

Préparer sur modèleur la conception paramétrée

RÉMI JUSSERAND¹

Cet article constitue le résultat d'une recherche didactique dans le domaine de la conception avec l'utilisation d'un modèleur paramétré. Il s'inscrit dans la lignée de celui intitulé « Concevoir autrement avec les modèleurs paramétriques », paru dans le numéro 123 de Technologie. Son objectif n'est pas de se situer dans une démarche réelle de conception, mais de simuler une phase importante, préparant le travail sur ordinateur, du projet de l'étudiant relatif à l'épreuve professionnelle de synthèse.

Il s'agit d'une leçon de méthodologie faite en première année de BTS CPI.

MOTS-CLÉS CAO et DAO, conception et définition, lycée technologique, postbac

Introduction

L'utilisation d'un modèleur paramétré pour concevoir un produit industriel modifie grandement les méthodes classiques, aussi bien en phase de conception et de modélisation que dans la gestion des pièces, la communication et les modifications ultérieures possibles.

Quant à ce dernier point, pour toute entreprise, les modifications de pièces modélisées prennent beaucoup de temps, et coûtent donc très cher. Pour pallier ce problème, il faut que tout le monde construise ses pièces de la même manière et, surtout, de façon très rigoureuse.

De plus, le fonctionnement BE-BM change. Les producticiens interviennent de plus en plus tôt dans la phase de conception d'un produit. Une fois les deux parties en accord sur les cotes et les méthodes de production, la modélisation est validée. La tendance actuelle est donc de concevoir les pièces et les outils de production en même temps.

Auparavant, les dessins, réalisés sur des logiciels non paramétrés, étaient plus ou moins figés. Les pièces devaient être changées une par une. L'utilisation d'un modèleur 3D paramétré permet de lier les pièces entre elles. Ainsi, la modification d'une cote sur une pièce peut engendrer la modification automatique d'un mécanisme complet. Pour cette raison, la conception sur ce type de logiciel ne peut se faire de manière hasardeuse. Elle doit se préparer largement en amont.

Lors de cette phase de conception, nul besoin d'ordinateur ; le travail s'effectue d'abord dans la tête du concepteur. Il se matérialise ensuite sur feuille avec des croquis de plus en plus explicites des solutions technologiques envisagées. À partir de ces croquis peut commencer la préparation de la modélisation sur ordinateur : on définit les cotes fonctionnelles à rentrer sur les esquisses et les liens à paramétrer entre elles au sein d'une même pièce ou entre pièces différentes.

1. Professeur certifié de construction et mécanique au lycée Jean-Jaurès d'Argenteuil.

Ce genre de conception 3D fait maintenant partie intégrante de la formation du BTS CPI aussi bien pour les savoir-faire que pour l'évaluation des élèves sur la réalisation de leur thème. Il est donc nécessaire que ceux-ci aient conscience de la préparation rigoureuse que nécessite leur conception. Il n'est plus question de partir, au hasard, directement sur l'ordinateur sans avoir planifié le travail auparavant.

Le travail de modélisation demandé

Pour les préparer à cette démarche, nous avons demandé à nos élèves de faire un travail de modélisation à partir d'un tendeur hydraulique. Ce mécanisme est utilisé pour tirer sur une tige filetée de fixation. On enlève ainsi l'appui sur l'écrou. Il est ensuite plus facile de serrer l'écrou avec un minimum d'effort tout en contrôlant parfaitement la charge axiale.

Le tendeur comporte un vérin annulaire, une jupe d'appui, un tirant, une douille et une broche pour visser l'écrou (figure 1). Le tirant et la douille sont dimensionnés en fonction du boulon à précharger. Les vérins sont à simple effet et comportent un ou deux étages. La pression hydraulique est de 80 MPa (800 bars) ou plus, fournie par une pompe manuelle ou un groupe hydro-pneumatique.

La mise en tension est une opération simple effectuée de la manière suivante (figure 1) :

