

POUSSE SERINGUE P300

PRESENTATION

1. Mise en situation

L'efficacité de l'administration d'un médicament n'est pas seulement fonction de la quantité injectée mais aussi du mode d'injection. En effet, la répartition du produit perfusé dans l'organisme va se faire de façon totalement différente suivant que l'on effectue :

- une injection unique ;
- des injections répétées destinées à être administrées immédiatement ;
- une perfusion continue.

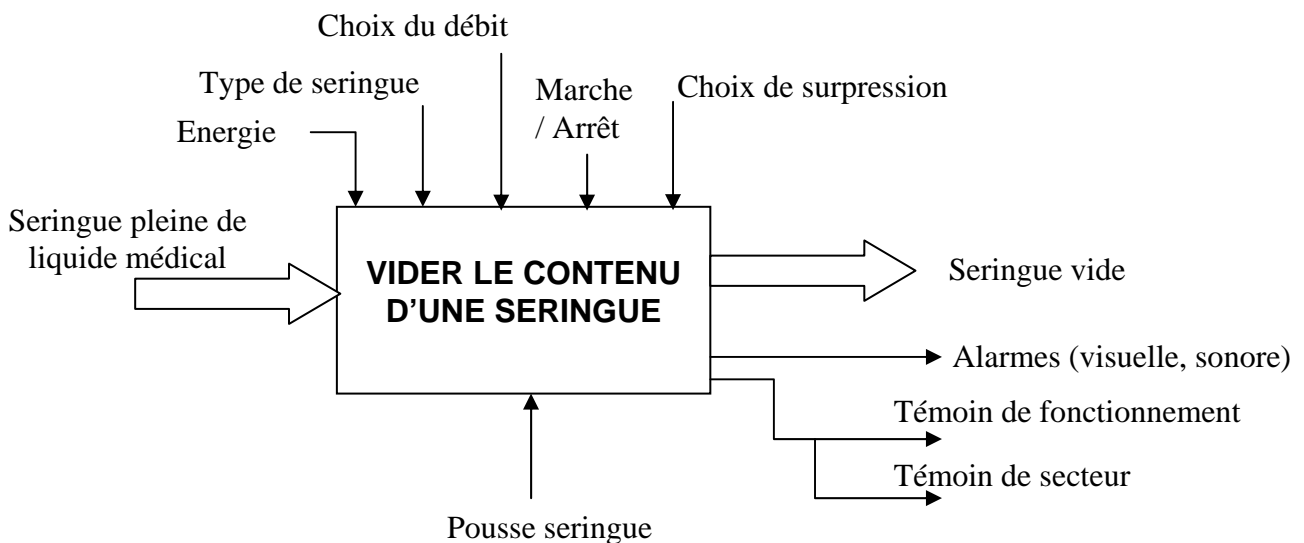
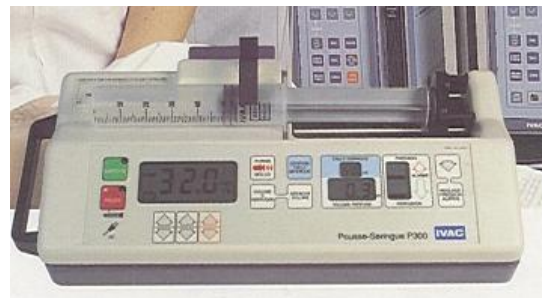
Dans certains cas, la quantité de produit administré par injection à un patient doit être fractionnée dans le temps.

La prise en une seule injection du médicament ne permet pas de maintenir un effet optimal et constant de l'action thérapeutique. Au cours des premières minutes qui suivent une injection unique la concentration peut atteindre une valeur élevée, pouvant provoquer dans certains cas des incidents graves.

C'est pourquoi on lui préfère la méthode des injections multiples à doses réduites, administrées en continu ou à intervalles de temps régulièrement espacés. Cependant l'injection à intervalles de temps régulièrement espacés présente les inconvénients suivants :

- accroissement du nombre de manipulations et des risques d'erreurs ;
- interventions plus fréquentes du personnel infirmier ;
- augmentation des risques septiques ;
- contraintes pour le patient.

De plus, l'utilisation du pousse seringue pour des injections continues permet une injection lente et très précise de l'agent thérapeutique.



