

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ HADJ LAKHDAR - BATNA

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GENIE MÉCANIQUE

Filière : Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRÉSENTÉ POUR OBTENIR LE DIPLOME

DE MASTER

Option : CONCEPTION DE SYSTÈMES MÉCANIQUES

Par

M : MESSEREHI HASSEN

CONCEPTION D'UN BANC D'ESSAI HYDRAULIQUE POUR LA FABRICATION DE TUBE EN FORME DE T PAR PROCÉDÉ D'HYDROFORMAGE

Travail réalisé au sein du laboratoire de recherche en productique (LRP)

Soutenu le : jeudi 29 septembre 2011

Encadré par:

Pr : Barkat Belkacem

Co-Encadré par:

Dr : Chabah Med Said (Université Mohamed Kheider de Biskra)

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2010 / 2011

Annexe 03

Nomenclature des pièces principales

33	01	Centrage de tige de matrice		
32	02	Axe de fixation		
31	02	filter		
30	01	Reservoir d'huile	S235 (E24)	Mécano-Soudée
29	01	Moteur électrique		15KW 380V
28	02	Manomètre de pression		250bar
27	01	Pompe hydraulique à engrenages		Marque TUROLLA
26	02	Cache filtre d'huile		
25	01	tête de ordinateur		
24	01	clavier		
23	01	Plaque de table d'ordinateur		
22	04	Plaque du table	C 45 (XC48)	Cémentation
21	04	Tige de guidé de matrice	S235	
20	01	matrice mobile	S235	
19	01	tube		
18	02	Plaque carre	C 45 (XC48)	Cémentation
17	01	fixation de vérin	C35	
16	34	Vis H, M16X30	C35	Cadmié
15	01	Réservoir d'huile2	S235 (E24)	Mécano-Soudée
14	01	la porte	plastique	
13	06	cornière	acier	
12	01	matrice fixe	A-S10 G	
10	06	axe de fixation de vérin		
9	10	boutre forme U		
8	08	Trou de sortie d'huile de vérin		
7	01	Vérin principal hydraulique D.E.-4		
6	01	socle	S235(E24)	
5	02	axe de fixe les socle	C35	
4	01	vérin et tête de prissions -1		
3	01	axe de vérin	C35	
2	03	fixation de vérin		
1	02	Vérin principal hydraulique D.E.2-3		
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION

Tableaux3-1 : de nomenclature des pièces principales

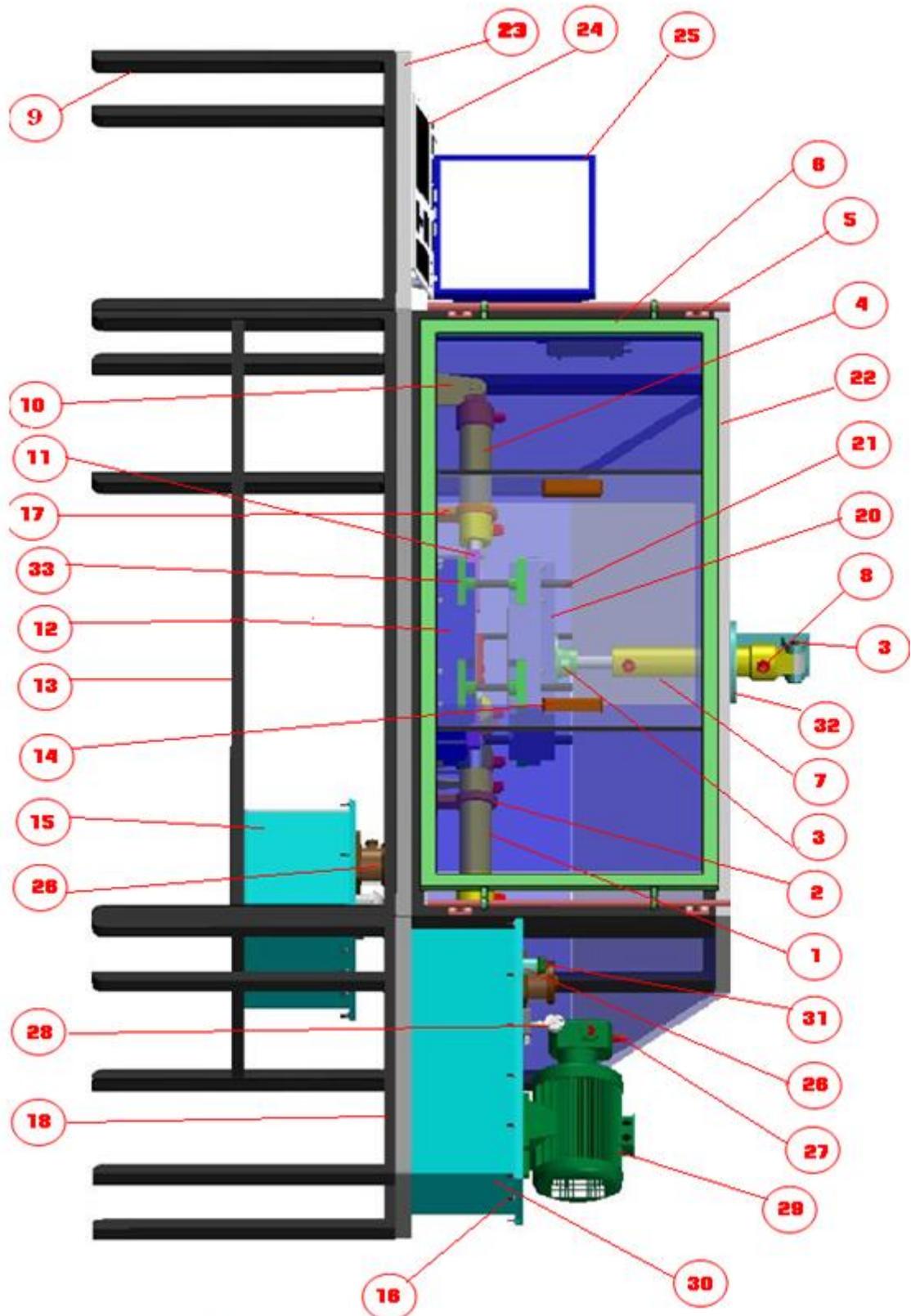


Figure3-3: vue en perspective du dispositif hydraulique pour la fabrication de tube t par procédé hydroformage avec solide Works

Annexe 01

AIDE À LA DÉTERMINATION DES VÉRINS

- Sections / Efforts développés
- Protection
- Longueur de flambage / Entretoise

8 PRÉCONISATIONS D'UTILISATION



VÉRINS HYDRAULIQUES SÉRIE ISO 6020/2 ▶ 160 bar

25 VÉRINS HYDRAULIQUES SÉRIE ISO 6020/1 ▶ 160 bar



VÉRINS HYDRAULIQUES SÉRIE ISO 6022 ▶ 250 bar

47 ACCESSOIRES DE FIXATION



REVÊTEMENT DE TIGE

	Type de traitement	Matière de la tige	Revêtement et traitement	Tenue à la corrosion ⁽²⁾	Caractéristiques
STD	Chrome 25 µm	20 MV6	Chrome dur ép : 25 µm ⁽¹⁾	60 h	Revêtement standard
Options sur demande	Nickel + Chrome 30 + 20 µm	20 MV6	Dépôt électrolytique : Nickel ép : 30 µm + Chrome dur ép : 20 µm ⁽¹⁾	1000 h	Très bonne résistance à la corrosion
	Inox + Chrome	X3 Cr Ni Mo N 27.52.2 (329 L)	Dépôt électrolytique : + Chrome dur ép : 25 µm ⁽¹⁾	> 1000 h	Excellente résistance à la corrosion
	Chrome 25 µm	42CD4	42CD4 traité (Rm : 750 à 900 MPa) Dépôt électrolytique : Chrome dur ép : 25 µm ⁽¹⁾	60 h	Sollicitations mécaniques élevées
	HF + Chrome	39 Cr Mo 4	Trempé par induction : Dureté 55 HRC sur 3 mm + Chrome dur ép : 20 µm ⁽¹⁾	60 h	Bonne résistance aux chocs, impacts légers et sollicitations mécaniques élevées

CTIONS / EFFORTS DÉVELOPPÉS

ø D Alésage	ø d Tige	6020/2	6020/1	6022	S1 (cm ²)	S2 (cm ²)	S1/S2	Effort poussant : F1 (en daN)			Effort tirant : F2 (daN)			Débit à 0,1 m/s	
								160 bar	200 bar	250 bar	160 bar	200 bar	250 bar	Qv1 (L/min)	Qv2 (L/min)
25	12	X			4,91	3,78	1,30	785			604			2,9	2,3
	14		X			3,37	1,46				539			2,9	2,0
	18	X	X			2,36	2,08				378			2,9	1,4
32	14	X			8,04	6,50	1,24	1287			1040			4,8	3,9
	18	X	X			5,50	1,46				880			4,8	3,3
	22	X	X			4,24	1,90				679			4,8	2,5
40	18	X			12,57	10,02	1,25	2011			1603			7,5	6,0
	22	X	X			8,77	1,43				1402			7,5	5,3
	28	X	X			6,41	1,96				1025			7,5	3,8
50	22	X			19,63	15,83	1,24	3142	3927	4909	2533			11,8	9,5
	28	X	X			13,48	1,46				2156			11,8	8,1
	32			X		11,59	1,69				1855	2318	2898	11,8	7,0
	36	X	X	X		9,46	2,08				1513	1891	2364	11,8	5,7
63	28	X			31,17	25,01	1,25	4988	6234	7793	4002			18,7	15,0
	36	X	X			20,99	1,48				3359			18,7	12,6
	40			X		18,61	1,68				2977	3721	4652	18,7	11,2
	45	X	X	X		15,27	2,04				2443	3054	3817	18,7	9,2
80	36	X			50,27	40,09	1,25	8042	10053	12566	6414			30,2	24,1
	45	X	X			34,36	1,46				5498			30,2	20,6
	50			X		30,63	1,64				4901	6126	7658	30,2	18,4
	56	X	X	X		25,64	1,96				4102	5127	6409	30,2	15,4
100	45	X			78,50	62,64	1,25	12566	15708	19635	10022			47,1	37,6
	56	X	X			53,91	1,46				8626			47,1	32,3
	63			X		47,37	1,66				7579	9473	11842	47,1	28,4
	70	X	X	X		40,06	1,96				6409	8011	10014	47,1	24,0
125	56	X			122,72	98,09	1,25	19635	24544	30680	15694			73,6	58,9
	70	X	X			84,23	1,46				13477			73,6	50,5
	80			X		72,45	1,69				11592	14491	18113	73,6	43,5
	90	X	X	X		59,10	2,08				9456	11820	14775	73,6	35,5
160	70	X			201,06	162,58	1,24	32170	40212	50265	26012			120,6	97,5
	90	X	X			137,44	1,46				21991			120,6	82,5
	100			X		122,52	1,64				19604	24504	30631	120,6	73,5
	110	X	X	X		106,03	1,90				16965	21206	26507	120,6	63,6
200	90	X			314,16	250,54	1,25	50265	62832	78540	40087			188,5	150,3
	110	X	X			219,13	1,43				35060			188,5	131,5
	125			X		191,44	1,64				30631	38288	47860	188,5	114,9
	140	X	X	X		160,22	1,96				25635	32044	40055	188,5	96,1
250	160			X	490,87	289,81	1,69	78540	98175	122718	46370	57962	72453	294,5	73,9
	180			X		236,40	2,08				37825	47281	59101	294,5	141,8

Annexe 02

33 Schémas pneumatiques et hydrauliques

NF ISO 11727 - NF ISO 1215

33 . 1 Principaux symboles

33 . 11 Transmission de l'énergie et appareils de conditionnement

Conduite de travail, de retour d'alimentation		Liaison électrique		Évacuation d'air : - non-connectable - avec connexion	
Conduite de pilotage, de fuite, de purge...		Purge d'air continue		Réservoir à l'air libre : - conduite débouchant au-dessus du niveau du fluide	
Raccordement de conduites		Purge d'air temporaire		- conduite débouchant au-dessous du niveau du fluide	
Conduite flexible		Raccord rapide auto-obturant - accouplé		Accumulateur à gaz	
Croisement de conduites		- désaccouplé		Purgeur à commande manuelle	
Source d'énergie hydraulique		Raccord rapide avec clapet de non-retour		Déshydrateur	
Source d'énergie pneumatique		Raccord rotatif à une voie		Lubrificateur	
Vide		Silencieux pneumatique		Refroidisseur ou réfrigérant	
Réunion de fonction en un seul bloc		Réservoir sous pression Accumulateur		Unité de conditionnement - filtre, - régulateur de pression, - manomètre - lubrificateur	
Liaison mécanique : arbre, levier, tige de piston...		Filtre, crépine		Simplifié	

33 . 12 Régulation

Limiteur de débit : - non réglable		Diviseur de débit		Limiteur de pression (soupape de sûreté)	
- réglable		Vanne robinet		Réducteur de pression (détendeur)	

33.13 Commandes*

Commande manuelle : - symbole général		Commande mécanique : - par poussoir		Commande indirecte par distributeur-pilote :	
- par bouton-poussoir		- par ressort		- par augmentation de la pression	
- par bouton-tirette		Commande électrique : - par électro-aimant à un enroulement		- par diminution de la pression	
- par bouton-poussoir-tirette		- par électro-aimant à deux enroulements		- par application d'une pression hydraulique	
- par levier		- par moteur électrique		Commande combinée par électro-aimant et distributeur pilote	
- par pédale		Commande par application ou baisse de pression		Distributeur de maintien en position	
Commande mécanique par galet		Voie intérieure de commande		Dispositif de verrouillage	
				Dispositif à détente brusque (basculeur)	

33.14 Distribution de l'énergie

Distributeurs ou préactionneurs			
Principe de représentation		Exemples d'application	
Le symbole constitué par des cases multiples indique un appareil à autant de positions que le symbole comporte de cases.		Distributeur 2/2, hydraulique, à commande par électro-aimant et ressort de rappel.	
S'il existe une position intermédiaire de passage, la case est délimitée par des traits interrompus courts.		Distributeur 3/2, pneumatique, à commande par bouton-poussoir et ressort de rappel.	
Les positions intermédiaires de passage correspondant à des degrés variables d'étranglement d'écoulement sont représentés par deux traits parallèles.		Distributeur 3/2, pneumatique, à commande par levier, dispositif de maintien en position.	
Les conduites aboutissent à la case de la position « repos ». Si quatre conduites arrivent à cette case, il y a quatre orifices au distributeur.		Distributeur 4/2, hydraulique, à commande et rappel par électro-aimant.	
À l'intérieur des cases, les flèches indiquent le sens de circulation du flux entre les orifices.		Distributeur 5/2, pneumatique, à commande par pression des deux côtés.	
REMARQUES			
<ul style="list-style-type: none"> ► Pour un distributeur à deux positions, la case de droite correspond à la position « repos ». ► Pour un distributeur à trois positions, la case centrale correspond à la position « repos ». 			
Désignation		<ul style="list-style-type: none"> ■ Le premier chiffre indique le nombre d'orifices. ■ Le second chiffre précise le nombre de positions distinctes. 	

* Les symboles des commandes peuvent être placés en n'importe quel endroit de l'extrémité d'une case.

Annexe 04

liaison normalisées

Nom de la liaison	Degrés de liberté	Schéma normalisé Norme NF EN ISO 3952-1*	Schéma normalisé en perspective
ENCASTREMENT ou complète	<i>Pas de degrés de liberté</i>		
PIVOT	<i>Rotation : Rx</i> 1 <i>Translation : -</i>		
PIVOT GLISSANT	<i>Rotation : Rx</i> 2 <i>Translation : Tx</i>		
GLISSIÈRE	<i>Rotation : -</i> 1 <i>Translation : Tx</i>		
HÉLICOÏDALE	<i>Rotation et Translation liées Tx = f(Rx)</i> 1		
APPUI PLAN	<i>Rotation : Ry</i> 3 <i>Translation : Tx, Tz</i>		
ARÊTE PLAN (linéaire rectiligne)	<i>Rotation : Rx, Ry</i> 4 <i>Translation : Tx, Tz</i>		
SPHÈRE PLAN (ponctuelle)	<i>Rotation : Rx, Ry, Rz</i> 5 <i>Translation : Tx, Tz</i>		
SPHÉRIQUE (rotule)	<i>Rotation : Rx, Ry, Rz</i> 3 <i>Translation : -</i>		
SPHÈRE CYLINDRE (linéaire annulaire)	<i>Rotation : Rx, Ry, Rz</i> 4 <i>Translation : Tx</i>		
SPHÉRIQUE A DOIGT	<i>Rotation : Ry, Rz</i> 2 <i>Translation : -</i>		
SPHÈRE CYLINDRE A DOIGT	<i>Rotation : Ry, Rz</i> 3 <i>Translation : Tx</i>		