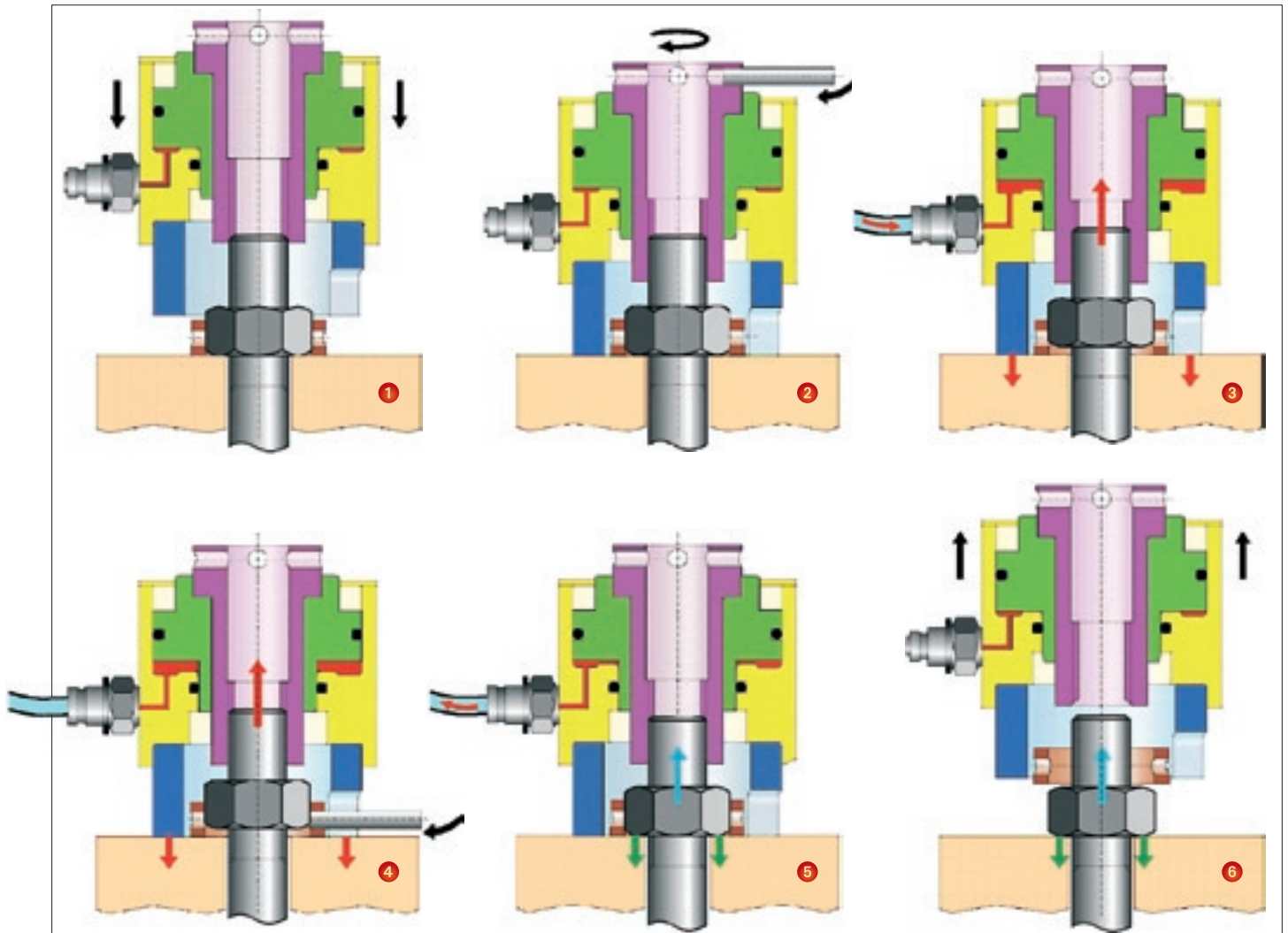
- 1 La douille de vissage est placée sur l'écrou, et le tendeur hydraulique sur l'extrémité du boulon.
- 2 L'unité de tirage est vissée sur le boulon.
- 3 L'alimentation hydraulique du piston provoque le tirage du boulon.
- 4 Tout en maintenant la pression, l'écrou est vissé sans contrainte à l'aide de la douille et sa tige de manœuvre.
- 5 La pression supprimée, le piston revient en position initiale en libérant le boulon. Le serrage est alors assuré par la tension du boulon contraint.
- 6 Le tendeur et la douille peuvent être enlevés.

Les tendeurs mono et doubles sont à simple effet. Les tendeurs doubles comportent deux vérins identiques superposés alimentés simultanément et dont les poussées s'ajoutent : à encombrement diamétral égal, les efforts exercés sont deux fois plus grands (figure 2).

L'intérêt d'utiliser ce tendeur comme support de travail est qu'il doit s'adapter à des diamètres de tige filetée allant de M36 à M48. L'ensemble du système doit pouvoir évoluer suivant la tige filetée et l'écrou que nous devons serrer. On utilise là l'un des grands avantages du modèleur paramétré : l'évolution directe des pièces suivant les données.

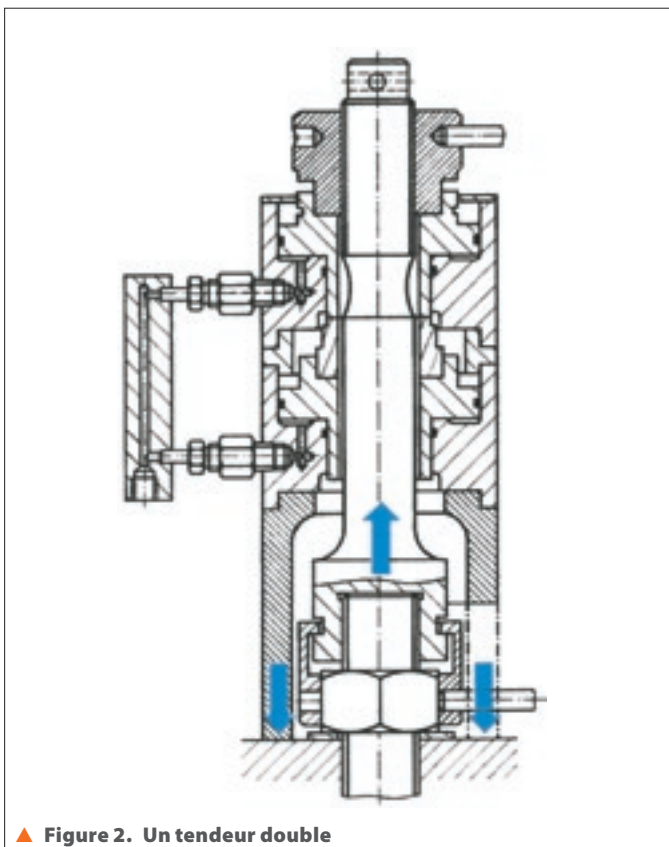
Le plan d'ensemble est fourni (figure 3), mais rappelons qu'en fait il simule les croquis que les élèves auront réalisés en phase de conception. Il leur sert maintenant pour définir les différentes pièces et leurs cotes fonctionnelles.

Pour permettre aux élèves de travailler sur des dessins propres, et après les avoir laissés réfléchir seuls un moment, on leur donne



▲ Figure 1. Le principe de fonctionnement d'un tendeur simple

© HYDROCAM



▲ Figure 2. Un tendeur double

les dessins de définition non cotés des pièces, comme ceux de la figure 4, par exemple. Ils doivent alors effectuer la cotation de chaque pièce sous une forme qualitative. L'équipe pédagogique est alors à même de contrôler les différentes chaînes de cotes, et de guider les élèves en cas de doute.