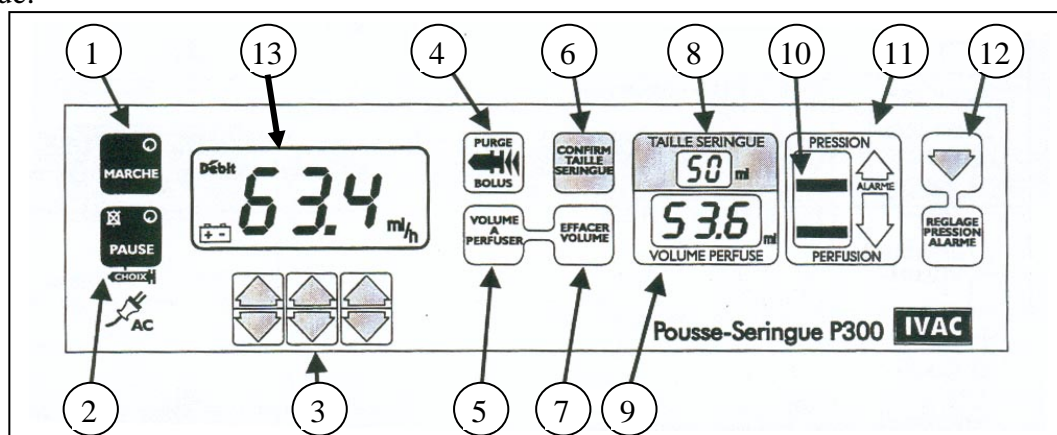
2. Mise en fonctionnement

Le pousse seringue P300 a été spécialement conçu pour les perfusions difficiles, à haut risque, où il est capital d'exercer une surveillance constante de la pression de perfusion et de pouvoir régler les seuils d'alarme en fonction du patient, par exemple chez l'enfant ou le nouveau né.

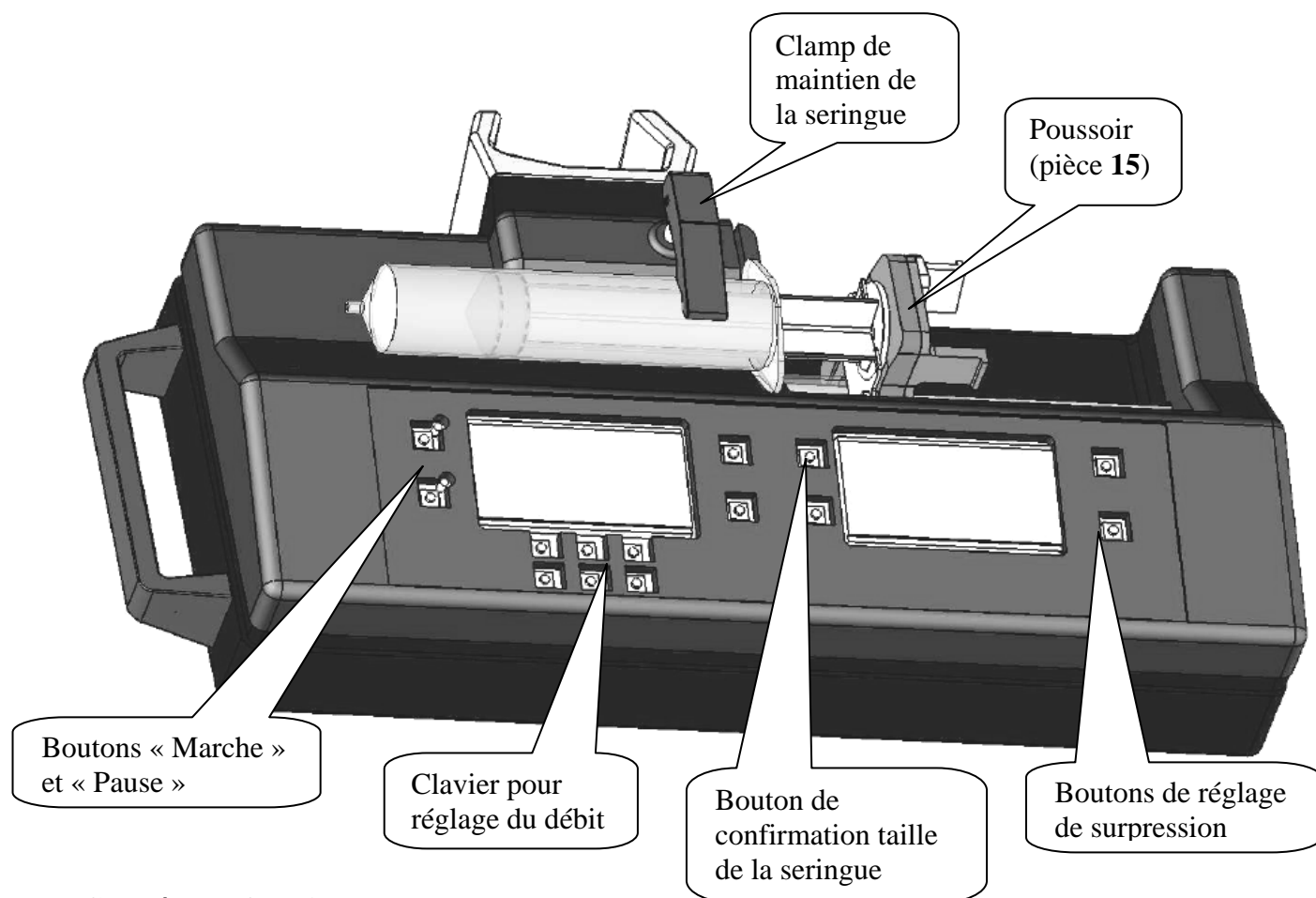
La procédure de mise en fonctionnement est la suivante :

