schéma pneumatique de la chaîne de puissance de cet actionneur pneumatique.

Q2.3.3 Sur le document **DR6**, par calcul, dimensionner le diamètre du piston permettant de soulever le guide supérieur d'étuis.

\varnothing de la tige = 20 mm - Pression circuit pneumatique 600 kPa - Masse du guide supérieur estimée à 80 Kg - (Hypothèses de calcul : l'ensemble des frottements seront négligés. Pour cette question, on considérera que l'écart entre la ligne de référence de la crémaillère avec l'axe de la tige du vérin est négligeable.)

Les dimensions du vérin pneumatique à prendre en compte pour les questions suivantes sont :

Une course de 500 mm, un \varnothing de tige = 20 mm, un \varnothing de piston = 50 mm, un entraxe de 1255 mm entre l'axe de la chape de tige et l'axe du flasque orientable lorsque que la tige de vérin est entièrement sortie.

Le module d'Young $E = 210\,000$ MPa. La limite d'élasticité du matériau $Re = 600$ MPa.

Q2.3.4 Sur feuille de copie, vérifier la tenue au flambement en appliquant la méthode de calcul Euler-Rankine, en calculant la charge admissible (F_{adm}).

Hypothèse de calcul : La vérification de la tenue au flambement s'effectue en assimilant le vérin complètement ouvert à un cylindre (poutre) du diamètre de la tige (critère de sécurité).

Q2.3.5 Sur le document **DR8**, à l'aide de l'abaque, déterminer la force du piston admissible tenant compte de la contrainte de flambage. En conclusion, un \varnothing de tige de 20 mm est-il suffisant pour soulever sur une course de 500 mm, la masse du guide supérieur d'étuis sans risque de flambement ?

Dimensionnement de l'arbre à pignons

On isole l'ensemble S1 : {Montant + crémaillère, corps + tige de vérin}

Sur le document **DR9**, on peut voir le bilan des actions mécaniques suivant l'axe Z de S1 appliquées aux points D_C, E et G.

Ces trois forces proportionnelles au poids du guide supérieur d'étuis sont représentées avec l'échelle suivante : 1 cm = 100 N.

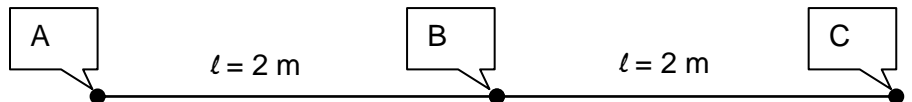
Q2.3.6 On isole le pignon situé au point C, on donne le torseur des actions mécaniques au point C. On considère que la composante suivant l'axe Z de la force en D est F_{Dcz}.

Les caractéristiques du pignon sont : Z = 25 dents et m = 2 avec un angle de pression α = 20°

$$T_{C,(x,y,z)} = \begin{pmatrix} 0 & L_C \\ Y_C & 0 \\ 600 & 0 \end{pmatrix}$$

Sur le document **DR9**, dans un premier temps déterminer les composantes (Y_C, Z_C) ainsi que le couple suivant l'axe X, dans un deuxième temps tracer à l'échelle les composantes. (1 cm = 100 N)

Pour l'étude suivante nous considérons que les trois pignons sont coïncidents avec leurs paliers de guidage respectifs aux points A, B et C.



On admet que cet arbre-pignons (voir figure ci dessus) peut être modélisé par une poutre (Diamètre faible devant la longueur et peu de variation de la section)

Condition de rigidité : pour assurer une transmission rigide et éviter les vibrations, l'angle de torsion unitaire θ ne doit pas dépasser une valeur limite θ_{max}.

$$d / r = \beta \text{ en rad et } \theta = \beta / \ell \text{ et } \frac{Mt}{G.I_G} \leq \theta_{max}$$

On précise :

Moment de torsion : M_t = 16 N m

Moment quadratique (Torsion) : I_G = π · D⁴ / 32

Rayon de la barre en torsion : R

La limite d'élasticité : Re = 280 MPa ;

La limite d'élasticité au glissement : Reg = 0,7.Re ;

La résistance pratique au glissement : Rpg = Reg / s avec s = coefficient de sécurité de 2

Le module de rigidité : G = 80 000 MPa

Rayon du pignon r = 25 mm

β est exprimé en rad car comme l'angle β est très petit, on a tan (β) = β

Cet angle de rotation β entre la section centrale et extrême génère un déplacement vertical appelé d.

