

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCEES

SESSION 2010

Sciences de l'Ingénieur

Durée : 5 heures

Aucun document n'est autorisé

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante, conformément à la circulaire n°99-181 du 16 novembre 1999.

« Là, tout n'est qu'ordre et beauté,

Luxe, calme et volupté. »

Charles Baudelaire, *L'invitation au voyage*

BOLLINGER



History
The Charter of Ethics and Quality
Purveyor of major European Courts
A controlled expansion

News
Bollinger
and the press

Contenu du dossier :

DOSSIER DES QUESTIONS : pages 1 à 13

DOSSIER TECHNIQUE : documents DT1 à DT24

DOSSIER DES REPONSES : documents DR1 à DR4

Conseils au candidat :

Vérifier que vous disposez bien de tous les documents définis dans le sommaire.

La phase d'appropriation d'un système pluritechnique passe par la lecture attentive de l'ensemble du sujet. Il est fortement conseillé de consacrer au moins 40 minutes à cette phase de découverte.

1 - PRÉSENTATION DE L'ETUDE

S'il est un secteur qui se porte économiquement bien aujourd'hui, c'est étonnamment le secteur du luxe. Générant plus de 150 milliards d'euros de chiffre d'affaires mondial en 2007, la France occupe la première place internationale du secteur avec 33% des parts totales.

Toutes les industries du luxe connaissent une croissance forte aussi bien en volume qu'en valeur. C'est le cas du champagne avec un chiffre d'affaires de 4 milliards d'euros, l'équivalent d'une vingtaine d'Airbus A380.

1.1 – INTRODUCTION

Chaque appellation vitivinicole française est définie par son origine géographique, sa méthode de production et ses références qualitatives.

Les vins de champagne sont issus de vignobles établis sur des coteaux crayeux en bordure du bassin parisien et avant les contreforts des massifs anciens des Ardennes et des Vosges.

Historiquement lié aux têtes couronnées, le champagne est mondialement connu. Il est le symbole de la France pour les étrangers car sa méthode de production spécifique en fait un vin pétillant unique. Afin de préserver et de valoriser l'appellation « champagne », les vignerons et maisons de Champagne n'ont cessé de s'organiser et d'anticiper dans le

cadre de leur interprofession pour gérer leur expansion en renforçant leur qualité et leur renommée. L'appellation « champagne » est ainsi de mieux en mieux protégée contre les usurpations externes, du fait de son statut d'appellation notoire. Ainsi le champagne est unique mais les champagnes sont multiples et certains sont de très grands vins comme ceux élaborés par la maison Bollinger qui est le siège du support de l'étude proposée.



1.2 – MAISON BOLLINGER

Située à Ay, à 28 km au sud de Reims, la société Bollinger est l'une des maisons de champagne les plus prestigieuses. Fondée en 1829 par l'association d'un aristocrate et de deux commerçants dont Jacques Bollinger, elle est restée une entreprise familiale et est toujours présidée par l'arrière arrière petit-fils du fondateur.

Avec ses 160 hectares de vignes, la maison assure 60% de ses besoins en raisin et s'est engagée à suivre une charte d'éthique et de qualité qui retrace les grands principes de fabrication du champagne selon Bollinger.

Malgré le développement croissant des ventes de champagne, la maison maintient sa production à environ 2 millions de bouteilles afin d'assurer constance et continuité dans la qualité de son vin qui en a fait un produit exceptionnel. La maison Bollinger réalise 90% de ses ventes à l'étranger et est aujourd'hui le fournisseur officiel de la cour d'Angleterre et le champagne attitré de James Bond depuis « Vivre et laisser Mourir » en 1973.



1.3 – FABRICATION DU CHAMPAGNE

Le document DT1 décrit les différentes étapes de l'élaboration du champagne. L'étude portera sur la chaîne de tirage dont la fonction est le remplissage des bouteilles avec l'assemblage de plusieurs vins et de ferments. Les opérations réalisées sont les suivantes (voir implantation de la chaîne sur le document technique DT2) :

- alimentation de la chaîne en bouteilles stockées sur une palette ;

- dépalettisation d'un étage de bouteilles et dépose sur le convoyeur d'alimentation. Les bouteilles se présentent alors sur 14 voies ;
- guidage des bouteilles sur la longueur du convoyeur pour passer sur 1 seule voie ;
- les bouteilles rentrent alors dans le monobloc de tirage. Elles sont lavées, remplies et bouchées à l'intérieur de cette structure. Deux bouchages sont possibles suivant les bouteilles : bidule* + capsule* pour la cuvée classique, bouchon + agrafe* pour les millésimes et les magnums ;
- un contrôle par mire est ensuite effectué en sortie du monobloc pour vérifier la qualité du liquide ;
- les bouteilles sont dirigées vers l'étage inférieur afin d'être stockées dans des caisses métalliques.

Ces deux derniers postes ne figurent pas sur le document technique DT2.