- charger la seringue ;
- relier l'appareil au secteur ;
- vérifier la taille de la seringue (afficheur LCD) et appuyer sur « CONFIRM » ;
- appuyer sur la touche « PURGE /BOLUS » jusqu'à ce que le liquide s'écoule et que l'amorce du prolongateur soit complète ;
- à l'aide des boutons de débit HAUT/BAS, régler le débit (ml/h) ;
- relier le prolongateur au patient et appuyer sur « MARCHE » pour lancer la perfusion ;
- le témoin vert « marche » clignote pour indiquer que le pousse seringue fonctionne.

Le pousse seringue continuera de perfuser le contenu de la seringue au débit sélectionné jusqu'à ce que la seringue soit presque vide, que l'on appuie sur pause ou que survienne un état d'alarme entraînant l'arrêt automatique.



| | |
|----------------------------------|--|
| 1 bouton et témoin MARCHE | 8 affichage de la taille de la seringue |
| 2 bouton et témoin PAUSE | 9 affichage du volume perfusé |
| 3 boutons de sélection du DEBIT | 10 affichage de la pression de PERFUSION |
| 4 bouton PURGE/BOLUS | 11 niveau d'alarme par défaut |
| 5 bouton VOLUME A PERFUSER | 12 bouton réglage PRESSION ALARME |
| 6 bouton CONFIRM TAILLE SERINGUE | 13 affichage à cristaux liquides |
| 7 bouton EFFACER VOLUME | |



3. Contrôle du fonctionnement

Des systèmes de contrôle par microcontrôleur assurent l'exactitude des performances tandis qu'un ensemble complet d'alarmes et de témoins offrent une sécurité optimale au patient. En cas de fonctionnement anormal, des alarmes sonores et visuelles se déclenchent. Des messages apparaissant sur l'afficheur à cristaux liquides permettront à l'utilisateur de déterminer rapidement la cause de l'anomalie. Une liste non exhaustive des différents messages affichés en cas d'anomalie est donnée ci-dessous :

- **dES** : mécanisme d'entraînement du pousse seringue désengagé ;
- **Ser** : seringue incorrecte ;
- **OCC** : pression de perfusion excessive ;
- **FIN** : fin de perfusion ;
- **BAT** : batterie déchargée ;
- **Er0-9** : dysfonctionnement interne.

4. Extrait du cahier des charges

| | |
|--------------------------------|---|
| DEBIT DE PERFUSION | 0,1 ml/h - 99,9 ml/h seringues de 50 ml, 30 ml, 20ml 0,1 ml/h – 39,9 ml/h seringues de 10 ml |
| AUGMENTATION DU DEBIT | Par palier de 0,1 ml/h |
| VOLUME A PERFUSER | 0,1ml - 99,9 ml par palier de 0,1 ml |
| MODE FONCTIONNEMENT | continu |
| EXACTITUDE | Linéarité + ou – 1% Volumétrie + ou – 2% |
| PRESSIION DE PERFUSION MAXIMUM | Réglable entre 375 mmHg et 850 mm de mercure (soit entre 0,5 bars et 1,13 bars) |
| AUTONOMIE DE LA BATTERIE | 15 heures à pleine charge à 25 ml/h à 20° C |
| TYPES DE SERINGUE | Seringues de type et taille indiqués sur le pousse seringue |
| CONDITIONS D'ALARME | Voir paragraphe précédent |

1^{ème} PARTIE ANALYSE FONCTIONNELLE

Après avoir lu la présentation générale, répondre aux questions suivantes :

1-1.1 Pourquoi le pousse seringue est-il nécessaire lors d'injections continues ?