Annexe 05

MISE EN PLAN DE PIECE DE DISPOSITIF HYDRAULIQUE

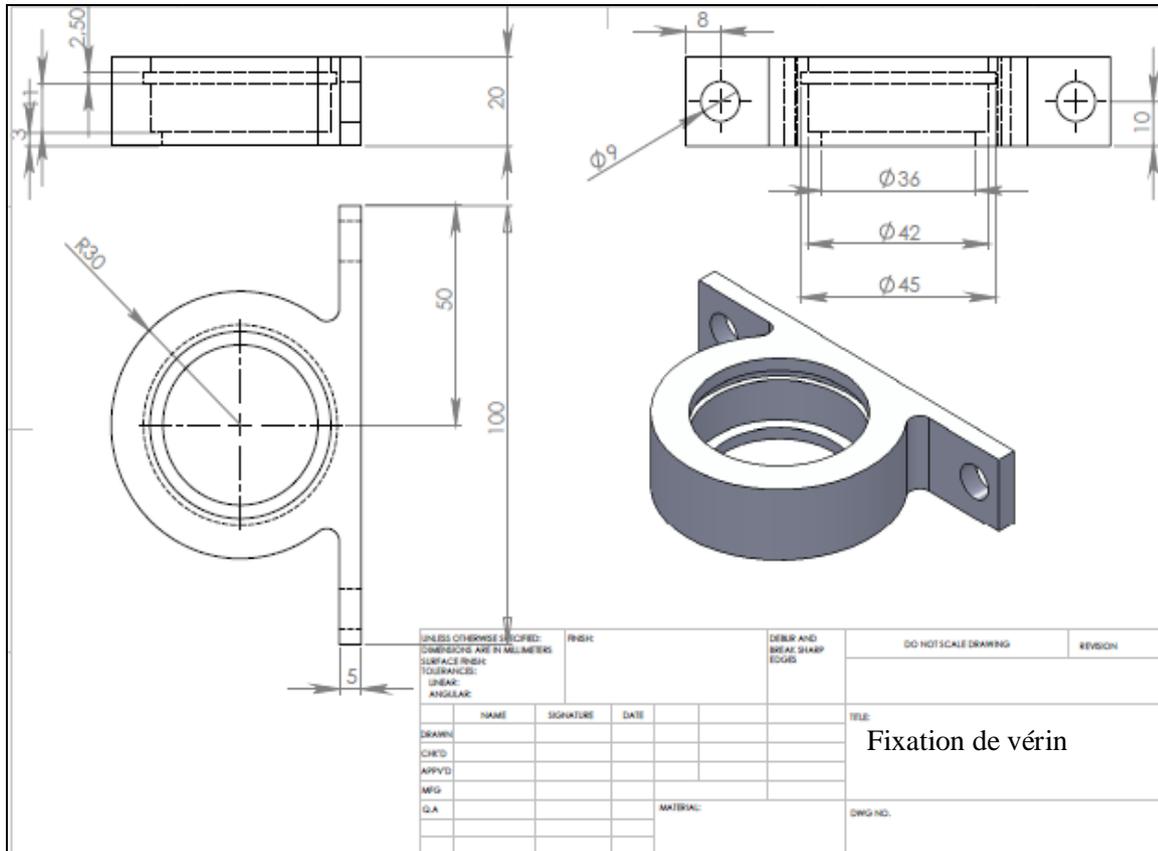


Figure1 :Mise en plan du fixation de vérin

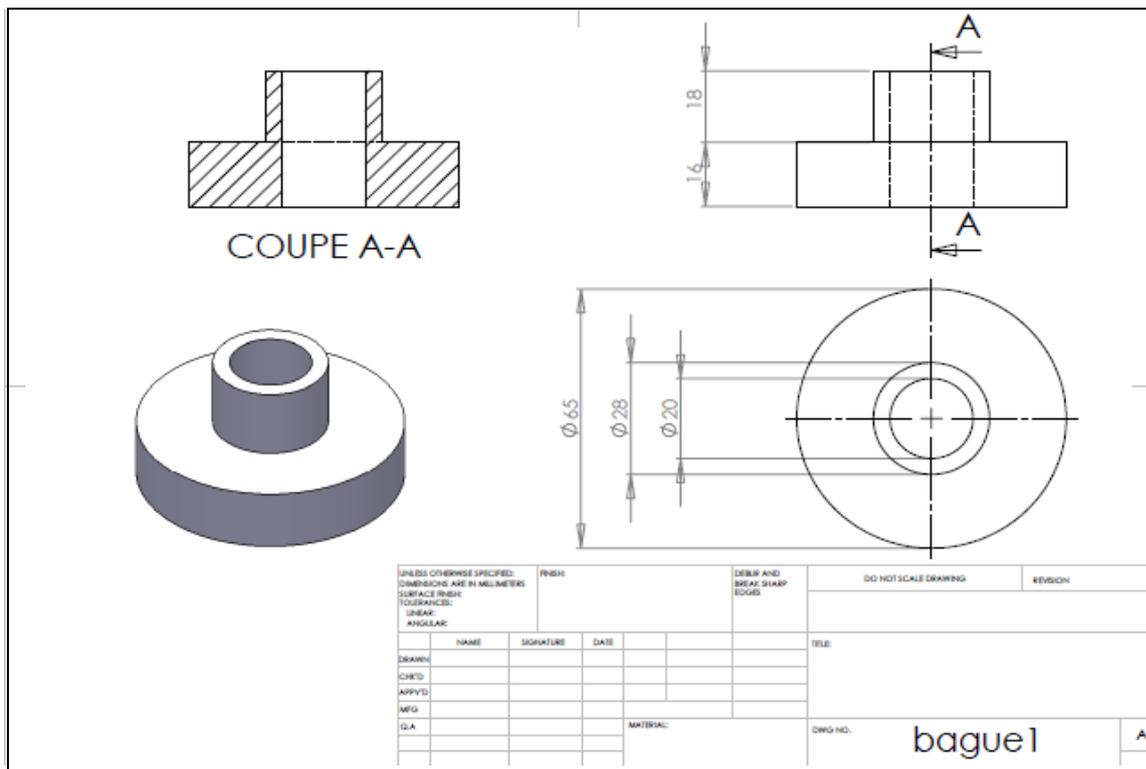


Figure2 :Mise en plan du baguer

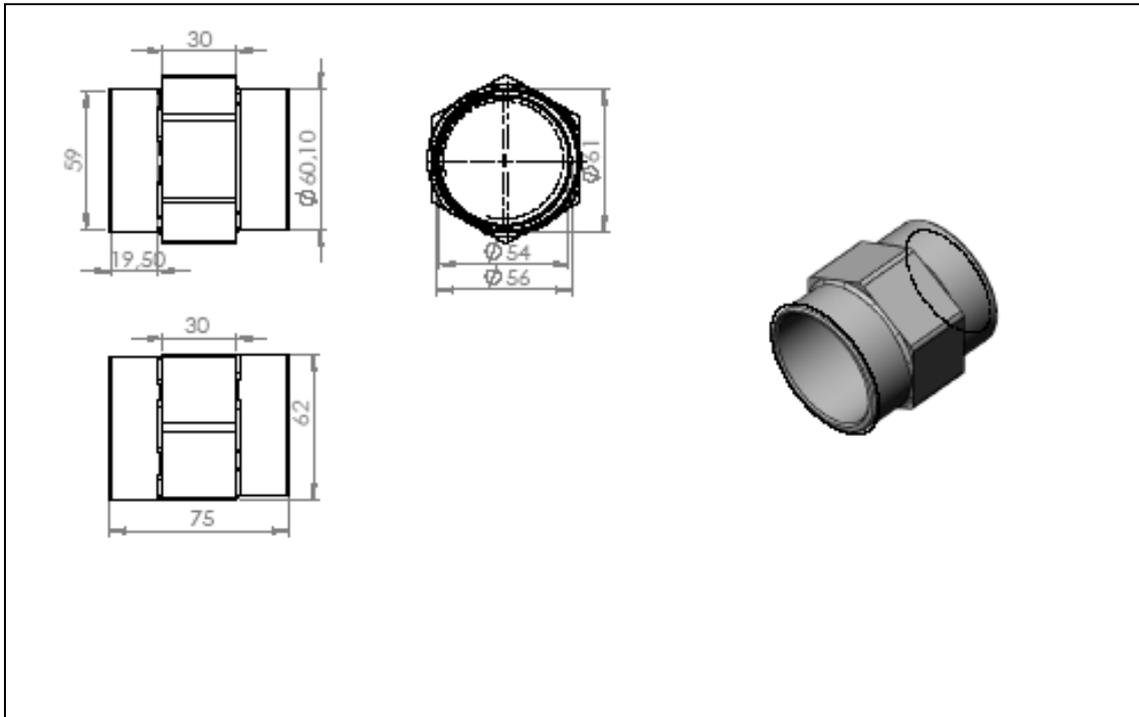


Figure3 :Mise en plan du coude

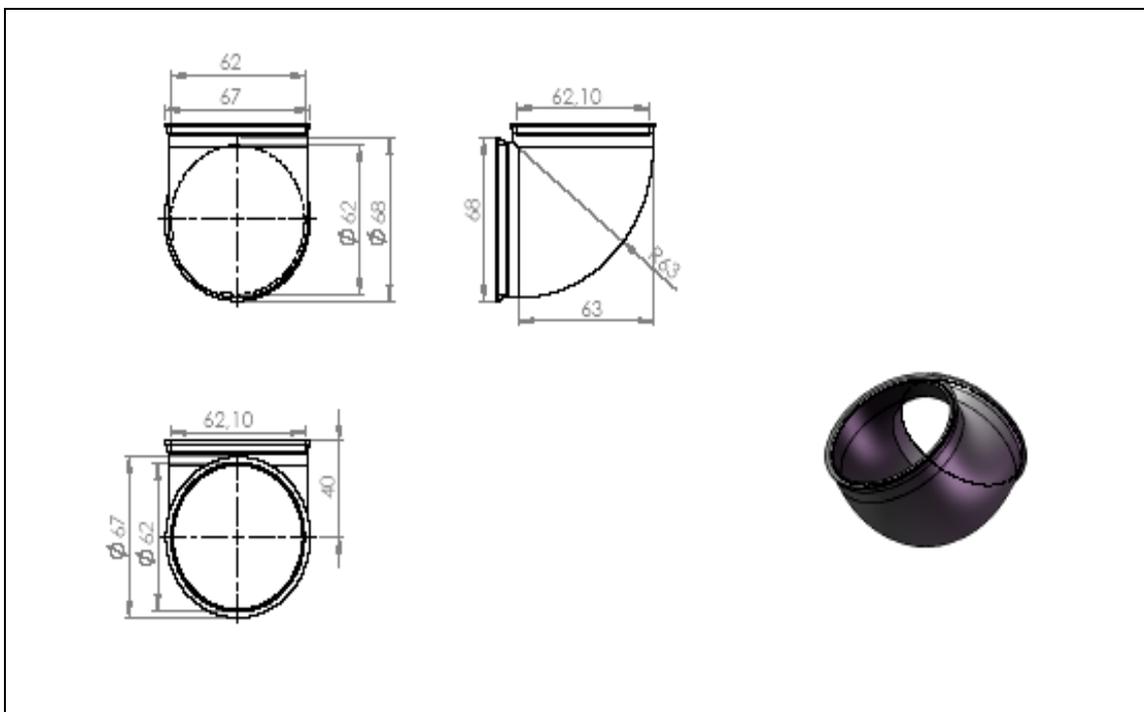


Figure4 :Mise en plan de coude à 90

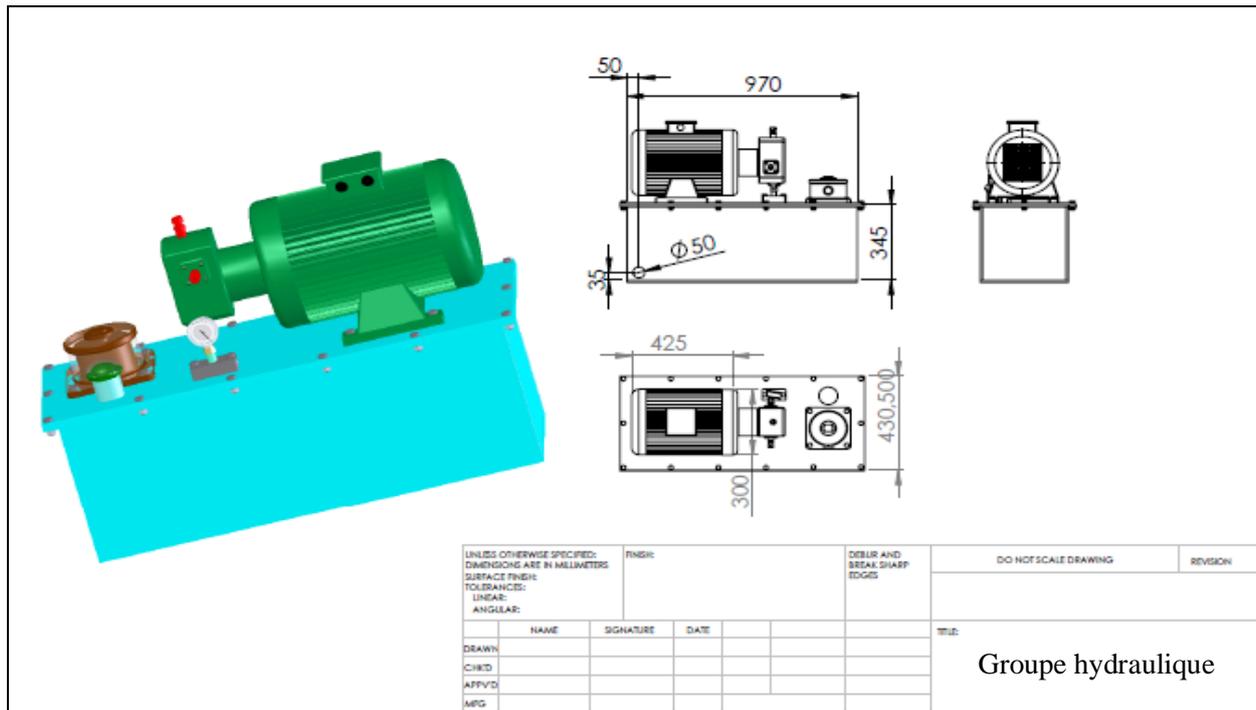


Figure5 : Mise en plan de Groupe hydraulique

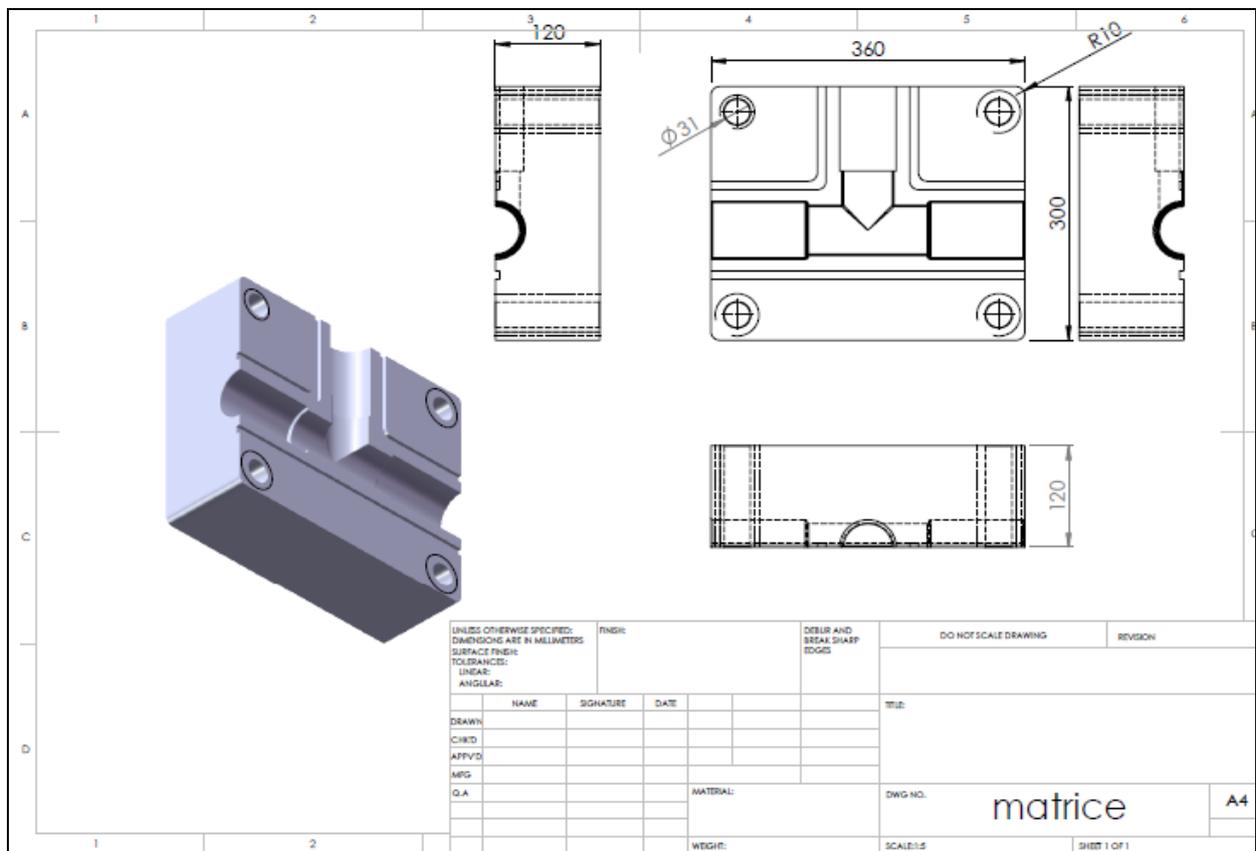


Figure6: Mise en plan de matrice 1

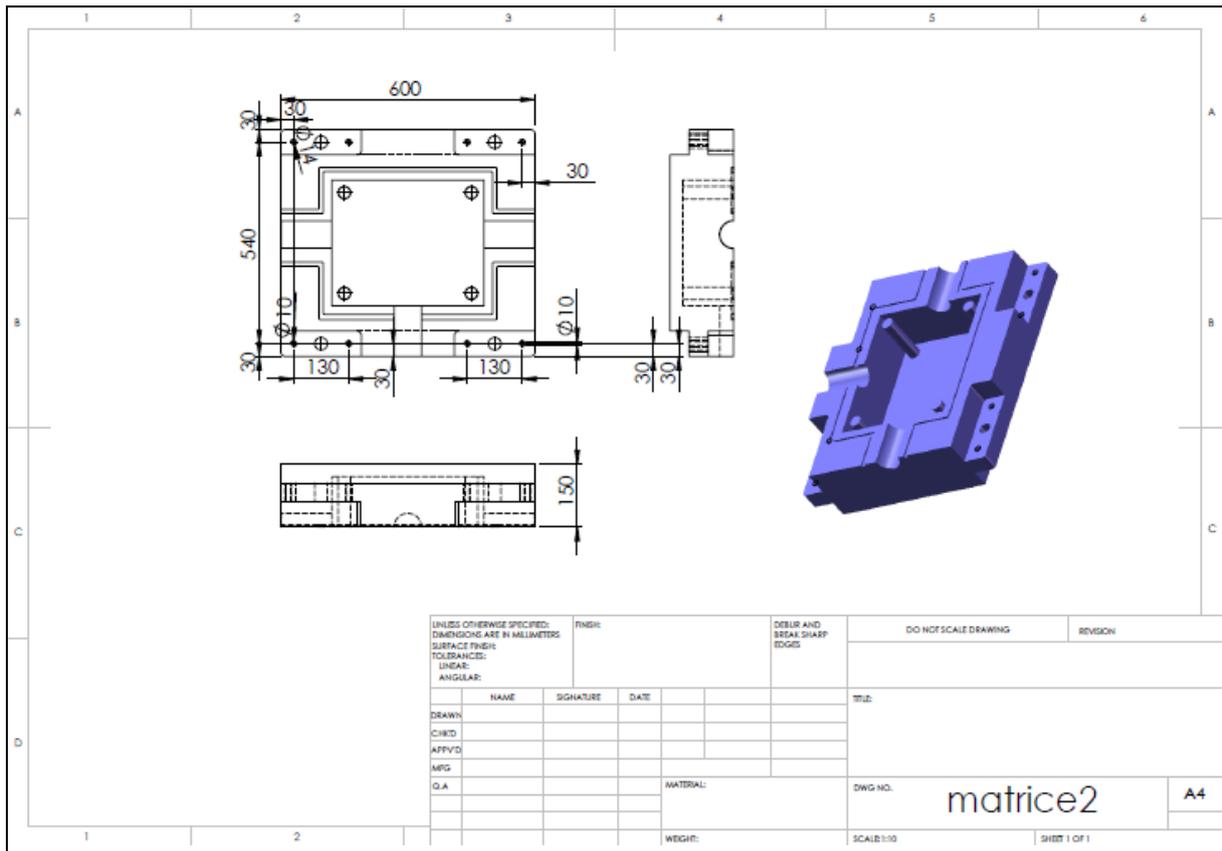


Figure7: Mise en plan de matrice 2

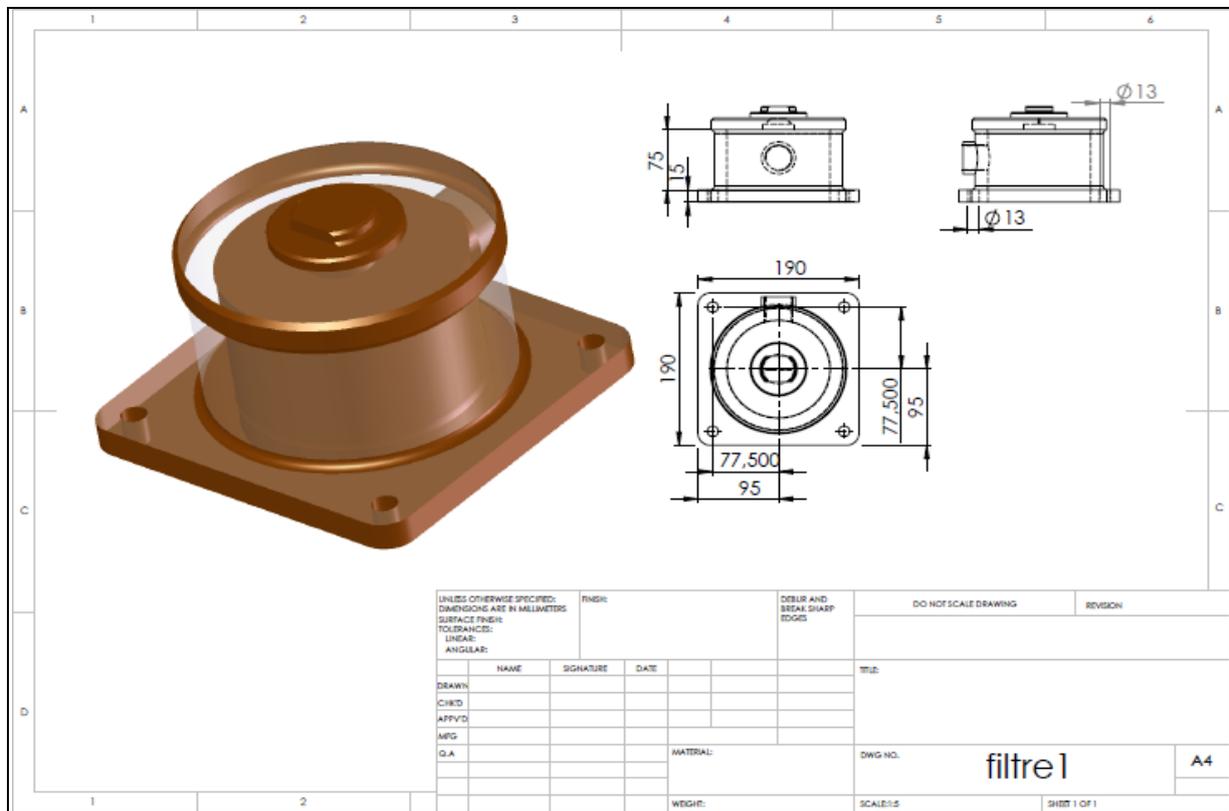


Figure8 : Mise en plan de filtre

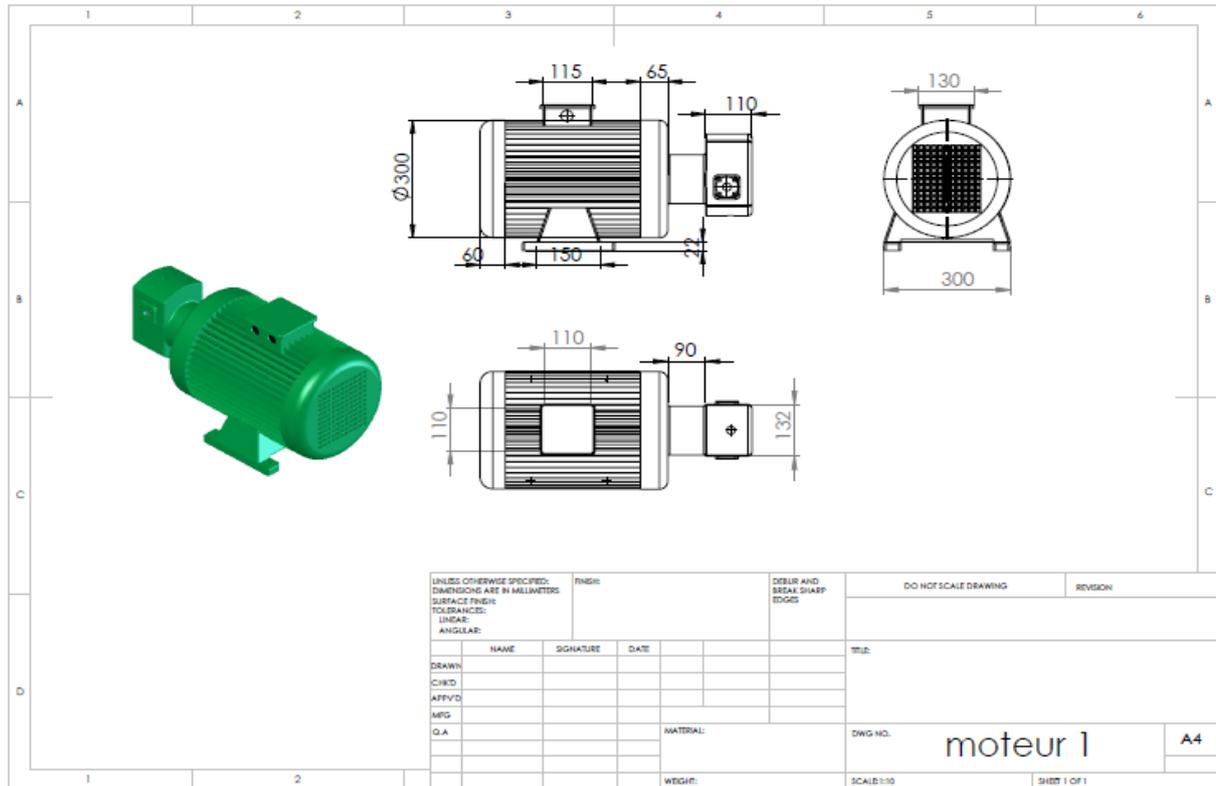


Figure9 :Mise en plan de moteur1

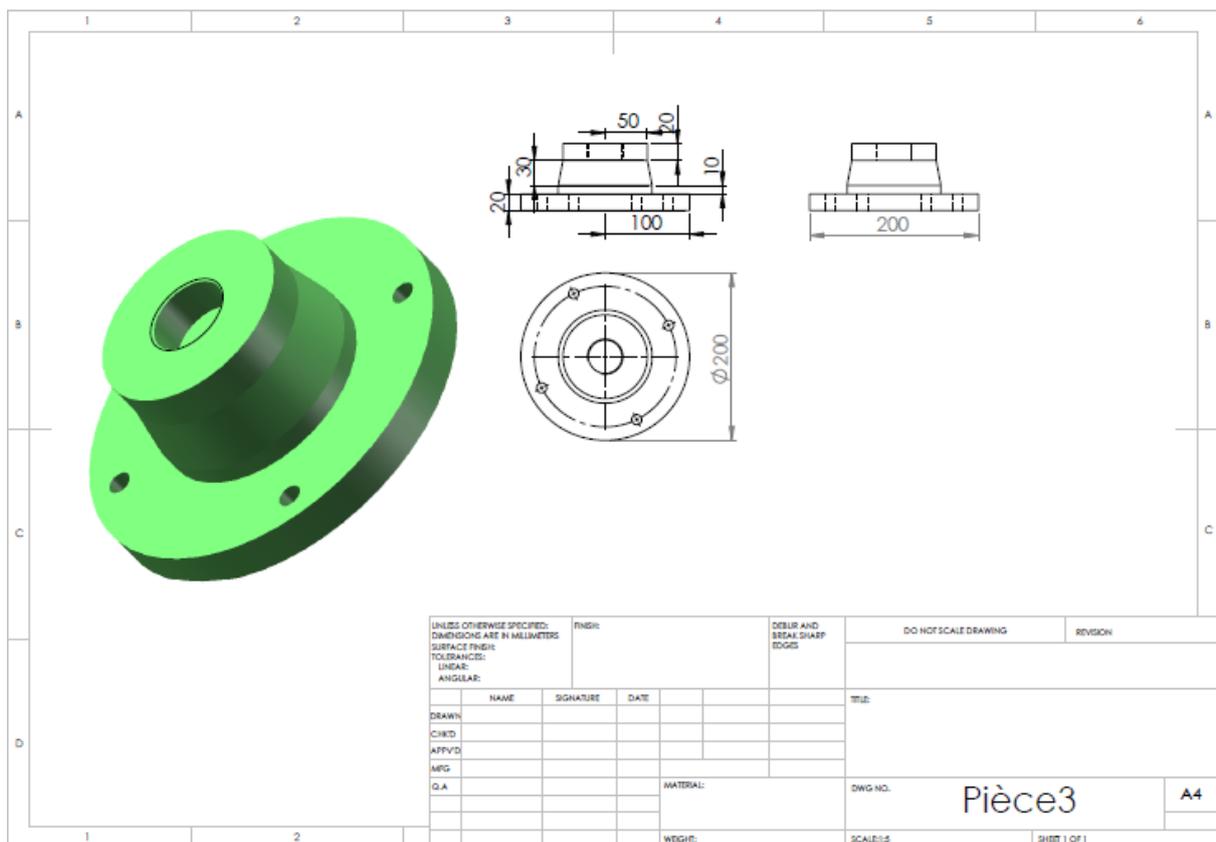


Figure10 :Mise en plan de pièce de vérin

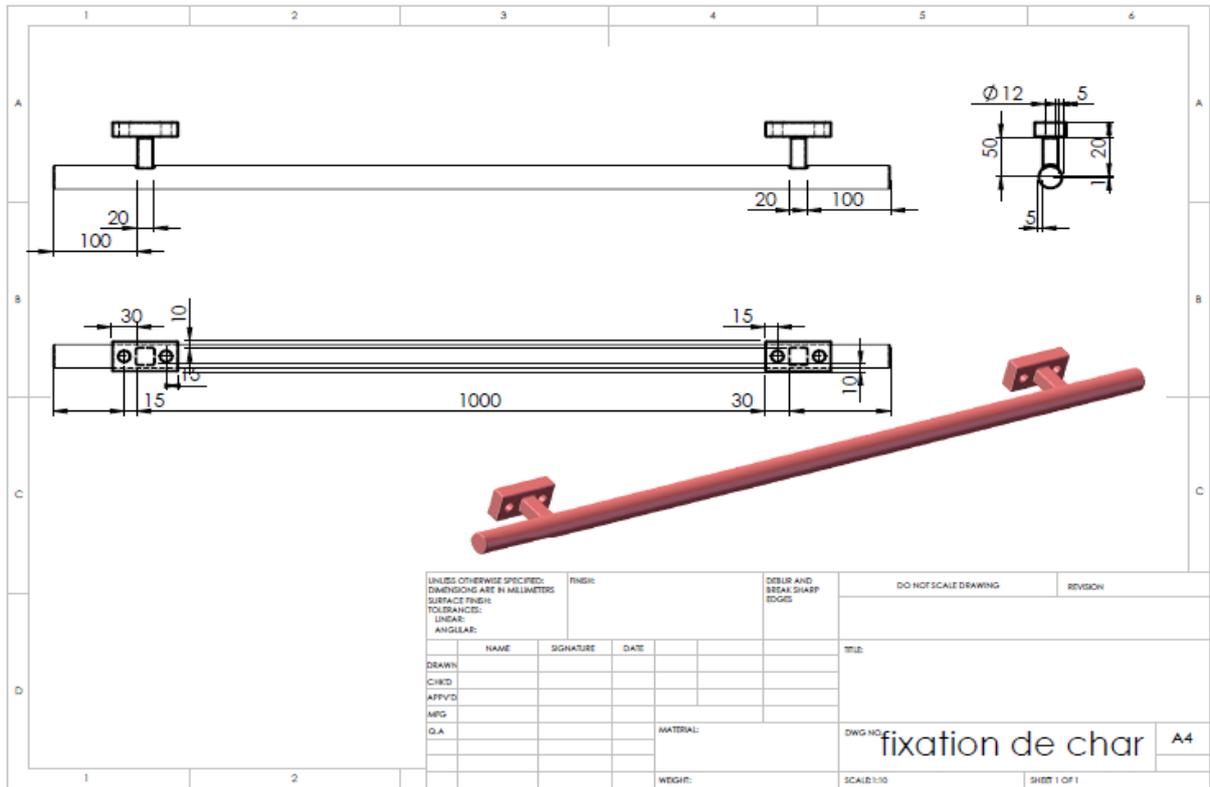


Figure11 :Mise en plan de pièce de fixation de porte

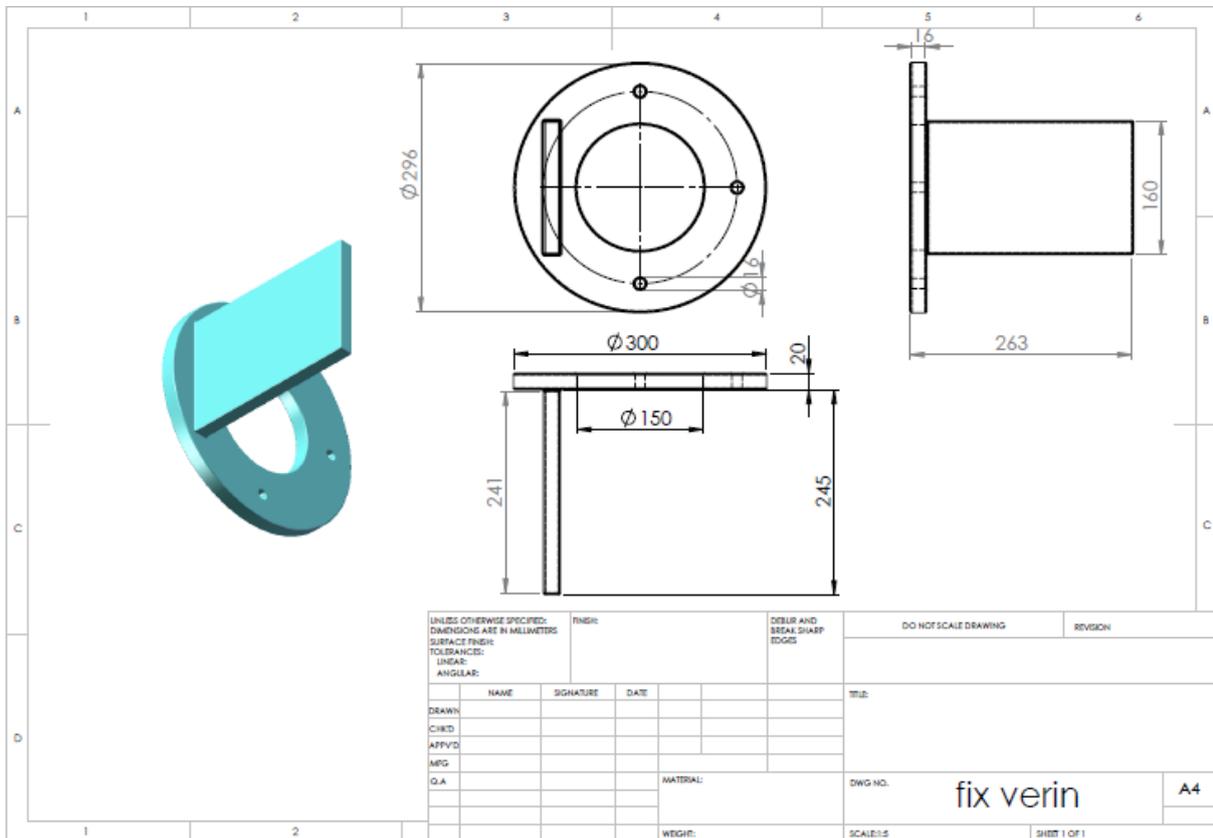


Figure12: Mise en plan de pièce de fixation de vérin

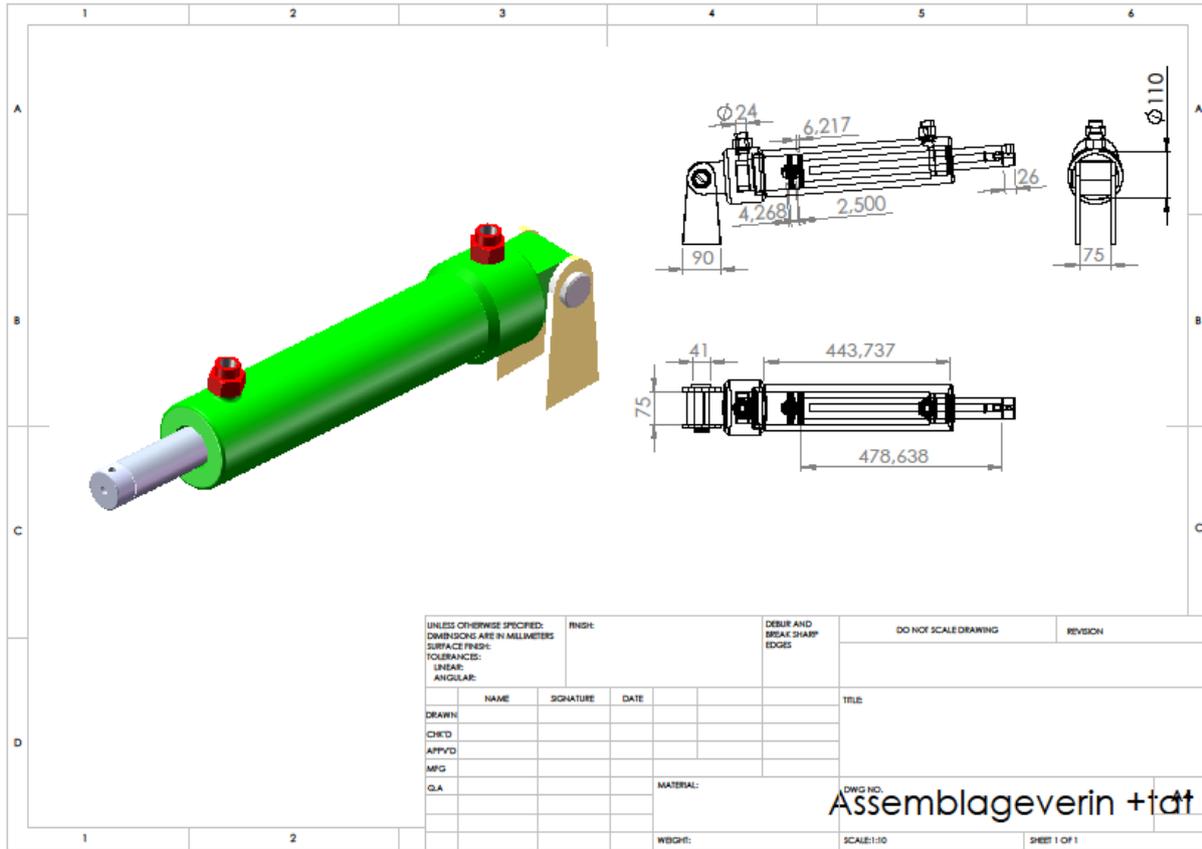


Figure13: Mise en plan de vérin

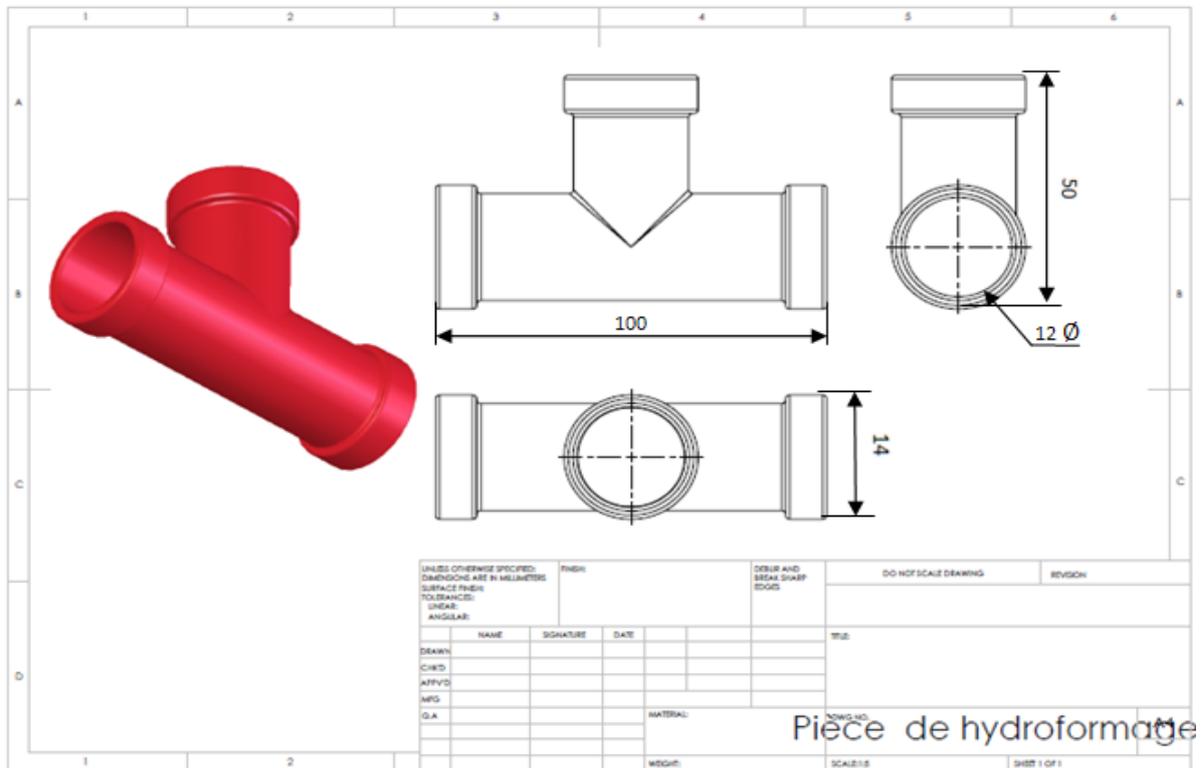


Figure13: Mise en plan de tube de fabrication

BIBLIOGRAPHIE

- [1]: Hydroformage <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?Oldid>.
- [2]: L'hydroformage de tubes www.wikipedia.fr .
- [3]: Recherche d'image sur :www.Hydroformage-org/w/index.com
- [4]: **Thèse présentée pour obtenir le diplôme de doctoral** analyse des structures en plaques et coques par éléments finis hybrides "généralité de hydroformage" par **chebbah Mohamed said**.de université de Mohamed kheider de Beskra
- [5]: Caractérisation de matériaux hydroformés www.gom-france.com .
- [6]: **Simulation numérique** de la mise en forme de tubes en alliage léger par la technique. D'hydroformage école polytechnique de l'université de Sao Paulo Sao Paulo -brésil .
- [7]: Thèse de l'ingénieure titre **conception ,Réalisation d'un compacteur de déchets** par **Naili Mokhtar (Chapitre 2 de groupe hydraulique)**
- [8] : **Thèse de l'ingénieure titre conception ,Réalisation d'un compacteur de déchets** par **Driss-Nekkaa- Sw-2006**
- [9]:**Livre de mécanismes hydrauliques et pneumatiques**, jacques faisander, édition dunod. 1999
- [10]: Livre Memotech Maintenance industrielle édition f.Castellayyi et y.Gangloff
- [11]:Documentation de PDF **de mécanismes hydrauliques** de Sète
- [12]: **Thèse de l'ingénieure titre conception ,réalisation d'un** par **hamza sw-2006**
- [13]: **Guide vérin industriel**
- [14]: **Liaisons et mécanismes**, p .Agati et M. Rosstto, Edition dunod ,1994
- [15]: **Mécanismes hydrauliques et pneumatiques**, Jacques faisander, Edition dunod, 1999
- [16]: **Guide du dessinateur industriel**, André chevalier, Edition hachette technique 2004.
- [17]: **Guide du technicien en fabrications mécaniques**, a. Chevalier, j. Bohan, Edition hachette technique 1989.
- [18]: **construction mécanique**, g. Lenormand T1, Edition Foucher, 1969.
- [19]: **mécanique par les problèmes**, a. Campa, Edition Foucher 1985.

CHAPITRE 01

GENERALITES SUR LE PROCEDE D'HYDROFORMAGE

1 INTRODUCTION:

Les origines de l'hydroformage remontent aux années 1950 où, aux Etats-Unis, un premier brevet présentant un procédé s'approchant fortement de l'hydroformage, est déposé pour la fabrication de pièces de robinet.

Mais cela ne fait que depuis les années 1980. Se 1983 apparait la première presse industrielle d'hydroformage.

D'abord utilisé dans l'aérospatial puis l'aéronautique, l'hydroformage n'accède que dans la fin des années 1990 à des applications plus larges, c'est-à-dire principalement la production automobile.

1-2 PRESENTATIONS GENERALE DU PROCEDE :

Les progrès effectués en asservissement des automates ainsi que sur les systèmes hydrauliques haute pressions ont permis à l'hydroformage de devenir un procédé fiable pour la production de masse.

Les presses modernes possèdent ainsi un contrôle fiable de la force et l'avancement axial vis à vis des pressions internes.

Ce qui permet la réalisation de pièces complexes par hydroformage. Dans ce paragraphe nous décrivons le procédé, et nous précisons ses applications. Ainsi que de ses avantages et ses inconvénients actuels [2].

1-3 PRINCIPE DU PROCEDE:

Dans certains cas, le tube est construit seulement par application d'une pression interne, dans ce cas, le rôle des charges axiales est d'éviter le problème de fuites.

La figure 01 décrit le principe de base d'un procédé hydroformage .

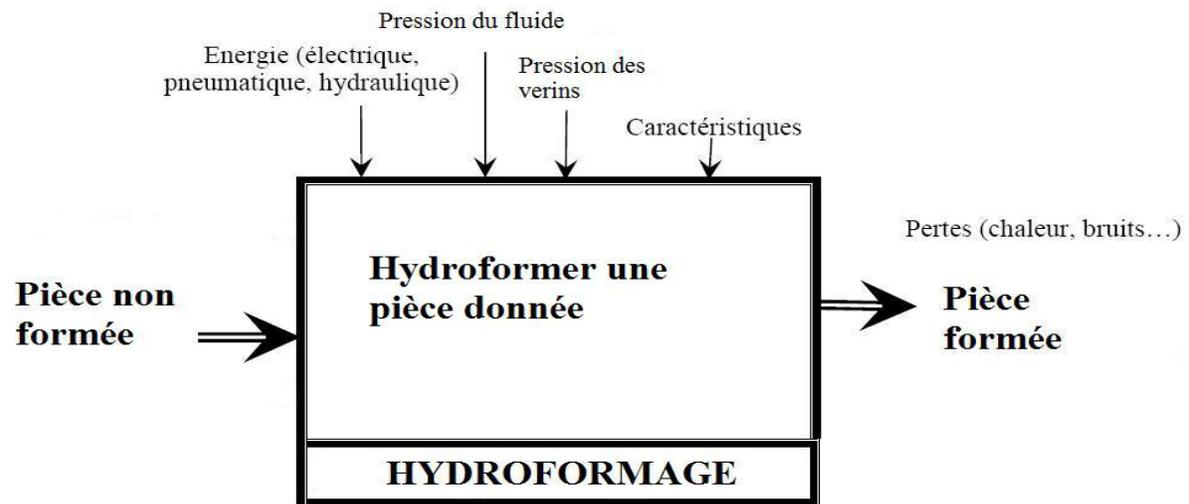


Figure 1: Principe du procédé hydroformage [4]

1-4 L'HYDROFORMAGE DE TUBES :

Dans l'hydroformage généralement, le liquide est utilisé, soit pour jouer le rôle d'une matrice, soit pour améliorer la formabilité par minimisation de l'effet du frottement entre le flan et la matrice ou entre le flan et le poinçon (figure 1-1). Dans le cas d'hydroformage de tubes, le liquide joue le rôle d'un poinçon. [3]

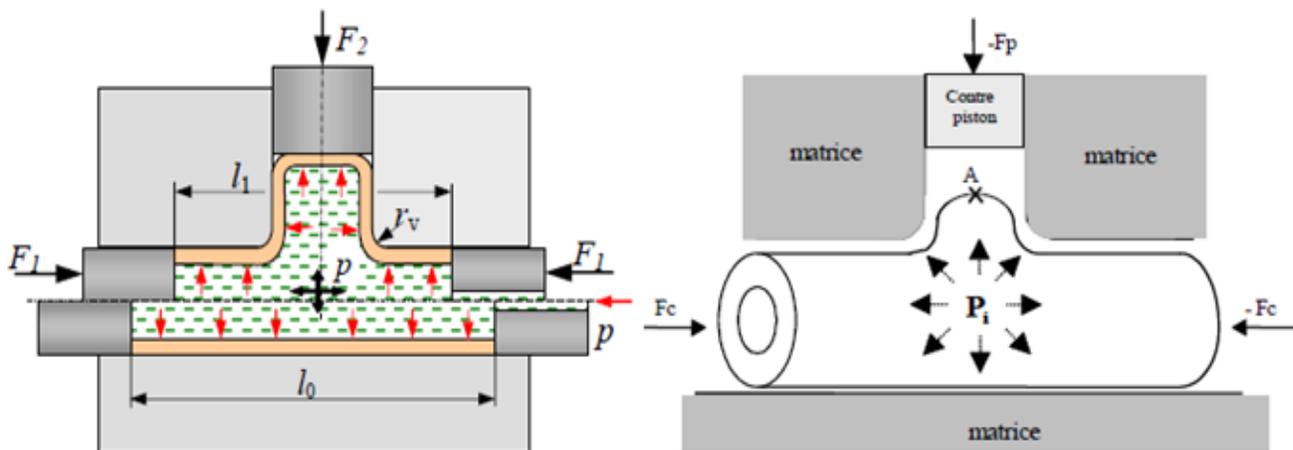


Figure 1-1: Exemple d'hydroformage de tubes [4]

1-5 PRESENTATION DES ZONES AUX CONDITIONS DE CONTACT DIFFERENTES :

Le tube peut être obtenu de plusieurs manières dont la plus utilisée est par recourbement et soudure d'une plaque rectangulaire. Le tube prend la forme de la matrice par application d'une pression interne et deux charges axialement opposées sur les deux extrémités (Figure1-2). Dans les applications industrielles, la pression normale à l'intérieur du tube est variée entre 400 et 600 MPa, tandis que dans certains cas exceptionnels la pression peut atteindre les 1000 MPa, cela dépend bien sûr des paramètres géométriques et du matériau du tube et des spécificités du produit final.