*bidule : pastille en matière plastique assurant l'étanchéité de la capsule
capsule : bouchon métallique serti sur la bouteille assurant sa fermeture
agrafe : lanière métallique maintenant le bouchon provisoire sur la bouteille*

Question 1.3.A : À la lecture du document technique DT3, sur quels critères peut-on dire que certains champagnes sont des produits de luxe ?

Question 1.3.B : À partir de l'observation du document technique DT4, peut-on dire que l'emballage (la bouteille) participe au luxe ? Argumenter votre réponse.

Question 1.3.C : Qu'est-ce qui laisse supposer que le champagne Bollinger fait partie de ces champagnes de luxe ?

1.4 – EXPRESSION DU BESOIN

Les différents concepteurs de la chaîne de tirage ont réalisé une entité répondant à plusieurs contraintes dont les principales sont :

C1 : Assurer la cadence de production

En fonction du format de bouteilles la cadence est différente : principalement parce que la durée de remplissage est d'autant plus longue que la bouteille a une contenance élevée. Cette cadence sera de 12000 bouteilles standard dites champenoises, ou 6000 magnums, ou 11000 « demies » par heure.

C2 : Émettre un niveau sonore faible

Le chef d'entreprise doit réduire le bruit dans l'atelier au niveau le plus bas possible compte tenu des techniques actuelles. L'employeur doit évaluer et si possible mesurer l'exposition sonore quotidienne de ses salariés, c'est-à-dire **l'exposition moyenne** subie par un salarié à son poste de travail **lors d'une journée quelconque**. Si l'activité est particulièrement bruyante, il est recommandé de réaliser des mesures de bruit pour savoir précisément où se situe l'entreprise. Voici les précautions à prendre selon les résultats de cette mesure :

Inférieur à 85 décibel : aucune disposition ;

Supérieur à 85 décibel : l'employeur doit s'équiper d'un système d'insonorisation et d'isolation acoustique pour les locaux construits ou modifiés après le 1er janvier 1993, même lorsqu'il est réalisé un aménagement du local ayant un impact potentiel sur l'acoustique interne ;

Supérieur à 90 décibel : l'employeur doit mettre à la disposition des salariés des casques et, quand le niveau sonore est très élevé, veiller à ce que ces casques soient portés. Il doit entretenir régulièrement ces casques.

C3 : Réduire les chocs entre bouteilles

La fabrication du verre crée des contraintes dans le matériau. À partir de différentes études menées, il ressort que le bris de verre est dû à plusieurs facteurs, non indépendants : les chocs, les contraintes anormales, le différentiel de température. Le verre subit ces agressions sans aucune conséquence apparente. À un moment particulier, indiscernable par les moyens de mesures actuels, ces contraintes se libèrent de manière spontanée, sans qu'une sollicitation extérieure évidente soit appliquée, et le verre se fragmente instantanément en une multitude de petits morceaux sans projection particulière de ceux-ci, en émettant un bruit important qui fait penser à une explosion.

C4 : Accepter différents formats de bouteilles (document technique DT5)

La bouteille joue un rôle fondamental dans le vieillissement du vin. Autrefois de forme sphérique, les bouteilles de vin ont adopté depuis le XVIII^e siècle un format cylindrique, qui facilite le stockage et la conservation (en raison du contact entre le vin et le bouchon). Il existe différents formats de bouteilles. En règle générale, plus le format de la bouteille est grand, plus sa période de conservation sera importante. En conséquence, un vin en demie atteindra son apogée beaucoup plus rapidement que ce même vin en magnum. Cette différence est due aux phénomènes d'oxydation et d'oxydoréduction agissant différemment par rapport aux volumes. À chaque région correspond un format de bouteille. La bouteille de type Bordelaise (bouteille droite avec épaule haute) est la plus utilisée. Les vins de Bourgogne et de la Vallée du Rhône utilisent une bouteille plus lourde et plus massive. À l'inverse, les vins d'Alsace sont conditionnés dans des bouteilles en forme de flûte. La bouteille de Champagne est quant à elle plus épaisse pour résister à la pression. Le fond est très épaissi et largement bombé pour les mêmes raisons : un fond plat ne résisterait pas.

C5 : Assurer un bouchage hermétique

Le bouchage doit contenir et pouvoir résister à la pression du gaz qui apparaît lors de la deuxième fermentation que l'on appelle la prise de mousse. La pression dans la bouteille va atteindre 6 bar.

C6 : Assurer un remplissage de qualité

Pour la bonne réalisation de la prise de mousse, les bouteilles sont remplies avec un vide de 5 cL maximum.

Question 1.4.A : *En quoi, la contrainte C3 est-elle très importante ?*

Question 1.4.B : *Quel intérêt présente le fait que tous les formats de bouteilles aient des cols de bouteilles identiques (voir document technique DT5) ? Quelle en est la conséquence sur le groupe monobloc ?*

2. PRÉPARATION À LA CAMPAGNE D'EMBOUTEILLAGE

Après le tirage, grâce à la liqueur et aux levures ajoutées, le vin subit sa deuxième fermentation alcoolique, cette fois en bouteille. Il devient alors effervescent : c'est la prise de mousse. L'objectif de cette partie est de vérifier que la chaîne de tirage permet l'élaboration des trois formats de bouteilles les plus couramment utilisés : demie, champenoise et magnum (contrainte C4).

