

# Elévateur hydraulique



**HydroTechnic**

***TP1 : analyse de la conformité du système  
(normes de sécurité)***

***ELEVATEUR HYDRAULIQUE***

***TP1 : analyse de la conformité du système  
(normes de sécurité)***

***Documents de travail***



**TP N°1 - Analyse de la conformité du système aux normes de sécurité,**

**TP N°2 - Etude mécanique du système,**

**TP N°3 - Modes opératoires,**

**TP N° 4 - Analyse du système,**

**TP N° 5 - Comportement dynamique du système,**

**TP N° 6 - Identification de la boucle ouverte,**

**TP N° 7 - Réglage des correcteurs PID.**



### Démarche pédagogique

Opérations réalisées par : l'enseignant  
Durée : 15 mn

**Expliquer l'intérêt de la normalisation et de la certification en matière de sécurité**  
**Expliquer comment s'obtiennent les certificats de conformité**

**Décrire le travail attendu de l'apprenant**  
Identifier et vérifier les éléments constitutifs de la fonction sûreté de fonctionnement.

**Aborder les éventuelles difficultés de compréhension**

## CONTRAT DE FORMATION

### Objectif :

L'objectif de cette séquence est de donner à des classes de BTS Section maintenance une approche concrète des contraintes posées par la sécurité des machines. Ils appréhenderont ainsi la démarche industrielle suivie lors de la conception d'un système en conformité avec la réglementation. Pour ce faire, ils vont identifier et vérifier les éléments constitutifs de la fonction sûreté de fonctionnement.

### Liaisons référentiel BTS maintenance :

Automatique

7. Réalisation technologiques.

7.5 Fonction sûreté de fonctionnement

### Pré-requis :

Lecture de schémas électriques et hydrauliques.

### Documents ressources (et/ou documents réponse) :

Extrait du compte-rendu d'inspection de l'APAVE.

Dossier Technique HydroTechnic©.

### Matériel mis à disposition :

Système de levage HydroTechnic©.

Ordinateur type PC équipé du logiciel HydroTechnic©.

Câble de liaison entre le système et le PC.

**1. Introduction.**

La conformité aux normes de sécurité de la table élévatrice a été vérifiée par un organisme agréé (voir rapport de l'APAVE). Suite à cette vérification a été établi un compte-rendu incluant les articles réglementaires et leur vérification. Un extrait de ce compte-rendu est joint en annexe mais il a été modifié de façon à occulter les résultats de l'inspection. Le but de cette partie est d'analyser les risques et d'identifier les dispositifs de prévention mis en œuvre sur le système HydroTechnic<sup>®</sup> afin de reconstituer ce rapport d'inspection. Pour chaque point visé, Il serait fait référence systématiquement à l'article de réglementation par sa dénomination légale et la numérotation de l'article sera celle de l'annexe 1 du Livre 2 du Code du Travail.

**2. Travail demandé.**

**2.1 Article 1.1.5 : conception de la machine en vue de sa manutention.**

1. Citer les moyens mis en œuvre pour répondre aux spécifications de cet article.
2. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.1.5.

**2.2 Article 1.2.1 : sécurité et fiabilité des systèmes de commande.**

3. Citer les 5 points particuliers auxquels doit répondre la partie commande du système en cas d'interruption de service.
4. En observant les schémas électriques du système, compléter le tableau suivant :

Défaut ou action	Information donnée par :	Conséquence :	Remise en service :
Ordre d'Arrêt d'urgence	BP coup de poing ARU (S5)	Contacteur KM1 hors énergie Moteur pompe hors énergie	Appui sur BP Marche (S6)
Ordre d'Arrêt normal		Vérin maintenu en position par clapet anti-retour	
Surcharge de la pompe		Voyant Marche (S6) éteint	
Ouverture de la porte		Autorisation fonctionnement sur régulateur absente	
Coupure momentanée de l'alimentation en énergie électrique			
Variation raisonnable (±10%) de l'alimentation en énergie électrique			

5. Donner les conséquences d'une variation raisonnable (±10%) de l'alimentation en énergie du système.
6. Donner les conséquences d'une rupture de l'alimentation en énergie électrique du système.
7. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.2.1.

**2.3 Article 1.2.2 : conduites de la machine.**

8. Citer les moyens mis en œuvre pour répondre aux spécifications de cet article en faisant apparaître le détail pour chacun des trois alinéas « a) », « b) » et « c) ».
9. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.2.2.

**2.4 Article 1.2.3 : mise en marche.**

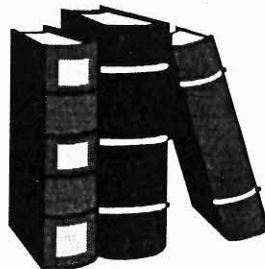
10. Citer les actions à effectuer pour remettre en marche le système après un arrêt commandé.
11. Citer les actions à effectuer pour remettre en marche le système après un arrêt sur défaut (ouverture du carter, surcharge du moteur...).
12. Justifier la présence ou l'absence de dispositifs de validation ou sélection d'organe de mise en service tels ceux visés dans l'article 1.2.3.
13. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.2.3.
14. Article 1.2.4 : dispositif d'arrêt.
15. Identifier le dispositif permettant l'arrêt normal du système HydroTechnic<sup>®</sup>.
16. Proposer une manipulation permettant de vérifier la conformité du dispositif d'arrêt normal au texte réglementaire.
17. Effectuer sur le système la manipulation proposée et décrire le résultat obtenu.
18. Identifier le dispositif permettant l'arrêt d'urgence du système HydroTechnic<sup>®</sup>.
19. En observant les schémas électriques et hydrauliques du système, décrire l'état d'alimentation en énergie des actionneurs (moteur et vérin) après une action d'arrêt normal ou d'urgence.
20. Décrire les réactions du système HydroTechnic<sup>®</sup> à une action d'arrêt (cycle de dégagement, immobilisation des parties mobiles, etc...).
21. Identifier le ou les élément(s) permettant(s) d'obtenir cette réaction du système.
22. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.2.4.

**2.5 Article 1.4 : caractéristiques pour les protecteurs et les dispositifs de protection.**

23. Citer les moyens mis en œuvre pour répondre aux spécifications de cet article.
24. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.4.

***TP1 : analyse de la conformité du système  
(normes de sécurité)***

***Documents ressource***





HYDRO-TECHNIC  
A l'attention de M. HARIANOVIC  
ZAC LES PETITS CARREAUX  
BP 6  
94370 SUCY EN BRIE

Paris, le 24 janvier 1997

Messieurs,

Nous vous prions de trouver ci-joint le compte rendu de la vérification pour laquelle vous avez sollicité notre concours.

Vous souhaitant bonne réception,

Nous vous prions d'agréer, Messieurs, l'expression de notre considération distinguée.

LE VERIFICATEUR : M. BONHOURS.  
AGENCE CRETEIL Ile de France EST  
Tél. : 01.42.07.89.03

**OBJET DE L'INTERVENTION : Vérification d'un banc didactique de table élévatrice type ELH 100.**

**VERIFICATION EN REFERENCE A LA REGLEMENTATION SECURITE  
DES EQUIPEMENTS DE TRAVAIL**

**MISSION : B43**

**DATES DE VERIFICATION : 16 janvier 1997.**

**INTERVENTION EFFECTUEE PAR : M. BONHOURS.**

**LORS DE LA VERIFICATION NOUS AVONS ETE ACCOMPAGNES PAR : M. GOYER.**

**NOUS AVONS RENDU COMPTE DE NOS CONSTATATIONS PARTICULIEREMENT IMPORTANTES A :  
M. GARANGER.**

**PIECES JOINTES : -**



## SOMMAIRE

1 - ORIGINE DE LA DEMANDE .....	3
2 - GENERALITES RELATIVES A LA PRESTATION .....	3
2.1 - Contenu de la prestation .....	3
2.2 - Conditions de la vérification .....	3
2.3 - Limites de la prestation .....	3
3 - DESCRIPTION SUCCINCTE ET CARACTERISTIQUES DE L'EQUIPEMENT DE TRAVAIL ET DES ACCESSOIRES ASSOCIES .....	4
3.1 - Identification .....	4
3.2 - Caractéristiques .....	4
3.3 - Energies et produits mis en oeuvre .....	5
3.4 - Description des éléments constitutifs .....	5
3.5 - Fonctionnement .....	6
3.5.1 - Modes de marche .....	6
3.5.2 - Modes d'arrêt .....	6
3.6 - Dispositions de sécurité en vigueur lors de notre inspection .....	6
3.7 - Documents mis à notre disposition .....	6
4 - TEXTES REGLEMENTAIRES PRIS EN REFERENCE .....	7
5 - INSPECTION DE L'EQUIPEMENT DE TRAVAIL .....	8
5.1 - Règles générales applicables aux machines .....	8



## 1 - ORIGINE DE LA DEMANDE

Suite à la demande de Monsieur GOHIER, des établissements HYDRO-TECHNIC, situés à SUCY EN BRIE (94370), l'APAVE PARISIENNE a été chargée de la vérification d'un banc didactique de table élévatrice type ELH 100.

Cette vérification a été effectuée le 16 janvier 1997 dans les établissements HYDRO-TECHNIC par Monsieur BONHOURE de l'APAVE PARISIENNE - Agence de CRETEIL Ile de France EST.

## 2 - GENERALITES RELATIVES A LA PRESTATION

### 2.1 - Contenu de la prestation

Cette prestation comporte une mission de vérification et d'assistance technique que l'APAVE PARISIENNE peut exécuter chez sa clientèle industrielle.

Elle a pour objectif d'évaluer la conformité de l'équipement de travail objet du présent rapport vis-à-vis des textes pris en référence, mentionnés au paragraphe 4.

### 2.2 - Conditions de la vérification

Lors de notre vérification, l'équipement de travail, objet du présent rapport, était en exploitation, avec charge de 100 kg.

Cette vérification a été réalisée en collaboration et avec la participation de Monsieur GOYER des établissements HYDRO-TECHNIC.

### 2.3 - Limites de la prestation

Notre prestation s'est limitée à la vérification de l'équipement de travail décrit au paragraphe 3, à l'exclusion de tout autre.

N'a pas fait l'objet de cette prestation la vérification des sources d'alimentation en énergie.





### 3 - DESCRIPTION SUCCINCTE ET CARACTERISTIQUES DE L'EQUIPEMENT DE TRAVAIL ET DES ACCESSOIRES ASSOCIES

#### Fonction :

Une structure tubulaire fermée par des protecteurs grillagés fixes, un fond en tôle pleine, un protecteur mobile supérieur.

Une armoire électrique.

Une table élévatrice dans l'enceinte.

Un groupe hydraulique.

#### 3.1 - Identification

- . Constructeur : HYDRO-TECHNIC.
- . Type - Série : ELH 100.
- . N° de série : 3710.
- . Année de fabrication : 1996.
- . Année de mise en service dans l'établissement : 1996
- . Lieu de la vérification : Ets HYDRO-TECHNIC.

#### 3.2 - Caractéristiques

- . Dimensionnelles en m :
  - Gabarit : -
  - . longueur : 1,50.
  - . largeur : 0,775.
  - . hauteur : 1,060.
  - Hauteur de levage : 0,85 m.
  - Course : 0,50 m.
  - Portée : -
- . Masse de l'équipement en kg : 320.
- . Capacité de charge en kN : 100.
- . Cadence : -
- . Temps de cycle : -
- . Autres : -



### 3.3 - Energies et produits mis en oeuvre

- . Energie électrique : Mono x Ph Neutre 220 V.
  - circuit de puissance : 240 V - 50 Hz - 1 kW.
  - circuit de commande : 24 V AC - 24 V CC.
- . Energie pneumatique : -  
(réseau usine)
- . Energie hydraulique : 70 bars.  
(centrale intégrée)
- . Energie thermique :
  - nature : -
  - puissance : -
  - température : -
- . Produits :
  - eau : -
  - produits inflammables : -
  - gaz d'inertage : -
  - acides et bases : -
  - produits toxiques : -
  - autres : -

### 3.4 - Description des éléments constitutifs

Une structure formant cage avec des protecteurs périphériques, fixes et grillagés (mailles 10 x 15).

Un protecteur en tôle pleine pour le fond.

Un protecteur mobile en polycarbonate à la partie supérieure.

Une armoire électrique.

Un groupe hydraulique.



### 3.5 - Fonctionnement

#### 3.5.1 - Modes de marche

Mise sous tension par bouton poussoir.

#### 3.5.2 - Modes d'arrêt

Un bouton poussoir d'arrêt général.

Un bouton poussoir d'arrêt d'urgence.

Un interrupteur rotatif.

### 3.6 - Dispositions de sécurité en vigueur lors de notre inspection

Enceinte fermée avec des protecteurs fixes et un mobile, contrôlé.

### 3.7 - Documents mis à notre disposition

#### . Plans et schémas :

- électriques : Réf. ELH 100 - 96 ET 06.
- pneumatiques : Réf. -
- hydrauliques : Réf. ELH - 100.
- mécaniques : Réf. ELH - 100.

. Notice d'instructions : Réf. ELH - 100.

. Autres : -



## LEVAGE MANUTENTION MACHINES

ID

7/28

ETS : A49075.01.97

**4 - TEXTES REGLEMENTAIRES PRIS EN REFERENCE**

L'équipement de travail examiné est visé au paragraphe :

*"Machines, y compris les machines destinées à l'industrie d'extraction des minéraux"*

de l'article R. 233-83 du Code du Travail.

Du fait que cet équipement neuf ou considéré comme neuf a été mis en service dans un des pays de la Communauté Européenne après le 1er janvier 1993, les règles techniques de sécurité et de santé ci-après, et relatives à la conception et à la construction des équipements de travail listés en annexe 1 du livre II du Code du Travail sont applicables.

*"Règles générales applicables aux machines neuves ou considérées comme neuves".*

Cet équipement n'est pas listé dans l'article R 233.86. Il est donc soumis à la procédure d'autocertification CE.



## 5 - INSPECTION DE L'EQUIPEMENT DE TRAVAIL

### 5.1 - Règles générales applicables aux machines

La numérotation des articles cités ci-après est celle de l'annexe I du Livre 2 du Code du Travail.

### 1. REGLES GENERALES APPLICABLES AUX MACHINES NEUVES OU CONSIDEREES COMME NEUVES VISEES AU 1° DE L'ARTICLE R 233-83

#### 1.1. GENERALITES ET CHAMP D'APPLICATION

Les paragraphes 1.1.2 à 1.7.4. du présent rapport sont applicables aux machines visées au 1° de l'article R.233-83.

##### 1.1.1 - Définitions

*On entend par :*

- a) "zone dangereuse", toute zone à l'intérieur ou autour d'une machine dans laquelle la présence d'une personne soumet celle-ci à un risque pour sa sécurité ou pour sa santé,

"personne exposée", toute personne se trouvant en partie ou entièrement dans une zone dangereuse,

"opérateur" la ou les personnes chargées d'installer, de faire fonctionner, de régler, d'entretenir, de nettoyer, de dépanner, de transporter une ou plusieurs machines,

- b) "conducteur" : opérateur compétent chargé du déplacement d'une machine mobile. Le conducteur peut être soit porté par la machine, soit à pied accompagnant la machine, soit agissant par commande à distance telle que câbles ou liaison radio ou autre,

- c) "charge guidée" : dans une opération de levage, charge dont la totalité du déplacement se fait le long des guides matérialisés, rigides ou souples, dont la position dans l'espace est déterminée par des points fixes,

"coefficient d'utilisation" : rapport arithmétique entre la charge garantie par le fabricant jusqu'à laquelle un équipement, un accessoire de levage ou une machine peut retenir cette charge et la charge maximale d'utilisation qui est marquée respectivement sur l'équipement, l'accessoire ou la machine,

"coefficient d'épreuve" : rapport arithmétique entre la charge utilisée pour effectuer les épreuves statiques ou dynamiques d'un équipement, d'un accessoire de levage ou d'une machine et la charge maximale d'utilisation qui est marquée respectivement sur l'équipement, l'accessoire ou la machine,

"épreuve statique" : essai qui consiste à examiner la machine ou l'accessoire de levage et ensuite lui appliquer une force correspondante à la charge maximale d'utilisation multipliée par le coefficient d'épreuve statique approprié puis, après relâchement, examiner à nouveau la machine ou l'accessoire de levage afin de s'assurer qu'aucun dommage n'est apparu,

"épreuve dynamique" : essai qui consiste à faire fonctionner la machine dans toutes les configurations possibles à la charge maximale d'utilisation multipliée par le coefficient d'épreuve approprié tenant compte du comportement dynamique de la machine en vue de s'assurer du bon fonctionnement de la machine et des éléments de sécurité.



### 1.1.2 - Principes d'intégration de la sécurité

- a) *Les machines doivent par construction être aptes à assurer leur fonction, à être réglées, entretenues sans que les personnes soient exposées à un risque lorsque ces opérations sont effectuées dans les conditions prévues par la notice d'instructions.*

*Les mesures prises visent à supprimer les risques pour la sécurité ou la santé durant la durée d'existence prévisible de la machine, y compris les phases de montage et de démontage, même dans le cas où les risques d'accidents résultent de situations anormales prévisibles.*

- b) *Pour la conception de la machine, les principes suivants doivent être appliqués, dans l'ordre indiqué :*

- *éliminer ou, à défaut, réduire les risques dans toute la mesure du possible,*
- *prendre les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés,*
- *informer les utilisateurs des risques résiduels dus à l'efficacité incomplète des mesures de protection adoptées, indiquer si une formation particulière est requise et signaler s'il est nécessaire de prévoir un équipement de protection individuelle.*

- c) *La machine doit être conçue et construite et la notice d'instructions doit être rédigée compte tenu de l'usage normal de la machine ainsi que de l'usage de la machine, qui peut être raisonnablement attendu.*

*La machine doit être conçue pour éviter qu'elle soit utilisée de façon anormale si un tel mode d'utilisation engendre un risque. La notice d'instructions doit attirer l'attention de l'utilisateur sur les contre-indications d'emploi de la machine qui, d'après l'expérience, pourraient se présenter.*

- d) *Dans les conditions prévues d'utilisation, la gêne, la fatigue et les contraintes psychiques de l'opérateur doivent être réduites le plus possible compte tenu des principes de l'ergonomie.*
- e) *La machine doit être conçue et construite compte tenu des contraintes imposées à l'opérateur par l'utilisation nécessaire ou prévisible d'équipements de protection individuelle.*
- f) *La machine doit être livrée avec tous les équipements et accessoires spéciaux et essentiels pour qu'elle puisse être réglée, entretenue et utilisée sans risque.*

### ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

La notice d'instructions comprend les informations nécessaires pour l'usage normal prévu par le constructeur.

### 1.1.3 - Matériaux et produits

*Les matériaux utilisés pour la construction de la machine ou les produits employés et créés lors de son utilisation ne doivent pas être à l'origine de risques pour la sécurité et la santé des personnes exposées.*

*En particulier, lors de l'emploi de fluides, la machine doit être conçue et construite pour pouvoir être utilisée sans risques dus au remplissage, à l'utilisation, à la récupération et à l'évacuation.*



#### 1.1.4 - Eclairage

*Un éclairage incorporé, adapté aux opérations, doit être fourni là où, malgré un éclairage ambiant ayant une valeur normale, l'absence d'un tel dispositif pourrait créer un risque.*

*L'éclairage fourni par construction ne doit créer ni zone d'ombre gênante, ni éblouissement gênant, ni effet stroboscopique dangereux.*

*Si certains organes intérieurs doivent être inspectés fréquemment, des dispositifs d'éclairage appropriés doivent leur être associés ; il en est de même pour les zones de réglage et de maintenance.*

#### 1.1.5 - Conception de la machine en vue de sa manutention

*La machine ou chacun de ses différents éléments doit :*

- *pouvoir être manutentionné de façon sûre,*
- *être emballé ou être conçu pour pouvoir être entreposé de façon sûre et sans détériorations.*

*Lorsque la masse, les dimensions ou la forme de la machine ou de ses différents éléments n'en permettent pas le déplacement à la main, la machine ou chacun de ses différents éléments doit :*

- *soit être muni d'accessoires permettant la préhension par un moyen de levage,*
- *soit être conçu de manière à permettre de l'équiper avec de tels accessoires,*
- *soit avoir une forme telle que les moyens de levage normaux puissent s'adapter facilement.*

*Lorsque la machine ou l'un de ses éléments est destiné à être transporté à la main, il doit :*

- *soit être facilement déplaçable,*
- *soit comporter des moyens de préhension tels que poignées permettant de le déplacer en toute sécurité.*

*Des dispositions particulières doivent être prévues pour la manutention des outils ou parties de machines, mêmes légers, qui peuvent être dangereux.*

*Les règles techniques définies au paragraphe 1.7.3 (III) sont également applicables.*



## 1.2 COMMANDES

### 1.2.1 - Sécurité et fiabilité des systèmes de commande

*Les systèmes de commande doivent être conçus et construits pour être sûrs et fiables, de manière à éviter toute situation dangereuse.*

*I. Ils doivent notamment être conçus et construits de manière :*

- à résister aux contraintes normales de service et aux influences extérieures,
- qu'il ne se produise pas de situation dangereuse en cas d'erreur de logique dans les manoeuvres.,
- que leur fonctionnement ne soit pas affecté par les perturbations conduites ou rayonnées.

*II. En outre, l'interruption, le rétablissement après une interruption, ou la variation, quel qu'en soit le sens, de l'alimentation en énergie de la machine ne doit pas créer de situations dangereuses. Il doit également en être de même lors de l'apparition d'un défaut affectant la logique du circuit de commande, d'une défaillance ou d'une détérioration du circuit de commande.*

*En particulier, il ne doit y avoir :*

- ni mise en marche intempestive,
- ni empêchement de l'arrêt de la machine si l'ordre en a déjà été donné,
- ni chute ou éjection d'un élément mobile de la machine ou d'une pièce tenue par la machine,
- ni empêchement de l'arrêt automatique ou manuel des éléments mobiles, quels qu'ils soient,
- ni interruption de l'efficacité des dispositifs de protection.

### ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

La fonction de sécurité associée au protecteur mobile coupe la fonction de la carte de commande des électrovannes proportionnelles.

Le contacteur moteur associé au moteur du groupe hydraulique est positionné selon les règles du constructeur.

L'arrêt de la table en phase descente est stoppé net sur ouverture du protecteur mobile, interrupteur de l'énergie électrique.

### 1.2.2 - Conduites de la machine

#### a) Organes de service

*Les organes de service doivent être :*

- clairement visibles et identifiables et, le cas échéant, marqués de manière appropriée,
- placés pour permettre une manoeuvre sûre, sans hésitation ni perte de temps et sans équivoque,
- conçus de façon que leur mouvement soit cohérent avec l'effet commandé,
- disposés en dehors des zones dangereuses sauf, si nécessaire, pour certains organes tels qu'un arrêt d'urgence ou une console d'apprentissage pour les robots,
- situés de façon que leur manoeuvre ne puisse engendrer de risques supplémentaires,
- conçus ou protégés de façon que l'effet voulu, s'il peut entraîner un risque, ne puisse se produire sans une manoeuvre intentionnelle,
- fabriqués de façon à résister aux efforts prévisibles, notamment en ce qui concerne les dispositifs d'arrêt d'urgence qui risquent d'être soumis à des efforts importants.





*Lorsqu'un organe de service est conçu et construit pour permettre plusieurs actions différentes, c'est-à-dire que son action n'est pas univoque notamment en cas d'utilisation d'un clavier, l'action commandée doit être affichée en clair, et si nécessaire, faire l'objet d'une confirmation.*

*Les organes de service doivent avoir une configuration telle que leur disposition, leur course et leur effort résistant soient compatibles avec l'action commandée, compte tenu des principes de l'ergonomie. Les contraintes dues à l'utilisation, nécessaire ou prévisible, d'équipements de protection individuelle doivent être prises en considération.*

#### *b) signalisation et instruments de contrôle*

*La machine doit être munie de dispositifs de signalisation tels que cadrans, signaux et des indications dont la connaissance est nécessaire pour qu'elle puisse fonctionner de façon sûre. Depuis le poste de commande, l'opérateur doit pouvoir percevoir les indications de ces dispositifs.*

*Depuis le poste de commande principal, l'opérateur doit pouvoir s'assurer de l'absence de personnes exposées dans les zones dangereuses.*

*Si cela n'est pas possible, le système de commande doit être conçu et construit de manière que toute mise en marche soit précédée d'un signal d'avertissement sonore ou visuel. Les personnes exposées présentes dans la zone dangereuse doivent avoir le temps et les moyens de s'opposer rapidement au démarrage de la machine.*

#### *c) Information*

*Les règles techniques applicables aux dispositifs d'information sont définies au paragraphe 1.7.0.*

### **1.2.3 – Mise en marche**

*La mise en marche d'une machine ne doit pouvoir s'effectuer que par une action volontaire sur un organe de service prévu à cet effet.*

*Il en est de même :*

- pour la remise en marche après un arrêt, qu'elle qu'en soit l'origine,*
- pour la commande d'une modification importante des conditions de fonctionnement,*

*sauf si cette remise en marche ou cette modification des conditions de fonctionnement n'engendre aucun risque pour les personnes exposées.*

*La remise en marche ou la modification des conditions de fonctionnement résultant du déroulement normal d'une séquence automatique n'est pas visée par les règles techniques formulées aux deux alinéas précédents.*

*Si une machine comprend plusieurs organes de service de mise en marche et que, de ce fait, les opérateurs peuvent se mettre en danger mutuellement, des dispositifs complémentaires tels que des dispositifs de validation et des sélecteurs qui ne laissent en opération qu'un seul organe de service de mise en marche à la fois doivent être prévus pour exclure ce risque.*

*Après arrêt, la remise en fonctionnement automatique d'une installation automatisée doit pouvoir être effectuée facilement, une fois que les conditions de sécurité sont remplies.*



### 1.2.4 - Dispositif d'arrêt

Cet article ne s'applique pas à la fonction de déplacement des machines.

#### I. Arrêt normal :

*Chaque machine doit être munie d'un organe de service permettant son arrêt général dans des conditions sûres.*

*Chaque poste de travail doit être muni d'un organe de service permettant d'arrêter, en fonction des risques existants et de manière telle que la sécurité soit assurée, soit tous les éléments mobiles de la machine, soit une partie d'entre eux seulement. L'ordre d'arrêt de la machine doit être prioritaire par rapport aux ordres de mise en marche.*

*L'arrêt de la machine, ou de ses éléments dangereux ayant été obtenu, l'alimentation en énergie des actionneurs concernés doit être interrompue.*

#### II. Arrêt d'urgence :

*Chaque machine doit être munie d'un ou de plusieurs dispositifs d'arrêt d'urgence au moyen desquels des situations dangereuses qui risquent de se produire de façon imminente ou qui sont en train de se produire peuvent être évitées.*

*Les machines pour lesquelles le dispositif d'arrêt d'urgence n'est pas en mesure de réduire le risque, soit parce qu'il ne réduit pas le temps d'obtention de l'arrêt normal, soit parce qu'il ne permet pas de prendre les mesures particulières nécessitées par le risque, sont exclues de cette obligation.*

*Ce dispositif doit :*

- a) comprendre des organes de service clairement identifiables, bien visibles et rapidement accessibles,*
- b) provoquer l'arrêt du processus dangereux en un temps aussi réduit que possible sans créer de risque supplémentaire,*
- c) éventuellement déclencher ou permettre de déclencher certains mouvements de sauvegarde.*

*Lorsque, après avoir déclenché un ordre d'arrêt, on cesse d'actionner l'organe de service commandant l'arrêt d'urgence, cet ordre doit être maintenu par un blocage du dispositif d'arrêt d'urgence jusqu'à son déblocage volontaire.*

*Il ne doit pas être possible d'obtenir le blocage du dispositif d'arrêt d'urgence sans que ce dernier engendre un ordre d'arrêt. Le déblocage du dispositif d'arrêt d'urgence ne doit pouvoir être obtenu que par une manœuvre appropriée et ce déblocage ne doit pas remettre la machine en marche, mais seulement autoriser un redémarrage.*

#### III. Installation complexe :

*Dans le cas de machines ou d'éléments de machines conçus pour travailler associés, les dispositifs d'arrêt, y compris d'arrêt d'urgence, doivent pouvoir arrêter non seulement la machine mais aussi tous les équipements en aval ou en amont si leur maintien en marche peut constituer un danger.*



### 1.2.5 – Sélecteur de mode de marche

*Le mode de commande sélectionné doit avoir priorité sur tous les autres systèmes de commande, à l'exception de la commande d'arrêt d'urgence.*

*Si la machine a été conçue et construite pour permettre son utilisation selon plusieurs modes de commande ou de fonctionnement présentant des niveaux de sécurité différents, tels que les modes de fonctionnement permettant le réglage, l'entretien, l'inspection, elle doit être munie d'un sélecteur de mode de marche verrouillable dans chaque position. Chaque position du sélecteur ne doit correspondre qu'à un seul mode de commande ou de fonctionnement.*

*Le sélecteur peut être remplacé par d'autres moyens de sélection permettant de limiter l'utilisation de certaines fonctions de la machine à certaines catégories d'opérateurs, tels que codes d'accès à certaines fonctions de commandes numériques.*

*Si, pour certaines opérations, la machine doit pouvoir fonctionner avec ses dispositifs de protection neutralisés, le sélecteur de mode de marche doit simultanément :*

- exclure le mode de commande automatique,*
- n'autoriser la commande des mouvements que par des organes de service nécessitant une action maintenue,*
- n'autoriser le fonctionnement des éléments mobiles dangereux que dans des conditions limitant le danger telles que marche à vitesse réduite, à effort réduit, par à-coups, ou autre disposition adéquate, et en évitant tout risque découlant d'un enchaînement de séquences,*
- interdire tout mouvement susceptible de présenter un danger que pourrait déclencher une action volontaire ou involontaire sur les capteurs internes de la machine.*

*En outre, au poste de réglage, l'opérateur doit avoir la maîtrise du fonctionnement des éléments sur lesquels il agit.*

### ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

La fonction de sécurité associée au protecteur mobile est active quelque soit le mode de fonctionnement (choix de la consigne).

### 1.2.6 – Défaillance de l'alimentation en énergie

*Les règles techniques applicables sont définies au paragraphe 1.2.1 (II).*

### 1.2.7 – Défaillance du circuit de commande

*Les règles techniques applicables sont définies au paragraphe 1.2.1 (II).*

### 1.2.8 – Logiciels

*Les logiciels de dialogue entre l'opérateur et le système de commande ou de contrôle d'une machine doivent être conçus de façon conviviale.*



### 1.3 MESURES DE PROTECTION CONTRE LES RISQUES MECANIQUES

#### 1.3.1 - Stabilité

*La machine, ainsi que ses éléments et ses équipements, doit être conçue et construite pour que, dans les conditions prévues de fonctionnement, compte tenu notamment des conditions climatiques, sa stabilité soit suffisante pour permettre son utilisation sans risque de renversement, de chute ou de déplacement intempestif.*

*Si la forme même de la machine ou son installation prévue ne permet pas d'assurer une stabilité suffisante, la machine doit être pourvue de moyens de fixation appropriés. Une indication concernant la mise en oeuvre de ces moyens de fixation doit figurer dans la notice d'instructions.*

#### 1.3.2 - Risques de rupture en service

- I. *Les différentes parties de la machine ainsi que les liaisons entre elles doivent pouvoir résister aux contraintes auxquelles elles sont soumises dans les conditions d'utilisation prévues par la notice d'instructions.*

*Les matériaux utilisés doivent présenter une résistance suffisante, adaptée aux caractéristiques du milieu d'utilisation prévu, notamment en ce qui concerne les phénomènes de fatigue, de vieillissement, de corrosion, et d'abrasion.*

*La notice d'instructions doit préciser les types et fréquences des examens et entretiens nécessaires pour des raisons de sécurité. Elle doit indiquer, le cas échéant, des pièces sujettes à usure ainsi que les critères de remplacement de ces pièces.*

*Si, malgré les précautions prises, il subsiste des risques d'éclatement ou de rupture, les éléments mobiles concernés doivent être montés et disposés de manière que, en cas de rupture, leurs fragments soient retenus.*

*Les conduites rigides ou souples véhiculant des fluides, en particulier sous haute pression, devront pouvoir supporter les sollicitations internes et externes prévues. Elles doivent être solidement attachées et protégées contre les agressions externes de toute nature. Les dispositions nécessaires doivent être prises pour qu'en cas de rupture ces conduites ne puissent occasionner de risques résultant notamment des mouvements brusques ou des jets à haute pression.*

- II. *En cas d'acheminement automatique de la matière à usiner vers l'outil, afin d'éviter les risques pouvant notamment résulter d'une rupture de l'outil :*

- a) *lors du contact outil/pièce, l'outil doit avoir atteint ses conditions normales de travail,*
- b) *lors de la mise en marche et lors de l'arrêt volontaire ou accidentel de l'outil, le mouvement d'acheminement et le mouvement de l'outil doivent être coordonnés.*

#### ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

La table élévatrice comporte un dispositif de retenue contre toute détérioration d'un flexible.