Selon l'état de déformation que subit le tube, on distingue trois zones principales (Figure1-2) :

- la zone de guidage: caractérisée par une grande vitesse de glissement et une grande force axiale.
- la zone de transition: caractérisée par une basse vitesse de glissement et une grande force de contact.
- la zone d'expansion: caractérisée par une expansion de surface élevée. [4]

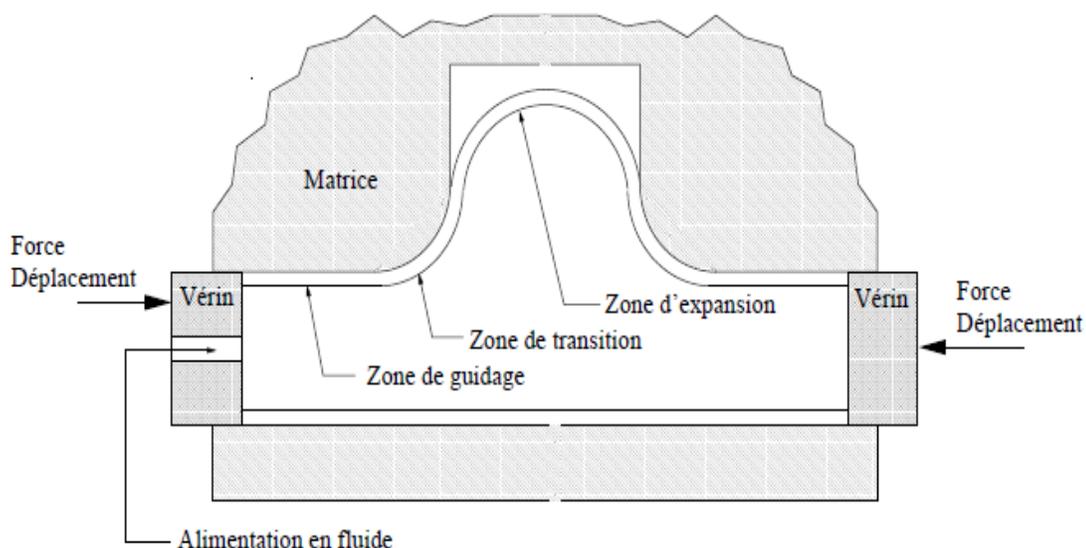


Figure1-2: Présentation des zones aux conditions de contact différent [4]

1-6 PRINCIPE DE FABRICATION D'HYDROFORMAGE DE TUBES:

Il y a également des cas dans lesquels les forces axiales sont très élevées afin de pousser fortement la matière dans la zone d'expansion. Dans ces cas, le tube est formé sous l'action simultanée de pression interne et de force axiale. [4]

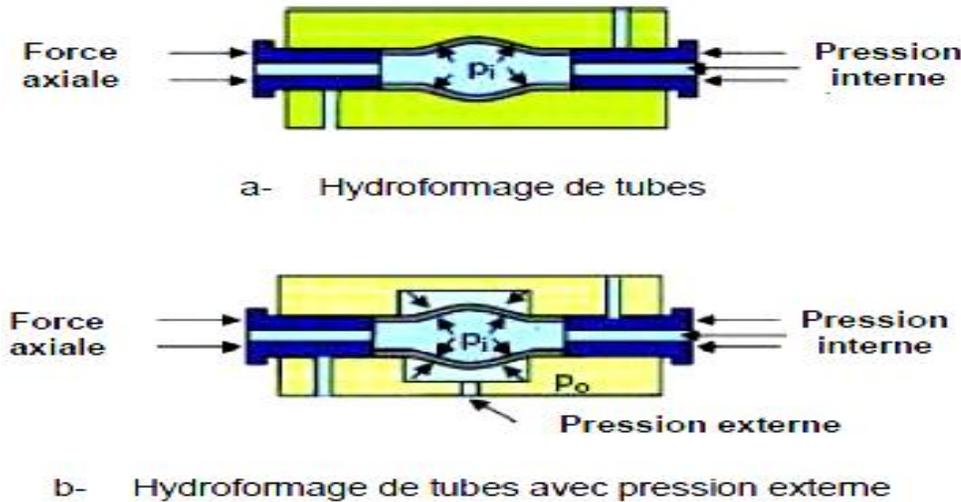


Figure 1.3 -Méthode de fabrication de tube par hydroformage [4]

1-7 INTERETS TECHNIQUE ET ECONOMIQUE:

Le processus est économique puisqu'il n'y a pas de consommables excepté le lubrifiant disposé entre la pièce et la matrice à chaque changement de pièce ; de plus il n'y a pas de perte de matière, ce procédé est donc apprécié lorsqu'il s'agit de façonner des pièces en matériaux nobles ou en alliages spéciaux en plus il a les avantages suivantes :

1. Très grande flexibilité en ce qui concerne la réalisation des prototypes et pièces en petite et moyenne série.
2. Les pièces obtenues ont un bon état de surface et des caractéristiques mécaniques améliorées par rapport à d'autres procédés de fabrications.
3. Les machines sont facilement automatisables et s'intègrent bien dans un processus de grande série grâce à des cadences élevées.
4. Une pièce faite de plusieurs parties assemblées par soudage peut être réalisée par hydroformage en une seule étape réduisant l'encombrement dans l'atelier et augmentant la cadence de fabrication.
5. Permet d'obtenir des pièces qui ont un meilleur rapport rigidité/poids [2]

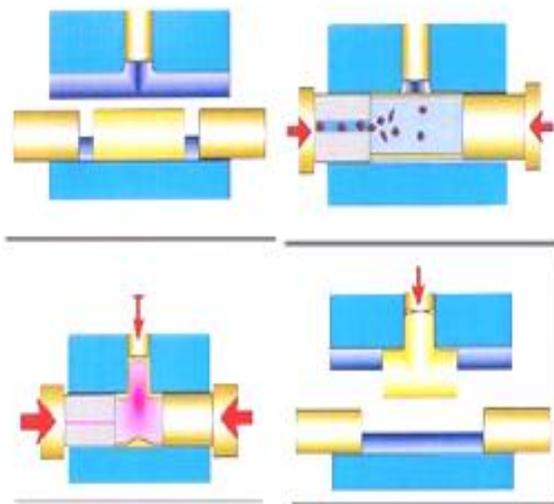
1-8 SCHEMA DE PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT:

Le procédé d'hydroformage consiste à déformer de manière plastique des pièces d'épaisseur faible comme des tubes ou des plaques, la forme finale de la pièce étant déterminée par une matrice.

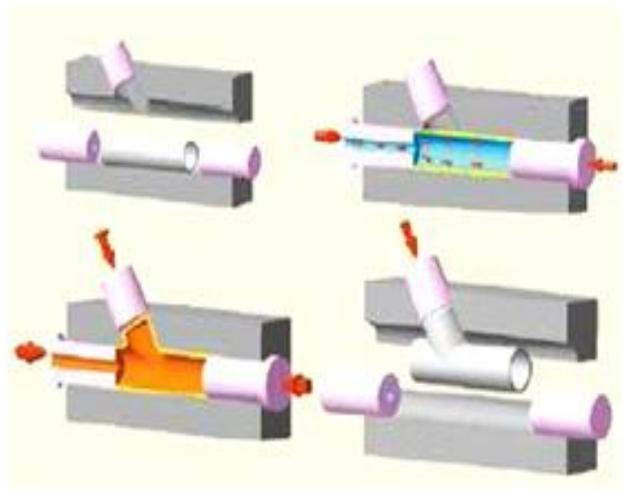
Mais contrairement à d'autre procédé comme le matriçage, il n'y a pas de matrice complémentaire intérieure, celle-ci étant remplacé par un fluide sous haute pression qui force la pièce à prendre la forme de la matrice.

Ce procédé comporte deux variantes principales :

1. **L'hydroformage à matrices fixes**: la mise en pression seul du fluide contribue à l'obtention de la forme finale
2. **-L'hydroformage à matrices mobiles**: les différentes matrices commandées par vérins terminent la déformation une fois qu'elle a été amorcée par la pression du fluide.



a -exemple de Principe d'hydroformage
de tubes forme t



b- exemple de Principe d'hydroformage
de tubes forme y

Figure 1-4: Exemple de Principe d'hydroformage de tubes a matrices mobiles [4]

1-8-1 ETAPE DU PROCEDE D'HYDROFORMAGE A MATRICE MOBILE:

1-Un tube est placé dans une matrice a ce moment la ouverte qui présente la forme du composant à produire.

2-La matrice est fermée par la presse hydraulique. L'espace de la pièce est fermé de manière étanche par la matrice par son plan de joint et les deux poinçons.

3-On remplit l'espace par le fluide sous pression, généralement de l'eau.

4-Les poinçons sont hydrauliquement placés sur les extrémités du tube.

5-La mise sous pression du fluide pousse les parois du tube contre la matrice, puis les poinçons terminent de comprimer la pièce tout en ajustant la pression du fluide, ce qui achève le formage en plaquant de manière précise les parois du tube sur les forme de la matrice.

6-Les poinçons sont écartés, le fluide est retiré (pour être réutilisé au cycle suivant). La matrice s'ouvre lubrifiée pour éviter à la pièce déchirures, fissures, mauvais état de surface, formes non correct, et on peut dégager la pièce pour le cycle suivant à noter que la matrice doit être soigneusement etc. [4].

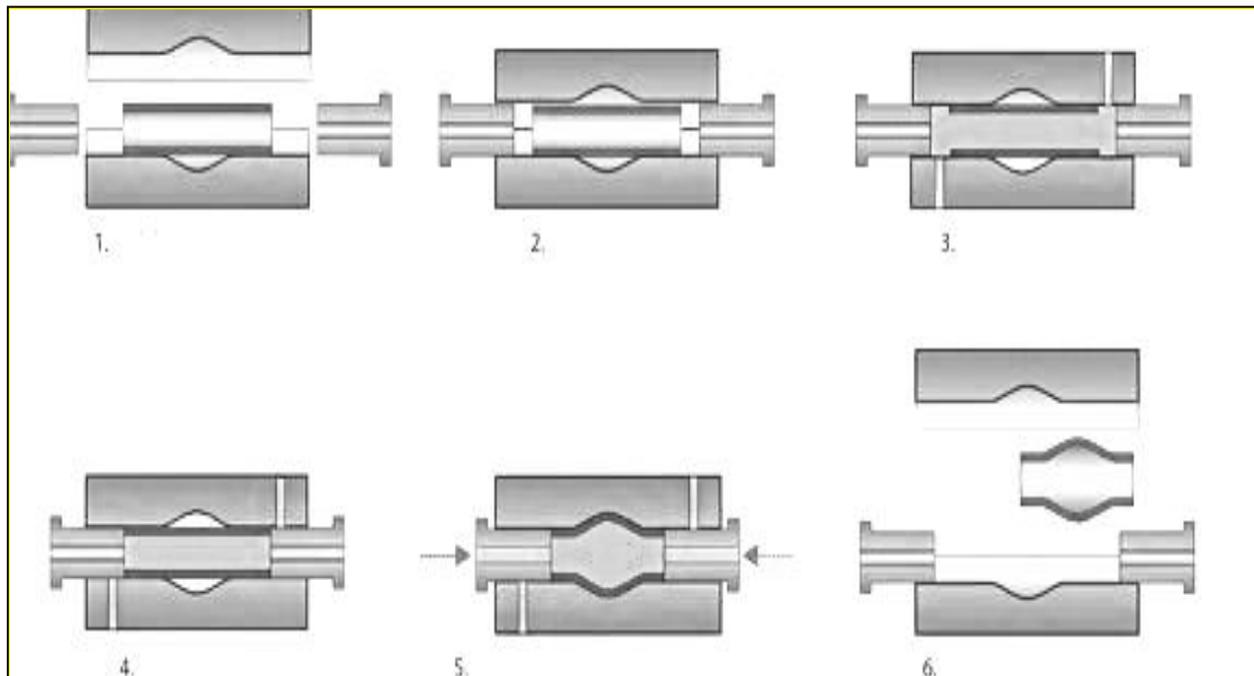


Figure 1-5. Principe d'hydroformage de tubes [4]

1-9 AVANTAGE ET INCONVENIENT DU PROCEDE:

Les avantages du procédé d'hydroformage sont nombreux et le procédé suscite un important intérêt de la part des industries de l'automobile et de l'aéronautique, parmi ces avantages, on peut citer :

1. amélioration de la formabilité due à la pression appliquée par le fluide ;
2. minimisation du contact poinçon/matrice ;
3. amélioration de la distribution d'épaisseur de la pièce finale par rapport à l'emboutissage ;
4. minimisation des déchets en fin de formage ;
5. diminution de la puissance consommée avec un outillage plus simple ;
6. consolidation des pièces ;
7. réduction du poids ;
8. amélioration de la rigidité des pièces ;
9. coût d'outillage réduit, ainsi peu d'opérations secondaires

L'hydroformage a également quelques inconvénients , dont on peut citer :

1. le cycle est lent (1000 pièces contre 10000 pièces en emboutissage) ;
2. les équipements sont chers (30% de plus par rapport aux équipements d'emboutissage) avec un manque de base de connaissances étendues du procédé et de la conception d'outillages ;
3. les produits d'hydroformage exigent également de nouvelles techniques de soudure pour l'assemblage[4].

1-10 DEFAUTS D'HYDROFORMAGE (zone de travail):

1-10-1 DOMAINE D'APPLICATION:

Les essentielle : leur matériaux employés pour ce procédé sont divers mais ont tous une caractéristique domaine élastique est le plus petit possible, évitant ainsi un trop grand retour élastique lorsque la pression est relâchée. Malgré tout ce retour lorsque la pression est relâchée reste inévitable.

C'est pourquoi on procède généralement à une simulation numérique permettant de déterminer

Le sur dimensionnement nécessaire de l'empreinte de la matrice pour obtenir les dimensions voulues sur la pièce finale. Les matériaux doivent également posséder une bonne ductibilité.

- ❖ Le procédé s'applique à la production en grande et très grande série car les coûts de la

machine, des matrices et de l'entretien sont élevés, les pressions d'injection et de fermeture de moule spécifique à chaque pièce.

- ❖ Les poids et les dimensions limites des pièces sont difficilement quantifiables car spécifique

aux machine et aux formes des pièces formées. Les parois doivent rester relativement minces (inférieur à généralement environ moins de 10 mm). L'hydroformage est un processus relativement jeune qui reste en cours de développement, la puissance des presses ne cessant d'augmenter :

- ❖ Les forces de serrage de matrice atteignent 10 000 tonnes. Les pressions internes du fluide.

vont jusqu'à 15 000 Psi pour les presses basses pressions, jusqu'à quasiment 90 000 Psi (plus de 6000 bar) sur les presses hautes pressions.

- ❖ La durée du processus varie de quelques secondes à plus d'une minute selon la taille des pièces. L'outillage a une durée de vie de 2 à 3 millions de cycles. [2]

L'hydroformage est actuellement largement utilise dans l'industrie automobile et aéronautique (voir la figure1- 6) .

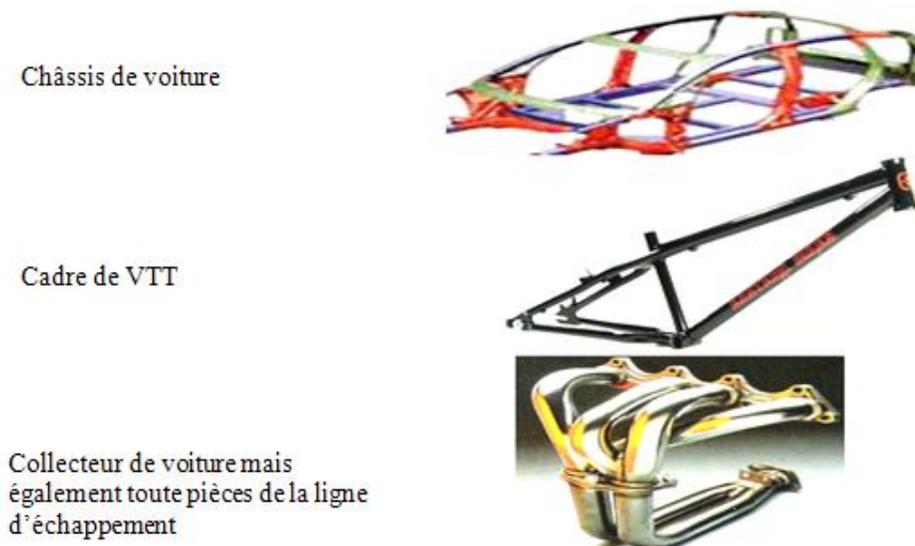


Figure 1.6:exemple de domaines d'application.

1-10-2 PROPRIETES DES PRODUITS :

D'ailleurs, les pièces hydroformées sont fréquemment destinées à supporter des efforts importants (pièces de châssis, éléments de suspension,...) comparé à l'épaisseur de matière utilisée :

- 1- Les pièces obtenues par ce procédé présentent un état de surface très correct.
- 2- la déformation engete la limite élastique.
- 3-Le processus permet des formes assez complexes tant qu'on ne s'éloigne pas trop du brut d'origine (déformations limitées). [2]

1-11 DEFAUTS D'HYDROFORMAGE:

1-11-1 ZONE DE TRAVAIL:

L'un des objectifs de la conception en hydroformage est d'optimiser le trajet de déformation du tube de sorte que l'amincissement de la paroi soit réduit au minimum sans risque de plissement, de rupture (éclatement). ni de flambement.

Ces défauts sont montrés sur la (figure1-7) Du point de vue trajet de chargement (pression/temps et course/temps) chacun de ces problèmes [5].

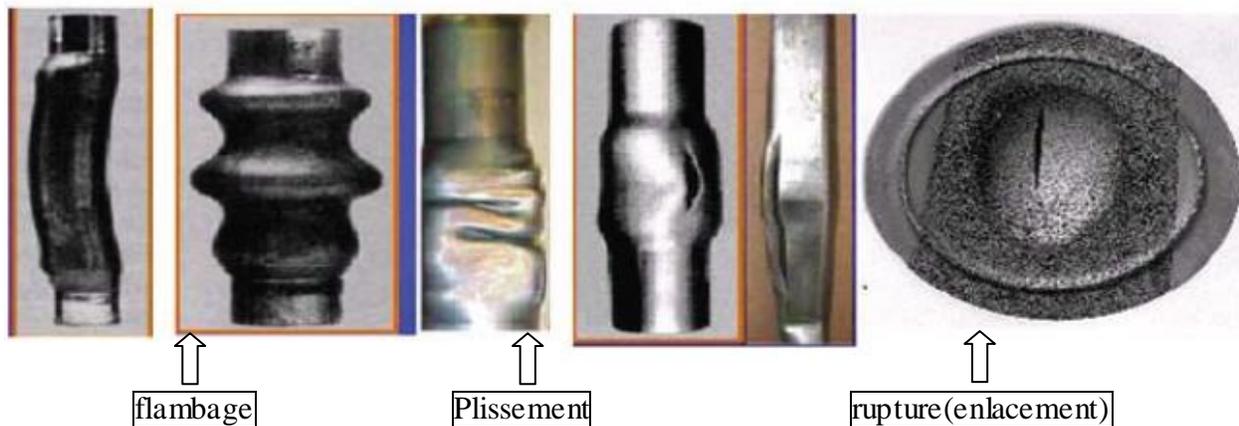


Figure 1-7-le défaut d'hydroformage [5].

1-11-2 paramètres qui influencent sur la formabilité:

Les paramètres qui influent sur la formabilité en hydroformage, peuvent être classés en trois catégories :(figure 1-8)

1. Les paramètres géométriques : diamètre du tube initial, rayons d'entrée matrice, etc.
2. Les paramètres de matériau : coefficient d'écroutissage, coefficient d'anisotropie, coefficient de frottement, etc.
3. Les paramètres de fonctionnement : ce sont les charges axiales, la pression interne, les forces de retenue, etc.

Tous ces paramètres peuvent être contraints par des limitations de natures technologiques ou économiques à prendre en compte dans la résolution du problème de conception.

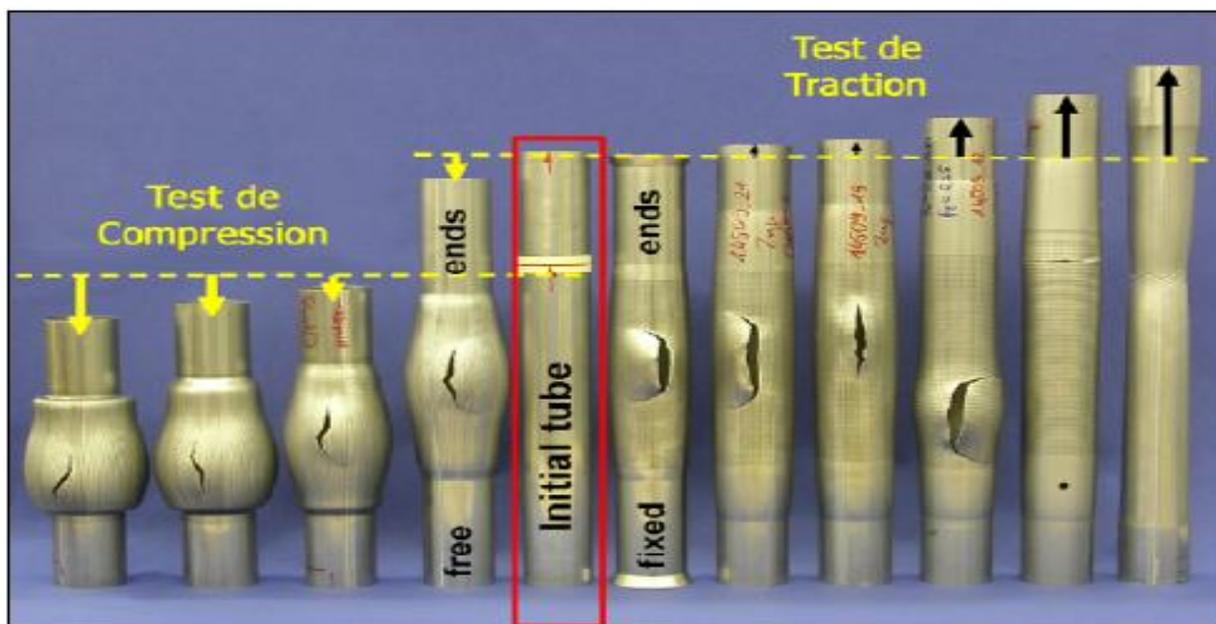


Figure1-8 - Principaux modes de défaillances (Flambage, Plissement et Rupture) [5].

1-12-PRESSES D'HYDROFORMAGE:

Les principaux rôles des presses d'hydroformages sont, l'ouverture et la fermeture de la matrice et la production d'un effort de retenue pendant le formage, pour éviter la séparation des deux parties de la matrice. Les unités additionnelles qui sont exigées pour suivre le processus incluent des pistons, pour les charges axiales et un compresseur. Actuellement, des presses hydrauliques sont utilisées, pour fournir de grandes forces de retenue pendant le processus.

Ces presses sont habituellement très coûteuses. Parmi les considérations à prendre en compte, durant la sélection des presses d'hydroformage on distingue:

- une presse de haute ou basse pression
- force Maxi de fermeture
- force axiale Maximale
- énergie d'utilisation
- le type de système de fermeture
- pression interne Maximale
- prix de la presse
- facilité d'entretien

Normalement, les capacités des équipements industriels, utilisées dans la chaîne de production d'hydroformage s'étendent de 20 000 à 60 000 KN, le tableau 1.1 présente quelques caractéristiques (Force de retenue et Pression interne) de quatre produits presses. La (figure 1-9) présente une presse d'hydroformage [4].

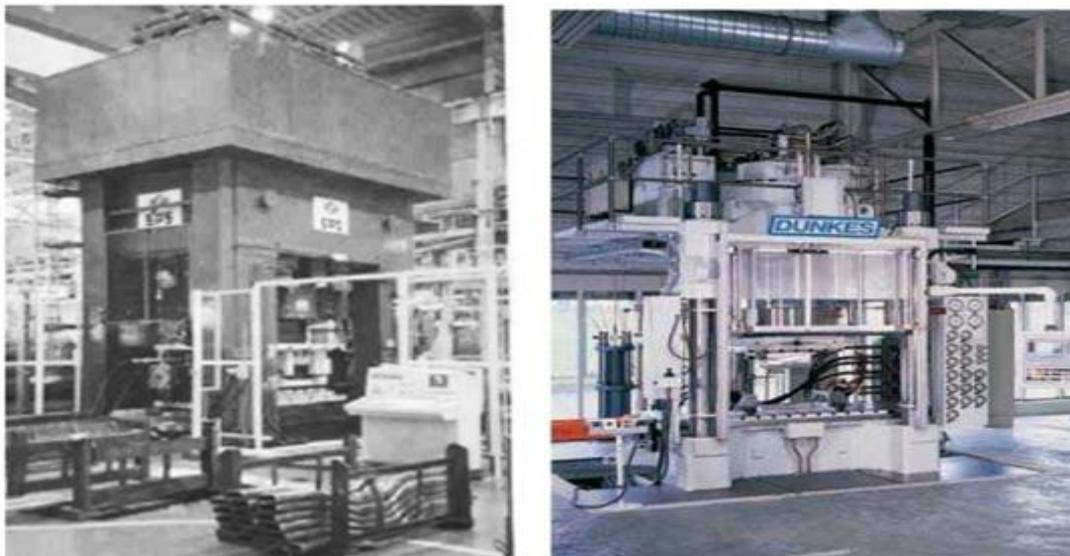


Figure 1-9: exemple de Presse d'hydroformage[4].

Pour économiser l'énergie le mieux possible et diminuer le temps d'un cycle du processus

entier, beaucoup de techniques développées ont été appliquées dans la conception d'équipement d'hydroformage .

Presse	Force de retenue	Pression interne
Bauer	60, 000 KN (6744 Tonnes)	6000 Bars (87,000 PSI) (600 MPA)
Schuler	700-10,000 Tonnes (6228-44484 KN)	15,000-45,000 PSI
SPS	60,000 KN	2,500 Bars (36, 260 PSI)
Variform		moins de 15 000 PSI

Tableau1-1 : caractéristiques de quelques pression d'hydroformage

La (figure 1.10) montre un système de remplissage rapide (un débit de remplissage plus que 20 l/s) à cause de meilleures caractéristiques des flexibles. En utilisant ces méthodes combinées avec un système rapide de transition, la durée de cycle peut être réduite jusqu' à10%, selon l'application

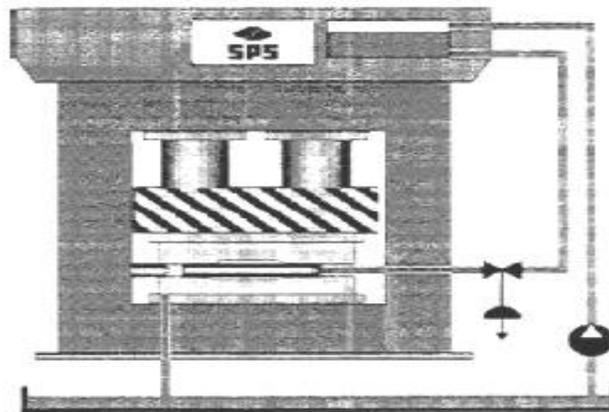


Figure 1.10 : Optimisation du temps de cycle de procédé [4].

Wang et Yuan, ont étudié et développé une machine de formage à haute pression interne basée sur une presse à double-action, pour fournir la force de retenue, comme montré dans la (figure 1.11). Cet équipement peut être employé pour la vérification expérimentale de base, ou pour produire aux industriels des expériences faisables. La force de retenue maximale atteint 10 000 KN, la pression interne peut atteindre un maximum de 400MPa et peut être

classée de 0-150 à 150-400 MPa afin de répondre aux besoins de formage de différents matériaux. Un système précis de rétroaction pour la pression interne et de déplacement des pistons des côtés a été conçu. [4]



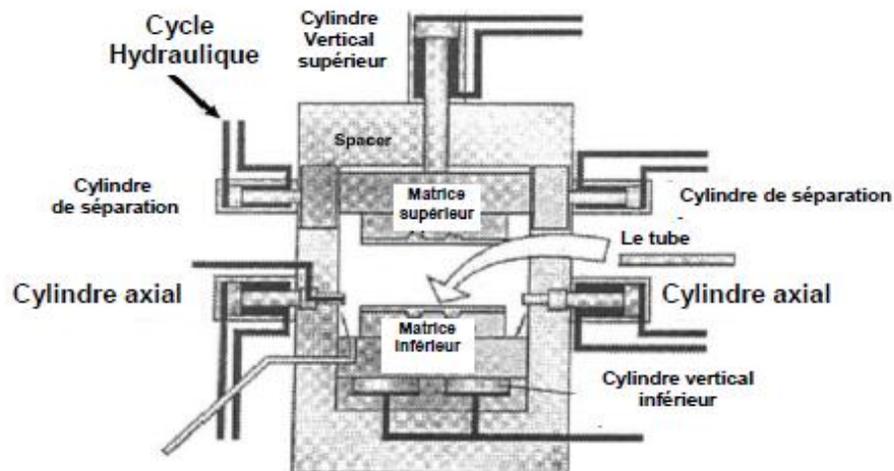
Figure 1.11: Equipement d'hydroformage [4].

Plusieurs instituts de recherche essaient de développer des équipements à prix réduit avec des actions séparées pour l'ouverture et la fermeture de la matrice et la production de l'effort de retenue. La(figure 1.12) montre le principe d'un système d'hydroformage développé à l'université de Stuttgart

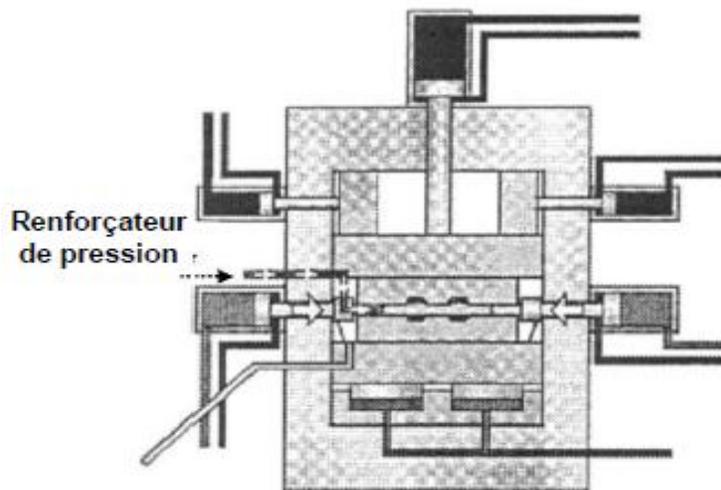
Selon ce principe, la matrice supérieure est actionnée par un cylindre de basse pression et de longue course. Une fois la matrice supérieure descendue, les deux cylindres horizontaux sont actionnés pour la bloquer en position. Puis, la matrice inférieure est soulevée à l'aide d'un cylindre de haute pression et de courte course pour fermer la matrice et pour produire l'effort de retenue. Ensuite, les cylindres axiaux s'engagent et la pression interne augmente à l'intérieur de la pièce.

L'avantage de ce système est de réduire au minimum le volume hydraulique, qui a comme conséquence le minimum temps pour la fermeture. Déplacement d'un grand volume de fluide pour l'ouverture et la fermeture de la matrice, mouvement de la pièce à l'intérieur et à l'extérieur des outillages, remplissage et gonflement de la pièce, sont les principaux facteurs pour la réduction du temps de cycle.

L'un des principaux facteurs, limitant le taux de production est l'opération de cintrage/préformage. [4]



a) Matrices ouvertes



b) Matrices fermées et la partie en formage

Figure 1.12: Principe d'une presse d'hydroformage à coût réduit [4].

Par conséquent, plusieurs machines à cintrage peuvent être utilisées, pour fournir des pièces par le procédé d'hydroformage. Le tableau 1.2 montre le temps de cycle pour quelques produits.

Composante	pièces/course	temps de cycle
Tubulure d'échappement	2-4	15-20 sec
Side-rail pour camion de remorque	2	40 sec
Poutre pour Panneau d'instrument	1	35 sec
Branche en T	jusqu'à 25	13 sec

Tableau 1-2 : temps de cycle pour différentes pièces

A titre exemple nous présentons dans la figure 1-13 Presse expérimentale de laboratoire cette presse à la caractéristique suivantes : [4]

Force de fermeture = 400KN , force de chaque vérin 18KN

et moule est à : Acier au carbone C20



Figure 1-13 :Presse expérimentale [4].

1-13 CONCLUSION:

Suite à cette recherche bibliographique ,nous pouvons conclure que le procédé d'hydroformage est une technologie nouvelle dans la mise en forme des métaux , elle nécessite une installation hydraulique spécifique.

Les conditions de travail sont très strictes quand au critères de choix des pressions et de composants a cet effet une étude approfondie sur les systèmes hydraulique s'avère importante ,ce que nous élions développer deus le chapitre 2 .

CHAPITRE 02

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

SUR LES SYSTEMES HYDRAULIQUES

2-1 INTRODUCTION :

Les systèmes hydrauliques se retrouvent partout dans les installations industrielles qui requièrent de la force, de la flexibilité et de la fiabilité. de nos jours, l'avènement de l'électronique et de l'informatique a permis de perfectionner les circuits hydrauliques . ceux et celles qui œuvrent dans ce domaine doivent donc se tenir à l'avant-garde de ce qu'il est convenu d'appeler aujourd'hui l'électro- hydraulique .