La machine à rincer est une machine entièrement automatique destinée à rincer ou à stériliser l'intérieur des bouteilles neuves (figure 1 (page suivante) et documents techniques DT6 et DT7).

Les bouteilles arrivent sur le convoyeur, guidées par deux rails et sont mises au pas de la machine par la vis de synchronisation 1. Elles sont ensuite amenées sur les postes de prises par les alvéoles de l'étoile d'entrée 2. Les bouteilles sont alors saisies au niveau du col. Entraînées par le mouvement giratoire du carrousel 3, elles sont retournées mécaniquement de 180° vers le haut. Le traitement commence lorsque la bouteille est entièrement retournée. Elle restera retournée pendant toute la durée du traitement (injection / égouttage).



Figure 1 : Tête de remplissage avec la vis de synchronisation

La bouteille est ensuite ramenée mécaniquement dans sa position normale. Les becs de rinçage sont situés sur un cercle de 1960 mm de diamètre. Il est donc nécessaire que les axes des bouteilles arrivent toujours sur le même diamètre quel que soit leur format.

2.1 ÉTUDE DE LA FONCTION « S'ADAPTER AU DIAMÈTRE »

L'objectif de cette question est de vérifier que la géométrie du dispositif d'alimentation en bouteilles du monobloc permet les modifications nécessaires pour l'acceptation des différents diamètres de bouteilles.

Question 2.1.A : Expliquer en quelques lignes pourquoi le nombre d'alvéoles de l'étoile d'entrée ne pourra pas être modifié en fonction des différents formats.

Question 2.1.B : Le document réponse DR1 représente en vue de dessus l'ensemble vis de synchronisation, étoile et guide latéral dans le cas de « demies ». Tracer sur document réponse DR1 les formes, positions et dimensions des alvéoles de l'étoile d'entrée pour le diamètre le plus élevé à savoir le format « magnum ».

Question 2.1.C : Tracer sur le document réponse DR1 la forme du guide latéral 4 pour ce même format.

Les bouteilles sont amenées vers l'étoile d'entrée par la vis de synchronisation. La vis a une deuxième fonction, étudiée ultérieurement, qui est d'amener les bouteilles à la cadence adéquate. À ce titre elle possède un pas variable, mais sur le dernier tour celui-ci est constant.

Question 2.1.D : Sur le document réponse DR1, tracer la fin de la vis sur la partie où le pas est constant pour un format « magnum ».

Question 2.1.E : En conclusion, la chaîne pourra-t-elle admettre les trois formats de bouteille ? Quelles sont les modifications à apporter à la chaîne ?

Il est nécessaire de positionner la vis par rapport à l'étoile d'entrée de telle sorte qu'une bouteille entre pour moitié dans l'alvéole de l'étoile d'entrée et pour moitié dans l'empreinte de la vis de synchronisation. Il faudra assurer deux fonctions :

- FT1 : approcher l'axe de rotation de la vis et l'étoile d'entrée (afin d'éviter de réduire le diamètre du noyau de la vis de synchronisation) ;
- FT2 : faire correspondre les formes de la vis et de l'étoile d'entrée.

Pour réaliser la fonction FT1, l'opérateur installe l'étoile d'entrée et la vis, place une bouteille entre les deux et règle la position de la vis de telle sorte que la bouteille soit enveloppée par les formes respectives des deux éléments.

Question 2.1.F : À la lecture des documents techniques DT8 et DT9, expliquer en quelques lignes comment se réalise le déplacement de la vis.

2.2 ETUDE DE LA FONCTION « S'ADAPTER À LA HAUTEUR »

L'objectif de cette partie est de vérifier que le réglage en hauteur du carrousel de rinçage permet d'accepter les trois formats de bouteilles retenus.

La mise à hauteur du carrousel de rinçage est automatique après la sélection du format de bouteilles à rincer. Le mécanisme de mise à hauteur est représenté sur les documents techniques DT13 et DT14 en position basse.

L'alimentation du motoréducteur va permettre le déplacement de l'ensemble de la tête de remplissage et la variation de la hauteur H du bec de remplissage 3 par rapport à la sellette de la bouteille 2 (voir figure 3 ci-dessous).

