



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE

EFE GIS 1

SESSION 2018

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE**

SECTION : GÉNIE INDUSTRIEL

Option : Structures métalliques

ANALYSE D'UN PROBLÈME TECHNIQUE

Durée : 4 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPLP de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFE	2400J	101	7397

► **Concours externe du CAFEP/CAPLP de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFF	2400J	101	7397

Contenu du dossier

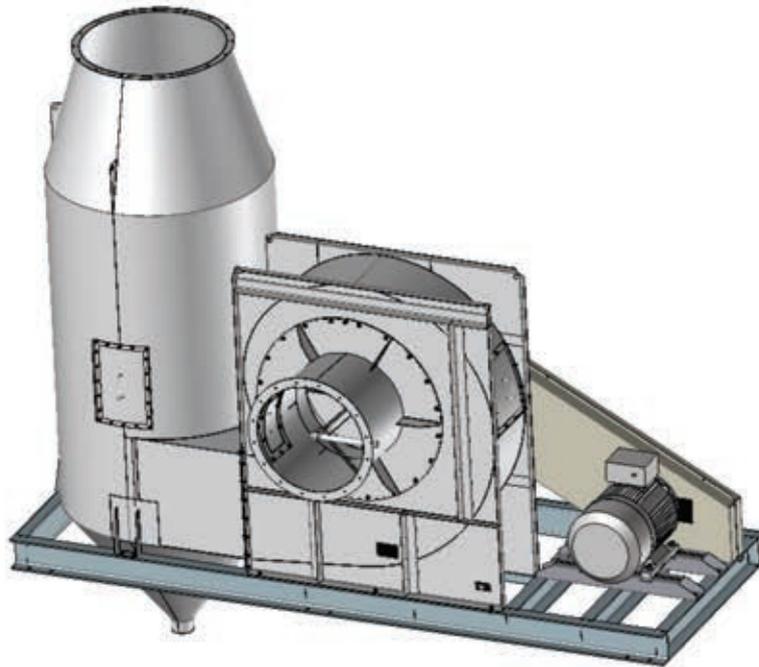
Documents Sujets : DS 1/5 à DS 5/5

Documents Réponses : DR 1/5 à DR 5/5

Documents Techniques

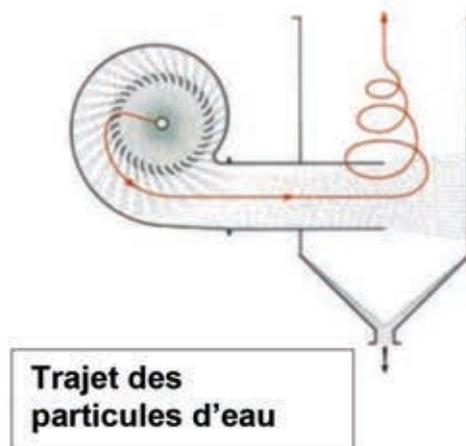
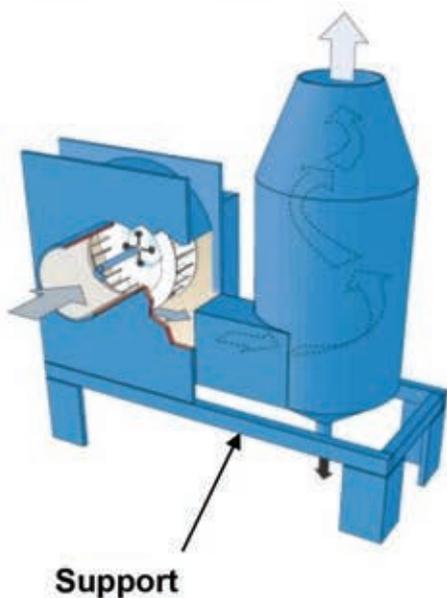
DT 1	Plan de définition du séparateur	Format A3
DT 2	Plan de la cuve du séparateur	Format A4
DT 3	Plan du prisme	Format A4
DT 4	Plan ensemble séparateur + châssis	Format A3
DT 5	Plan Châssis	Format A3
DT 6	Calculateur de pliage / Tableau plasma	Format A4
DT 7	Types machines de roulage	Format A4
DT 8	PV de QMOS	Format A4
DT 9	Annexes soudage	Format A4
DT 10	Préconisations des Gaz de protection	Format A4
DT 11 à DT13	Eurocode 3	Format A4

ENSEMBLE SÉPARATEUR



Principe de fonctionnement

Le gaz à épurer est admis axialement dans le rotor et subit un lavage en traversant les voiles d'eau issues des pulvérisateurs. Le gaz est débarrassé en grande partie de ses poussières dans la cage par centrifugation puis par adhérence sur la paroi mouillée du séparateur.



Mise en situation

Le service commercial d'une entreprise de sous-traitance a décroché un nouveau marché de quinze « ensembles séparateurs » en acier fortement allié X2CrNi19-11 avec leurs châssis en acier galvanisé. Cette commande entraîne des modifications du planning de charge de l'atelier avec des conséquences sur l'organisation du travail au sein de l'entreprise.

La problématique générale du sujet porte sur l'étude de la réalisation de cette série.

Partie A - Traçage

Données

- Plan de définition du séparateur DT 1
- Plan de la cuve du séparateur DT 2

A-1-1 Définir les dimensions du tronc de cône repère1 (DR 1/5).

A-1-2 Définir par calcul les dimensions utiles au développement du tronc cône (DR 1/5).

A-1-3 Calculer les dimensions du flan capable (DR 2/5).

Partie B - Coût matière

Données

- Plan de la cuve du séparateur DT 2
- Plan du prisme DT 3
- Calculateur de pliage DT6
- Formats de tôle disponibles en magasin :
 - 2000 x 1000
 - 2500 x 1250
 - 3000 x 1500
- Masse volumique de l'Inox X2CrNi19-11 : $7,9 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$
- Prix du kilogramme : 4 € H.T.

B-1-1 Établir et justifier votre choix du processus de réalisation de l'élément rep 4 pour une série de 15 séparateurs.

B-1-2 Établir un croquis côté du principe de la mise en tôle, choisir le format de la tôle le mieux adapté et déterminer la quantité nécessaire.

B-1-3 Estimer le coût matière.

Partie C - Préparation de la production

Données

- Plans de définition du Séparateur DT 1
- Plan du prisme DT 3
- Machines disponibles :
 - Plasma (Haute Définition)
 - Rouleuse DT 7

- C-1-1 Faire un croquis du déplié de la virole du séparateur (élément Rep 2 **sans les trous de perçage**).
- C-1-2 Justifier votre choix de la position de la soudure.
- C-1-3 Établir la cotation de fabrication (ouvertures comprises).
- C-1-4 Représenter la trajectoire de l'outil (en couleur) et l'ordre des découpes.
- C-1-5 Justifier les moyens de contrôle à utiliser au cours de la conformation de l'élément Repère 2 et le choix de la machine.
- C-1-6 De combien de parties sera composé le cône Repère 3 ? Préciser les moyens de contrôle à utiliser au cours de la conformation et le choix de la machine.
- C-1-7 Lors de l'assemblage de l'élément 2 avec les éléments 1 et 3, quels types d'accessoires devront être utilisés pour assurer l'accostage dans des conditions optimales ?

Partie D - Charge machine

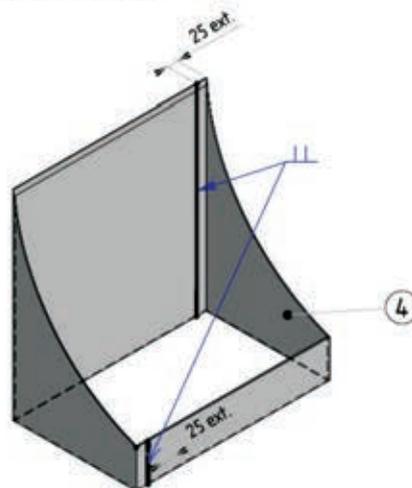
Données

- Tableau de temps Plasma (haute définition) DT6
- Temps de manutention à la mise en place d'une tôle : 3 min.
- Temps de manutention d'évacuation des pièces après découpe d'une tôle : 4 min.

- D-1-1 Calculer le temps d'usinage sur le poste Plasma (DR 2/5).

Partie E - Étude de fabrication du prisme repère 4

On suppose la position des soudures suivante :



- E-1-1 Rédiger la gamme de fabrication du prisme sur le DR 3/5 et DR 4/5 en précisant :
 - la position des butées ;
 - les côtes de fabrication ;
 - les côtes machines ;
 - les outils et moyens de contrôle ;
 - les MIP et MAP.