Pour le bon fonctionnement de la glissière, le déplacement vertical admissible **d** du point B (plus précisément D_B point de contact pignon-crémaillère) doit être inférieur à 1 mm (d < 1 mm). La longueur du tronçon [B-C] est de 2 mètres : ℓ = 2 m.

Q2.3.7 Sur le document **DR8**, écrire la condition de rigidité. Calculer la dimension minimale du diamètre de l'arbre. Conclure.

SUJET 3^{ème} PARTIE

Affectation adresse Ethernet IP v4 - Enregistrement caméra

DURÉE CONSEILLÉE : 0h40

Dans le cadre de la modification et de l'implantation du nouveau dépilleur sur l'étuyeuse, le service projet souhaite enregistrer des temps de production afin d'identifier les causes de dysfonctionnement. Pour ce faire, l'implantation d'une caméra de surveillance permettra de visualiser les moments qui précèdent les défaillances et ainsi en faciliter l'analyse, afin d'augmenter la productivité et la fiabilisation de la ligne.

Les parties 3.1 et 3.2 sont indépendantes

3.1- Analyse du réseau existant

Documents à consulter : **DT12-DT13-DT14**

Réponses sur : **DR10, DR11**

Dans un premier temps on analyse le réseau existant où est située la ligne de production

La caméra choisie possède déjà une adresse IP : 192.167.99.243

Q3.1.1 Sur le document **DR10** coder en binaire naturel l'adresse suivante 192.167.99.243

L'automate de l'étuyeuse a l'adresse suivante : 227.115.111.230/18.

Q3.1.2 Sur le document **DR10** à partir de l'adresse du périphérique suivant écrite sur 4 octets : 227.115.111.230. Déterminer l'adresse du masque sous-réseau en binaire naturel et en décimal.

Q3.1.3 Sur le document **DR10** en déduire l'adresse du réseau en binaire naturel et en décimal.

Q3.1.4 Sur le document **DR10** on vous donne l'adresse suivante 227.115.111.230/18
Déterminer en binaire naturel et en décimal le complément à 1 du masque sous-réseau (déterminé à la question Q3.1.2)

Q3.1.5 Sur le document **DR10** Déterminer l'adresse du broadcast en binaire naturel et en décimal.

Q3.1.6 L'adresse initiale de la caméra étant incompatible avec le réseau de l'étuyeuse, on souhaite attribuer la première adresse de ce réseau à la caméra. Sur le document **DR11** donner en décimal la première adresse de ce réseau attribuable à la caméra.

Q3.1.7 Sur le document **DR11** déterminer en décimal la dernière adresse de ce réseau attribuable à un périphérique.

Q3.1.8 Sur le document **DR11** calculer le nombre adresses de ce réseau attribuables à des périphériques.

Le responsable projet veut s'assurer de la connectivité de la caméra après avoir affecté son adresse IP. À partir de son poste informatique, il envoie une requête "Ping" dont la capture d'écran de la réponse est mentionnée dans la documentation technique.

Q3.1.9 Sur le document **DR11** à partir de cette capture d'écran, **indiquer** si la caméra est bien connectée au réseau existant. (Argumenter)

3.2- Capacité d'enregistrement de la caméra

Documents à consulter : DT12	Réponses sur : DR11
-------------------------------------	----------------------------

La caméra est équipée d'une carte SD pour l'enregistrement afin de pouvoir visionner la cause première de la défaillance. (Root cause).