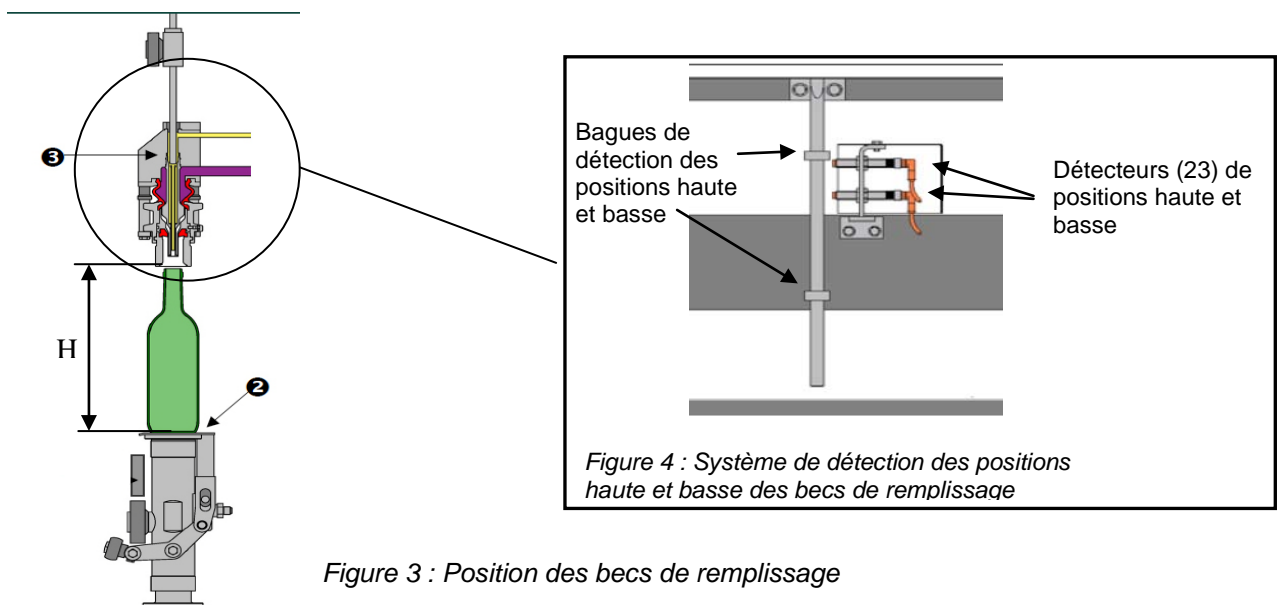
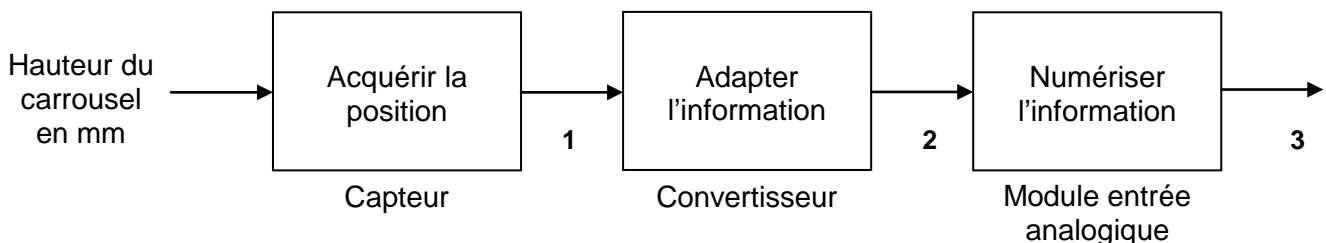


Figure 3 : Position des becs de remplissage

Les différentes positions étant préprogrammées, un détecteur (ou capteur, termes employés indifféremment dans le sujet) potentiométrique donne la position du dispositif et permet ainsi le contrôle de la hauteur (voir document technique DT10).

La chaîne d'acquisition de ce dispositif est la suivante :



Question 2.2.A : À partir du document technique DT10, caractériser l'information transitant entre les blocs fonctionnels aux points 1, 2 et 3 de la chaîne d'acquisition.

Question 2.2.B : À la lecture des documents techniques DT13 et DT5, vérifier que le mécanisme permet la mise en hauteur pour tous les formats compris entre demie et magnum (ceux-ci inclus).

Question 2.2.C : La position minimale acquise par le capteur correspondant à une hauteur de remplissage $H = 230 \text{ mm}$, vérifier, grâce à la documentation technique du capteur (document technique DT11), que celui-ci est adapté pour les formats des bouteilles de la question 2.2.B.

Question 2.2.D : Compléter le tableau du document réponse DR2 pour chacune des positions indiquées.

Question 2.2.E : Compléter l'organigramme du document réponse DR2 décrivant le réglage de la hauteur du carrousel.

3. ÉTUDE DU DEMARRAGE DE LA CHAÎNE

L'objectif de cette partie est de s'assurer que le dimensionnement de la chaîne de tirage est de nature à répondre à l'attente de l'entreprise en terme de limitation de chocs (contrainte C3), donc de bruit, et de vérifier que la motorisation de la chaîne permet le re-démarrage de celle-ci malgré son chargement.