Pour ce faire, il leur faut bien connaître les principaux facteurs qui conditionnent les systèmes hydrauliques et être en mesure d'utiliser les formules mathématiques qui les déterminent .

2-2 LE GROUPE HYDRAULIQUE :

Dans un système de transmission d'énergie mû par fluide, il faut considérer les composantes actives telles que pompes, moteurs distributeurs, actionneurs divers, etc.. il faut également tenir compte des composantes statiques du système (tubes, boyaux, raccords, etc..).

Ces dernières sont très importantes puisque, le transport de l'énergie fluide se fait dans des conduites de toutes sortes et il est primordial de pouvoir connaître à tout moment l'état du fluide (pression, débit, température et niveau). On 'doit donc utiliser des conduites adéquates : l'efficacité du système en dépend. [8]

Les renseignements sur l'état du fluide vous sont transmis par différents instruments qui sont : voir la(figure 2-1):

- ❖ Le manomètre pour la pression.
- ❖ Le thermomètre pour la température.
- ❖ Le thermostat pour contrôler la température.

Il est aussi d'une importance capitale d'avoir, dans l'ensemble d'un système hydraulique, des accessoires qui servent au conditionnement du fluide, ce sont : voir la(figure 2-1):

- ✚ Le réservoir.
- ✚ Les filtres.
- ✚ Distributeur
- ✚ Pompe

✚ Manomètre



Figure 2-1: Le groupe hydraulique du compacteur.

2-2-1 RESERVOIR :

Toute installation hydraulique possède un réservoir qui doit principalement recueillir le fluide de travail nécessaire au fonctionnement de cette installation. Il s'agit généralement d'huile. Ce réservoir doit toutefois remplir d'autres tâches pour les quelles, bien sûr il a été fabriqué.

Ainsi, le réservoir sert aussi au refroidissement du fluide par le circuit hydraulique. Sa taille s'adapte au débit de la pompe et au réchauffement qui en résulte. On choisit le volume du réservoir afin qu'il ait environ 3 et jusqu'à 4 fois le débit de la pompe par minute voir la(figure 2-1).

À cela s'ajoute un volume d'air de 10 à 15% du volume de fluide pour compenser les variations de niveau.

Les petits réservoirs (ceux ayant une capacité de 40 litres ou moins) sont souvent fabriqués en métal léger avec des ailettes de refroidissement : ils offrent une meilleure conductibilité de la chaleur. Les gros réservoirs sont fabriqués surtout en construction soudée.

La plaque de recouvrement est généralement amovible sur les plus petits réservoirs; elle est soudée définitivement sur les plus grands modèles.

Il faut alors prévoir, dans tous les cas, une trappe de visite. Des tôles de stabilisation, à l'intérieur, assurent la séparation entre les côtés de refoulement et d'aspiration et servent au raidissement (renfort). De ce fait, on obtient également le dépôt de particules de déchets et, éventuellement, l'élimination des bulles d'air qui pourraient se former.

Un fond monté en biais est avantageux, car les particules de déchets se déposent à l'endroit le plus bas. Avec une disposition adéquate de la canalisation d'aspiration, les particules peuvent difficilement retourner dans le circuit. voir la(figure 2-2): **[11]**

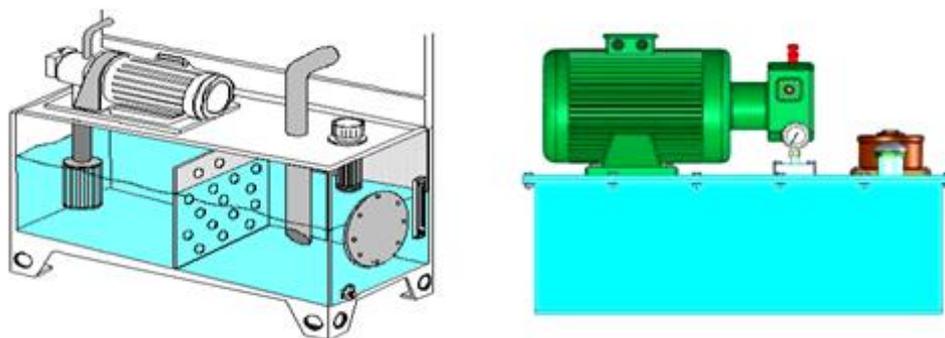


Figure 2-2 : Réservoir d'huile .

Remarque: La capacité minimale du réservoir doit être au moins égale à trois fois le débit de la pompe

2-2-2 FILTRES :

La qualité d'une installation hydraulique dépend de celle du filtre qui y inséré. Pour assurer le fonctionnement sécuritaire d'une installation hydraulique de haute sensibilité, il faut que l'huile soit exempte d'impuretés (particule de l'usure, etc.). Les souillures doivent donc être enlevées de l'huile, cela se fait en la faisant passer à travers un filtre. Les filtres pour installations hydrauliques sont gradués selon la grosseur des particules qu'ils sont capables de retenir. Par exemple, un filtre de 10 μm (micromètres) est un filtre pouvant retenir des particules supérieurs à 10 μm .

Avant la mise en route d'une installation hydraulique, on procède à un lavage de la tuyauterie moyennant des filtres bon marché. Le choix et l'emplacement des filtres dépendent notamment de la sensibilité des composants hydrauliques mis en œuvre. **[11]**

2-2-2-1 Sécurité des filtres:

Il s'agit essentiellement d'une protection contre le colmatage. A force d'arrêter des particules, le filtre finit par se boucher (se colmater) et il est nécessaire de le remplacer. Si ce remplacement n'est accidentellement pas fait, les parois du filtre colmaté vont se déchirer sous l'effet de la perte de charge ainsi occasionnée et toutes les particules accumulées vont se déverser d'un coup dans le circuit; on imagine aisément la catastrophe que cela représente , les protections courantes sont:

- ✓ Les indicateurs de colmatage: ils donnent une information lorsque la perte de charge provoquée par le colmatage devient inacceptable. Cette information peut être un voyant, un contact géré par la partie commande ... (Figure 2-3) **[11]**

- ✓ Les limiteurs de pression bippases: dès que la perte de charge provoquée par le colmatage devient inacceptable, le débit d'huile passe à côté du filtre.

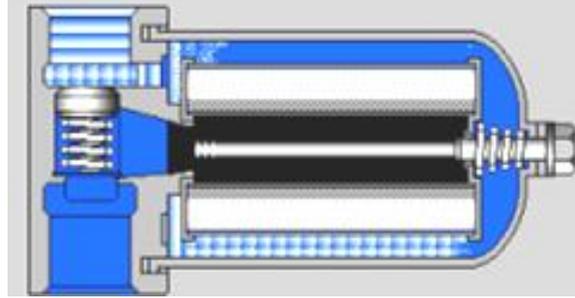


Figure 2-3-présentation de fonction de filtre [11] .

2-2-3 MANOMETRE :

Le manomètre est un appareil servant à mesurer la pression du fluide à l'intérieur du circuit hydraulique.

Détermine et affiche la valeur de la pression rapport a la pression atmosphérique dans une branche du circuit ou dans une installation. Voir le(figure 2-4) [11]

2-2-3-1 Types de manomètre :

- ✓ Manomètre simple
- ✓ Manomètre avec amortissement hydraulique
- ✓ Manomètre commande par une vanne d'isolement
- ✓ Manomètre de prissions différentielle [10]

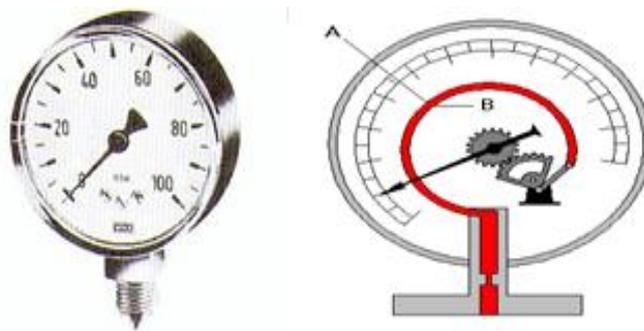


figure 2-4-schéma de manomètre de pression et représentation graphique [11] .

Exemple1 : référence de 162835 de type précision et plage d'affichage 0 a 0.4 MPA a tube ressort de diamètre 63mm et raccordement G1/4 au centre de la force arrière en tableau a température -20 °C a +60°C

Remarque : Si le manomètre est muni d'une vanne d'isolement ,il ne faut pas oublier de presser sur le bouton de commande d'ouverture de la vanne pour effectuer la lecture de la pression

2-2-4-TUYAUX, TUBES, BOYAUX ET RACCORDS :

Qu'elles soient rigides ou souples, les conduites assurent le transport de l'énergie délivrée par la pompe hydraulique vers les composantes de transformation et vers les actionneurs qui exécutent le travail.

Vous devez retenir que les deux facteurs physiques q_v , et p qui influencent la puissance agissent sur le choix de tuyauterie. La sélection des conduites hydrauliques s'effectue selon deux critères :

- ✚ Le débit qu'elles doivent porter.
- ✚ La pression qu'elles doivent supporter [11] .

2-2-4-1 Tuyau d'acier rigide :

Pour être de bonne qualité, le tuyau ou la conduite doit être fabriqué en acier étiré à froid pour exempt de toute soudure ou joint. Souvent, on tolère le tuyau d'acier noir (utilisé généralement pour l'eau) avec joint soudé. Or, l'utilisation d'un tel tuyau n'est faite que dans un seul but : économiser. Ce choix s'avère dangereux puisque la soudure du joint peut briser à tout moment. C'est pour cette raison que l'étude portera uniquement sur les tubes rigides sans soudure.

Les tubes se mesurent d'après leur diamètre extérieur et d'après l'épaisseur de leur paroi.

Le diamètre intérieur (diamètre extérieur moins deux fois l'épaisseur de la paroi) nous détermine le diamètre d'écoulement. Cette donnée essentielle pour régler la vitesse d'écoulement et du débit.

Suivant la formule on a : le débit = la vitesse du fluide * la section .(voir la figure 2-5et la tableur2-1) .

$$\text{Soit : } Q_v = V \times A \text{ et } A = \pi / 4 \times \varphi^2 \dots\dots\dots (1)$$

Avec φ est le diamètre intérieur de la conduite.

De nos jours les abaqués sont de plus en plus utilisés, il suffit de savoir la pression de service utilisée.

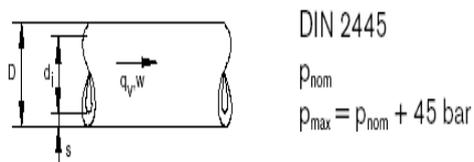


Figure 2-5 :tuyau d’acier rigide [11] .

Voir le tableur de valeur de Tuyau d’acier rigide

$p_{nom} = 100 \text{ bar}$ $p_{max} = 145 \text{ bar}$		$p_{nom} = 160 \text{ bar}$ $p_{max} = 205 \text{ bar}$		$p_{nom} = 250 \text{ bar}$ $p_{max} = 295 \text{ bar}$		$p_{nom} = 320 \text{ bar}$ $p_{max} = 365 \text{ bar}$		$p_{nom} = 400 \text{ bar}$ $p_{max} = 445 \text{ bar}$	
D	s	D	s	D	s	D	s	D	s
6	1	6	1	6	1	6	1	6	1,5
8	1	8	1	8	1,5	8	1,5	8	2
10	1	10	1	10	1,5	10	1,5	10	2
12	1	12	1,5	12	2	12	2	12	2,5
16	1,5	16	1,5	16	2	16	2,5	16	3
20	1,5	20	2	20	2,5	20	3	20	4
25	2	25	2,5	25	3	25	4	25	5
30	2,5	30	3	30	4	30	5	30	6
38	3	38	4	38	5	38	6	38	8
50	4	50	5	50	6	50	8	50	10

Selon DIN 2445: $p_{max} = p_{nom} + 45 \text{ bar}$

tableur 2-1 :de valeur de Tuyau d’acier rigide [11] .

2-2-4-2 Tube et raccords :

Dans un système hydraulique, il faut tenir compte des énormes variations de température du fluide qui y circule car la température du fluide en mouvement, augmente et provoque une dilatation du métal de la conduite.(figure 2-6)

Pour raccorder des tubes aux composants du système hydraulique, on utilise deux types de raccords :

- ✚ Les raccords pour tubes évasés.
- ✚ Les raccords pour tubes non évasés [11] .

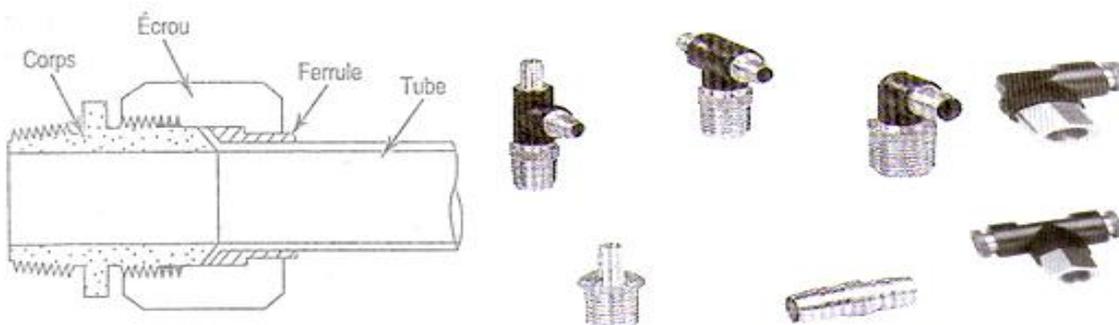


Figure 2-6 :Exemple de tube et Accessoires de raccordement [11] .

2-2-4-3 Boyaux :

Les canalisations souples, plus souvent appelées **boyaux**, sont utilisées en hydraulique pour raccorder des composants relativement mobiles l'une par rapport à l'autre. On les utilise aussi dans les endroits où se produit une vibration .voir (Figure 2-7) [10]

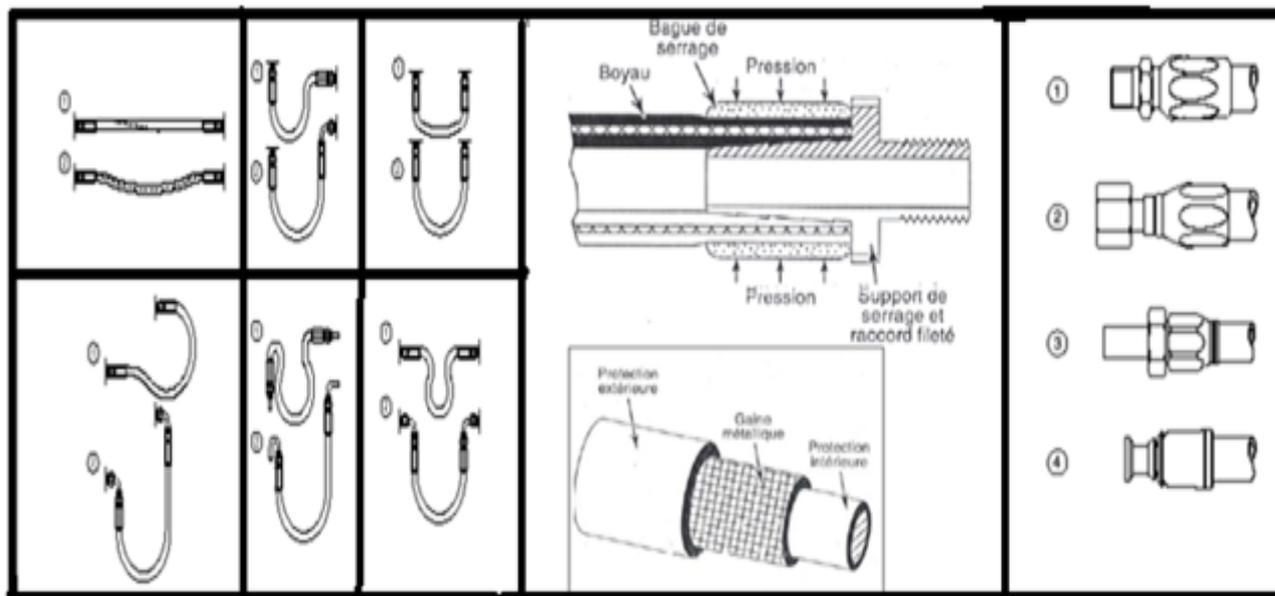


Figure 2-7 :Exemple de différents type de Boyaux [11] .

On trouve plusieurs sortes de raccords pour boyaux flexibles. En fait, il existe des modèles pour toutes les situations. Les raccords sont essentiellement formés de deux parties.

Il faut toujours s'en remettre au fabricant pour connaître les pressions d'utilisation, les températures et les rayons de pliage des boyaux, voir (Figure 2-7).

Les boyaux, tout en remplissant leur rôle de conducteur de fluide, peuvent aussi servir à absorber les changements de pression puisqu'ils se gonflent légèrement.

On trouve plusieurs sortes de raccords pour boyaux flexibles. En fait, il existe des modèles pour toutes les situations.

Lors de la sélection d'un tuyau souple (boyaux), le mécanicien doit considérer les 4 facteurs suivants :

- La résistance à la pression.
- Le diamètre intérieur versus la vitesse du liquide.
- La compatibilité avec le fluide hydraulique et les produits environnants.
- La résistance à la température maximale atteinte par le fluide. [11]

2-3 REGULATEURS DE DEBIT :

2-3-1 REGULATEUR DE DEBIT A UNE VOIE : voir la (Figure 2-8) :

Les régulateurs de débit servent à maintenir le débit constant par rapport à une valeur prédéterminée. [12]

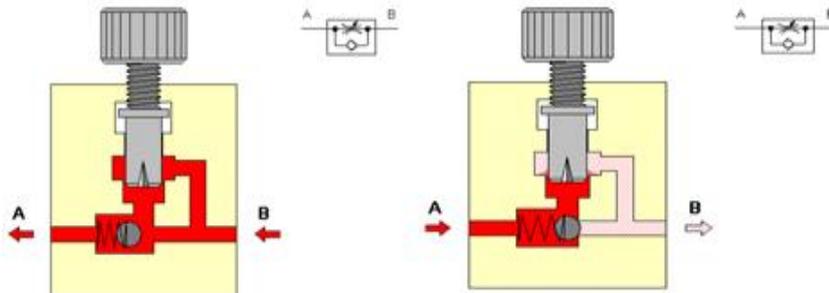


Figure 2-8: Régulateur de débit.

2-3-2 LIMITEUR DE PRESSION :

Fonction principale: assurer la sécurité d'un circuit ou d'une partie de circuit en limitant la pression à un maximum. Cette pression est maintenue. (voir la Figure 2-9)

Fonctions auxiliaires: assurer la division de débit lors de contrôle du débit ou créer une perte charge pour freinage .

L'appareil est installé en dérivation entre la ligne de circuit et la basse pression (la bête par, exemple). De par sa conception, cet appareil provoque une perte de charge qui est fonction du débit à évacuer (voir courbe de réponse ci-après Figure 2-10) [10].

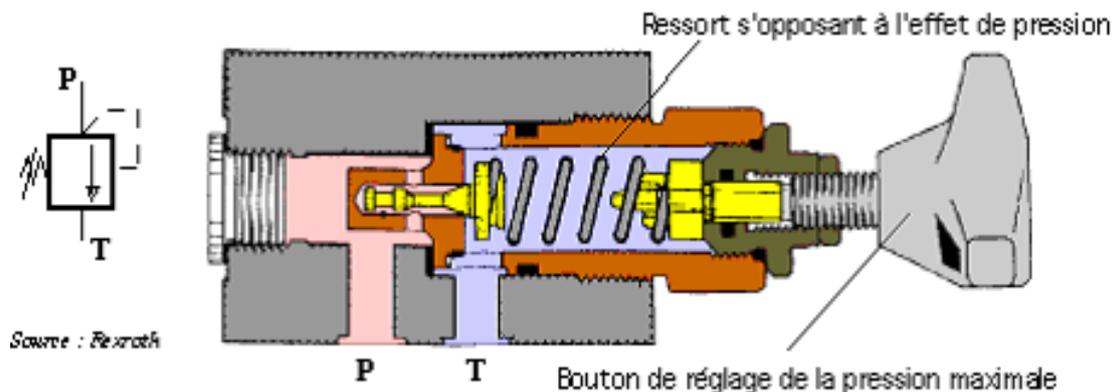


Figure 2-9 : limiteur de pression et représentation graphique [10].

Liquet et la transforme en chaleur. Il va de soi que cette ouverture ne doit pas durer longtemps lorsque la puissance déchargée est importante (cette puissance est intégralement transformée en chaleur).

$$\text{Puissance calorifique produite} = \text{Débit} \times \Delta p \text{ (P-T)} \dots\dots\dots (2)$$

La différence de pression entre le début de l'ouverture et la pression maxi peut être gênante. de plus, lorsqu'il s'agit d'évacuer des débits importants, le modèle simple ci-dessus devrait être d'une taille imposante.

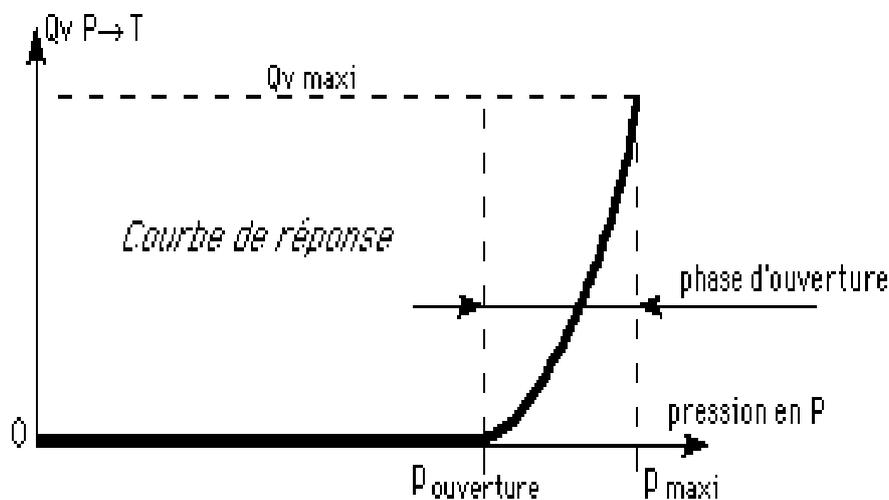


Figure 2-10 : courbe de réponse de limiteur de pression et représentation graphique[10].

2-3-3 CLAPET ANTI-RETOUR:

On distingue deux types de clapets de retenue :

- ❖ Les clapets de retenue non pilotés.
- ❖ Les clapets de retenue pilotés.

2-3-3-1-Clapet de retenue non piloté :

Les clapets de retenue simples à ressort faible sont utilisés surtout comme dérivation et comme isolateur de circuit hydraulique. voir la (Figure 2-11).

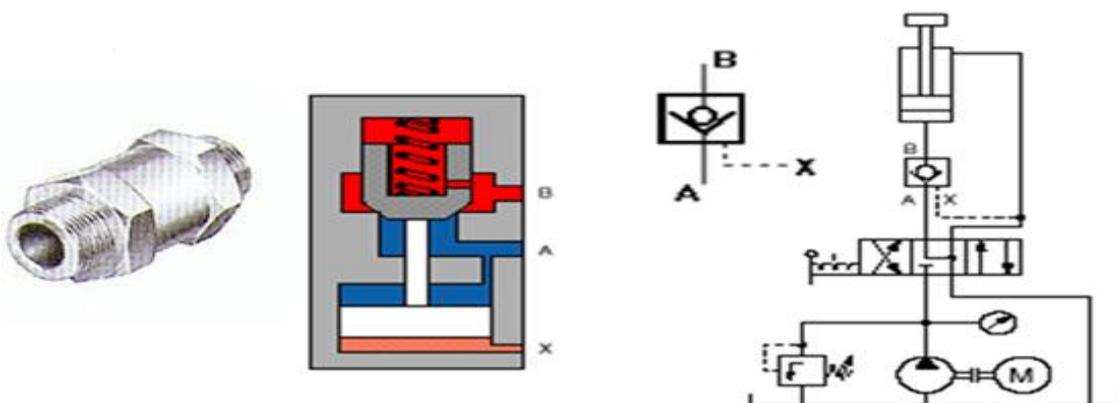


Figure 2-11: Exemple de montage de vérin et clapet

2-4. DISTRIBUTEURS 4/3:

Pour désigner les distributeurs, on tient compte des orifices utilisés comme conduite de circulation principale du circuit et du nombre de positions de commutation. Les orifices de pilotage et de drainage ne sont pas considérés comme tels.

Comme défini précédemment .le nombre nécessaire d'orifices du distributeur dépend de l'actionneur a commander .les condition de fonctionnement et les impératifs de sécurité déterminent le nombre de positions nécessaires le type de distributeur tant dans la technologie de construction clapet ou tiroir, (Figure 2-12) que le type de stabilité : monostable ou bistable est lui manuelles auxiliaires facilitent les interventions de mise au point et de vérification de fonctionnement sur les machines [9].

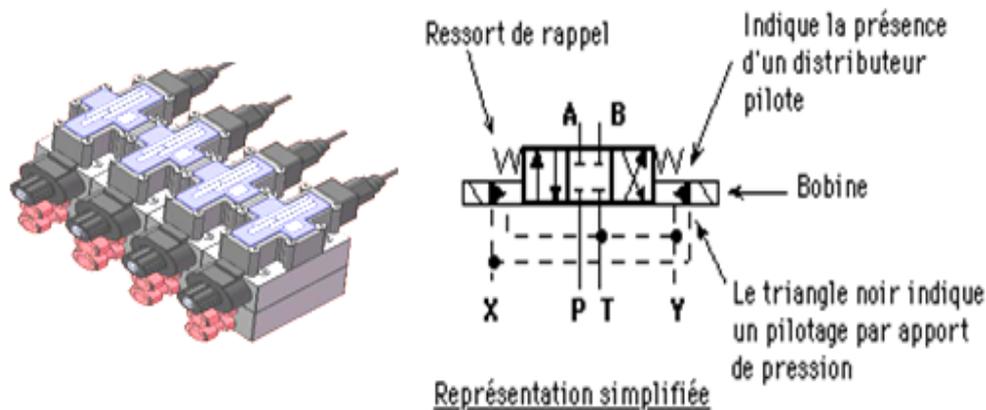


Figure 2-12 :schéma de distributaire et représentation graphique [10].

2-5 MOTEUR:

La fonction de moteur et transformer l'énergie hydraulique reçues énergie mécanique restituée sous forme d'un couple et d'une fréquence de rotation :

On entend par groupe hydraulique le couple moteur-pompe (figure 2-11.)le prototype fonctionnera avec une pouvant une pression maximale $P_{MAX} = 250\text{bar}$ entraînée par un moteur de 4kw. Néanmoins.la pompe a une prissions de service $P_S = 110\text{ bar}$,c'est sur cette qu' on basera pour calculer l'effort fourni par les différents vérins. Voir la (figure 2-12)

Les moteur transformation l'énergie hydraulique en énergie mécanique sous forme de mouvement de rotation:

$$\boxed{P = M \cdot W} \dots\dots\dots(3)$$

$$M: \text{ couple de moteur m.N} \implies M = \Delta p_{1-2} \frac{c}{2\pi} \dots\dots\dots(4)$$

W: vitesse de rotation rad/s $\Rightarrow W = \frac{q \cdot v_u \cdot 2\pi}{c}$ (5)

$\Rightarrow q \cdot v \cdot u = c \cdot n$ (6)

P: puissance w $\Rightarrow P = \Delta p_{1-2} \cdot c \cdot n$ (7)

2-5-1 TYPE DE MOTEUR:

- ✚ Moteur hydraulique a cylindrée fixe a une sen ou sens de rotation
- ✚ Moteur hydraulique a cylindrée variable a un sons ou deux sens de rotation
- ✚ Moteur hydraulique Lent a couple élevé



Figure 2-13: schéma de moteur et représentation graphique [10].

2-6 LES POMPES A ENGRENAGES:

En générale les pompes sont des organes destinés à transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Elles sont réparties en plusieurs catégories dont les principales sont :

- Les pompes à piston,
- Les pompes à palettes,
- Les pompes à engrenages.

Les pompes à engrenages extérieurs se composent essentiellement d'un corps en aluminium ainsi que deux roues dentées logées dans des paliers lisses. En règle générale, les flasques de fixation sont dotés d'une configuration de montage selon SAE. Les différents calibres sont combinables entre eux. Il est ainsi possible d'assembler des pompes doubles ou triples pour tous les cas d'applications.

La loi de conservation de l'énergie donne : $P = C \cdot \omega = p \cdot q$ (8)

Avec : C : le couple sur l'arbre tournant (N.m).

ω : la vitesse de rotation en (rad/s).

p : la pression de refoulement en pascals (ou plus exactement la différence de pression

entre refoulement et aspiration)

q : le débit en (m³/s).

Le débit, pour un tour, est désigné par « cylindrée en m³ » de la pompe on a donc : [11]

$$q = C_{yl} \cdot N \quad (9)$$

N : la vitesse de rotation en (tr/s).

$$\omega = 2\pi \cdot N \quad (10)$$

Portons ces valeurs dans l'équation (1) $C \cdot 2\pi N = p \cdot C_{yl} \cdot N$ (11)

D'où
$$C = \frac{P \cdot C_{yl}}{2\pi} \quad (12)$$

2-7 MULTIPLICATEUR DE PRISSION :

Convertir la pression de l'air comprimé du réseau en une pression hydraulique plus importante.

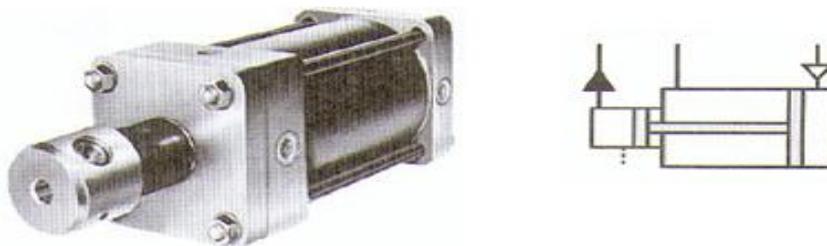


Figure 2-14: identification de multiplicateur et représentation graphique [10].

Le principe est celui du vérin à section différentes, plus grosse étant actionnée par l'air . la plus petit actionnant l'huile .

Consignes procédures sécurité :

- ✚ la machine.
- ✚ Purger le circuits d'air et d'huile .
- ✚ Changer le multiplicateur en respectant les consignes du constructeur .
- ✚ Pour charge un multiplicateur de pression, il faut :
 - 1- Caler la charge si nécessaire.
 - 2- Consigner Remettre sur pression et réaliser les essais d'usage .

2-8 VERIN A DOUBLE EFFET :

Un vérin hydraulique est un actionneur qui permet de transformer l'énergie de l'air comprimé en un travail mécanique. Un vérin hydraulique est soumis à des pressions d'air comprimé qui permettent d'obtenir des mouvements dans un sens puis dans l'autre. Les mouvements obtenus peuvent être linéaires ou rotatifs (figure2-15). : [12]



Figure2-15-Transformation d'énergie de vérin

Le vérin à double effet a deux aires effectives : une pour exécuter la sortie de la tige du vérin et l'autre pour exécuter sa rentrée. Ce principe apporte un élément nouveau dans les constituantes du vérin :

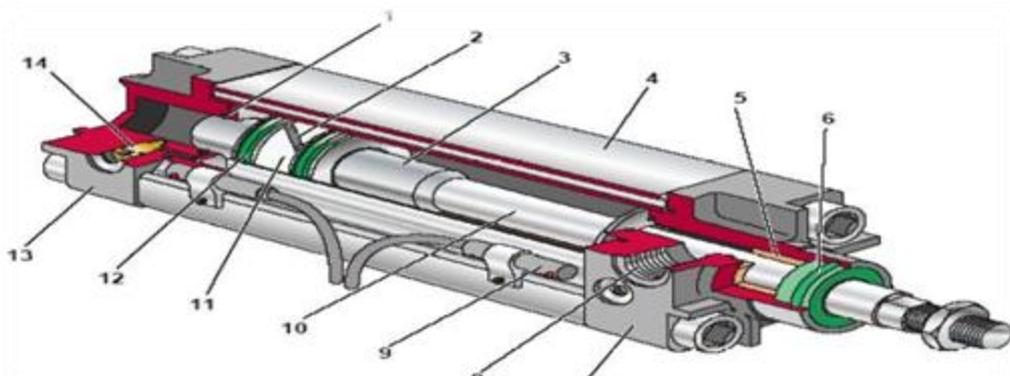


Figure2-16 :Constitution d'un vérin hydraulique double effet

1. Joint de l'amortisseur.	2. Aimant permanent.
3. Manchon de l'amortisseur.	4. Cylindre, corps du vérin.
5. Bague auto lubrifiant.	6. Joint de tige et racleur.
7. Nez du vérin.	8. Orifice avant.
9. Interrupteur magnétique.	10. Tige du vérin.
11. Bague porteuse.	12. Joints de piston.
13. Fond de vérin.	14. Vis de réglage de l'amortissement.

Tableau2-2 : les composantes de vérin

2-8-1 LES JOINTS D'ETANCHEITE:

Les joints d'étanchéité protègent les composants hydrauliques contre les fuites. Il sont très importants pour le rendement d'une installation hydraulique étant donné que les fuites s'accompagnent forcément de pertes d'énergie.

En règle générale, des joints statiques sont montés entre deux pièces immobiles, des joints dynamiques entre deux pièces mobiles. [11]

2-8-1-1 joints dynamiques :

Garnitures des pistons et tiges de piston ; (figure 2-17) Joint pour arbres tournants.