Partie F – soudage, DMOS

Données

- PV de QMOS DT 8
- Annexes soudage DT 9
- La nuance qui servira de base à l'étude est celle du X2CrNi19-11 avec des épaisseurs de 3 mm. Celles-ci sont toutes réalisées avec le procédé T.I.G. en une passe.

F-1-1 Compléter le DMOS (DR 5/5).

F-1-2 Lors de l'assemblage des éléments 1, 2, 3, 4 et 5 avec le procédé 141, préciser et justifier l'inertage pour ce type d'assemblage.

Partie G - Construction mécanique

Pour faciliter le transport et la mise en œuvre du séparateur, on souhaite remplacer le châssis soudé par un châssis démontable, respectant l'Eurocode 3.

Données

- Le plan d'ensemble de la structure avec nomenclature DT4.
- Le plan du châssis soudé coté DT5.
- On considère que la masse supportée par les longerons est de 2 Tonnes.
- On dispose de boulons HM12-30 (4.6).
- Eurocode 3, partie 1-8 : calcul des assemblages DT11 à DT13.

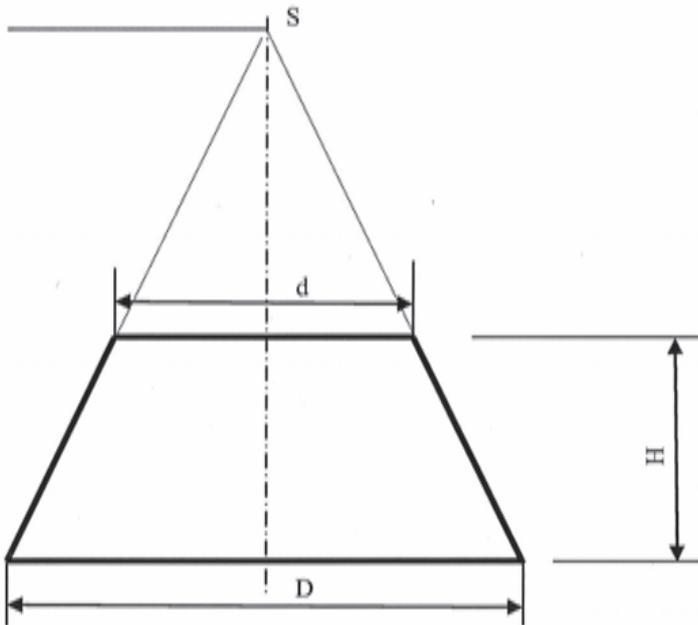
G-1-1 Définir les conditions à respecter lors de la conception des assemblages par boulons HM12-30 (4.6), non précontraints, en proposant une solution technique sous forme d'un croquis coté de cet assemblage (longerons, traverses). Le positionnement des perçages (distances et entraxes) doit respecter le tableau 3.3 du DT13. Si l'on doit rajouter des pièces, on prendra une épaisseur de tôle de 4 mm.

G-1-2 Lors de la mise en place sur site, l'ensemble séparateur est élingué. Les élingues sont accrochées aux deux traverses extrêmes percées à cet effet (trou diamètre 25). Vérifier la résistance des boulons HM12-30 (4.6), travaillant au cisaillement, selon l'Eurocode 3.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

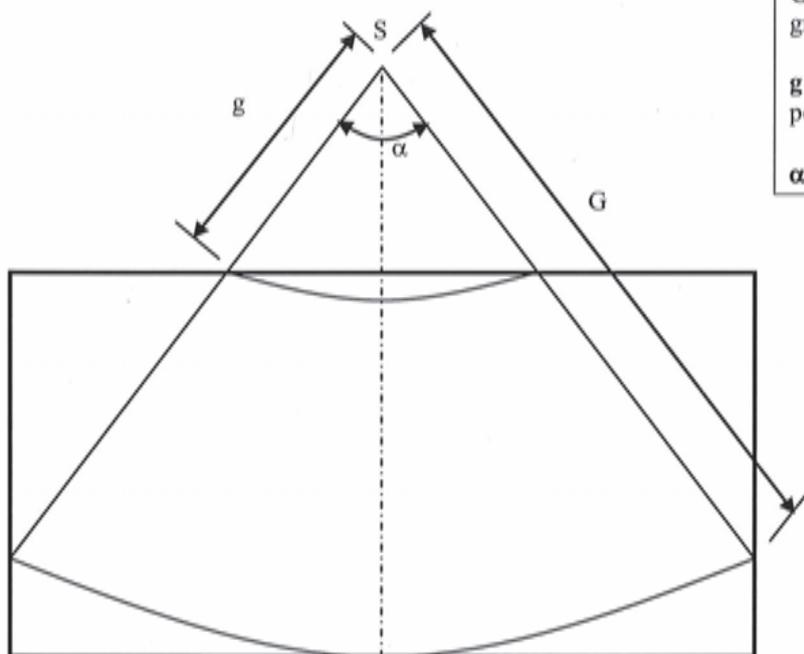
Partie A : Traçage

A-1-1



D	.....
d	.....
H	.....

A-1-2



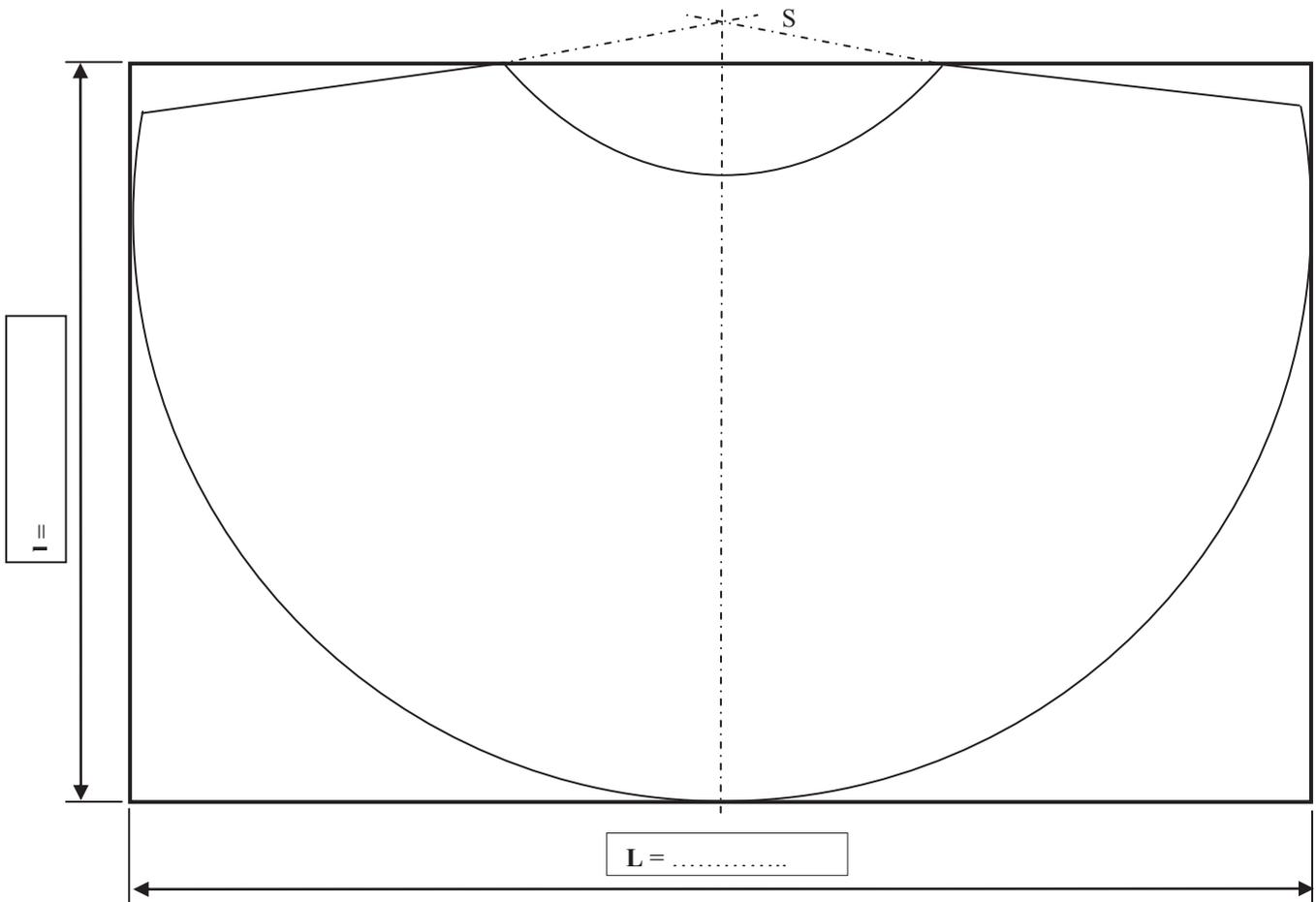
G : génératrice du contour apparent de la grande base.

g : génératrice du contour apparent de la petite base.