### 1.3.3 - Risques dus aux chutes et projections d'objets

*Les machines doivent être conçues, construites, équipées pour éviter les chutes ou projections d'objets tels que pièces usinées, outillage, copeaux, fragments, déchets, pouvant présenter un risque.*

### ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

Les poids, en forme de disque, sont associés à un guide central.

### 1.3.4 - Risques dus aux surfaces, arêtes et angles

*Les éléments accessibles de la machine ne doivent comporter, dans la mesure où leur fonction le permet, ni arêtes vives, ni angles vifs, ni surfaces rugueuses susceptibles de blesser.*

### 1.3.5 - Risques dus aux machines combinées

*Lorsque la machine est prévue pour pouvoir effectuer plusieurs opérations différentes avec reprise manuelle de la pièce entre chaque opération, elle doit être conçue et construite pour que chaque élément puisse être utilisé séparément sans que les autres éléments engendrent un risque ou une gêne pour les personnes exposées.*

*Dans ce but, chacun des éléments, s'il ne lui est pas associé un protecteur ou un dispositif de protection, doit pouvoir être mis en marche ou arrêté individuellement.*

### 1.3.6 - Risques dus aux variations de vitesse de rotation des outils

*Lorsque la machine est conçue pour effectuer des opérations dans des conditions d'utilisation diverses, elle doit être conçue et construite de telle sorte que le choix et le réglage de ces conditions puissent être effectués de manière sûre et fiable.*



### 1.3.7 – Prévention des risques liés aux éléments mobiles

- I. *Les éléments mobiles de la machine doivent être conçus, construits et disposés pour éviter les risques ou, lorsque des risques subsistent, être munis de protecteurs ou de dispositifs de protection de façon à éviter tout contact pouvant entraîner des accidents.*
- II. *Toutes les dispositions nécessaires doivent être prises pour empêcher le blocage inopiné des éléments mobiles de travail. Afin de permettre un déblocage sans risque, dans les cas où, malgré les précautions prises, un blocage est susceptible de se produire :*
  - a) *des moyens de protection spécifiques doivent être fournis avec la machine,*
  - b) *des outils spécifiques doivent être fournis avec la machine,*
  - c) *les indications nécessaires doivent être données par la notice d'instructions et éventuellement portées sur la machine.*

### ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

Côté opposé au pupitre, le protecteur grillagé est complété, à l'intérieur de l'enceinte, d'un protecteur transparent fixe.

### 1.3.8 – Choix d'une protection contre les risques liés aux éléments mobiles

*Les protecteurs ou dispositifs de protection utilisés pour la protection contre les risques liés aux éléments mobiles doivent être choisis en fonction du risque existant.*

#### A – Eléments mobiles de transmission :

*Les protecteurs conçus pour protéger les personnes exposées contre les risques engendrés par les éléments mobiles de transmission, tels que poulies, courroies, engrenages, crémaillères, arbres de transmission, doivent être :*

- a) *soit des protecteurs fixes, conformes aux règles techniques définies aux paragraphes 1.4.1 et 1.4.2.1,*
- b) *soit des protecteurs mobiles, conformes aux règles techniques définies aux paragraphes 1.4.1 et 1.4.2.2 (A).*

*Cette dernière solution doit être utilisée si des interventions fréquentes sont prévues.*

#### B – Eléments mobiles concourant au travail :

*Les protecteurs ou dispositifs de protection conçus pour protéger les personnes exposées contre les risques engendrés par les éléments mobiles concourant au travail, tels que outils coupants, organes mobiles des presses, cylindres, pièces en cours d'usinage, doivent être :*

- a) *chaque fois que possible des protecteurs fixes, conformes aux règles techniques définies aux paragraphes 1.4.1 et 1.4.2.1,*
- b) *sinon des protecteurs mobiles conformes aux règles techniques définies aux paragraphes 1.4.1 et 1.4.2.2 (B), ou des dispositifs de protection tels que des dispositifs sensibles, notamment des barrages immatériels ou des tapis sensibles, des dispositifs de protection par maintien à distance, notamment des commandes bimanuelles, des dispositifs de protection destinés à empêcher automatiquement l'accès de tout ou partie du corps de l'opérateur à la zone dangereuse, conformes aux règles techniques définies aux paragraphes 1.4.1 et 1.4.3.*





Toutefois, lorsque certains éléments mobiles concourant à l'exécution du travail ne peuvent être rendus inaccessibles, pour tout ou partie, pendant leur fonctionnement à cause des opérations qui nécessitent l'intervention de l'opérateur dans leur voisinage, ces éléments doivent, dans la mesure où cela est techniquement possible, être munis :

- a) de protecteurs fixes, conformes aux règles techniques définies aux paragraphes 1.4.1 et 1.4.2.1, interdisant l'accès aux parties des éléments mobiles non utilisées pour le travail,
- b) et de protecteurs réglables, conformes aux règles techniques définies aux paragraphes 1.4.1 et 1.4.2.3, limitant l'accès aux parties des éléments mobiles strictement nécessaires au travail.

## 1.4 CARACTERISTIQUES REQUISES POUR LES PROTECTEURS ET LES DISPOSITIFS DE PROTECTION

### 1.4.1 – Exigences générales pour les protecteurs et les dispositifs de protection

*Les protecteurs et les dispositifs de protection :*

- 1° doivent être de construction robuste,
- 2° ne doivent pas occasionner de risques supplémentaires,
- 3° ne doivent pas pouvoir être facilement escamotés ou rendus inopérants,
- 4° doivent être situés à une distance suffisante de la zone dangereuse,
- 5° ne doivent pas limiter plus que nécessaire l'observation du cycle de travail,
- 6° doivent permettre les interventions indispensables pour la mise en place ou le remplacement des outils ainsi que pour les travaux d'entretien, en limitant l'accès au seul secteur où le travail doit être réalisé, et, si cela est techniquement possible, sans démontage du protecteur ou du dispositif de protection.

### 1.4.2 – Exigences particulières pour les protecteurs

#### 1.4.2.1 – Protecteurs fixes

*Les protecteurs fixes doivent être maintenus en place solidement.*

*Leur fixation doit être assurée par des systèmes nécessitant l'emploi d'outils pour leur ouverture.*

*Dans la mesure du possible, ils ne doivent pas pouvoir rester en place en l'absence de leurs moyens de fixation.*



#### 1.4.2.2 – Protecteurs mobiles

*A – Les protecteurs mobiles empêchant l'accès aux éléments mobiles de transmission doivent :*

- 1° dans la mesure du possible, rester solidaires de la machine lorsqu'ils sont ouverts,*
- 2° être associés à un dispositif de verrouillage interdisant la mise en marche des éléments mobiles tant qu'ils permettent l'accès à ces éléments et déclenchant l'arrêt dès qu'ils ne sont plus dans la position de fermeture.*

*B – Les protecteurs mobiles empêchant l'accès aux éléments mobiles concourant au travail doivent être conçus et raccordés au système de commande de sorte que :*

- 1° la mise en mouvement des éléments mobiles ne soit pas possible tant que l'opérateur a la possibilité de les atteindre,*
- 2° les personnes exposées ne puissent atteindre les éléments mobiles en mouvement,*
- 3° leur réglage nécessite une action volontaire telle que l'emploi d'un outil, d'une clé, ou de tout dispositif équivalent,*
- 4° l'absence ou la défaillance d'un de leurs organes empêche la mise en marche ou provoque l'arrêt des éléments mobiles,*
- 5° une protection soit assurée par obstacle de nature appropriée en cas de risque de projection.*

#### ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

Le protecteur mobile est associé à un capteur magnétique contrôlé.

#### 1.4.2.3 – Protecteurs réglables limitant l'accès

*Les protecteurs réglables limitant l'accès aux parties des éléments mobiles strictement nécessaire au travail doivent :*

- 1° pouvoir être réglés manuellement ou automatiquement selon la nature du travail à réaliser,*
- 2° pouvoir être réglés sans utilisation d'un outil et de manière aisée,*
- 3° réduire autant que cela est techniquement possible le risque de projection.*

#### 1.4.3 – Exigences particulières pour les dispositifs de protection

*Les dispositifs de protection doivent être conçus et raccordés au système de commande de sorte que :*

- a) la mise en mouvement des éléments mobiles ne soit pas possible tant que l'opérateur a la possibilité de les atteindre,*
- b) les personnes exposées ne puissent atteindre les éléments mobiles en mouvement,*
- c) leur réglage nécessite une action volontaire telle que l'emploi d'un outil, d'une clé, ou de tout dispositif équivalent,*
- d) l'absence ou la défaillance d'un de leurs organes empêche la mise en marche ou provoque l'arrêt des éléments mobiles.*





## 1.5 MESURES DE PROTECTION CONTRE D'AUTRES RISQUES

### 1.5.1 – Risques dus à l'énergie électrique

*Lorsque la machine est alimentée en énergie électrique, elle doit être conçue, construite et équipée de manière à prévenir, ou permettre de prévenir, tous les risques d'origine électrique.*

*Les appareillages électriques incorporés dans la machine doivent, en outre, être conformes aux règles techniques de sécurité qui leur sont applicables.*

### 1.5.2 – Risques dus à l'électricité statique

*La machine doit être conçue et construite pour éviter ou restreindre l'apparition de charges électrostatiques pouvant être dangereuses, ou être munie des moyens permettant de les écouler.*

### 1.5.3 – Risques dus aux énergies autres qu'électriques

*Lorsque la machine est alimentée par une énergie autre qu'électrique, telle que l'énergie hydraulique, pneumatique ou thermique, elle doit être conçue, construite et équipée de manière à prévenir tous les risques pouvant provenir du type d'énergie en cause.*

### 1.5.4 – Risques dus aux erreurs de montage

*Les erreurs commises lors du montage ou du remontage de certaines pièces qui pourraient être à l'origine de risques doivent être rendues impossibles par la conception de ces pièces ou, à défaut, par des indications figurant sur les pièces elles-mêmes ou sur les carters. Les mêmes indications doivent figurer sur les pièces mobiles ou sur leur carter lorsque la connaissance du sens du mouvement est nécessaire pour éviter un risque. Si nécessaire, des renseignements complémentaires doivent être donnés par la notice d'instructions.*

*Lorsqu'un branchement défectueux peut être à l'origine de risques, les raccordements erronés de canalisations y compris ceux des conducteurs électriques, doivent être rendus impossibles par conception ou, à défaut, par des indications portées sur les canalisations ou sur les pièces de raccordement.*

### 1.5.5 – Risques dus aux températures extrêmes

*Des dispositions doivent être prises pour éviter tout risque de blessures, par contact ou à distance, avec des pièces ou des matériaux à température élevée ou très basse.*

*Des dispositions doivent être prises pour empêcher ou, si cela n'est pas possible, rendre non dangereuses les projections de matières chaudes ou très froides.*



### 1.5.6 - Risques d'incendie

*La machine doit être conçue et construite pour éviter tout risque d'incendie ou de surchauffe provoqué par la machine elle-même ou par les gaz, liquides, poussières, vapeurs et autres substances produites ou utilisées par la machine.*

### 1.5.7 - Risques d'explosion

*La machine doit être conçue et construite pour éviter tout risque d'explosion provoqué par la machine elle-même ou par les gaz, liquides, poussières, vapeurs et autres substances produites ou utilisées par la machine.*

*Pour ce faire, les mesures nécessaires doivent être prises par construction pour :*

- 1° éviter une concentration dangereuse des produits,*
- 2° empêcher l'inflammation de l'atmosphère explosible,*
- 3° obtenir l'explosion si elle se produit, n'ait pas d'effets dangereux sur les personnes et sur le milieu environnant.*

*Les dispositions applicables aux machines destinées à être utilisées dans une atmosphère explosible sont définies au paragraphe 7.0.*

### 1.5.8 - Risques dus au bruit

*La machine doit être conçue et construite pour que les risques résultant de l'émission du bruit aérien produit soient réduits au niveau le plus bas possible compte tenu de la disponibilité de moyens de réduction de bruit, notamment à la source.*

## ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

Le groupe hydraulique est fixé sur la structure par l'intermédiaire de quatre silentbloccs.

### 1.5.9 - Risques dus aux vibrations

*La machine doit être conçue et construite pour que les risques résultant des vibrations produites par la machine soient réduits au niveau le plus bas possible compte tenu de la disponibilité de moyens de réduction des vibrations, notamment à la source.*

### 1.5.10 Risques dus aux rayonnements

*La machine doit être conçue et construite pour que toute émission de rayonnements par la machine soit limitée à ce qui est nécessaire pour son fonctionnement et pour que ses effets, sur les personnes exposées, soient nuls ou réduits jusqu'à un seuil non dangereux.*



### 1.5.11 Risques dus aux rayonnements extérieurs

*Les règles techniques applicables sont définies aux paragraphes 1.2.1 (I).*

### 1.5.12 Risques dus aux équipements laser

*Les machines mettant en oeuvre des équipements laser doivent être conçues et construites de manière à éviter tout rayonnement laser involontaire.*

*Les équipements laser utilisés sur des machines doivent être associés à des dispositifs de protection de manière que ni des rayonnements utiles, ni le rayonnement produit par réflexion ou par diffusion, ni le rayonnement secondaire ne nuisent à la santé.*

*Les équipements optiques pour l'observation ou le réglage d'équipements laser utilisés sur des machines doivent être tels qu'aucun risque pour la santé ne soit créé par les rayons laser.*

### 1.5.13 Risques dus aux émissions de gaz, liquides, poussières, vapeurs et autres déchets produits par la machine

*La machine doit être conçue, construite ou équipée pour permettre d'éviter les risques dus aux gaz, liquides, poussières, vapeurs et autres déchets qu'elle produit.*

*Lorsque le risque existe, la machine doit être équipée pour permettre le captage ou l'aspiration des produits mentionnés à l'alinéa précédent.*

*Lorsque la machine n'est pas close en marche normale, les dispositifs de captage ou d'aspiration visés à l'alinéa précédent doivent être situés le plus près possible du lieu d'émission.*

## 1.6 MAINTENANCE

### 1.6.1 – Entretien de la machine

*Les points de réglage, de graissage et d'entretien doivent être situés en dehors des zones dangereuses. Les opérations de réglage, de maintenance, de réparation, de nettoyage et d'entretien de la machine doivent pouvoir être effectuées sur la machine à l'arrêt.*

*Si une au moins des conditions précédentes ne peut, pour des raisons techniques, être satisfaite, ces opérations doivent pouvoir être effectuées sans risque.*

*Pour les machines automatisées et, si cela est nécessaire, pour d'autres machines, un dispositif de connexion permettant de raccorder un équipement de diagnostic de recherche de pannes doit être prévu.*

*Les éléments de machines automatisées devant être remplacés fréquemment, notamment pour un changement de fabrication ou lorsqu'ils sont sensibles aux effets de l'usure ou susceptibles d'être détériorés à la suite d'un incident, doivent être aptes à être démontés et remontés facilement en sécurité. L'accès à ces éléments doit permettre d'effectuer ces tâches avec les moyens techniques nécessaires selon un mode opératoire défini dans la notice d'instructions.*



### 1.6.2 – Moyens d'accès au poste de travail ou aux points d'intervention

*Des moyens d'accès tels que escaliers, échelles ou passerelles, permettant d'atteindre, en sécurité, tous les emplacements utiles pour les opérations de production, de réglage et de maintenance doivent être prévus.*

*Les parties de la machine sur lesquelles il est prévu que des personnes puissent être amenées à se déplacer ou à stationner doivent être conçues et construites de façon à éviter les chutes.*

### 1.6.3 – Séparation des sources d'énergies

*Toute machine doit être munie de dispositifs permettant de l'isoler de chacune de ses sources d'énergie. Ces dispositifs doivent être clairement identifiés. Ils doivent être verrouillables si la reconnexion risque de présenter un danger pour les personnes exposées. Dans le cas de machines alimentées en énergie électrique par une fiche embrochable, la séparation de la fiche est suffisante.*

*Le dispositif doit également être verrouillable lorsque l'opérateur ne peut pas, de tous les emplacements qu'il doit occuper, vérifier la permanence de la séparation.*

*L'énergie résiduelle ou stockée qui pourrait subsister après séparation de la machine doit pouvoir être dissipée sans risque pour les personnes exposées.*

*Par dérogation au premier alinéa, certains circuits peuvent ne pas être séparés de leur source d'énergie afin de permettre, notamment, le maintien des pièces, la sauvegarde d'informations, l'éclairage des parties intérieures. Dans ce cas, des mesures compensatoires doivent être mises en oeuvre pour assurer la sécurité des opérateurs.*

## ELEMENTS PRIS EN COMPTE POUR LA CONFORMITE

Dispositif de séparation bipolaire.

Poignée de séparation verrouillable en position de séparation.

### 1.6.4 – Intervention de l'opérateur

*Les machines doivent être conçues, construites et équipées de façon à limiter les causes d'intervention des opérateurs.*

*Chaque fois que l'intervention d'un opérateur ne pourra être évitée, elle devra pouvoir être effectuée facilement en sécurité.*

*Les règles techniques définies au paragraphe 1.3.7 (II) sont en particulier applicables en vue de satisfaire aux règles définies par les deux alinéas ci-dessus.*



### 1.6.5 – Nettoyage des parties intérieures

*La machine doit être conçue et construite afin que le nettoyage des parties intérieures de la machine ayant contenu des substances ou préparations dangereuses soit possible sans y pénétrer. De même, le dégorgement éventuel de ces substances ou préparations doit pouvoir être fait de l'extérieur. S'il n'est absolument pas possible d'éviter de pénétrer dans les parties intérieures, la machine doit être conçue, construite ou équipée pour permettre d'effectuer le nettoyage dans les meilleures conditions possibles de sécurité.*

## 1.7 INDICATIONS

### 1.7.0 – Dispositifs d'information

*Les dispositifs d'information nécessaires à la conduite d'une machine doit être sans ambiguïté et faciles à comprendre.*

*Ils ne doivent pas être excessifs, c'est-à-dire, surcharger l'opérateur.*

### 1.7.1 – Dispositifs d'alerte

*Si la machine est munie de dispositifs d'alerte ils doivent pouvoir être compris sans ambiguïté et être facilement perçus.*

*La permanence de l'efficacité de ces dispositifs d'alerte doit pouvoir être vérifiée par l'opérateur.*

*Lorsque la sécurité et la santé des personnes exposées peuvent être mises en danger par un fonctionnement défectueux d'une machine qui fonctionne sans surveillance, cette machine doit être équipée pour donner un avertissement sonore ou lumineux adéquat en cas de dysfonctionnement.*

### 1.7.2 – Avertissements sur les risques résiduels

*Lorsque des risques continuent à exister malgré toutes les dispositions intégrées à la machine elle-même ou lorsqu'il s'agit de risques potentiels non évidents des avertissements doivent être prévus.*

*Ces avertissements doivent utiliser des pictogrammes compréhensibles par tous ou être rédigés en français et accompagnées, sur demande, des langues comprises par les opérateurs.*



### 1.7.3 - Marquage

I. *Chaque machine doit porter, de manière lisible et indélébile, sans préjudice des autres indications prévues par les textes réglementaires qui lui sont applicables, les indications suivantes :*

- a) *nom du fabricant, ainsi que son adresse,*
- b) *marquage "CE", prévu par l'article R 233-74,*
- c) *désignation de la série ou du type,*
- d) *numéro de série s'il existe,*
- e) *toute autre indication permettant son identification, telle que l'année de sa fabrication ou l'année d'apposition du marquage CE.*

*En outre, si la machine est destinée à être utilisée en atmosphère explosible, cette indication doit être portée sur la machine.*

II. *En fonction de sa nature, la machine doit également porter toutes les indications indispensables à sa sécurité d'emploi telles que fréquence maximale de rotation de certains éléments tournants, diamètre maximal des outils pouvant être montés, masses.*

III. *Les éléments de machine qui doivent être manutentionnés, au cours de leur utilisation, avec des moyens de levage, doivent porter une indication de leur masse d'une manière lisible, durable et non ambiguë.*

*Les équipements interchangeables doivent porter la même indication.*

### 1.7.4 - Notice d'instructions

1° *Chaque machine doit être accompagnée d'une notice d'instructions donnant, sans préjudice des autres indications prévues par les textes réglementaires qui lui sont applicables, les indications suivantes :*

- a) *le rappel des indications prévues au paragraphe 1.7.3 concernant le marquage, éventuellement complétées par les indications permettant de faciliter la maintenance telles que l'adresse de l'importateur, des réparateurs :*
- b) *les conditions prévues d'utilisation au sens du paragraphe 1.1.2 (c),*
- c) *le ou les postes de travail susceptibles d'être occupés par les opérateurs,*
- d) *les instructions pour que :*
  - . *la mise en service,*
  - . *l'utilisation,*
  - . *la manutention, en indiquant la masse de la machine et de ses différents éléments lorsqu'ils doivent de façon régulière être transportés séparément,*
  - . *l'installation,*
  - . *le montage, le démontage,*
  - . *le réglage,*
  - . *la maintenance,**puissent s'effectuer sans risque,*
- e) *si nécessaire, des instructions d'apprentissage,*
- f) *si nécessaire, les caractéristiques essentielles des outils pouvant être montés sur la machine.*

*La notice doit, si nécessaire, attirer l'attention sur les contre-indications d'emploi.*





# LEVAGE MANUTENTION MACHINES

ID

26/28

ETS : A49075.01.97

2° La notice d'instructions doit être rédigée en français. Par dérogation, la notice de maintenance destinée à être utilisée par un personnel spécialisé qui dépend du fabricant ou de l'importateur peut être rédigée dans une langue de la Communauté économique européenne autre que le Français.

3° La notice d'instructions doit comprendre les plans et schémas nécessaires à la mise en service, à l'entretien, à l'examen, à la vérification du bon fonctionnement, et à la réparation de la machine ainsi que toutes les instructions utiles, notamment en matière de sécurité. Toutefois, les indications nécessaires pour la réparation de la machine peuvent être limitées à ce que l'utilisateur est autorisé à faire dans le cadre du contrat de fourniture de la machine.

4° En ce qui concerne les aspects de sécurité, la notice commerciale présentant la machine ne doit pas être en contradiction avec la notice d'instructions.

*La notice commerciale doit en outre reprendre les informations ci-après concernant l'émission du bruit aérien.*

5° La notice d'instructions doit donner, si nécessaire, les prescriptions relatives à l'installation et au montage destinées à diminuer le bruit engendré et les vibrations produites.

6° La notice d'instructions doit donner en ce qui concerne le bruit aérien émis par la machine, soit la valeur réelle, soit une valeur établie à partir de la mesure effectuée sur une machine identique :

- a) le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, aux postes de travail, lorsqu'il dépasse 70 dB (A) ; si ce niveau est inférieur ou égal à 70 dB (A), ce fait doit être mentionné,
- b) la valeur maximale de la pression acoustique instantanée pondérée C, aux postes de travail, lorsqu'elle dépasse 63 pascals, cette valeur de 63 pascals correspondant à un niveau de pression sonore de 130 dB avec une pression sonore de référence de 20 micropascals.
- c) le niveau de puissance acoustique émis par la machine lorsque le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, aux postes de travail, dépasse 85 dB (A).

*Lorsque la machine est de très grandes dimensions, l'indication du niveau de puissance acoustique peut être remplacée par l'indication des niveaux de pression acoustique continus équivalents en des emplacements spécifiés autour de la machine.*

*Lorsque les normes visées au 1° du IV de l'article L 233-5 ne sont pas appliquées, les données acoustiques doivent être mesurées en utilisant le code de mesurage le plus approprié à la machine.*

*Les conditions de fonctionnement de la machine pendant le mesurage et les méthodes utilisées pour les mesurages doivent être indiquées.*

*Lorsque le ou les postes de travail ne sont pas ou ne peuvent pas être définis, la mesure du niveau de pression acoustique doit être effectuée à 1 m de la surface de la machine et à une hauteur de 1,60 m au-dessus du sol ou de la plate-forme d'accès. La position et la valeur de la pression acoustique maximale doivent être indiquées.*

7° Si la machine est destinée à être utilisée en atmosphère explosive, la notice d'instructions doit donner toutes les indications nécessaires.



## LEVAGE MANUTENTION MACHINES

ID

27/28

ETS : A49075.01.97

8° *Dans le cas de machines qui peuvent également être destinées à des utilisateurs non professionnels, la rédaction et la présentation du mode d'emploi, tout en respectant les autres règles ci-dessus, doivent tenir compte du niveau de formation générale et de la perspicacité que l'on peut raisonnablement attendre de ces utilisateurs.*



**LEVAGE MANUTENTION MACHINES**

ID

28/28

ETS : A49075.01.97

**R 233.73 - Déclaration CE de conformité**

*Le fabricant, ou l'importateur, ou le responsable de la mise sur le marché d'un exemplaire neuf ou considéré comme neuf d'équipement de travail visé aux 1°, 3° ou 4° de l'article R. 233-83 ou de moyen de protection visé aux 1° ou 2° de l'article R. 233-83-2 ou d'équipement de protection individuelle visé à l'article R. 233-83-3 doit établir et signer une déclaration CE de conformité par laquelle il atteste que l'équipement de travail ou moyen de protection concerné est conforme aux règles techniques et satisfait aux règles de procédure qui lui sont applicables.*

*Cette déclaration CE de conformité doit être remise au preneur lors de la vente, de la location, de la cession ou de la mise à disposition à quelque titre que ce soit d'un exemplaire d'équipement de travail visé aux 1°, 3° ou 4° de l'article R. 233-83 ou de moyen de protection visé aux 1° ou 2° de l'article R. 233-83-2, par le responsable de l'opération sus-indiquée.*

***TP2 : Etude mécanique du système***

***Documents de travail***



***TP2 : Etude mécanique du système***

***Eléments de correction***



**1 - Expression de L en fonction de  $\theta$  et de paramètres connus**

$$\overline{OM} = L \overline{X2}$$

$$\overline{OM} = d \overline{X1} + R \overline{X3}$$

Projections sur  $\overline{X0}$  et  $\overline{Y0}$

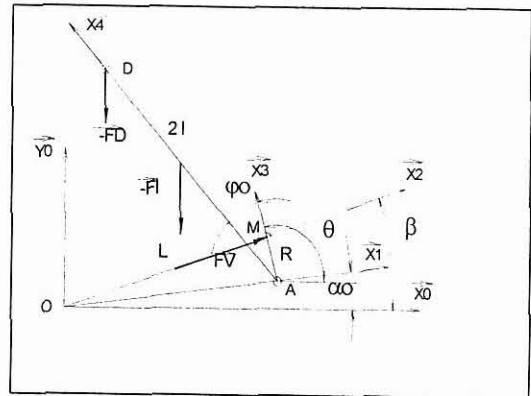
$$L \cos \beta = d \cos \alpha_0 + R \cos \theta$$

$$L \sin \beta = d \sin \alpha_0 + R \sin \theta$$

Somme des 2 relations élevées au carré

$$L^2 = d^2 + R^2 + 2 R d (\cos \alpha_0 \cos \theta + \sin \alpha_0 \sin \theta)$$

$$L^2 = d^2 + R^2 + 2 R d \cos (\theta - \alpha_0)$$



$$\theta = \arccos((L^2 - d^2 - R^2) / 2 R d) + \alpha_0$$

**2 - Expression de la hauteur H de la table en fonction de l'angle  $\theta$**

la hauteur H est donnée par rapport au point fixe A.

$$H = \overline{AD} * \overline{Y0} = 2l \overline{X4} * \overline{Y0} = 2l \sin (\theta + \psi_0)$$

**3 - Expression de la hauteur H en fonction de L**

$$H = 2l \sin (\arccos((L^2 - d^2 - R^2) / 2 R d) + \alpha_0) + \psi_0$$

**4 - Application numérique ; Calcul de la hauteur H correspondant à une sortie vérin de 40 mm**

$$L_0 = 565 \text{ mm}$$

$$d = 641.2 \text{ mm}$$

$$l = 381.5 \text{ mm} \quad R = 107.6 \text{ mm}$$

$$\alpha_0 = 7.55^\circ$$

$$\psi_0 = 28.1^\circ$$

$$H = 382,69 \text{ mm}$$

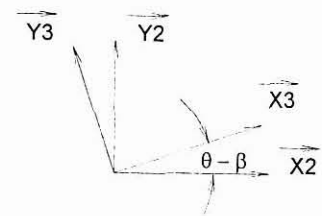
**5 - déterminer la relation de  $\theta'$  en fonction de  $\lambda'$ ,  $\theta$ ,  $\beta$  et de paramètres connus**

$$\overline{OM} = L \overline{X2} = (L_0 + \lambda) \overline{X2}$$

$$d\overline{OM}/dt = \lambda' \overline{X2} + L \beta' \overline{Y2}$$

$$\overline{OM} = d \overline{X1} + R \overline{X3}$$

$$d\overline{OM}/dt = 0 + R \theta' \overline{Y3}$$



$$\dot{\lambda} \overline{X2} + L \dot{\beta} \overline{Y2} = -R \dot{\theta} \sin(\theta - \beta) \overline{X2} + R \dot{\theta} (\theta - \beta) \overline{Y2}$$

$$\dot{\theta} = -\dot{\lambda} / R \cdot \sin(\theta - \beta)$$

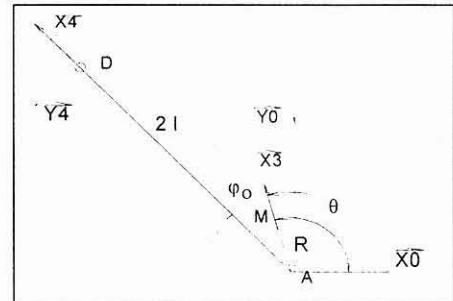
**6 - vitesse du point D  $\overline{VD} 4/0$  en fonction de  $\theta'$  et de paramètres connus**

$$\overline{VD} 4/0 = d \overline{OD} / dt$$

$$\overline{OD} = \overline{OA} + \overline{AD}$$

$$\overline{AD} = 2l \overline{X4}$$

$$d \overline{OD} / dt = d \overline{AD} / dt = 2l \dot{\theta} \overline{Y4}$$



**7 - expression de la vitesse de déplacement  $\overline{VD} 5/0$  de la table en fonction  $\lambda'$ ,  $\theta$ ,  $\beta$  et de paramètres connus.**

$$\overline{VD} 5/0 = 2l \dot{\theta} \cos(\theta + \psi_0) \overline{Y0}$$

$$\overline{VD} 5/0 = (-2l \dot{\lambda} \cos(\theta + \psi_0) / R \cdot \sin(\theta - \beta)) \cdot \overline{Y0}$$

**8 - en posant  $\lambda' = \text{constante}$  et  $\beta' = 0$  (peu de variation de l'angle  $\beta$ )**

accélération  $\Gamma 5/0$  de la table pour une vitesse constante de la sortie de tige du vérin ; en fonction de  $\lambda'$ ,  $\theta$ ,  $\beta$  et paramètres connus.