Selon les conditions d'exploitation (pression ,température, vitesse, diamètre, huile ,eau) les vérins comportent des joints d'étanchéité comme ceux représentés ci-dessous :

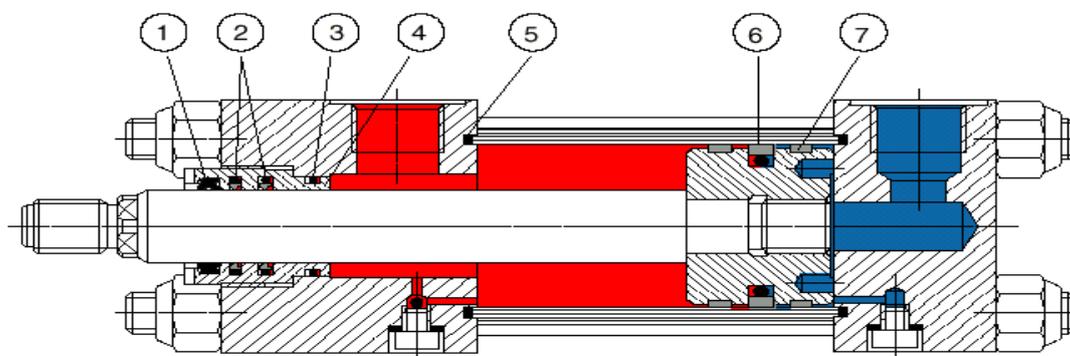


Figure 2-17 :le joints de vérin [10].

1	Joint racleur	5	Joint torique
2	Joint d'étanchéité tige	6	Joint torique avec bague glissante
3	Joint d'étanchéité douille couvercle	7	Bague de guidage
4	Douille de guidage de la tige		

Tableau2-3 : Les joint de vérin

2-8-1-2 Type de fixation:

Les vérins peuvent être montés de différentes manières selon le travail qu'ils sont appelés à fournir. [10]

Fixation des vérins et embouts de tige

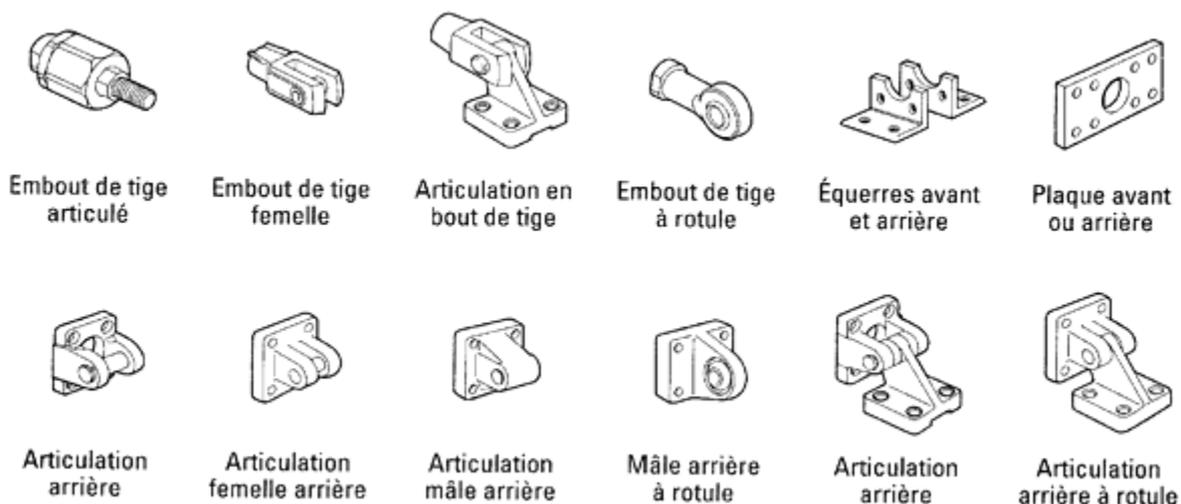


figure 2-18 :Exemple de fixation de vérin.

2-8-1-3 Matière du vérin :

- ✚ Flâques avant et arrière : AlSi 10 Mg
- ✚ Tube de vérin : Al Mg Si 0,5
- ✚ Tige de piston : X2 Cr 13

2-9 PRESENTATION DU LOGICIEL « AUTOMATION STUDIO »:

Les logiciel de simulation hydraulique il existe sur le marche plusieurs logiciel de simulation hydraulique tel que (micafluide , estimation , vraiev1.6 , automation studio) dans cette parte nous nous limitions à un logiciel prés pratique « free » que nous utiliserons dan la suite :

Si vous enseignez des matières relatives aux technologies d'automatisation, l'illustration des principes théoriques et du comportement des systèmes hydrauliques, pneumatiques, électriques ou de contrôle est au centre de vos exigences. Créé par «Famic Technologies » pour répondre aux besoins de l'enseignement ,et de la formation technique et professionnelle, et utilisé par des milliers d'institutions scolaires, Automation Studio™ est une solution unique qui allie dans un environnement intuitif et convivial, de puissantes fonctionnalités de dessin, d'animation, de simulation et d'analyse de systèmes. Il permet aux enseignants d'exposer plus de contenu en moins de temps, favorise l'assimilation des connaissances par les étudiants et offre aux institutions scolaires, collégiales et universitaires l'ayant adopté un retour sur investissement optimal.

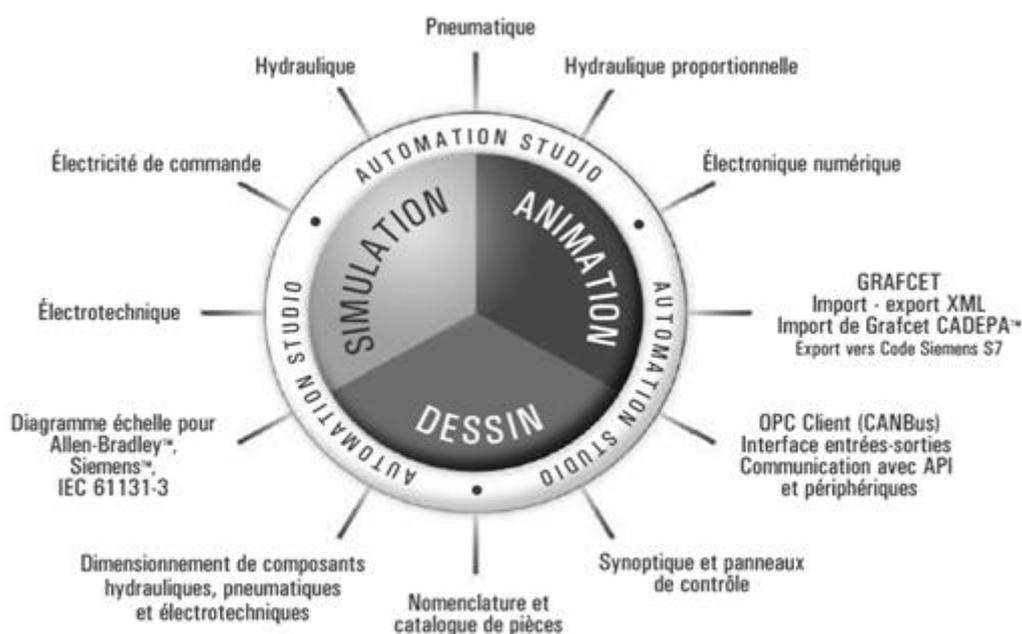


Figure 2-19:Domaine d'application de automation studio

2-9-1 FONCTIONNALISTE DU LOGICIEL :

Conformes aux normes iso 1219-1 et 1219-2, les bibliothèques hydraulique et hydraulique proportionnelle offrent tous les symboles de composants nécessaires à la conception de schémas hydrauliques. Les bibliothèques incluent des centaines de symboles tels que des distributeurs, des pompes à déplacement variable et des moteurs qui permettent

de créer des systèmes simples ou avancés comme des systèmes en boucle ouverte ou fermée. Les composants sont préconfigurés mais peuvent au besoin, être dimensionnés afin de reproduire le comportement d'un système en prenant en considération des pressions, débits et pertes de charges. Parmi les paramètres de simulation configurables, on retrouve aussi les charges appliquées, les fuites, les phénomènes thermiques, la viscosité du fluide et les caractéristiques d'écoulement.

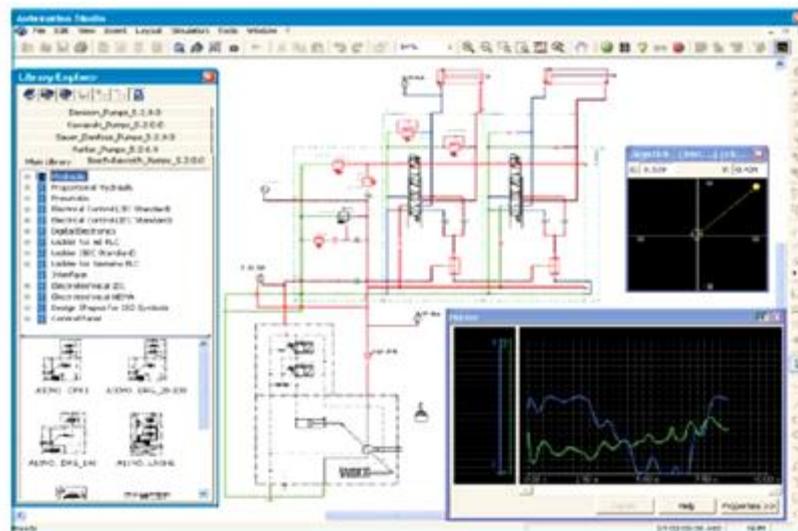


Figure 2-20 : Schéma de simulation hydraulique

2-9-2 OUTILS DE CONFIGURATION :

Automation Studio™ vous permet de modifier la configuration des distributeurs, vérins, moteurs, etc. afin d'obtenir des composants qui seront graphiquement en accord avec les normes et qui afficheront un comportement conséquent lors de la simulation.

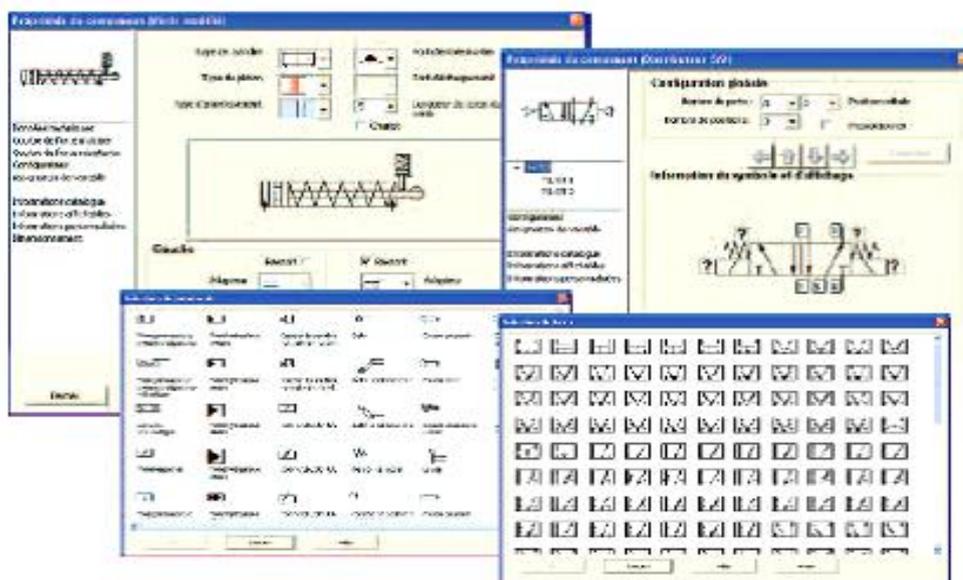


Figure 2-21 : Outils de configuration simples

2-9-3 ANIMATION

Les vues en coupe animées illustrent le comportement interne des composants.

Ces animations sont synchronisées avec la simulation du circuit.

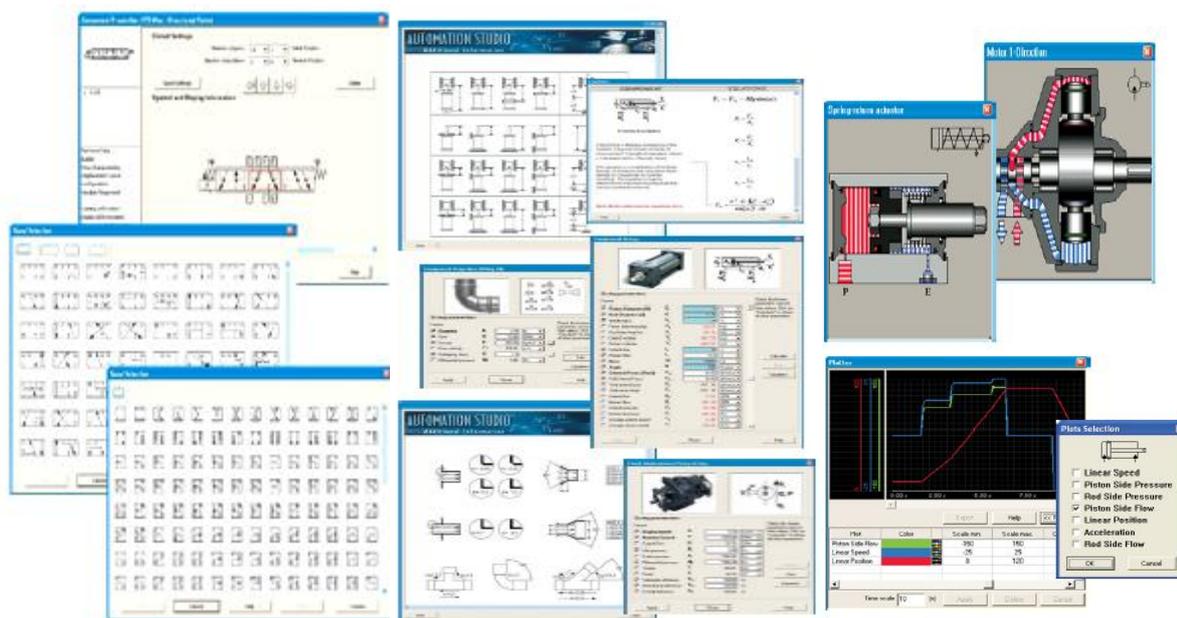


Figure2-22 : Animation de composante hydraulique

2-9-4 TRACE DES COURBES :

Il est possible d'établir un histogramme de n'importe quel paramètre ou variable simplement en effectuant un glisser-déposer. Les résultats peuvent être facilement transférés dans un tableur ou un logiciel de base de données pour une analyse complète.

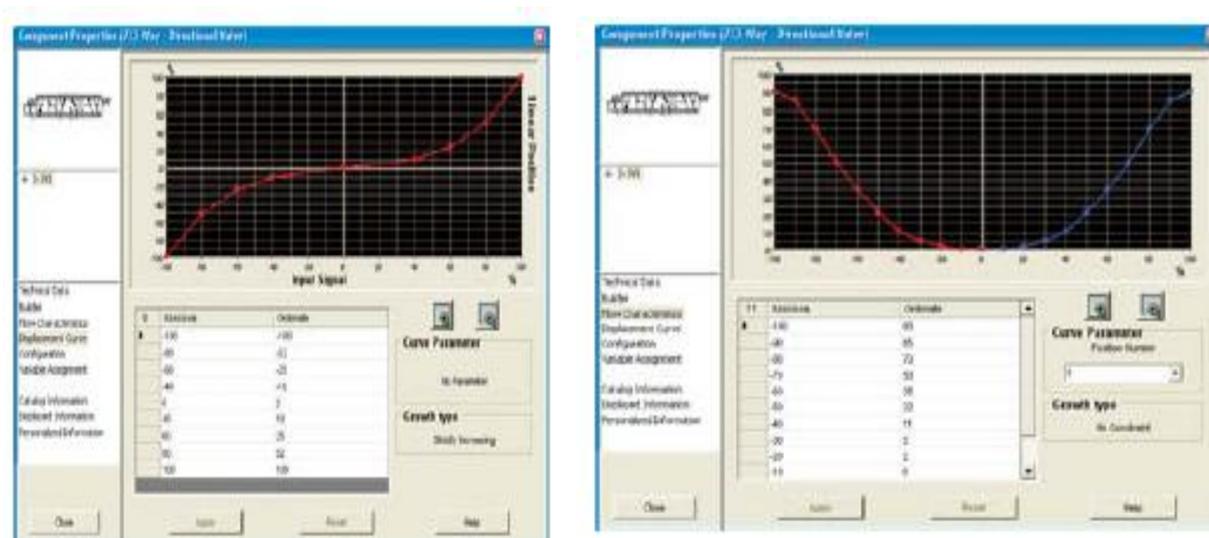


Figure2-23 : Courbes pour une analyse

2-9-5 MODULE DE DIMENSIONNEMENT:

Automation Studio™ fournit des feuilles de calculs spécifiques à chaque famille de composants pneumatiques, hydrauliques et électrotechniques incluant les outils de calcul nécessaires au dimensionnement. Lorsqu'une valeur est modifiée, les paramètres liés à celle-ci sont automatiquement recalculés et remplacés dans les propriétés des composants de façon à ce que ces changements soient appliqués lors de la simulation. De plus, l'utilisateur peut accéder aux équations et aux données de référence. De cette façon, Automation Studio™ devient un outil de référence réduisant le temps de recherche d'équations ou d'informations techniques pertinentes dans des sources externes.

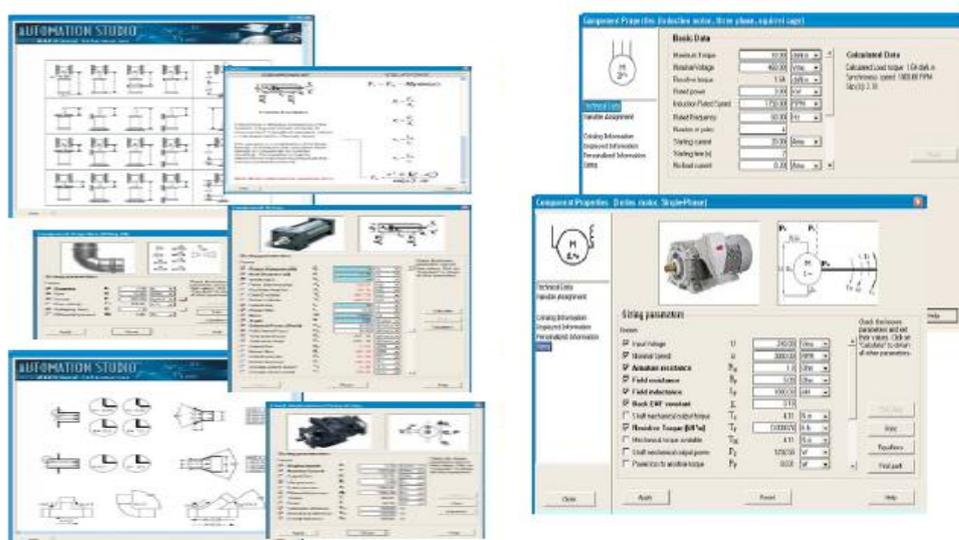


Figure 2-24 : Dimensionnement de composante hydraulique

2-9-6 AUTRES MODULES DISPONIBLES:

- Électrotechnique
- Électricité de commande
- Diagramme échelle Allen Bradley™, Siemens™, IEC 61131-3
- GRAFCET
- Pneumatique
- Hydraulique
- Hydraulique proportionnelle
- Dimensionnement de composants hydrauliques, pneumatiques et électrotechniques
- Électronique numérique
- Synoptique et panneaux de contrôle
- Nomenclature et rapports
- OPC Client (CAN Bus), Interface entrées-sorties
- Export DXF, EMF et autres formats

2-10 CONCLUSION:

Suit à cette recherche bibliographique approfondie sur les systèmes hydrauliques et leurs composantes et logicielle applique « automation studio » donne le schéma hydraulique .

Il est drues claire pous nous de commencer notre conception à base d'un cahier des charges bien défini, ce problème sera tarties dans les chapitre suivante.

Chapitre 03

Conception du prototype

3-1 INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous présentons l'objectif de notre mémoire consiste dans la conception d'un dispositif hydraulique pour la fabrication de tube T par procédé hydroformage.

3-2 SCHEMA DE BASE DU PROTOTYPE:

Le prototype à concevoir comporte 4 vérins hydrauliques dont :

- 1- 3 vérins dans le plan sui applique les pression latérales sur le tube logé dans la partie fixe de la matrice .
- 2- un vérin pondiculaire à ce plan , il permet le soulèvement de la partie supérieur mobile de la matrice.

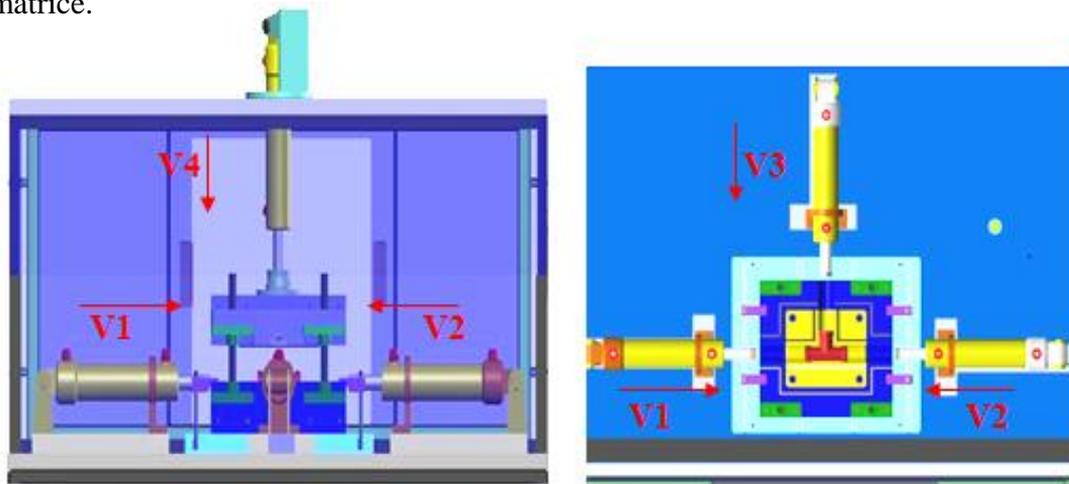


Figure 3-1 : Schéma d'un dispositif de fabrication de tube forme T par procédé hydroformage

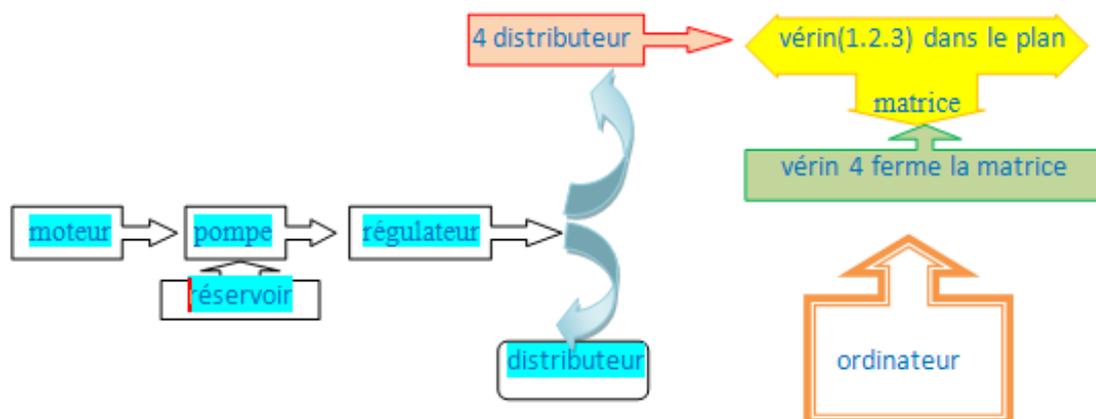


Figure 3-2 : Schéma de fonctionnement de dispositif.

Sur la (figure 3- 4) nous présentons en détail notre solution de la matrice d’hydroformage.

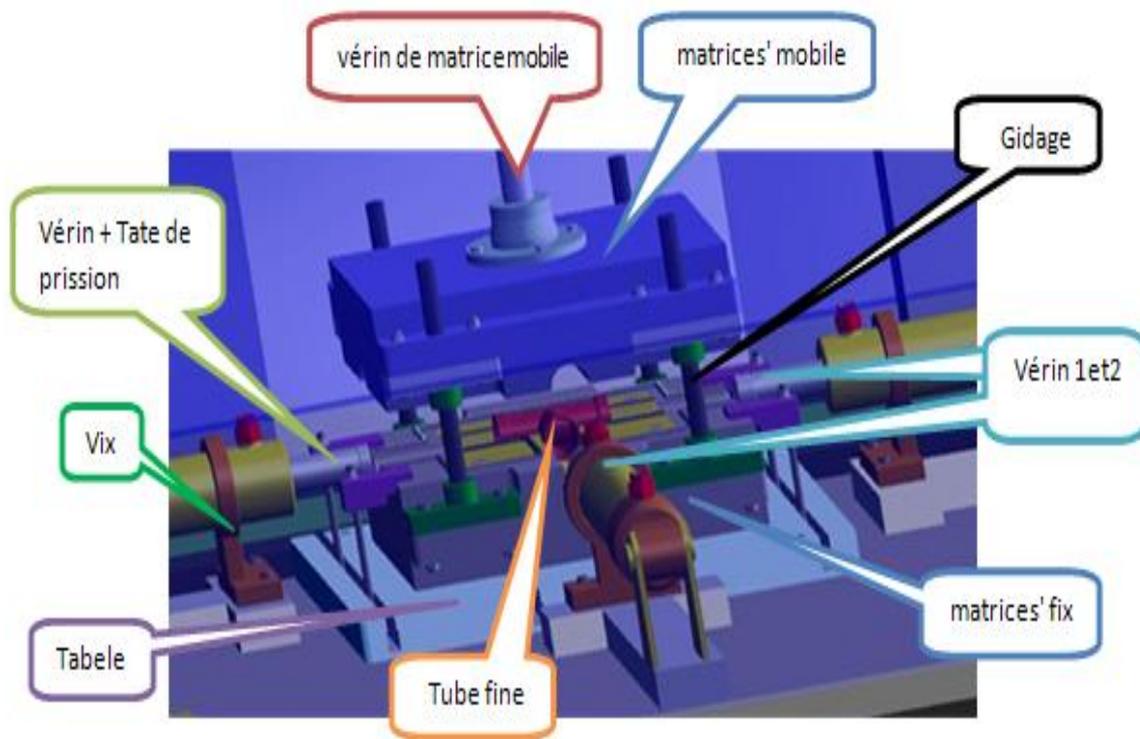


Figure 3- 4: fonction de dispositif hydroformage

Sur la figure 3-5 nous présentations en matrices avec le mole .

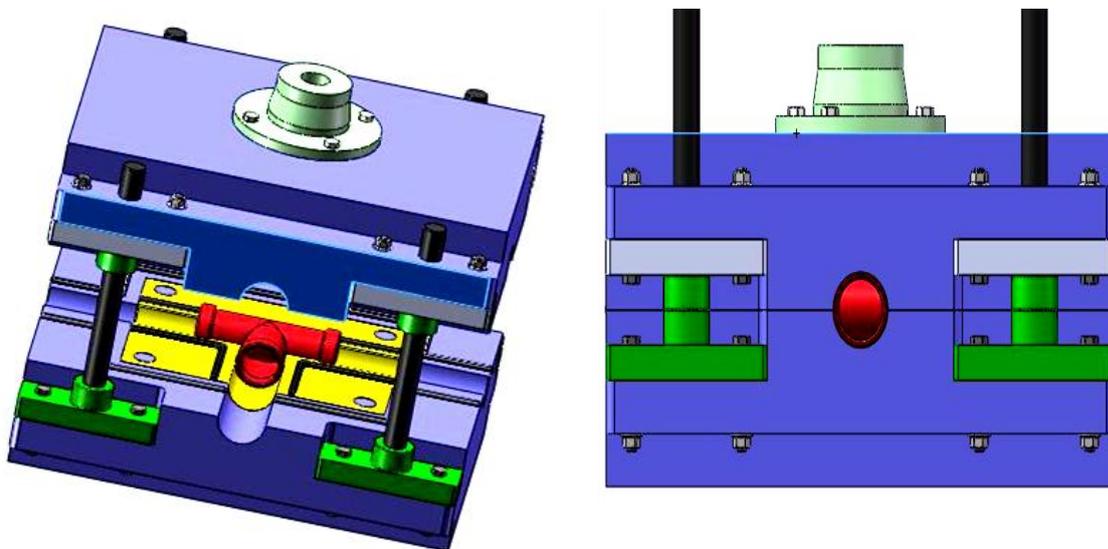


Figure 3-5 : schéma de matrices de dispositif

Ce prototype compose quatre vérins à double effet (figure 3-4), le premier et le deuxième vérin pousse le deux positionne de tube , le troisième crée une pression intermédiaire, et le quatrième permet la fermeture de la matrice (figure 3-5)

Il ya 2 type de tête de vérin : tête avec sortie de pression et tête de pousse voir la (figure 3-6).



Figure 3-6 :Présentation de type de tête de vérin

Nous donnons dans l'annexe quelques données à ce genre de vérin .

Les principales caractéristiques des vérins utilisés pour notre dispositif sont représentés sur le (tableau3-2).

désignation du vérin	diamètre du piston D [mm]	diamètre de la tige d [mm]	La course L [mm]
Le vérin de poussé suivant l'axe(y) v1	56	28	143
le vérin de poussé suivant l'axe(y) v2	56	28	143
Le vérin de contre poussé suivant l'axe(x) v3	56	28	143
Le vérin de fermeture suivant l'axe(z) V4	80	45	550

Tableau3-2 : le principales caractéristique des vérin utilisés

3-4 VERIFICATION DE VERIN :

Le vérin hydraulique double-effet proposé en coupe longitudinale travaille aussi bien en poussant qu'en tirant. Il se compose essentiellement d'un corps (1), rodé et glacé, et d'une tige de piston (3) solidaire d'un piston (2) (Figure3-8). La liaison entre 1 et (2 + 3) est une liaison pivot glissant d'axe, l'axe du vérin. (Figure3-8)

Les frottements et les poids des pièces sont négligés. La pression de l'huile alimentant le vérin est de 110 bars. Déterminer capacité du vérin en poussant la et en tirant si la pression dans la chambre opposée est nulle.

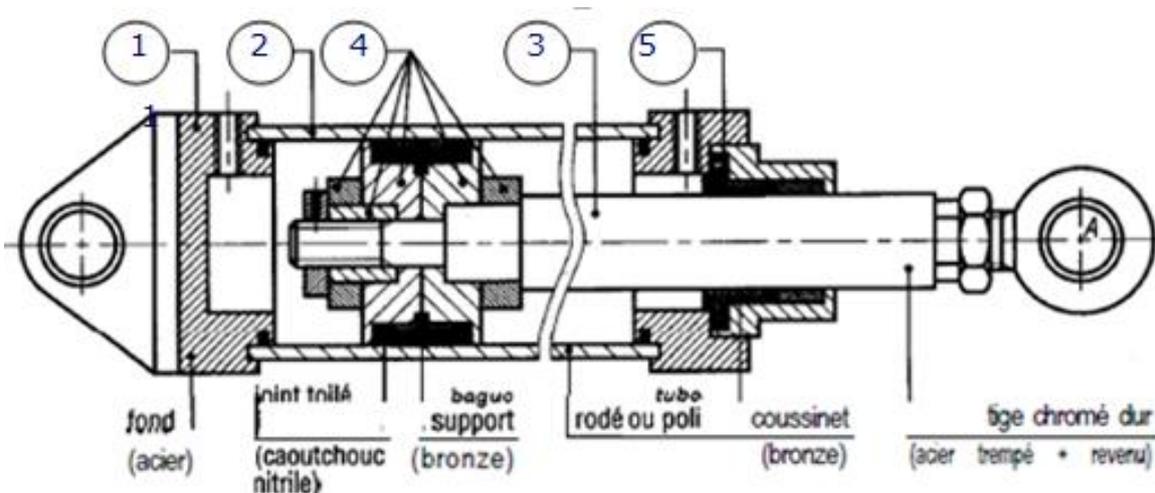


Figure3-8: Le vérin hydraulique double-effet proposé en coupe longitudinale

3-4-1 CAPACITE DU VERIN EN POUSSANT:

3-4-1 -1 Méthode 1

1-1-Pour vérin(1-2-3)

Isolons l'ensemble piston (2) + tige (3) + petites quantités d'huile à gauche et à droite du piston de façon à obtenir des surfaces circulaires planes de chaque côté, voir la (figure 3-9).

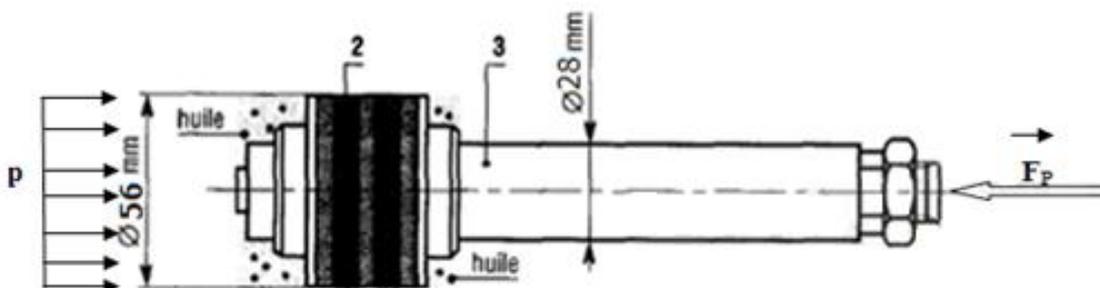


Figure3-9: le vérin hydraulique double-effet de D=56

$$P = 110 \text{ bars} = 110 * 10^5 \text{ Pas} = 11 \text{ M Pa}$$

$$R = P \cdot S \tag{3-1}$$

et $D = 56\text{mm} = 5.6\text{cm}$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot (5.6)^2}{4} = 24.617 \text{ cm}^2$$

$$S = 24.617 \text{ cm}^2 = 25 \text{ cm}^2$$

F_p en daN et S en cm^2

$$\|\vec{F}_p\| = \|\vec{R}\| = P \cdot S = 110 \cdot 25 = 2750 \text{ daN} = 27500 \text{ N}$$

$$\|\vec{F}_p\| = \|\vec{R}\| = 27500 \text{ N}$$

Transfère de unité de N en KN

$$1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N} \Leftrightarrow 27500 \text{ N} = 27,5 \text{ KN}$$

1-2-Pour le vérin (4):

Le même avec le vérin 4, Isolons l'ensemble piston (2) + tige (3) + petites quantités d'huile à gauche et à droite du piston de façon à obtenir des surfaces circulaires planes de chaque côté voir la (Figure3-10).