α : Angle au sommet du développement

G	.....
g	.....
α	.....

A-1-3



Partie D : Charge machine

D-1-1 Tapez une équation ici.

Rep	.....
Désignation	Virole
Matière	.....
Epaisseur	.....
Quantité	.....
Longueur découpée / Unité	.....
Longueur découpée / Série	.....

DÉCOUPAGE	PLASMA
VITESSE D'AVANCE $m \cdot h^{-1}$
DURÉE TOTALE du découpage pour la série (manutention comprise)

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Partie F DMOS

Descriptif de Mode Opérateur de Soudage Prévisionnel (DMOS-P)

Lieu :
 N° DMOS-P du fabricant:
 N° PV-QMOS du fabricant:
 Fabricant :

EXAMINATEUR OU ORGANISME D'INSPECTION :

Méthode de préparation et de nettoyage :

Spécification du matériau de base :

Épaisseur du matériau :

Diamètre du matériau de base :

Position de soudage de l'assemblage :

Nom du soudeur :
 Mode de transfert du métal :

Type d'assemblage et de soudure :

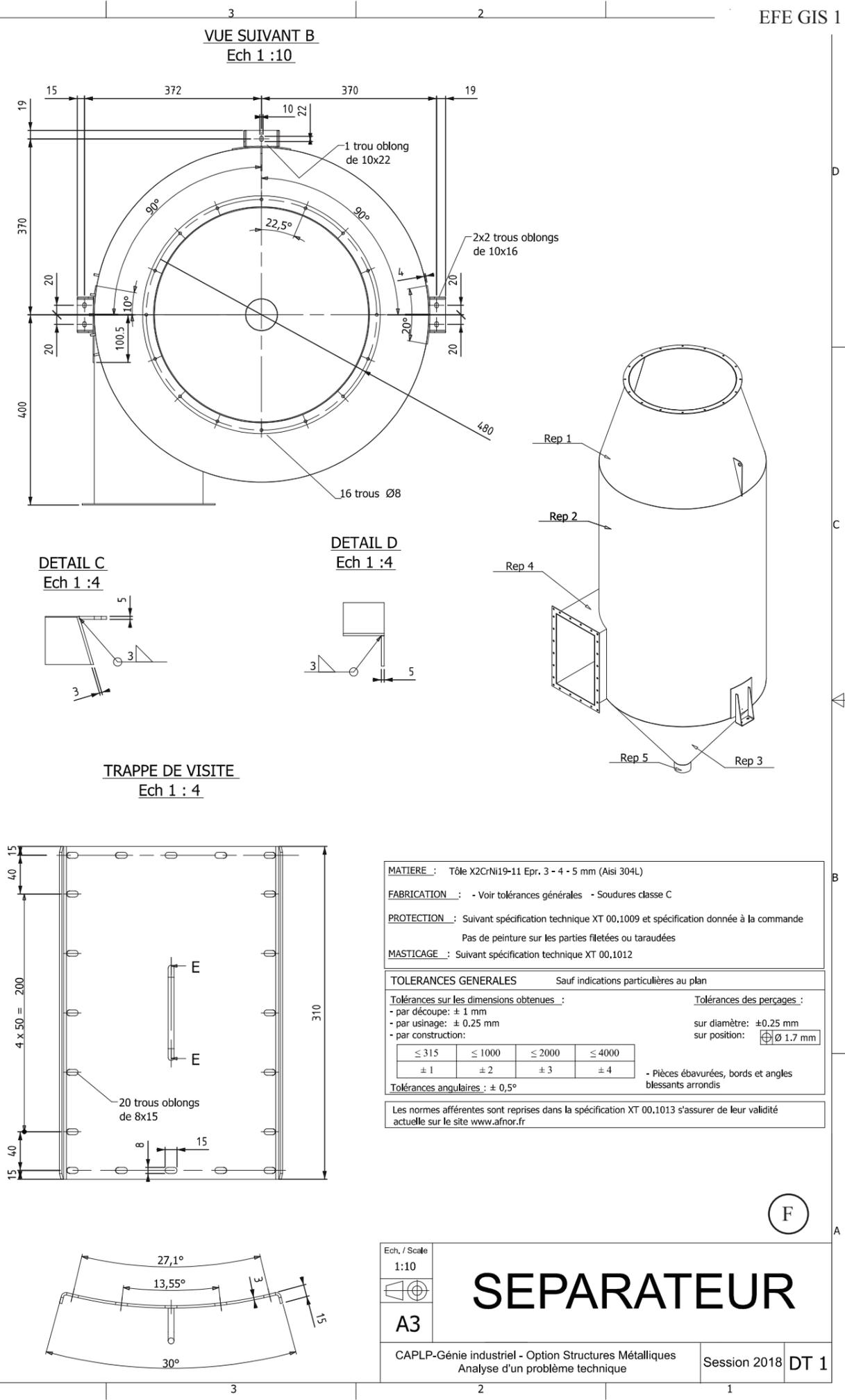
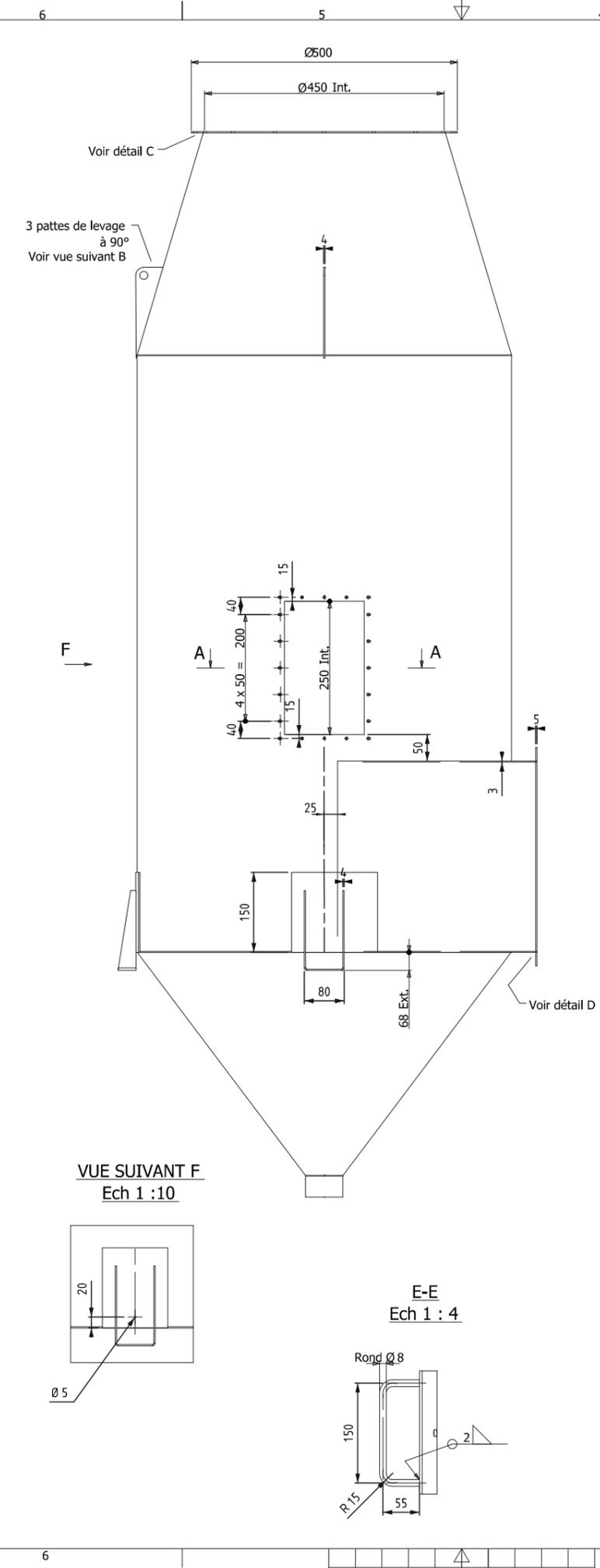
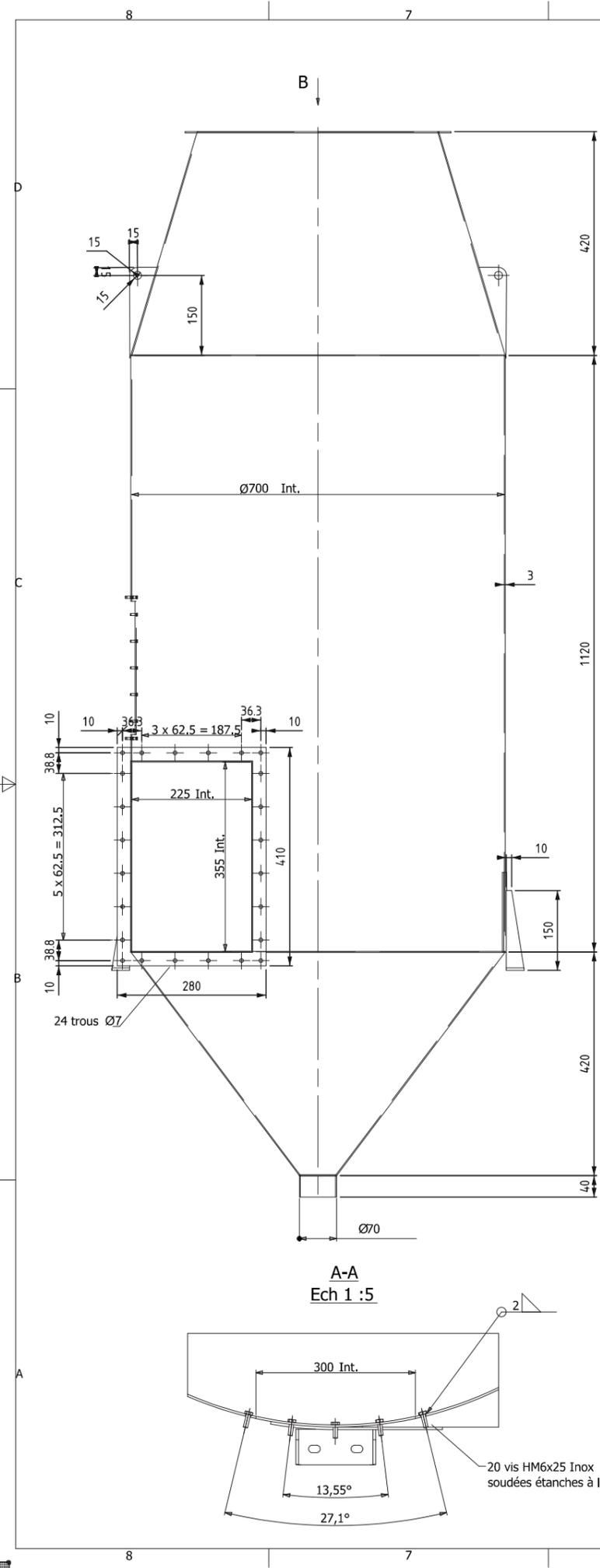
Schéma de préparation	Disposition des passes