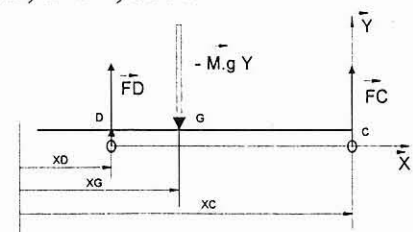
$$\Gamma(D,5/0) = -(2l \lambda'^2 / R^2 \cdot \sin^2(\theta - \beta)) \cdot ((\sin(\theta + \psi_0) + (\cos(\theta + \psi_0) / \tan(\theta - \beta))) \cdot \overline{Y0})$$

**9 - Etude de l'équilibre de la table pour une position définie ; dans l'hypothèse d'une charge de masse M située au point G de la table.**

Hypothèses : Poids de la table et des barres négligés ; frottement dans les liaisons négligé  
Système symétrique ; assimilé à un problème plan , l'analyse permet déterminer la résultante des actions sur les liaisons associées aux points : C C' ; D D' ; I I', B B' ; A A'

Isoler la table 5

Système en équilibre sous l'action des actions en CC' action  $\overline{FC}$  de 8 8' /5



DD' action  $\vec{FD}$  de 6 6' / 5  
Poids M.g appliqué en G  
Equation de moment en C :

$$FD (XD - XC) - Mg (XG - XC) = 0$$

$$FD = Mg (XG - XC) / (XD - XC)$$

$$FD = Mg (XG - XC) / (XD - XC)$$

Equation de moment en D

$$FC (XC - XD) - M.g (XG - XD) = 0$$

$$FC = M.g (XG - XD) / (XC - XD)$$

$$FC = M.g (XG - XD) / (XC - XD)$$

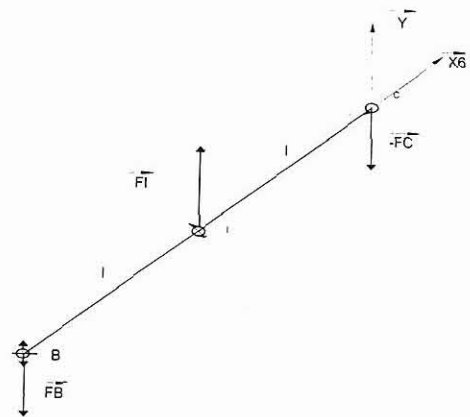
Isoler la barre 6

Equation de moments en B

$$2.1 \vec{X6} \wedge (-FC) \vec{Y} + 1 \vec{X6} \wedge \vec{FI} = 0$$

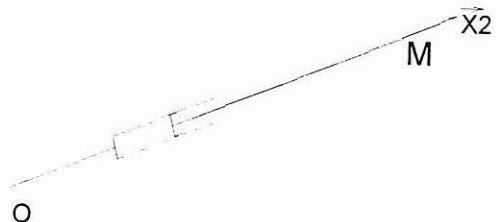
$$\vec{FI} = 2 . FC \vec{Y}$$

et  $\vec{FB} = - FC \vec{Y}$



Isoler le vérin 2 ; 3

En équilibre sous l'action de deux efforts de direction OM portée par  $\vec{X2}$



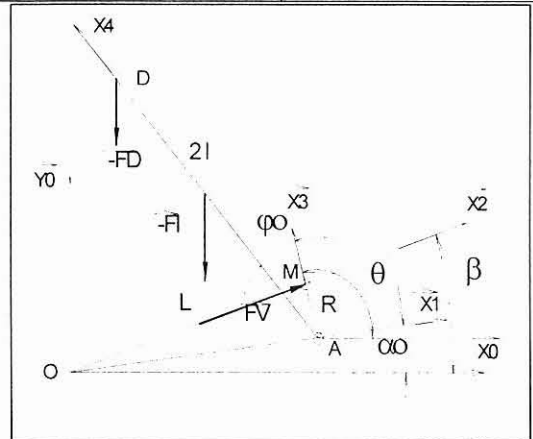
Isoler le levier 4

Equation de moments en A

$$FD . 2 l \cos (\theta + \psi_0) + 2 . FC . l \cos (\theta + \psi_0) - FV . R . \sin (\theta - \beta) = 0$$

$$FV = (FD . 2 l \cos (\theta + \psi_0) + 2 . FC . l \cos (\theta + \psi_0)) / R . \sin (\theta - \beta)$$

Remarque (voir également c6 la table  
 $(2l F_D + 2l F_C) \Rightarrow F_D + F_C = \rho g \frac{(x_G - x_C)}{(x_D - x_C)} * \frac{(x_G - x_D)}{(x_C - x_D)}$   
 $\Rightarrow \frac{(x_G - x_C) - (x_G - x_D)}{(x_D - x_C)} = \frac{x_G - x_G + x_D - x_C}{x_D - x_C} = 1.$   
 $(2l F_D + 2l F_C) \cos(\theta + \psi_0) = 2l M.g \cos(\theta + \psi_0)$



L'effort développé par le vérin est indépendant de la position de la charge sur la table pour une valeur de sortie de la tige déterminée

Pour une charge M de 100 Kg ; effort développé par le vérin pour maintenir la table dans une position déterminée. action  $\vec{M} \text{ 3/44}$

$$\vec{F_V} = (2l \cdot M.g \cdot \cos(\theta + \psi_0) / R \cdot \sin(\theta - \beta)) \vec{X_2}$$

<b>HYDRO TECHNIC</b>	<i>ÉLÉVATEUR HYDRAULIQUE</i>	TP n°2
	Dossier pédagogique	Page 1 sur 7

## Contrat de formation

### **Objectifs :**

L'objectif de cette séquence est de mettre en application à partir d'un système réel les connaissances acquises dans les domaines de la cinématique et de la statique.

### **Liaisons référentiel BTS maintenance :**

#### 2. Cinématique

##### 2.2 Mouvement plan

Définition

Centre instantané de rotation

Applications informatiques.

#### 3. Statique

3.1 Définition d'un équilibre de solide, d'un ensemble de solides  
résolutions assistées par des outils informatiques.

### **Pré - requis :**

Connaissances de méthodes de résolution de problèmes liés aux domaines de la statique plane et de la cinématique.

Connaissances d'outils informatiques de résolution tel que MECAPLAN et de calcul : EXCEL par exemple.

### **Documents ressources**

Dossier technique Hydro Technique.

Notice d'utilisation logiciel MECAPLAN.

### **Matériel mis à disposition**

Ordinateur type PC équipé des logiciels MECAPLAN , EXCEL (éventuellement).

Imprimante.



## Fiche de travail

La table élévatrice permet de situer des charges à une position désirée. Le déplacement est obtenu à l'aide d'un vérin hydraulique dont la course a été limitée à 72 mm. Ce vérin agit sur un système à ciseaux assurant une course maximale de la table de 489 mm.

Chaque ciseau est composé de 2 barres 4 et 6 , 4' et 6' articulées en I et I'.

### 1 . Inventaire des liaisons

Barre 4

liaison pivot avec le bâti en A

contact ponctuel en D avec la table 5 par l'intermédiaire d'un galet 7.

Barre 6

liaison pivot avec la table en C

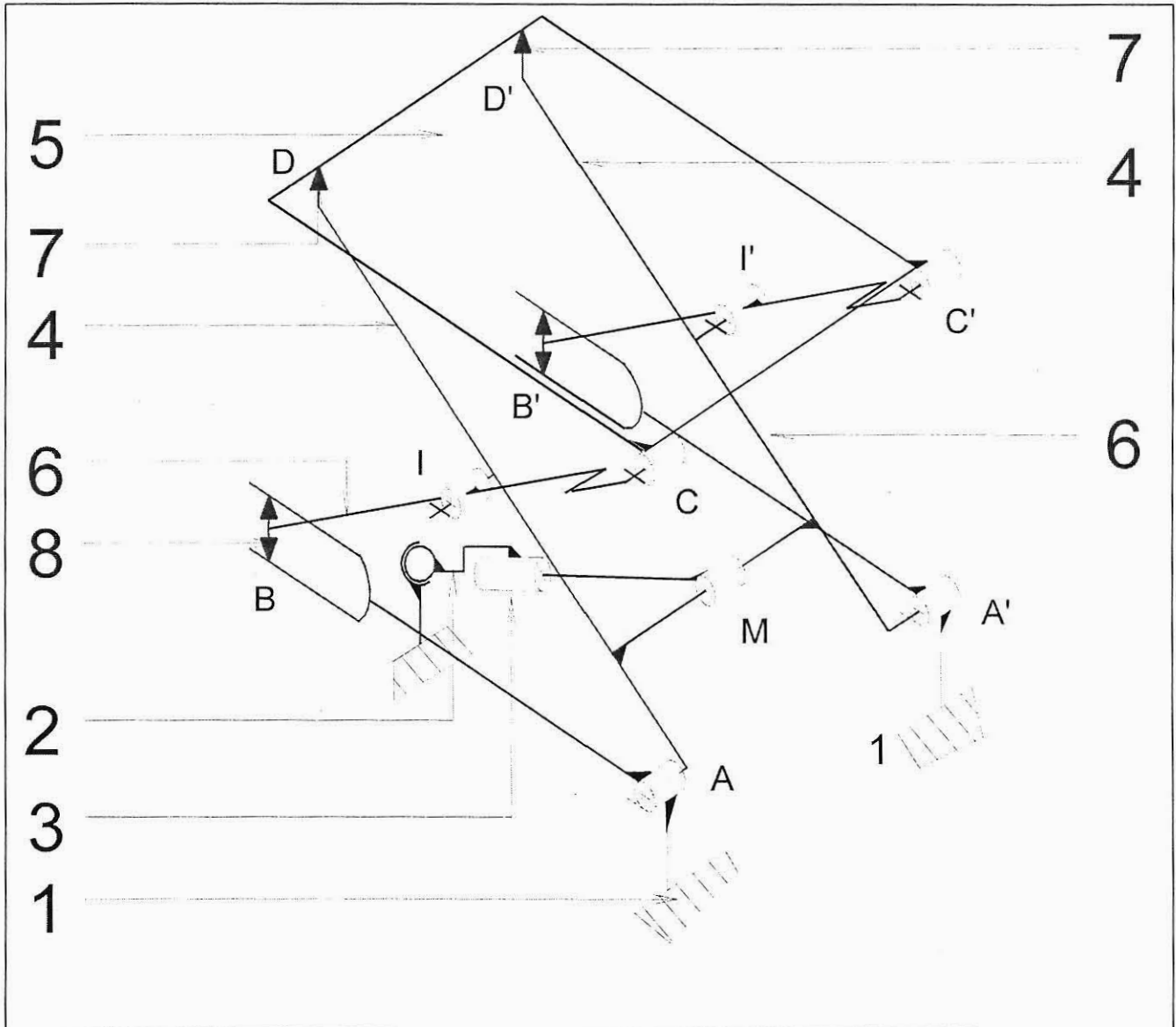
contact ponctuel avec le bâti en B par l'intermédiaire d'un galet 8.

Vérin 2 ; 3

disposé dans le plan médian des barres 4,6 et 4', 6'

liaison rotule en O par rapport au bâti

liaison pivot glissant en M agit sur l'union des 2 barres 4 et 4' .



**2 Analyse cinématique du système**

Paramétrages géométriques :

**Caractéristiques dimensionnelles de la table :**

bâti  $\overline{OA} = d \overline{XI}$   $(\overline{X0}, \overline{X1}) = \alpha_0 = \text{constante}$

vérin  $\overline{OM} = L \overline{X2} = (L_0 + \lambda) \overline{X2}$   $(\overline{X0}, \overline{X2}) = \beta$   
 $\overline{AM} = R \overline{X3}$   $(\overline{X0}, \overline{X3}) = \theta$

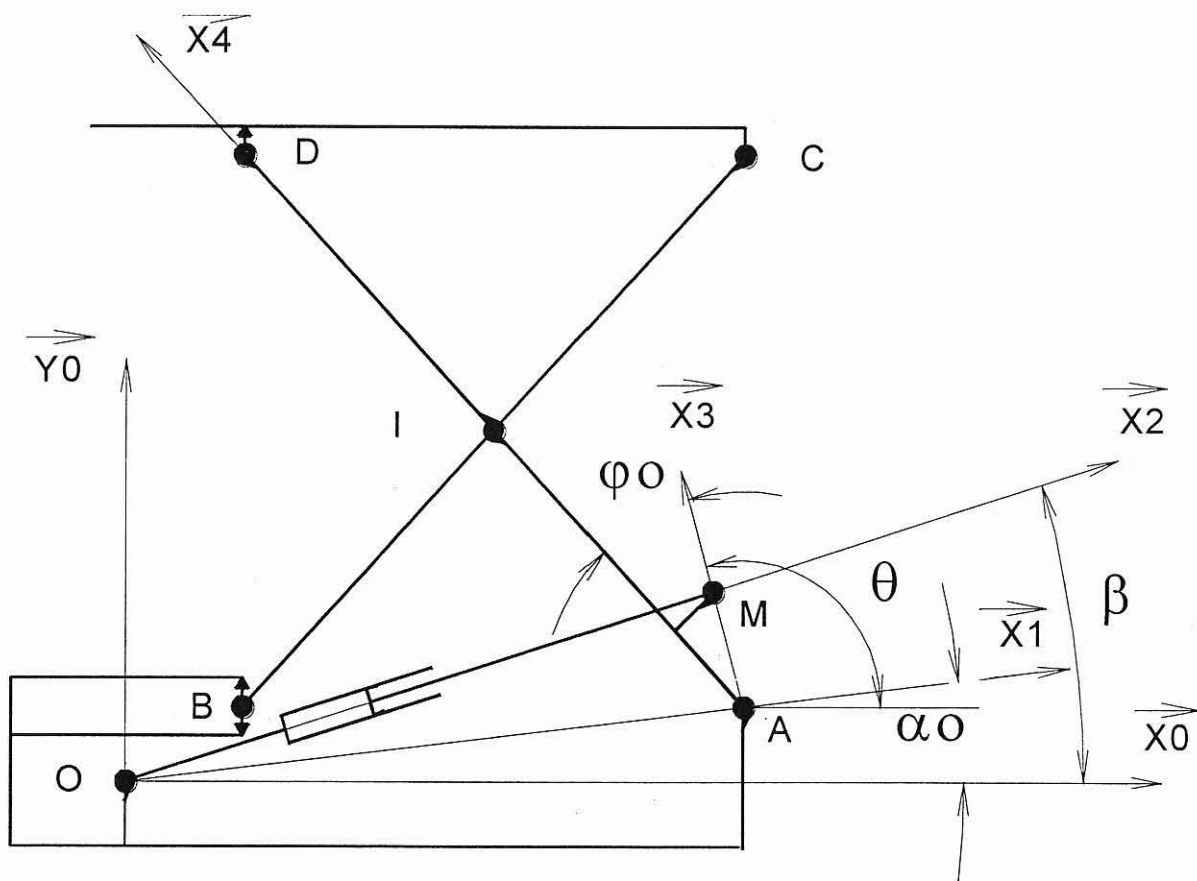
barre 4  $\overline{AI} = \overline{ID} = l \overline{X4}$   $(\overline{X3}, \overline{X4}) = \psi_0 = \text{constante}$

table 5  $\overline{AC} = H \overline{Y0}$

**Données :**

$L_0 = 565 \text{ mm}$   $d = 641.2 \text{ mm}$   $l = 381.5 \text{ mm}$   $R = 107.6 \text{ mm}$

$\alpha_0 = 7.55^\circ$   $\psi_0 = 28.1^\circ$



**3 Relations entrée sortie**

- 1 - Donner l'expression de  $\theta$  en fonction de  $L$  et de paramètres connus :
- 2 - Donner l'expression de la hauteur  $H$  en fonction de l'angle  $\theta$  et de paramètres connus.
- 3 - Donner l'expression de la hauteur  $H$  en fonction de  $\lambda$  et de paramètres connus.
- 4 - Calculer la hauteur  $H$  correspondant à une sortie vérin de 40 mm

**4 Analyse cinématique**

Loi de mouvement de la table en fonction de la vitesse de déplacement de la tige du vérin

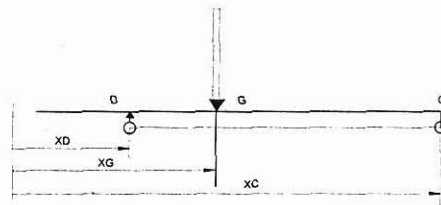
- 5 - Déterminer la relation de  $\theta'$  en fonction de  $\lambda'$ ,  $\theta$ ,  $\beta$  et de paramètres connus
- 6 - Déterminer la vitesse du point D  $\vec{VD} 4/0$  en fonction de  $\theta'$  et de paramètres connus
- 7 - Déterminer l'expression de la vitesse de déplacement  $\vec{VD} 5/0$  de la table en fonction  $\lambda'$ ,  $\theta$ ,  $\beta$  et de paramètres connus.
- 8 - En posant  $\lambda' = \text{constante}$  et  $\beta' = 0$  (peu de variation de l'angle  $\beta$ ) déterminer l'accélération  $\vec{\Gamma} 5/0$  de la table pour une vitesse constante de la sortie de tige du vérin ; en fonction de  $\lambda'$ ,  $\theta$ ,  $\beta$  et paramètres connus.

**5 Analyse des actions mécaniques**

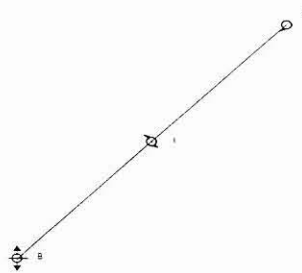
Recherche des actions au niveau des différentes liaisons.

- 9 - Etudier l'équilibre de la table pour une position définie ; dans l'hypothèse d'une charge de masse  $M$  située au point  $G$  de la table.

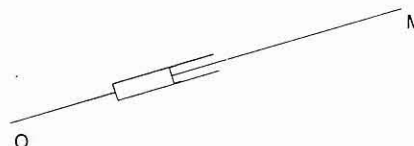
Isoler la table 5



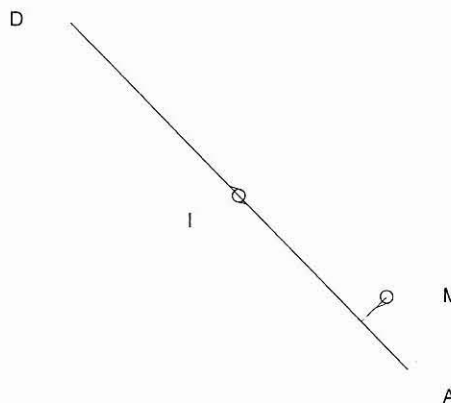
Isoler la barre 6



Isoler le vérin 2 ; 3



Isoler le levier 4

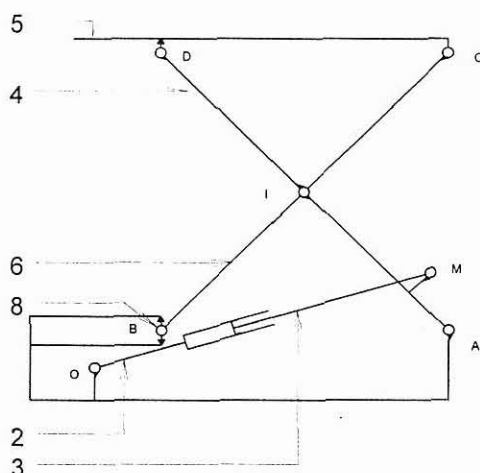


10 - Déterminer l'effort développé par le vérin pour maintenir la table dans une position déterminée. action  $\vec{M} \bar{3}/4-4'$

### **6 Evolution des efforts développés par le vérin**

#### **UTILISATION DU LOGICIEL MECAPLAN**

11 - A partir des caractéristiques dimensionnelles données précédemment établir le schéma de la table



12- Mettre en place les liaisons articulations en

- A, entre les solides 1 et 4
- C, entre les solides 6 et 5
- I, entre les solides 4 et 6
- M, entre les solides 3 et 4
- O, entre les solides 1 et 2

contact ponctuel en

- D entre les solides 4 et 5
- B entre les solides 6 et 1

glissière entre les solides 2 et 3

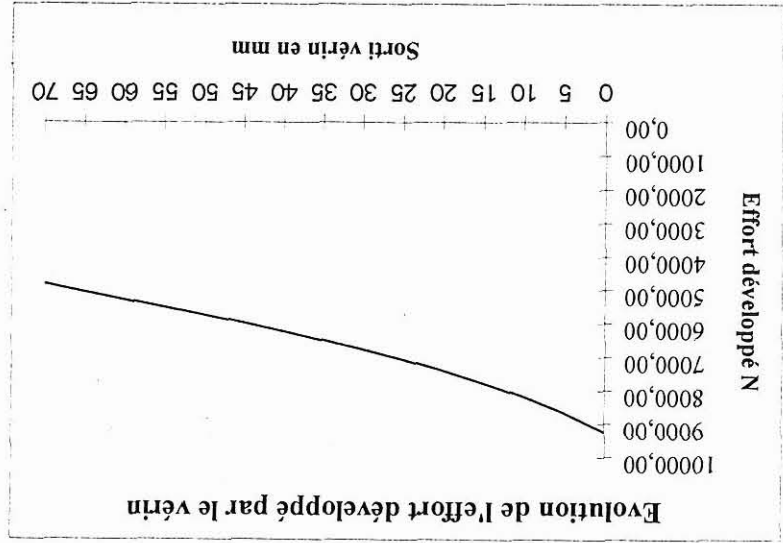
### 7 Analyse statique

13 - Mettre en place

le poids  $P = M \cdot g$  avec  $M = 100$  Kgs; sur la table 5

14 - L'action du vérin de direction  $\vec{OM}$

15 - Relever les efforts extérieurs appliqués au vérin pour une évolution de la sortie vérin de 70 mm (incrément 10 mm)



sortie vérin	L	θ	H	β
mm	mm	deg	mm	deg
0	565	146,13	76,75	14,79
5	570	142,68	122,25	15,20
10	575	139,40	165,10	15,56
15	580	136,26	205,71	15,87
20	585	133,22	244,34	16,14
25	590	130,27	281,22	16,38
30	595	127,39	316,49	16,57
35	600	124,57	350,28	16,74
40	605	121,80	382,69	16,88
45	610	119,06	413,79	17,00
50	615	116,35	443,63	17,08
55	620	113,66	472,26	17,15
60	625	110,99	499,69	17,19
65	630	108,32	525,97	17,21
70	635	105,66	551,08	17,21

FV	N
9217,94	4813,00
8652,34	5040,40
8176,77	5268,55
7765,41	5499,25
7401,36	5734,49
7072,96	5976,51
6771,83	6227,90
6491,74	6491,74
6227,90	6771,83
5976,51	7072,96
5734,49	7401,36
5499,25	7765,41
5268,55	8176,77
5040,40	8652,34
4813,00	9217,94

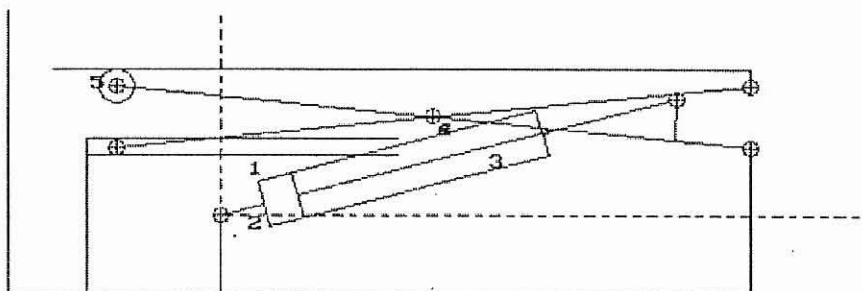
24 = Fg	763 mm
d	641,2 mm
R	107,6 mm
ψ0	28,1 degrés
α0	7,55 degrés
M.g	981,0 N

Données

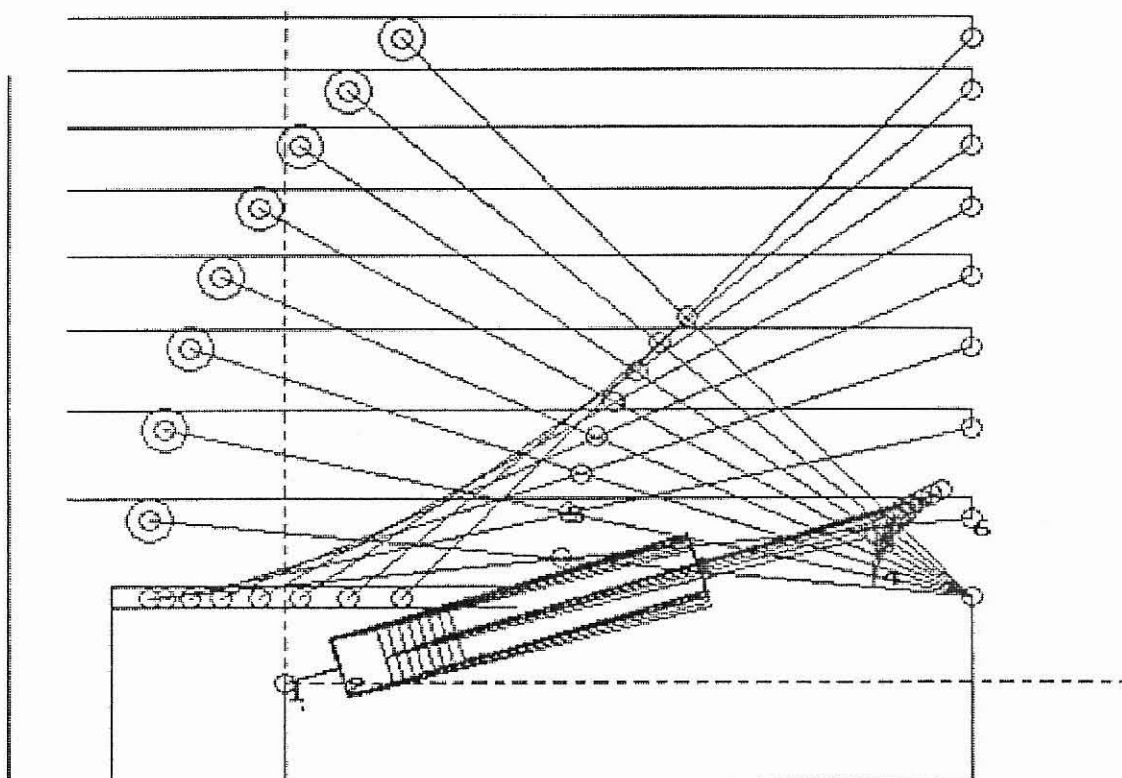
TABLE ELEVATRICE  
 Effort développé par le vérin

10 - Evolution de l'effort développé par le vérin pour maintenir la table en position d'équilibre.



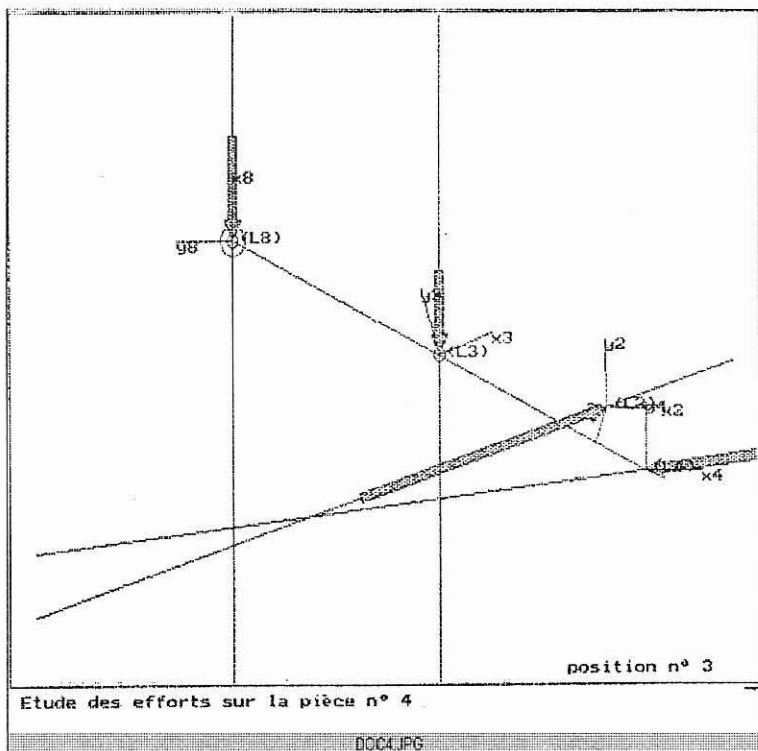
**11 Schéma réalisé avec Mécaplan**

Positions de la table pour des variations de sortie de vérin de 10 mm.

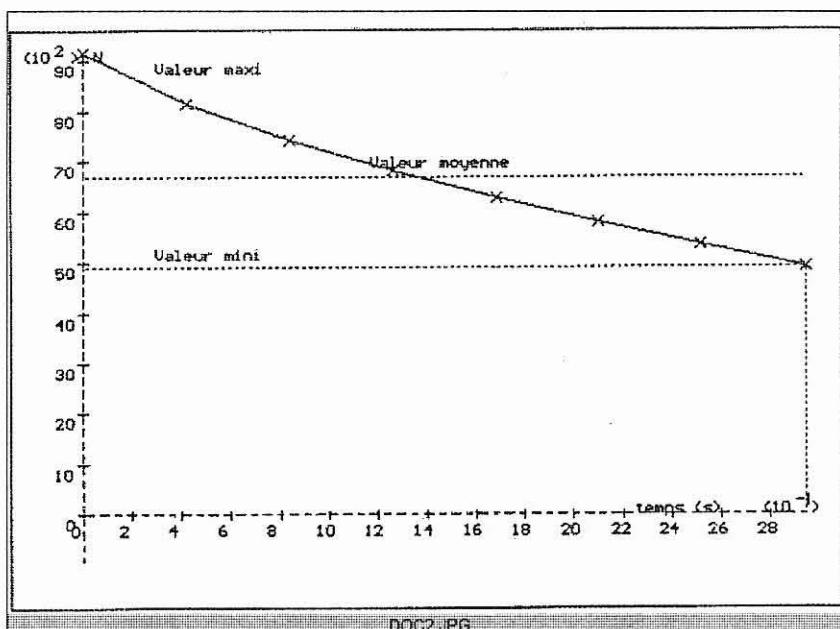




**Equilibre du bras 4**



**Variation de l'effort développé par le vérin pour maintenir la table en position**



***TP3 : modes opératoires******ELEVATEUR HYDRAULIQUE***

# ***TP3 : modes opératoires***

## ***Documents de travail***



### Démarche pédagogique

Opérations réalisées par : l'enseignant

Durée : 20 mn

**Expliquer l'intérêt de chacun des modes de fonctionnement du système** (en particulier replacer le mode de fonctionnement automatique dans un contexte industriel à gestion centralisée ou superviseur)

#### Décrire le travail attendu de l'apprenant

- Mettre en œuvre le système HydroTechnic<sup>®</sup>.
- Découvrir les différentes possibilités de fonctionnement du système HydroTechnic<sup>®</sup>.
- Déterminer l'influence et les limites de certains paramètres de réglage du système HydroTechnic<sup>®</sup>.

#### Aborder les éventuelles difficultés de compréhension

## Contrat de formation

### **Objectif :**

L'objectif de cette séquence est de donner à des classes de BTS Section maintenance une approche concrète des méthodes industrielles permettant de déterminer les paramètres PID optimums d'un système.