Une image est composée de petits points appelés pixel. La dimension d'une image vous donne le nombre de pixels qui compose l'image.

Une image est dite HD (haute définition, image codée sur 24 bits) si au minimum, elle est composée de 1280 pixels en largeur et de 720 pixels en hauteur, soit en tout $1280 \times 720 = 921\,600$ pixels.

À chaque pixel, on associe 3 couleurs : le rouge, le vert et le bleu. On parle du canal rouge, du canal vert et du canal bleu d'un pixel. La valeur de l'intensité lumineuse associée à chaque canal de chaque pixel d'une image est très souvent codée sur un octet.

Nous avons donc pour chaque pixel, un octet pour coder la valeur de l'intensité lumineuse du canal rouge, un octet pour coder la valeur de l'intensité lumineuse du canal vert et un octet pour coder la valeur de l'intensité lumineuse du canal bleu. (soit 3 octets par pixel)

Q3.2.1 Sur le document **DR11**, sachant que la caméra enregistre en HD, calculer le nombre de bits nécessaire pour coder une image HD. (Cela correspond aux nombres de pixels multipliés par le nombre de couleurs codés sur 8 bits (un octet))

Q3.2.2 Sur le document **DR11**, exprimer la valeur calculée à la question précédente en octet puis en Mébi-octet pour la taille d'une image HD.

Une vidéo est une succession d'images fixes qui, pour donner l'illusion du mouvement, défile à grande vitesse (environ 30 images par seconde). Pour la suite, on prendra la taille d'une image HD égale à 2,6 MiB.

Q3.2.3 Sur le document **DR11**, calculer la taille en GiB d'un enregistrement d'une heure de vidéo pour une caméra en HD.

Le traitement de l'image réalisé par le capteur de la caméra permet de réduire le nombre d'images avec un ratio de compression de 20 (MPEG 4).

Q3.2.4 Sur le document **DR11**, déduire la nouvelle taille en GiB d'un enregistrement d'une heure de vidéo compressée pour une caméra en HD.

Q3.2.5 Sur le document **DR11**, il est souhaité par le service projet un enregistrement d'une durée de 4 heures, en déduire en justifiant la capacité de stockage en GB de la carte mémoire SD à acheter.

SUJET 4^{ème} PARTIE

Motorisation du dépileur – Sécurité de l'encaissage

DURÉE CONSEILLÉE : 1h20

Le servo variateur actuellement fourni par le constructeur de machine n'est plus commercialisé par le fournisseur. Et par souci d'optimisation des stocks des pièces de rechange, il a été décidé que les servo variateurs seront de marque Schneider de type Lexium.

Les parties 4.1, 4.2 et 4.3 sont indépendantes

4.1- Moteur - Variateur

Documents à consulter : **DT15-DT16-DT17-DT23**

Réponses sur : **DR12-DR13-DR15**

- Q4.1.1** Sur le document **DR12**, donner les caractéristiques du servo moteur Lexium SH31003P02A2000.
- Q4.1.2** Sur le document **DR12**, choisir le servo variateur Lexium 52 adapté au servo moteur précédent, en indiquer les références.
- Q4.1.3** Sur le document **DR12**, vérifier par calcul la cohérence des données du servo moteur concernant la proportionnalité indiquée des caractéristiques de Puissance de sortie nominale par rapport au couple nominal à une tension triphasée de 400 V.
- Q4.1.4** Sur le document **DR12**, à partir de la vitesse mécanique maximum du servo moteur SH3, calculer la valeur de la fréquence maxi.
- Q4.1.5** Sur le document **DR12**, à partir des données du servo moteur SH3, calculer le courant **I_m** traversant le moteur.
- Q4.1.6** Sur le document **DR12**, sur le schéma de câblage du servo variateur Lexium 52, indiquer la signification du symbole encadré sur le **DR15**
- Afin de protéger le circuit un disjoncteur magnétique sera implanté dans le schéma de puissance.
- Q4.1.7** Sur le document **DR13**, donner en la justifiant la référence du disjoncteur magnétique le plus adapté, et expliquer pourquoi le choix se porte sur un disjoncteur magnétique seul et non magnéto-thermique.
- Q4.1.8** Sur le document **DR15**, compléter le schéma de câblage du servo variateur Lexium 52 et de sa protection.