Par souci d'harmonisation des cotes, on leur montre ensuite les dessins des pièces avec leur cotation, non chiffrée (nom des cotes), qui constituent en fait la correction (figures 5 et 6). L'intérêt de les montrer aux élèves sans leur donner est de les faire réfléchir à partir de leur cotation et d'analyser avec eux leur travail.

À partir des dessins des pièces cotés, ils doivent alors préparer leur modélisation et remplir les tableaux de paramétrage. Pour chaque pièce, ils précisent les cotes, les cotes pilotantes et les formules qui lient les cotes entre elles. Il est ensuite judicieux de mentionner les cotes pilotées qui seront modifiées en cas de changement de telle ou telle cote. Cela permet d'éviter toute modification non désirée (figure 7).

Une cote pilotée dépend de la valeur d'une autre cote, dite pilotante. En modifiant une cote pilotante, on modifie aussi toutes les autres cotes pilotées par celle-ci.

Les tableaux 1 et 2 de paramétrage concernent le tirant et le socle. Pour chaque pièce sont précisées :

- le nom des cotes ;
- les cotes de référence (pilotantes), avec leur nom et la pièce dans laquelle elles sont définies ;

cote	cote pilotante		équation	fonction réalisée	cotes pilotées	
	pièce	cote			pièce	cote
diam taraudé	libre		[36 ; 48] mm	s'adapter à la tige filetée	serre-écrou	largeur hexagonale
					tirant	diam base

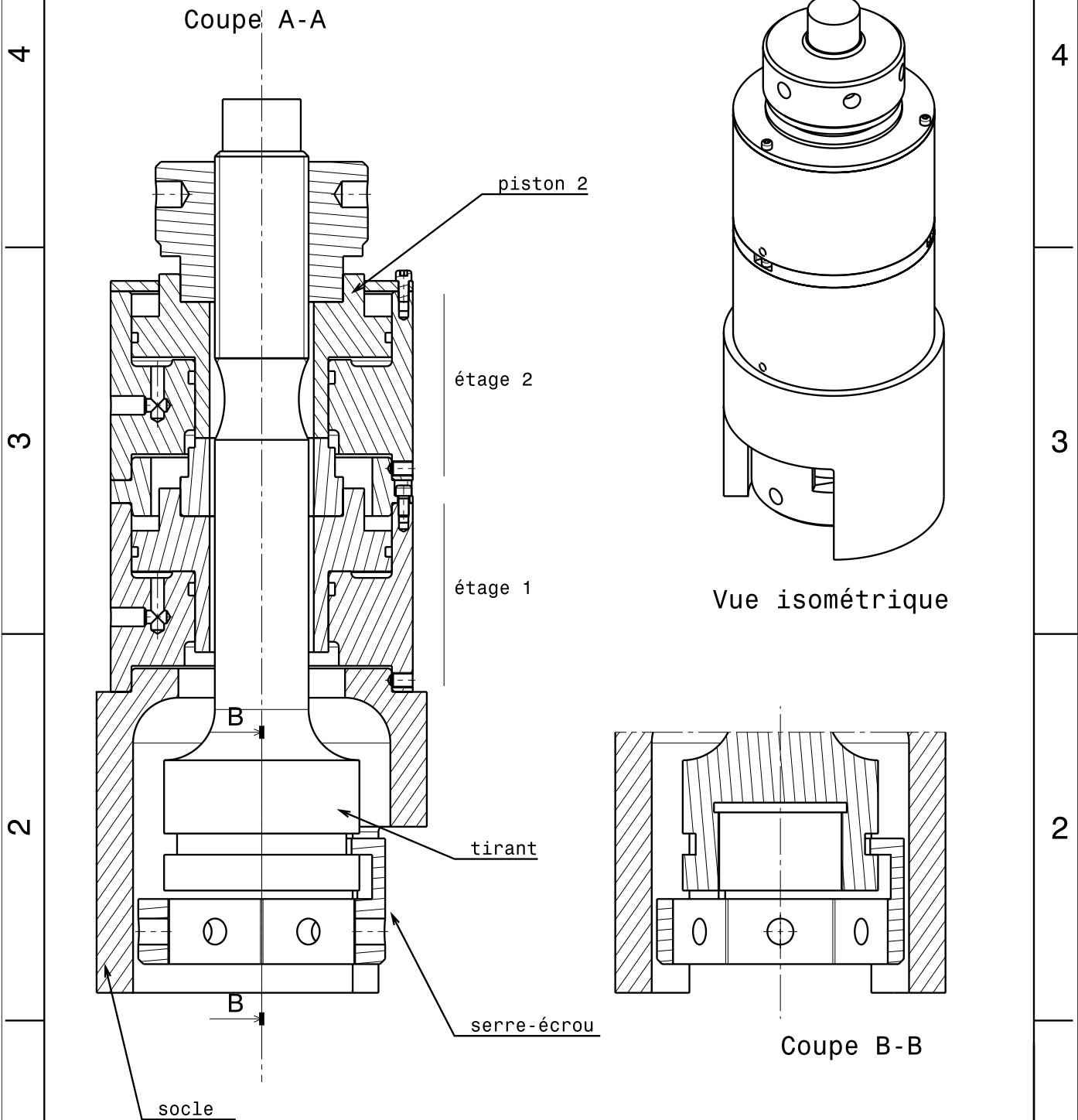
serre-écrou		tirant		socle	
cote	pièce	cote	équation	fonction réalisée	cote
largeur hexagonale	tirant	diam taraudé	$\text{diam taraudé} \cdot 1,5 / 2$	assurer contact écrou	diam ext
angle hexagonal	libre		60°	permettre forme hexagonale	
diam ext	serre-écrou	largeur hexagonale	$\text{largeur hexagonale} + 11,5 \text{ mm}$	résister aux efforts	diam int
					diam int