### **Liaisons référentiel BTS maintenance :**

#### Automatique

#### 8. Exploitation des systèmes automatisés

##### *8.1 Fonction conduite*

### **Documents ressources (et/ou documents réponse) :**

- Dossier Technique HydroTechnic<sup>®</sup>.
- Documentation du logiciel HydroTechnic<sup>®</sup>.

### **Matériel mis à disposition :**

- Système de levage HydroTechnic<sup>®</sup>.
- Ordinateur type PC équipé du logiciel d'acquisition HydroTechnic<sup>®</sup>.
- Cordon de liaison entre le PC et le système HydroTechnic<sup>®</sup>.
- Imprimante.

*Consignes de sécurité.*

- Veiller à alimenter le banc avec une source protégée par un différentiel de sensibilité 30mA.
- Vérifier le blocage des roulettes avant la mise en service.
- Rappel sur la consignation électrique : celle-ci se fait par débrogage de la fiche d'alimentation.

## 1. Préparation à la mise en service.

1. Relever la procédure de réglage des paramètres « P » et « S » du régulateur.
2. Relever la procédure de réglage des paramètres « E » du régulateur.
3. Identifier les 4 modes de fonctionnement possibles du système (sélectionnable par le commutateur).

## 2. Préparation du système.

- Charger le plateau avec 50kg (demie charge).
- Tourner l'interrupteur d'alimentation sur la position « 1 ».
- Vérifier la conformité des paramètres « P », « E » et « S » du régulateur avec les réglages conseillés (rectifier au besoin les valeurs du régulateur).
- Alimenter la pompe par appui sur le bouton poussoir « marche ».

## 3. Fonctionnement en mode consignes prédéfinies « Si ».

On se propose dans cette essai d'analyser la réaction du système lors de l'appui simultané sur plusieurs consignes prédéfinies.

### 3.1 Travail de préparation.

- Sélectionner sur le commutateur S9 le mode de fonctionnement par consignes prédéfinies « Si ».
- Basculer l'inverseur S10 à droite de façon à ce que l'afficheur indique la position du plateau.

### 3.2 Mesurages.

4. Compléter le tableau suivant :

Action sur				Position en mm	Action sur				Position en mm
S4	S3	S2	S1		S4	S3	S2	S1	
0	0	0	0		1	0	0	0	
0	0	0	1		1	0	0	1	
0	0	1	0		1	0	1	0	
0	0	1	1		1	0	1	1	
0	1	0	0		1	1	0	0	
0	1	0	1		1	1	0	1	
0	1	1	0		1	1	1	0	
0	1	1	1		1	1	1	1	

### 3.3 Exploitation et analyse des résultats.

5. Comparer les résultats obtenus avec les valeurs de réglage S1...S4 du régulateur.

6. Conclure sur le fonctionnement du système lors de l'utilisation des consignes prédéfinies.

#### **4. Fonctionnement en mode automatique.**

On se propose dans cet essai d'étudier le rôle et les limites d'influence de chacun des paramètres programmables sur l'API.

##### **4.1 Travail de préparation.**

7. Relever la procédure de modification du nombre de pas de programme.

8. Relever la procédure de modification des paramètres d'un pas de programme.

⇒ Entrer les paramètres suivants :

Nombre de pas : 4			
Pas n°	Rampe	Consigne	Durée pallier
1	0s	0%	2s
2	8s	50%	2s
3	0s	0%	4s
4	8s	100%	4s
5	0s	0%	6s
6	0s	100%	4s

⇒ Préparer l'acquisition avec le logiciel HydroTechnic<sup>®</sup> en sélectionnant les paramètres suivants :

- Menu Paramétrage Echantillonnage : Intervalle = 50 ; Echantillonnage = 50 (valeurs permettant l'enregistrement de la totalité d'un cycle)
- Menu Courbes : sélectionner Courbe 2 et Courbe 3 (consigne et mesure)

⇒ Modifier le paramètre P13 à la valeur 255 (gain maximum :  $Kp13=31.9$ ) de façon à obtenir le temps de réaction le plus court possible.

⇒ Sélectionner sur le commutateur S9 le mode de fonctionnement automatique (API).

##### **4.2 Mesurages.**

⇒ Sélectionner le mode « cycle continu ».

⇒ Démarrer l'acquisition et lancer l'exécution du cycle.

⇒ Sélectionner la Page Animation de l'XBT.

⇒ Imprimer le résultat de l'acquisition.

⇒ Arrêter et initialiser le cycle.

⇒ Sélectionner le mode « cycle / cycle ».

⇒ Lancer l'exécution du nouveau cycle.

9. Indiquer la différence de fonctionnement avec l'exécution en cycle continu.

⇒ Sélectionner le mode « pas à pas ».

⇒ Lancer l'exécution du nouveau cycle.

10. Indiquer la différence de fonctionnement avec l'exécution en cycle continu.

➤ Arrêter le système HydroTechnic<sup>®</sup>.

### 4.3 Exploitation et analyse des résultats du cycle continu.

#### 4.3.1 Signification des paramètres du système.

11. Donner l'utilité de la Page Animation.
12. Repérer sur le tracé obtenu la phase de fonctionnement de chaque pas.
13. Mesurer la durée de chacun des déplacements en montée (pas 2, 4 et 6).
14. En observant la durée de déplacement en pas 2 et 4, donner la signification du paramétrage de la rampe.
15. Comparer votre observation avec ce qui est précisé par le constructeur (DT20).

#### 4.3.2 Limites des paramètres du système.

16. En observant la durée du déplacement des pas 6 (montée) et 5 (descente), conclure sur la limite de la programmation des rampes.
17. Emettre une hypothèse sur l'origine de cette limite.
18. Comparer les pentes lors des différentes phases de montée.

#### 4.3.3 Conclusion sur les paramètres programmables.

19. Conclure sur l'emploi du paramétrage de la rampe (rôle, limite de l'influence, etc...).

### 5. Fonctionnement en mode consigne réglable.

*Rappel :*

*Inverseur S10 en position gauche : affichage de la consigne.*

*Inverseur S10 en position droite : affichage de la mesure.*

On se propose dans cet essai de vérifier l'aptitude du système HydroTechnic<sup>®</sup> à respecter la consigne de position ordonnée par l'opérateur. On observera également la précision de la chaîne de mesure.

La position réelle sera lue sur le réglage prévue à cet effet tandis que les valeurs de consigne et de position mesurée le seront par le biais de l'afficheur U4.

Les tensions images des grandeurs de consigne et de position mesurée seront lues à l'aide de 2 voltmètres numériques connectés respectivement entre les bornes X4-X8 et X5-X9.

#### 5.1 Travail de préparation.

- Connecter les 2 voltmètres numériques entre les bornes X4-X8 et X5-X9 sur la façade du pupitre.
- Sélectionner sur le commutateur S9 le mode de fonctionnement approprié.
- Mettre en marche le système HydroTechnic<sup>®</sup>.

#### 5.2 Mesurages.

20. Compléter le tableau suivant (réglage de la consigne par potentiomètre R1) :



Consigne		Position mesurée		Position réelle « Pr »
Valeur « C »	Tension « UC »	Valeur « Pm »	Tension « UPm »	
100mm				
200mm				
300mm				
400mm				
500mm				

**5.3 Exploitation et analyse des résultats.**

21. Ecrire l'équation liant les grandeurs « C » et « UC ».
22. Ecrire l'équation liant les grandeurs « Pm » et « UPm » (fonction de transfert du capteur de position).
23. Tracer sur un même graphique  $Pm=f(C)$  et  $Pr=f(C)$ .
24. Conclure.

# ***TP3 : modes opératoires***

## ***Eléments de correction***



**Éléments de corrigé : Modes opératoires****1. Préparation à la mise en service.**

1. Relever la procédure de réglage des paramètres « P » et « S » du régulateur.  
Voir DT40.
2. Relever la procédure de réglage des paramètres « E » du régulateur.  
Voir DT40.
3. Identifier les 4 modes de fonctionnement possibles du système (sélectionnable par le commutateur).  
Automatique (API), consignes prédéfinies, consigne extérieure, consigne réglable

**2. Préparation du système.****2.1 Fonctionnement en mode consignes prédéfinies « Si ».****2.2 Travail de préparation.****2.3 Mesurages.**

4. Compléter le tableau suivant :

Action sur				Position en mm	Action sur				Position en mm
S4	S3	S2	S1		S4	S3	S2	S1	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	499
0	0	0	1	50	1	0	0	1	499
0	0	1	0	220	1	0	1	0	499
0	0	1	1	272	1	0	1	1	499
0	1	0	0	290	1	1	0	0	499
0	1	0	1	345	1	1	0	1	499
0	1	1	0	500	1	1	1	0	499
0	1	1	1	499	1	1	1	1	499

**2.4 Exploitation et analyse des résultats.**

5. Comparer les résultats obtenus avec les valeurs de réglage S1...S4 du régulateur.  
S1=1 => position 50mm soit 1/10<sup>ème</sup> de la course.  
S2=4.15 => position 220mm soit presque 1/4.15<sup>ème</sup> de la course.  
S3=5.45 => position 290mm soit presque 1/5.45<sup>ème</sup> de la course.  
S4=9.44 => position 499mm soit presque 1/9.44<sup>ème</sup> de la course.
6. Conclure sur le fonctionnement du système lors de l'utilisation des consignes prédéfinies.  
Lorsque l'on appuie simultanément sur plusieurs boutons poussoirs, leurs consigne respectives s'additionnent, dans la limite de la saturation du système (10V, soit 500mm de course)

**3. Fonctionnement en mode automatique.****3.1 Travail de préparation.**

7. Relever la procédure de modification du nombre de pas de programme.  
Voir DT
8. Relever la procédure de modification des paramètres d'un pas de programme.  
Voir DT119 et DT120.

**3.2 Mesurages.**

9. Indiquer la différence de fonctionnement avec l'exécution en cycle continu.  
En cycle par cycle, le système s'arrête lorsqu'il est de retour à l'étape 0 (voir DT20).
10. Indiquer la différence de fonctionnement avec l'exécution en cycle continu.  
En mode pas à pas, il faut appuyer sur la touche PAS pour passer à l'étape suivante du cycle (voir DT20).

**3.3 Exploitation et analyse des résultats du cycle continu.****a) Signification des paramètres du système.**

11. Donner l'utilité de la Page Animation.  
L'affichage indique en temps réel l'exécution du programme. Cette caractéristique permet de savoir exactement à quel endroit du programme on se trouve à un instant donné.
12. Repérer sur le tracé obtenu la phase de fonctionnement de chaque pas.  
Voir Figure 1 (page 3/3)
13. Mesurer la durée de chacun des déplacements en montée (pas 2, 4 et 6).  
Voir Figure 1 (page 3/3)
14. En observant la durée de déplacement en pas 2 et 4, donner la signification du paramétrage de la rampe.  
La durée de la rampe fixe le temps nécessaire à un déplacement de pleine échelle, donc la vitesse de déplacement (pente de la courbe).
15. Comparer votre observation avec ce qui est précisé par le constructeur (DT20).  
Au pas n°2, on s'aperçoit effectivement que la durée réelle de la rampe est différente de la valeur programmée. Mais on retrouve bien la relation :  
Durée réelle = valeur programmée \* consigne

**b) Limites des paramètres du système.**

16. En observant la durée du déplacement des pas 6 (montée) et 5 (descente), conclure sur la limite de la programmation des rampes.  
Au pas n°6, on s'aperçoit que la vitesse est limitée à une valeur maximale : alors que la valeur programmée devrait aboutir à un déplacement instantané, or celui-ci dure 3.78s.  
On trouve une limitation de la vitesse à environ 130mm/s.
17. Emettre une hypothèse sur l'origine de cette limite.

La vitesse de déplacement du vérin est lié au débit du fluide. Or ce débit est limité par le diamètre des canalisations et la pompe elle-même.

18. Comparer les pentes lors des différentes phases de montée.  
Pour une même valeur programmée, les pentes (= vitesse) sont identiques.

*c) Conclusion sur les paramètres programmables.*

19. Conclure sur l'emploi du paramétrage de la rampe (rôle, limite de l'influence, etc...).  
La rampe permet donc de programmer la vitesse de déplacement. Cependant, on notera qu'introduire une valeur inférieure à 4s est inutile puisque la partie opérative ne pourra pas suivre.

**4. Fonctionnement en mode consigne réglable.**

**4.1 Travail de préparation.**

**4.2 Mesurages.**

20. Compléter le tableau suivant (réglage de la consigne par potentiomètre R1) :

Consigne		Position mesurée	
Valeur « C »	Tension « UC »	Valeur « Pm »	Tension « UPm »
100mm	2V	95mm	2.02V
200mm	4V	200mm	4.01V
300mm	6V	300mm	6.02V
400mm	8V	400mm	8.02V
500mm	9.9V	599mm	10V

**4.3 Exploitation et analyse des résultats.**

21. Ecrire l'équation liant les grandeurs « C » et « UC ».

$$C = UC \cdot \frac{500}{10} \begin{cases} C: mm \\ UC: V \end{cases}$$

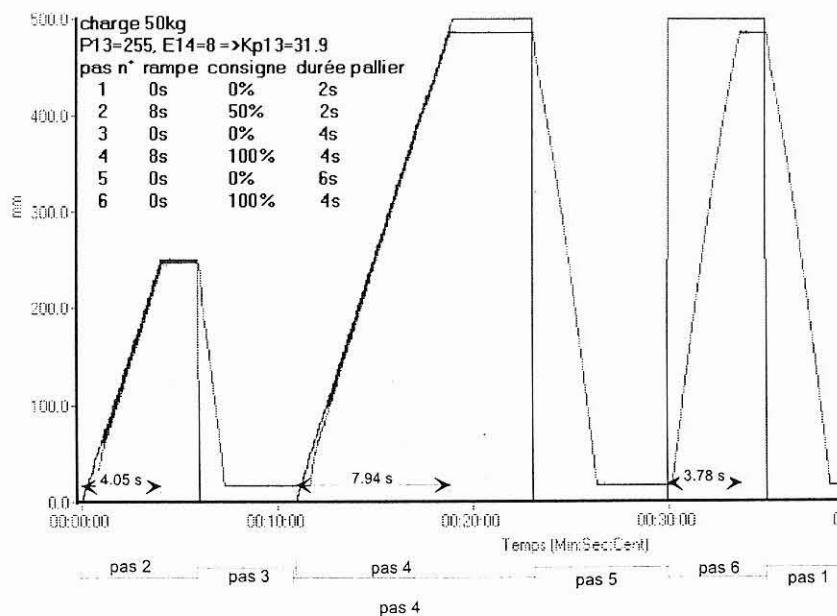
22. Ecrire l'équation liant les grandeurs « Pm » et « UPm » (fonction de transfert du capteur de position).

$$Pm \approx UPm \cdot \frac{500}{10} \begin{cases} Pm: mm \\ UPm: V \end{cases}$$

23. Tracer sur un même graphique  $Pm=f(C)$  et  $Pr=f(C)$ .

24. Conclure.

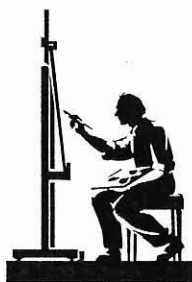
Les deux fonctions  $Pm=f(C)$  et  $Pr=f(C)$  sont des fonctions linéaires. Aux erreurs de mesures près, ces deux fonctions sont identiques.

**Figure 1**

***TP4 : analyse du système******ELEVATEUR HYDRAULIQUE***

# *TP4 : analyse du système*

## *Documents de travail*





## Introduction

**Objectif :**

L'objectif de cette exploitation pédagogique est de donner à des classes de **BTS Section maintenance**, une **approche concrète** :

- De la commande proportionnelle d'un vérin hydraulique
- des asservissements

**Capacités exigées de la part de l'apprenant :**

Partie du référentiel : **Automatique**

§ 2 Analyse fonctionnelle des systèmes automatisés

- **2.1 décomposer** le système en sous systèmes opératifs
- **2.2 Définir** les tâches de chaque sous système
- § 4 Commande des systèmes
- 4.2 Commandes proportionnelles
- 4.3 Commandes en boucle fermée

**Domaine d'étude :**

Salle **SYSTEME**

**Prérequis :**

Connaissances mécanique des fluides

- Pression
- Débit
- Appareillages : Distributeur proportionnel, pompe hydraulique, limiteurs de pression...
- Symboles des schémas hydrauliques
- Mettre en œuvre un ensemble d'instrumentation (Voltmètre, alimentation, oscilloscope numérique ... ).

## Présentation de la démarche

Opérations réalisées par : l'enseignant

Durée : 30 mn

### Choix du système de référence

Présenter le contexte de l'étude et son utilisation industrielle

Expliquer l'intérêt de positionner une charge avec une commande hydraulique

Décrire le travail attendu de l'apprenant

## Travaux pratiques

### Partie expérimentale (Durée 6 heures)

#### **Ayant à votre disposition**

Le sous système Elévateur hydraulique

Le dossier technique

Un ensemble d'instrumentation comprenant :

- un oscilloscope numérique **ou** un poste ordinateur avec le logiciel d'acquisition de données HYDROTECHNIC
- un traceur
- une alimentation continue
- un voltmètre

#### 1. Mise en situation du sous système

##### **1.1 Analyse fonctionnelle**

Le diagramme fonctionnel A-0 (dossier technique page 6) définit la fonction globale réalisée par le sous système.

Le diagramme A0 (dossier technique page 7) définit sommairement les principales fonctions qui participent à la réalisation de la fonction globale.

1. A l'aide du dossier technique, indiquer précisément, les matériels réalisant leurs fonctions respectives. Compléter le document réponse 1.
2. Identifier la nature des liaisons entre actigrammes.
3. A l'aide du schéma de puissance hydraulique de l'installation et en présence du professeur, situer sur le système, les différentes structures matérielles qui assurent les fonctions du sous système.

##### **1.2 Dimensionnement de la pompe**

L'emploi d'actionneur hydraulique exige pour chaque machine l'installation d'un groupe pompe.

Dans notre système, la pompe à engrenage est entraînée par un moteur asynchrone monophasé de 0.75 kW à vitesse nominale de 1450 tr/mn.

4. Calculer le débit théorique de la pompe
5. Justifier par calculs, le dimensionnement du moteur d'entraînement de la pompe. (On prendra la pression limite égale à 100 bars).
6. Donner le rôle de la soupape de sûreté ou limiteur de pression. Préciser son symbole.

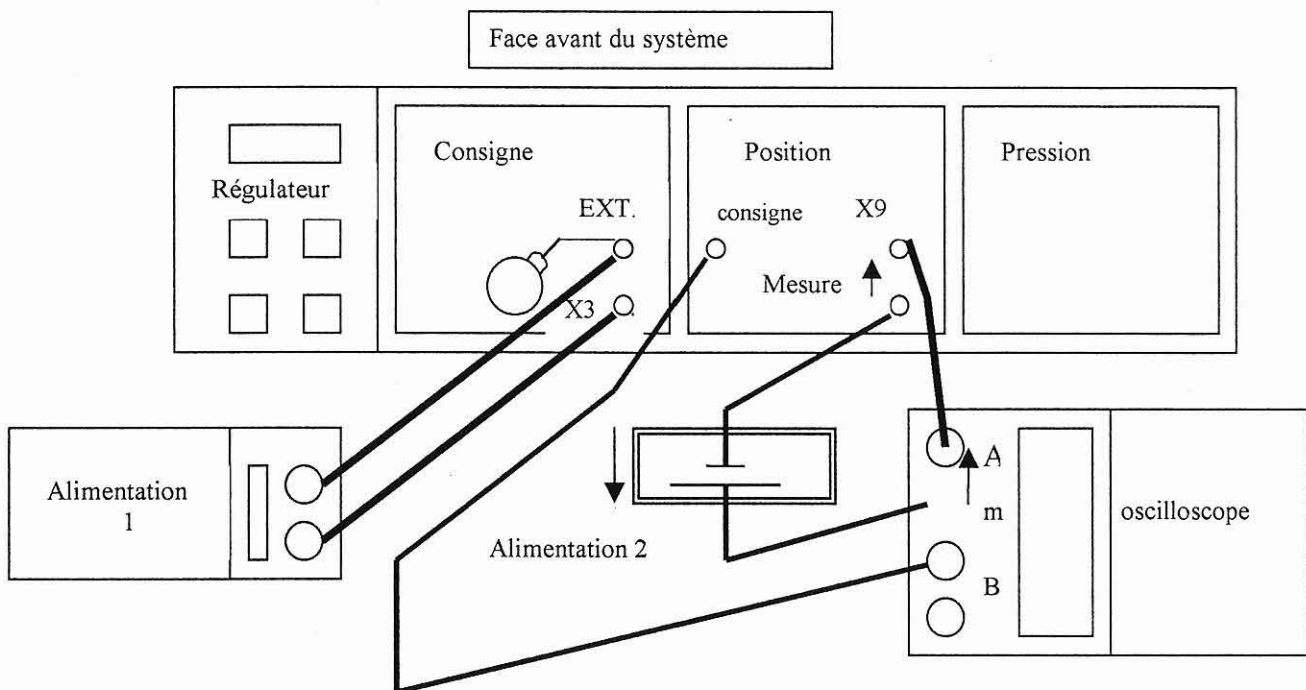
#### 2. Essais expérimentaux sur le système

Les essais seront effectués pour la charge maximale (100kg)

7. Réaliser le branchement de l'oscilloscope à mémoire afin de relever :
  - Voie A : l'évolution de la pression lors de la montée de la charge de la position 0 à 500 mm
  - Voie B : la position du plateau
8. Interpréter le graphe obtenu

**3. Etude du comportement du système en asservissement de position**

Il s'agit d'étudier le comportement du système à une demande de position précise de la charge et d'en étudier les performances dynamiques et statiques.



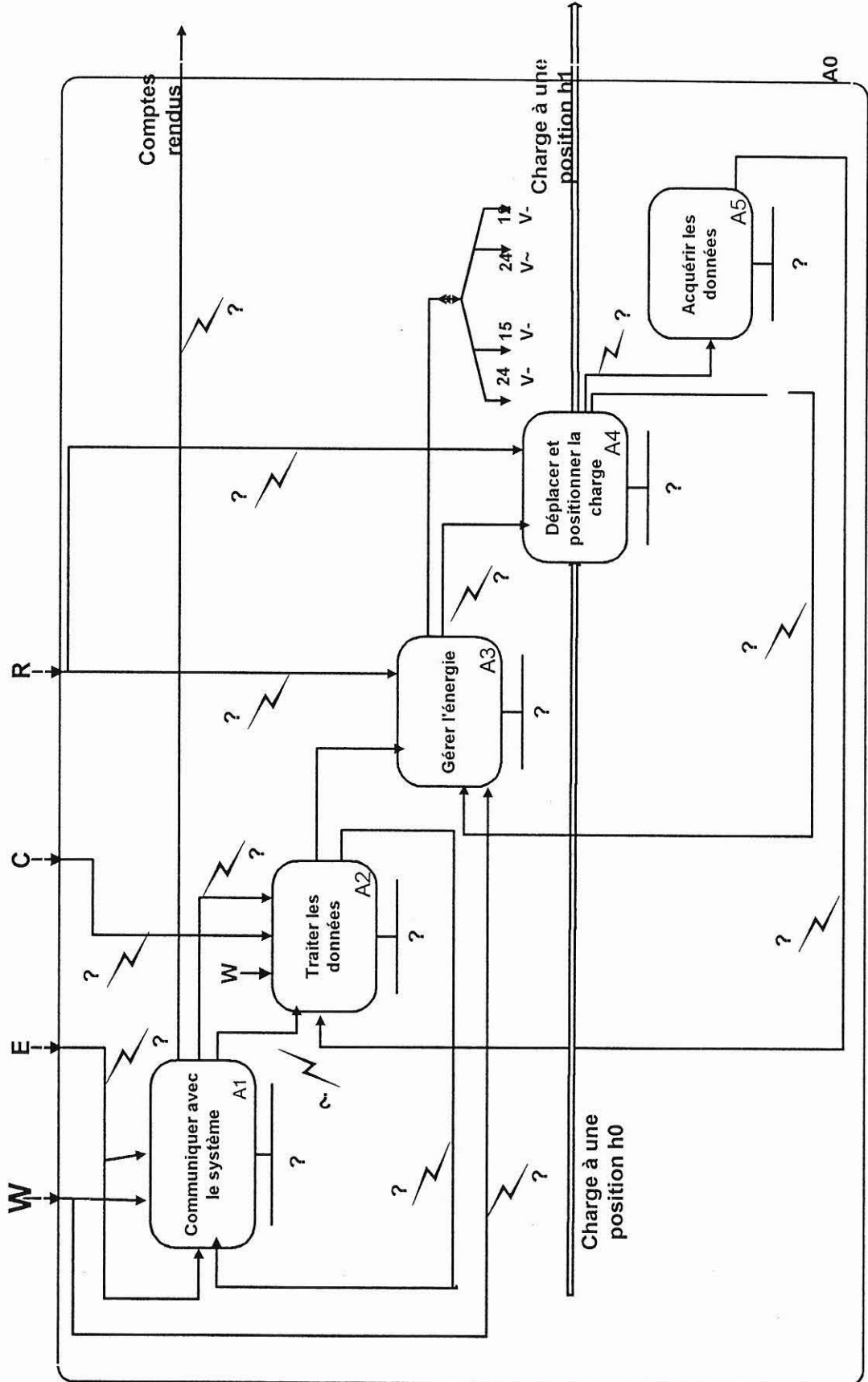
**3.1 Asservissement de position : Effet du gain**

9. On désire étudier les performances de l'asservissement de position autour de la consigne. Effectuer le montage suivant :
10. On désire positionner la charge à une distance de 141 mm du point de référence. A cette distance correspond une tension de consigne de 3 V qui sera réglée précisément sur l'alimentation 1. Afin de visualiser précisément l'écart de position, on place en opposition une alimentation 2 qui sera réglée précisément à 3V.  
En prenant plusieurs valeurs de gain ( $K_p=1$  ;  $K_p=10$  ;  $K_p=30$ ),
  - Calculer les paramètres P13 associés aux différents gains ci dessus et configurer le régulateur
  - Régler les différents calibres de l'oscilloscope : (Voie A : Position =  $f(t)$  cal : 2 mV /carreau ; voie B : Consigne =  $f(t)$  cal : 1V /carreau et la base de temps 500 ms / carreau ).
  - Relever sur les 2 voies de l'oscilloscope la position et la consigne en fonction du temps et interpréter les réponses obtenues.
11. Dans chaque cas, mesurer la rapidité (pente) et l'erreur statique. Préciser à quel moment le limiteur de pression agit ?
12. Conclure sur l'effet du gain sur les performances du système.

**3.2 Effet de l'action intégrale :**

13. Le gain étant égal à 1, modifier les constantes de temps du proportionnel intégral, relever, dans chaque cas les réponses obtenues et analyser les résultats.
14. Conclure sur l'effet de l'action intégrale sur les performances du système.

DOCUMENT REPONSE



# ***TP4 : analyse du système***

## ***Eléments de correction***



## 1. Mise en situation du sous système

### 1.1 Analyse fonctionnelle

#### *Q1* et *Q2*

A4 : Déplacer et positionner une charge

Structures matérielles : la mécanique (système de levage à ciseaux)

Le vérin hydraulique

Le moteur monophasé + pompe

Réservoir de fluide

...

Liaison A4-A5 : action sur le capteur de position potentiométrique

A5 : Acquérir les données : le capteur de position potentiométrique

Le capteur de sécurité à code : le "furtif"

Le capteur de pression

Liaison A4-A2 : informations des différentes parties de la PO

Porte ouverte

Position de la charge

Détection de la pression

A2: TRAITER les données : API TSX37

Régulateur numérique PID

Liaison A2-A3 : ordres de commandes

A3: GERER les énergies : Distributeur proportionnel

Clapet anti-retour

Liaison A3-A4 : Energie hydraulique

A1: Communiquer avec le système : XBT gamme Magelis

Manomètre

Afficheurs position, pression, consigne ...

Leds

Boutons poussoirs

Voyants

....

Liaison A1-A2 : Données boutons poussoirs

*Q3*. Situer sur le système les différents éléments du schéma de puissance hydraulique

### 1.2 Dimensionnement de la pompe

*Q4*. Débit théorique ?

$Q_{th} = \text{cylindrée} * \text{vitesse de rotation} = 2.1 * 1450 = 3045 \text{ cm}^3 / \text{mn} = 3.045 \text{ l} / \text{mn}$

**Q5.** Puissance du moteur d'entraînement

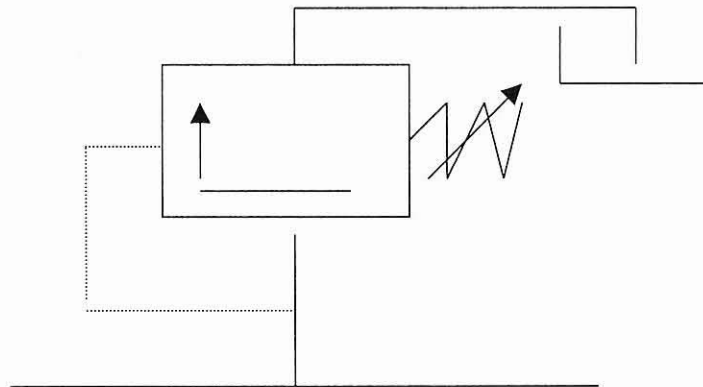
$P_u = Q_{th} * \text{pression} = 3.045 * 10^7 / 60 * 10^3 = 507 \text{ W}$

Choix du moteur =>  $P_u = 750 \text{ W}$

**Q6.** Rôle du limiteur de pression et symbole ?

Sur une installation, un vérin doit vaincre un effort  $F$ . La pompe débite un débit de  $Q$  l/mn à  $p$  bars. Supposons que  $F$  devienne plus important que prévu et à la limite l'effort  $F$  peut devenir moteur et la pression atteint alors dans le circuit une valeur dangereuse. Le vérin est bloqué, la pression monte et il faut évacuer le débit de la pompe en maintenant la pression à un niveau raisonnable. On va donc utiliser un dispositif de sécurité appelé soupape de sûreté ou limiteur de pression. Il se place en dérivation sur le circuit à protéger.

Symbole :

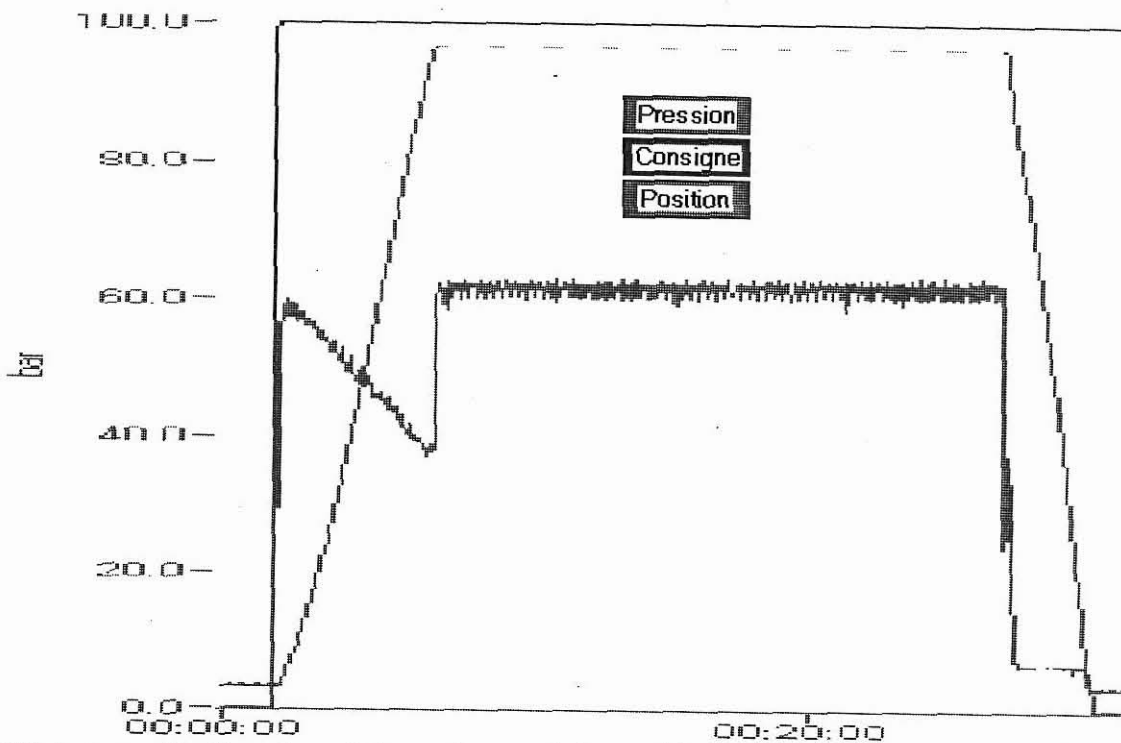


## 2. Essais expérimentaux

**Q7.** Gain du régulateur  $P_{13} = 80 \Rightarrow K_p = 10$

- voie A : évolution de la pression lors de la montée de la charge maxi
- voie B : Position du plateau





**Q8. interprétation des phénomènes :** A la position référence 0 du plateau, la pression est importante pour décoller le plateau de sa position puis la pression décroît c'est à dire que plus le plateau est haut, moins le vérin fournit d'effort.