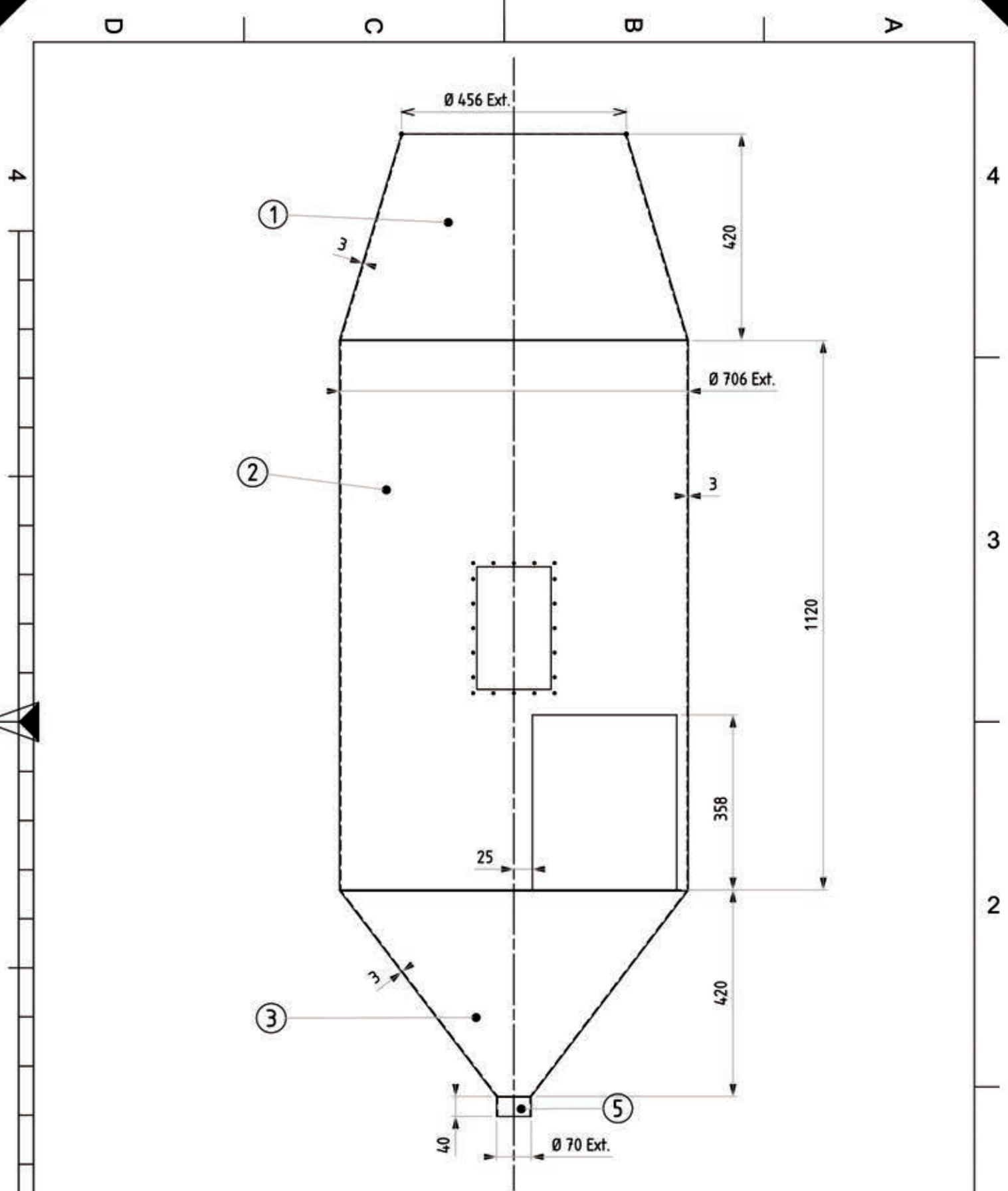
Paramètres de soudage : unités Ampère, Volt, cm/mn, kJ/cm

Passe	Procédé de soudage	Dimensions du matériau d'apport	Intensité (A)	Tension (V)	Type de courant polarité	Vitesse de dévidage du fil	Vitesse d'avance	Apport de chaleur	Transfert de métal

Désignation et marque du matériau d'apport		Autres informations par exemple :	
Etuvage ou séchage spécifique		Balayage largeur maximale de la passe :	
Gaz de protection / flux endroit		Oscillation : amplitude, fréquence, temps d'arrêt	
Envers		Soudage pulsé détails :	
Débit du gaz de protection endroit		Distance tube contact pièce :	
Envers		Détail du soudage plasma :	
Electrode de tungstène / dimension		Inclinaison de la torche	
Détail de gougeage ou du support envers			
Température de préchauffage			
Température entre passes			
Post chauffage			
Traitement thermique après soudage			
Temps température méthode			
Vitesses de montée en température et refroidissement			

Fabricant		Examineur ou organisme d'examen	
Nom date et signature		Nom date et signature	