▲ Figure 7. Un extrait du tableau de paramétrage

Tableau 1. Le tableau de paramétrage du tirant

cote	cote pilotante		équation	fonction réalisée	cote pilotée	
	pièce	cote			pièce	cote
diam. taraudé	libre		[36 ; 48] mm	s'adapter à la tige filetée	serre-écrou	largeur hexagonale
					tirant	diam. base
						diam. gorge int.
diam. tige	libre		36 mm	résister aux efforts	tirant	diam. sup.
					piston	diam. int.
					écrou sup.	diam. taraudage
diam. base	tirant	diam. taraudé	diam. taraudé + 28 mm	résister aux efforts	tirant	diam. gorge ext.
					tirant	r congé
					socle	diam. passage tirant
diam. gorge ext.	tirant	diam. base	diam. base – 10 mm	permettre passage serre-écrou	serre-écrou	diam. int. gorge
diam. sup.	tirant	diam. tige	diam. tige – 6 mm	résister aux efforts	tirant	r congé
diam. gorge int.	tirant	diam. taraudé	diam. taraudé + 4 mm	permettre passage serre-écrou		
diam. trou sup.	libre		6 mm	permettre passage tige		
h taraudage	libre		30 mm	permettre serrage tige filetée		
épaisseur gorge int.	libre		3,75 mm	permettre le filetage		
épaisseur gorge ext.	libre		8,125 mm	permettre passage serre-écrou		
h gorge ext.	libre		13,75 mm	résister aux efforts		
h base	libre		50 mm	résister aux efforts		
h avant filetage	libre		170,5 mm	assurer une réserve de filetage		
h après filetage	libre		250 mm	assurer une réserve de filetage		
h sup.	libre		20 mm	résister aux efforts	tirant	h trou sup.
h trou sup.	tirant	h sup.	h sup. / 2	assurer une réserve de matière		
r congé	tirant	diam. base, diam. sup.	$(\text{diam. base} - \text{diam. sup.}) / 2$	diminuer les contraintes		

Figure 3. Un tendeur 2 étages



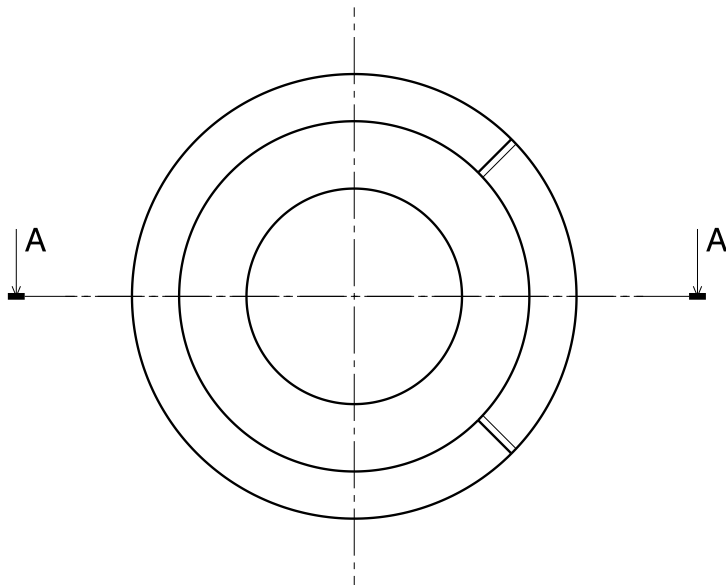
DESIGNED BY: cpu	TENDEUR HYDRAULIQUE	F	—
DATE: 24/03/2003		E	—
SIZE A4	LYCEE JEAN JAURES	D	—
		C	—
	TENDEUR 2 ETAGES	B	—
		A	—
		SHEET 1 / 2	