**3. Etude du comportement du système en asservissement de position**

**3.1 Effet du gain :**

**Q9. Montage à réaliser :**

Afin de mesurer l'écart entre la position réelle du plateau et la consigne demandée, on réalise le montage donné.

**Attention !** Il faut effectuer des réglages précis des alimentations 1 et 2.

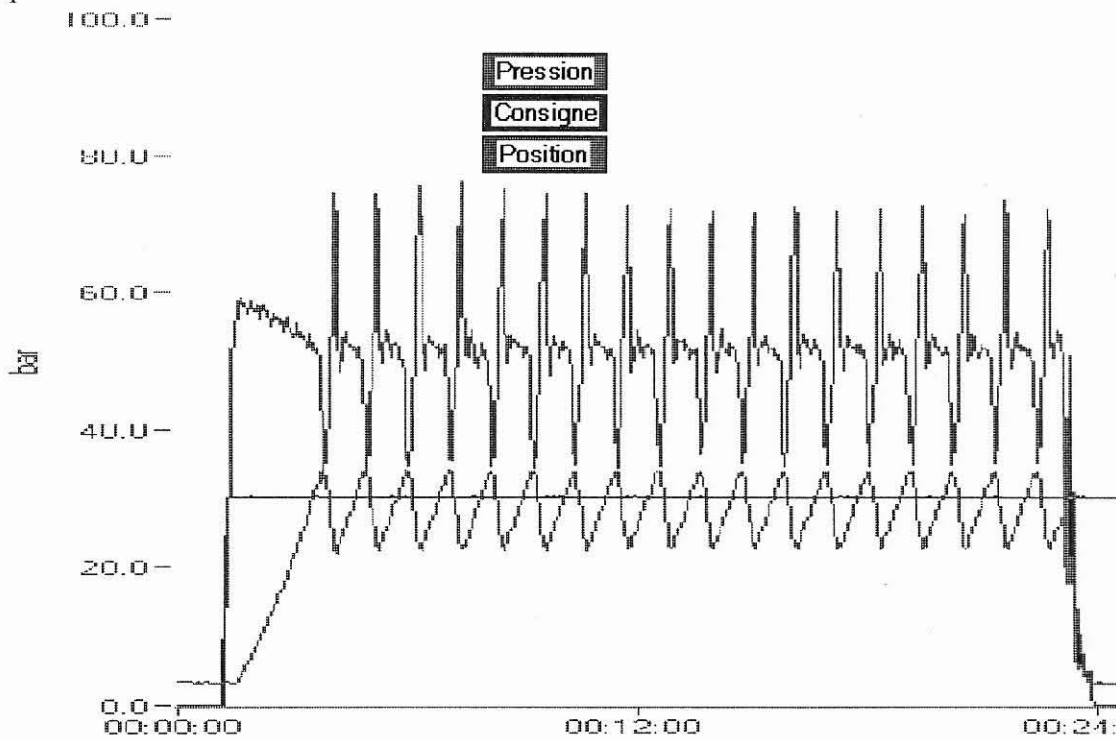
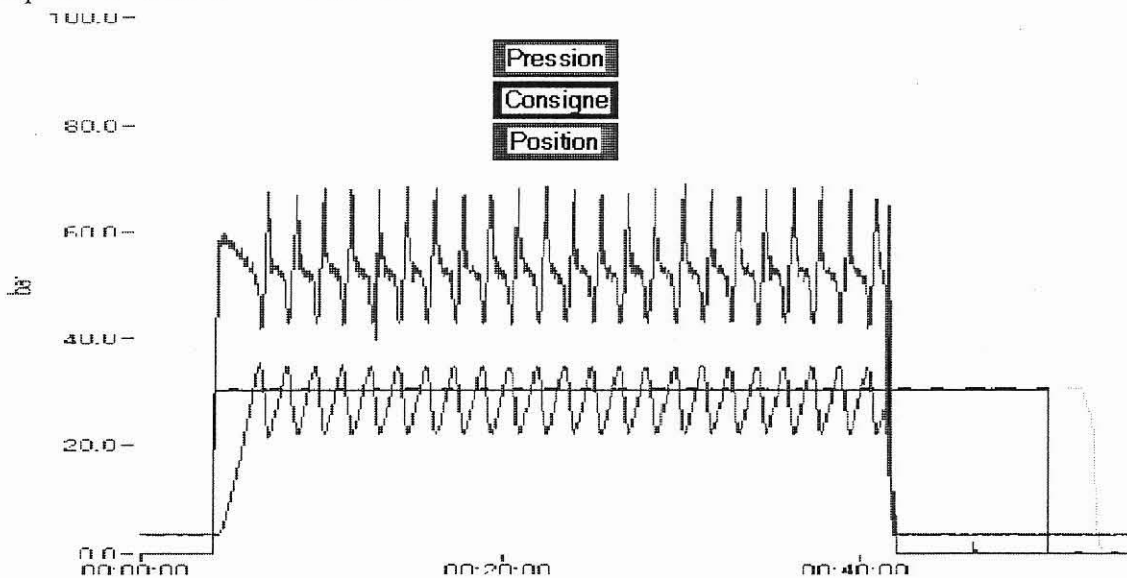
L'alimentation 2 permet à tout instant de réaliser un soustracteur ( $V_{oscilloscope} = V_{mesurée} - V_{lim2}$ ) de façon à diminuer le calibre de l'amplitude de la voie A de l'oscilloscope et ainsi d'obtenir une meilleure précision.

Pour vérifier cet écart, la grandeur U12 peut être visualisée sur les paramètres U du régulateur.

**Q10.. Relevés :** voir figures oscilloscopes

- fig. A :  $K_p=1 \Rightarrow P13=8$
- fig. B :  $K_p=10 \Rightarrow P13=80$
- fig. C :  $K_p=30 \Rightarrow P13=240$

**Q12.** En augmentant le gain, on diminue l'écart  $\epsilon$  de position entre la consigne et la position réelle du plateau. De plus, en augmentant trop le gain, on voit apparaître des oscillations qui entraîne une instabilité du plateau.

**3.2 Effet de l'action intégrale** $K_p = 1 \Rightarrow P13=8 \quad P17=127$  $K_p=1 \Rightarrow P13=8 \quad P17=64$ 

## *TP5 : Comportement dynamique du système*

# **ELEVATEUR HYDRAULIQUE**

***TP1 : analyse de la conformité du système  
(normes de sécurité)***

***Eléments de correction***



**Éléments de corrigé : Analyse de la conformité du système aux normes de sécurités****1. Introduction.****2. Travail demandé.****2.1 Article 1.1.5 : conception de la machine en vue de sa manutention.**

1. Citer les moyens mis en œuvre pour répondre aux spécifications de cet article.  
Roulettes
2. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.1.5.  
Conforme

**2.2 Article 1.2.1 : sécurité et fiabilité des systèmes de commande.**

3. Citer les 5 points particuliers auxquels doit répondre la partie commande du système en cas d'interruption de service.  
Pas de mise en marche intempestive, pas empêchement de l'arrêt si l'ordre a été donné, ni chute ni éjection d'élément mobile, pas d'empêchement de l'arrêt automatique, pas d'interruption de l'efficacité des dispositifs de protection.
4. En observant les schémas électriques du système, compléter le tableau suivant :

Défaut ou action	Information donnée par :	Conséquence :	Remise en service :
Ordre d'Arrêt d'urgence	BP coup de poing ARU (S5)	Contacteur KM1 hors énergie Moteur pompe hors énergie	Appui sur BP Marche (S6)
Ordre d'Arrêt normal	BP arrêt	Vérin maintenu en position par clapet anti-retour	
Surcharge de la pompe	Disjoncteur magnétothermique Q2	Voyant Marche (S6) éteint	
Ouverture de la porte	Capteur furtif U6	Autorisation fonctionnement sur régulateur absente	
Coupe momentanée de l'alimentation en énergie électrique		Ouverture de KM1, arrêt de la pompe : la table reste en position grâce aux clapets anti-retour	Appui sur BP Marche (S6)
Variation raisonnable ( $\pm 10\%$ ) de l'alimentation en énergie électrique		Aucune	Sans objet

5. Donner les conséquences d'une variation raisonnable ( $\pm 10\%$ ) de l'alimentation en énergie du système.  
aucune

6. Donner les conséquences d'une rupture de l'alimentation en énergie électrique du système.  
Ouverture de KM1, arrêt de la pompe ; mais la table reste en position grâce aux clapets anti-retour.
7. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.2.1.  
Conforme

### 2.3 Article 1.2.2 : conduites de la machine.

8. Citer les moyens mis en œuvre pour répondre aux spécifications de cet article en faisant apparaître le détail pour chacun des trois alinéas « a) », « b) » et « c) ».
- a) organes de services : sérigraphie d'identification claire et précise, accès aux commandes sans obstacle depuis le poste de commande.
- b) signalisation et instruments de contrôle : toutes les informations sont lisibles et claires depuis le poste de commande, la zone de travail est visible depuis le poste de commande.
9. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.2.2.  
Conforme

### 2.4 Article 1.2.3 : mise en marche.

10. Citer les actions à effectuer pour remettre en marche le système après un arrêt commandé.  
Appui sur BP marche
11. Citer les actions à effectuer pour remettre en marche le système après un arrêt sur défaut (ouverture du carter, surcharge du moteur...)  
Appui sur BP marche
12. Justifier la présence ou l'absence de dispositifs de validation ou sélection d'organe de mise en service tels ceux visés dans l'article 1.2.3.  
Le seul danger que pourrait courir un opérateur serait d'être en intervention dans la cage de l'élévateur lors de sa remise en route. Pour y remédier le capteur furtif U6 interdit la mise en marche tant que le protecteur mobile n'est pas fermé. Ce capteur posséder un dispositif de codage, il est d'autre part impossible de le tromper.
13. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.2.3.  
Conforme

### 2.5 Article 1.2.4 : dispositif d'arrêt.

14. Identifier le dispositif permettant l'arrêt normal du système HydroTechnic<sup>®</sup>.  
BP d'arrêt.
15. Proposer une manipulation permettant de vérifier la conformité du dispositif d'arrêt normal au texte réglementaire.  
Appui simultané sur BP d'arrêt et BP marche
16. Effectuer sur le système la manipulation proposée et décrire le résultat obtenu.  
L'arrêt est prioritaire
17. Identifier le dispositif permettant l'arrêt d'urgence du système HydroTechnic<sup>®</sup>.  
Interrupteur coup de poing.

18. En observant les schémas électriques et hydrauliques du système, décrire l'état d'alimentation en énergie des actionneurs (moteur et vérin) après une action d'arrêt normal ou d'urgence.  
Contacteur KM1 ouvert donc pas d'alimentation électrique de la pompe.  
Pompe non alimentée donc pas d'énergie hydraulique disponible.  
Aucun actionneur n'est donc alimenté.
19. Décrire les réactions du système HydroTechnic<sup>®</sup> à une action d'arrêt (cycle de dégagement, immobilisation des parties mobiles, etc...)  
La partie opérative est immédiatement immobilisée.
20. Identifier le ou les élément(s) permettant(s) d'obtenir cette réaction du système.  
Suppression de l'alimentation en énergie hydraulique pas arrêt de la pompe en maintien en position par les clapets anti-retour (voir DT18, repère 1N).
21. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.2.4.  
Conforme
- 2.6 Article 1.4 : caractéristiques pour les protecteurs et les dispositifs de protection.**
22. Citer les moyens mis en œuvre pour répondre aux spécifications de cet article.  
Les protecteurs fixes ne peuvent être démontés qu'à l'aide d'outils et leur conception (grille) n'empêche pas la vision de la partie opérative. Ils ne peuvent pas non plus être maintenus en place sans leurs vis de fixation.  
Le protecteur mobile reste solidaire de la PO même en position ouverte et associé au capteur furtif, il empêche le fonctionnement de la machine, donc tout mouvement de pièce, tant qu'il n'est pas correctement remis en place.
23. Conclure sur la conformité du système HydroTechnic<sup>®</sup> à l'article 1.4.  
Conforme

## ***TP2 : Etude mécanique du système***

# ***ELEVATEUR HYDRAULIQUE***



# *TP5 : Comportement dynamique du système*

## *Documents de travail*



## Contrat de formation

**Objectifs :**

L'objectif de cette séquence est d'analyser le comportement de l'ensemble pré-actionneur actionneur d'un système réel.

**Liaisons référentiel BTS maintenance :****MECANIQUE****4 Dynamique**

4.3 théorème de l'énergie cinétique

**6. Mécanique des fluides**

6.4 Applications:

Distributeur, limiteurs, régulateurs, pompes hydrauliques

**AUTOMATIQUE****4. Commandes de systèmes**

4.2 Commandes proportionnelles

Hydraulique proportionnelle

**Pré - requis :**

Mécanique des fluides

**Documents ressources**

Dossier technique Hydro Technic.

Documentation sur logiciel Hydro Technic

Dossier ressource du TP5

**Matériel mis à disposition**

Système de levage Hydro Technic

Ordinateur type PC équipé du logiciel Hydro Technic

Imprimante.

## Fiche de travail

### 1 . Objet de la mesure

On se propose dans cet essai de déterminer l'incidence de la valeur en commande appliquée au distributeur sur le débit de fluide fourni au récepteur (vérin)

Le système sera utilisé en *boucle ouverte*.

La consigne appliquée sera de type *échelon*.

Réglages des paramètres effectués sur le régulateur pour la boucle ouverte  $E1 = 1$  ,  $E8 = 0$

Réglages des paramètres P . I . D

P13 gain KP = 1

P17 TI = 0

P18 TD = 0

### 2 . Préparation du système

- Charger le plateau avec 50 Kg
  - Interrupteur d'alimentation sur <1>
  - Vérifier la conformité des paramètres <P>, <E>, <S> avec les paramètres conseillés
  - Mettre le commutateur S9 sur la position <Ext>
  - Régler le paramètre <UI> sur la valeur de la consigne choisie, on fera évoluer <U1> de 1 à 10 volts avec une variation de 1 volt entre les essais.
  - Préparer l'acquisition avec le logiciel Hydro Technic en sélectionnant les paramètres suivants.
    - \* Menu *Paramétrage Echantillonnage* : **Intervalle = 30 pour <U1> = 1 volt**  
**à Intervalle = 6 pour <U1> = 10 volts**  
**Echantillonnage = 50**
  - \* Sélectionner les courbes enregistrées : Consigne, Mesure, Position
  - Alimenter la pompe par appui sur le bouton poussoir <marche>
  - Démarrer l'acquisition par le logiciel.
  - Mettre le commutateur sur la position R1, application de la consigne "échelon"; Commande du distributeur : mouvement de la table.
  - Arrêter l'acquisition en fin de montée de la table.
  - Exploiter les courbes obtenues.
  - \* Relever la durée de la montée et l'amplitude du déplacement correspondant.
  - \* La pression dans la chambre 1 du vérin au début du déplacement.
  - \* L'écart entre la pression initiale dans la chambre 1 et la pression finale.
  - Couper l'alimentation du distributeur en ramenant le commutateur sur la position <Ext>
- la plate - forme revient en position basse; arrêter la pompe.
- Recommencer en modifiant la valeur de consigne <U1>.

**3 . Exploitations des résultats**

- 1 - Donner l'expression du débit moyen correspondant à la période de montée de la table. Utiliser les caractéristiques du vérin (Dossier Technique Hydro Technic).
- 2 - Etablir le graphe débit moyen en fonction de la valeur de consigne.
- 3 - Comparer les valeurs des pressions maxi de chaque relevé ainsi que les variations de pression.
- 4 - Commenter les résultats obtenus.

**4 . Etude Dynamique**

Expression de la pression dans la chambre 1 du vérin ; phase de sortie de tige du vérin  
 Le déplacement du vérin étant limité seront négligés : les pertes entre les chambres 1 et 2 ainsi que les frottements visqueux. Fluide supposé incompressible.

5 - A partir des relations 1,2,5,6,7 voir document ressource TP5 ; Déterminer l'expression de la pression P1 dans la chambre 1 en fonction de Pp, Pt, α , Me, Fe  
 on posera α = S2/S1

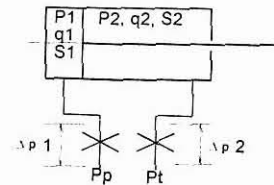
$$q1 = qn * \sqrt{(Pp - P1)/(\Delta p'n)} \quad (1)$$

$$q2 = qn * \sqrt{(Pp - Pt)/\Delta p'n} \quad (2)$$

$$q1 = S1 * dx/dt + (V1/B) * (dP1/dt) + \epsilon * (P1 - P2) \quad (5)$$

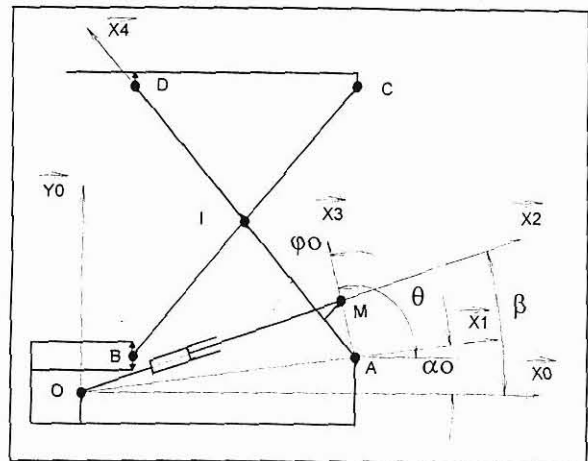
$$q2 = S2 * dx/dt + (V2/B) * (dP2/dt) + \epsilon * (P1 - P2) \quad (6)$$

$$Me * d^2x/dt^2 = P1 * S1 - P2 * S2 - f * dx/dt - Fe \quad (7)$$



- Pp pression d'alimentation au distributeur
- P1 pression dans la chambre 1
- P2 pression dans la chambre 2
- q1 débit dans la chambre 1
- q2 débit dans la chambre 2
- Me masse équivalente associée à la charge M et rapporté à l'axe du vérin
- f : frottement visqueux
- Fe : effort extérieur appliqué à la tige du vérin :

6 - Déterminer Me en fonction de M  
 Si M représente la valeur de la masse en mouvement  
 M = masse de la table + masse de la charge.  
 $\sqrt{G5/0}$  la vitesse de déplacement de la table.  
 $\lambda' \overline{X2}$  la vitesse de sortie du vérin.  
 L'inertie des bras est négligée.  
 Liaisons parfaites.



7- En régime permanent λ' sera supposée constante ; Exprimer dans ce cas la pression dans la chambre P1.

8 - Expression de  $F_e$

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique exprimer  $F_e$  en fonction de  $VG$ ,  $\Gamma G$ ,  $M$ ,  $\lambda$

9 - L'analyse statique a permis d'exprimer l'effort fourni par le vérin

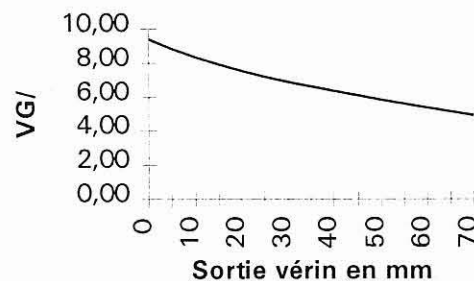
$$FV = 2 \cdot l \cdot M \cdot g \cos(\theta + \psi) / R \cdot \sin(\theta + \beta)$$

L'analyse cinématique a permis d'exprimer la vitesse de  $\sqrt{VG}$

$$VG = 2 \cdot l \cdot \lambda \cos(\theta + \psi) / R \cdot \sin(\theta + \beta)$$

Montrer comment évolue  $F_e$  en fonction de  $FV$

10 - On donne ci dessous l'évolution de  $VG/\lambda$  en fonction de la sortie du vérin



Commenter l'évolution de l'effort sur le vérin au cours de la montée de la table.

11 - Calculer la valeur de la pression dans la chambre P1 au début de la course avec  $P_p = 65$  bars et  $P_t = 0$ .

$$2 \cdot l = 763 \text{ mm}$$

$$M = 50 + 25 \text{ Kg}$$

$$R = 107,6 \text{ mm}$$

$$\psi = 28,1^\circ$$

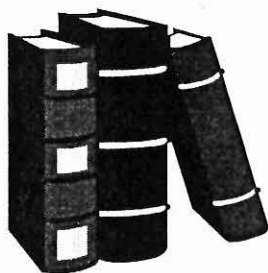
$$\beta = 14,79^\circ$$

$$\theta = 146,13^\circ$$

Comparer avec les valeurs enregistrées.

## *TP5 : Comportement dynamique du système*

### *Documents ressource*

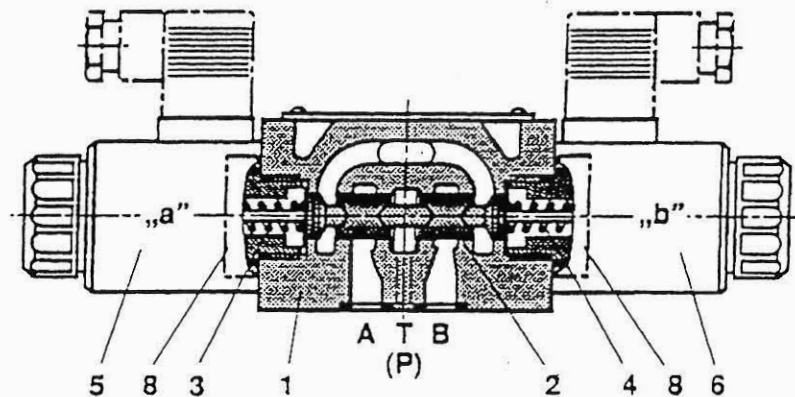


**TP N°5 - Comportement dynamique du système :**

Servo-distributeurs :

Distributeurs permettant d'agir sur la direction et le débit.

Ils se composent principalement d'un corps, de 2 solénoïdes, d'un tiroir de commande, de 2 ressorts de rappel.



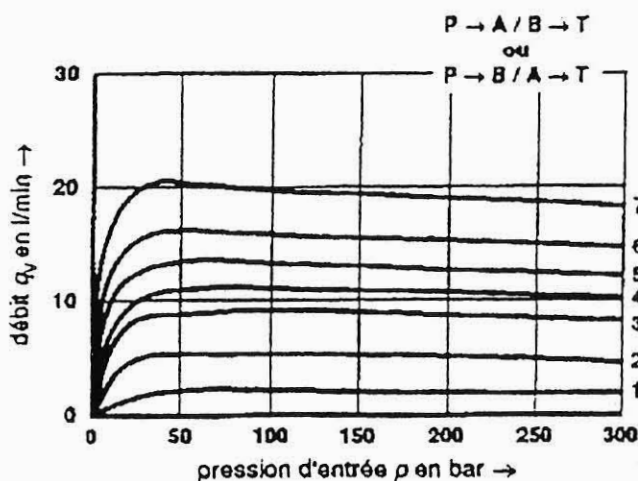
Type 4WRA 6 ...-2X/...

Lorsque les solénoïdes ne sont pas excités le tiroir de commande est en position médiane, les liaisons entre les circuits P, A, B et T sont ainsi interrompues.

Le déplacement du tiroir est fonction du courant d'excitation de la bobine A.

La section de passage est proportionnelle au déplacement de la bobine, le débit est donc proportionnel au courant d'excitation appliqué au solénoïde.

Débit nominal 15 l/min



- 1 consigne 40 %
- 1 consigne 50 %
- 1 consigne 60 %
- 1 consigne 70 %
- 1 consigne 80 %
- 1 consigne 90 %
- 1 consigne 100 %

**Courbes caractéristiques en fonction des différents recouvrements en position médiane :**

Recouvrement nul :

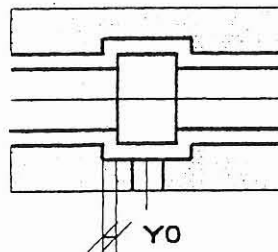
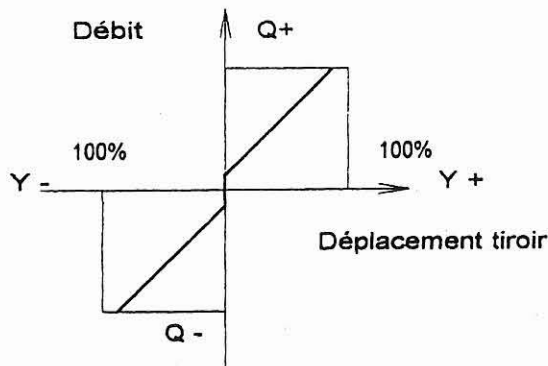
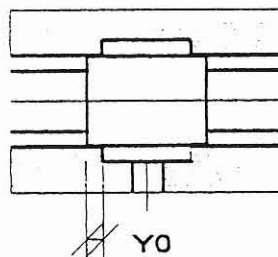
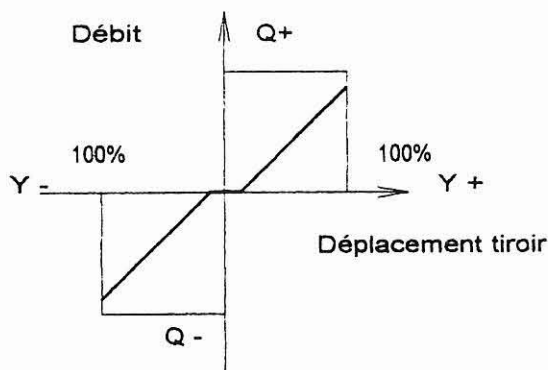
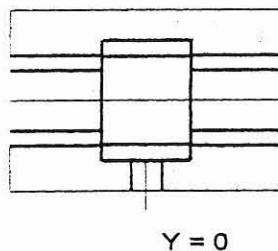
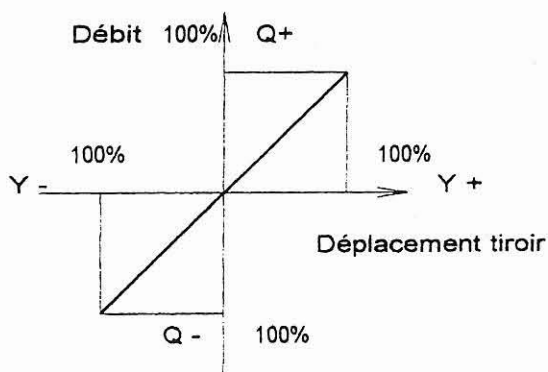
Pour une ouverture du tiroir de commande  $Y = 0$ , le débit est nul pour  $|Y| > 0$  il ya débit de passage à travers une arête de commande.

Recouvrement positif :

Les sections de commande restent fermées dans le domaine  $|Y| < Y_0$  pour  $|Y| > 0$  il y a débit de passage constant à travers l'arête de commande.

Recouvrement négatif :

Pour une ouverture  $|Y| = 0$ , il ya débit de passage à travers deux arêtes de commande.





**Débit nominal**

Le débit nominal est toujours rapporté à l'ouverture maximum du distributeur.

**Relation débit -pression à travers un étranglement**

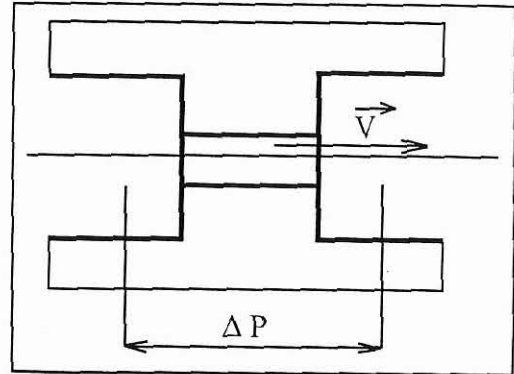
$$\Delta p = \xi * \rho * v^2 / 2$$

$\Delta p$  : perte de charge

$\rho$  : masse volumique du fluide

$v$  : vitesse du fluide à travers l'étranglement

$\xi$  : coefficient dépendant de la forme de l'orifice



si l'on note que  $v = q / s$

$q$  : débit du fluide

$s$  : section de l'orifice

$$\Delta p = \xi * \rho * q^2 * 2 / s^2$$

Si  $q_n$  correspond au débit nominal pour une sections de l'étranglement ; on obtient

$$\Delta p'_n = \xi * \rho * q_n^2 / s^2 * 2$$

$\Delta p'_n$  : perte de charge nominale par voie d'où

$$\Delta p / \Delta p'_n = q^2 / q_n^2$$

Soit un débit  $q$  à la sortie d'une voie du distributeur

$$q = q_n * \sqrt{\Delta p / \Delta p'_n}$$

Pour un distributeur à action proportionnelle la section de l'étranglement  $s$  est modifiée par le déplacement du tiroir

**Equation de débit du distributeur :**

$$q_1 = q_n * \sqrt{(P_p - P_1) / (\Delta p'_n)} \quad (1)$$

$$q_2 = q_n * \sqrt{(P_2 - P_t) / (\Delta p'_n)} \quad (2)$$

$P_p$  pression d'alimentation au distributeur

$P_1$  pression dans la chambre 1

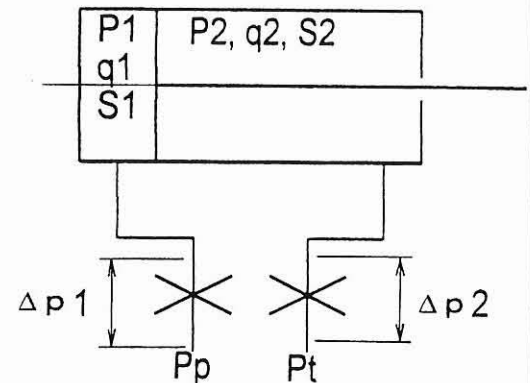
$P_2$  pression dans la chambre 2

$q_1$  débit dans la chambre 1

$q_2$  débit dans la chambre 2

$\Delta p'_n$  : perte de charge nominale par voie

$q_n$  : débit nominal du distributeur ( perte de charge nominale et ouverture maximale)



perte de charge d'un distributeur : somme des différences de pression aux arêtes d'étranglement ; alimentation et retour.

