

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS  
SESSION 2021**

**Épreuve E4 – Étude préliminaire de produit  
Unité U42 – Conception préliminaire**

**DOSSIER TECHNIQUE**

---

**DIVAN iQUEST**

Ce dossier comporte 20 pages, dont 1 page de garde et 9 Documents Techniques.

## Mise en situation

La société PROMOTAL basée à Ernée, conçoit, fabrique et commercialise une gamme complète d'équipements médicaux, répondant aux besoins des médecins généralistes ou spécialistes, hôpitaux ou cliniques, maisons de retraite, centres spécialisés. Ses divans d'examen, tables gynécologiques, fauteuils spécialisés, chaises et brancards de transfert sont aujourd'hui présents dans le monde entier.

Lancé en 2007 pour « conquérir » le marché du divan à hauteur variable, le divan d'examen « Quest » est devenu rapidement un produit phare de PROMOTAL (Figure 1).



Figure 1 (Divan Quest)

Ce divan offre à destination du public adulte (Figure 2) :

- une hauteur d'assise pouvant varier de 49 à 94 cm par rapport au sol,
- un dossier relevable,
- une inclinaison de l'ensemble « Proclive » (Tête en haut) ou « Déclive » (Tête en bas),
- des roulettes escamotables avant et arrière par commande au pied.



Accueil - Position basse  
(dossier relevé)



Position d'examen général  
(dossier relevé)



Déclive  
(Dossier à plat)



Position haute  
(dossier relevé)



Proclive  
(Dossier à plat)

Figure 2 (Divan Quest)

Malgré l'obtention d'une large part de marché en France (45% en 2015), PROMOTAL doit confirmer son rôle de leader vis à vis de la concurrence. Il se doit de rénover son offre de divan avec des caractéristiques et fonctionnalités plus performantes et innovantes ainsi qu'un design rafraîchi.

Plutôt que révolutionner le divan d'examen, le bureau d'étude en charge de cette évolution souhaite combiner performance, innovation locale et accessibilité économique. L'objectif est de proposer aux praticiens un divan d'examen polyvalent à hauteur variable pour un coût proche du divan de hauteur fixe.

L'étude portera sur la conception préliminaire du divan d'examen de nouvelle génération nommé « iQuest ». On se propose de valider les nouvelles performances envisagées au cahier des charges fonctionnel et de participer au dimensionnement de solutions techniques impactées par l'évolution de ces exigences.

La figure 3 présente le diagramme SysML initial des besoins du divan iQuest et sa mission principale « Mettre en position le patient ».