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

Figure 4. Le dessin non coté du socle

4

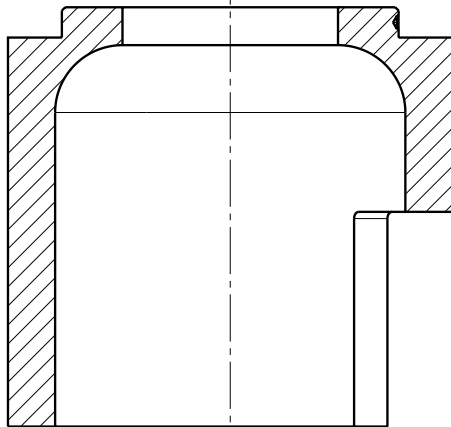
4



3

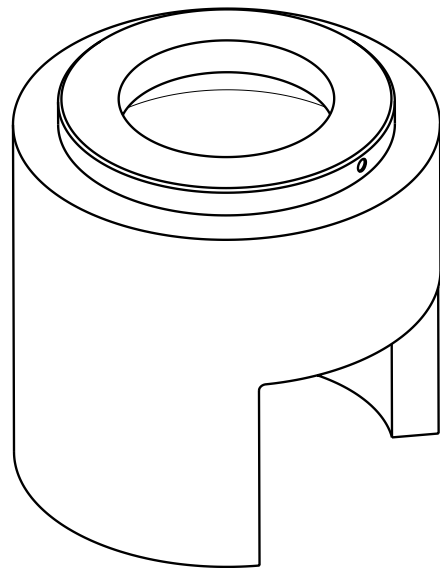
3

Coupe A-A



2

2



1

1

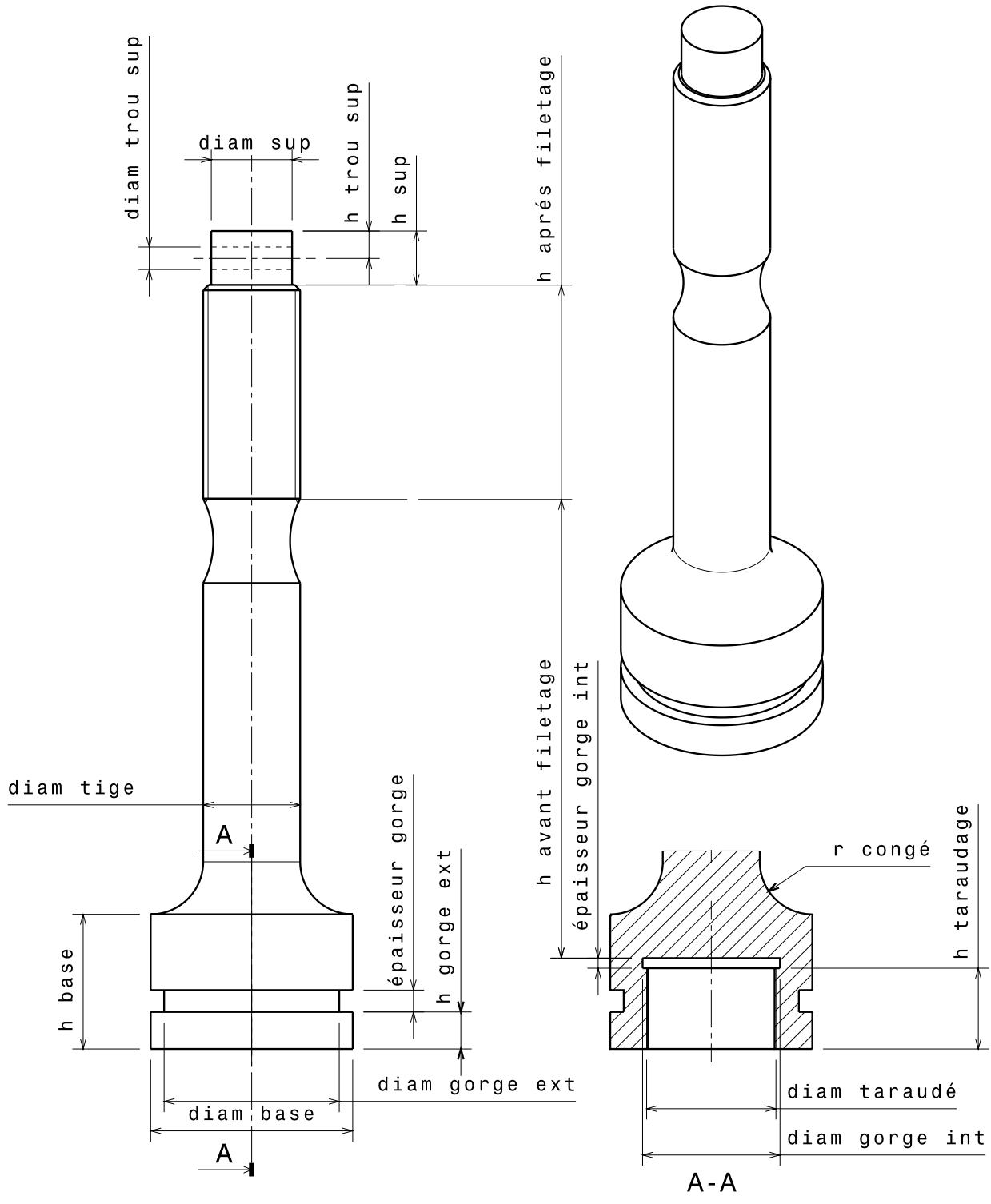
DESIGNED BY: cp	TENDEUR HYDRAULIQUE	F	-
DATE: 24/03/2003		E	-
SIZE A4	LYCEE JEAN JAURES	D	-
		C	-
		B	-
	SOCLE	SHEET	1/2
A		A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

Figure 5. Le dessin coté du tirant



1	DESIGNED BY: cpi	TENDEUR HYDRAULIQUE	F	-	1
	DATE: 24/03/2003		LYCEE JEAN JAURES	E	
	SIZE A4		TIRANT	D	
	ECHELLE 1/2		C	-	
	This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		B	-	
			A	-	