1-1.2 Quels sont les éléments de la face avant du pousse seringue permettant de sélectionner le débit ? Indiquer la valeur maximale réglable.

1-1.3 De quelle manière l'infirmière peut-elle être avertie et détecter une anomalie de type pression de perfusion excessive ?

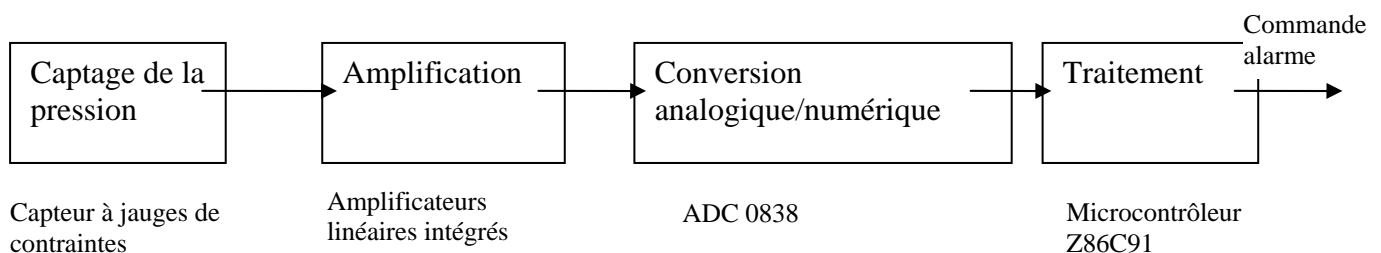
1-1.4 Pour la fonction principale, compléter le diagramme FAST sur le document réponse DR1, en vous aidant du document DT1.

2^{ème} PARTIE SURVEILLANCE DE LA PRESSION DE PERFUSION

Ce pousse seringue est équipé d'un système de surveillance exclusif de la pression de perfusion qui surveille en permanence la pression à laquelle la seringue est actionnée pendant la perfusion. Si le déroulement de la perfusion est gêné, par exemple par un robinet fermé ou une occlusion* du cathéter**, au point que la pression de perfusion atteigne le seuil d'alarme préréglé, le pousse seringue s'arrête automatiquement et l'alarme se déclenche.

Il s'agit de déterminer de quelle manière la pression de perfusion est détectée et conditionnée pour délivrer une information exploitable par le microcontrôleur dans le but de déclencher l'alarme en cas de surpression.

Le schéma suivant montre l'architecture de la chaîne de traitement de la pression :

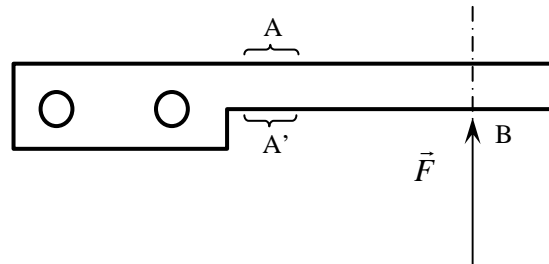
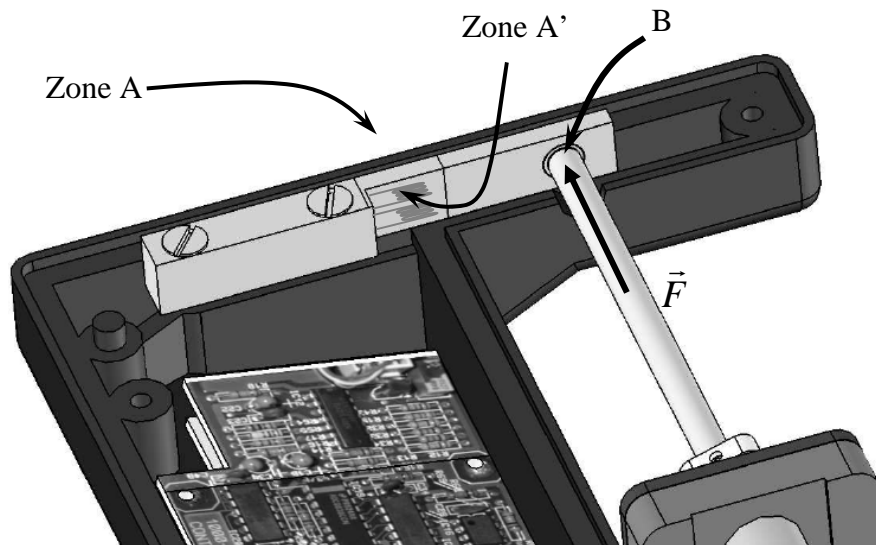


* : fermeture d'un canal.