3.1 ÉTUDE DES CONDITIONS DE DÉMARRAGE DU MONOBLOC

La chaîne ne démarre que si une accumulation de bouteilles se produit en entrée de la vis de synchronisation. Dans le cas où l'accumulation n'est pas réalisée un sabot bloque le passage des bouteilles en attendant qu'elle soit effective. Le document technique DT18 décrit la gestion du fonctionnement du Monobloc

Question 3.1.A : À partir de ce document technique, proposer la table de vérité de la variable autorisant le fonctionnement du Monobloc en fonction des cellules d'entrée et de sortie. On nommera cette variable **Autorisation**.



Figure 5 : Accumulation des bouteilles en entrée

Question 3.1.B : Dédurre de la table de vérité l'équation de la variable **Autorisation**.

Question 3.1.C : Que peut-on conclure sur l'utilité de la cellule 3 ?

3.2 ÉTUDE DU NON-GLISSEMENT

Hypothèses :

- on néglige les actions mécaniques au contact bouteille – rail sur le tronçon étudié ;
- le facteur de frottement au contact de la bouteille et du convoyeur est $f = 0,15$.

Question 3.2.A : L'information d'accumulation de bouteilles est reçue. Isoler une bouteille et placer de manière qualitative, sur le document réponse DR3, les résultantes des actions mécaniques qui s'exercent sur la bouteille.

Question 3.2.B : Donner l'expression de l'accélération horizontale maximale que peut subir la bouteille avant que se produise le glissement au contact entre la bouteille et le convoyeur.

Question 3.2.C : Réaliser l'application numérique pour les trois formats demie, champenoise et magnum.

3.3 ÉTUDE DU NON-BASCULEMENT

Lors du démarrage de la chaîne, l'accélération subie par les bouteilles peut être suffisante pour les faire basculer (entièrement ou non) et à créer des chocs entre bouteilles. L'objectif est donc de déterminer l'accélération maximale acceptable par la bouteille sans basculement.

Question 3.3.A : En isolant une bouteille, donner l'expression de l'accélération maximale permettant le démarrage sans basculement de la bouteille.

Question 3.3.B : Réaliser l'application numérique pour les trois formats demie, champenoise et magnum.

Question 3.3.C : En conclusion, quelle valeur maximale doit-on retenir pour démarrer sans incident et pourquoi ?

3.4 DÉTERMINATION DU COUPLE DE DÉMARRAGE

Lors de la campagne d'embouteillage, la chaîne de tirage fonctionne 7 h 30 par jour. Elle est normalement arrêtée pour la pause des opérateurs et la pause déjeuner. L'objectif de cette partie est de vérifier que la motorisation installée est capable d'assurer le démarrage deux fois par demi-journée du convoyeur lorsque celui-ci est à son chargement maximal (bouteilles jointives sur le convoyeur).

La liaison entre l'arbre de sortie du motoréducteur M8 et l'arbre 10 d'entraînement du convoyeur est réalisée par une courroie crantée qui évite le glissement dans la transmission.

Question 3.4.A : Pourquoi souhaite-t-on ce non-glissement ?

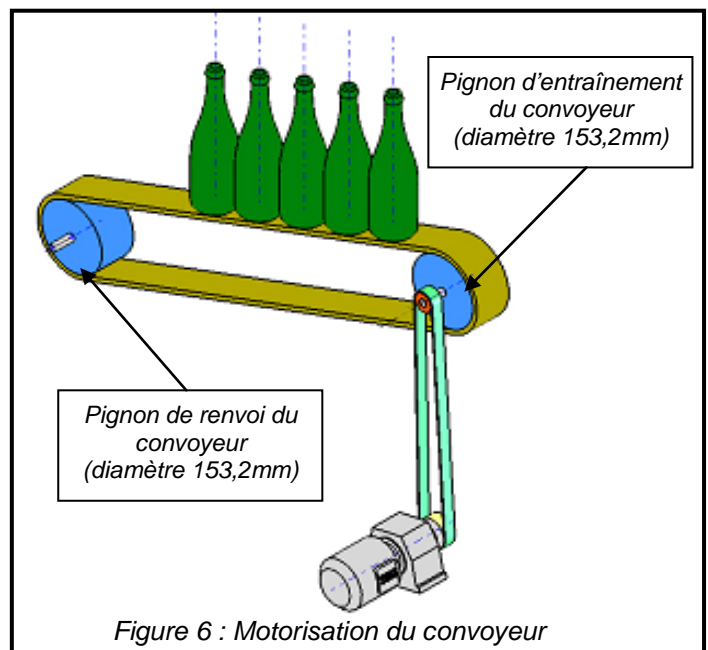
Le couple fourni par le motoréducteur est la somme de plusieurs composantes :

- le couple nécessaire pour vaincre les frottements entre le convoyeur et son guide ;
- le couple nécessaire pour vaincre l'inertie des masses en mouvement de translation, à savoir bouteilles et convoyeur ;
- le couple nécessaire à vaincre l'inertie propre du moteur et de la transmission.

La motorisation du convoyeur d'entrée du monobloc est définie sur les documents techniques DT12 et DT14.