D

A

Figure 6. Le dessin coté du socle

4

3

2

1

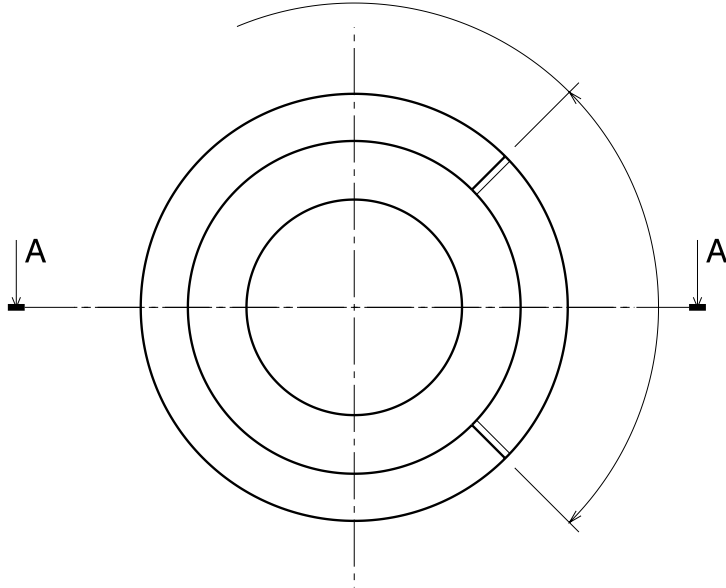
D

C

B

A

angle ouverture

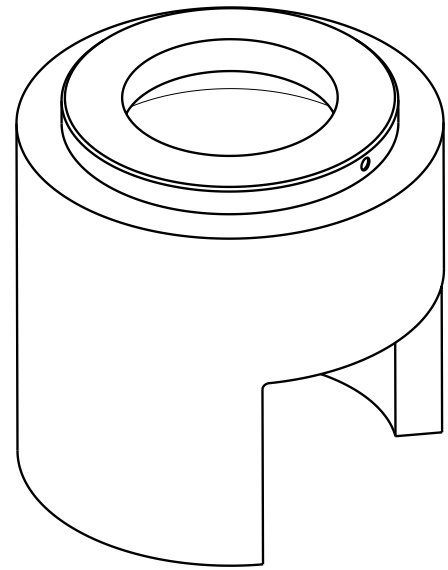


4

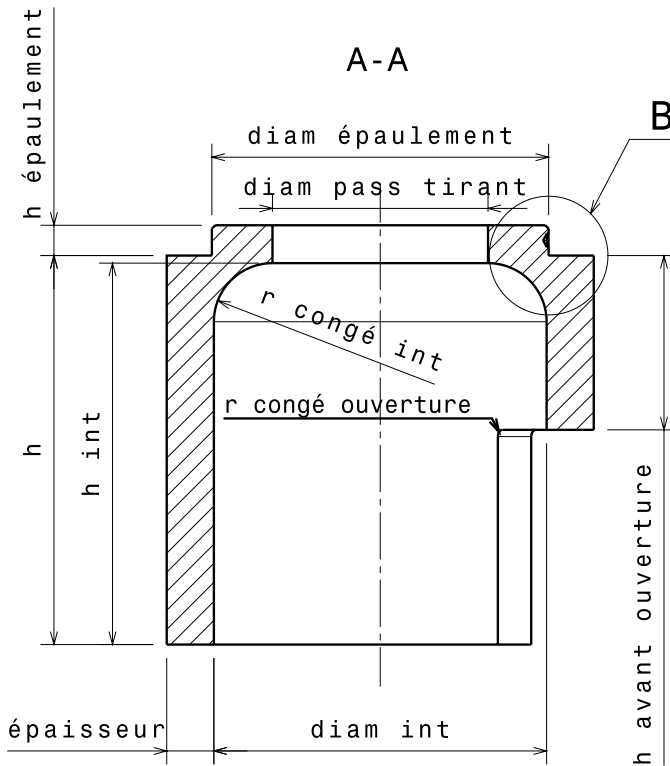
3

2

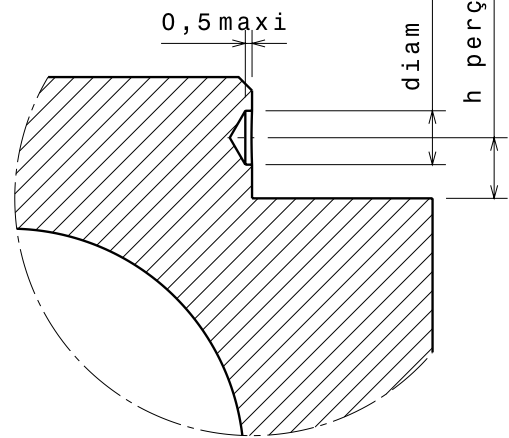
1



A-A



B



Détail B
Echelle : 2:1

2

1

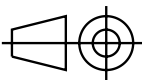
DESIGNED BY:
cpi

TENDEUR HYDRAULIQUE

DATE:
24/03/2003

LYCEE JEAN JAURES

SIZE
A4



SOCLE

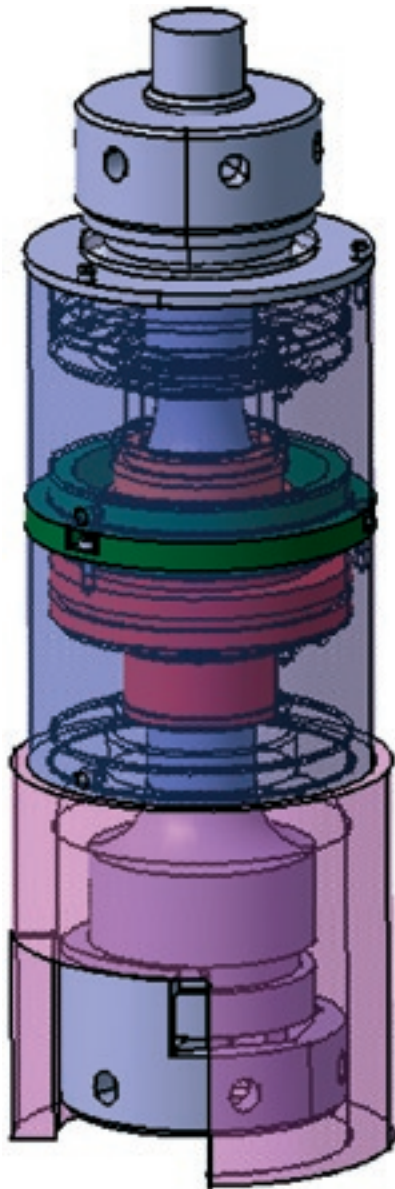
ECHELLE
1/2

F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