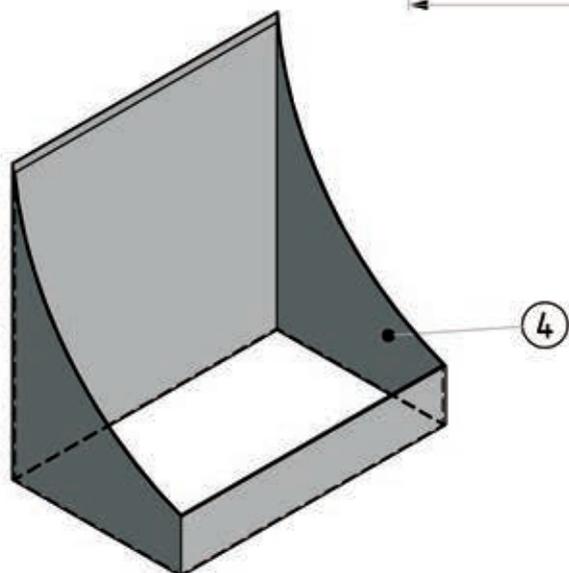
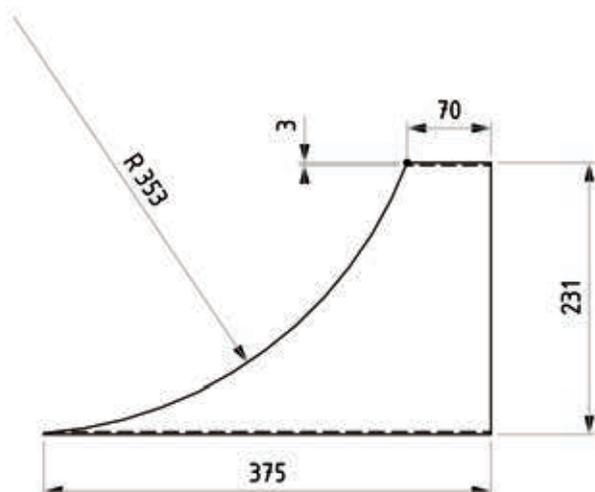
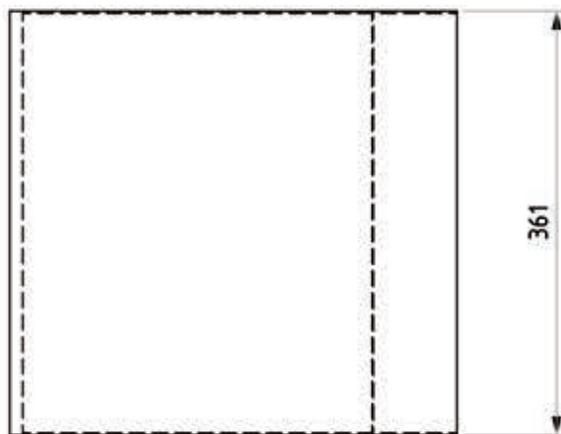
ÉCHELLE 0.06	CUVE SEPARATEUR	DATE 2018
	CAPLP Génie Industriel Option: Structure Métallique	
A4	DT 2	

D

C

B

A



Rayon Intérieur de pliage = 4 mm.

ÉCHELLE
0.06

PRISME Rep.4

Année
2018



CAPLP Génie Industriel Option: Structure Métallique

A4

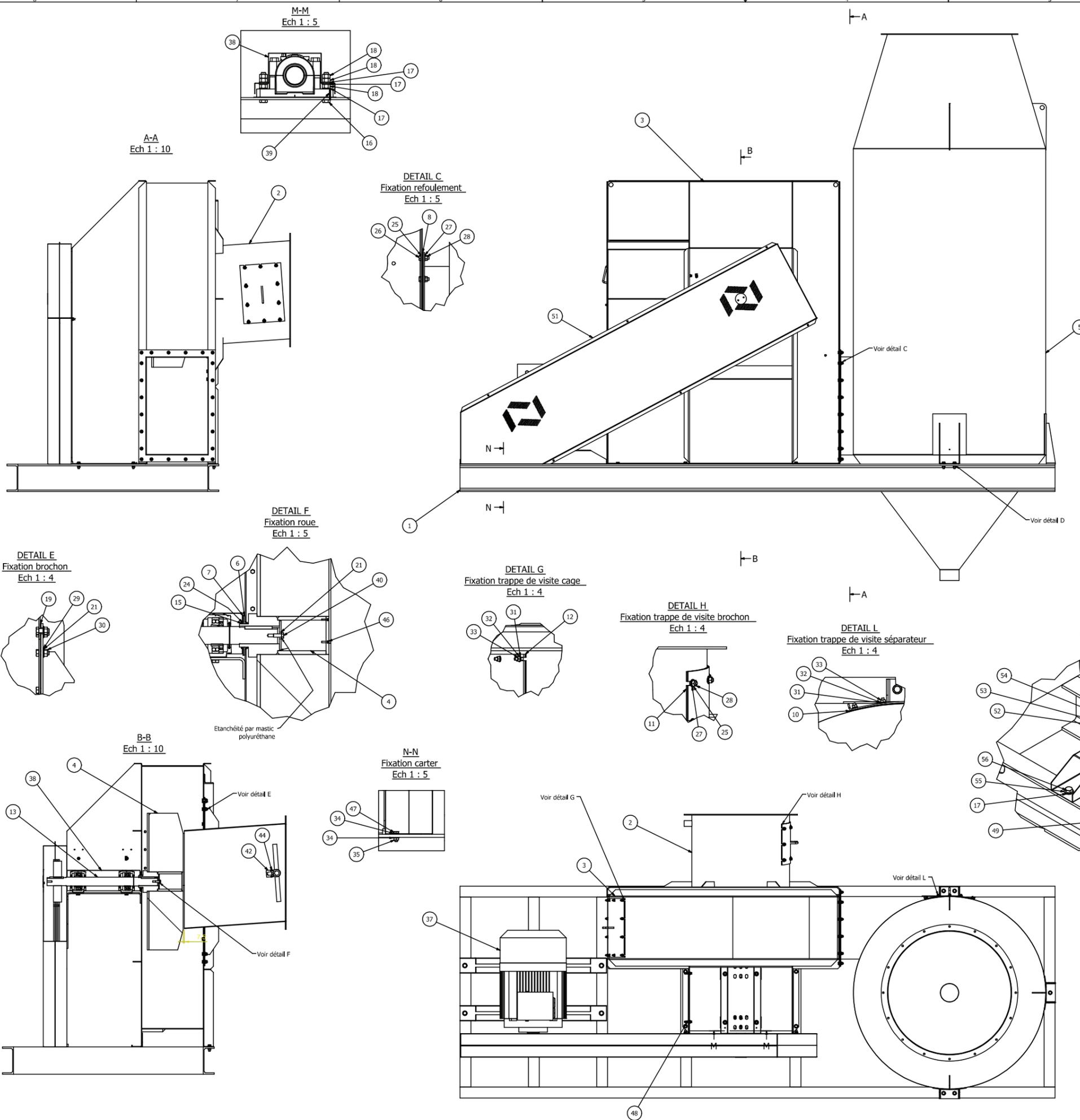
DT 3

D

C

B

A



ARTICLE	QTE	N° de code	Désignation	Matière	N° de plan
59	4		Courroie SPB Lg 4370		
58	1		Poulie menée Ø300 alésage Ø60		
57	1		Poulie moteur Ø236 alésage Ø65		
56	4	01104016	Vis HM16x40	Acier	
55	4	01300116	Rondelle Schnorr S16	Ac. bruni	
54	4	01200020	Ecrou HM20	AcZn	
53	4	01300120	Rondelle Schnorr S20	Acier	
52	4	01300020	Rondelle plate M20	Ac Zn	
51	1		Carter	Acier	ET10490075
49	2	31512900	Glissière TIXIT G280/20PF		
48	1	31043200	Dispositif de graissage		
47	4	01103010	Vis H M10x30	Ac Zn	
46	4		Vis Chc M5x20	Inox	
44	1	04200212	Produit d'étanchéité filet 50cc		
43	4	04801110	Rivet à clous AGS Ø3.2/10	Alu	
42	1		Busse LECHLER réf. 405-204-1Y-AP	Inox	
41	1	03502500	Plaque signalétique de matériel rivetée	Alu	ST310103
40	1	01103012	Vis HM12x30	Ac Zn	
39	2	03700107	Goupille élastique 5 x 40	Acier	
38	1	49112570	Carter ligne d'arbre	Acier	
37	1		Moteur 55 Kw 1800 tr/mn 60Hz		
35	4	01200010	Ecrou HM10	AcZn	
34	8	01300010	Rondelle plate M10	AcZn	
33	32	02200008	Ecrou HM8	Inox	
32	32	01300108	Rondelle "Schnorr" S8	Acier bruni	
31	32	02300008	Rondelle plate M8	Inox	
30	21	02300012	Ecrou HM12	Inox	
29	21	02300012	Rondelle plate M12	Inox	
28	34	02200010	Ecrou HM10	Inox	
27	34	02300010	Rondelle plate M10	Inox	
26	24	02103010	Vis HM10x30	Inox	
25	34	01300310	Rondelle "Schnorr" S10	Acier bruni	
24	4	01300006	Rondelle plate M6	AcZn	
23	13	01200012	Ecrou HM12	Ac Zn	
22	13	01104012	Vis HM12x40	AcZn	
21	35	01300512	Rondelle Schnorr S12	Ac. Bruni	
20	13	01300012	Rondelle plate M12	AcZn	
19	1	04000310	Joint 9x4	Caoutch.	
18	16	01200016	Ecrou HM16	Ac Zn	
17	16	01300016	Rondelle plate H16	Ac Zn	
16	4	01110016	Vis HM16x100/100	Ac Zn	
15	4	01102006	Vis HM6x20	Acier	
13	1	64315300	Ensemble ligne d'arbre SNL 22515		ST640245
12	1		Joint trappe de visite cage	EPDM	ET10490049
11	1		Joint trappe de visite brochon	EPDM	ET10490047
10	1		Joint trappe de visite séparateur	EPDM	ET10490048
8	1		Joint séparateur/cage	EPDM	ET10490050
7	1		Bride joint feutre	Inox	ET10490046
6	1		Joint feutre	ET10490045	
5	1		Séparateur	Inox	ET10490041
4	1		Roue radiale	Inox	ET10490042
3	1		Cage	Inox	ET10490040
2	1		Brochon incliné	Inox	ET10490043
1	1		Chassis	Galva	ET10490044