** : tuyau souple et fin introduit dans une veine.

1. Captage de la pression (document technique DT2)

Modélisation et données :



- Seringue utilisée : Plastiplak 50 ml, Diamètre : 26,33 mm.
- La surpression dans la tubulure (et dans la seringue) vaut 0,55 bars soit $0,55 \cdot 10^5$ Pa.
- A et A' sont les zones où sont collées les jauges de contraintes.
- B est le point où est appliqué l'effort \vec{F} de la tige sur le capteur. Cet effort est dû à la pression dans la seringue.

2-1-1 En utilisant la documentation technique DT2, expliquer comment une déformation de la jauge de contraintes entraîne une variation proportionnelle de la résistance du fil. On suppose que la variation de la section est négligeable.

2-1-2 La documentation du capteur utilisé est donnée sur le document technique DT2. Dans notre application, le capteur est alimenté sous une tension de 5V. Donner la sensibilité nominale du capteur annoncée par le constructeur. En déduire sa sensibilité.

2-1-3 Déterminer la norme de l'effort \vec{F} appliqué sur le capteur lorsque la surpression est atteinte.

2-1-4 Calculer la tension V_{capt} pour les différentes pressions données dans le document (réponse sur DR2), en utilisant DT2. Compléter la colonne V_{capt} de ce document.

En Résistance des Matériaux, la déformation correspond à un allongement relatif (variation de longueur divisée par la longueur initiale). Une déformation relative est donc sans unité.

2-1-5 En observant les résultats des déformations subies par la pièce (DT3), la position des jauges de contraintes en A et en A' (qui permettent de déterminer l'effort dû à la surpression en B) est-elle judicieuse ? Pourquoi ?

2-1-6 Les jauges de contraintes étant collées sur la pièce, quelle est la (ou les) déformation(s) subie(s) par ces dernières ? Sont-elles tendues ou comprimées ?

2-1-7 On se propose de démontrer l'intérêt de placer des jauges de chaque côté. Pour chaque cas suivant, lors d'une déformation, exprimer V_{capt} en fonction de V_{lim} , dR , R . Conclure.

1^{er} cas : 2 jauges d'un seul côté :

$R_1=R_3=R+dR$ (jauges en élancement)

$R_2=R_4=R$ (résistances fixes)

2^{ème} cas : 2 jauges de chaque côté :

$R_1=R_3=R+dR$ (jauges en élancement)

$R_2=R_4=R-dR$ (jauges en compression)

Remarque : dR est négligeable devant $2R$ Soit $2R+dR \simeq 2R$

2. Amplification

Le schéma utilisé pour l'étude est donné sur le document technique DT4. Il est constitué de 2 étages en cascade.

2-2-1 On s'intéresse d'abord à l'étage 1. Calculer V_A et V_B en fonction de V_{e1} et V_{e2} .

2-2-2 Utiliser la même démarche pour l'étage 2 de manière à obtenir V_C en fonction de V_A et V_B .

2-2-3 A partir des résultats précédents, en déduire l'expression de V_C en fonction de V_{capt} . Quelle est la valeur numérique de l'amplification réalisée par l'ensemble des 2 étages amplificateurs ?

2-2-4 Compléter la colonne correspondant à V_C dans le document réponse DR2.

3. Conversion analogique/numérique

La description du convertisseur analogique numérique est donnée sur le document technique DT4.

2-3-1 Pourquoi est-il nécessaire d'utiliser un convertisseur analogique numérique ?

2-3-2 Calculer la valeur du quantum. Justifier la présence de l'amplificateur.

2-3-3 Donner l'état logique des bits ODD/SIGN, select0 et select1 pour que la tension V_C soit convertie.

2-3-4 Calculer la valeur de l'information de sortie N du convertisseur en décimal (arrondir à l'entier supérieur) en binaire, puis en hexadécimal. Compléter le document réponse DR2.