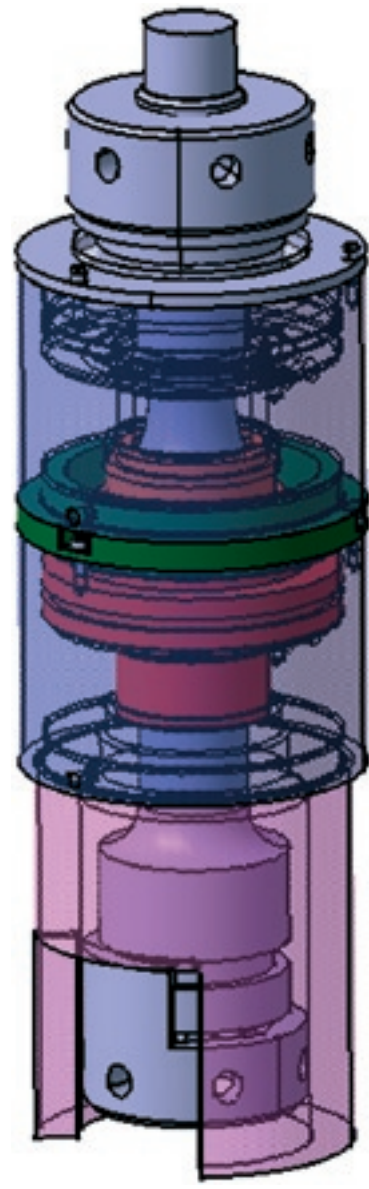
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

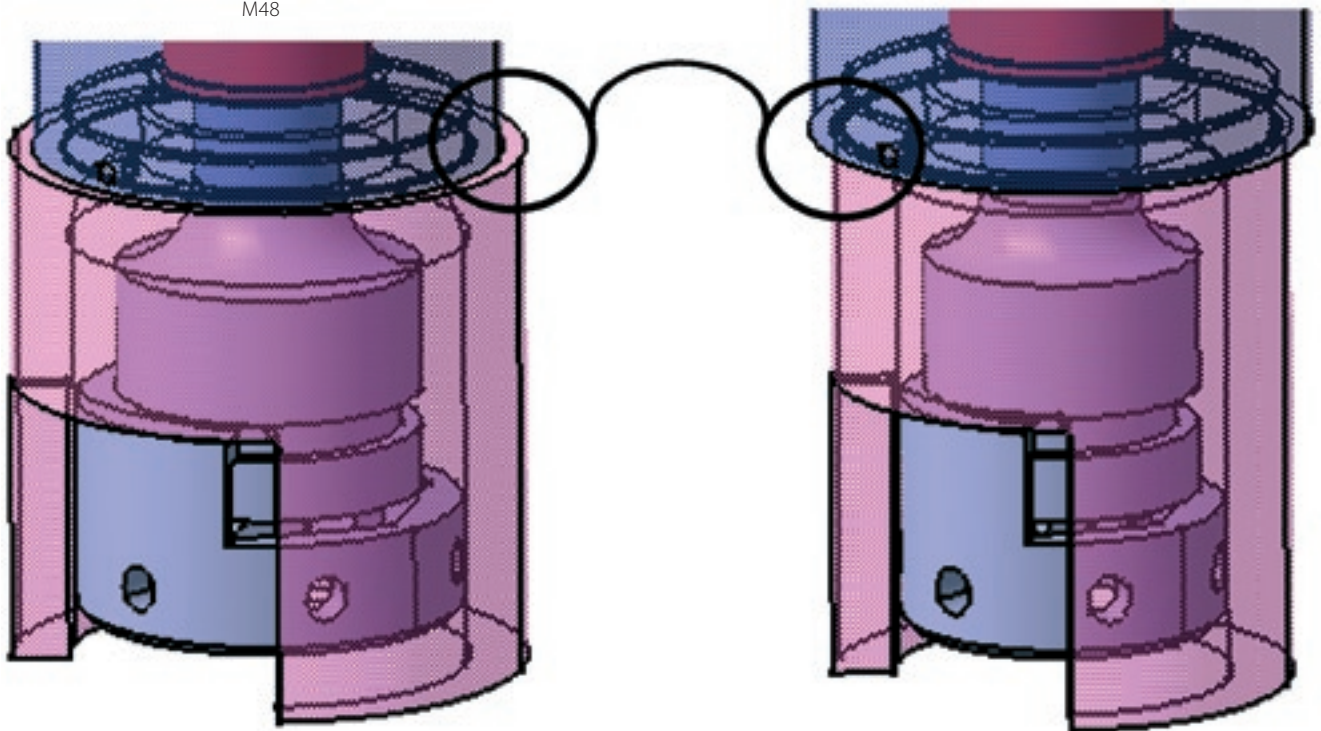
A



M48



M36

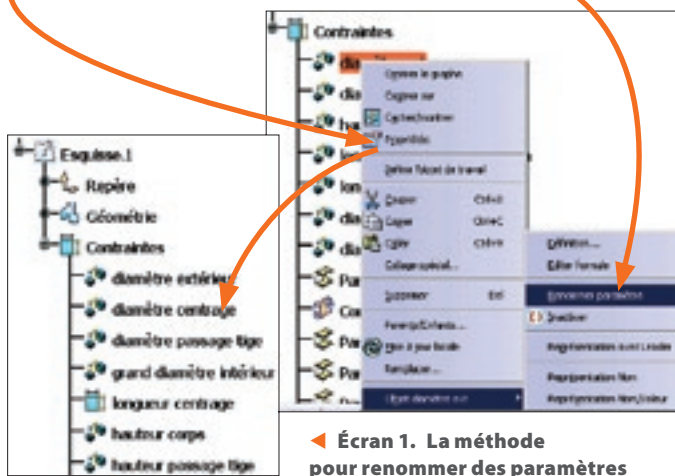


▲ Figure 8. Le tendeur hydraulique adaptées à différentes tiges filetées : M36 et M48

- les équations qui définissent les liens entre les cotes ;
- les fonctions dans lesquelles interviennent les cotes mises en place ;
- les cotes dépendantes (pilotées) d'autres cotes. Mentionner ces dernières permet de contrôler les modifications entraînées par un changement de cote.