DETAIL D
Fixation séparateur
Ech 1 : 5

DETAIL E
Fixation brochon
Ech 1 : 4

DETAIL F
Fixation roue
Ech 1 : 5

DETAIL G
Fixation trappe de visite cage
Ech 1 : 4

DETAIL H
Fixation trappe de visite brochon
Ech 1 : 4

DETAIL L
Fixation trappe de visite séparateur
Ech 1 : 4

DETAIL J
Ech 1 : 5

DETAIL K
Fixation cage sur chassis
Ech 1 : 5

Ech. / Scale
1:10
A3

ENSEMBLE SEPARATEUR

CAPLP-Génie industriel - Option Structure Métalliques
Analyse d'un problème technique

2018 DT4

CALCULATEUR DE PLIAGE

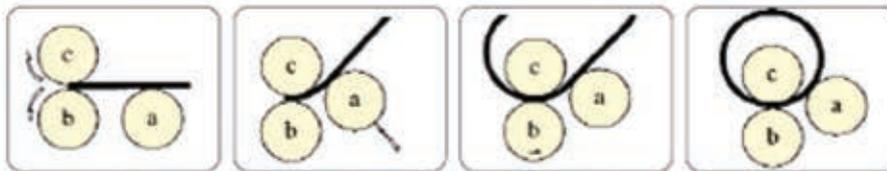
ep	V	Ri	b	F Kn/m	165°	150°	135°	120°	105°	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	<= α
2	10	1.6	7	270	-0.4	-0.8	-1.3	-1.9	-2.7	-3.7	-3.2	-2.6	-2	-1.4	-0.9	-0.3)
	12	2	8.5	220	-0.4	-0.8	-1.2	-1.8	-2.7	-3.8	-3.1	-2.5	-1.8	-1.1	-0.4	-0.3	
	16	2.6	11	170	-0.3	-0.7	-1.2	-1.9	-2.7	-4	-3.1	-2.3	-1.4	-0.5	-0.3	+1.2	
	20	3.3	14	130	-0.3	-0.7	-1.2	-1.9	-2.8	-4.2	-3.2	-2.1	-1	0	+1.1	+2.2	
	25	4	17.5	110	-0.3	-0.7	-1.2	-1.9	-2.9	-4.5	-3.2	-1.9	-0.7	+0.6	+1.8	+3.1	
2.5	12	2	8.5	350	-0.5	-1	-1.6	-2.3	-3.3	-4.7	-4	-3.2	-2.5	-1.8	-1.1	-0.4	ΔL
	16	2.6	11	260	-0.5	-0.9	-1.5	-2.3	-3.3	-4.8	-3.9	-3	-2.1	-1.2	-0.3	+0.6	
	20	3.3	14	210	-0.4	-0.9	-1.5	-2.3	-3.4	-5	-3.9	-2.8	-1.7	-0.6	+0.5	+1.6	
	25	4	17.5	170	-0.4	-0.9	-1.5	-2.3	-3.5	-5.2	-3.9	-2.6	-1.4	-0.1	+1.2	+2.5	
	32	5	22	130	-0.4	-0.9	-1.5	-2.4	-3.6	-5.6	-4	-2.4	-0.8	+0.7	+2.3	+3.9	
3	16	2.6	11	380	-0.6	-1.2	-1.9	-2.8	-4	-5.7	-4.7	-3.8	-2.9	-2	-1.1	-0.1)
	20	3.3	14	300	-0.5	-1.1	-1.8	-2.8	-4	-5.8	-4.7	-3.6	-2.5	-1.3	-0.2	+0.9	
	25	4	17.5	240	-0.5	-1.1	-1.8	-2.8	-4.1	-6	-4.7	-3.4	-2.1	-0.7	-0.6	+1.9	
	32	5	22	190	-0.5	-1.1	-1.8	-2.8	-4.2	-6.3	-4.7	-3.1	-1.5	+0.1	+1.7	+3.3	
	40	6.5	28	150	-0.5	-1	-1.8	-2.9	-4.5	-6.8	-4.8	-2.8	-0.8	+1.3	+3.3	+5.3	

TABLEAU PLASMA

TABLEAU PLASMA « Precision Plasmarc »				
Matière	Acier Inoxydable			
Ampère	50A			
Epaisseur	3	5	6	10
Délai Moyen du déplacement rapide + Perçage (sec.)	2.3	2,5	2.6	2,9
Remonter Après Perçage (sec.)	0.1	0.1	0.1	0.1
Vitesse de Déplacement				
mm/min	2286	1524	1016	558

- Temps de manutention à la mise en place d'une tôle = 3 min.
- Temps de manutention d'évacuation des pièces après découpe tôle = 4 min.
- Prix HT de l'heure de découpage 55€/h
- TVA 20 %

Types Machines de roulage

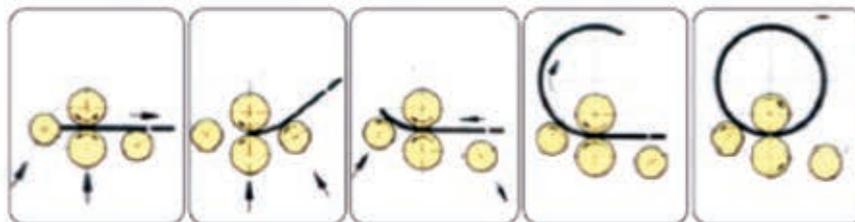


Version A3

Long. rtx	Modèle	Long. utile	Épais. croquage	Épais. roulage	# Rtx sup. et inf.	# Rtx formeur	# mini virole	Puiss. kW
1000	A35-10/1,2	1030	1,2	1,5	60	78	80	0,55
	A38-10/2	1030	2,0	2,5	78	78	100	0,55
	A39-10/3	1030	3,0	3,5	90	90	120	0,74
1300	A38-13/1,5	1330	1,5	2,0	78	78	100	0,55
	A39-13/2,5	1330	2,5	3,0	90	90	120	0,74
1500	A38-15/1,3	1530	1,3	1,5	78	78	110	0,55
	A39-15/2	1530	2,0	2,5	90	90	120	0,74
2000	A38-20/0,7	2030	0,7	1	78	78	100	0,55
	A39-20/1	2030	1	1,2	90	90	120	0,74
	A39-20/2	2030	2,0	3,0	115	115	150	1,10

Version A31

1000	A312-10/4	1050	4,0	5,0	110	115	145	1,1
	A311-10/5	1050	5,0	6,0	115	115	150	1,5
	A313-10/6	1050	6,0	7,0	130	130	170	3,0
	A314-10/7	1050	7,0	8,0	150	140	195	3,0
	A315-10/8	1050	8,0	9,0	170	160	220	4,0
1500	A312-15/3	1550	3,0	4,0	115	115	150	1,1
	A311-15/4	1550	4,0	5,0	120	115	155	1,5
	A313-15/5	1550	5,0	6,0	130	130	170	3,0
	A314-15/6	1550	6,0	7,0	150	140	195	3,0
	A315-15/7	1550	7,0	8,0	170	160	220	4,0
2000	A312-20/2	2050	2,0	3,0	115	115	195	1,1
	A313-20/3	2050	3,0	4,0	130	130	170	3,0
	A314-20/4	2050	4,0	5,0	150	140	195	3,0
	A315-20/5	2050	5,0	6,0	170	160	220	4,0
	A316-20/6	2050	6,0	7,0	190	190	250	4,0



Version Q

Long. rtx	Modèle	Long. utile	Épais. croquage	Épais. roulage	# Rtx sup. et inf.	# Rtx formeur	# mini virole	Puiss. kW
1000	Q412-10/4	1050	4,0	5,0	110	110	145	1,0
	Q411-10/5	1050	5,0	6,0	115	115	150	1,5
	Q413-10/6	1050	6,0	7,0	130	130	170	3,0
	Q414-10/7	1050	7,0	8,0	150	140	195	3,0
	Q415-10/8	1050	8,0	9,0	170	160	220	4,0
1500	Q412-15/3	1550	3,0	4,0	115	115	150	1,0
	Q411-15/4	1550	4,0	5,0	120	115	155	1,5
	Q413-15/5	1550	5,0	6,0	130	130	170	3,0
	Q414-15/6	1550	6,0	7,0	150	140	195	3,0
	Q415-15/7	1550	7,0	8,0	170	160	220	4,0
2000	Q412-20/2	2050	2,0	3,0	115	115	150	1,1
	Q413-20/3	2050	3,0	4,0	130	130	170	3,0
	Q414-20/4	2050	4,0	5,0	150	140	195	3,0
	Q415-20/5	2050	5,0	6,0	170	160	220	4,0

PV de QMOS

Examineur ou organisme d'inspection

Réf :

Descriptif de mode opératoire
du constructeur ou fabricant

Réf :

Constructeur ou fabricant :

Adresse :

Code /norme d'essai applicable : NF EN 288-1

Date de soudage : 00/00/0000

Etendue de la qualification : /

Procédé de soudage : 141

Type de joint : bout à bout

Matériaux de base : X2CrNi19-11

Epaisseur matériau(x) de base : 3 mm.