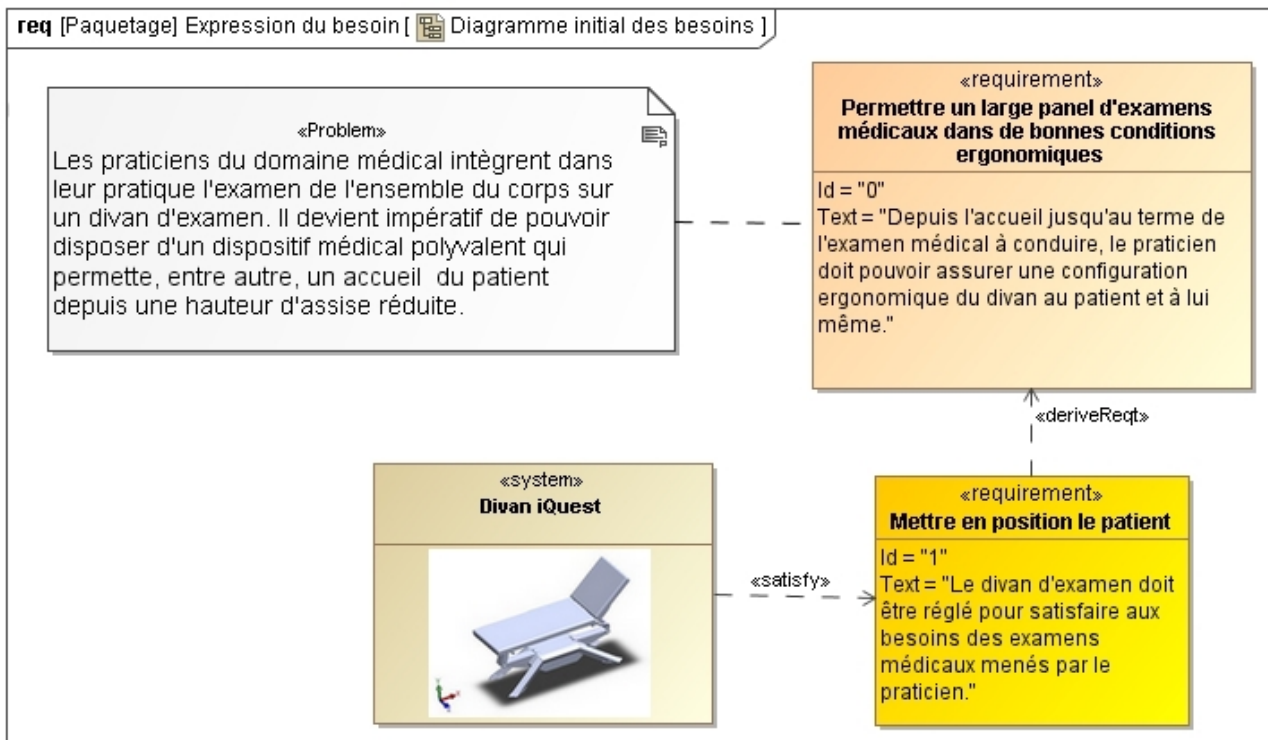


Figure 3

## Diagramme de contexte

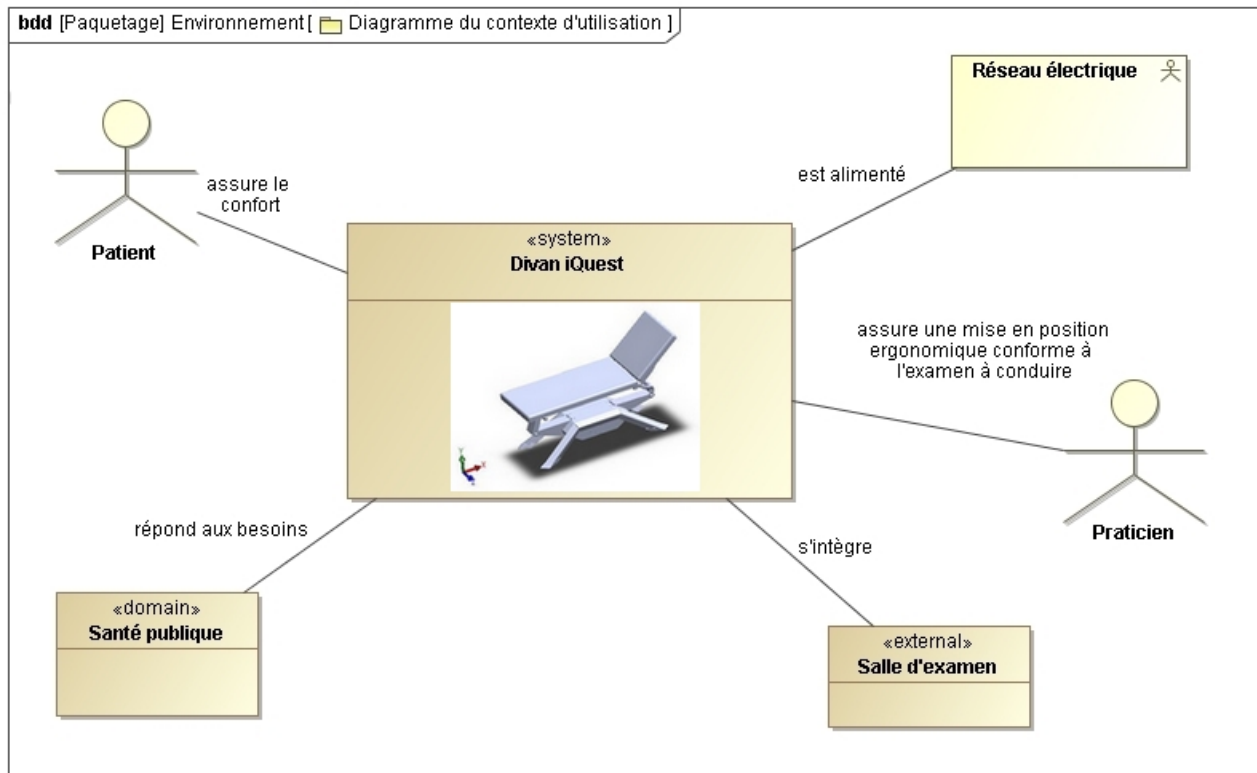


Figure 4

## Diagramme du cas d'utilisation :

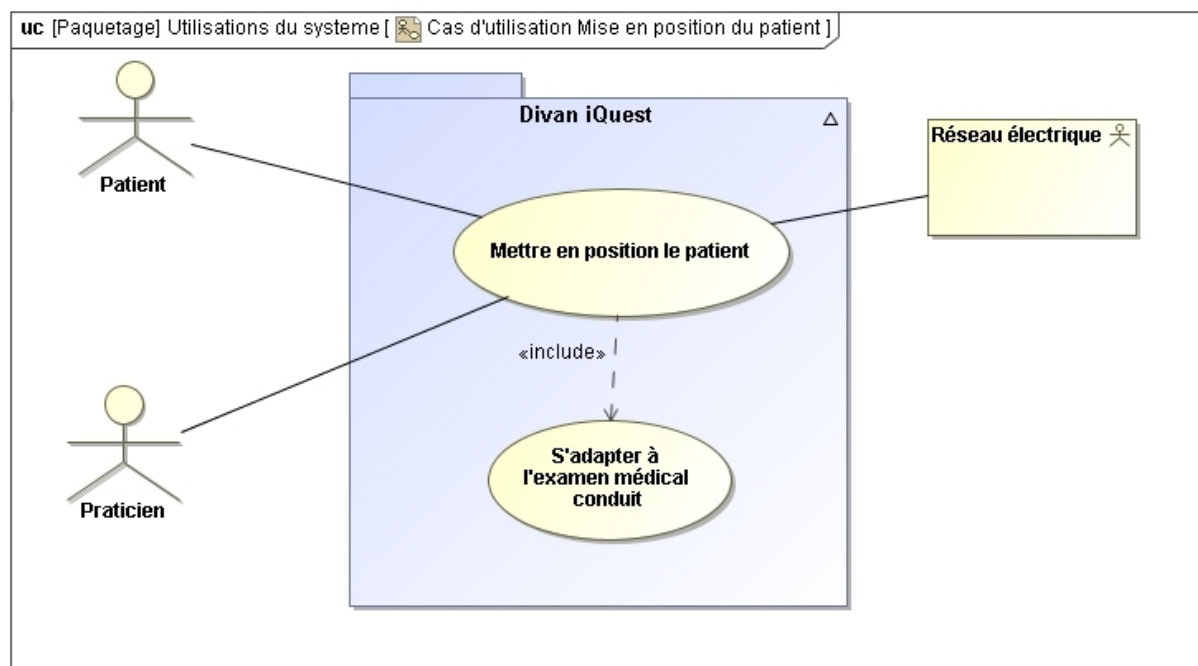
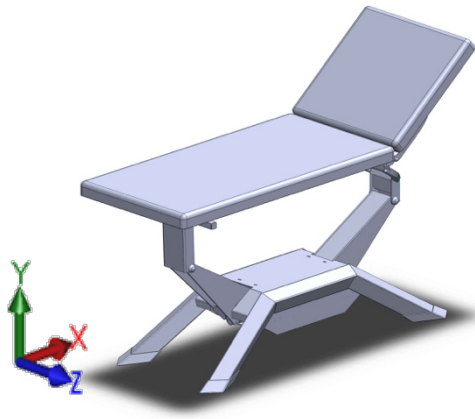


Figure 5

## **Modélisation d'avant-projet**

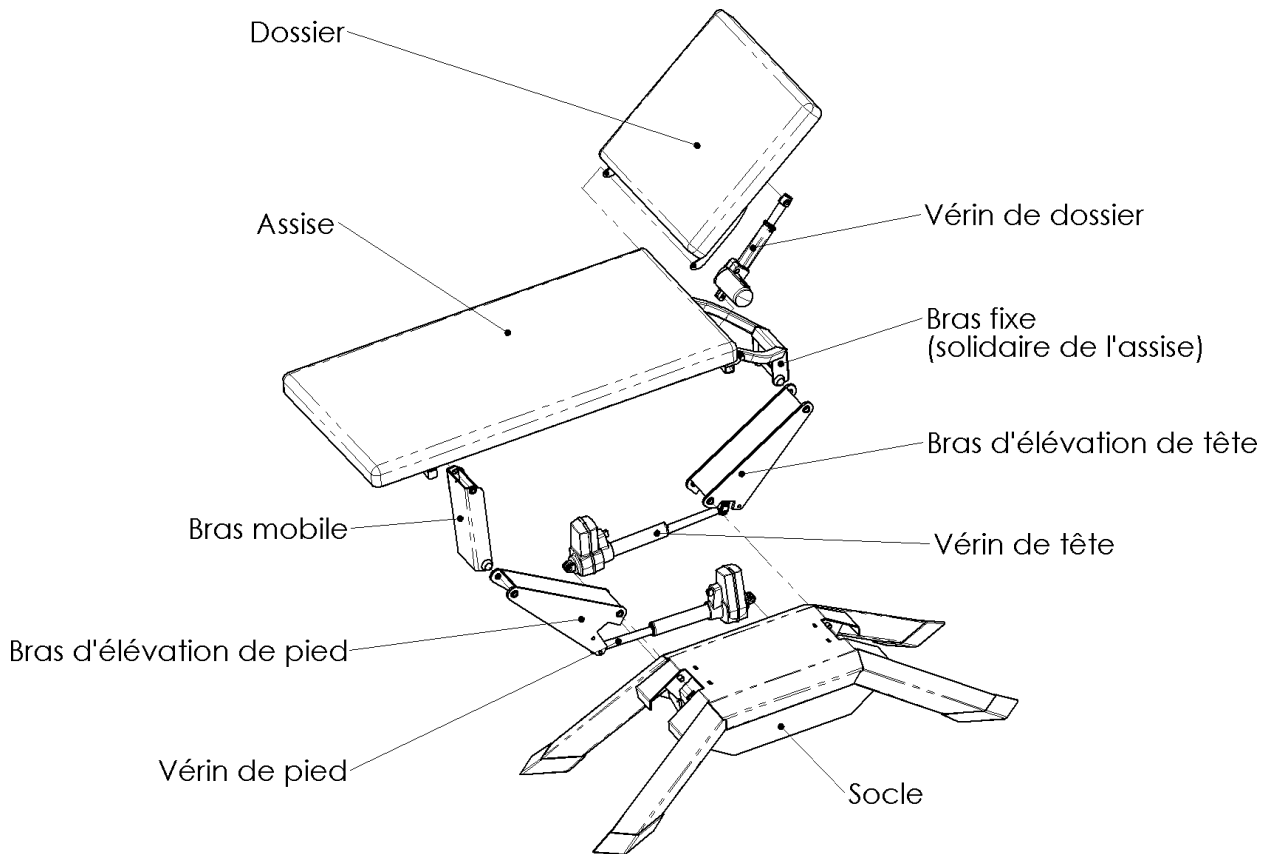
La figure 6 présente l'avant-projet « CAO » sous modelleur volumique tenant compte des exigences de design. On y trouve le repère de référence de description de l'avant-projet.



*Figure 6 (Avant-projet divan iQuest)*

D'un point de vue cinématique, le divan iQuest envisagé reprend le principe général de son prédécesseur.

La figure 7 présente un éclaté et le vocabulaire des composants principaux du divan en l'état de l'avant projet.