2-3-5 Le microcontrôleur traite l'information de sortie du convertisseur. Il commande le circuit d'alarme si la valeur hexadécimale correspondante est supérieure à \$22. Compléter le DR2 colonne « Alarme » et conclure quant au déclenchement de l'alarme en cas de surpression.

3^{ème} PARTIE SURVEILLANCE DU MICROCONTROLEUR PAR « CHIEN DE GARDE »

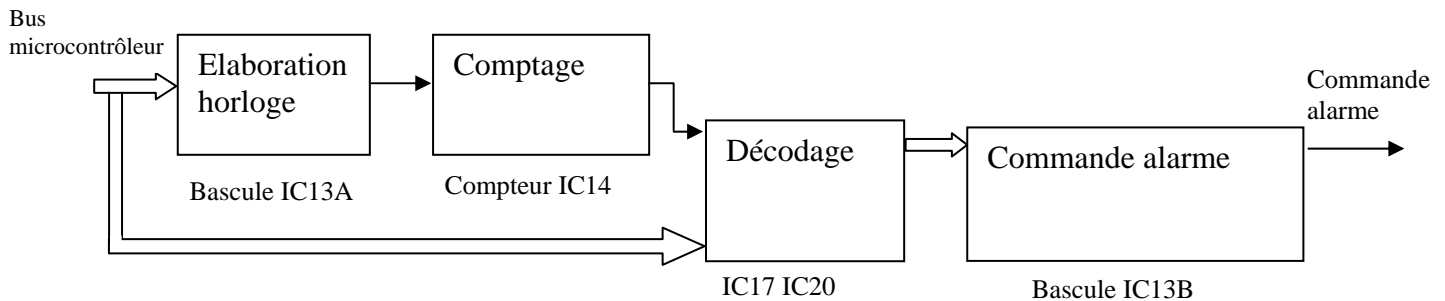
Nous avons vu dans la présentation générale qu'après calibrage du pousse seringue, il était nécessaire de surveiller un certain nombre de paramètres afin de garantir une perfusion correcte. C'est le rôle du microcontrôleur. Lorsque le microcontrôleur fonctionne normalement (exécute correctement son programme) il envoie régulièrement des informations sur ses bus de contrôle, d'adresses et de données.

Par contre si le microcontrôleur se trouve bloqué dans une boucle, l'activité sur les bus disparaît (les signaux ne changent plus d'état) et il est nécessaire d'avertir l'infirmière en déclenchant l'alarme.

C'est le rôle du « chien de garde » de surveiller cette activité. Il contrôle également que l'horloge du microcontrôleur ne dérive pas.

Il s'agit de vérifier que l'alarme se déclenche en un certain temps (entre 10 et 20 ms) après la disparition de l'activité des signaux D0 (bus de données) ou CS (bus d'adresses).

Le schéma suivant montre l'architecture de la chaîne d'élaboration du chien de garde :



1. Elaboration horloge

Le schéma du circuit est donné sur le document technique DT5. Les caractéristiques temporelles des signaux CS et D0 sont données sur le document réponse DR2.

3-1-1 Sur le document réponse DR2, repérer la période T de CS. Quelle est sa valeur ?

3-1-2 En utilisant le document constructeur de la bascule DT5, indiquer la transition du signal C1 qui fait changer d'état la sortie Q ? A quelle condition passe-t-elle à 0, puis à 1 ?

3-1-3 Compléter le chronogramme de H et de H100 sur le document DR2 (pour RESET = 5 V).

3-1-4 Quelles sont la période et la fréquence de H100 ?

2. Comptage

3-2-1 En utilisant les informations du document technique DT5, donner la fréquence de comptage du circuit 4060 (identique à la fréquence du quartz) ? En déduire la période de l'horloge.

3-2-2 Quelle est l'influence du signal H100 sur le compteur ?

3-2-3 Compléter le document réponse DR3 qui donne la valeur binaire du compteur en fonction du nombre d'impulsions.

3-2-4 A partir du document réponse DR3, calculer le temps que met Q9 à passer à l'état logique 1 après une remise à zéro. Compléter le chronogramme de Q9 sur DR2.

3. Décodage

Le schéma du circuit de décodage est donné sur le document technique DT6.

3-3-1 Etablir l'expression logique de H_{alarme} en fonction de CS, D0, Q7, Q8, Q9 et CLR.

3-3-2 En utilisant le document réponse DR2, donner l'état logique de CS lorsque le microcontrôleur est bloqué.

3-3-3 Simplifier l'expression logique trouvée précédemment (CLR=1).