Diamètre matériau(x) de base : /

Type de matériau(x) d'apport : ISO 14343-A W 23-12L (TIG 24/12) Ø 2.4

Gaz/flux de protection :

Type de courant : DC

Position de soudage : PA

Préchauffage : /

Traitement thermique après soudage et ou vieillissement : /

Autres remarques : /

Certifie que les assemblages d'essais sont préparés, soudés et testés conformément aux exigences du code / de la norme d'essai ci-dessus indiqué.

Lieu: xxxxxxxxxx. Date d'émission: xxxxxxxxxxxxxx Nom, date et signature: xxxxxxxxxx

Examineur ou organisme d'inspection: xxxxxxxxxxxxxxxx

Rappel

$$\text{Énergie de soudage en } KJ \cdot cm^{-1} \quad En = \frac{60 U \cdot I}{1000 \cdot V}$$

En : Energie de soudage en $KJ \cdot cm^{-1}$
 U : Tension de soudage en Volts
 I : Intensité de soudage en Ampères
 V : Vitesse de soudage en $cm \cdot min^{-1}$

Intensité : 100A
 Tension : 12.7 Volts
 Vitesse d'avance $10 \text{ cm} \cdot min^{-1}$

Procédés

SMAW = Electrode Enrobée

GTAW = Tungstène Inert Gas

GMAW = Metal Inert Gas / Metal Active Gas (fil massif)

FCAW = Metal Inert Gas / Metal Active Gas (fil fourré)

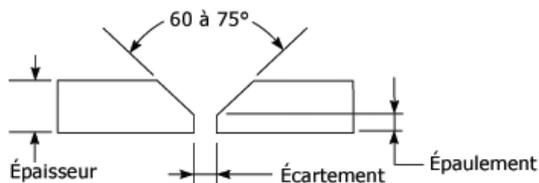
Schémas de préparation des bords

a) Bords droits pour les tuyaux dont l'épaisseur est inférieure à 4 mm



$$\text{Écartement} = \frac{\text{Épaisseur (maximum)}}{2}$$

b) Bords chanfreinés en V pour les tuyaux dont l'épaisseur est supérieure ou égale à 4 mm



L'écartement varie entre 2,4 à 3,2 mm au maximum
 L'épaulement varie de 1,6 à 3,2 mm au maximum

Préconisation des Gaz de protection

Procédé TIG (soudage "à l'argon")			
Epaisseur à souder	Vous voulez souder	Gaz conseillés	Composition
< 2 mm	de l'acier	ARCAL 1 ARCAL 31	Ar Ar/He
	de l'acier inoxydable	ARCAL 1 ARCAL 31 ARCAL 10*	Ar Ar/He Ar/H ₂
	de l'aluminium	ARCAL 1 ARCAL 31	Ar Ar/He
2 à 4 mm	de l'acier	ARCAL 1 ARCAL 10*	Ar Ar/H ₂
	de l'acier inoxydable	ARCAL 1 ARCAL 10* ARCAL 15* ARCAL 11*	Ar Ar/H ₂ Ar/H ₂
	de l'aluminium	ARCAL 31 ARCAL 32 ARCAL 37	Ar/He

Endroit : débit : 6 à 8 l·min⁻¹
 Envers : Azote 3 à 5 l·min⁻¹

* sur acier inoxydable austénitique uniquement et acier non trempant.

		GAZ	Arcal 1	Arcal 10	Arcal 11	Arcal 15	Arcal 31	Arcal 32	Arcal 37
Productivité	Vitesse de soudage								
	Pénétration								
Qualité assemblage	Aspect								
	Mouillage								
	Compacité								
Condition de travail	Stabilité d'arc								
	Polyvalence								
	Matériaux								
	Positons								
	Effluents gazeux nocifs (NOx-O ₃)								

<div style="background-color: #333; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> Préconisé	<div style="background-color: #666; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> Recommandé	<div style="background-color: #ccc; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> Conseillé	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; display: inline-block; text-align: center; line-height: 10px;">●</div> A éviter sur les matériaux présentant des risque de tremp
--	---	--	---

Eurocode 3 Calcul des structures en acier

Partie 1-8 : Calcul des assemblages – Attache par boulons, rivets ou axes d'articulation.

Les symboles suivants sont utilisés dans la présente norme :

- d diamètre nominal du boulon, diamètre de l'axe d'articulation ou diamètre de la fixation ;
- d_0 diamètre du trou pour un boulon, un rivet ou un axe d'articulation ;
- e_1 pince longitudinale entre le centre d'un trou de fixation et le bord adjacent d'une pièce quelconque, mesurée dans la direction de l'effort transmis, voir Figure 3.1 ;
- e_2 pince transversale entre le centre d'un trou de fixation et le bord adjacent d'une pièce quelconque, perpendiculairement à la direction de l'effort transmis, voir Figure 3.1 ;
- f_{ub} résistance à la traction des boulons ;
- f_u résistance à la traction de la pièce ;
- f_{yb} limite d'élasticité des boulons ;
- n nombre de surfaces de frottement ou nombre de trous de fixation dans le plan de cisaillement ;
- p_1 entraxe des fixations dans une rangée dans la direction de la transmission des efforts, voir
- p_2 pince, mesurée perpendiculairement à la direction de la transmission des efforts, entre des rangées de fixations adjacentes,
- t épaisseur de la pièce ;
- A aire de la section de tige lisse du boulon ;
- A_s aire résistante du boulon ou de la tige d'ancrage ;
- $F_{v,Rd}$ résistance de calcul au cisaillement par boulon ;
- $F_{b,Rd}$ résistance de calcul en pression diamétrale par boulon ;
- $F_{v,Ed}$ effort de cisaillement de calcul par boulon à l'état limite ultime ;

Diamètre des trous d_0
Diamètre du boulon d

d	d_0
M 12, 14	$d+1$
M 16 à 24	$d+2$
>M 27	$d+3$

Résistance à la traction des pièces

Acier	S235	S275	S355
f_u en Mpa	360	430	510

Tableau 2 - Aire résistante des boulons

Diamètre nominal d_b (mm)	Aire nominale A (mm ²)	Aire résistante A_s (mm ²)
8	50,3	36,6
10	78,5	58,0
12	113	84,3
14	154	115
16	201	157
18	254	192
20	314	245
22	380	303
24	452	353
27	573	459
30	707	561

Tableau 2.1 — Coefficients partiels pour les assemblages

Résistance des barres et sections transversales	γ_{M0} - γ_{M1} et γ_{M2} voir l'EN 1993-1-1
Résistance des boulons	γ_{M2}
Résistance des rivets	
Résistance des axes d'articulation	
Résistance des soudures	
Résistance des plaques en pression diamétrale	
Résistance au glissement	γ_{M3}
— à l'état limite ultime (catégorie C)	
— à l'état limite de service (catégorie B)	$\gamma_{M3,ser}$
Résistance en pression diamétrale d'un boulon injecté	γ_{M4}
Résistance des assemblages dans une poutre à treillis en profils creux	γ_{M5}
Résistance des axes d'articulation à l'état limite de service	$\gamma_{M6,ser}$
Précontrainte des boulons à haute résistance	γ_{M7}
Résistance du béton	γ_c voir l'EN 1992
NOTE Les valeurs numériques pour γ_M peuvent être définies dans l'Annexe Nationale. Les valeurs recommandées sont les suivantes : $\gamma_{M2} = 1,25$; $\gamma_{M3} = 1,25$ et $\gamma_{M3,ser} = 1,1$; $\gamma_{M4} = 1,0$; $\gamma_{M5} = 1,0$; $\gamma_{M6,ser} = 1,0$; $\gamma_{M7} = 1,1$.	

(3)P Les assemblages soumis à la fatigue doivent également satisfaire les principes donnés dans l'EN 1993-1-9.