*Figure 7 (Avant-projet divan iQuest)*

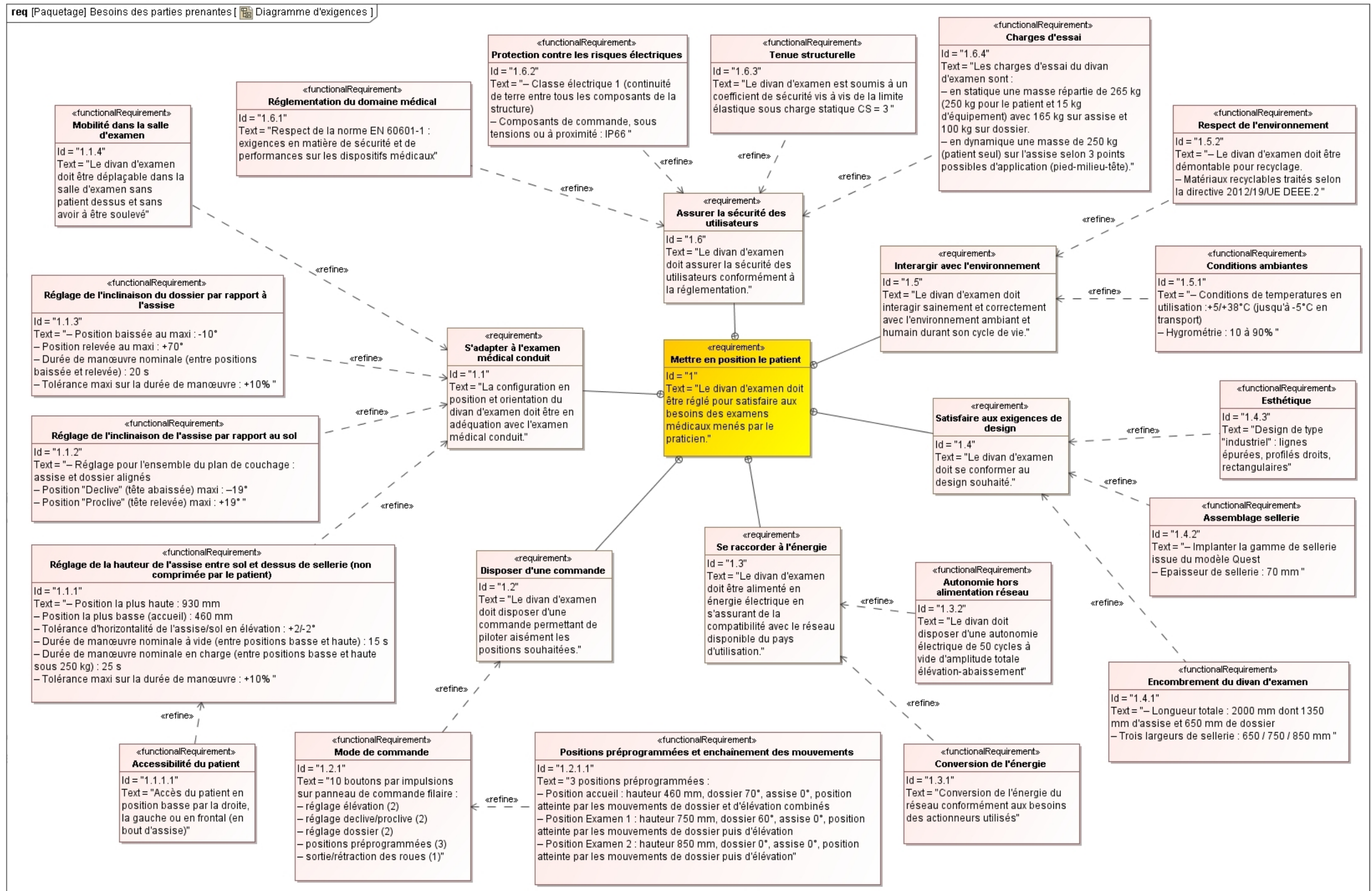
Le divan comporte une assise et son dossier.

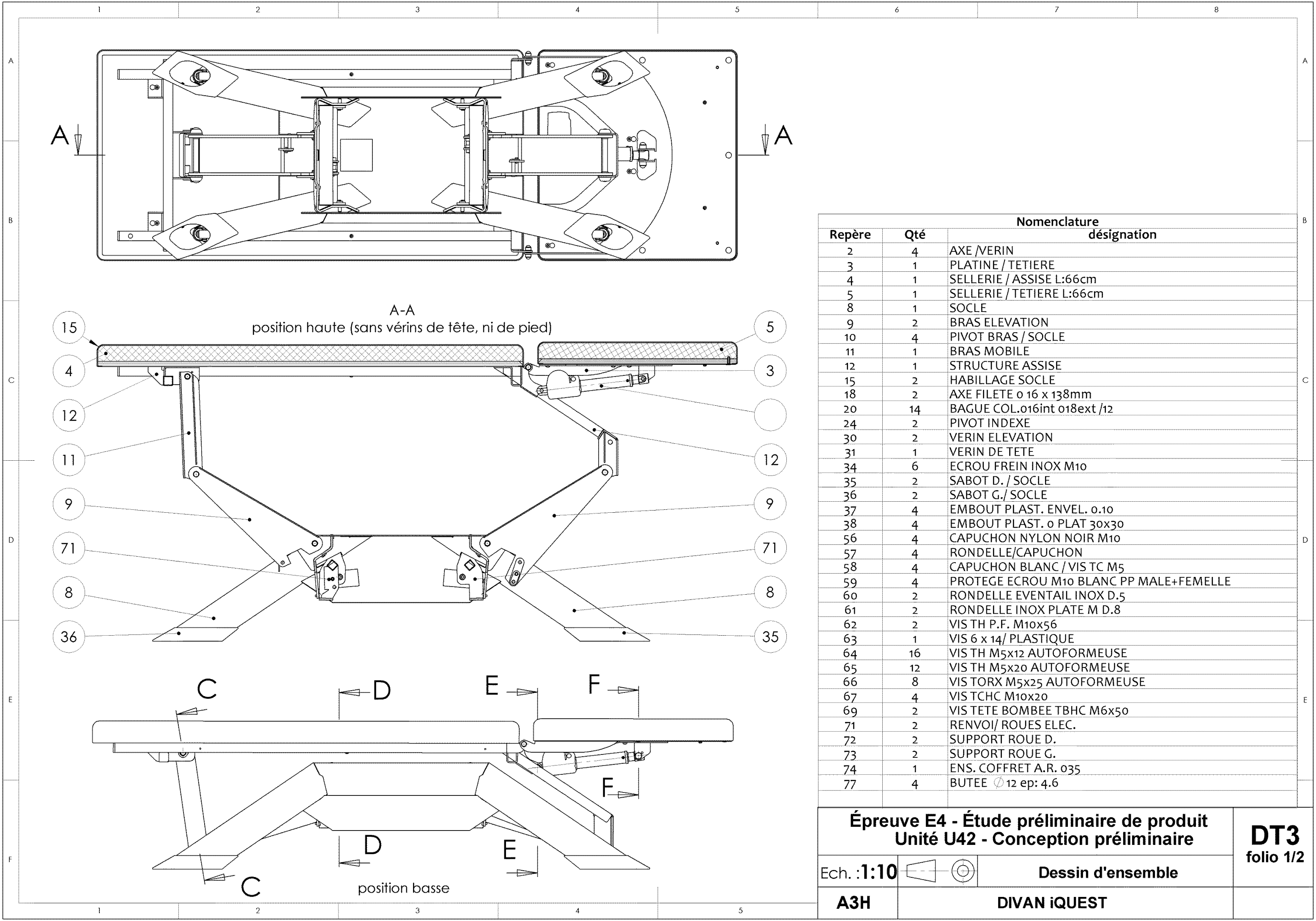
L'assise est élevée à l'aide de deux bras d'élévation articulés sur le socle. Le bras d'élévation côté « tête » est articulé sur un bras fixe solidaire de l'assise. Côté « pied » un bras mobile vient relier de façon bi-articulée le bras d'élévation de pied à l'assise. Ces bras sont manœuvrés par un vérin de tête et un vérin de pied.

Le dossier est manœuvré par un vérin dit « de dossier ».

Dans le contexte et le cas d'utilisation présentés figures 4 et 5, il convient de valider les exigences du cahier des charges fonctionnel synthétisées sur le Document Technique DT2.