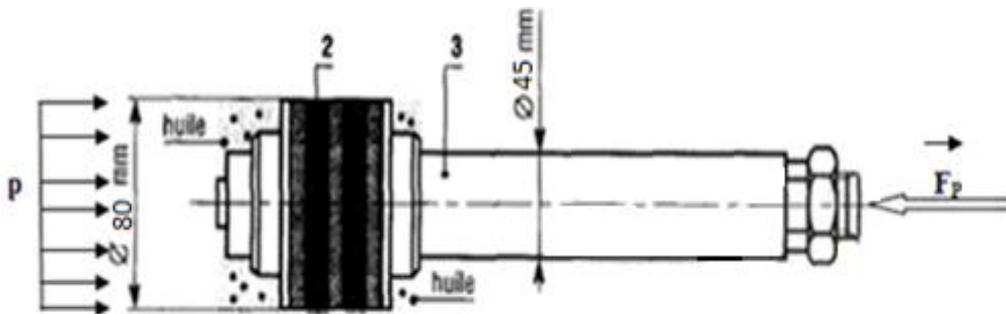


Figure3-10: le vérin hydraulique double-effet de $D = 80$

$$P = 110 \text{ bars} = 110 \cdot 10^5 \text{ Pas} = 11 \text{ MPa}$$

La force de pression est portée par l'axe du Vérin

Et $D = 80\text{mm} = 8.0\text{cm}$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (8.0)^2}{4} = 50.24 \text{ cm}^2$$

$$S = 50.24 \text{ cm}^2 = 51 \text{ cm}^2$$

F_p en daN et S en cm^2

➤ $\|\vec{Fp}\| = \|\vec{R}\| = P.S = 110 \cdot 51 = 5610 \text{ daN}$

$\ \vec{Fp}\ = \ \vec{R}\ = 5610 \text{ daN} = 56100 \text{ N}$

Transfère d'unité de N en KN

$1 \text{ daN} = 10 \text{ N} \Leftrightarrow 5610 \text{ daN} = 56,1 \text{ KN}$

3-4-2 Capacité du Vérin en tirant :

2-1-Pour vérin (1-2-3) :

L'étude est analogue au cas précédent, la pression agit à droite du piston sur la surface annulaire S' ($S' = S - \text{section tige}$).

L'effort en tirant est obtenu par (figure3-11)

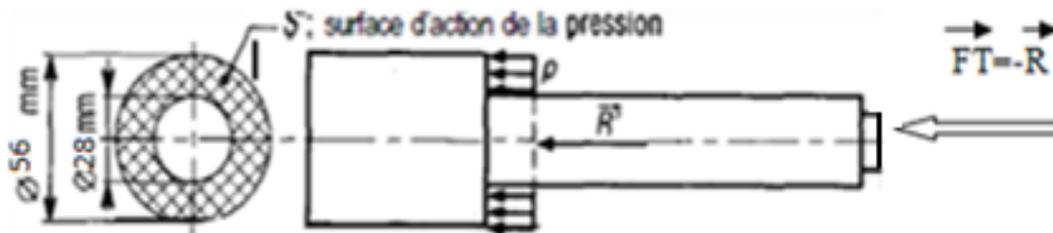


Figure3-11: Capacités du vérin en tirant DE D=56

$$S' = (S - \text{section tige}) \times \frac{3.14}{4} = \frac{3.14(5.6^2 - 2.8^2)}{4}$$

$$S' = 18.46 \text{ cm}^2 = 19 \text{ cm}^2$$

$$Ft = R' = P \cdot S' = 110 \cdot 19 = 20900 \text{ N} = 20,9 \text{ KN}$$

Remarque :

Dans cas \vec{Ft} et inférieur de 23% à \vec{Fp} et la tige est tendue.

2-2-Pour vérin 4 :

L'étude est analogue au cas précédent, la pression agit à droite du piston sur la surface annulaire S'(S' = S - section tige).

L'effort en tirant zest obtenu par (figure 3- 12).

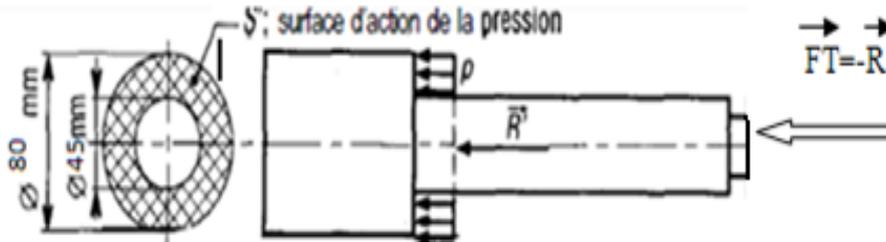


Figure3-12: le vérin hydraulique double-effet de D=80

$$S' = \frac{3.14(8.0^2 - 4.5^2)}{4}$$

$$S' = 34.34 \text{ cm}^2 = 35 \text{ cm}^2$$

$$F_t = R' = P \cdot S' = 110 \cdot 35 = 38500 \text{ N} = 38.5 \text{ KN}$$

Remarque : Dans cas \vec{F}_t et inferieur de 23% à \vec{F}_p et la tige est tendue.

3-4-1-2 Méthode 2:

Pour le vérin (1-2-3):

L'effort produit par le vérin principal est donné par la relation (3-2)

$$F = F^* \cdot \eta \tag{3-2}$$

η : rendement du vérin, généralement pris entre (0.85 et 0.95). On prend ($\eta = 0.90$),

F^* : la force hydraulique exercée sur le piston du vérin, elle est donnée par la relation

$$F^* = P_{serv} \cdot S \tag{3-3}$$

P_{serv} : pression de service ($P_{serv}=110\text{bar}$),

S : section du piston en mm^2 ,

$S = \pi D^2 / 4$, avec d le diamètre du piston $D=56\text{mm}$,

Ce qui donne : $S=18.46 \text{ cm}^2=19\text{cm}^2$

en remplace de (3-2) : $F^* = 110*19=2090 \text{ [daN]} = 20900 \text{ [N]}$

$$F^*=20.9 \text{ [KN]}$$

On remplace dans l'expression (3-2) :

$$F = 2.09 * 0.9=18810 \text{ [KN]}$$

$$F = 18.81 \text{ [KN]}$$

Remarque:

C'est a dire le vérin(1.2.3) principal développe presque 1.88 tonnes pour une pression de service égale 110bar.

Pour le vérin (4):

même procédé pour trouve l'équation (3-1) et (3-2) :

Ce qui donne : $S=50 \text{ cm}^2$

en remplace de (3-2) : $F^* = 110*50=5500 \text{ [daN]} = 55000\text{[N]}$

$$F^*=55\text{[KN]}$$

On remplace dans l'expression (3-2) :

$$F = 55000*0.9=49500\text{[N]}$$

$$F = 49,5 \text{ [KN]}=50\text{[KN]}$$

Remarque:

C'est a dire le vérin (1.2.3) principal développe presque 5 tonnes pour une pression de service égale 110 bar.

3-5 VERIFICATION DU CORDON DE SOUDURE DES PIECES SUPPORTANT DU VERIN:

La pièce la plus sollicitée est celle qui supporte le vérin principal, elle est liée au corps (1) par un cordon de soudure tout au tour, pour augmenter la longueur du cordon de soudure, deux perçages ($d = 56\text{mm}$) ont été façonnés sur cette pièce afin d'ajouter des cordons de soudure circulaires voir figure 3-13.

Il s'agit de vérifier si le cordon de soudure résistera à l'effort F dans l'opération de hydroformage . Puisque nous sommes en présence d'un cisaillement pur, on calcule la contrainte de cisaillement τ_c puis nous comparons cette dernière avec la contrainte admissible du matériau d'apport.

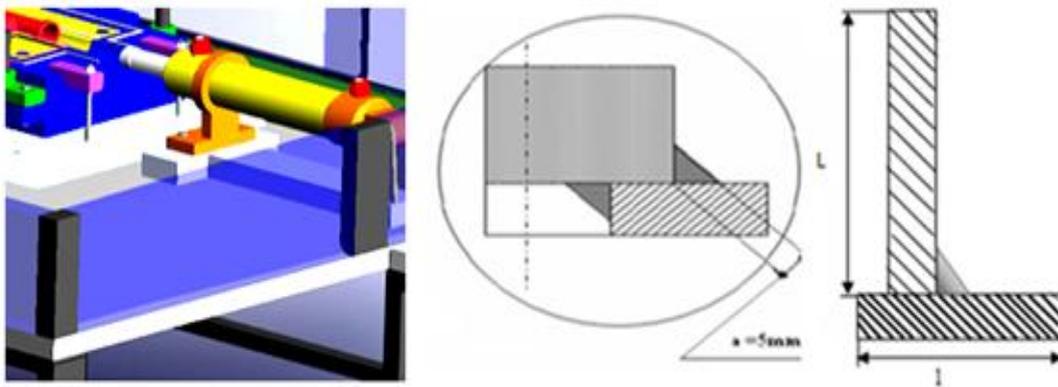


Figure3-13. Représentation des cordons de soudure

Le vérin principal est fixé sur le corps du hydroformage par deux plaques dont les dimensions sont :

$$a=5\text{mm}$$

$$L=2000\text{mm}$$

$$l=1200\text{mm}$$

La contrainte de cisaillement τ_c est donnée par :

$$\tau_c = \frac{F}{S} \quad (3-4)$$

$$S=a \times (2L \times l) \quad (3-5)$$

S : la section du cordon de soudure en mm^2

$$S=26000\text{mm}^2$$

Application:

$$\tau_c = \frac{50000}{26000} = 19.23 \text{ N/mm}^2$$

Le matériau utilisé est E240, sa limite élastique le $R_e = 240\text{MPa}$,

La contrainte admissible est :

$$\tau_{adm} = \frac{R_e}{2} \quad (3-7)$$

$$\tau_{adm} = 120 \text{ MPa.}$$

En comparant les résultats, on constate que : $\tau_c \leq \tau_{adm}$ c'est la condition de résistance.

Le coefficient de sécurité s est donné par :

$$s = \frac{\tau_{adm}}{\tau_c + \alpha} \quad (3-8)$$

α : Coefficient de qualité de soudure, pour la soudure d'angle plane ($\alpha=0.68$)

$$s=9,17.$$

Donc le coefficient de sécurité $s \approx 9$ pour ce cordon de soudure.

3-6 VERIFICATION DU CORDON DE SOUDURE DES PLAQUES DE FIXATION DE VERIN :

Le vérin dix avec la plaques (voir figure 3-14), pendant l'opération de hydroformage ces dernières seront sollicitées au cisaillement pur :

$$R_e=240\text{MPa pour le matériau E240} \quad ; \quad F =18810 \text{ [N]}$$

$$a= 5\text{mm} \quad ; \alpha = 0.68$$

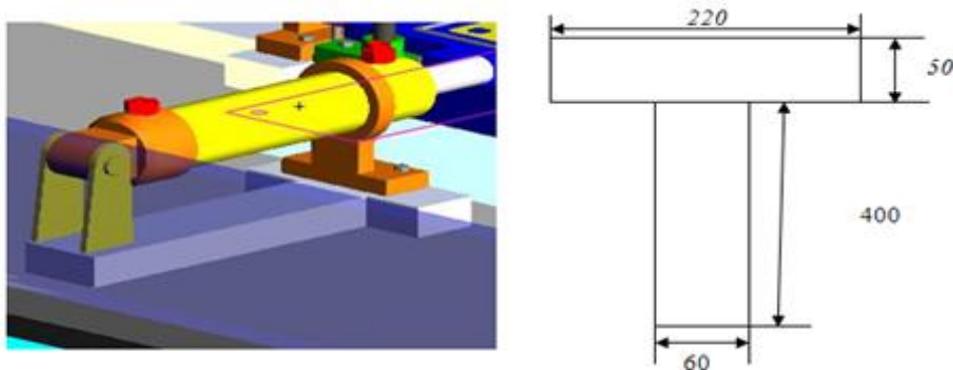


Figure3-14 :fixation de vérin double effet

La contrainte de cisaillement τ_c est donnée par la formule (3-4) :

$$\tau_c = 18810 / 2920 = 6.4\text{N} / \text{mm}$$

La section S du cordon de soudure est calculée par la formule (3-8)

$$S=2(2(220+60)+(400+50))=2920\text{mm}^2$$

$$\mathbf{S=2920\text{mm}^2.}$$

Donc La contrainte de cisaillement

La contrainte admissible donne par la relation (3-7) donne:

$$\left[\tau_{adm} \right] = 120 \text{ MPa.}$$

En comparant les résultats, on constate que : $\tau_c \leq \tau_{adm}$ c'est la condition de résistance.

Le coefficient de sécurité s est donne par la formule (3-8)

$$s = 2.73.$$

A partir de ce calcul en remarquant le coefficient de sécurité est plus petite par ce que la pression de service égale a 40% de la pression maximal.

3-7 VERIFICATION DES AXES:

Il s'agit de vérifier la résistance des axes au cisaillement .pour cela calculons la contrainte en genre par chaque effort pour les différents vérins.

1-pour le 1-2-3 vérin:

Le 3 vérin fourni un effort de 18810[N] et l'axe est en XC48 .ce matériau a une limite d'élasticité de 370[N/mm²] [7]

La contrainte admissible pour ce matériau est obtenue darce a la relation (3-7)

$$\left[\tau_{adm} \right] = 185 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

La contrainte engendrée par l'effort F₁ est donnée par la relation (3-4)

$$\tau_{c1} = \frac{F_1}{2S_1} \quad \text{ou } S_1 \text{ est la section de l'axe de soutien du 1}^{\text{er}} \text{vrin avec:}$$

$$S_1 = \pi \times \frac{D_1^2}{4}$$

Sachant que: $D_1 = 28 \text{ mm}$ (diamètre utilise).

$$S_1 = 615.44 \text{ mm}^2$$

Le résultat est alors : $\tau_{c1} = 15.28 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

on constatif que $\tau_{c1} \ll [\tau_c]$ donc l'axe va a l'effort résister à l'effort exercée par le 1.2.3 vérin

Le diamètre limite DL est donne par :

$$D_L = 19.80 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

Les coefficient de sécurité est donne par :

$$S = \frac{\text{Dutilise}}{\text{Dlimite}}$$

Pour 1.2.3 axe nous avons un coefficient de sécurité $S = 1.4$

$$D_1 = D_2 = D_3 = 28\text{mm.}$$

2-Pour vérin 4:

Le 4 vérin fourni un effort de 500000[N] et l'axe est en XC48 .ce matériau a une limite d'élasticité de 370[N/mm²]

La contrainte admissible pour ce matériau est obtenue darce a la relation (3-7)

$$\left[\tau_{adm} \right] = 185 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

La contrainte engendrée par l'effort F_1 est donnée par la relation (3-4)

$$\tau_{c_2} = \frac{F_2}{2S_2}$$

$$D_2 = 45\text{mm, } F_2 = 500000 \text{ N}$$

$$\tau_{c_2} = \frac{50000}{2(3.14 * \frac{45^2}{4})} = 157.26.34 \text{ N/mm}^2$$

Donc: on constatif que $\tau_{c_2} \ll [\tau_{c_2}]$ donc l'axe va a l'effort résister à l'effort exercée par le 4 vérin :

Le diamètre limite DL est donne par :

$$D_L = \sqrt{\frac{2F_2}{\pi[\tau_{c_2}]}} = \sqrt{\frac{2(500000)}{3.14(185)}} = 41.49\text{mm}$$

En remplaçant .on trouve: $D_L = 41.5\text{mm}$

Les coefficient des sécurité est bonne par :

$$S = \frac{\text{Dutilise}}{\text{Dlimite}} = \frac{45}{41.5} = 1.08$$

Pour 4 axe nous avons un coefficient de sécurité: $S = 1,08$; $D = 45\text{mm}$

3-8 VERIFICATION DES VIS DE FIXATION:

Pour la fixation du vérin principal est assurée par quatre vis M30 8×8 en E240 dont la limite élastique est : $R_e = 640 \text{ MPA}$.

$$\tau_{adm} = \frac{R_e}{2} = 640 / 2 = 320 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Ces vis sont sollicitées à la traction du noyau et au cisaillement de la tête :

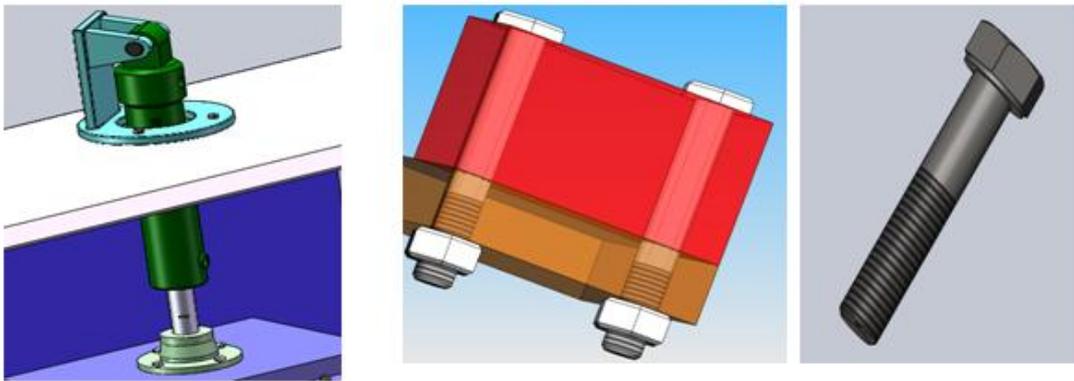


Figure 3-15. Vis de fixation du vérin principal

1-Pour le vérin 1-2-3:

L'effort de traction exercé sur les vis lors du compactage est : $F_{1-2-3} = 18810 \text{ [N]}$

la condition de résistance:

Nous avons utilisé $n = 4$ vis de diamètre $d^{\text{utilisé}} = 12 \text{ mm}$, la contrainte subite par ces vis est alors:

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{n \times S} \leq \frac{R_e}{s} \quad (3-9)$$

$$[\sigma_{adm}] = 320 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

n : nombre des vis égale à 4,

s : coefficient de sécurité.

$$S : \text{section de la vis} \quad , \quad S \geq \frac{s \cdot F}{n \cdot R_e}$$

$$S = 146.95 \text{mm}^2$$

d_{noy} : diamètre du fond des filets

$$d_{\text{noy}} \geq \sqrt{\frac{F \cdot s}{\pi \cdot R_e}} \quad (3-10)$$

$$d_{\text{noy}} \geq 13 \text{mm}$$

Après la valeur de coefficient de sécurité 0.92 je change le diamètre de vis,

$d^{\text{utilisé}} = 16 \text{mm}$ la contrainte subite par ces vis est alors:

$$s = \frac{d_{\text{noy de vis}}}{d} \cong \frac{16}{13} = 1.23$$

2-Pour le vérin 4:

L'effort de traction exercé sur les vis lors du compactage est: $F_{1-2-3} = 500000 \text{[N]}$

La condition de résistance :

Nous avons utilisé $n = 7$ vis de diamètre $d^{\text{utilisé}} = 16 \text{mm}$, la contrainte subite par ces vis est alors:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{F}{n \times S} \leq \frac{R_e}{s}$$

$$[\sigma_{\text{adm}}] = 320 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

S : section de la vis,

n : nombre des vis égale à 4,

s : coefficient de sécurité

$$S \geq \frac{s \cdot F}{n \cdot R_e}$$

$$S = 223.21 \text{mm}^2$$

Après la valeur de coefficient de sécurité 0.94 je change le nombre de vis

$n=9$ et diamètre $d^{\text{utilisé}}=18$ la contrainte subite par ces vis est alors:

$$S \geq \frac{s \cdot F}{n \cdot R_e}$$

$$S = 173.61 \text{mm}^2$$

d_{noy} : diamètre du fond des filets

$$d_{\text{noy}} \geq \sqrt{\frac{F \cdot s}{\pi \cdot R_e}}$$

$$d_{\text{noy}} \geq 15 \text{mm}$$

Vérification du coefficient de sécurité :

$$s = \frac{d_{\text{noy}}^{\text{norm}}}{d_{\text{noy}}} \cong \frac{18}{15} = 1.2$$

3-9 VERIFICATION DES VIS AU CISAILLEMENT :

3-9-1 Pour le vérin 1-2-3:

La tête de la vis est sollicitée au cisaillement, il y a tendance d'arrachement de cette dernière à partir de la tige.

D'après le tableau de désignation HM30×3.5 la hauteur de tête est égal 19mm.

$$[\tau_{adm}] = \frac{R_e}{2}$$

$$[\sigma_{adm}] = 320 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Calcul de la hauteur de la tête de la vis

$$[\tau_{adm}] \leq \frac{F}{n \times S}$$

Avec $S = \pi \times d \times h$ (section cylindrique d'arrachement de hauteur h)

$$\text{Donc : } [\tau_{adm}] \leq \frac{F}{n \times \pi \times d \times h}$$

$$\text{Alors } h \geq \frac{F}{n \times \pi \times d \times [\tau_{adm}]} \quad (3-11)$$

$$h \cong 3 \text{ mm}$$

D'après la normalisation, pour le filetage HM30×3.5 la hauteur est égal à 19mm.

Vérification du coefficient de sécurité

$$s = \frac{h_{norm}}{h} \quad (3-12)$$

$$s = 6.33$$

Donc on peut conclure que ces vis résistent de déformation de tube par procédé hydroformage .

3-9-2 Pour le vérin 4:

La tête de la vis est sollicitée au cisaillement, il y a tendance d'arrachement de cette dernière à partir de la tige.

D'après le tableau de désignation HM30×3.5 la hauteur de tête est égal 19mm.

$$[\tau_{adm}] = \frac{R_e}{2}$$

$$[\sigma_{adm}] = 320 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Calcul de la hauteur de la tête de la vis

$$[\tau_{adm}] \leq \frac{F}{n \times S} \quad (3-13)$$

Avec $S = \pi \times d \times h$ (section cylindrique d'arrachement de hauteur h)

$$\text{Donc : } [\tau_{adm}] \leq \frac{F}{n \times \pi \times d \times h} \quad (3-14)$$

$$\text{Alors: } h \geq \frac{F}{n \times \pi \times d \times [\tau_{adm}]}$$

$$h \cong 2.20 \text{ mm}$$

D'après la normalisation, pour le filetage HM30×3.5 la hauteur est égal à 19mm.

Vérification du coefficient de sécurité

$$s = \frac{h_{norm}}{h} \quad (3-15)$$

$$s = 8.63$$

Donc on peut conclure que ces vis résistent de déformation de tube par procédé hydroformage .

3-10 SCHEMA HYDRAULIQUE DE FONCTION :

Le schéma hydraulique pour les deux phase de fonction de rôle par logicielle de automation studio v5.la figure 3-3 (a-b).

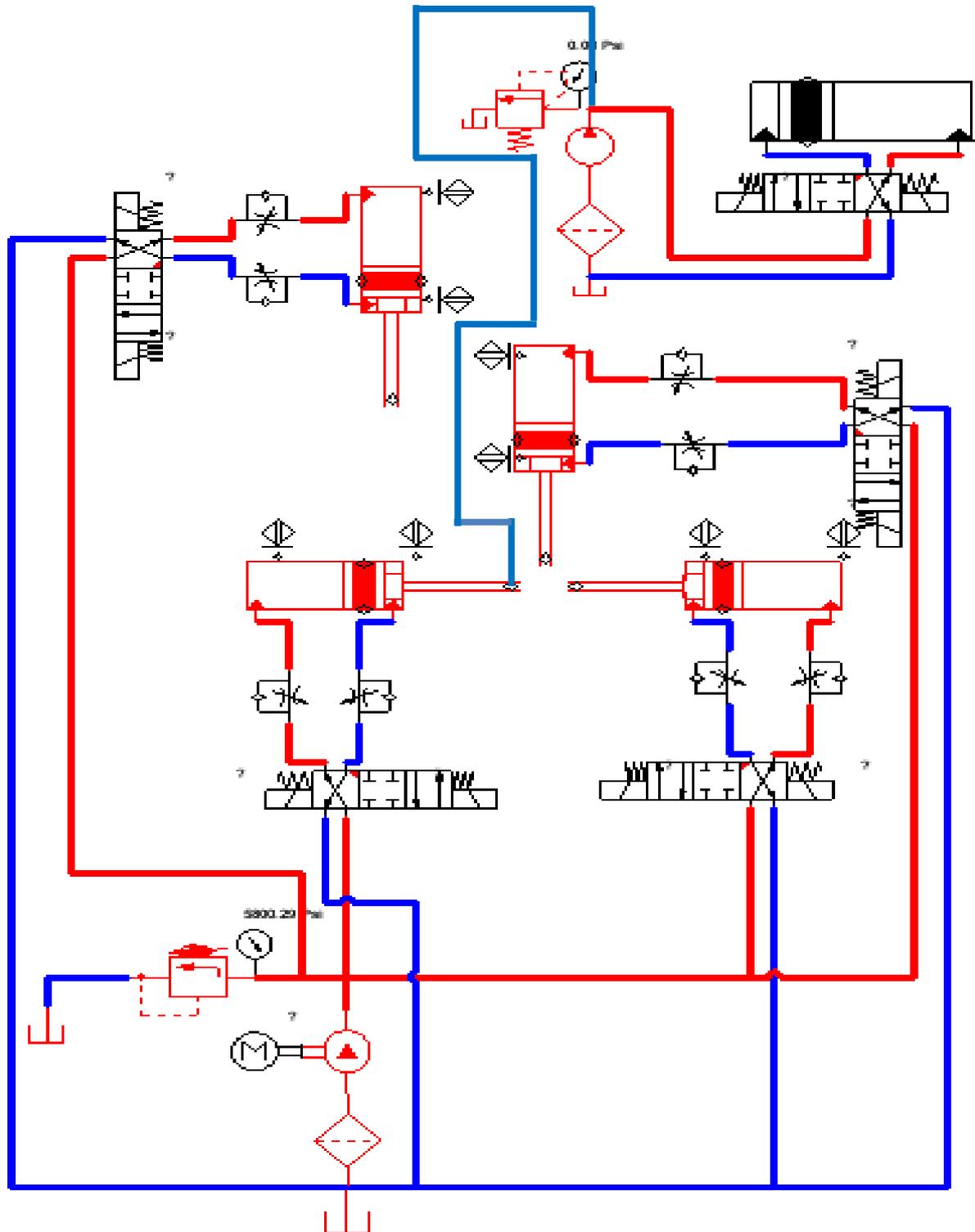


Figure 3-3(a) :Schéma d'ouverture les 4 vérin

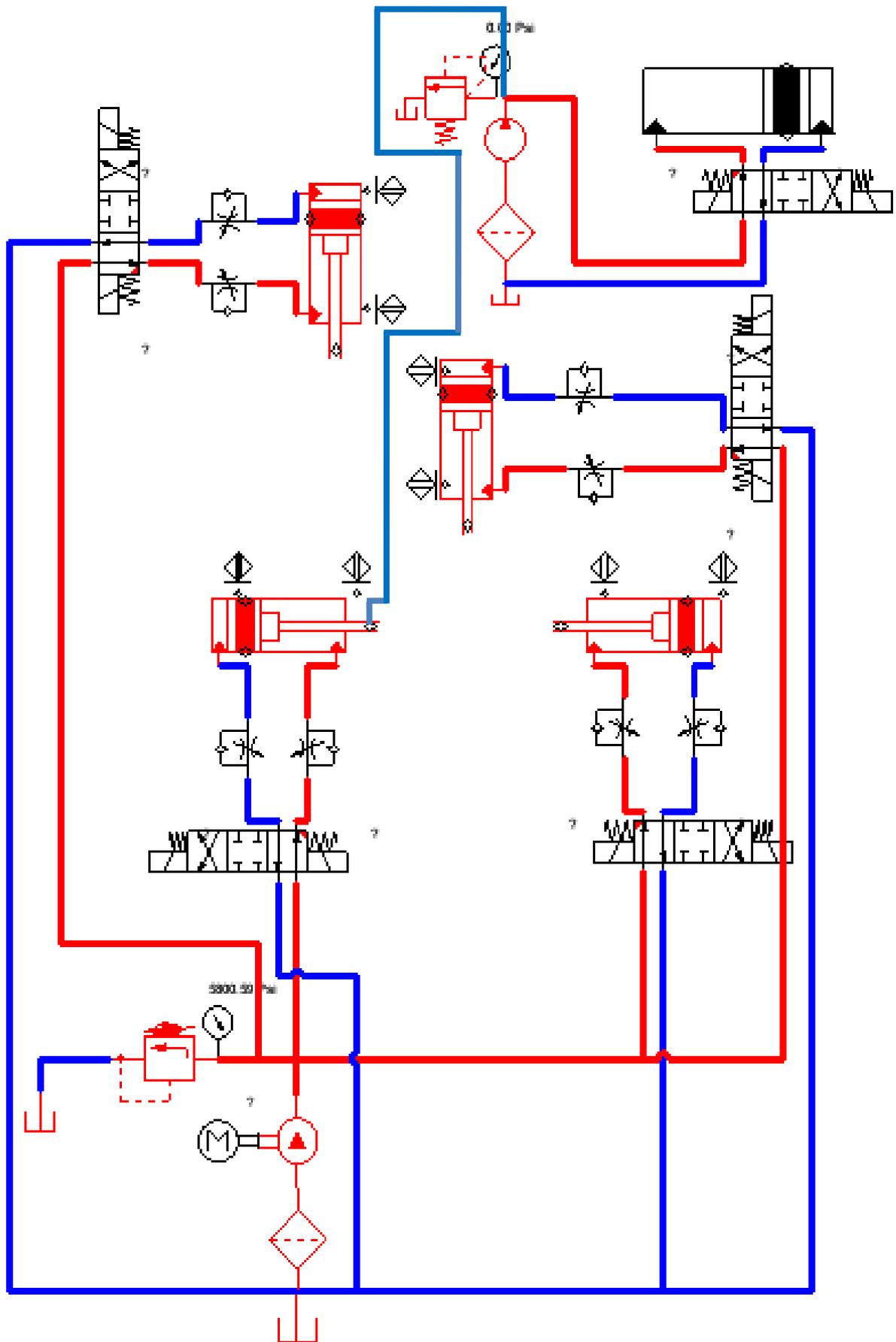


Figure 3-3(b):Schéma du fermeture les 4 vérin

3-11 CONCLUSION :

A travers les éléments de calcul avancés dans ce chapitre, nous pouvons conclure que l'installation adoptée pour la commande hydraulique du système d'hydroformage est résistante même surdimensionnée vis-à-vis les conditions extrêmes de fonctionnement.

CHAPITRE 04

ETUDE CINEMATO-STATIQUE

DU PROTOTYPE

4-1-INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous abordons en premier lieu l'étude cinéματο-statique de notre dispositif à fin de déterminer son degré d'hyperstatique .

Cette étude va être basée sur l'approche des torseurs cinématique et statique de la chaîne cinématique complexe équivalente .

En deuxième lieu nous donnerons la DAO du dispositif pour les mises en plan des différentes pièces.

4-2 SCHEMA CINEMATIQUE SPATIAL DU MECANISME HYDROFORMAGE :

Le schéma cinématique de notre dispositif est représenté par la (figure 4-1)

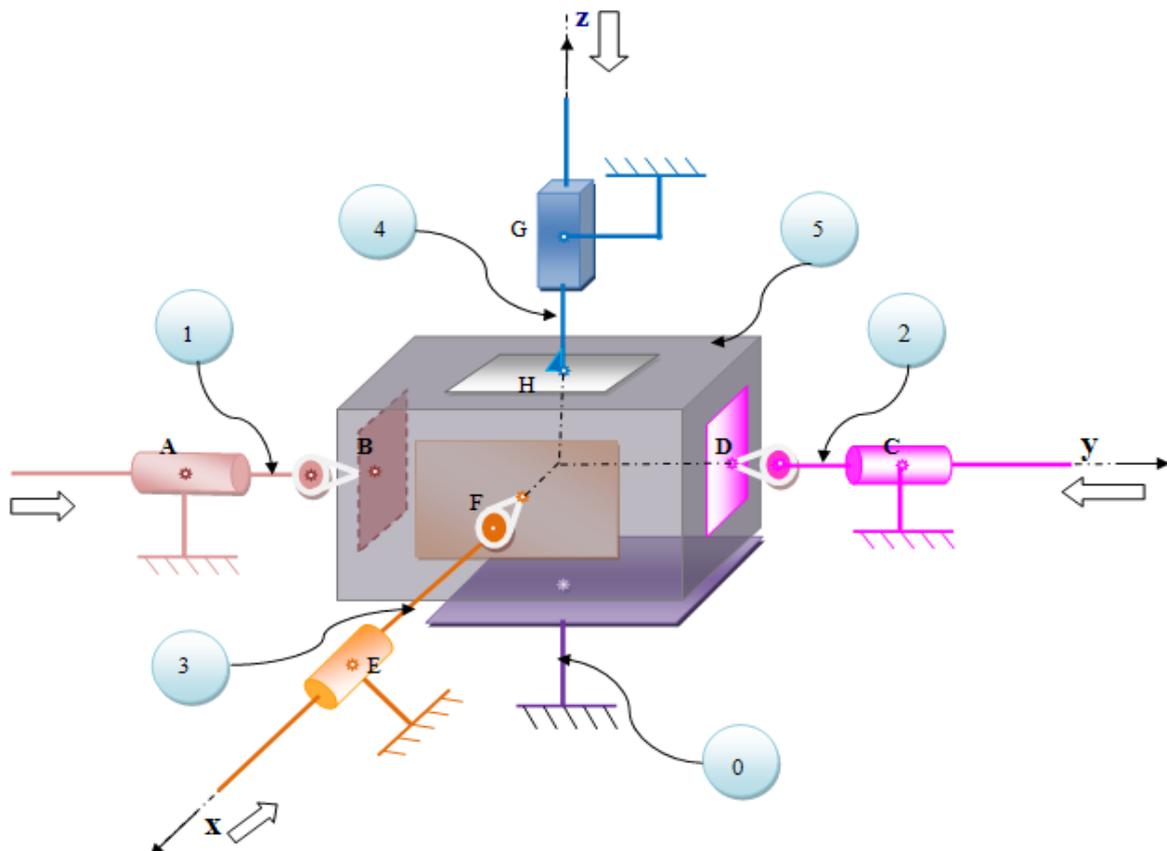


Figure 4-1: Schéma cinématique spatial

4-3 PARAMETRAGE GEOMETRIQUE :

$$\vec{OA} = A\vec{y} ; A=640\text{mm}$$

$$\vec{OA} = B\vec{y} ; B=100\text{mm}$$

$$\vec{OD} = D\vec{y} = B\vec{y} ; D= -100\text{mm}$$

$$\vec{OC} = C\vec{y} = B\vec{y} ; C= -640\text{mm}$$

$$\vec{OE} = E\vec{y} ; E=-640\text{mm}$$

$$\vec{OF} = F\vec{y} ; F= -100\text{mm}$$

$$\vec{OG} = G\vec{y} ; G= 640\text{mm}$$

$$\vec{OC} = H\vec{y} ; H= 100\text{mm}$$

$$\vec{FX}_{V3} = \vec{FX}_{V2} = \vec{FY}_{V1} = 18810\text{N}$$

$$\vec{FZ}_{V4} = 500000\text{N}$$

Le nombre de cycele denne par: $p=6$, $L=9$

Alors : $\gamma = 4$ cycles

4-4 GRAPHE DES LIAISONS :

Les classes d'équivalence étant déterminées, nous allons analyser les liaisons, qui, si elles existent, relient ces classes.