4. Commande alarme

Le schéma du circuit de commande de l'alarme est donné sur le document technique DT6.

3-4-1 Compléter le chronogramme du signal C_{de} alarme sur le document réponse DR2.

3-4-2 Quel message apparaît sur l'afficheur à cristaux liquides ?

3-4-3 L'alarme se déclenche-t-elle entre 10 et 20 ms après la disparition de l'activité des signaux ?

4^{ème} PARTIE COMMANDE DE DEPLACEMENT DE LA SERINGUE

Compte tenu des exigences du cahier des charges quant à la précision du volume perfusé et du débit, il est nécessaire de contrôler le déplacement de la seringue.

La commande de déplacement s'effectue au moyen d'un moteur à courant continu, équipé d'un réducteur et d'un système de transformation de mouvement. La rotation du moteur est contrôlée grâce à deux capteurs photoélectriques.

Il s'agit de déterminer comment connaître la vitesse de rotation du moteur à partir des informations des capteurs et de valider le choix de l'ensemble moto-réducteur.

1. Calcul de la vitesse de rotation du moteur

La seringue utilisée a un diamètre de 26,33 mm.

Le débit sélectionné est de 99 ml/h.

La vis a un pas de 1 mm/tour.

Le moteur a pour référence « FAULHABER (Germany)1624 5024 S - 67- 484 » et le réducteur « MINIMOTOR SA (Swiss) - 16/5 - 485 : 1- K172 - 225 – 941528 ». (DT7)

Le rapport de transmission donné dans le document constructeur correspond à $\frac{\omega_{\text{entrée}}}{\omega_{\text{sortie}}} = \frac{485}{1}$.

4-1-1 Calculer la vitesse de déplacement de la seringue.

4-1-2 En déduire la vitesse de rotation du moteur.

2. Etude du codeur optique incrémental

Le codeur optique incrémental rotatif est constitué de 2 capteurs photoélectriques représentés sur le document technique DT8.

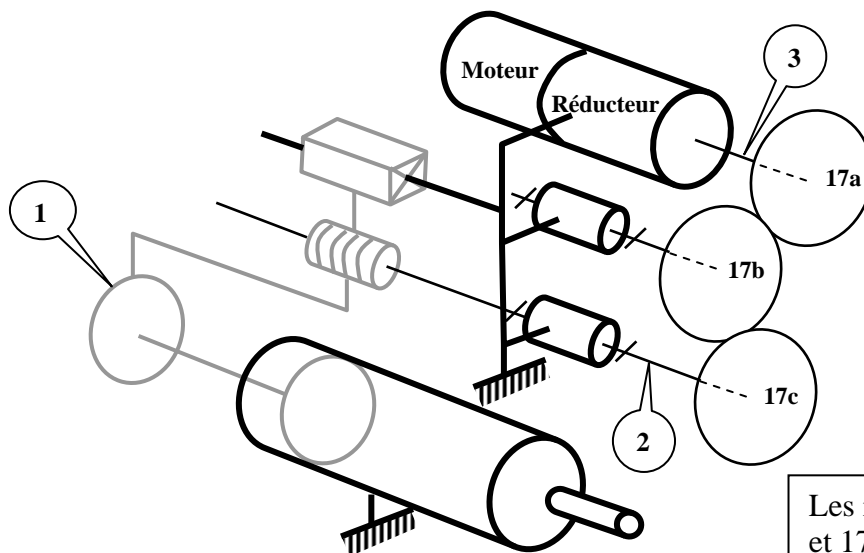
4-2-1 A partir de la fiche technique du capteur, donner l'état logique de la sortie S en présence puis en absence d'un objet.

4-2-2 On s'intéresse maintenant aux signaux de sortie des capteurs (S4 pour SW4 et S5 pour SW5) lorsque le moteur tourne. Compléter les chronogrammes sur le document réponse DR3.

4-2-3 Les signaux S4 et S5 ont une période de 41ms. Calculer la vitesse du moteur. Comparer au résultat de la question 4-1-2.

3. Etude du Moto-réducteur

Schéma cinématique de la transmission du moteur jusqu'à la tige de la seringue :



Les roues dentées 17a, 17b et 17c ont les mêmes caractéristiques :

- module $m = 0,5$
- nombre de dents $Z = 35$

Rendements des différentes liaisons :

- ✓ Rendement d'une liaison pivot : $\eta_p = 0,8$.
- ✓ Rendement d'une liaison glissière : $\eta_g = 0,7$.
- ✓ Rendement d'une liaison hélicoïdale (vis-écrou) : $\eta_v = 0,5$.
- ✓ Rendement d'une liaison engrenage cylindrique : $\eta_e = 0,8$.
- ✓ Rendement du réducteur (cf. DT7) : $\eta_{red} = 0,59$.