Données et hypothèses :

- le calcul sera effectué pour le format « champenoise » dont les caractéristiques sont définies sur le document technique DT5 ;
- la vitesse maximale du convoyeur sera de 26 m/min ;
- l'entraxe du pignon d'entraînement et du pignon de renvoi du convoyeur est de 4 m ;
- la masse linéique du convoyeur en acétal est égale à 0,83 kg/m ;
- les moments d'inertie des poulies du convoyeur et de l'ensemble de la transmission poulies-courroies seront négligés ;
- le couple délivré par le moteur lors du démarrage sera supposé constant ;
- le moment d'inertie du moteur autour de son axe est de $4 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$;
- le moment d'inertie du réducteur sera négligé ;



- le rendement η_c du système convoyeur-poulie de renvoi-guidage est égal à 0,8 ;
- le rendement η_p au contact poulie-convoyeur est égal à 0,7 ;
- le rendement η_t du système poulies-courroie est égal à 0,95 ;
- le rendement η_r du réducteur est égal à 0,93 ;
- l'accélération angulaire θ de l'arbre de sortie du motoréducteur est égale à 12,8 rad/s².

Question 3.4.B : Déterminer la fréquence de rotation N_s de l'arbre de sortie du motoréducteur exprimée en tr/min.

Soit un ensemble de solides en mouvement de translation et/ou de rotation autour d'axes, en liaison entre eux. On appelle « inertie équivalente ramenée à l'axe d'un des solides en rotation noté S » l'inertie de l'ensemble des solides prenant en compte les mouvements de chacun et ayant le même effet sur l'axe de rotation de S que l'ensemble des solides. On ramène ainsi l'étude dynamique d'un ensemble de solides reliés entre eux ayant des mouvements différents à celle du seul solide S en rotation autour d'un axe. On montre alors que pour chaque type de mouvement, on a :

Mouvement de translation : l'inertie d'un solide de masse M en mouvement de translation à la vitesse V ramenée à l'axe d'un solide tournant à la vitesse ω est égale à $I_{eq} = M \left(\frac{V}{\omega} \right)^2$.

Mouvement de rotation : l'inertie I_1 d'un solide en mouvement de rotation à la vitesse ω_1 ramenée à l'arbre d'un solide tournant à la vitesse ω est égale à $I_{eq} = I_1 \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right)^2$.

Question 3.4.C : Calculer l'inertie équivalente I_{eqC} de l'ensemble convoyeur ramenée à l'axe de sortie du motoréducteur. On fera l'hypothèse que la longueur totale du convoyeur se déplace en translation.

Question 3.4.D : Calculer l'inertie équivalente I_{eqB} de l'ensemble des bouteilles ramenée à l'axe de sortie du motoréducteur.

Question 3.4.E : Les caractéristiques du motoréducteur étant définies sur les documents techniques DT14 et DT19, calculer l'inertie équivalente I_{eqm} du moteur ramenée à l'axe de sortie du motoréducteur.

Question 3.4.F : En écrivant le principe fondamental de la dynamique à l'ensemble {convoyeur, bouteilles, transmission et arbre du moteur} donner la valeur du couple théorique C_{th} délivré par l'arbre de sortie du motoréducteur nécessaire au démarrage dans le cas le plus défavorable (chargement maximal du convoyeur).

Question 3.4.G : En tenant compte des différentes pertes, quel sera le couple réel C_r à fournir ?

3.5 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DU VARIATEUR DE VITESSES

Le schéma de câblage du motoréducteur du convoyeur d'entrée, la plaque signalétique du moteur et les principaux paramètres du variateur sont donnés sur le document technique DT19.

Question 3.5.A : À partir de la plaque signalétique du moteur, indiquez le nombre de paires de pôles de celui-ci et calculez la valeur du glissement nominal.

Question 3.5.B : Indiquer la valeur du paramètre « fréquence assignée du moteur » à régler dans le variateur.

Question 3.5.C : Sachant que la fréquence de rotation maximale de l'arbre de sortie du motoréducteur est de 3,76 rad/s, déterminer, à glissement constant, la valeur du paramètre « fréquence maximale du moteur » à régler dans la variateur.

Question 3.5.D : Les paramètres « temps de montée » et « temps de descente » étant réglés à 2 s, vérifier que le démarrage s'effectuera en respectant les conditions de non glissement et de non basculement définies précédemment.

3.6 VALIDATION DU CHOIX DU MOTEUR

L'objectif de cette partie est de vérifier que la puissance du moteur installé correspond aux besoins de la chaîne de convoyage. On donne le facteur d'accélération des masses $K = 0,07$.

Question 3.6.A : À l'aide du document technique DT15, déterminer le facteur d'utilisation f_b du moteur utilisé dont les références sont rappelées sur le document technique DT14. Vérifier qu'il est inférieur à celui donné dans le tableau de sélection figurant sur le document technique DT16 fourni par le constructeur.

Question 3.6.B : À partir du tableau de sélection et du document technique DT15, déterminer le couple maximal que peut délivrer le moteur à la fréquence maximale de fonctionnement déterminée à la question 3.5.C. Le moteur peut-il démarrer la chaîne ?