## Diagramme des exigences

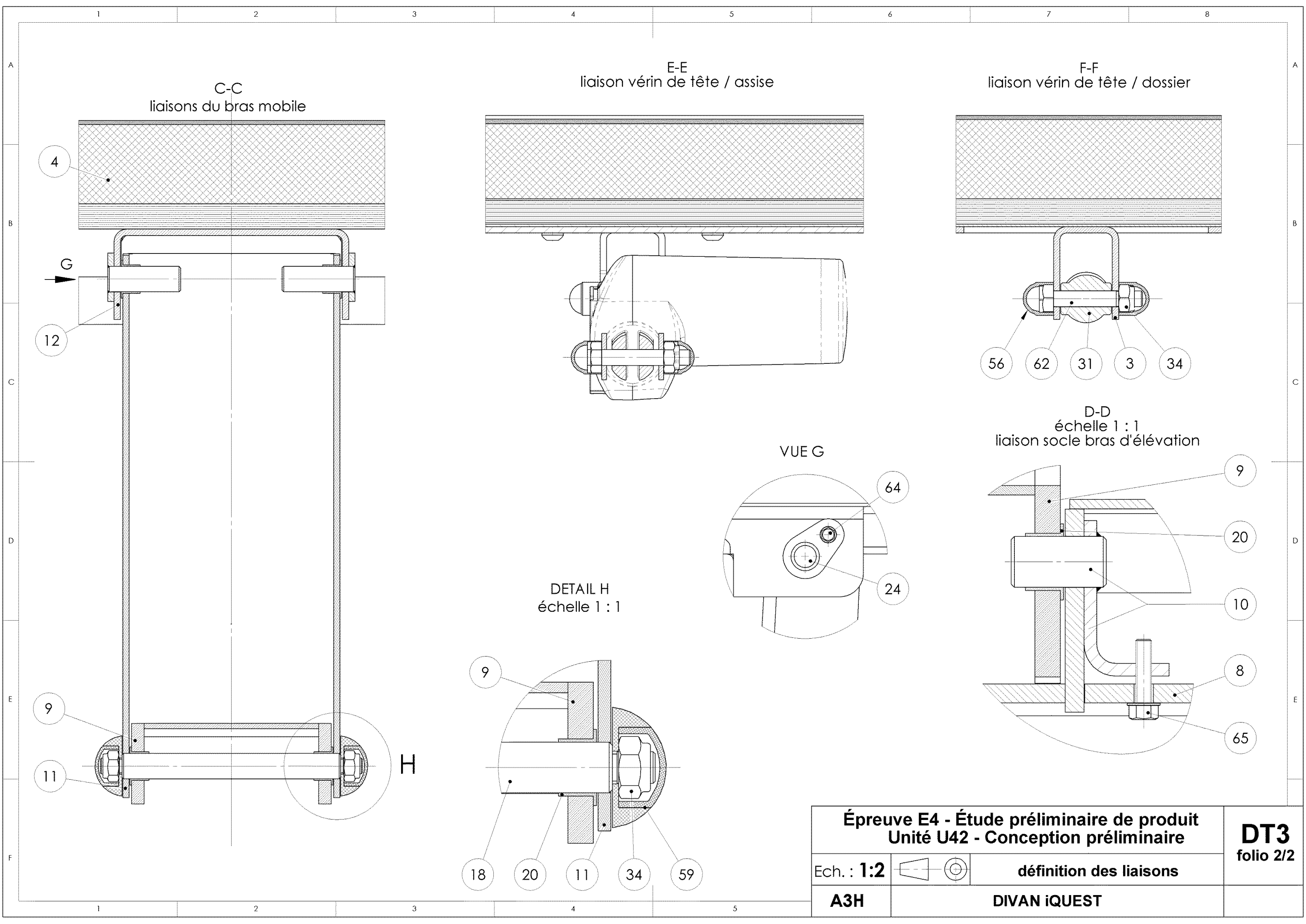




Épreuve E4 - Étude préliminaire de produit  
Unité U42 - Conception préliminaire

DT3  
folio 1/2

Ech. :1:10		Dessin d'ensemble
A3H	DIVAN iQUEST	



C-C  
liaisons du bras mobile

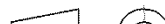
E-E  
liaison vérin de tête / assise

F-F  
liaison vérin de tête / dossier

VUE G

D-D  
échelle 1 : 1  
liaison socle bras d'élévation

DETAIL H  
échelle 1 : 1

Épreuve E4 - Étude préliminaire de produit Unité U42 - Conception préliminaire			DT3 folio 2/2
Ech. : 1:2		définition des liaisons	
A3H	DIVAN iQUEST		

## Résolution d'un problème avec la méthode ASIT

La **méthode de créativité ASIT** est une extraction appliquée et abordable de la méthode TRIZ (tirée de l'étude de plus de 200 000 brevets d'invention) qui propose des règles et outils de résolution communes aux innovations pertinentes.

### Résumé de la démarche de résolution par ASIT :

1) Lister les objets du « **Monde du problème** » c'est à dire :

- les **objets impliqués dans le problème**, ceux qui causent le problème, le transmettent, le subissent ;
- les **objets de l'environnement du problème**, présents mais non impliqués dans le problème.

2) Formuler le **phénomène néfaste** du problème (difficulté récurrente, phénomène non désiré, frustration d'un objectif partiellement atteint, défi à relever...) puis décrire **l'action voulue**.

3) Intégrer les **deux principes** suivants :

- **Règle du monde clos :**

Les **solutions sont à trouver à l'intérieur du « Monde du problème »** : aucun nouvel objet n'est introduit sauf s'il est similaire à l'un des objets existants

- **Condition du changement qualitatif :**

Au moins **un facteur aggravant** du « Monde du problème » est **changé en facteur bénéfique ou facteur neutre**.

4) Définir le « **Monde des solutions** » en mobilisant les **cinq outils** de recherche de solutions affectés aux différents objets du monde du problème :

Outils	Principe de l'outil
<b>Unification</b>	Par l'attribution d'une nouvelle fonction, un objet du monde du problème va empêcher de lui-même le phénomène néfaste.
<b>Multiplication</b>	Un nouvel objet de même type qu'un objet du monde du problème va permettre d'atteindre l'action voulue.
<b>Division</b>	Un objet du monde du problème sera réorganisé dans le temps ou l'espace pour atteindre l'action voulue.
<b>Rupture de symétrie</b>	Le principe de cet outil est de casser les constances (dans le temps, l'espace, le groupe). A différents moments, endroits ou groupe d'objets du monde du problème, on attribue différentes valeurs d'une caractéristique d'un (des) objet(s) du problème.
<b>Suppression</b>	Un objet du monde du problème est supprimé pour atteindre l'action voulue.

# DT4 – Folio 2/2

## Illustration d'ASIT sur « une chaise d'écolier » - Quelques idées de solutions...

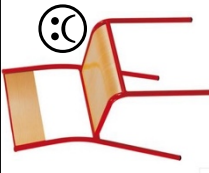
**Problématique :** En classe, les écoliers peinent à rester assis sur les chaises simples et en viennent à adopter de mauvaises postures par manque d'ergonomie comme **se balancer en arrière** ce qui provoque la **casse du matériel**.

### Le « Monde du problème » :

- les objets du problème : **L'écolier**, la **chaise** (soit une **assise**, un **dossier** et quatre **pieds**).
- Les objets de l'environnement : le **sol**.

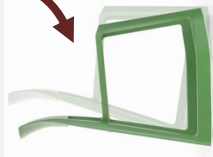
### Reformulation de la problématique :

le phénomène néfaste est la « **détérioration de la chaise** » et l'action voulue est « **d'empêcher les postures inappropriées de l'élève** ».



### Le « Monde des solutions »

**Unification :** La chaise empêche la bascule car elle est à bascule



**Multiplication :** On double la chaise pour deux écoliers, le « voisin » empêchant l'autre de se basculer.



**Rupture de symétrie :** À différents moments de la croissance, il y aura différentes positions des éléments type assise et repose pied (objet de type « sol ») pour la chaise évolutive.



**Unification + multiplication :** La position des points de bascule des pieds arrière sont modifiés par ajout de pieds

**Suppression :** Suppression du dossier pour un tabouret



**Division :** Le dossier est réorganisé dans l'espace en dossier dorsal ou ventral selon les envies.

**Division :** La position de l'écolier est réorganisée pour un appui prépondérant sur les genoux.



**Division :** L'assise est réorganisée en une forme plus ergonomique fixe ou flexible selon la posture de l'écolier.

**Suppression :** Suppression de la chaise ; l'écolier s'assit au sol ou reste debout !

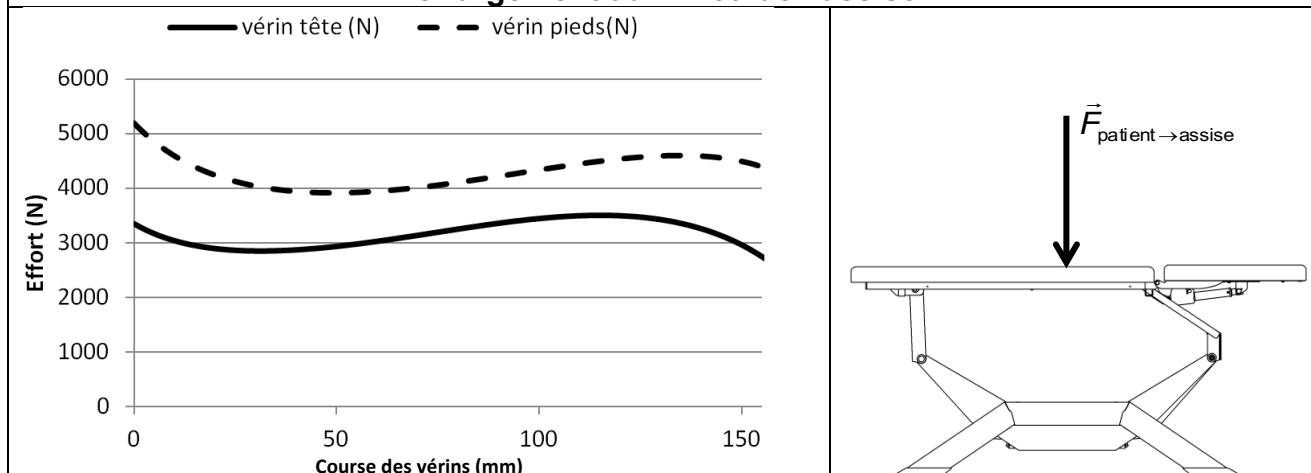
**Division :** Le pied a une flexibilité variable selon son inclinaison.