**Comportement du vérin**

**volume du fluide soumis à la pression P1 ou P2**

$$V1 = V1r + S1 * x \quad (3)$$

$$V2 = V2r + S2 * (c - x) \quad (4)$$

V1r et V2r volume résiduel entre la chambre considéré et le distributeur pour les positions arrière et avant du vérin

**équations de débit liées à la modélisation du comportement hydraulique des chambres.**

Le débit entrant dans la chambre 1 est utilisé pour assurer le déplacement et compenser les variations de volume dues à la compressibilité de l'huile et éventuellement aux fuites entre chambres :

$$q1 = S1 * dx/dt + ( V1/B ) * (dP1/dt) + \epsilon * (P1-P2) \quad (5)$$

$$q2 = S2 * dx/dt + ( V2/B ) * (dP2/dt) + \epsilon * (P1-P2) \quad (6)$$

B : module de compressibilité de l'huile

**principe fondamental de la dynamique ; théorème de la résultante dynamique appliqué au vérin en projection sur l'axe  $\vec{x}$  associé à la tige du vérin**

$$Me * d^2x/dt^2 = P1*S1 - P2*S2 - f * dx/dt - Fe \quad (7)$$

Me masse équivalente associée à la charge M et rapporté à l'axe du vérin

f : frottement visqueux

Fe : effort extérieur appliqué à la tige du vérin :

**Etude du comportement du système**

Le déplacement du vérin étant limité seront négligés les pertes entre les chambres 1 et 2 , la compressibilité de l'huile ainsi que les frottement visqueux.

**Questions 1**

A partir des relations 1,2,5,6 déterminer la valeur de P1 en fonction de Pp, Pt, S1, S2 , Me, Fe on posera  $\alpha = S1/S2$

**Question 2**

Déterminer Me en fonction de M et de la position de la table défini par  $\theta$

**Question 3**

Pour une vitesse constante de sortie de la tige du vérin déterminer l'accélération de la charge M

**Question 4**

Montrer comment évolue la pression P1 dans la chambre 1

## Question 5

Sur la plateforme

relevé de l'évolution de la pression au cours de la montée de la table .  
Consigne entrée 1 échelon : 440 mm soit 9 volts

Charge 100 Kgs

Relevé 1 : Réglage régulateur KP1 = 200, Gain I = 0 Gain D = 0

Relevé 2 : Réglage régulateur KP1 = 30, Gain I = 0 Gain D = 0

Charge 50 Kgs

Relevé 3 : Réglage régulateur KP1 = 30, Gain I = 0 Gain D = 0

Relevé 4 : Réglage régulateur KP1 = 200, Gain I = 0 Gain D = 0

Charge 0 kg ; à vide (table seule)

Relevé 5 : Réglage régulateur KP1 = 200 Gain I = 0 Gain D = 0

Relevé 6 : Réglage régulateur KP1 = 30, Gain I = 0 Gain D = 0

- Exploitation - Relevé.

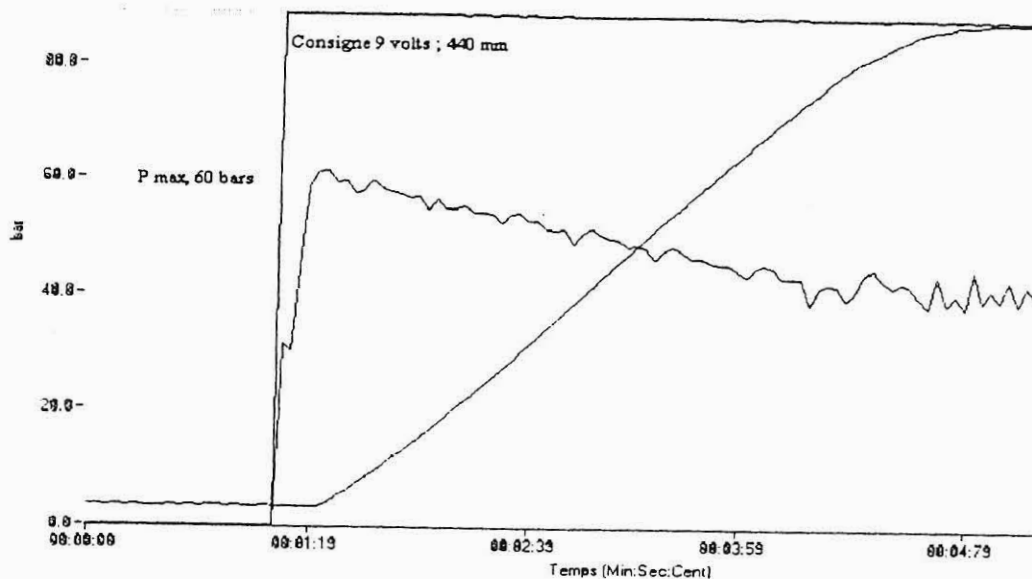
- Débit - Pression.

**Relevé N° 1 :**

Consigne échelon 9 volts : 440 mm.

Charge 100 Kgs.

Réglages régulateur : Gain Kp1 : 200; Gain I : 0; Gain D : 0.

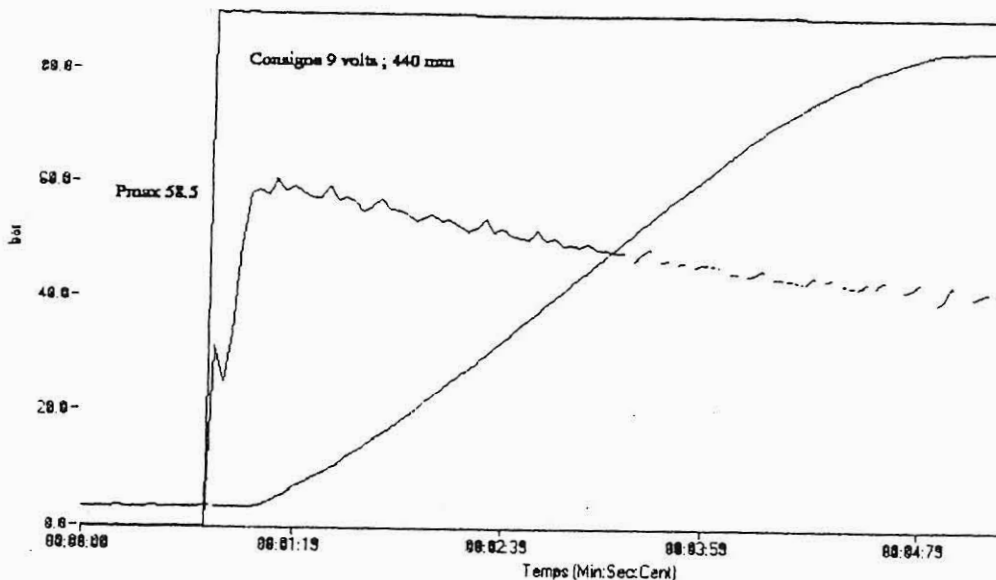


**Relevé N° 2 :**

Consigne échelon 9 volts : 440 mm.

Charge 100 Kgs.

Réglages régulateur : Gain Kp1 : 30; Gain I : 0; Gain D : 0.

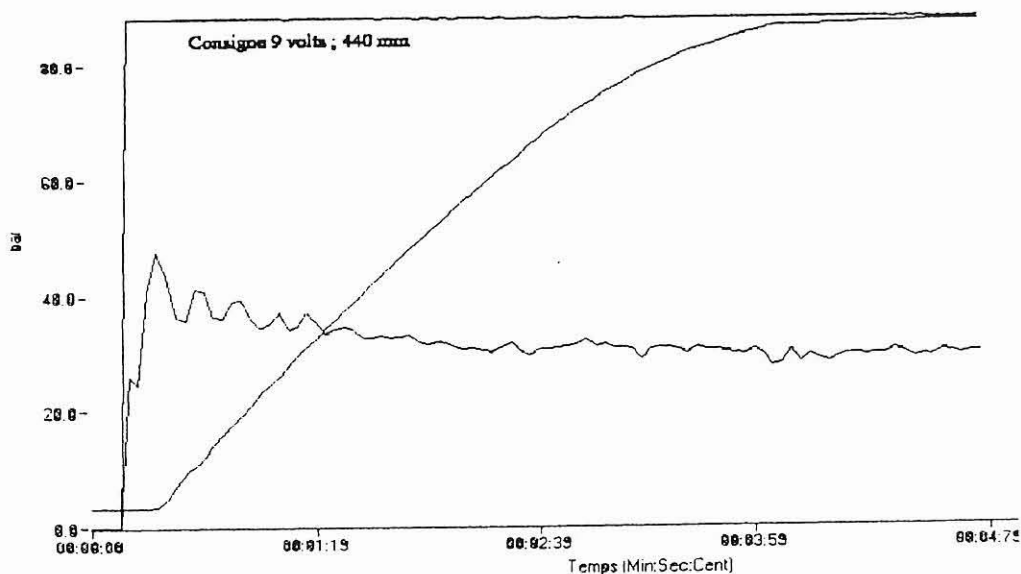


**Relevé N° 3 :**

Consigne échelon 9 volts : 440 mm.

Charge 50 Kgs.

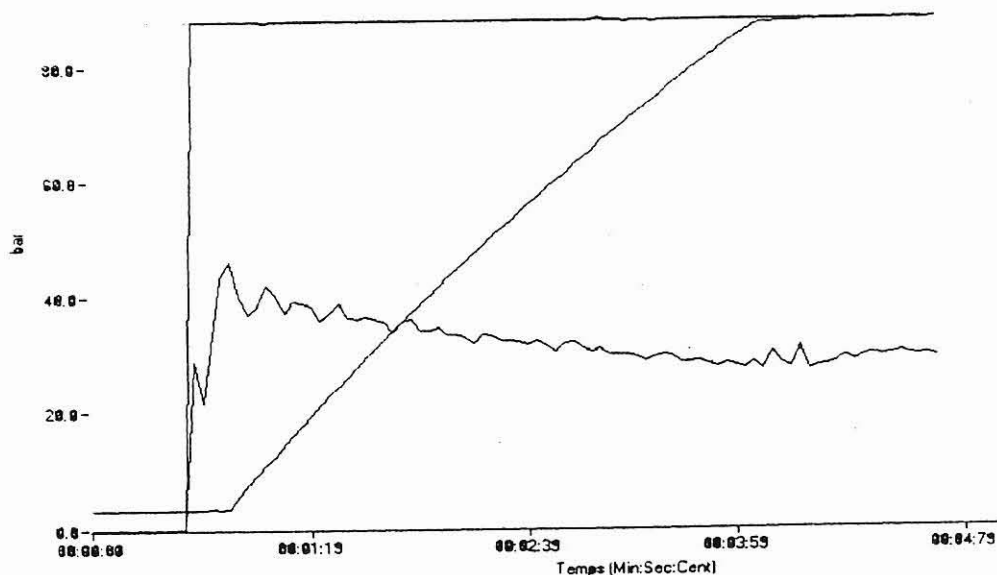
Réglages régulateur : Gain Kp1 : 30; Gain I : 0; Gain D : 0.

**Relevé N° 4 :**

Consigne échelon 9 volts : 440 mm.

Charge 50 Kgs.

Réglages régulateur : Gain Kp1 : 200; Gain I : 0; Gain D : 0.

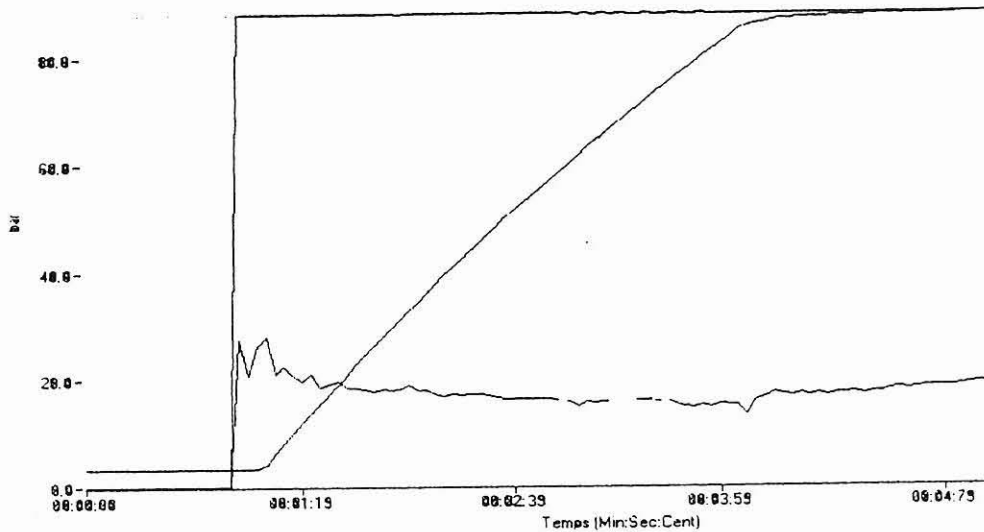


**Relevé N° 5 :**

Consigne échelon 9 volts : 440 mm.

Charge 0 Kg ( à vide ).

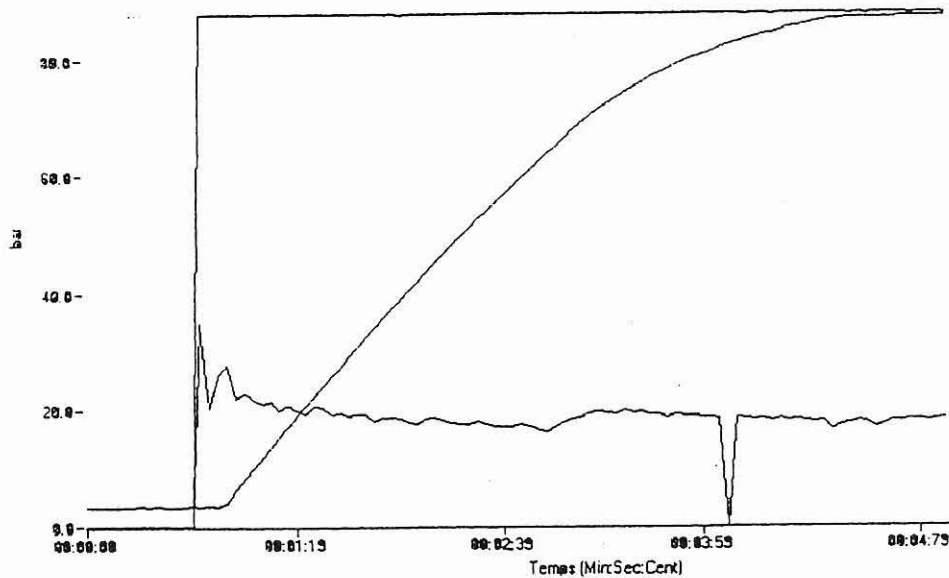
Réglages régulateur : Gain Kp1 : 30; Gain I : 0; Gain D : 0.

**Relevé N° 6 :**

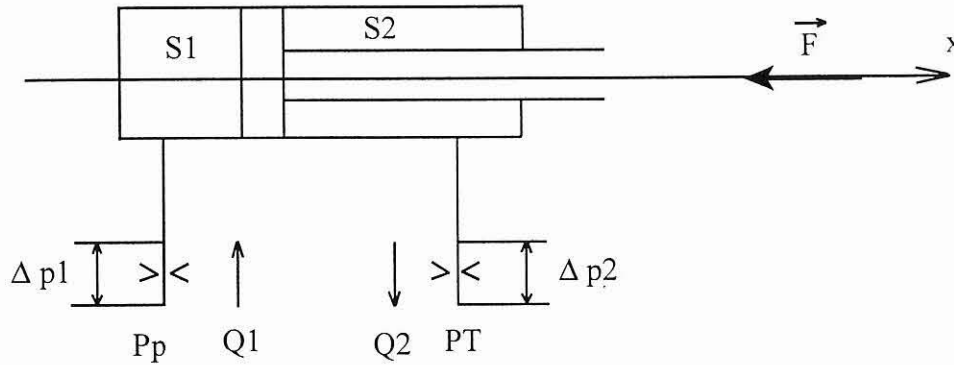
Consigne échelon 9 volts : 440 mm.

Charge 0 Kg ( à vide ).

Réglages régulateur : Gain Kp1 : 30; Gain I : 0; Gain D : 0.



Pertes de charges dans le distributeur :



$$P_p - P_1 = \Delta p_1$$

$$P_2 - P_T = \Delta p_2$$

Equation mécanique de l'ensemble isolé théorème fondamentale de la dynamique en projection sur l'axe  $\vec{x}$

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} = P_1 S_1 - P_2 S_2 - F \frac{dx}{dt} - F$$

Masse équivalente  
Rapport à l'axe du vérin

Frottement  
visqueux

**3 états à analyser :**

- Période d'accélération → début du mouvements,
- Vitesse constante,
- Position établie.



Equation du débit du vérin :

$$q_1 = S_1 \frac{dx}{dt} + d(P_1 - P_2) + \frac{V_1}{B} \frac{dp_1}{dt}$$

$$q_2 = S_2 \frac{dx}{dt} + d(P_1 - P_2) - \frac{V_2}{B} \frac{dp_2}{dt}$$

$d(P_1 - P_2)$  débit de fuite entre les 2 chambres

B : compressibilité de huile ~ 1500 MPu

En régime permanent :

- Compressibilité négligé,

- Fuite négligé.

$$\alpha = \frac{S_2}{S_1}$$

$$q_1 = \frac{dx}{dt} = q_n \sqrt{\frac{P_p - P_1}{\Delta p_n}}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{1}{\alpha}$$

$$q_1 = \frac{dx}{dt} = q_n \sqrt{\frac{P_p - P_1}{\Delta p_n}}$$

$$q_2 = \frac{S_2 q_1}{S_1} = \alpha q_1$$

$$\frac{q_2^2}{q_1^2} = \alpha^2 = \frac{P_2 - P_T}{P_p - P_1}$$

$$P_2 = \alpha^2 (P_p - P_1) + P_T \quad (1)$$

Pour  $P_1 S_1 = P_2 S_2 + F_e =$

$$P_1 = \frac{P_2 S_2 + F_e}{S_1} = \alpha P_2 + \frac{F_e}{S_1} \quad (2)$$

$$P2 = \alpha^2 ( Pp - [ \alpha P2 + \frac{Fe}{S1} ] ) + PT$$

$$P2 = \alpha^2 Pp - \alpha^3 P2 - \alpha^2 \frac{Fe}{S1} + PT \Rightarrow 1 + \alpha^3 P2 = \alpha^2 Pp - \alpha^2 \frac{Fe}{S1} + PT$$

$$P2 = \frac{1}{1 + \alpha^3} ( \alpha^2 Pp - \alpha^2 \frac{Fe}{S1} + PT )$$

$$P2 = \alpha^2 ( Pp - \alpha P2 - \frac{Fe}{S1} + PT )$$

$$P1 = \frac{\alpha}{1 + \alpha^3} ( \alpha^2 Pp - \alpha^2 \frac{Fe}{S1} + PT ) + \frac{Fe}{S1}$$

$$P1 = \frac{1}{1 + \alpha^3} [ \alpha^3 Pp + \alpha PT ] - \frac{\alpha^3 Fe}{(1 + \alpha^3) S1} + \frac{Fe}{S1} \frac{1 + \alpha^3}{1 + \alpha^3}$$

$$P1 = \frac{1}{1 + \alpha^3} [ \alpha^3 Pp + \alpha PT + \frac{Fe}{S1} ]$$

**A MESURES**

Evolution de la pression P1 lors du déplacement.

Pp : Pression d'alimentation du distributeur,

PT : Pression retour au réservoir,

Fe : équivalent,

S1 : Surface

a : Rapport  $\frac{S2}{S1}$

S1 = pour Ø 50 = 1963 mm<sup>2</sup>

S2 = Pour tige vérin = Ø 30 = 1963 - 707 = 1256 mm<sup>2</sup>.

*TP5 : Comportement dynamique du système*

*Éléments de correction*



**1 - Expression du débit moyen**

Caractéristiques du vérin :

S1 = 1963 mm<sup>3</sup> pour D1 = 50 mm

S2 = 1257 mm<sup>3</sup> pour d2 = 30 mm

D1 diamètre piston

d2 diamètre tige

La course λ maximale du vérin est limitée à 72 mm ; elle correspond à un déplacement de la table de 489 mm

Sur les courbes enregistrées on relève la durée de la montée : t et la course correspondante Cr

Le système étant en boucle ouverte, le déplacement maximal de la table reste le même. Les courbes ci - dessous ont été obtenues avec une charge de 50 Kg

Les valeurs des consignes échelons sont précisées

Calcul du débit moyen D

$$D = S1 * \lambda_{max} / t$$

**2 - 3 (voir tableau)**

**4 - L' évolution de D en fonction de U**

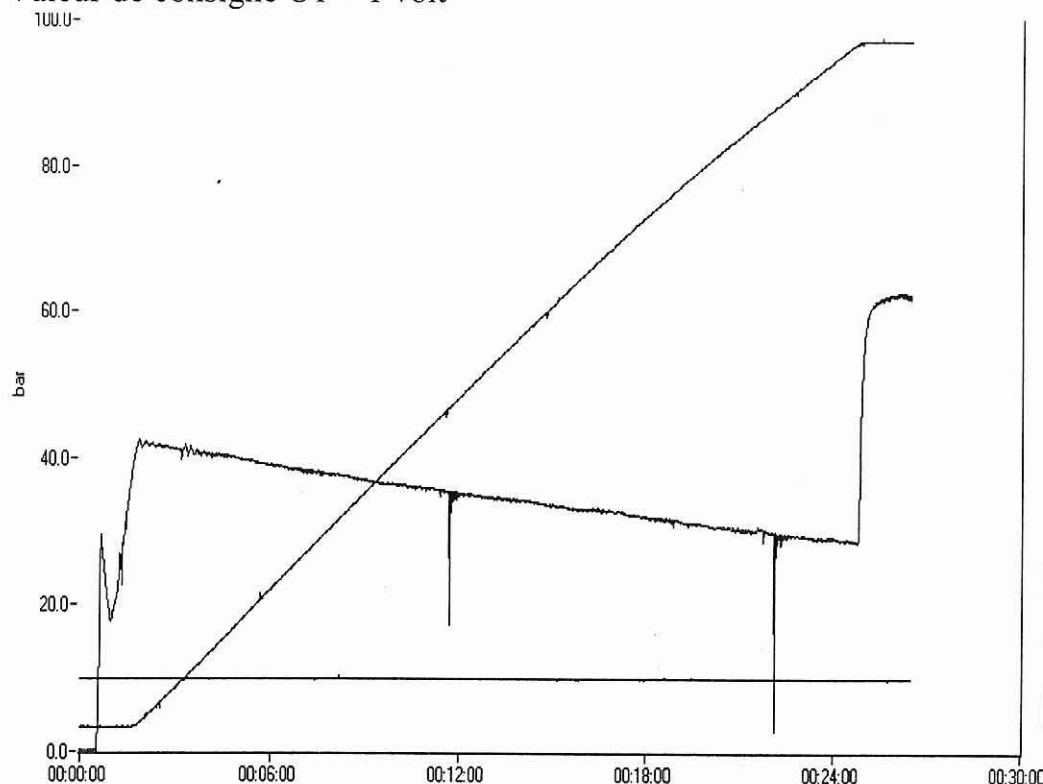
montre que le débit reste proportionnel à la valeur de la consigne.

L'expression du débit sera modifié comme suit :

$$q1 = qn . (U1/U1max ) . \sqrt{(Pp - P1) / (\Delta p' n)} \quad (1)$$

La pression initiale reste constante.

Valeur de consigne U1 = 1 volt



Valeur en sortie  
Position de la  
table

Variation de  
pression

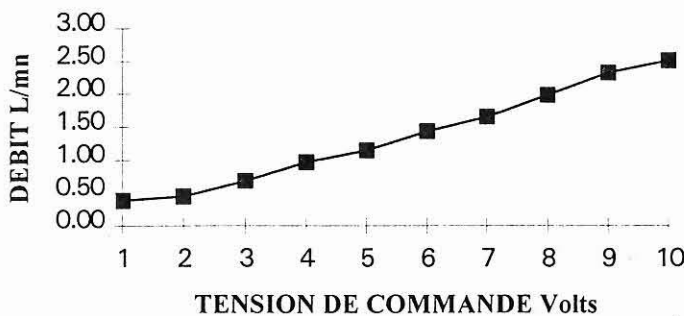
Valeur de  
consigne

**Comportement en Boucle ouverte ; Evolution du débit moyen en fonction de la tension de commande.**

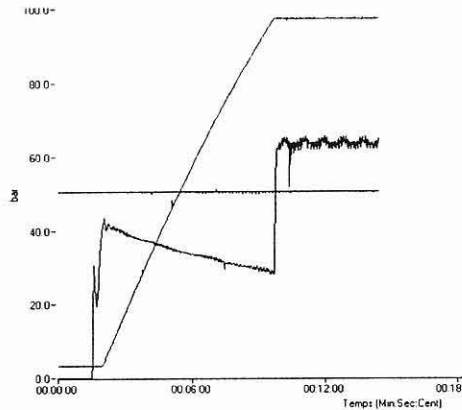
	Déplacement	Durée	Déplacement vérin	Débit	Débit	Pression Maxi	Variation de pression
U1 Volts	mm	s	mm	mm <sup>3</sup> /s	l/mn	bars	bars
1	468	23.2	75.64	6399.75	0.38	41.8	13.48
2	465.75	19.95	75.27	7406.53	0.44	41.8	13.24
3	469.27	13.19	75.84	11287.12	0.68	41.6	13.24
4	466.9	9.25	75.46	16013.54	0.96	42.1	13.71
5	469.27	7.83	75.84	19013.68	1.14	41.1	12.06
6	468.09	6.21	75.65	23913.48	1.43	42.1	13.48
7	469.27	5.39	75.84	27620.98	1.66	42.3	13
8	464.54	4.45	75.08	33118.31	1.99	42.1	13
9	465.7	3.81	75.26	38778.08	2.33	42.6	13.9
10	468.09	3.55	75.65	41831.76	2.51	41.3	14.66

<b>Données</b>	Déplacement ma	495	mm
	Course vérin	80	mm
	Section vérin	1963	mm <sup>2</sup>

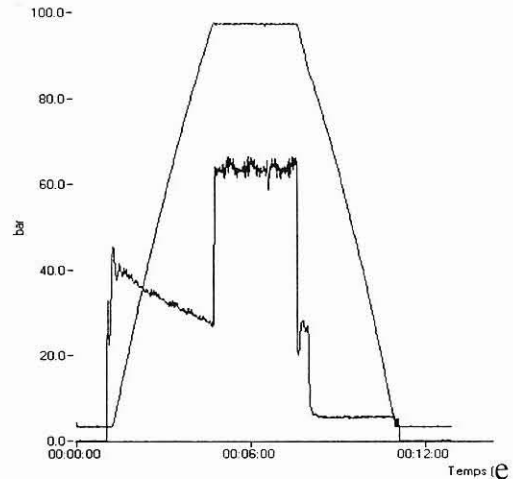
**EVOLUTION DU DEBIT MOYEN EN FONCTION DE LA TENSION DE COMMANDE**



Valeur de consigne U1 = 5 Volts



Valeur de consigne U1 = 10 volts



**5 - Expression de la pression P1 dans la chambre 1 en fonction de Pp, Pt, α, Me, Fe**

$\alpha = S2/S1$

Pp pression d'alimentation au distributeur

P1 pression dans la chambre 1

P2 pression dans la chambre 2

q1 débit dans la chambre 1

q2 débit dans la chambre 2

Me masse équivalente associée à la charge M et rapportée à l'axe du vérin

f : frottement visqueux

Fe : effort extérieur appliqué à la tige du vérin :

$q1 = S1 * dx/dt + (V1/B) * (dP1/dt) + \epsilon * (P1 - P2)$

$q2 = S2 * dx/dt + (V2/B) * (dP2/dt) + \epsilon * (P1 - P2)$

Pour un débit de fuite négligeable et fluide supposé incompressible

$q1 = S1 * \dot{\lambda} = qn * \sqrt{(Pp - P1) / (\Delta p' n)}$

$q2 = S2 * \dot{\lambda} = qn * \sqrt{(P2 - Pt) / (\Delta p' n)}$

soit  $q2^2 / q1^2 = \alpha^2 = (P2 - Pt) / (Pp - P1)$

$P2 = \alpha^2 * (Pp - P1) + Pt$

pour f : coefficient de frottement négligé  
principe fondamental de la dynamique devient :

$Me * d^2x/dt^2 = P1 * S1 - P2 * S2 - Fe$  (7)

soit

$P1 * S1 = Me * \ddot{\lambda} + P2 * S2 + Fe$

on obtient

$$P1 = \alpha P2 + (Fe + Me \cdot \ddot{\lambda}) / S1$$

$$P2 = 1/(1 + \alpha^3) \cdot (\alpha^2 Pp - \alpha^2 (Me \cdot \ddot{\lambda} + Fe) / S1 + Pt)$$

$$P1 = 1/(1 + \alpha^3) \cdot (\alpha^3 Pp + \alpha Pt + (Me \cdot \ddot{\lambda} + Fe) / S1)$$

### **6 - Expression de Me en fonction de M (masse de la charge + masse de la table)**

Inertie des bras négligée

Expression de l'énergie cinétique de l'ensemble en mouvement

$$T5/0 = M \cdot VG^2 / 2$$

Energie cinétique équivalente

$$Te = Me \cdot \dot{\lambda}^2 / 2$$

soit :

$$Me = M \cdot VG^2 / \dot{\lambda}^2$$

### **7 - Pression dans la chambre 1**

pour pour  $\dot{\lambda} = \text{constante}$ ,  $\ddot{\lambda} = 0$

P1 devient :

$$P1 = 1/(1 + \alpha^3) \cdot (\alpha^3 Pp + \alpha Pt + Fe / S1)$$

$$\text{pour } \alpha = S2/S1 = 1257 / 1963 = 0,64$$

$$P = 0.8 (0.26 Pp + 0.64 Pt + Fe/S1)$$

### **8 - Expression de l'effort Fe supporté par le vérin (mouvement de montée)**

Théorème de l'énergie cinétique appliqué à l'ensemble en mouvement (bras + table)

$$d(T)/dt = P_{\text{int}} + P_{\text{ext}}$$

pour des liaisons supposées sans frottement  $P_{\text{int}} = 0$

$$P_{\text{ext}} = -M \cdot g \cdot VG + Fe \cdot \dot{\lambda}$$

$$T = M \cdot VG^2 / 2$$

$$d(T)/dt = M \cdot VG \cdot \dot{V}G$$

D'où

$$Fe = M \cdot g \cdot VG / \dot{\lambda} + M \cdot VG \cdot \dot{V}G / \dot{\lambda}$$

### **9 - Evolution de Fe en fonction de FV**

avec  $FV = 2 \cdot l \cdot M \cdot g \cos(\theta + \psi) / R \cdot \sin(\theta + \beta)$  et

$$VG = 2 \cdot l \cdot \dot{\lambda} \cos(\theta + \psi) / R \cdot \sin(\theta + \beta)$$

soit  $FV = M \cdot g \cdot VG / \dot{\lambda}$

$$F_e = F_v + M \cdot V_G \cdot \Gamma_G / \lambda$$

**10 - Au cours de la montée**

$\Gamma_G$  étant négatif l'effort  $F_e$  sera plus faible que  $F_v$ , le vérin est moins sollicité qu'en position statique.