Question 3.6.C : Quelle est alors la puissance maximale que doit pouvoir fournir le moteur ? Le moteur est-il correctement dimensionné ?

Question 3.6.D : Quelle est la puissance absorbée par le moteur ? Vérifier que le variateur de vitesse est correctement dimensionné.

4. VÉRIFICATION DE LA CADENCE DE PRODUCTION

Les bouteilles sont stockées sur des palettes par rangées de 14, cerclées et filmées. Pour leur dépalettisation le film et le cerclage sont retirés. L'ensemble du convoyeur sert à séparer les bouteilles amenées sur plusieurs voies pour alimenter sur une seule voie le monobloc. Le convoyeur possède des rails de guidage aptes à repousser les bouteilles latéralement sur un convoyeur de transition juxtaposé.

L'objectif de cette partie est de vérifier que la chaîne cinématique est de nature à assurer la cadence de production et à réagir de manière adéquate en cas de bourrage ou de manque de bouteilles.

L'étude sera faite pour des formats « champenoise » à la cadence maximale de 12000 bouteilles par heure. On négligera les effets du frottement entre le rail et les bouteilles. Pour toute cette partie les fréquences de rotation seront exprimées en tr/min.

4.1 ÉTUDE DU MOUVEMENT DES BOUTEILLES

Question 4.1.A : Sur la partie « alimentation du convoyeur » les bouteilles se présentent sur 14 voies. A la cadence maximale, quelle sera la vitesse moyenne V_a du convoyeur ? (Voir documents techniques DT2, DT5 et DR3)

Le fait que le flux de bouteilles rencontre un obstacle, en l'occurrence le rail de guidage, va créer des turbulences dans le rangement des bouteilles au voisinage de l'obstacle. Suffisamment loin de l'obstacle, les turbulences ne sont pas ressenties et les bouteilles restent alignées.

Le document réponse DR3 présente le tapis d'alimentation avec le flux de bouteilles non affecté par les turbulences et, au voisinage du rail, un ensemble de bouteilles pour lesquelles les turbulences sont importantes.

Question 4.1.B : Isoler le lot de bouteilles pour lequel l'alignement est rompu. Tracer sur le document réponse DR3 la direction des résultantes des actions mécaniques s'exerçant sur le système isolé. On se limitera à leurs projections dans le plan horizontal.

Question 4.1.C : Montrer de manière qualitative que celles-ci vont obligatoirement se déplacer vers le convoyeur de transition.

Question 4.1.D : Pour assurer la régularité du flux de bouteilles quelle doit être la vitesse moyenne V_{ct} de ce convoyeur ?

4.2 ÉTUDE DE LA PROGRESSIVITE DE VITESSES

L'irrégularité du chargement des palettes de bouteilles crée des interstices entre des lots de bouteilles. Le convoyeur 4 voies est donc suffisamment long et sa vitesse gérée de telle sorte que ceux-ci s'estompent sur la distance. La fin du convoyeur est constituée d'un ensemble de bandes de convoyage ayant pour but d'étirer le flux de bouteilles de manière à présenter celles-ci en file indienne. Il s'agit d'une juxtaposition de bandes, les bouteilles étant repoussées latéralement par l'intermédiaire d'un rail de guidage dont les vitesses sont progressivement croissantes afin d'obtenir le but recherché.

La chaîne cinématique est définie sur le document technique DT17. Chaque bande i est entraînée par une roue dentée P_i en matière plastique située sous la bande. Les bandes 1 à 4 se déplacent à la vitesse V_{ct} définie précédemment.

Question 4.2.A : Exprimer les vitesses des bandes 5 à 8 en fonction de la fréquence de rotation N_5 du motoréducteur 5. Vérifier que les vitesses des bandes 5 à 8 sont croissantes, c'est-à-dire que $V_5 < V_6 < V_7 < V_8$.

Question 4.2.B : En déduire la relation entre les vitesses des bandes 9 à 11 et N_6 .

Question 4.2.C : Au regard du flux de bouteilles annoncé, quelle doit être la vitesse minimale V_{12} ?

La contrainte C3 est extrêmement importante. Pour y répondre les variations de vitesses sont régulières entre les bandes entraînées par le même motoréducteur. On souhaite qu'elles le soient aussi sur la totalité de la voie d'accélération.

Question 4.2.D : Trouver le rapport k entre les vitesses V_4 , V_5 , V_8 , V_9 , V_{11} , V_{12} tel que $V_4 = kV_5$, $V_8 = kV_9$ et $V_{11} = kV_{12}$.

Question 4.2.E : Quelles sont alors les différentes vitesses de déplacement V_4 à V_{12} ?

Question 4.2.F : A quelles fréquences de rotation des moteurs M_4 à M_7 correspondent-elles ?

Ce fonctionnement a pour conséquence de diminuer très fortement la probabilité qu'il y ait deux bouteilles de front.