**Multiplication :** Une barre de pied, nouvel objet de type « sol » est ajouté.

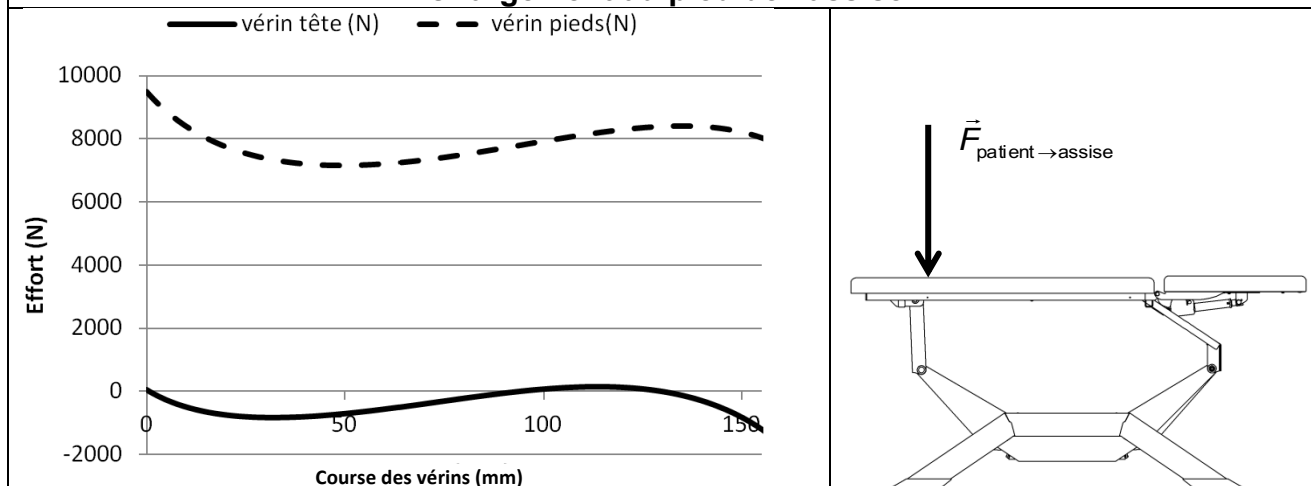
# Résultats de la simulation des efforts des vérins

Efforts des vérins lors du passage de la position basse vers la position haute

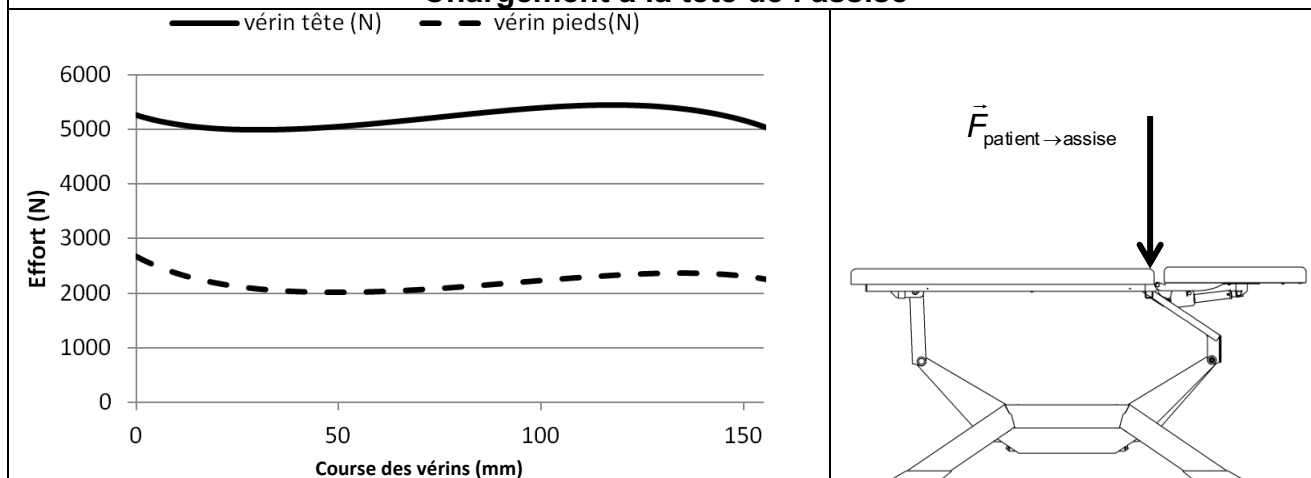
## Chargement au milieu de l'assise



## Chargement au pied de l'assise



## Chargement à la tête de l'assise



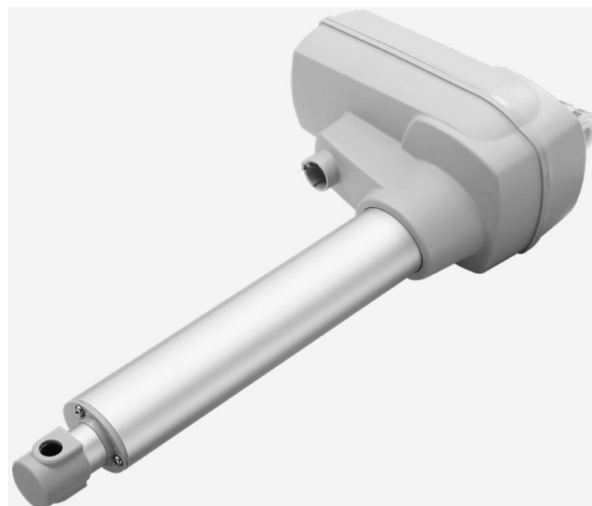
## TiMotion - Série TA24

La série d'actionneur linéaire TA24 est adapté pour les applications industrielles et médicales.

Les certifications du TA24 incluent les normes EN/IEC60601-1 (Europe, Asie, Afrique) et ES60601-1 (Etats-Unis, Canada).

De plus le TA24 est disponible jusqu'à l'option d'indice de protection IP66W (pour atmosphères salines et/ou présence de dioxyde de soufre).

Des capteurs à effet Hall ou potentiomètres sont disponibles également en option.



### Caractéristiques générales

Tension du moteur	24 V DC, 36 V DC
Charge maximale	10 000 N en poussée
Charge maximale	6 000 N en traction
Indice de protection	Jusqu'à IP66W
Certifications	EN/IEC60601-1, ES60601-1, EN/IEC60601-2
Plage de température à pleine performance	+5°C~+45°C
Options	Ecrou de sécurité, potentiomètre, capteur effet Hall

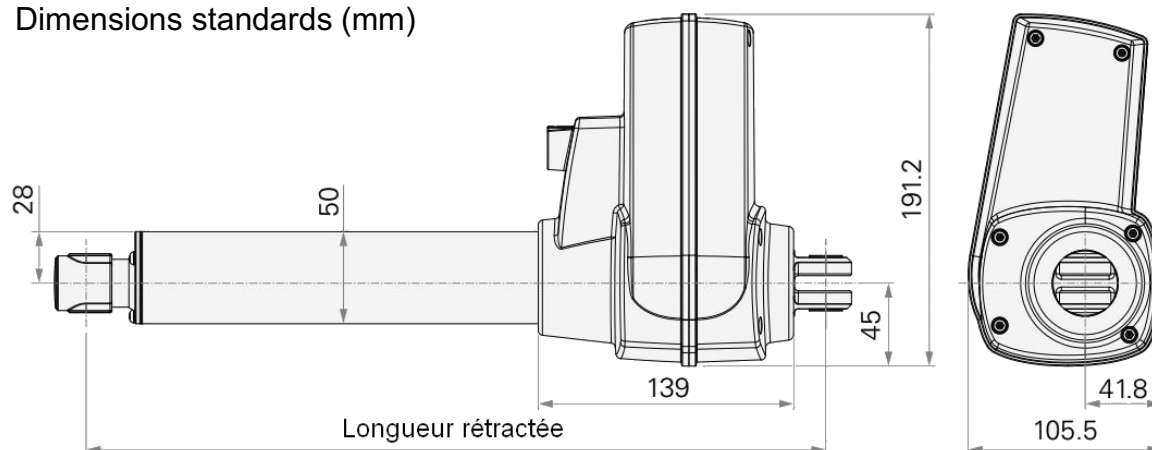
### Charge et Courses limites

Course Min.  $\geq 25$  mm, Max. voir tableau ci-dessous.