**11 - Variation de P1 au cours de la montée de la table (voir courbe)**



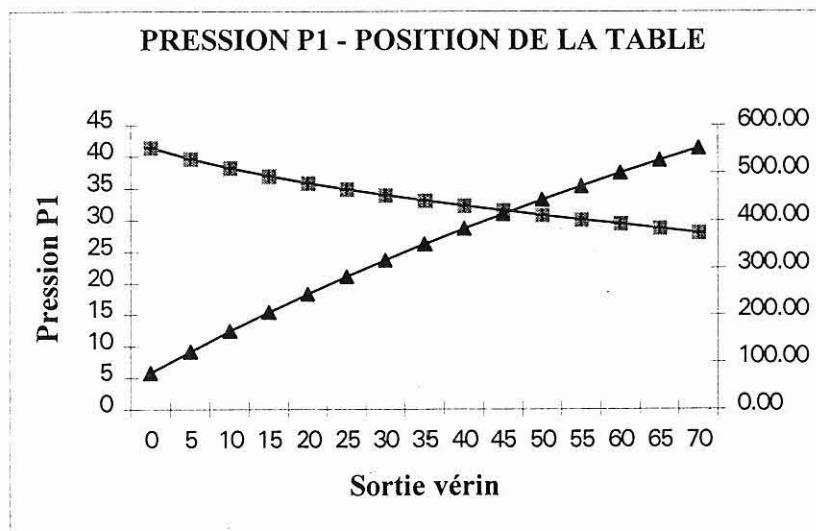
**TABLE ELEVATRICE**  
Pression P1

**Données**

2 <sup>n</sup> = Lg	763 mm				
d	641.2 mm	α0	7.55 degrés	λ =	0.01 m/s
R	107.6 mm	ψ0	28.1 degrés	M.g	735.8 N

Pp =	6.5 MPa	Pt =	0	S2/S1 =	0.64035
------	---------	------	---	---------	---------

sortie vérin	L	θ	H	β	VG	Γ 5/0	Fe	P1
mm	mm	deg	mm	deg	m/s	m/s <sup>2</sup>	N	bar
0	565	146.13	76.75	14.79	0.094	-1.14E-05	6913.47	41.4123
5	570	142.68	122.25	15.20	0.088	-9.60E-06	6489.26	39.7007
10	575	139.40	165.10	15.56	0.083	-8.32E-06	6132.58	38.2616
15	580	136.26	205.71	15.87	0.079	-7.39E-06	5824.06	37.0168
20	585	133.22	244.34	16.14	0.075	-6.69E-06	5551.03	35.9151
25	590	130.27	281.22	16.38	0.072	-6.15E-06	5304.72	34.9213
30	595	127.39	316.49	16.57	0.069	-5.74E-06	5078.88	34.0101
35	600	124.57	350.28	16.74	0.066	-5.42E-06	4868.81	33.1625
40	605	121.80	382.69	16.88	0.063	-5.17E-06	4670.93	32.3641
45	610	119.06	413.79	17.00	0.061	-4.97E-06	4482.39	31.6033
50	615	116.35	443.63	17.08	0.058	-4.83E-06	4300.87	30.8709
55	620	113.66	472.26	17.15	0.056	-4.73E-06	4124.44	30.1591
60	625	110.99	499.69	17.19	0.054	-4.67E-06	3951.41	29.4609
65	630	108.32	525.97	17.21	0.051	-4.64E-06	3780.30	28.7706
70	635	105.66	551.08	17.21	0.05	-4.64E-06	3609.75	28.0824



## *TP6 : identification de la fonction de transfert*

### *Documents de travail*



## Introduction

### Objectif :

L'objectif de cette exploitation pédagogique est de donner à des classes de BTS Section maintenance, une approche concrète :

- des asservissements
- et de l'utilisation de logiciel de calcul et de simulation (outil SISSY)

### Capacités exigées de la part de l'apprenant :

Partie du référentiel : § 4 - COMMANDES DES SYSTEMES

- **Appréhender** le fonctionnement du système
- **Identifier** et **anticiper** les effets de l'entrée de commande ou de réglage sur le comportement du système

### Domaine d'étude :

**Informatique et Automatique Industrielle (a.i.i)**

### Pré-requis :

#### **Connaissances mathématiques**

- Notions sur les transformations de LAPLACE
- Notions sur les fonctions de transfert
- Réponses à l'échelon unité
- Importance des paramètres : erreur, stabilité, oscillation, amortissement, pompage...

#### **Connaissances mécanique des fluides**

- Pression
- Débit
- Appareillages : Distributeur proportionnel, pompe hydraulique, limiteurs de pression...

## Présentation de la démarche

Opérations réalisées par : l'enseignant

Durée : **30 mn**

### Choix du système de référence

Présenter le contexte de l'étude et son utilisation industrielle

### Expliquer l'intérêt de positionner une charge

### Décrire le travail attendu de l'apprenant

### Aborder les éventuelles difficultés de compréhension

**Présentation globale du TP**

**Objectif :** Etude du banc élévateur hydraulique afin de l'asservir en position

**Etape 1 :**

Essai expérimental en Boucle ouverte

Déterminer la fonction de transfert

\* Modèles : BROIDA ou STREJC

**Etape 2 :**

Identifier et simuler la fonction de transfert à l'aide du logiciel SISSY

Etudier les performances :

Stabilité

Précision

Rapidité

**Etape 3 :**

Essais sur le système pour appliquer les résultats obtenus à l'aide de SISSY

Valider les résultats obtenus à l'étape 2

**Nota :** Nous développerons dans cette exploitation pédagogique, les étapes 1 et 2 ci dessus.

## Travaux pratiques

### Partie expérimentale (Durée 6 heures)

#### Ayant à votre disposition

Le système Elévateur hydraulique  
Le logiciel de calcul et de simulation SISSY  
La fiche de guidance du logiciel Sissy  
Le dossier technique  
Un ensemble d'instrumentation comprenant :  
    un oscilloscope numérique  
    un traceur  
    un poste ordinateur avec le logiciel SISSY

#### 1 Manipulations sur le système

On se propose de retrouver de façon expérimentale la fonction de transfert du système en boucle ouverte.

1. A l'aide de la page 72 du dossier technique, vérifier tous les paramètres du régulateur numérique P.I.D.
2. Après avoir lu les instructions de programmation des différents paramètres U, S, P et E du régulateur, programmer le régulateur en mode **Boucle ouverte** (paramètre **E2 = 0**).
3. Régler le gain proportionnel de la chaîne directe à **Kp=30**.
4. Effectuer le branchement de l'oscilloscope afin de visualiser :
  - Voie A : la tension de consigne
  - Voie B : l'image de la position du plateau
5. Relever à l'oscilloscope la réponse du système boucle ouverte à un échelon de consigne.
6. Mesurer le retard entre le départ de l'échelon et le début du déplacement du plateau.

#### 2 Identification de la fonction de transfert du système

On désire déterminer, à l'aide d'essais expérimentaux, la fonction de transfert du système hydraulique.

La mise en équation étant difficile, il est donc intéressant d'approcher au plus près de la caractéristique obtenue par l'essai en boucle ouverte.

**Méthode choisie : BROIDA** (voir document annexe)

7. Mesurer sur la courbe obtenue en BO les grandeurs  $t_1$  et  $t_2$  correspondant respectivement à  $s_1(t) = 0.28 * K$  et  $s_2(t) = 0.4 * K$ .

8. A partir de  $t_1$  et  $t_2$ , la méthode de Broïda préconise le choix des constantes

- $\tau = 5.5 * (t_2 - t_1)$
- $r$  = retard qui mesurable à l'oscilloscope

Mettre la fonction de transfert sous la forme

$$H(p) = \frac{K * e^{-r * p}}{(1 + \tau * p)}$$

9. En vous aidant de la fiche de guidance du logiciel SISSY, valider la fonction de transfert en boucle ouverte.

10. Comparer les réponses expérimentales / simulation logicielle.

11. Boucler le système et simuler la boucle de position.

### **3 Effet du gain :**

12. En prenant plusieurs valeurs de gain, relever et interpréter les réponses obtenues.

13. Dans chaque cas, relever le temps de réponses et l'erreur statique.

14. Conclure sur l'effet du gain sur les performances du système.

### **4 Effet de l'action intégrale :**

15. Le gain étant égal à 1, modifier les constantes de temps du proportionnel intégral, relever, dans chaque cas, les réponses obtenues et analyser les résultats.

16. Conclure sur l'effet de l'action intégrale sur les performances du système.

*TP6 : identification de la fonction de transfert**Documents ressource*



Cette fiche de guidance est destinée à donner des informations nécessaires à l'utilisation de SISSY de façon autonome.

**MODE OPERATOIRE**

Utiliser un micro-ordinateur de type PC ou compatible

Allumer l'ordinateur

Après l'invite à la commande C : \> , insérer la disquette SISSY dans le lecteur A

Taper a : \> SISSY enter (lancement du programme)

Un menu apparaît

Fichier	Edition	Simulation	Fréquence	Impression	Utilitaires
---------	---------	------------	-----------	------------	-------------

Visualiser avec la souris le contenu de chacun des choix du menu ci dessus.

Pour créer un schéma bloc, cliquer sur **Edition**

Le menu **Edition** suivant apparaît

Variable d'entrée  
Variable de sortie  
Bloc fonctionnel  
Sommateur  
Multiplieur  
Jonction  
Relier  
Déplacer  
Supprimer Symbole  
Supprimer Liaison  
Recâbler

Ce menu nous offre toutes les possibilités permettant de construire les schémas blocs représentant le système.

9. Créer les schémas blocs souhaités

10. Simuler en cliquant sur le choix **Simulation**

Mise en équation  
Domaine temporel  
Evolution des entrées  
Tracé de l'entrée  
Tracé de la réponse  
Enregistrement de la réponse  
Présentation graphique

Ce menu permet d'obtenir le résultat d'une simulation demandée. Si la réponse n'est pas satisfaisante, revenir au menu **Edition** et modifier les paramètres des blocs fonctionnels

Le menu **Impression** permet de reproduire sur imprimante :

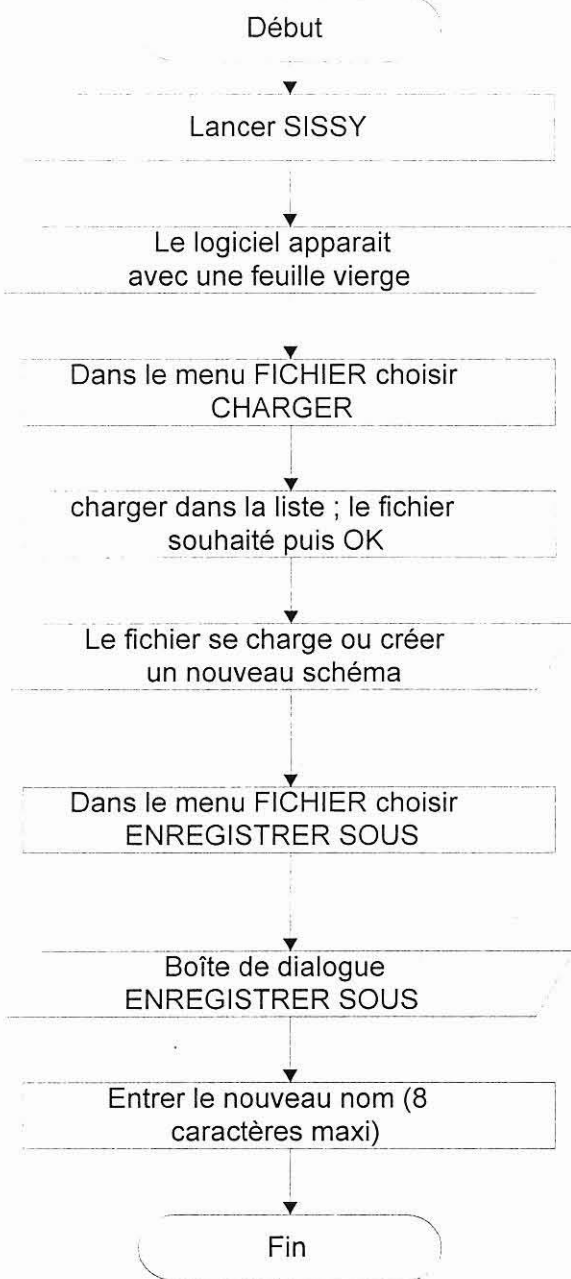
Schémas blocs

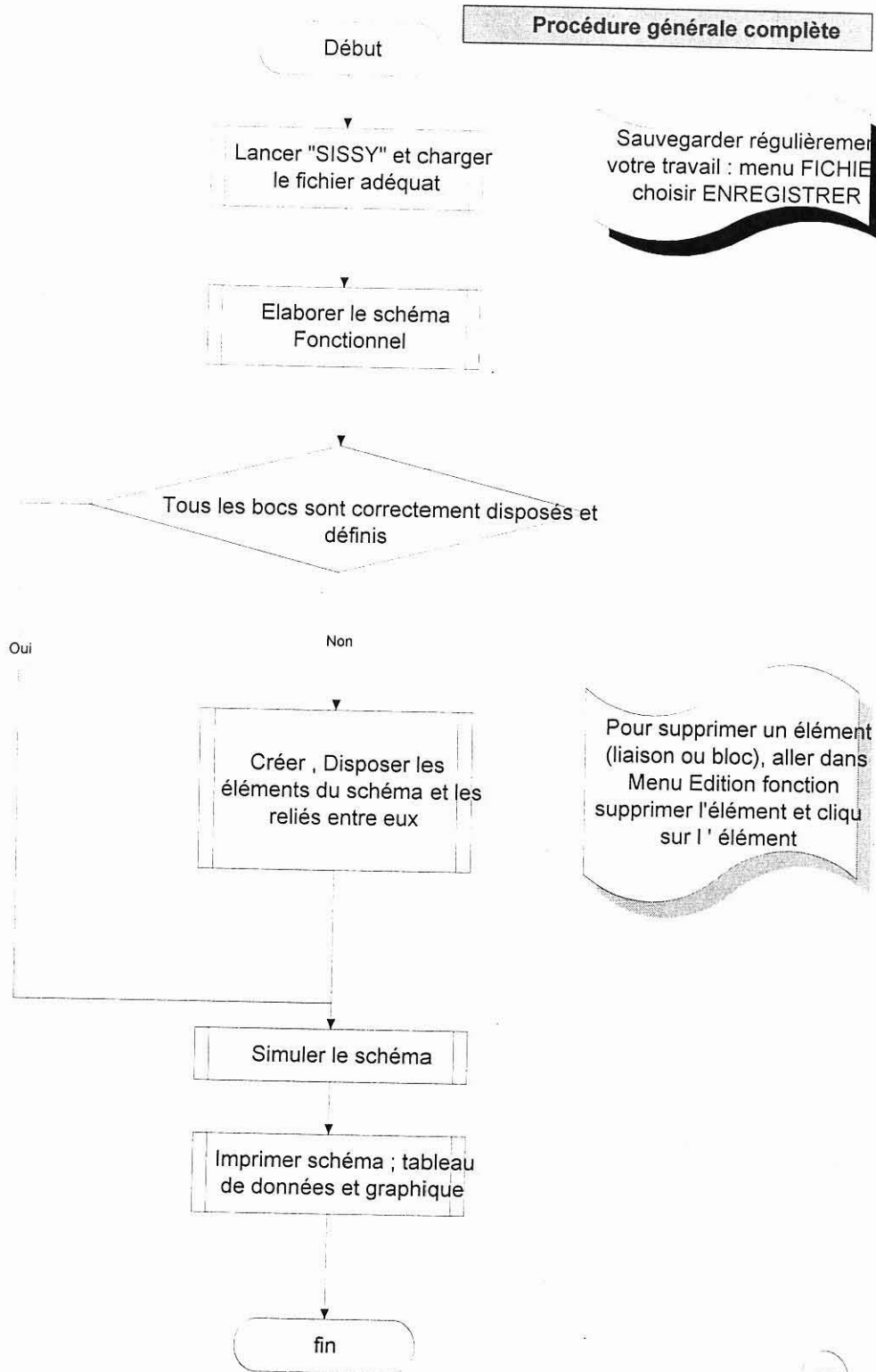
Les données des fonctions de transfert

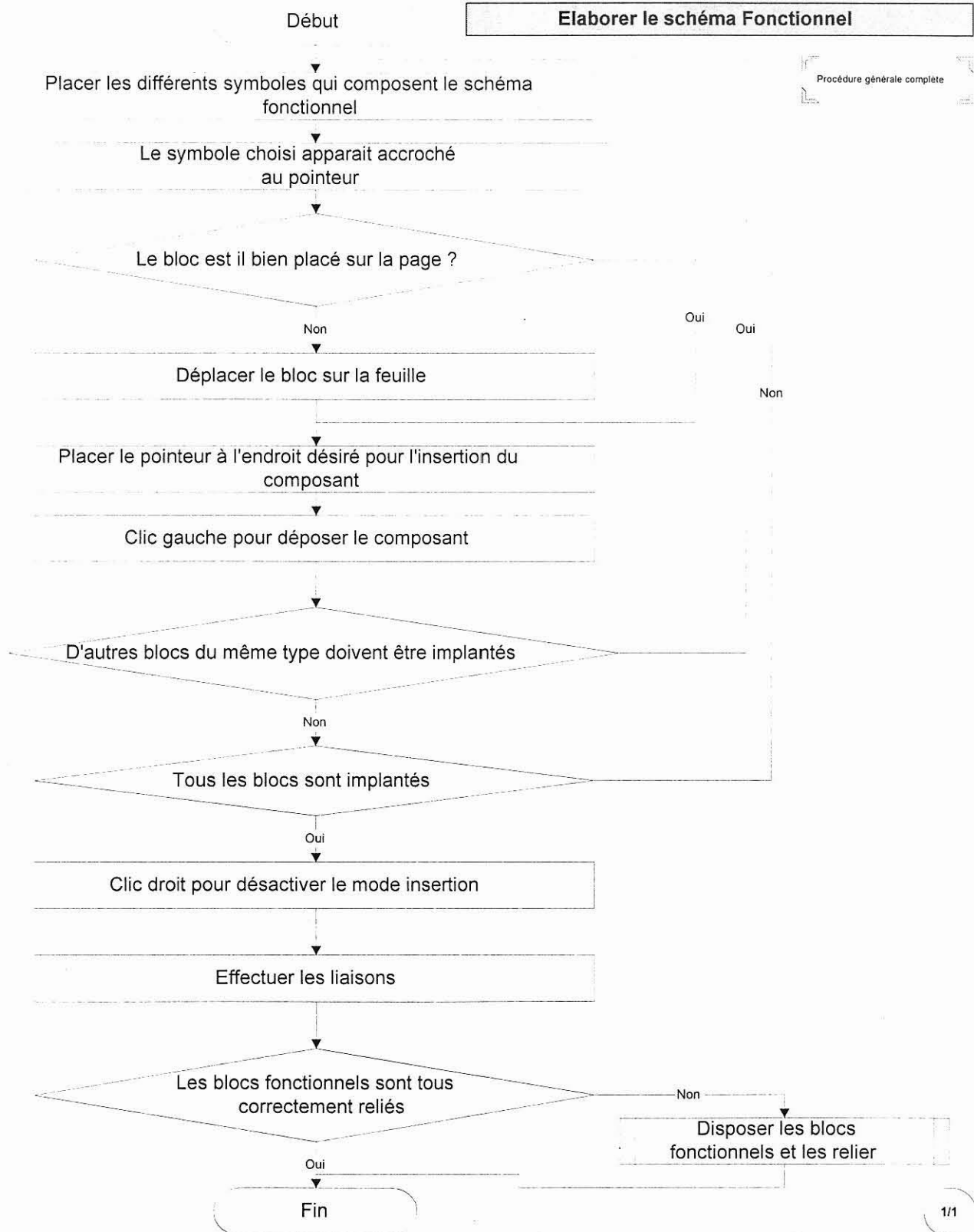
Le résultat graphique associé.

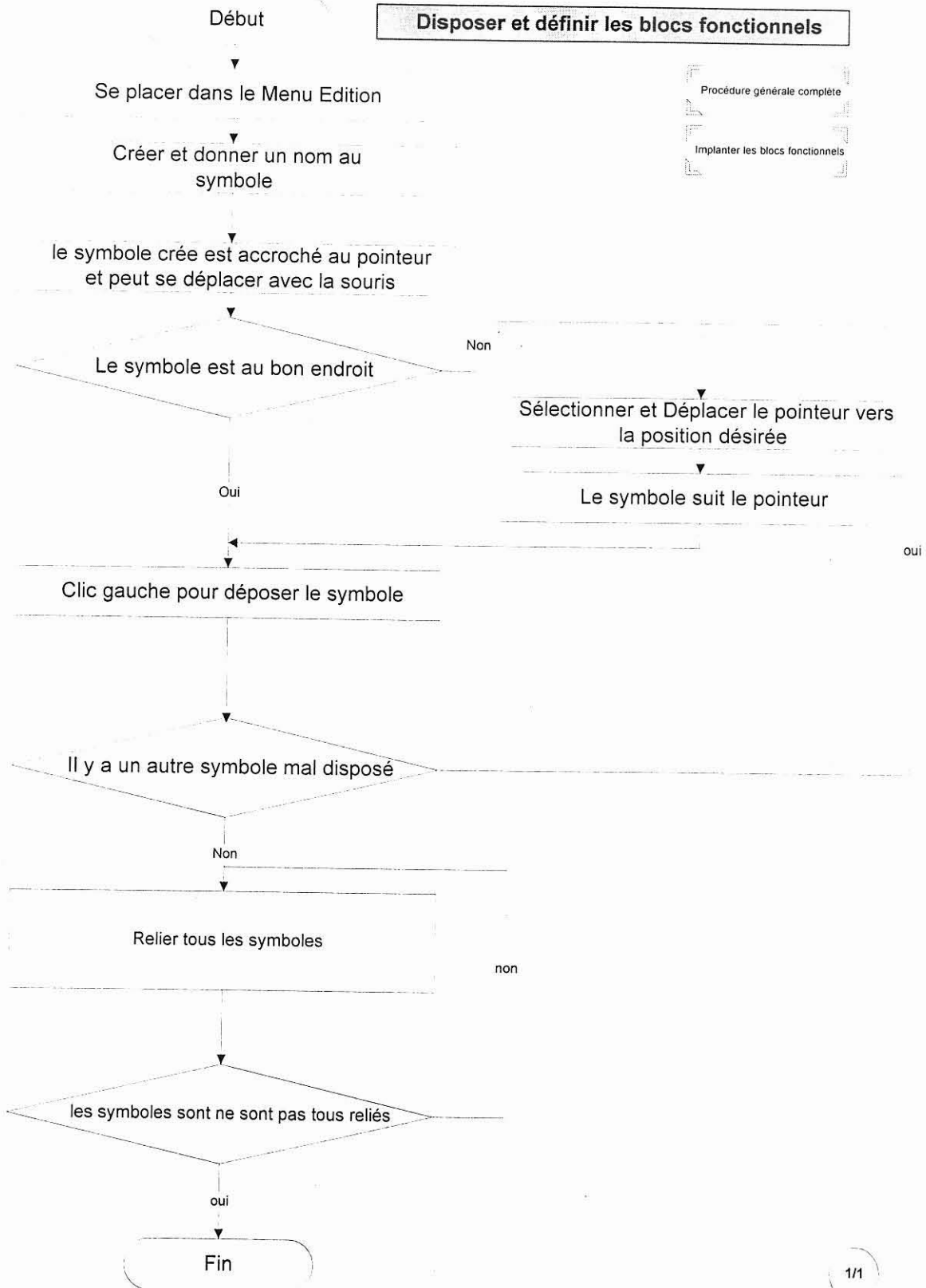
**Lancer "SISSY" et charger le fichier adéquat**

Procédure générale complète

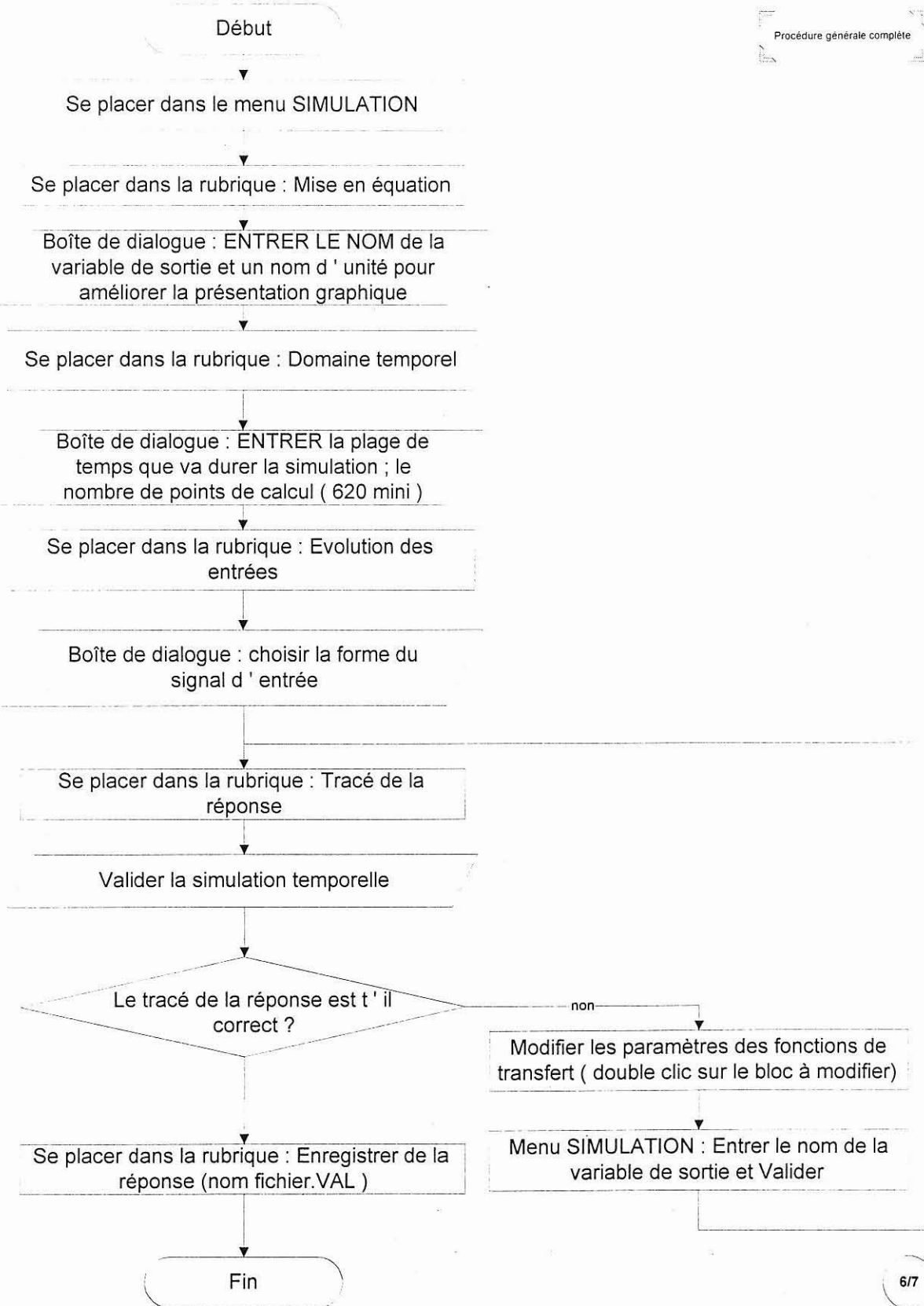








**SIMULER LE SCHEMA FONCTIONNEL**





## *TP6 : identification de la fonction de transfert*

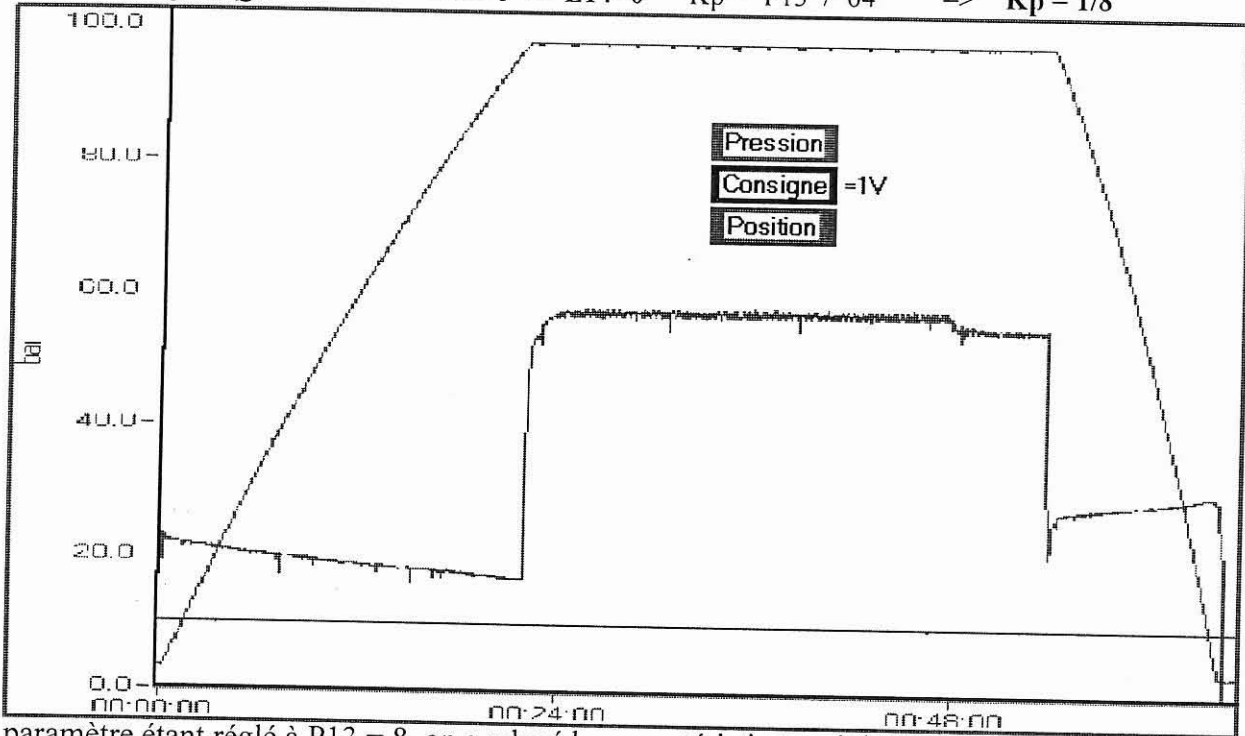
### *Éléments de correction*





**1 Manipulations sur le système**

Q4 et Q5. P13=8 => E14=0  $K_p = P13 / 64 \Rightarrow K_p = 1/8$



Le paramètre étant réglé à P13 = 8, on a relevé les caractéristiques ci dessus, à l'aide du logiciel HydroTechnic .Mais ces caractéristiques peuvent aussi se relever à l'aide d'un oscilloscope numérique en mode enregistrement ( Mode ROLL ) .