Pour la modélisation paramétrées des pièces, il convient de définir des équations (formules) entre les cotes que l'on désire lier. Il faut alors naviguer entre les cotes des différentes pièces, et pouvoir savoir le plus rapidement possible où se trouve la cote désirée et si elle correspond bien à la bonne dimension. L'emplacement de la cote est normalement défini dans les tableaux précédents. Il est ensuite nécessaire de renommer les cotes dans l'arbre de construction, afin de pouvoir les retrouver rapidement. Pour cela, il existe, dans Catia, deux possibilités (écran 1) :

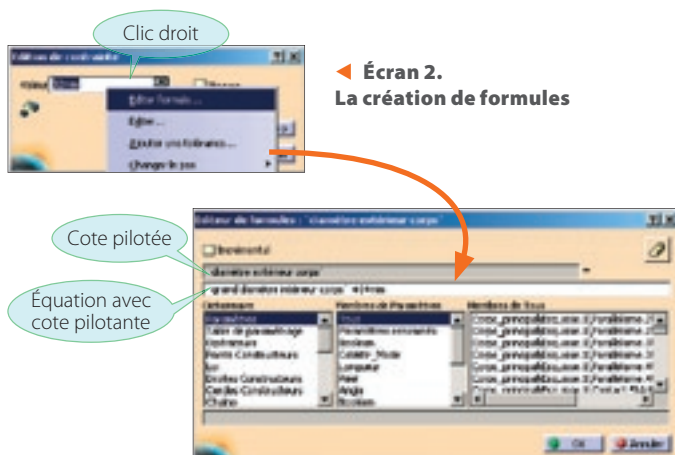
- dans les propriétés de la cote ;
- avec la fonction « Renommer paramètre ».



◀ Écran 1. La méthode pour renommer des paramètres

Remarque : La fonction « Renommer paramètre » ne change pas le nom de la cote dans l'arbre de construction lui-même. Elle intervient dans l'éditeur de formules avec les paramètres renommés.

La dernière étape consiste à déclarer les équations liant les différentes cotes dans une même pièce, ou entre deux pièces. On utilise alors l'éditeur de formules, par son icône – identifiée par « $f(x)$ » – ou dans la définition de la contrainte (écran 2).



◀ Écran 2. La création de formules

Remarque : Une cote de diamètre ne peut pas être paramétrée, il faut passer par le rayon.

Selon la méthode employée pour renommer les cotes, on les retrouve différemment. Par les propriétés de la contrainte, on modifie le nom dans l'arbre de construction de la pièce. Il est

Tableau 2. Le tableau de paramétrage du socle

cote	cote pilotante		équation	fonction réalisée	cote pilotée	
	pièce	cote			pièce	cote
diam. int.	serre-écrou	diam. ext.	diam. ext. + 4 mm	permettre passage serre-écrou	socle	r congé int.
épaisseur	libre		14 mm	résister aux efforts		
hauteur	libre		115,5 mm	résister aux efforts		
h épaulement	libre		9 mm	assurer MIP/étage	étage	h centrage socle
diam. passage tirant	tirant	diam. base	diam. base + 2mm	permettre passage tirant		
diam. épaulement	libre		50 mm	assurer MIP/étage	socle	r congé int.
					étage	diam. int. bas
h avant ouverture	libre		51,75 mm	permettre passage tige		
angle ouverture	libre		90°	permettre changement de trou		
h int.	libre		113,25 mm	permettre la levée des pièces		
h perçage	étage	h trou	h trou	assurer MAP/étage		
diam. perçage	libre		6mm	assurer MAP/étage		
r congé int.	socle	diam. int., diam. épaul.	diam. int. – diam. épaulement	diminuer concentrations contraintes		
r congé ouverture	libre		2 mm	permettre l'usinage		



▲ Écran 3. La présentation des paramètres renommés

donc nécessaire de naviguer dans l'arbre pour cliquer sur les cotes souhaitées. Par la fonction « Renommer paramètre », l'éditeur de formules permet de lister ces paramètres pièce par pièce (écran 3).

Remarque : L'expression « Paramètres externes » signifie que la cote appartient à une autre pièce.

Le résultat apparaît en figure 8.

Conclusion

Ce travail de préparation et de modélisation, avec cette méthode relativement lourde mais nécessaire, nous a permis d'obtenir des pièces adaptables et évolutives selon les besoins. La taille

du tirant, et des pièces liées, varie selon le diamètre de la tige filetée. Ce seul paramètre d'entrée fait évoluer tous les autres (figure 8).

Selon le souhait du constructeur, ou de l'effort à fournir, il est aussi possible de modifier rapidement les dimensions des vérins des deux étages.

L'objectif de ce genre de modélisation est de diminuer au maximum le nombre de paramètres entrants à modifier soi-même, tout en garantissant la bonne évolution des pièces. Cela permet aussi de créer des familles de pièces facilement personnalisables suivant la volonté du client.

Pour nous, en tant qu'enseignants, et nos élèves, en tant que futurs techniciens, cela nécessite que nous soyons rigoureux dans notre travail, que nous sachions où nous allons, et nous évite de nous perdre dans nos paramètres lors de la modélisation.

Nos élèves, passionnés par l'informatique, sont souvent pressés de travailler sur l'ordinateur. Ils partent donc directement sur la modélisation, sans préparation. Cela nous pose ensuite beaucoup de problèmes de gestion de pièces et de contraintes. Certains élèves sont même perdus dans leurs fichiers et ne savent plus comment avancer.

Pour la réalisation de leur thème de seconde année, une telle perte de temps devient trop pénalisante. L'intention de conception doit être faite et validée avant tout travail sur modèleur. ■