Catégories d'attaches boulonnées en cisaillement

(1) Il convient que la conception et le calcul des attaches boulonnées sollicitées au cisaillement soient réalisés conformément à l'une des catégories suivantes.

a) Catégorie A : Travaillant à la pression diamétrale

Dans cette catégorie, il convient d'utiliser des boulons de classes allant de 4.6 à 10.9 comprises. Il n'est exigé aucune précontrainte ni aucune disposition particulière pour les surfaces en contact.

b) Catégorie B : Résistant au glissement à l'état limite de service

Dans cette catégorie, il convient d'utiliser des boulons précontraints de classes 8.8 et 10.9. Il convient qu'aucun glissement ne se produise à l'état limite de service.

c) Catégorie C : Résistant au glissement à l'état limite ultime

Dans cette catégorie, il convient d'utiliser des boulons précontraints de classes 8.8 et 10.9. Il convient qu'aucun glissement ne se produise à l'état limite ultime.

Les vérifications de calcul pour ces attaches sont résumées dans le Tableau 3.2.

Tableau 3.1 — Valeurs nominales de limite d'élasticité f_{yb} et de résistance ultime à la traction f_{ub} pour les boulons

Classe de boulon	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1 000

NOTE L'Annexe Nationale peut exclure certaines classes de boulons.

Tableau 3.2 — Catégories d'attaches boulonnées

Catégorie	Critères	Remarques
Attaches en cisaillement		
A Pression diamétrale	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Aucune précontrainte exigée. Toutes classes de 4.6 à 10.9.
B Résistant au glissement à l'ELS	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Boulons précontraints 8.8 ou 10.9 requis. Pour résistance au glissement à l'ELS, voir 3.9
C Résistant au glissement à l'ELU	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Boulons précontraints 8.8 ou 10.9 requis. Pour résistance au glissement à l'ELU, voir 3.9 $N_{net,Rd}$ voir 3.4.1(1)c)

Tableau 3.3 — Pincés longitudinales et transversales, entraxes minimum et maximum

Distances et entraxes voir Figure 3.1	Minimum	Maximum ^{1) 2) 3)}		
		Structures réalisées en aciers conformes à l'EN 10025 à l'exception des aciers conformes à l'EN 10025-5		Structures réalisées en aciers conformes à l'EN 10025-5
		Acier exposé aux intempéries ou autres influences corrosives	Acier non exposé aux intempéries ou autres influences corrosives	Acier utilisé sans protection
Pince longitudinale e_1	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Maximum de $8t$ ou 125 mm
Pince transversale e_2	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Maximum de $8t$ ou 125 mm
Distance e_3 pour les trous oblongs	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Distance e_4 pour les trous oblongs	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Entraxe p_1	$2,2d_0$	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t_{min}$ ou 175 mm
Entraxe $p_{1,0}$		Minimum de $14t$ ou 200 mm		
Entraxe $p_{1,j}$		Minimum de $28t$ ou 400 mm		
Entraxe p_2 ⁵⁾	$2,4d_0$	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t_{min}$ ou 175 mm

- 1) Il n'y a pas de valeurs maximales d'entraxe, de pincés longitudinale et transversale, sauf dans les cas suivants :
 - pour les barres comprimées afin d'éviter le voilement local et prévenir la corrosion dans les barres exposées et ;
 - pour les barres tendues exposées afin de prévenir la corrosion.
- 2) Il convient de calculer la résistance au voilement local de la plaque comprimée entre les fixations conformément à l'EN 1993-1-1 en utilisant $0,6 p_1$ comme longueur de flambement. Il est inutile de vérifier le voilement local entre les fixations si p_1 n'est inférieur à $9t$. Il convient que la pince transversale n'exécède pas les exigences concernant le voilement local pour un élément en console dans les barres comprimées, voir l'EN 1993-1-1. La pince longitudinale n'est pas affectée par cette exigence.
- 3) t est l'épaisseur de la pièce attachée extérieure la plus mince.
- 4) Les limites dimensionnelles des trous oblongs sont données en 1.2, Normes de Référence : Groupe 7.
- 5) Pour les rangées de fixations en quinconce, un écartement minimum entre rangées $p_{1,0}$ peut être utilisé, à condition que la distance minimum, L , entre deux fixations quelconques soit supérieure ou égale à $2,4d_0$ voir Figure 3.1 (b).

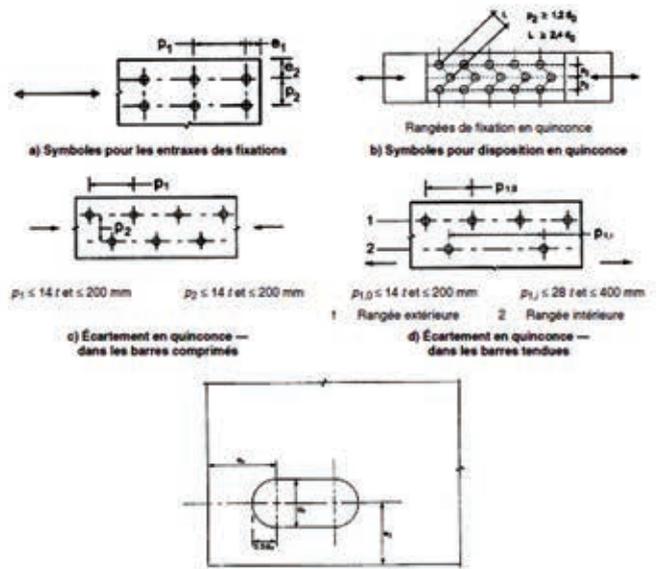


Figure 3.1 — Symboles pour les pincés transversale et longitudinale et pour l'espacement des fixations

Tableau 3.4 — Résistance de calcul individuelle pour les fixations sollicitées au cisaillement et/ou à la traction

Mode de ruine	Boulons	Rivets
Résistance au cisaillement par plan de cisaillement	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{cd} A}{\gamma_{M2}}$ — lorsque le plan de cisaillement passe par la partie fileté du boulon (A est l'aire de la section résistante en traction du boulon A_s) : <ul style="list-style-type: none"> - pour les classes 4.6, 5.6 et 8.8 : $\alpha_v = 0,6$ - pour les classes 4.8, 5.8, 6.8 et 10.9 : $\alpha_v = 0,5$ — lorsque le plan de cisaillement passe par la partie non fileté du boulon (A est l'aire de la section brute du boulon) : $\alpha_v = 0,6$	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{vR} A_0}{\gamma_{M2}}$
Résistance en pression diamétrale ^{1) 2) 3)}	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_s f_u d t}{\gamma_{M2}}$ où α_s est la plus petite des valeurs de α_s : $\frac{f_{cd}}{f_u}$ ou $1,0$; dans la direction des efforts : <ul style="list-style-type: none"> — pour boulons de rive : $\alpha_s = \frac{e_1}{3d_0}$; pour boulons intérieurs $\alpha_s = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$ perpendiculairement à la direction des efforts : <ul style="list-style-type: none"> — pour boulons de rive : k_1 est la plus petite valeur de $(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7)$ et $2,5$ — pour boulons intérieurs : k_1 est la plus petite valeur de $(1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7)$ et $2,5$ 	
Résistance à la traction ²⁾	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{td} A_s}{\gamma_{M2}}$ où $k_2 = 0,63$ pour un boulon à tête traînée, sinon $k_2 = 0,9$.	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{tR} A_0}{\gamma_{M2}}$
Résistance au poinçonnement	$F_{p,Rd} = 0,6 \pi d_{eff} f_p / \gamma_{M2}$	Vérification sans objet
Cisaillement et traction combinés	$\frac{F_{v,Rd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Rd}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	

- 1) La résistance en pression diamétrale $F_{b,Rd}$ pour les boulons utilisés :
 - dans des trous surdimensionnés, est $0,8$ fois la résistance en pression diamétrale des boulons utilisés dans des trous normaux.
 - dans des trous oblongs, lorsque l'axe longitudinal du trou oblong est perpendiculaire à la direction des efforts, est $0,8$ fois la résistance en pression diamétrale des boulons utilisés dans des trous circulaires normaux.
- 2) Pour les boulons à tête traînée :
 - il convient de calculer la résistance en pression diamétrale $F_{b,Rd}$ avec une épaisseur de plaque t égale à l'épaisseur de la plaque attachée diminuée de la moitié de la profondeur de traîsage.
 - pour la détermination de la résistance à la traction $F_{t,Rd}$ il convient que l'angle et la profondeur de traîsage soient conformes aux dispositions données en 1.2.4, Normes de Référence : Groupe 4, sinon il convient d'adapter la résistance à la traction $F_{t,Rd}$ en conséquence.
- 3) Lorsque la charge appliquée sur un boulon n'est pas parallèle au bord de la pièce, la résistance en pression diamétrale peut être vérifiée séparément pour les composants de l'effort appliqué au boulon parallèlement et perpendiculairement au bord.