Mesure du retard

Courseurs			
Y	17.18	Temps	05:57:45
<input type="checkbox"/> ΔY	0.19	<input checked="" type="checkbox"/> ΔT	00:01:31
Y	17.18	Temps	05:57:45
Y	17.37	Temps	05:58:76

**Q6** Mesure du retard

.  $r = 140 \text{ ms}$

## **2 Identification de la fonction de transfert**

**Q7.** Mesures des temps  $t_1$  et  $t_2$

$t_1 = 5 \text{ s}$

$t_2 = 7.6 \text{ s}$

**Q8.** Méthode de BROÏDA

$r = 140 \text{ ms}$

$\tau_0 = 2.8 * t_1 - 1.8 * t_2 = 0.32 \text{ s}$

$\tau_1 = 5.5 ( t_2 - t_1 ) = 14 \text{ s}$

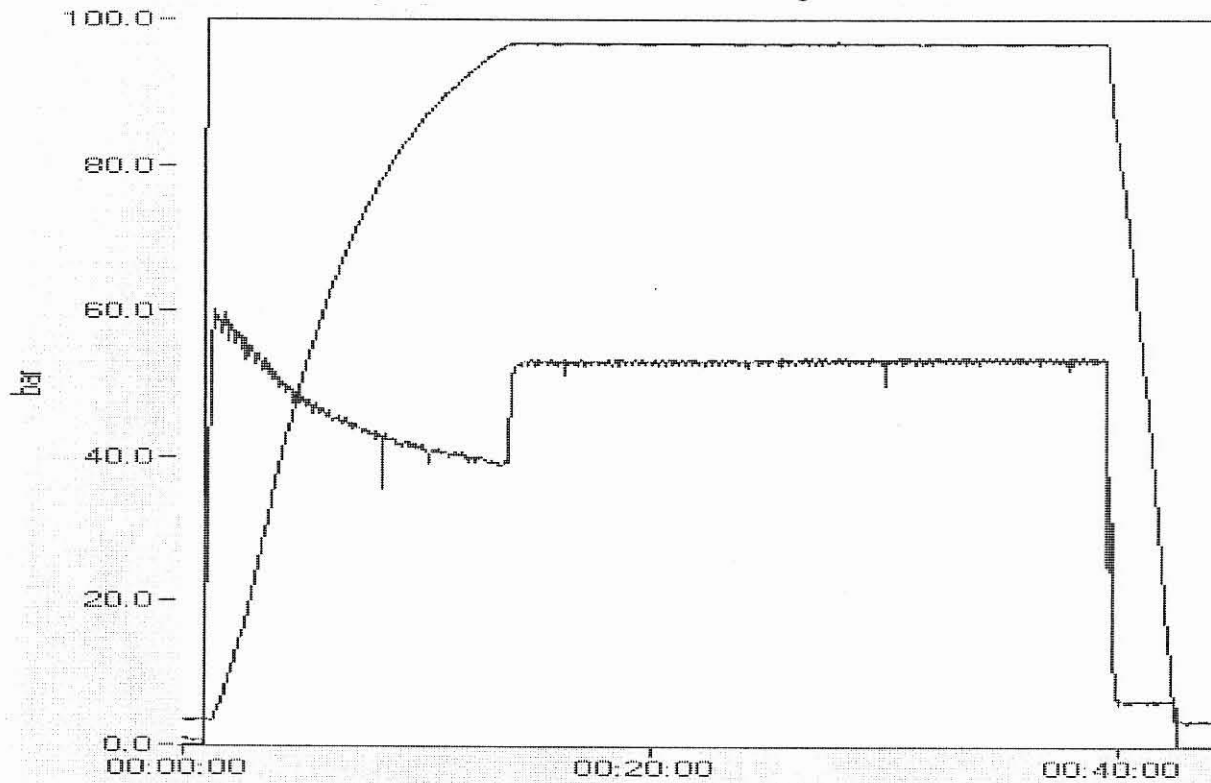
### **Fonction de transfert**

$$H(p) = \frac{10 * e^{-0.32 * p}}{(1 + 14 * p)}$$

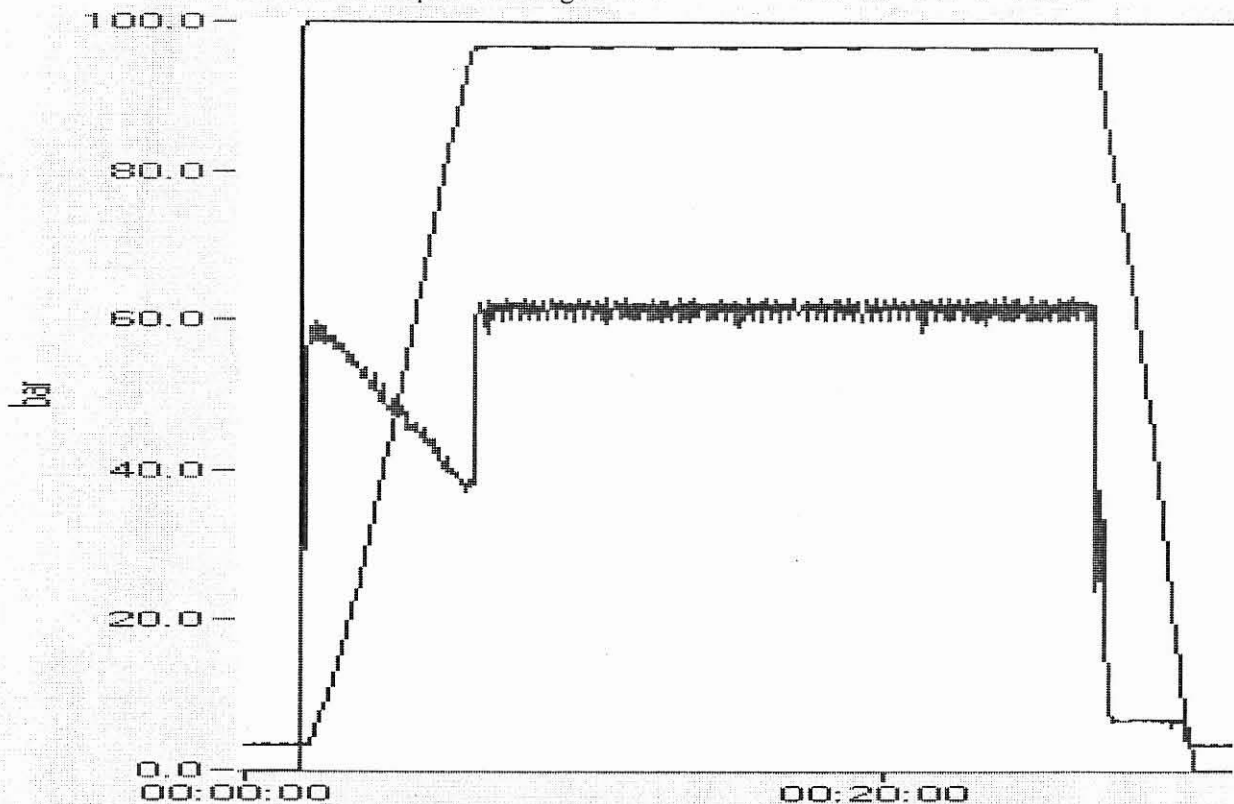
**Q9.** A l'aide du logiciel Sissy , entrer cette fonction de transfert et la valider voir caractéristique obtenue .

**Acquisition des caractéristiques avec le logiciel HYDROTECHNIC**

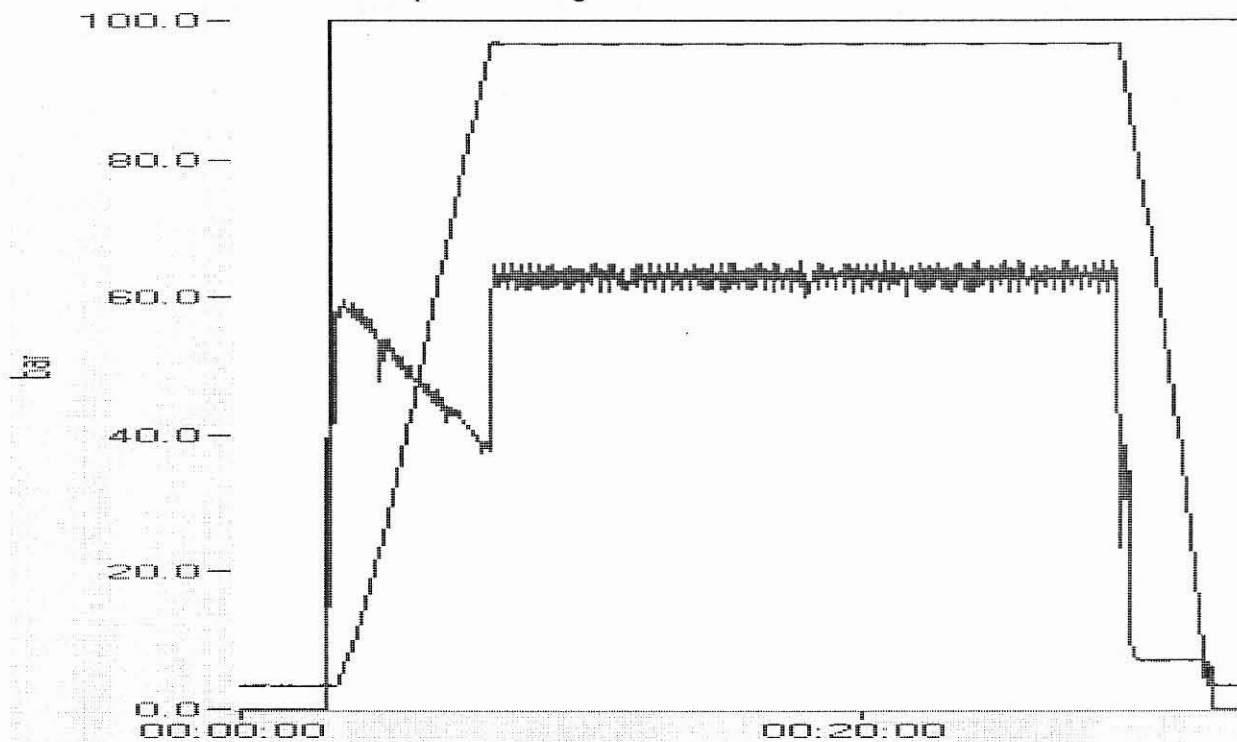
Allure des caractéristiques à charge maxi et en boucle fermée : Consigne 10 V \* P13 = 8 P17=0 P18=0



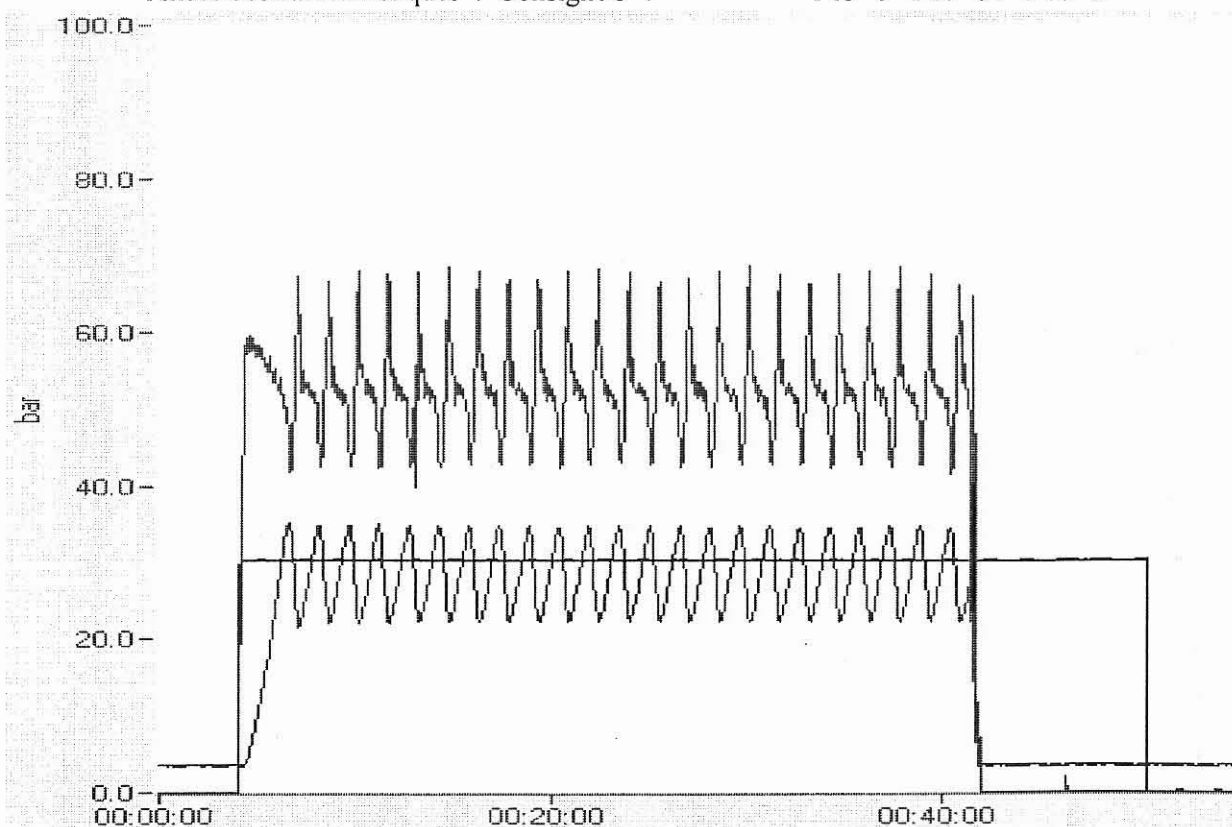
Allure des caractéristiques : Consigne 10 V \* P13=80 P17=0 P18=0



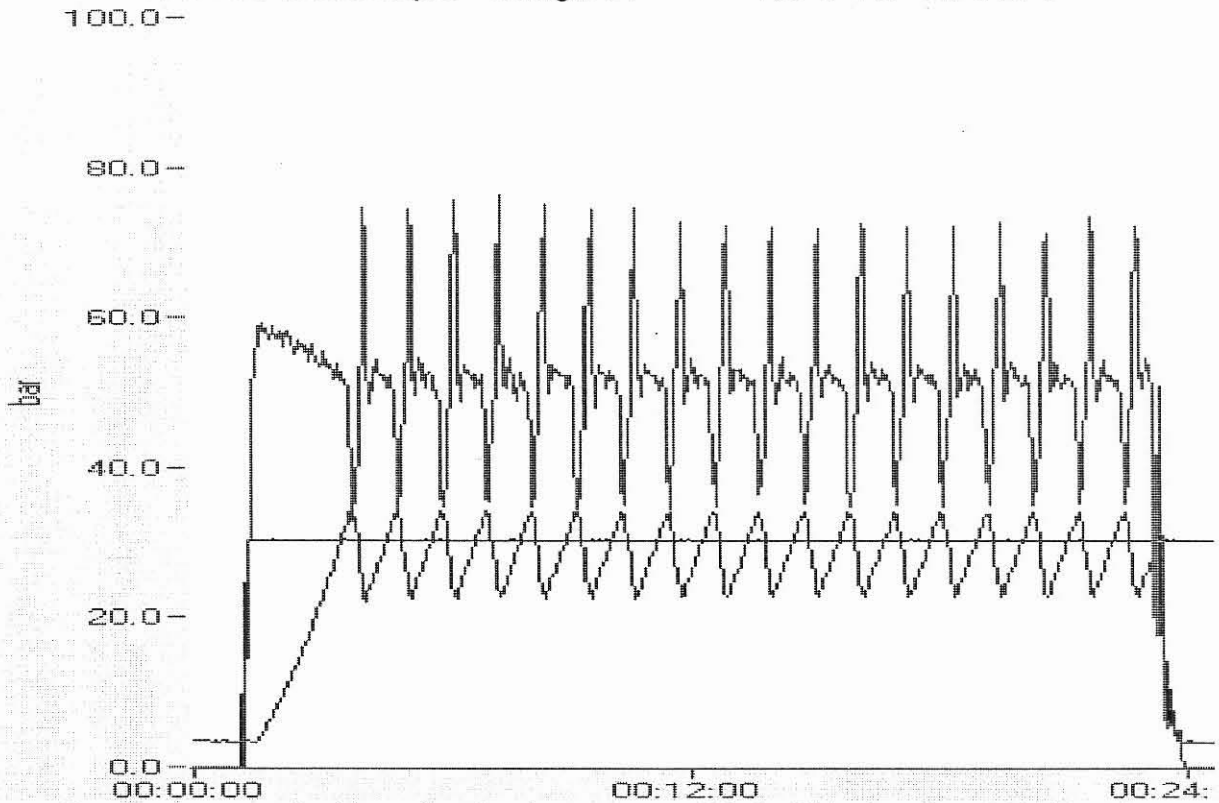
Allure des caractéristiques : Consigne 10 V \* P13=240 P17=0 P18=0



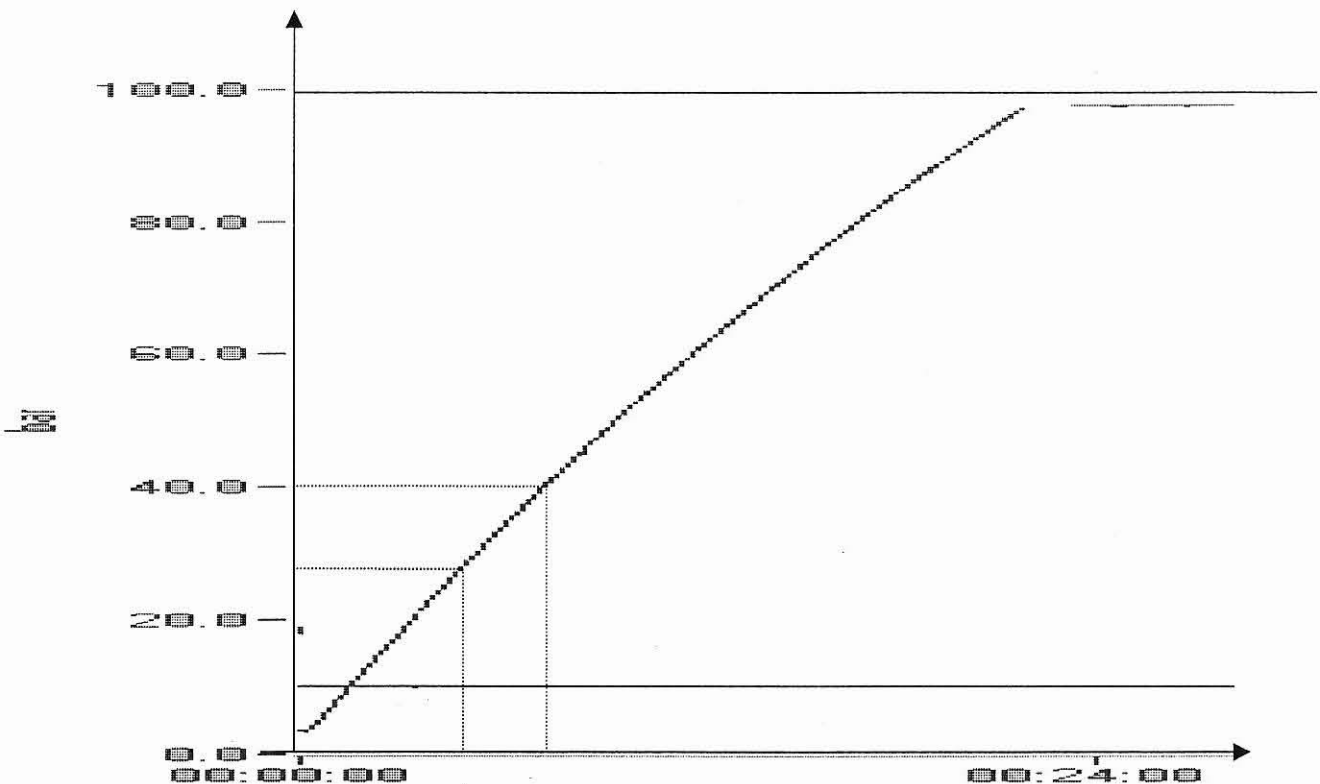
Allure des caractéristiques : Consigne 3 V \* P13=8 P17=64 P18=0



Allure des caractéristiques Consigne 3V \* P13=8 P17=127 P18=0



Boucle ouverte : Position = fonction du temps ; E2=0 E14=0 Kp= P13/64 = 1/8  
Echelle: 1cm = 1V 1cm = 2 s



***TP6 : identification de la fonction de transfert******ELEVATEUR HYDRAULIQUE***

# ***TP7 : Réglage des correcteurs***

## ***ELEVATEUR HYDRAULIQUE***

# ***TP7 : Réglage des correcteurs***

## ***Documents de travail***





### Démarche pédagogique

Opérations réalisées par : l'enseignant

Durée : **15 mn**

**Expliquer l'intérêt de l'optimisation des paramètres PID**

**Décrire le travail attendu de l'apprenant**

Déterminer les paramètres PID optimums à l'aide de méthodes industrielles.

Comparer les résultats obtenus avec ceux préconisés par le constructeur.

**Aborder les éventuelles difficultés de compréhension**

## Contrat de formation

### **Objectif :**

L'objectif de cette séquence est de donner à des classes de BTS Section maintenance une approche concrète des méthodes industrielles permettant de déterminer les paramètres PID optimums d'un système.

### **Liaisons référentiel BTS maintenance :**

#### Automatique :

#### 4. Commandes des systèmes

#### 4.3 Commandes en boucles fermées.

#### **Structure d'un système asservi**

#### **Réglage d'un PID**

### **Pré-requis :**

Notions d'asservissement (modélisation, correcteurs).

Influence des paramètres de régulation P, I et D.

### **Documents ressources (et/ou documents réponse) :**

Dossier Technique HydroTechnic<sup>®</sup>.

Méthode de Ziegler et Nichols (inclus dans le texte).

Documentation du logiciel HydroTechnic<sup>®</sup>.

### **Matériel mis à disposition :**

Système de levage HydroTechnic<sup>®</sup>.

Ordinateur type PC équipé du logiciel HydroTechnic<sup>®</sup>.

Câble de liaison entre le système et le PC.

Imprimante.

**Consignes de sécurité.**

- Veiller à alimenter le banc avec une source protégée par un différentiel de sensibilité 30mA.
- Vérifier le blocage des roulettes avant la mise en service.
- Rappel sur la consignation électrique : celle-ci se fait par débrogage de la fiche d'alimentation.

**Fiche de travail****1. But de la mesure.**

On se propose dans cet essai de déterminer les paramètres PID correspondant au réglage optimum du système HydroTechnic<sup>®</sup>. Cette détermination sera faite à l'aide des méthodes de Ziegler et Nichols, bien connue des régleurs industriels.

Le système sera utilisé en mode « consigne réglable ». L'obtention d'un échelon se fera alors par le basculement du sélecteur S<sub>9</sub> entre les positions « consigne extérieure » (pour laquelle l'absence d'alimentation équivaut à une valeur nulle) et « consigne réglable ».

Les tensions images des grandeurs de consigne et de position mesurée feront l'objet d'acquisitions à l'aide du logiciel d'acquisition HydroTechnic<sup>®</sup> (respectivement courbes n°2 et n°3 de l'interface logicielle). On pourra éventuellement remplacer l'outil logiciel par un oscilloscope numérique connecté entre les bornes X4-X8 et X5-X9, mais dans ce cas on sera amené à utiliser le montage décrit dans le TP « modélisation du système » pour pouvoir observer les variations autour de la consigne (fonction ZOOM du logiciel).

**2. Remarques sur le comportement du système.**

Le laminage de l'huile lors du fonctionnement du système produit un dégagement de chaleur important. Or la conception du système fait que cet échauffement n'est pas totalement dissipé. Le comportement du système étant lié à la viscosité du fluide, donc de sa température, différents essais dans des conditions identiques de paramétrage ne donneront pas forcément des résultats identiques. Il est recommandé en particulier pour l'essai en oscillations entretenues d'opérer sur un système froid.

**3. Préparation du système.**

- Charger le plateau avec 50kg (demie charge).
- Tourner l'interrupteur d'alimentation sur la position « 1 ».
- Vérifier la conformité des paramètres « P », « E » et « S » du régulateur avec les réglages conseillés (rectifier au besoin les valeurs du régulateur).
- Sélectionner sur le commutateur S<sub>9</sub> le mode de fonctionnement « consigne réglable ».

- Positionner l'inverseur  $S_{10}$  en position gauche pour obtenir l'affichage de la consigne.
- Régler la consigne à 400mm (potentiomètre  $R_1$ ).
- Sélectionner sur le commutateur  $S_9$  le mode de fonctionnement « consigne extérieure », ce qui permet d'avoir « 0 » en valeur de consigne.
- Préparer l'acquisition avec le logiciel HydroTechnic<sup>©</sup> en sélectionnant les paramètres suivants :
  - Menu *Paramétrage Echantillonnage* : **Intervalle = 6 ; Echantillonnage = 50** (valeurs permettant l'enregistrement de la totalité d'un cycle de montée avec une bonne résolution).
  - Menu *Courbes* : sélectionner **Courbe 2** et **Courbe 3** (consigne et mesure).

#### 4. Identification en boucle fermée selon Ziegler et Nichols.

##### **4.1 Ziegler et Nichols : réglage pratique en chaîne fermée (méthode du pompage)**

Cette méthode, mise au point en 1942, est la plus connue des méthodes pratiques de réglage des boucles de régulation. Elle s'applique aussi bien à un procédé autoréglant qu'à un procédé intégrateur, à condition néanmoins qu'il soit possible de le mettre en pompage (oscillations justes entretenues). L'avantage de cette méthode est qu'il n'y a pas besoin de connaître la fonction de transfert du procédé et que le réglage (sans calculs compliqués) se fait directement sur le site.

Après avoir porté la mesure près du point de consigne désiré (manuellement ou automatiquement avec des valeurs « neutres » des paramètres PID), le régulateur est réglé en action proportionnelle seule. Le gain  $G_r$  est alors augmenté progressivement jusqu'à obtention du pompage sans que l'organe réglant ne soit jamais en saturation.

Le gain critique  $G_{rc}$  du régulateur est le plus petit gain qui permet l'entretien des oscillations. La période d'oscillation  $T_{osc}$  est mesurée sur l'enregistrement.

Les réglages préconisés par Ziegler et Nichols, en fonction de la structure du régulateur utilisé, sont donnés dans le tableau suivant :

	P	PI	PI parallèle	PID série	PID parallèle	PID mixte
$G_r$	$G_{rc}/2$	$G_{rc}/2.2$	$G_{rc}/2.2$	$G_{rc}/3.3$	$G_{rc}/1.7$	$G_{rc}/1.7$
$T_i$	$T_i$ maxi ou annulé	$T_{osc}/1.2$	$2 \cdot T_{osc}/G_{rc}$	$T_{osc}/4$	$0,85 \cdot T_{osc}/G_{rc}$	$T_{osc}/2$
$T_d$	0	0	0	$T_{osc}/4$	$T_{osc} \cdot G_{rc}/13.3$	$T_{osc}/8$

##### **4.2 Essai en oscillations en tretenues.**

Cet essai aura de meilleures chances de succès s'il est effectué sur un système froid. Il est donc recommandé de ne mettre en service la pompe qu'au dernier moment et de la couper sitôt l'acquisition terminée, pour le cas où il faudrait la recommencer. Si l'on n'arrive pas à faire entrer le système en oscillation même avec un réglage maximum de  $P_{13}$ , il est conseillé de laisser reposer le système quelques minutes.

- Régler le paramètre  $P_{13}$  à la valeur 50 mais sans mémoriser cette valeur (le régulateur prend en compte la valeur affichée, y compris lorsque que l'on est en procédure de réglage et que l'affichage clignote).
  - Démarrer l'acquisition par le logiciel.
  - Alimenter la pompe par appui sur le bouton poussoir « marche ».
  - Appliquer l'échelon de consigne en sélectionnant sur le commutateur  $S_9$  le mode de fonctionnement « consigne réglable ».
  - Augmenter la valeur de  $P_{13}$  jusqu'à l'obtention d'oscillations entretenues.
  - Stopper l'acquisition, ramener le plateau en position initiale à l'aide de  $S_9$  puis arrêter la pompe.
1. Imprimer le graphique obtenu en y ajoutant une légende.
  2. Donner la valeur de  $P_{13}$  ayant permis l'obtention des oscillations entretenues
  3. Donner la formule de transformation liant les paramètres  $P_{13}$ ,  $E_{14}$  et le gain  $G_r$  du régulateur.
  4. Calculer le gain critique  $G_{rc}$  correspondant à la valeur de  $P_{13}$  relevé ci-dessus.
- Faire un zoom de la courbe de mesure de façon à visualiser le détail du phénomène ondulatoire.
  - Vérifier que la courbe active est bien la mesure (au besoin, modifier).
  - Activer l'affichage des curseurs type «  $\Delta T$  ».
  - A l'aide des curseurs, mesurer la période des oscillations.
5. Imprimer le graphique obtenu en y ajoutant une légende.
  6. Inscrire sur le compte rendu la valeur de cette période que l'on notera «  $T_{osc}$  ».

#### **4.3 Exploitation des résultats : application de la méthode.**

7. Sachant que la structure du régulateur est de type parallèle, calculer les paramètres  $G_r$ ,  $T_i$  et  $T_d$  nécessaires.
8. Dans la pratique, il s'avère que l'action proportionnelle pure suffit amplement au système pour fonctionner correctement. Calculer dans ces conditions le paramètre  $G_r$ .
9. Calculer la valeur à entrer dans le registre  $P_{13}$ .
10. Comparer cette valeur avec le paramétrage par défaut de ce registre.

# ***TP7 : Réglage des correcteurs***

## ***Eléments de correction***



**Éléments de corrigé : Réglage du correcteur PID****1. But de la mesure.****2. Remarques sur le comportement du système.****3. Préparation du système.****4. Identification en boucle fermée selon Ziegler et Nichols.****4.1 Ziegler et Nichols : réglage pratique en chaîne fermée (méthode du pompage)****4.2 Essai en oscillations entretenues.**

1. Imprimer le graphique obtenu en y ajoutant une légende.  
Voir Figure 1 (page 2/30)
2. Donner la valeur de  $P_{13}$  ayant permis l'obtention des oscillations entretenues  
 $P_{13}=70$
3. Donner la formule de transformation liant les paramètres  $P_{13}$ ,  $E_{14}$  et le gain  $G_r$  du régulateur.  
Pour  $E_{14} = 8$  ;  $K_{P13} = P_{13}/8$
4. Calculer le gain critique  $G_{rc}$  correspondant à la valeur de  $P_{13}$  relevé ci-dessus.  
 $G_{rc} = K_{P13} = 8.75$
5. Imprimer le graphique obtenu en y ajoutant une légende.  
Voir Figure 1 (page 2/3)
6. Incrire sur le compte rendu la valeur de cette période que l'on notera «  $T_{osc}$  ».  
 $T_{osc}=155ms$  (noté dt sur Figure 1, page 2/3)

**4.3 Exploitation des résultats : application de la méthode.**

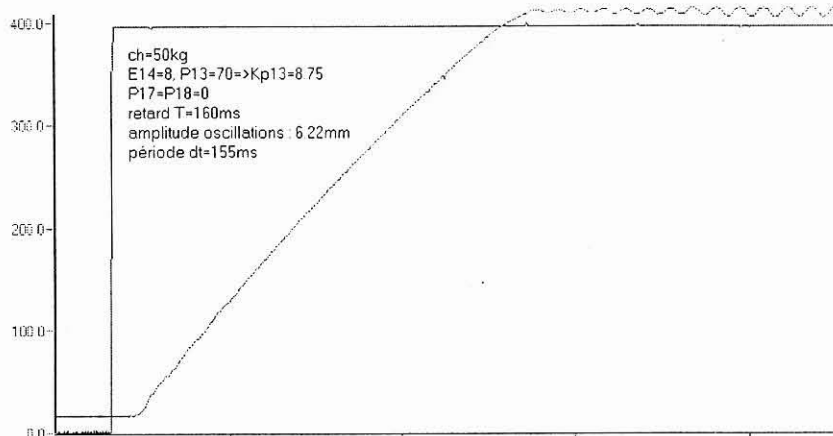
7. Sachant que la structure du régulateur est de type parallèle, calculer les paramètres  $G_r$ ,  $T_i$  et  $T_d$  nécessaires.  
 $G_r = G_{rc}/1.7 = 8,75/1,7 = 5,15$   
 $T_i = 0,85 \cdot T_{osc}/G_{rc} = 0,85 \cdot 155 \cdot E-3 / 8,75 = 15,1 \cdot E-3$   
 $T_d = T_{osc} \cdot G_{rc}/13.3 = 155 \cdot E-3 \cdot 8,75 / 13,3 = 102 \cdot E-3$
8. Dans la pratique, il s'avère que l'action proportionnelle pure suffit amplement au système pour fonctionner correctement. Calculer dans ces conditions le paramètre  $G_r$ .  
 $G_r = G_{rc}/2 = 8.75/2 = 4,38$
9. Calculer la valeur à entrer dans le registre P13.



P13=35

10. Comparer cette valeur avec le paramétrage par défaut de ce registre.

La valeur par défaut est de 30... Notre évaluation est correcte !

**Figure 1 essai en oscillations entretenues**