CODE	Charge (N)		Effort de verrouillage (N)	Courses Max. (mm)
	Poussée	Traction		
<b>B</b>	6 000	6 000	6 000	900
<b>C</b>	8 000	6 000	8 000	800
<b>D</b>	10 000	6 000	10 000	650

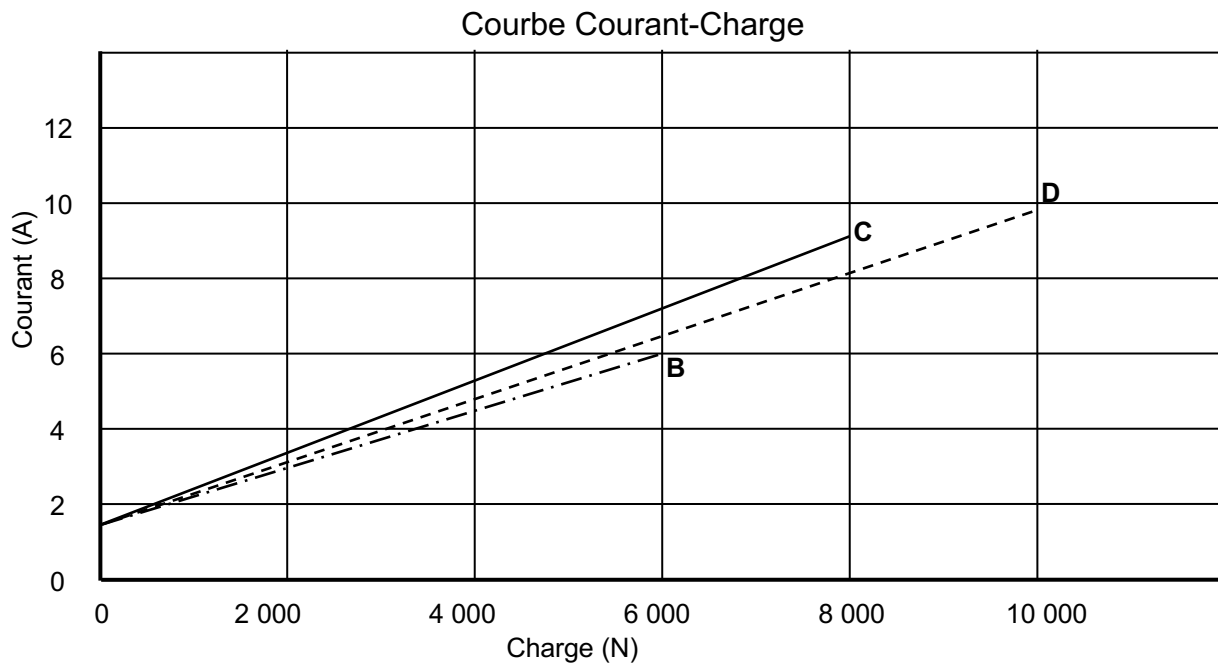
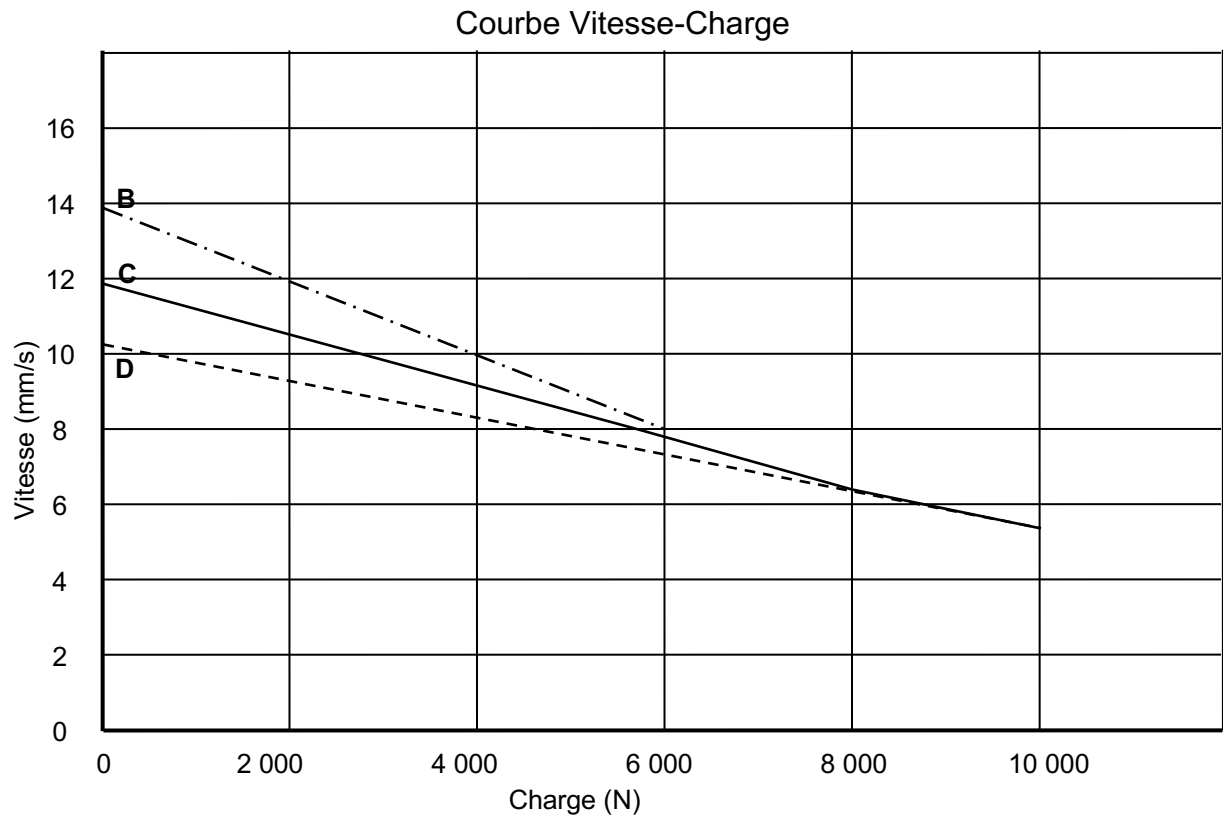
### Plan

Dimensions standards (mm)



**Performance (Moteur 24 V DC)**

Courbes expérimentales obtenues en poussée (Vitesse moteur 4 200 tr/min, Tolérance 10%)



### Annexe de commande - Fixation arrière (mm)

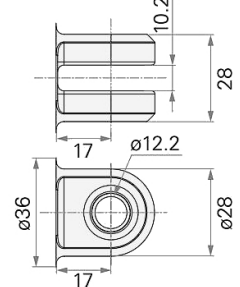
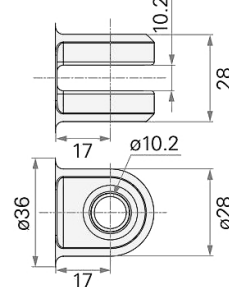
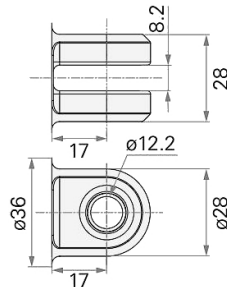
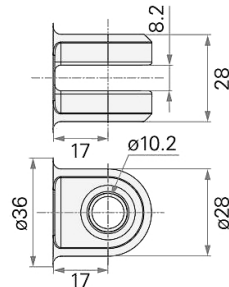
Type : aluminium de fonderie, chape en U profondeur 17.0

6 = fente 8.2,  
trou d'axe 10.2

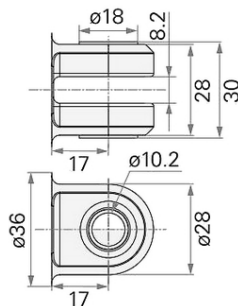
7 = fente 8.2,  
trou d'axe 12.2

8 = fente 10.2,  
trou d'axe 10.2

9 = fente 10.2,  
trou d'axe 12.2



C = fente 8.2,  
trou d'axe 10.2 avec bague à collerette



### Annexe de commande - Fixation avant (mm)

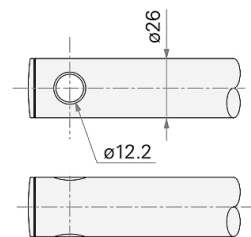
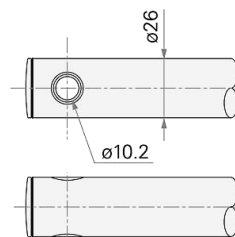
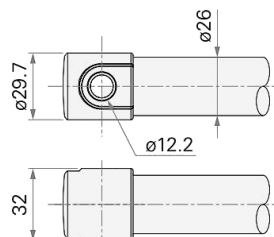
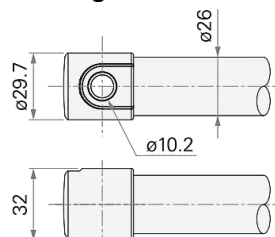
Type : Tube interne avec trou perforé