Identifications les liaisons sur la figure (4-2) :

(1-0) = L_1 : liaison pivot glissant de centre A et d'axe ($A\vec{Y}$).

(1-5) = L_2 : liaison ponctuelle de centre B et d'axe ($B\vec{Y}$)

(2-0) = L_3 : liaison pivot glissant de centre C et d'axe ($C\vec{X}$).

(2-5) = L_4 : liaison ponctuelle de centre D et d'axe ($D\vec{X}$)

(3-0) = L_5 : liaison pivot glissant de centre E et d'axe ($E\vec{Z}$).

(3-5) = L_6 : liaison ponctuelle de centre F et d'axe ($F\vec{X}$)

- (4-5) = L_7 : liaison appui plan de centre H et d'axe (HY). \rightarrow
- (4-0) = L_8 : liaison glissière de centre G et d'axe (GY) \rightarrow
- (5-0) = L_9 : liaison appui plan de centre M et d'axe (MZ) \rightarrow

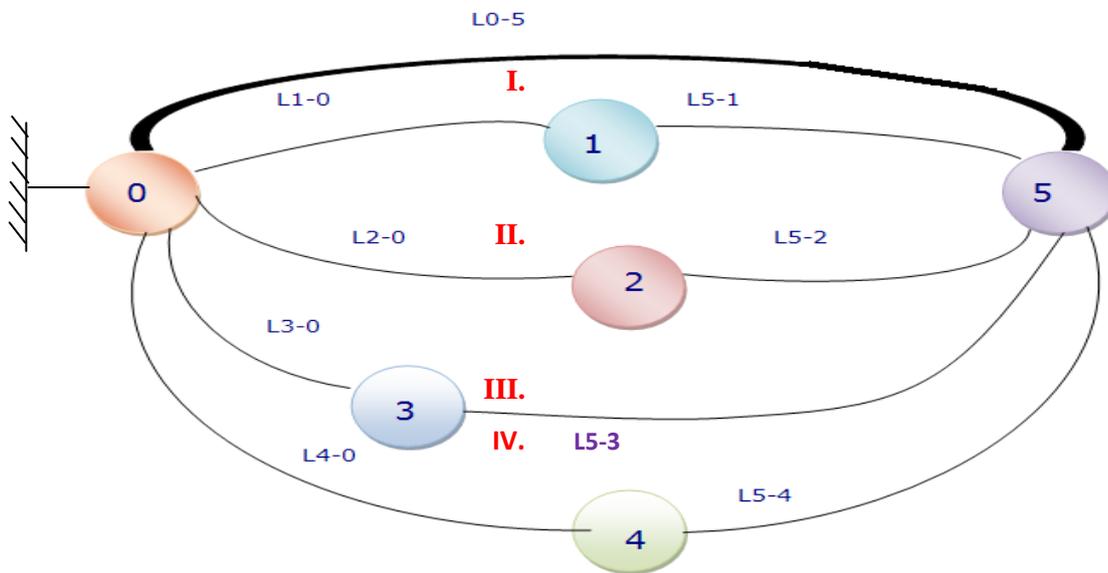


Figure 4-2: Graphe des liaisons

Dans ce graphe des liaisons à chaîne complexe $P=6$ et $L=90$

4-5 LE PRINCIPE De l'ETUDE CINEMATIQUE :

Le principe de l'étude cinématique d'une chaîne complexe isole consiste à chaque cycle de la chaîne et d'appliquer la loi de composition du mouvement de chaque boucle

4-5-1 INVENTAIRE DES TORSEUR CINEMATIQUE τ_c :

En mécanique du solide, les pièces constitutives des mécanismes sont assimilées à des solides indéformables. Le positionnement relatif de 2 solides indéformables nécessite la connaissance de 6 paramètres indépendants, dits paramètres de position.

Une liaison entre 2 solides peut donc être définie comme un dispositif permettant :

- Soit de maintenir un ou plusieurs paramètres de position à une valeur donnée, les autres étant libres d'évoluer dans certaines plages,
- soit de lier entre eux un ou plusieurs paramètres de position, dont les évolutions sont alors corrélées. ET considérons deux solides 1 et 2 liés et $R(A, X, Y, Z)$ le repère local associé à

cette liaison. Nous pouvons définir dans R les différentes possibilités de mouvements relatifs indépendants de 1/2 (ou de 2/1).

Dans l'espace, il y a 6 mouvements indépendants :

- T_x , translation selon l'axe (A,X)
- T_y , translation selon l'axe(A,Y)
- T_z , translation selon l'axe(A ,Z)
- R_x , rotation autour de l'axe (A,X)
- R_y , rotation autour de l'axe (A,Y)
- R_z , rotation autour de l'axe (A,Z)

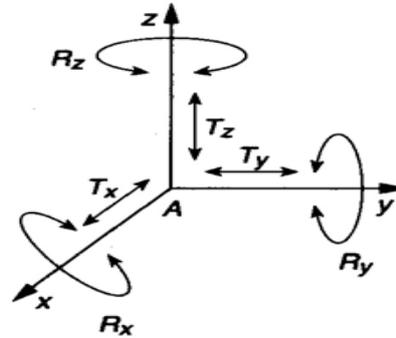


Figure 4-3 : Schématisation spatiale de liaison

1 LIAISON GLISSIERE $N_c=1$

On appelle **liaison glissière** Toute liaison dans le degré de liberté dans R est une translation d'axe (A , \vec{x})

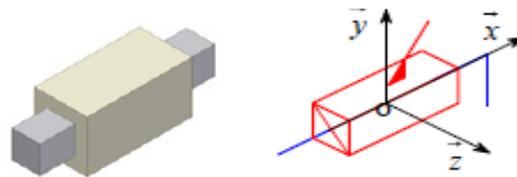


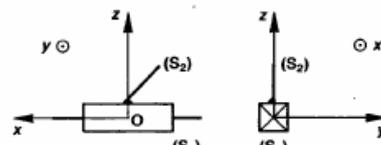
Figure4-4 : Schématisation spatiale de liaison glissière

TORSEUR CINEMATIQUE τ_c :

Supposons que $R_2=R$ et exprimons en A le torseur cinématique du mouvement de $\frac{1}{2}$ dans $R(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

$$\{ \tau C \mid (1 - 2) \}_{0.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & V_X \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$



2 LIAISON PIVOT GLISSANT ($N_c=2$) :

On appelle **liaison pivot glissant** toute liaison dans les degrés de liberté dans R sons :

Une translation et une rotation de même axe (A, \vec{x})

ces deux libertés étant indépendantes.

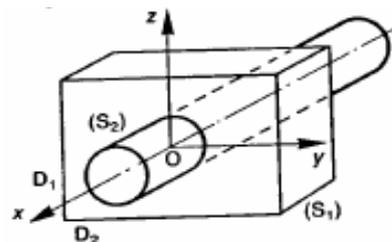
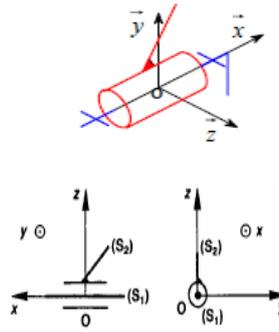


Figure 4-5 : Schématisation spatiale de liaison pivot glissant

TORSEUR CINEMATIQUE τ_c :

Supposons que $R_2=R$ et exprimons en A le torseur cinématique du mouvement de $\frac{1}{2}$ dans $R(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

$$\{ \tau_C \mid (1-2) \}_{0.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} \omega_X & V_X \\ \hline 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} \begin{array}{c} \vec{x} \quad \vec{y} \quad \vec{z} \\ (x, y, Z) \end{array}$$



3 LIAISON APPUI PLAN ($N_C=3$) :

- On appelle **liaison appui plan** toute liaison dans les Degrés de liberté dans R sons :- Une rotation d'axe (A, \vec{x}) .
- Une translation d'axe (A, \vec{y}) ,
 - Une translation d'axe (A, \vec{z})

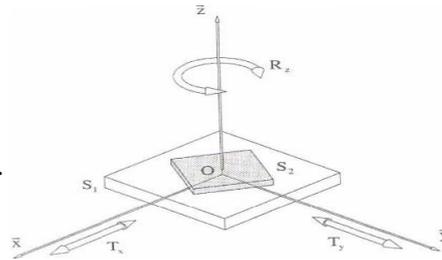
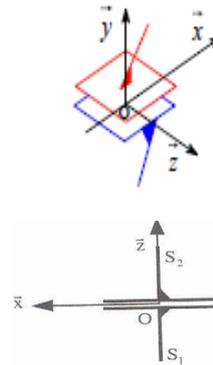


Figure 4-6 : Schématisation spatiale de liaison appui plan

TORSEUR CINEMATIQUE τ_c :

Supposons que $R_2=R$ et exprimons en A le torseur cinématique du mouvement de $\frac{1}{2}$ dans $R(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

$$\{ \tau_C \mid (1-2) \}_{0.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} \omega_X & 0 \\ \hline 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} \begin{array}{c} \vec{x} \quad \vec{y} \quad \vec{z} \\ (x, y, Z) \end{array}$$



4 LIAISON PONCTUELLE ($N_C=5$) :

- On appelle **liaison ponctuelle** toute liaison dans les degrés de liberté dans R sons :
- Une translation d'axe (A, \vec{y}) , Une translation d'axe (A, \vec{z}) , les trois rotation d'axes respectifs (A, \vec{x}) , (A, \vec{y}) et (A, \vec{z}) .

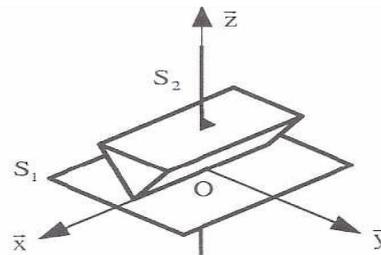


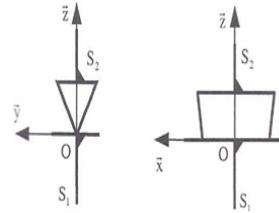
Figure 4-7 : Schématisation spatiale de liaison ponctuelle

TORSEUR CINEMATIQUE τ_c :

Supposons que $R_2=R$ et exprimons en A le torseur

cinématique du mouvement de $\frac{1}{2}$ dans $R(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

$$\{ \tau_C | (1 - 2) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X & 0 \\ W_Y & V_Y \\ W_Z & V_Z \end{array} \right\} \begin{array}{c} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{array}$$



Les torseurs cinématiques associées pour chaque liaison :

• Cycle (a) :

Ecrivons la loi de composition des torseurs cinématique (4-4):

$$\{ \tau_C | (1 - 0) \}_{O,R} + \{ \tau_C | (5 - 1) \}_{O,R} + \{ \tau_C | (5 - 0) \}_{O,R} = \{ \vec{0} \}$$

Exprimons ces torseurs au centre de chaque liaison :

$$\{ \tau_C | (1 - 0) \}_{A,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ W_Y(1 - 0) & V_Y(1 - 0) \\ 0 & 0 \end{array} \right\} \begin{array}{c} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{array}, \quad N_{c1}=2$$

$$\bullet \{ \tau_C | (5 - 1) \}_{B,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(5 - 1) & V_X(5 - 1) \\ W_Y(5 - 1) & 0 \\ W_Z(5 - 1) & V_Z(5 - 1) \end{array} \right\} \begin{array}{c} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{array}, \quad N_{c2}=5$$

$$\bullet \{ \tau_C | (5 - 0) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & V_X(5 - 0) \\ 0 & V_Y(5 - 0) \\ W_Z(5 - 0) & 0 \end{array} \right\} \begin{array}{c} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{array}, \quad N_{c2}=3$$

Réduisons tous ces torseurs au point o :

$$\bullet \{ \tau_C | (1 - 0) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ W_Y(1 - 0) & V_Y(1 - 0) \\ 0 & 0 \end{array} \right\},$$

$$\{ \tau_C | (5 - 1) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(5 - 1) & V_X(5 - 1) \\ W_Y(5 - 1) & 0 \\ W_Z(5 - 1) & V_Z(5 - 1) \end{array} \right\} + \vec{OA} \wedge W(5 - 1)$$

$$\{ \tau C | (5-1) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} \begin{matrix} W_x(5-1) \\ W_y(5-1) \\ W_z(5-1) \end{matrix} & \begin{matrix} V_x(5-1) \\ 0 \\ V_z(5-1) \end{matrix} + \begin{matrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & W_y(5-1) & 0 \end{matrix} \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow \{ \tau C | (5-1) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} \begin{matrix} W_x(5-1) \\ W_y(5-1) \\ W_z(5-1) \end{matrix} & \begin{matrix} V_x(5-1) \\ 0 \\ V_z(5-1) \end{matrix} \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C | (5-0) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ W_z(5-0) \end{matrix} & \begin{matrix} V_x(5-0) \\ V_y(5-0) + \vec{OA} \wedge \vec{W}(5-0) \\ 0 \end{matrix} \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C | (5-0) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ W_z(5-0) \end{matrix} & \begin{matrix} V_x(5-0) \\ V_y(5-0) \\ 0 \end{matrix} + \begin{matrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & W_z(5-0) \end{matrix} \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C | (5-0) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ W_z(5-0) \end{matrix} & \begin{matrix} V_x(5-0) \\ V_y(5-0) \\ 0 \end{matrix} \end{array} \right\}$$

Ecrivons les équations issues de la relation (4-4) relativement au cycle (a) :

(a)
$$\left\{ \begin{array}{l} W_y(1-0) + W_y(5-1) = 0 \\ W_z(5-6) + W_z(5-1) = 0 \\ V_x(5-1) + V_x(5-0) = 0 \\ V_y(1-0) + V_y(5-0) = 0 \\ V_z(5-1) = 0 \end{array} \right.$$

• **Cycle (b) :**

Ecrivons la loi de composition des torseurs cinématique (4-5):

$$\{ \tau C | (2-0) \}_{O,R} + \{ \tau C | (5-2) \}_{O,R} + \{ \tau C | (1-0) \}_{O,R} + \{ \tau C | (1-0) \} = \{ \vec{0} \}$$

Exprimons ces torseurs au centre de chaque liaison :

$$\{ \tau C | (1-0) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} \begin{matrix} 0 \\ W_y(1-0) \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ V_y(1-0) \\ 0 \end{matrix} \end{array} \right\},$$

$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$

$$\{ \tau C \mid (2 - 0) \}_{c.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(2 - 0) & V_X(2 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}, \quad Nc_4=2$$

$\begin{array}{c} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \\ (x, y, Z) \end{array}$

$$\{ \tau C \mid (5 - 1) \}_{o.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(5 - 1) & V_X(5 - 1) \\ W_Y(5 - 1) & 0 \\ W_Z(5 - 1) & V_Z(5 - 1) \end{array} \right\},$$

$\begin{array}{c} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \\ (x, y, Z) \end{array}$

$$\{ \tau C \mid (5 - 2) \}_{d.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(5 - 2) & V_X(5 - 2) \\ W_Y(5 - 2) & 0 \\ W_Z(5 - 2) & V_Z(5 - 2) \end{array} \right\}, \quad Nc_5=3$$

$\begin{array}{c} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \\ (x, y, Z) \end{array}$

Réduisons tous ces torseurs au point o :

$$\{ \tau C \mid (1 - 0) \}_{o.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ W_Y(1 - 0) & V_Y(1 - 0) \\ 0 & 0 \end{array} \right\},$$

$$\{ \tau C \mid (5 - 1) \}_{o.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(5 - 1) & V_X(5 - 1) \\ W_Y(5 - 1) & 0 \\ W_Z(5 - 1) & V_Z(5 - 1) \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C \mid (2 - 0) \}_{o.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(2 - 0) & V_X(2 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} + \vec{OA} \wedge W(2 - 0)$$

$$\{ \tau C \mid (2 - 0) \}_{o.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(2 - 0) & V_X(2 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} + \left| \begin{array}{ccc} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ -1 & 0 & 0 \\ W_X(2 - 0) & 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C \mid (2 - 0) \}_{c.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(2 - 0) & V_X(2 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C \mid (5 - 2) \}_{o.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(5 - 2) & V_X(5 - 2) \\ W_Y(5 - 2) & 0 \\ W_Z(5 - 2) & V_Z(5 - 2) \end{array} \right\} + \vec{OA} \wedge W(5 - 2)$$

$$\{ \tau C \mid (5 - 2) \}_{o.R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_X(5 - 2) & V_X(5 - 2) \\ W_Y(5 - 2) & 0 \\ W_Z(5 - 2) & V_Z(5 - 2) \end{array} \right\} + \left| \begin{array}{ccc} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ -1 & 0 & 0 \\ W_X(5 - 2) & 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C \mid (5-2) \}_{o,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_x(5-2) & V_x(5-2) \\ W_y(5-2) & 0 \\ W_z(5-2) & V_z(5-2) \end{array} \right\}$$

Ecrivons les équations issues de la relation (4-5) relativement au cycle (b) :

(b) $W_y(1-0) + W_y(5-1) + W_x(5-2) = 0$

$V_y(1-0) = 0$

• **Cycle (C) :**

Ecrivons la loi de composition des torseurs cinématique (4-6):

$$\{ \tau C \mid (2-0) \}_{o,R} + \{ \tau C \mid (5-2) \}_{o,R} + \{ \tau C \mid (3-0) \}_{o,R} + \{ \tau C \mid (5-3) \}_{h,R} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ 0 \end{array} \right\}$$

Exprimons ces torseurs au centre de chaque liaison :

$$\{ \tau C \mid (5-2) \}_{o,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_x(5-2) & V_x(5-2) \\ W_y(5-2) & 0 \\ W_z(5-2) & V_z(5-2) \end{array} \right\}$$

$\begin{array}{c} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \\ (x, y, Z) \end{array}$

$$\{ \tau C \mid (2-0) \}_{o,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_x(2-0) & V_x(2-0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$\begin{array}{c} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \\ (x, y, Z) \end{array}$

$$\{ \tau C \mid (3-0) \}_{g,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_x(3-0) & V_x(3-0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} \quad Nc_{6=2}$$

$$\{ \tau C \mid (5-3) \}_{h,R} = \left\{ \begin{array}{c|c} W_x(5-3) & 0 \\ W_y(5-3) & V_z(5-3) \\ W_z(5-3) & V_z(5-3) \end{array} \right\} \quad , Nc_{7=3}$$

Réduisons tous ces torseurs au point o :

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (\mathbf{2} - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{o}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(2-0) & Vx(2-0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (\mathbf{5} - \mathbf{2}) \}_{\mathbf{o}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(5-2) & Vx(5-2) \\ Wy(5-2) & 0 \\ Wz(5-2) & Vz(5-2) \end{array} \right\}$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (\mathbf{3} - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{o}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(3-0) & Vx(3-0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} + \overrightarrow{OA} \wedge \mathbf{W}(3-0)$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (\mathbf{3} - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{o}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(3-0) & Vx(3-0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} + \left| \begin{array}{ccc} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -l \\ 0 & 0 & Wz(3-0) \end{array} \right\}$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (\mathbf{3} - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{o}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(3-0) & Vx(3-0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (\mathbf{5} - \mathbf{3}) \}_{\mathbf{o}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(5-3) & 0 \\ Wy(5-3) & Vz(5-3) \\ Wz(5-3) & Vz(5-3) \end{array} \right\} + \overrightarrow{OA} \wedge \mathbf{W}(5-3)$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (\mathbf{5} - \mathbf{3}) \}_{\mathbf{o}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(5-3) & 0 \\ Wy(5-3) & Vz(5-3) \\ Wz(5-3) & Vz(5-3) \end{array} \right\} + \left| \begin{array}{ccc} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -l \\ 0 & 0 & Wz(3-0) \end{array} \right\}$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (\mathbf{5} - \mathbf{3}) \}_{\mathbf{o}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(5-3) & 0 \\ Wy(5-3) & Vz(5-3) \\ Wz(5-3) & Vz(5-3) \end{array} \right\}$$

Ecrivons les équations issues de la relation (4-6) relativement au cycle (C) :

$$\begin{array}{l}
 \text{(C)} \quad \left\{ \begin{array}{l}
 Wx (2 - 0) + Wx (5 - 2) + Wx (5 - 3) + Wx(3 - 1) = 0 \\
 \\
 Wy (5 - 2) + Wy(5 - 3) = 0 \\
 \\
 Wz (5 - 2) + Wz(5 - 3) = 0 \\
 \\
 Vx (2 - 0) + Vx(5 - 2) + Vx(6 - 0) = 0 \\
 \\
 Vy (5 - 3) = 0
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

• **Cycle (d) :**

Ecrivons la loi de composition des torseurs cinématique (4-7):

$$\{ \tau C | (3 - 0) \}_{O,R} + \{ \tau C | (5 - 3) \}_{O,R} + \{ \tau C | (4 - 0) \} + \{ \tau C | (5 - 4) \} = \{ \vec{0} \}$$

Exprimons ces torseurs au centre de chaque liaison :

$$\{ \tau C | (3 - 0) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c}
 Wx(3 - 0) & Vx(3 - 0) \\
 0 & 0 \\
 0 & 0
 \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C | (5 - 3) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c}
 Wx (5 - 3) & 0 \\
 Wy (5 - 3) & Vz(5 - 3) \\
 Wz (5 - 3) & Vz(5 - 3)
 \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C | (4 - 0) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c}
 0 & Vx(4 - 0) \\
 0 & 0 \\
 0 & 0
 \end{array} \right\}$$

$$\{ \tau C | (5 - 4) \}_{O,R} = \left\{ \begin{array}{c|c}
 0 & Vx(5 - 4) \\
 0 & Vz(5 - 4) \\
 Wz (5 - 4) & 0
 \end{array} \right\}$$

Réduisons tous ces torseurs au point o :

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (3 - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{O}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(3 - 0) & Vx(3 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$
(x, y, Z)

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (5 - 3) \}_{\mathbf{O}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} Wx(5 - 3) & 0 \\ Wy(5 - 3) & Vz(5 - 3) \\ Wz(5 - 3) & Vz(5 - 3) \end{array} \right\}$$

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$
(x, y, Z)

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (4 - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{O}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & Vx(4 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} \quad , Nc_8=1$$

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$
(x, y, Z)

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (4 - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{O}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & Vx(4 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} + \overrightarrow{OA} \wedge \mathbf{W} (6-3)$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (4 - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{O}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & Vx(4 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} + \left| \begin{array}{ccc} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -l \\ 0 & 0 & Wz(3 - 0) \end{array} \right|$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (4 - \mathbf{0}) \}_{\mathbf{O}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & Vx(4 - 0) \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}$$

$$\{ \boldsymbol{\tau} \mathbf{C} \mid (5 - 4) \}_{\mathbf{O}, \mathbf{R}} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & Vx(5 - 4) \\ 0 & Vz(5 - 4) \\ Wz(5 - 4) & 0 \end{array} \right\} \quad Nc_9=3$$

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$
(x, y, Z)

Ecrivons les équations issues de la relation (4-6) relativement au cycle (C) :

$$(d) \left\{ \begin{array}{l} Wx (3 - 0) + Wx (5 - 3) = 0 \\ Wy(5 - 3) = 0 \\ Wz (5 - 4) + Wz(5 - 3) = 0 \\ Vx (3 - 0) + Vx(5 - 4) + Vx(4 - 0) = 0 \\ Vy (5 - 3) + Vy(4 - 5) = 0 \end{array} \right.$$

Nous avons donne un système liaison à 23 équation .

$$a) \left\{ \begin{array}{l} Wy (1 - 0) + Wy (5 - 1) = 0 \\ Wz (5 - 6) + Wz(5 - 1) = 0 \\ Vx (5 - 1) + Vx (5 - 0) = 0 \\ Vy (1 - 0) + Vy (5 - 0) = 0 \\ Vz (5 - 1) = 0 \end{array} \right.$$

$$b) \left\{ \begin{array}{l} Wx (2 - 0) + Wx (5 - 2) + Wx(5 - 1) = 0 \\ Wy (1 - 0) + Wy(5 - 1) + Wx(5 - 2) = 0 \\ Vx (2 - 0) + Vx (5 - 1) + Vx(5 - 2) = 0 \\ Vy (1 - 0) = 0 \\ Vz (5 - 1) + Vz (5 - 2) = 0 \\ Wz(5 - 2) + Wz(5 - 1) = 0 \end{array} \right.$$

$$c) \left\{ \begin{array}{l} Wx (2 - 0) + Wx (5 - 2) + Wx (5 - 3) + Wx(3 - 1) = 0 \\ Wy (5 - 2) + Wy(5 - 3) = 0 \\ Wz (5 - 2) + Wz(5 - 3) = 0 \\ Vx (2 - 0) + Vx(5 - 2) + Vx(6 - 0) = 0 \\ Vy (5 - 3) = 0 \\ Vz (5 - 2) + Vz(5 - 3) = 0 \end{array} \right.$$

$$D) \begin{cases} W_x (3 - 0) + W_x (5 - 3) = 0 \\ W_y(5 - 3) = 0 \\ W_z (5 - 4) + W_z(5 - 3) = 0 \\ V_x (3 - 0) + V_x(5 - 4) + V_x(4 - 0) = 0 \\ V_y (5 - 3) + V_y(4 - 5) = 0 \\ V_z(5 - 3) = 0 \end{cases}$$

4-6 ETUDE STATIQUE :

Le principe de l'étude statique d'un Chain complexe consiste a isoler chaque élément du mécanisme et de lui applique le problème fondamentale du la statique (équation)

4-6-1 INVENTION DES TORSEUR STATIQUE τ_s :

1-la liaison ponctuelle :

La figure ci-dessous représente une liaison ponctuelle de centre O et de normale z entre S1 et S2. Par rapport aux trois axes du repère local, cette liaison autorise les rotations et translations suivantes :

- Rotation autour de (O, x) : Rx
- Rotation autour de (O, y) : Ry
- Rotation autour de (O, z) : Rz
- Translation de direction x : Tx
- Translation de direction y : Ty

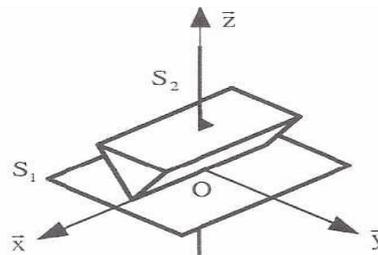


Figure4-8: Schématisation spatiale de liaison ponctuelle

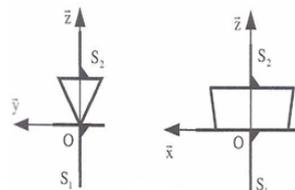
TORSEUR D'ACTION MECANIQUE DE LIAISON :

$$\{\tau(1 \rightarrow 2)\} = \begin{matrix} \vec{A}(1 \rightarrow 2) \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) \end{matrix}$$

avec $\begin{cases} \vec{A}(1 \rightarrow 2) // \vec{x} \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) = \vec{0} \end{cases}$

Dans $\mathcal{R}(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ on peut écrire :

$$\{\tau(1 \rightarrow 2)\} = \begin{matrix} X(1 \rightarrow 2) & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$$



2-La liaison linière annulaire :

La figure ci-dessous représente une liaison linière d’axe (O, x) entre S1 et S2. Par rapport aux trois axes du repère local, cette liaison autorise les rotations et translations suivantes :

- Rotation autour de (O, x) : Rx
- Rotation autour de (O, y) : Ry
- Rotation autour de (O, z) : Rz
- Translation de direction x: Tx

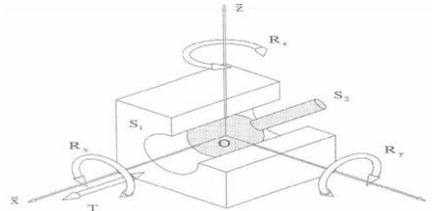


Figure 4-9 : Schématisation spatiale de liaison linière annulaire

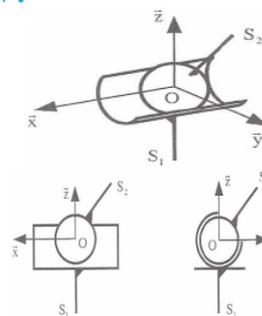
TORSEUR D’ACTION MECANIQUE DE LIAISON :

$$\{ \mathcal{T}(1 \rightarrow 2) \} = \begin{Bmatrix} \vec{A}(1 \rightarrow 2) \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) \end{Bmatrix}$$

avec $\begin{cases} \vec{A}(1 \rightarrow 2) \perp \vec{x} \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) = \vec{0} \end{cases}$

Dans $\mathcal{R}(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ on peut écrire :

$$\{ \mathcal{T}(1 \rightarrow 2) \} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y(1 \rightarrow 2) & 0 \\ Z(1 \rightarrow 2) & 0 \end{Bmatrix}_{(x, y, z)}$$



3-Liaison appui-plan :

La figure ci-dessous représente une liaison appui-plan de centre O entre S1 et S2. Par rapport aux trois axes du repère local, cette liaison autorise les rotations et translations suivantes :

- Rotation autour de (O, z) :
- Translation de direction x : Tx
- Translation de direction y : Ty, soit 3 degrés de liberté.

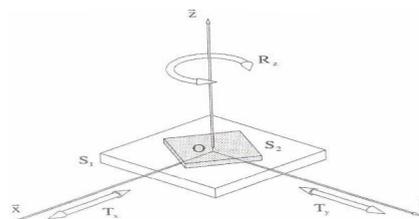


Figure4-10 : Schématisation spatiale de liaison appui-plan

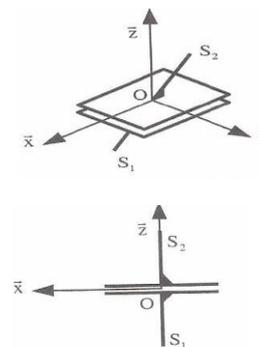
TORSEUR D’ACTION MECANIQUE DE LIAISON :

$$\{ \mathcal{T}(1 \rightarrow 2) \} = \begin{Bmatrix} \vec{A}(1 \rightarrow 2) \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) \end{Bmatrix}$$

avec $\begin{cases} \vec{A}(1 \rightarrow 2) \parallel \vec{x} \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) \perp (A, \vec{x}) \end{cases}$

Dans $\mathcal{R}(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ on peut écrire :

$$\{ \mathcal{T}(1 \rightarrow 2) \} = \begin{Bmatrix} X(1 \rightarrow 2) & 0 \\ 0 & M(1 \rightarrow 2) \\ 0 & N(1 \rightarrow 2) \end{Bmatrix}_{(x, y, z)}$$



4-Liaison glossaire :

Les deux solide (S₁) et (S₂) ont une liaison pinot glissant si au cours de leur mouvement relatif, une droite D₂de(S₂) reste confondue avec une droite D₁et (S₁)

Plaçons l'axe (o, \vec{x}) du repète R (o, \vec{x} , \vec{y} , \vec{z}) sur les droites D₁.le mouvement de (S₂) par rapport à (S₂) se décompose en :

-rotation autour de (o, \vec{x}) .

-translation suivant (o, \vec{x}) .

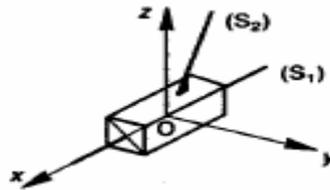


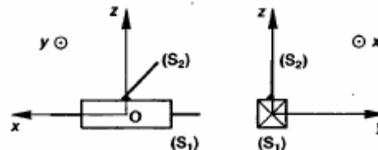
Figure4-11 : Schématisation spatiale de liaison glossaire

TORSEUR D'ACTION MECANIQUE DE LIAISON :

$$\{\mathcal{T}(1 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} \vec{A}(1 \rightarrow 2) \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) \end{Bmatrix} \text{ avec } \vec{A}(1 \rightarrow 2) \perp \vec{x}.$$

Dans $\mathcal{R}(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ on peut écrire :

$$\{\mathcal{T}(1 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} 0 & L(1 \rightarrow 2) \\ Y(1 \rightarrow 2) & M(1 \rightarrow 2) \\ Z(1 \rightarrow 2) & N(1 \rightarrow 2) \end{Bmatrix} (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$$



5-Liaison pivot glissant :

Les deux solide (S₁) et (S₂) ont une liaison glissant si au cours de leur mouvement relatif, d'une part un plan P2 de(S₂) reste confondue avec une plan de (S₁) ,et d'autre part une droite D₂ liée à S₂ et située dans le plan P₂ reste confondue avec un droite S1 liée à (S₁) et située dans le plan P₁ .Plaçons l'axe (o, \vec{x}) du repète R (o, \vec{x} , \vec{y} , \vec{z})

les droites D₁ et D2 .le mouvement de (S₂) par

rapport à (S₁) est translation d'axe (o, \vec{x}) .