4.2- Onduleur

Documents à consulter : **DT18**

Réponses sur : **DR13**

L'étude suivante va porter sur l'onduleur du servo variateur. Dans le cas étudié, nous sommes en présence d'un onduleur de tension triphasé sans fil de neutre. **La commande MLI n'est pas abordée dans les questions ci-dessous.**

Q4.2.1 Sur le document **DR13**, colorier ou hachurer les zones durant lesquelles T_{11} ; T_{21} et T_{31} sont commandés à la fermeture.

Pour la suite on prendra une période de la commande égale à 40ms.

Q4.2.2 Sur le document **DR13**, à partir de la commande, la représentation instantanée $v_1(t)$ correspondant à la Phase 1 est représentée en noire sur 2 périodes. Tracer les représentations instantanées $v_2(t)$ (en rouge) et $v_3(t)$ (en vert) également sur les deux périodes **en tenant compte du retard d'1/3 de période entre chaque représentation instantanée.**

Q4.2.3 Sur le document **DR13**, pour une tension $U = 400$ V, en déduire la valeur maximale de la tension.

Q4.2.4 Sur le document **DR13**, calculer la fréquence fondamentale pour $v_1(t)$

4.3- Barrière immatérielle

Suite à une visite d'inspection du CSE (Comité Social et Economique) concernant cette ligne, il a été détecté, au niveau de l'encaissage, un risque potentiel d'intrusion d'une personne dans la zone dangereuse. Le service maintenance a la charge de proposer une modification dans les plus brefs délais.

Documents à consulter : **DT19-DT20-DT21-DT22**

Réponses sur : **DR14-DR16**

La hauteur d'intrusion à protéger est d'environ 900 mm, la largeur du convoyeur est d'un mètre. Des grillages de protection d'une hauteur de 2 mètres seront fixés au sol autour de la zone dangereuse.

Q4.3.1 Sur le document **DR14**, à partir de la documentation constructeur, justifier les choix de la référence de la barrière immatérielle permettant de détecter l'intrusion inopinée d'une personne :
Premier temps : référence de Type 2 par rapport à un Type 4.
Deuxième temps : référence Type 2 choisie **XUSL2E4BB091N** à la place de **XUSL2E30H091N**

Q4.3.2 Sur le document **DR14**, calculer la résolution (R) de cette barrière immatérielle. Le diamètre des faisceaux (E) est de 9 mm.

Q4.3.3 Sur le document **DR14**, déterminer la distance minimale entre une surface réfléchissante et la zone de détection.

Un module Préventa **XPSLCMUT1160** sera associé à cette barrière afin de permettre la fonction de "muting". Son temps de réponse doit être ajouté à celui du type de barrières immatérielles associées.

Q4.3.4 Sur le document **DR14**, calculer la distance de sécurité minimale (S) entre la barrière immatérielle et la zone dangereuse. Pour t_2 on prendra 1 seconde.

Q4.3.5 Sur le document **DR14**, quelle est la règle de distance à laquelle on devra veiller lors de l'implantation des grillages de protections fixées au sol et l'implantation des capteurs de "muting" ?

Q4.3.6 Sur le document **DR16**, à partir des détails des raccordements du module de Muting, relier l'ensemble des composants ainsi que les différentes énergies sur le schéma de câblage de la barrière immatérielle et du module de sécurité permettant le "muting".