1 = avec bouchon  
plastique,  
sans fente,  
trou 10.2 avec  
bague

2 = avec bouchon  
plastique,  
sans fente,  
trou 12.2

5 = sans fente,  
trou 10.2 avec  
bague

6 = sans fente,  
trou 10.2 avec  
bague



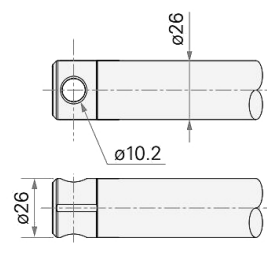
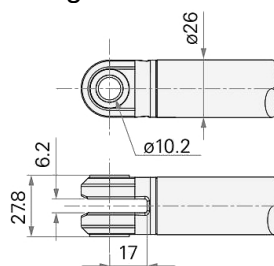
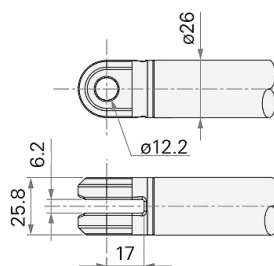
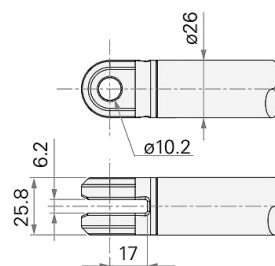
Type : aluminium de fonderie, chape en U profondeur 17.0

7 = chape en U  
profondeur 17.0,  
fente 6.2,  
trou 10.2

8 = chape en U  
profondeur 17.0,  
fente 6.2,  
trou 12.2

9 = chape en U  
profondeur 17.0,  
fente 6.2,  
trou 12.2 avec  
bague à collerette

J = sans fente,  
trou 10.2  
pour chaise  
dentaire



**Annexe de commande - Espace d'implantation (mm)**

L'espace d'implantation doit être supérieur ou égal à la longueur rétractée :

$$\text{Longueur rétractée} = \text{Course} + A + B$$

Type d'attache avant	A (mm)
1, 2, 5, 6	+190
7, 8, 9	+202
J	+193

Course (mm)	B (mm)		
	Charge (N)		
	= 6 000	= 8 000	= 10 000
25~150	-	-	+5
151~200	-	+5	+10
201~250	+5	+10	+15
251~300	+10	+15	+20
301~350	+15	+20	+25
351~400	+20	+25	+30
401~450	+25	+30	+35
451~500	+30	+35	+40
501~550	+35	+40	+45
551~600	+40	+45	+50
601~650	+45	+50	+55
651~700	+50	+55	X
701~750	+55	+60	X
751~800	+60	+65	X
801~850	+65	X	X
851~900	+70	X	X

**Annexe sur la synchronisation des actionneurs TiMotion**




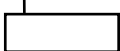





La synchronisation de plusieurs vérins peut s'effectuer grâce à l'utilisation de **capteurs à effet Hall ou potentiomètres** TiMotion disponibles en option :

Type de capteur	Effet Hall	Potentiomètre
<b>Principe</b>	Signal numérique issu d'aimants sur l'arbre moteur permettant de donner le sens de rotation et de compter le nombre de tours moteurs.	Signal analogique issu d'une résistance variable selon la position d'un curseur associé à la course du vérin.
<b>Avantages</b>	– Excellente résolution ; – Pas d'encombrement supplémentaire sur le vérin.	– Bonne résolution ; – Capacité à mémoriser la position du vérin, même en cas de coupure de courant.
<b>Inconvénients</b>	– Remise à zéro à chaque fin de course + perte de celle-ci en cas de coupure de courant	– Encombrement supplémentaire sur le capot de vérin

Les vérins synchronisés peuvent suivre un même mouvement à vitesse égale même si la charge est différente sur chacun des vérins. Les capteurs sont connectés au boîtier de contrôle qui va ajuster les vitesses des moteurs afin de synchroniser les mouvements.

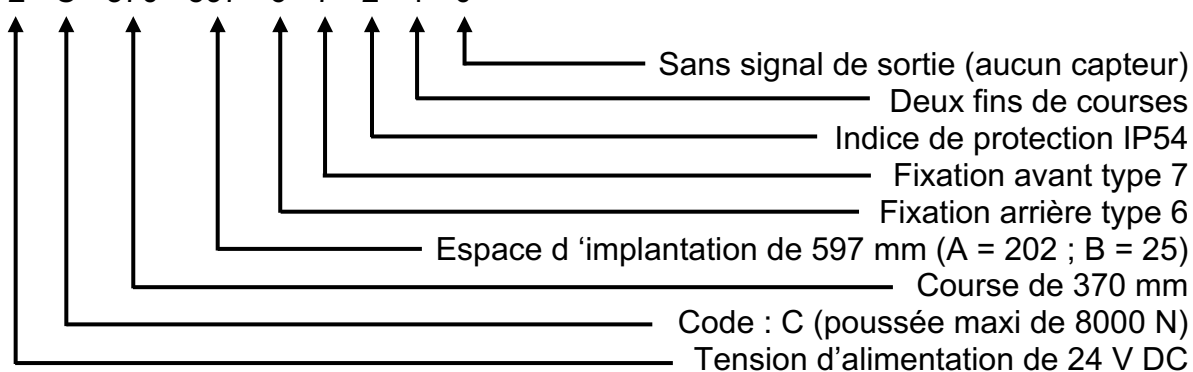
**TA24 Désignation pour commande (Extrait)**

TA24

	Tension	2 = 24 V DC ; 3 = 36 V DC
	Code	B, C ou D ; voir Folio 1/5
	Course (mm)	Dans les limites indiquées Folio 1/5
	Espace d'implantation (mm)	Voir tableaux Folio 4/5
	Fixation arrière	6, 7, 8, 9 ou C ; voir Folio 3/5
	Fixation avant	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 ou J ; voir Folio 3/5
	Indice de protection	1 = néant ; 2 = IP54 ; 3 = IP66 ; 5 = IP66W
	Fonctions pour fin de course	1 = deux fins de course en état rétractée/sortie pour coupure de courant
	Signal de sortie	0 = néant ; 2 = capteurs Hall ; 3 = Potentiomètre

*Exemple de désignation*

TA24 - 2 - C - 370 - 597 - 6 - 7 - 2 - 1 - 0



## DANGERS ASSOCIES AUX ZONES DE PIEGEAGES


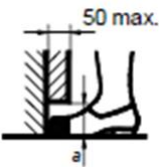


### Selon EN 60601-1

La conformité du divan iQuest à la norme EN 60601-1 impose la satisfaction d'au moins une des exigences suivantes issues de la norme :

#### 1) « La zone de piégeage ne présente pas de danger mécanique »

Pour le dispositif médical, une zone de piégeage est considérée sans danger mécanique si les espaces de la zone de piégeage respectent :

« Les distances entre les parties mobiles doivent respecter le tableau ci-dessous dans une zone inférieure à 200 mm par rapport aux bords périphériques. »

Partie du corps	Adulte - espace a mm	Illustration
Pied	$> 120$ ou $< 35$	
Orteils	$> 50$	
Main, poignet, poing	$> 100$	
Doigt	$> 25$ ou $< 8$	

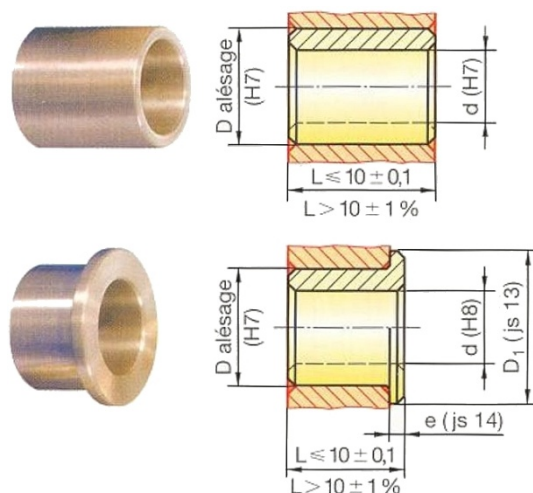
#### 2) « Si une zone de piégeage à risque est atteinte, une mesure de protection doit être mise en place ».