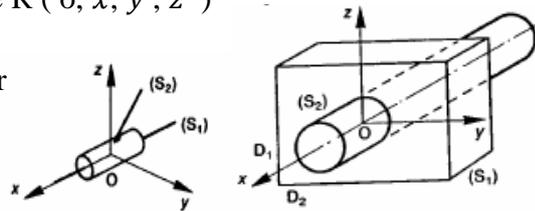


Figure 4-12 : Schématisation spatiale de liaison pivot glissant

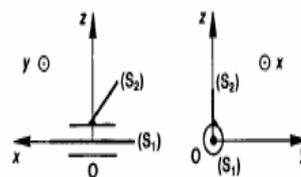
TORSEUR D'ACTION MECANIQUE DE LIAISON :

$$\{\mathcal{T}(1 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} \vec{A}(1 \rightarrow 2) \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) \end{Bmatrix}$$

avec $\begin{cases} \vec{A}(1 \rightarrow 2) \perp \vec{x} \\ \vec{M}_A(1 \rightarrow 2) \perp \vec{x} \end{cases}$

Dans $\mathcal{R}(A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ on peut écrire :

$$\{\mathcal{T}(1 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y(1 \rightarrow 2) & M(1 \rightarrow 2) \\ Z(1 \rightarrow 2) & N(1 \rightarrow 2) \end{Bmatrix} (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$$



Reprenons le graphe des liaisons de la figure (4-1) :

EQUILIBRE D'ELEMENT (1) :

$$\sum \{ \tau_s(i/1) \} = \{ \vec{0} \}$$

Identification des torseur application sur l'élément (1) :

$$\{ \tau_s(0/1) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} x(0-1) & L(0-1) \\ 0 & 0 \\ z(0-1) & N(0-1) \end{array} \right\} ; N_s=4$$

$$\{ \tau_s(5/1) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ y(5-1) & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} \text{ Changement de point}$$

$$\Rightarrow \vec{ab} = \begin{pmatrix} 0 \\ -l \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow l = 640mm$$

$$\{ \tau_s(5/1) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ y(5-1) & 0 \\ 0 & 0 \end{array} + \left| \begin{array}{ccc} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & l & 0 \\ 0 & y(5-1) & 0 \end{array} \right| \right\}$$

$$\Rightarrow \{ \tau_s(5/1) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ y(5-1) & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_s=1$$

$$\{ \tau_s(ext/1) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ -FYV1 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_s=1$$

$$\{ \tau_s(1/2) \} + \{ \tau_s(5/2) \} + \{ \tau_s(ext/2) \} = \{ \vec{0} \}$$

$$1 \left| \begin{array}{l} x(0-1) = 0 \\ y(5-1) = FYV1 \\ z(0-1) = 0 \\ L(0-1) = 0 \\ N(0-1) = 0 \end{array} \right. \quad 5 \text{ équation}$$

EQUILIBRE D'ELEMENT (2) :

$$\Sigma \{ \tau_s(i/2) \} = \{ \vec{0} \}$$

Identification des torseur application sur l'élément (2) :

$$\{ \tau_s(0/2) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} x(0-2) & L(0-2) \\ 0 & 0 \\ z(0-2) & N(0-2) \end{array} \right\} ; N_s=4$$

$$\{ \tau_s(5/2) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ y(5-2) & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} \text{ Changement de point}$$

$$\Rightarrow \vec{CD} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow l = 640\text{mm}$$

$$\{ \tau_s(5/2) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ y(5-2) & 0 \\ 0 & 0 \end{array} + \left[\begin{array}{ccc} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & l & 0 \\ 0 & y(5-2) & 0 \end{array} \right] \right\}$$

$$\Rightarrow \{ \tau_s(5/2) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ y(5-2) & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_s=1$$

$$\{ \tau_s(\text{ext}/2) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ -FYV2 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_s=1$$

$$\{ \tau_s(1/2) \} + \{ \tau_s(5/2) \} + \{ \tau_s(\text{ext}/2) \} = \{ \vec{0} \}$$

$$2 \left\{ \begin{array}{l} x(0-2) = 0 \\ y(5-2) = FYV2 \\ z(0-2) = 0 \\ L(0-2) = 0 \\ N(0-2) = 0 \end{array} \right. \quad 5 \text{ équation}$$

EQUILIBRE D'ELEMENT (3) :

$$\Sigma \{ \tau_s(i/3) \} = \{ \vec{0} \}$$

Identification des torseur application sur l'élément (3) :

$$\{ \tau_s(0/3) \} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ Y(0-3) & M(0-3) \\ z(0-3) & N(0-3) \end{array} \right\} ; N_s=4$$

$$\{\tau_S(5/3)\} = \left\{ \begin{array}{c|c} X(5-3) & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} , \text{Changement de point}$$

$$\Rightarrow \overline{EF} = \begin{pmatrix} -L \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow L = 640\text{mm}$$

$$\{\tau_S(5/3)\} = \left\{ \begin{array}{c|c|c} X(5-3) & 0 & \vec{i} \\ 0 & 0 & L \\ 0 & 0 & X(5-3) \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c|c|c} \vec{j} & \vec{k} & \\ 0 & 0 & \\ 0 & 0 & \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow \{\tau_S(5/3)\} = \left\{ \begin{array}{c|c} X(5-3) & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_S=1$$

$$\{\tau_S(\text{ext}/3)\} = \left\{ \begin{array}{c|c} -FYV3 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_S=1$$

$$\{\tau_S(1/3)\} + \{\tau_S(5/3)\} + \{\tau_S(\text{ext}/3)\} = \{\vec{0}\}$$

$$3 \begin{cases} x(0-2) = 0 \\ y(5-2) = Fyv2 \\ z(0-2) = 0 \\ L(0-2) = 0 \\ N(0-2) = 0 \end{cases} \quad 5 \text{ équation}$$

EQUILIBRE D'ELEMENT (4) :

$$\Sigma \{\tau_S(i/4)\} = \{\vec{0}\}$$

Identification des torseur application sur l'élément (4) :

$$\{\tau_S(0/4)\} = \left\{ \begin{array}{c|c} X(0-4) & L(0-4) \\ Y(0-4) & M(0-4) \\ z(0-4) & 0 \end{array} \right\} ; N_S=5$$

$$\{\tau_S(5/4)\} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & L(5-4) \\ 0 & M(5-4) \\ Z(5-3) & 0 \end{array} \right\} \quad \text{Changement de point}$$

$$\Rightarrow \overline{GH} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -L \end{pmatrix} \Rightarrow L = 640\text{mm}$$

$$\left\{ \tau_S(5/4) \right\} = \left\{ \begin{array}{c|ccc} 0 & L(5-4) & \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & M(5-4) & L & 0 & 0 \\ Z(5-4) & 0 & 0 & 0 & Z(5-4) \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow \left\{ \tau_S(5/4) \right\} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & L(5-4) \\ 0 & M(5-4) \\ Z(5-4) & 0 \end{array} \right\} ; N_S=3$$

$$\left\{ \tau_S(\text{ext}/4) \right\} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -FYV4 & 0 \end{array} \right\} ; N_S=1$$

$$\left\{ \tau_S(1/4) \right\} + \left\{ \tau_S(5/4) \right\} + \left\{ \tau_S(\text{ext}/4) \right\} = \left\{ \vec{0} \right\}$$

$$4 \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{X(0-4)} = \mathbf{0} \\ \mathbf{Y(0-4)} = \mathbf{0} \\ \mathbf{Z(0-2)} = \mathbf{0} \\ \mathbf{L(0-4)} + \mathbf{L(5-4)} = \mathbf{0} \\ \mathbf{Y(5-4)} = \mathbf{Fyv4} \\ \mathbf{N(0-2)} = \mathbf{0} \end{array} \right. \quad \text{6 équation}$$

EQUILIBRE D'ELEMENT (6) :

$$\left\{ \sum \tau_S(i/5) \right\} = \left\{ \vec{0} \right\}$$

Identification des torseur application sur l'élément (4) :

$$\left\{ \tau_S(0/5) \right\} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & L(0-5) \\ 0 & M(0-5) \\ z(0-5) & 0 \end{array} \right\} ; N_S=3$$

$$\left\{ \tau_S(5/1) \right\} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ y(5-1) & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_S=1$$

$$\left\{ \tau_S(5/2) \right\} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ y(5-2) & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_S=1$$

$$\left\{ \tau_S(5/3) \right\} = \left\{ \begin{array}{c|c} X(5-3) & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\} ; N_S=1$$

$$\{\tau_S(5/4)\} = \begin{Bmatrix} 0 & L(5-4) \\ 0 & M(5-4) \\ Z(5-4) & 0 \end{Bmatrix} ; N_S=3$$

$$\{\tau_S(\text{ext}/5)\} = \begin{Bmatrix} F_{xv3} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} ; N_S=1$$

$$\{\tau_S(0/5)\} + \{\tau_S(5/1)\} + \{\tau_S(5/2)\} + \{\tau_S(5/3)\} + \{\tau_S(5/4)\} + \{\tau_S(\text{ext}/5)\} = \{\vec{0}\}$$

$$5 \quad \begin{cases} X(3-5) = F_{yv3} \\ Y(5-2) + Y(5-1) = 0 \\ Z(0-2) + Z(5-4) = 0 \\ L(0-2) + L(5-4) = 0 \\ M(0-2) + M(5-4) = 0 \end{cases} \quad 5 \text{ équation}$$

Nous avons donc un système liaison à 26 équation .

$$1 \quad \begin{cases} X(0-1) = 0 \\ Y(5-1) = F_{yv1} \\ Z(0-1) = 0 \\ L(0-1) = 0 \\ N(0-1) = 0 \end{cases}$$

$$2 \quad \begin{cases} X(0-2) = 0 \\ Y(5-2) = F_{yv2} \\ Z(0-2) = 0 \\ L(0-2) = 0 \\ N(0-2) = 0 \end{cases}$$

$$3 \quad \begin{cases} X(0-2) = 0 \\ Y(5-2) = F_{yv2} \\ Z(0-2) = 0 \\ L(0-2) = 0 \\ N(0-2) = 0 \end{cases}$$

$$4 \quad \begin{cases} X(0-4) = 0 \\ Y(0-4) = 0 \\ Z(0-2) = 0 \\ L(0-4) + L(5-4) = 0 \\ Y(5-4) = F_{yv4} \\ N(0-2) = 0 \end{cases}$$

$$5 \quad \begin{cases} X(3 - 5) = Fyv3 \\ Y(5 - 2) + Y(5 - 1) = 0 \\ Z(0 - 2) + Z(5 - 4) = 0 \\ L(0 - 2) + L(5 - 4) = 0 \\ M(0 - 2) + M(5 - 4) = 0 \end{cases}$$

4-7 BILLON DES L'ETUDE STATIQUE ET CINEMATIQUE :

Nous avons vu dans l'étude cinématique $N_c = 23$ équipions par conséquent nous aurons

Avec N_s : nombre d'inconnues statiques des liaisons.

$$N_i = 54 - 23 = 31 \text{ inconnues.}$$

D'après la relation (4-2) :

$$HI = 6 \gamma - N_i + m_c \quad \text{Ou bien}$$

$$h_i = m_c + N_i - 6(P-1).$$

Pour le système de notre application :

$$\text{Nous avons vu que : } \gamma = 2$$

$$N_c = 23 \text{ Inconnues}$$

$$m_c = 3 \text{ (Puisque le système à 3 entrée).}$$

$$\text{Donc : } h_i = 3 + 23 - 31 = 4 \quad \Leftrightarrow \quad h_i = 4$$

Système hyperstatique d'ordre 4

CONCLUSION :

Chapitre 05

LE DAO DU DISPOSITIF D'HYDROFORMAGE

5-1-INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous abordons la DAO de banc dessein de composent d'un dispositif hydraulique pour la fabrication de tune en forme de T par procédé d'hydroformage

5-2 PRESENTATION GLOBALE :

La DAO en perspective du banc d'essais de dispositif d'hydroformage de fabrication de tube forme Test présente par (figure5-1).

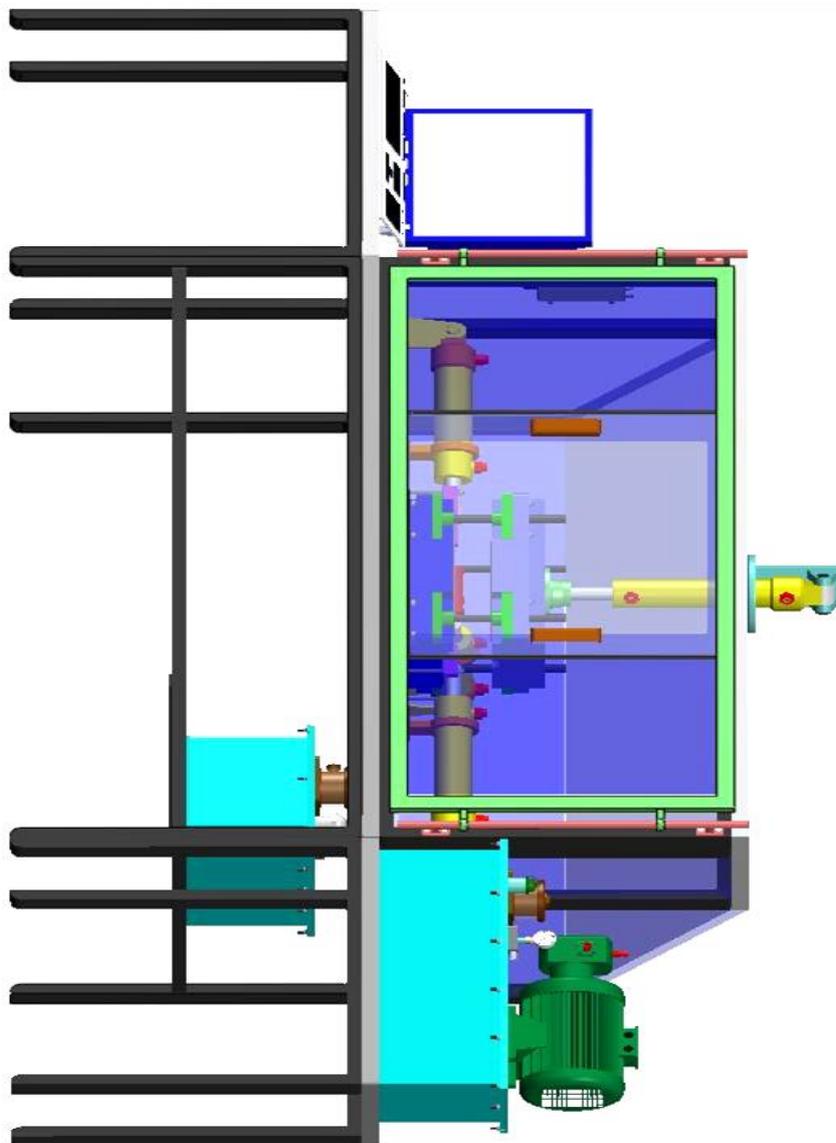


Figure5-1: Dispositif d'hydroformage de tube forme T

5-2-1 D.A.O RESERVOIR :

Les renseignements sur l'état du fluide vous sont transmis par différents instruments qui sont : le moteur , Les filtres ,le Manomètre, Le réservoir ,le Distributeur, la Pompe (figure5-2).



figure 5-2:Pièce de groupe hydraulique

L'assemblage des ces composant est donne par la (figure 5-3)

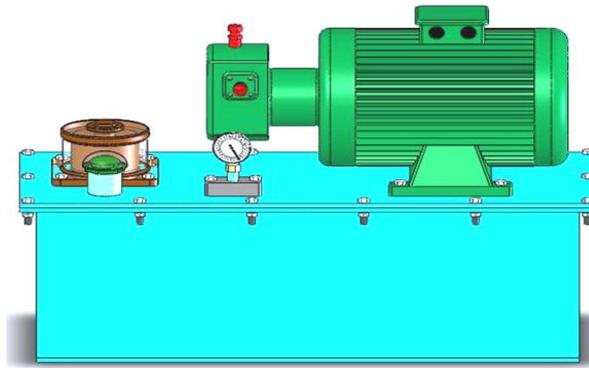


Figure 5-3 : L'assemblage de groupe hydraulique

5-2-2 LA MATRICE ET LE MOULE :

Dans la zone d'hydroformage nous avons deux matrice : matrice fixe et matrice mobile , moule fixe ce ces matrices (figure5-4) :

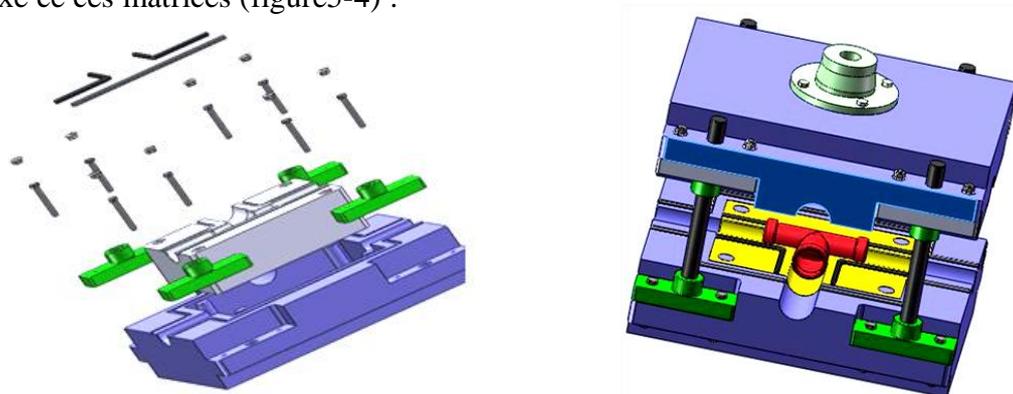


Figure5-4 : La matrice et le moule

5-2-4 TUBE ET RACCORDS :

Il ya 3 exemple de raccordement dans de dispositif



figure 5-8 : Accessoires de raccordement

5-2-5 D.A.O LES DISTRIBUTEURS DE HUILE :

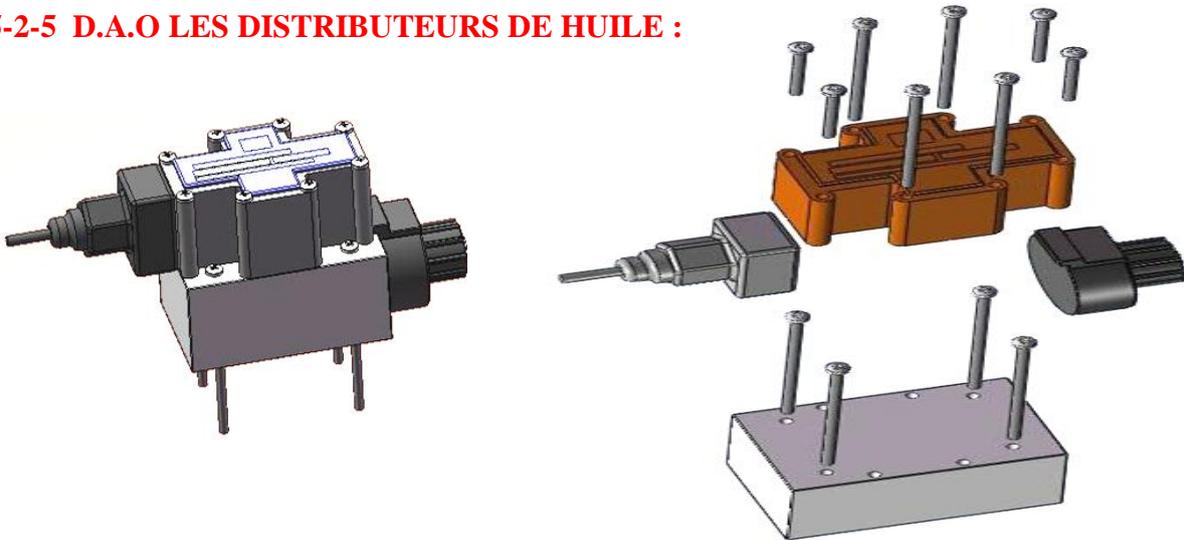
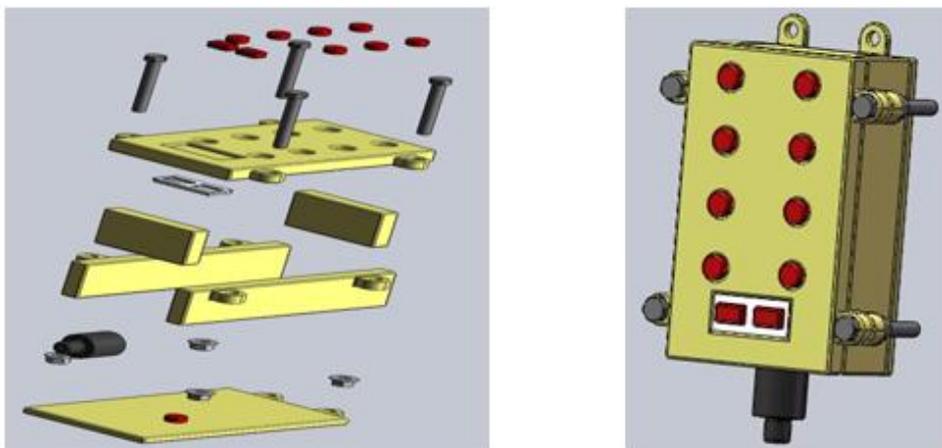


Figure5-9 : Accessoires de distributeurs 4/3

5-2-6 D.A.O BOITE COMMANDE :



\$Figure5-10 : L'assemblage de pièce de boîte de commande

Nous donnons la plan général de dispositif donne le format A3 de la page suivante

CONCLUSION GENERALE :

L'hydroformage est un procédé de mise en forme, actuellement très utilisé. Cette technique de mise en forme utilise la pression d'un fluide pour mettre en forme la tôle et elle présente plusieurs avantages par rapport à d'autres procédés, le liquide joue le rôle du poinçon ou la matrice par rapport au procédé d'emboutissage.

Cette technologie trouve, aujourd'hui, de plus en plus d'applications pour les pièces automobiles telles que les longerons, les collecteurs d'échappement, les berceaux support moteur,

Dans le premier chapitre nous avons présenté une étude bibliographique et de généralités sur l'hydroformage.

Dans le deuxième chapitre nous avons exposé sur les composantes hydrauliques utilisés dans ces installations hydrauliques et nous avons vérifié l'installation hydraulique avec un logiciel de simulation.

Dans le troisième chapitre nous avons effectué des calculs de vérification des vérins ainsi que leurs fixations.

Dans le quatrième chapitre nous avons déterminé les différentes interactions mécaniques dans les liaisons du dispositif d'hydroformage dans le but de dimensionner ces composantes.

Le dernier chapitre a été consacré à la DAO du banc d'essai et la mise à plans des différentes pièces.

Ce travail a été très bénéfique pour nous car nous avons traité un problème didactique dans lequel on trouve plusieurs disciplines et nous a poussé à faire des recherches profondes pour approfondir le procédé.

dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À L'être qui m'est le plus Chéreau monde

À celle sui m'a tout donnée

Pour que je sois ce que je suis : MA mère

À celui qu'à fait tout son possible pour me

Voilà réussir dans ma vie Mon père

À Ma frères : Karim – Aziz – Lin Al abidin

À Ma sœur : Naval

Et pour toute ma famille chacun sous son nom

Pour tous mes amis : M Rahim – L Azoz – B Mohamed – A Fical – B

Hamza – B Bilal – B, CH Rida – B Brahim – B Bozid – Ch. Khaled

N Amine – B RIDA – O Mohamed – KH MOHAMMED

NAOUFEL – CH GANI – B, CH Waheb

Et CH, Z Mohamed

Et surtout le binôme de licence S. M Salah

Et pour toute la promotion 2010-2011

Et à tous qui m'ont connue

MESSEURAH HASSEN

INTRODUCTION GENERALE

L'hydroformage est un procédé de fabrication par déformation; il consiste à déformer plastiquement des pièces d'épaisseur faible (plaques, tubes). La forme finale de la pièce est déterminée par un « moule » appelé matrice, contrairement au matriçage, il n'y a pas de matrice complémentaire, celle-ci est remplacée par un fluide sous haute pression qui contraint la pièce à prendre la forme de l'empreinte de la matrice.

L'utilisation d'un fluide sous pression permet d'appliquer un effort dans des zones inaccessibles par d'autres moyens. Ce procédé permet donc d'obtenir des pièces d'une géométrie inédite, notamment des corps creux asymétriques. Il existe deux principaux types d'hydroformage:

-hydroformage à matrices fixes : seul la mise en pression du fluide contribue à l'obtention de la forme finale

-hydroformage à matrices mobiles : les différentes matrices terminent la déformation une fois qu'elle a été amorcée par la pression du fluide.

Notre mémoire s'intègre dans cet objectif , il consisté a proposer une conception mécanique d'un banc d'essais d'hydroformage pour la réalisation des testes de laboratoire à fin d'identifier et de mettre en évidence tous les paramètres de ce procédé :

Dans le premier chapitre nous présentons une étude bibliographique et des généralités sur l'hydroformage.

Dans le deuxième chapitre nous exposons également une recherché bibliographique sur les systèmes hydrauliques ou nous donnons la définition et des exemples sur chaque composante tels que les vérins, le groupe hydraulique et le système de distribution et de régulation.

Dans le troisième chapitre nous donnons les schémas de base de notre prototype, ou nous présentions en détail sons schéma hydraulique ainsi que la matrice en particulier et la structure, porteuse de façons générale.

Comme nous donne quelque calcule de vérification des vérins choisis en fonction des la pression délivrée par le groupe hydraulique

La quatrième chapitre sera conçois a une étude cinémato-statique du schéma cinématique équivalent a notre dispositif, afin de déterminer sons degrés d'hyperstatique, dans le but de

détermine les différentes interactions mécaniques dans les liaisons pour fixer les dimensions des composants par la suite.

Le dernier chapitre sera consacré à la DAO du banc de dessin et la mise en plan de différents composants.

NOMENCLATURE :

R : force de pression par axe du Vérin	[N]
A : section de tige de Vérin	[cm ²]
P : La pression de l'huile	[bar]
F_p :Capacité du Vérin en tirant	[daN]
S' = surface d'action de la pression	[Cm ²]
F_t : L'effort entrant	[N]
F :L'effort produit par le vérin principal	[N]
η : rendement du vérin	
F* :la force hydraulique exercée sur le piston du vérin	[N]
P_{serv} : pression de service	[bar]
S' : section du piston	[mm ²]
τ_c : La contrainte de cisaillement	[N/mm ²]
Re :limite élastique	[MPa]
τ_{adm} :La contrainte admissible	[N/mm ²]
s :Le coefficient de sécurité	
α : Coefficient de qualité de soudure	
D : diamètre utilisé	[mm]
DL :Le diamètre limite	[mm]
d_{noy} : diamètre du fond des filets	[mm]
S : section de la vis	[mm ²]
n : nombre des vis	

Chapitre

1

GENERALITES SUR LE PROCEDE D'HYDROFORMAGE

Chapitre

2

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES SYSTEMES HYDRAULIQUES

Chapitre

3

Conception du prototype

Chapitre

4

ETUDE CINEMATO-STATIQUE DU PROTOTYPE

Chapitre

5

LE DAO DU DISPOSITIF D'HYDROFORMAGE

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement mon Encadreur Pr. B. Barkat qui n'a épargné aucun effort pour nous prodiguer l'aide et l'orientation sans lesquelles ce travail n'aurait vu le jour.

Je tiens à remercier également : Dr. chebbah Mohamed said pour son aide bibliographique à savoir les documents importants d'hydroformage.

Je remercie également Pr : T. Outtas et Mr S. Balkhir pour l'intérêt qu'ils ont réservé à mon travail, ainsi que tous les membres du jury qui ont pris la peine d'évaluer notre travail.

Je tiens à remercier le Gérant de la société SNC Gharib et dans le côté hydraulique, G. hamza qui ma aidé à avoir des documents importants.

J'exprime ma gratitude à toute ma famille tant pour l'aide financière que pour le soutien moral.

Enfin, Je remercie mes amis et tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont encouragé, pour achever ce travail.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
-----------------------------	---

CHAPITRE 1

1. INTRODUCTION	2
1-2 PRESENTION GENERALE DU PROCEDE	2
1-3 PRINCIPE DU PROCEDE	2
1-4 L'HYDROFORMAGE DE TUBES	3
1-5 PRESENTATION DES ZONES AUX CONDITIONS DE CONTACT DIFFERENTS ..	4
1-6 PRINCIPE D'HYDROFORMAGE DE TUBES	5
1-7 INTERETS TECHNIQUE ET ECONOMIQUE	5
1-8 SCHEMA DE PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT	6
1-8-1 ETAPE DU PROCEDE D'HYDROFORMAGE A MATRICE MOBILE	7
1-9 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU PROCEDE	
1-10 DEFAUTS D'HYDROFORMAGE	8
1-10-1 DOMAINE D'APPLICATION	8
1-10-2 PROPRIETES DES PRODUIS	10
1-11 DEFAUTS D'HYDROFORMAGE	10
1-11-1 ZONE DE TRAVAIL	10
1-11-2 PARAMETRES INFLUENTS SUR LA FORMABILITE	11
1-12 PRESSES D'HYDROFORMAGE	12
1-13 CONCLUSION	17

CHAPITRE 2

2-1.INTRODUCTION	18
2-2-LE GROUPE HYDRAULIQUE	18
2-2-1 RESERVOIR	19
2-2-2 FILTRES	20
2-2-3. MANOMETRE	21
2-2-4-TUYAUX, TUBES, BOYAUX ET RACCORDS	22
2-2-4-1 TUYAU D'ACIER RIGIDE	22
2-2-4-2 TUBE ET RACCORDS	23

2-2-4-3 BOYAUX	24
2-3 REGULATEURS DE DEBIT	25
2-3-1 REGULATEUR DE DEBIT A UNE VOIE	25
2-3-2 LIMITEUR DE PRESSION	25
2-3-3 CLAPET ANTI-RETOUR	26
2-3-3-1 CLAPET DE RETENUE NON PILOTE	26
2-4 DISTRIBUTEURS 4/3	27
2-5 MOTEUR	27
2-5-1 TYPE DE MOTEUR	28
2-6 LES POMPES A ENGRENAGES	28
2-7 MULTIPLICATEUR DE PRESSION	29
2-8 VERIN DOUBLE EFFET	30
2-8-1 LES JOINTS D'ETANCHEITE	31
2-8-1-1 JOINTS DYNAMIQUES	31
2-8-1-2 TYPE DE FIXATION	32
2-9 PRESENTATION DU LOGICIEL « AUTOMATION STUDIO »	33
2-9-1 FONCTIONNALISTE DU LOGICIEL	33
2-9-2 OUTILS DE CONFIGURATION	34
2-9-3 ANIMATION	35
2-9-4 TRACE DES COURBES	35
2-9-5 MODULE DE DIMENSIONNEMENT	36
2-9-6 AUTRES MODULES DISPONIBLES	36
2-9-CONCLUSION	37
CHAPITRE 3	
3-1 INTRODUCTION	38
3-2 SCHEMA DE BASE DU PROTOTYPE	38
3-4 VERIFICATION DE VERIN.....	41
3-4-1-1 CAPACITE DU VERIN EN POUSSANT	41
3-4-1 METHODE 1	41

3-4-2 METHODE 2	44
3-5 VERIFICATION DU CORDON DE SOUDURE DES PIECES SUPPORT DE VERIN ...	
46	
3-6 VERIFICATION DU CORDON DE SOUDURE DES PLAQUES DE FIXATION DE	
VERIN	48
3-7 VERIFICATION DES AXES	49
3-8 VERIFICATION DES VIS DE FIXATION	51
3-9 VERIFICATION DES VIS AU CISAILLEMENT	54
3-10 SCHEMA HYDRAULIQUE DE FONCTIONNEMENT	56
3-11 CONCLUSION	58

CHAPITRE 4

4-1-INTRODUCTION	59
4-2 SCHEMA CINEMATIQUE SPATIAL DU MECANISME HYDROFORMAGE..	59
4-3 PARAMETRAGE GEOMETRIQUE	60
4-4 GRAPHE DES LIAISONS	60
4-5 LE PRINCIPE D' ETUDE CINEMATIQUE	61
4-5-1 INVENTAIRE TORSEUR CINEMATIQUE τ_c	61
4-6 ETUDE STATIQUE	72
4-6-1 INVENTAIRE DES TORSEUR STATIQUE τ_s	72
4-7 BILAN DES ETUDE STATIQUE ET CINEMATIQUE	80

CHAPITRE 5

5-1-INTRODUCTION	81
5-2 PRESENTATION GLOBALE DE LA STRUCTURE	81
5-2-1 D.A.O RESERVOIR	82
5-2-2 LA MATRICE ET LE MOULE	82
5-2-3 LE VERIN HYDRAULIQUE	83
5-2- 4 TUBE ET RACCORDS	84
5-2-5 D.A.O DES DISTRIBUTEURS DE HUILE	84
5-2-6 D.A.O BOITE COMMANDE	84
CONCLUSION GENERALE	85
ANNEXE 01	86

ANNEXE 02	88
ANNEXE 03	90
ANNEXE 04	92
ANNEXE 05	93
BIBLIOGRAPHIE	94