Question 4.2.G : Expliquer en quelques phrases les raisons de cette diminution.

4.3 ETUDE DE LA RÉGULATION DES VITESSES

Les vitesses des moteurs des tapis d'approvisionnement sont élaborées à partir de la vitesse de production du Monobloc. Celle-ci est obtenue à l'aide d'un contrôleur de vitesse, voir document technique DT20, couplé à un détecteur inductif placé à proximité d'une roue dentée de 24 dents qui tourne à 100 tr/min lorsque la cadence de production est de 14400 bouteilles par heure.

Question 4.3.A : Décrire la nature de l'information qui sera délivrée par le détecteur inductif. Quel sera le rôle du contrôleur dans la chaîne d'acquisition de ce détecteur ?

Question 4.3.B : À partir du document technique DT20 et de la documentation technique du contrôleur DT21, vérifier que les paramètres réglés sur celui-ci permettent le relevé de la fréquence de rotation correspondant à une cadence de 14400 bouteilles par heure.

Question 4.3.C : Quelle valeur de l'information délivrera le contrôleur pour une cadence de 12000 bouteilles par heure ?

Le moteur du Monobloc peut être équipé d'un codeur incrémental, voir document technique DT21, qui pourrait permettre d'obtenir la fréquence de rotation du moteur sans avoir à utiliser le contrôleur de vitesse.

Question 4.3.D : Proposer un algorithme de calcul permettant d'obtenir la vitesse de rotation du moteur (en tr/min) à partir de l'information délivrée par le codeur en utilisant les variables données sur le document technique DT21 (la variable Tempo est gérée indépendamment par un timer et s'incrémente toutes les secondes).

Trois cellules optiques **E0**, **E1**, **E2** présentes à l'entrée du Monobloc permettent de connaître l'approvisionnement en bouteilles. Leur implantation est donnée sur le document technique DT17 et l'organigramme de traitement de celles-ci sur le document technique DT22. Elles permettent de définir les vitesses des moteurs des tapis définies sur le document technique DT23.

Pour les questions suivantes, la cadence est de 12000 bouteilles par heure.

Question 4.3.E : À partir de l'organigramme de traitement des cellules du document technique DT22, indiquer l'utilité de la temporisation notée « Temp1 ».

Question 4.3.F : Quelle est la valeur de l'espace maximal non détecté entre deux bouteilles (correspondant à la non-remise à zéro des différentes variables de l'organigramme) ?

Question 4.3.G : Calculer le nombre de bouteilles passées devant la cellule avant que la variable « Cell » passe à 1 ? Même question pour les variables « Gav » et « Sat ».

Question 4.3.H : Le document technique DT23 propose plusieurs scénarios d'approvisionnement de bouteilles. Compléter le tableau du document réponse DR3 en indiquant pour chaque cas l'état des variables associées à la cellule après le passage des bouteilles représentées.

Question 4.3.I : Compléter le document réponse DR4 en indiquant les fréquences de rotation des différents moteurs à partir de l'évolution de l'état des différentes cellules.

Question 4.3.J : Pourquoi a-t-on choisi d'implanter trois cellules avant l'entrée du Monobloc ?



Figure 7 : Entrée du monobloc

5. SYNTHÈSE

Les fêtes populaires attirent traditionnellement plusieurs centaines de milliers de personnes sur des sites très localisés dans chaque ville de France (Tour Eiffel, Champs-Élysées par exemple pour Paris).

En ce qui concerne les grandes agglomérations, des consignes de fermeté sont données pour dissuader et réprimer tous les actes de violence qui viendraient gâcher l'esprit de fête qui doit prévaloir tout au long de la soirée dans les villes.

Pour éviter les débordements, à l'occasion du 1^{er} janvier la préfecture de Paris précise que :

« La vente de boissons à emporter tout comme la détention de bouteilles en verre seront interdites sur les secteurs Champs-Élysées, Trocadéro et Champs de Mars du 31 décembre 22 h 00 au 1^{er} janvier 05 h 00 »

Il en est de même pour d'autres grandes villes.

Pour avoir malgré ces interdictions une offre pour ces journées festives certains négociants n'hésitent pas à commercialiser leur produits en bouteilles PET (matière plastique) *« ...quand on exporte 80% de sa production (principalement au Japon et en Amérique du Nord), l'argument « poids » de la bouteille pèse lourd dans cette décision quand le transport se fait essentiellement en avion. De forme bourgogne, le diamètre et le bouchage à vis (en aluminium) de la bouteille s'adaptent facilement, moyennant quelques modifications sur nos chaînes de conditionnement».*

Question 5.A : Quelles seraient, sur la chaîne étudiée, les modifications à apporter ?

Question 5.B : A la lecture du document technique DT24 et au regard des contraintes C1 à C4, ainsi que des contraintes d'élaboration de cette boisson, rédiger une note synthétique, en une dizaine de lignes, présentant les avantages et les inconvénients que la commercialisation du champagne « haut de gamme » en bouteilles PET feraient naître ?