Une mesure de protection doit être conçue et incorporée au système de contrôle du dispositif médical. Elle doit respecter les conditions suivantes :

- lorsque l'appareil a commencé à bouger ;
  - la zone de piégeage ne peut pas être atteinte,
  - ou si la zone de piégeage est atteinte, le mouvement du système doit être arrêté ;
- un ou plusieurs dispositifs d'arrêt d'urgence doivent équiper l'appareil si une condition de premier défaut de la mesure de protection peut entraîner un risque inacceptable.

# Document Constructeur - Coussinets autolubrifiants

Coussinets cylindriques											
d	D	L		d	D	L					
2	5	2-3		18	24	18-22-28-36					
4	8	4-8-12		20	26	16-20-25-32					
5	9	4-5-8		22	28	18-22-28-36					
6	10	6-10-12-16		25	32	20-25-32-40					
8	12	8-12-16-20		28	36	22-28-36-45					
10	16	10-16-20-25		30	38	24-30-38					
12	18	12-16-20-25		32	40	20-25-32-40-50					
14	20	14-18-22-28		35	45	25-35-40-50					
15	21	16-20-25-32		40	50	25-32-40-50					
16	22	16-20-25-32		45	55	35-45-55-65					
Coussinets à collerette											
d	D	D <sub>1</sub>	e	L		d	D	D <sub>1</sub>	e	L	
3	6	9	1,5	4-6-10		20	26	32	3	16-20-25-32	
4	8	12	2	4-8-12		22	28	34	3	15-20-25-30	
6	10	14	2	6-10-16		25	32	39	3,5	30-27-32	
8	12	16	2	8-12-16		28	36	44	4	22-28-36	
10	16	22	2	8-10-16		30	38	46	4	20-25-30	
12	18	24	3	8-12-20		32	40	48	4	20-25-30-32	
14	20	26	3	14-18-22-28		36	45	54	4,5	22-28-36	
16	22	28	3	16-20-25-32		40	50	60	5	25-32-40	
18	24	30	3	18-22-28		50	60	70	5	32-40-50	



## Arbre :

Dureté : HB ≥ 200

Tolérance : f7

Etat de surface : Ra ≤ 0,6 :

## EXEMPLE DE DESIGNATION :

Coussinet cylindrique fritté, **d x D x L** ISO 2795Coussinet à collerette fritté, **Cd x D x L** ISO 2795

Ces coussinets sont en bronze fritté à structure poreuse. Ils sont imprégnés de lubrifiant jusqu'à saturation. Sous l'effet de la rotation de l'arbre, l'huile est aspirée et crée une excellente lubrification.

Facteur de frottement :  $\mu = 0,04$  à  $0,2$

## Détermination d'un coussinet

$$p \times v = 1,8$$

Pression spécifique en MPa $p = \frac{Q}{S}$ Q charge radiale S surface projetée	Vitesse linéaire en périphérie de l'arbre en m/s	Valeur maximale expérimentale pour les matériaux donnés.
---	--	--

Exemple de détermination de la longueur L

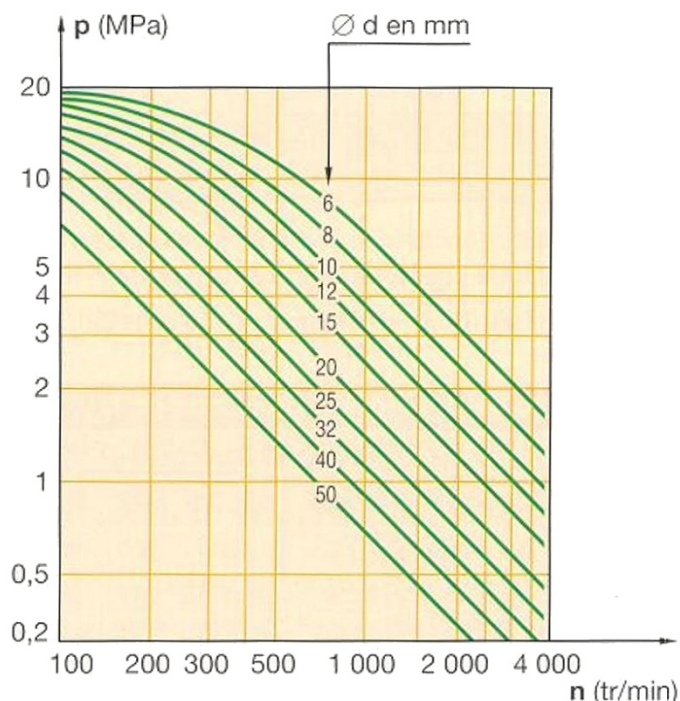
On donne la charge radiale Q = 1 750 N, le diamètre de l'arbre d = 20 mm et la fréquence de rotation n = 500 tr/min.

La lecture de l'abaque ci-contre donne une pression  $p \approx 3,5$  MPa.

Soit  $S = 1750/3,5 = 500 \text{ mm}^2$ .

On a  $S = d \cdot L$ , d'où la longueur du coussinet :

$L = 500/20 = 25 \text{ mm}$ .



# Indice de performance associé aux poutres en flexion

Caractéristiques physiques, mécaniques et économiques utilisées :

- $E$  : module d'élasticité longitudinale dit « *module d'Young* » (MPa) ;
- $\rho$  : masse volumique ( $\text{kg/m}^3$ ) ;
- $R_e$  : Limite élastique (MPa) ;
- $C_m$  : Coût du matériau au kilogramme (€/kg).

Astreinte de conception	Indice $I$ à maximiser.
<b>Objectif : Conception pour une masse minimale et rigidité imposée</b>	
Rigidité et longueur fixes. Section libre.	$E / \rho$
Rigidité, forme et longueur fixes. Section libre.	$E^{1/2} / \rho$
Rigidité, hauteur et longueur fixes. Largeur libre.	$E / \rho$
Rigidité, largeur et longueur fixes. Hauteur libre.	$E^{1/3} / \rho$
<b>Objectif : Conception pour une masse minimale et solidité imposée</b>	
Solidité et longueur fixes. Section libre.	$R_e / \rho$
Solidité, forme et longueur fixes. Section libre.	$R_e^{2/3} / \rho$
Solidité, hauteur et longueur fixes. Largeur libre.	$R_e / \rho$
Solidité, largeur et longueur fixes. Hauteur libre.	$R_e^{1/2} / \rho$

Afin d'obtenir les indices de performances :

- Pour minimiser le **volume**, remplacer  $\rho$  par 1 ;
- Pour minimiser le **coût matériau**, remplacer  $\rho$  par le **prix volumique** ( $\rho \times C_m$ ).

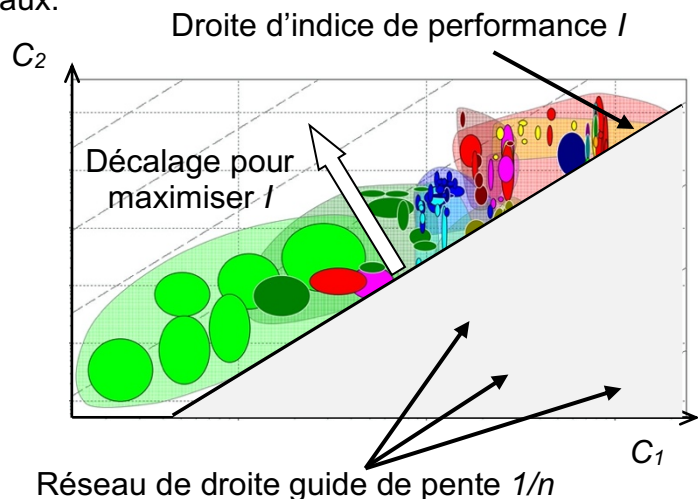
## Explication de l'utilisation de l'indice de performance

**Objectif de conception** : Minimiser une caractéristique  $C_1$  pour une caractéristique  $C_2$  imposée parmi un ensemble de matériaux.

En réponse à l'objectif, on définit un indice de performance de la forme :

$$I = C_1^n / C_2$$

Sur un graphe de familles de matériaux représentant  $C_2$  en fonction de  $C_1$  en **échelle logarithmique**, les matériaux présentant les **mêmes performances** sont situés sur une **même droite** de pente  $1/n$ .



Tous les matériaux **au dessus** d'une droite d'indice de performance  $I$  présentent un indice **supérieur** à  $I$  et inversement. En décalant la droite d'indice de performance  $I$  le long du réseau de pente  $1/n$ , on isole les matériaux présentant le meilleur compromis.