L'effort maximal qui doit être développé pour pousser la tige de la seringue correspond à une pression de perfusion de 850 mm de mercure (d'après le cahier des charges). Dans ce cas l'effort sur la tige de la seringue vaut 61,5 N.

On prendra une vitesse d'avance de la seringue de 0,05 mm/s et une vitesse de rotation du moteur de 1455 tr/min. Ces vitesses correspondent au débit maximal de l'appareil.

4-3-1 Déterminer la puissance nécessaire en sortie sur la tige de la seringue au point référencé (1) sur le schéma.

4-3-2 Déterminer la puissance nécessaire sur la vis au point référencé (2) et en déduire le couple sur la vis.

4-3-3 En déduire le couple en sortie du réducteur et la vitesse de rotation au point référencé (3).

4-3-4 Déterminer alors le couple moteur.

4-3-5 En observant les documentations constructeur (DT7), justifier le choix du moteur et du réducteur.

5^{ème} PARTIE ETUDE DU DISPOSITIF DE DEBRAYAGE

Lors de l'utilisation du pousse seringue, il est nécessaire de pouvoir changer de seringue simplement et rapidement (par exemple, lorsqu'une seringue est vide, il faut en remettre une pleine). Il faut donc ramener la partie qui pousse sur le piston de la seringue en position initiale. Cette opération se fait manuellement par débrayage en supprimant la liaison hélicoïdale (vis-écrou) entre la tige filetée et l'ensemble en translation.

Le but de cette étude est de vérifier le choix du ressort utilisé dans le système de débrayage.

Lors de cette opération, l'infirmier doit pouvoir débrayer en pinçant les pièces **16** et **15** entre le pouce et l'index (voir DT1).

La pièce **15** et la pièce **9** sont bloquées en rotation (cf. DT1 et DR4).

Les pièces **16** et **21** étant liées, leur rotation permet de déplacer l'écrou **4** et ainsi de supprimer temporairement la liaison hélicoïdale (vis écrou). L'infirmier peut alors déplacer l'ensemble (tout en maintenant **16** et **15** rapprochées) et ramener la tige en position initiale.

L'effort maximal fourni par l'infirmier durant cette opération, d'après le cahier des charges, ne doit pas excéder « 0,8 kg » soit 7,84 N.

Le ressort **53** permet de ramener et de maintenir l'écrou **4** en contact avec la tige filetée lorsque l'infirmier relâche la pièce **16**.

La goupille **85** est liée complètement avec l'écrou **4**. Lorsque celui-ci monte, elle déclenche le switch (capteur 6). La partie commande est alors informée du débrayage.

Les caractéristiques du ressort **53** sont les suivantes :

- Raideur : $k = 6,75 \text{ N/mm}$
- Longueur à vide : $L_0 = 19 \text{ mm}$.
- Rappel : $F = k \cdot (L - L_0)$

5-1-1 Tracer schématiquement, sur le document réponse DR4, la position de l'écrou **4** lorsque l'infirmier débraye le système. Le débrayage correspond à une rotation de l'ensemble (**16 + 21**) de 32° .

5-1-2 Relever la longueur L du ressort comprimé.

5-1-3 Déterminer l'effort fourni par le ressort dans cette position.

Pour la suite on prendra : $F=54\text{ N}$. Cet effort est également celui de l'écrou **4** sur la pièce **21**.

5-1-4 Représenter sur DR4 l'effort $\overrightarrow{F_{4/21}}$, en A' nouvelle position de A après débrayage.

5-1-5 Déterminer le couple nécessaire pour faire tourner la pièce **21**.

Remarque : ce couple est égal à la norme du moment en O de $\overrightarrow{F_{4/21}}$.

Sachant que l'infirmier agit sur la pièce **16** au point B et que la distance D vaut 40 mm :

5-1-6 En déduire l'effort fourni par l'infirmier pour débrayer le système.

5-1-7 En conclusion, le ressort est-il compatible avec le cahier des charges ?

5-1-8 Lorsque l'infirmier relâche la pièce 16, l'écrou redescend vers la vis. Quel risque y a-t-il pour le contact vis-écrou ? Justifier alors l'emploi du switch (capteur C6).