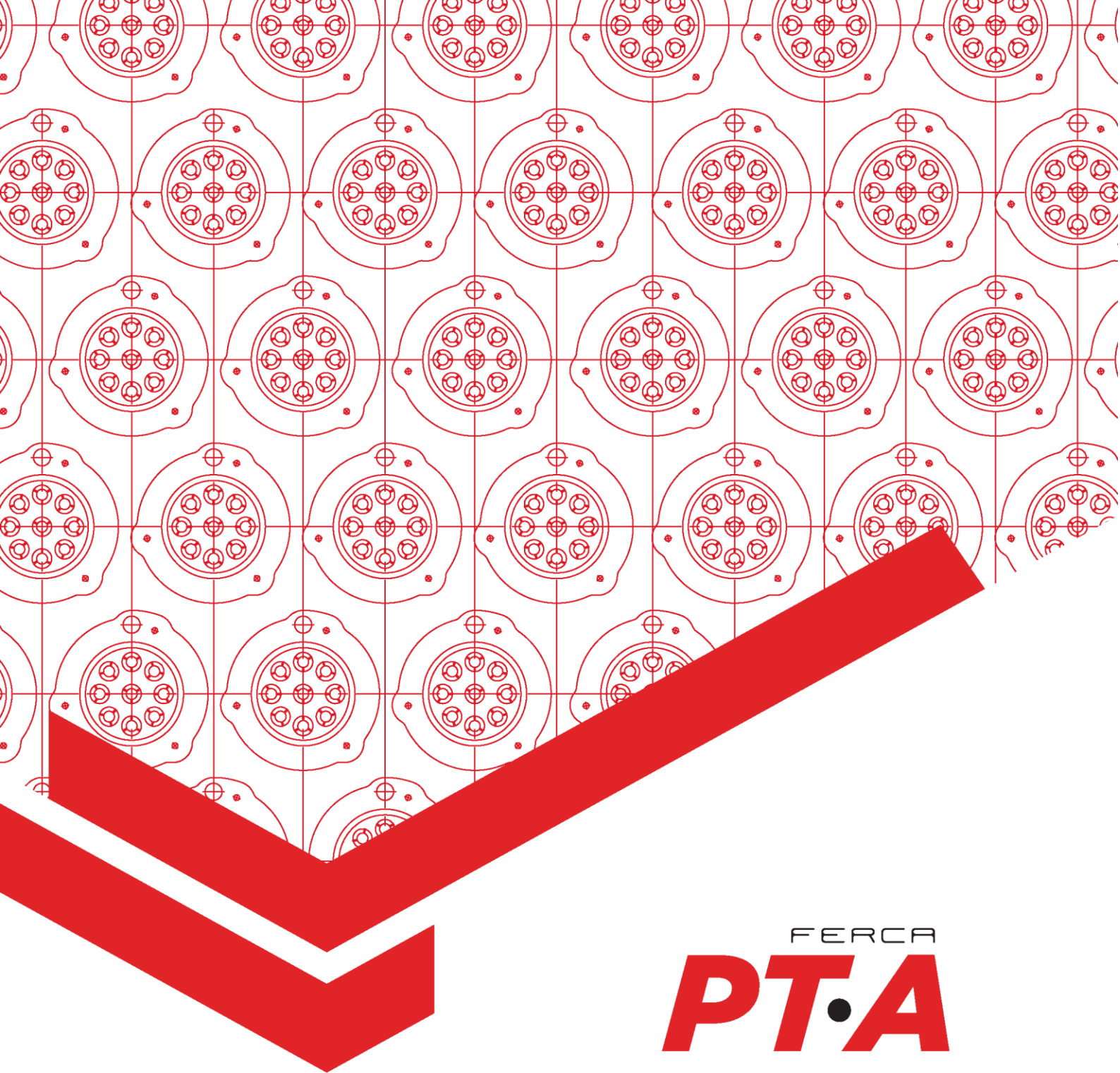


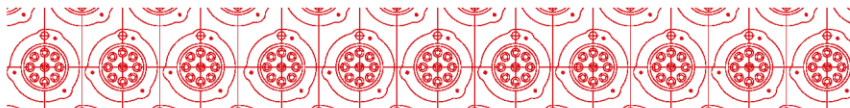


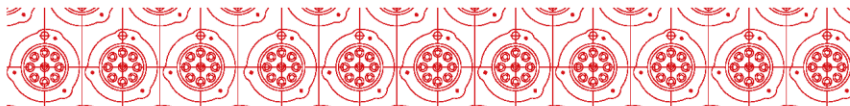
FERCA
PT•A

MANUEL TECHNIQUE *PTA*

RSF – Système Multitoron



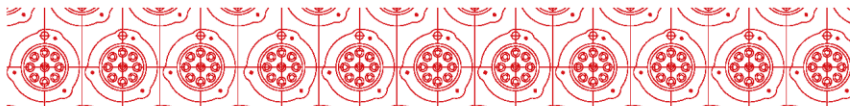




Manuel Technique – Système PTA – Système de Post-Tension Multitoron RSF

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION AU SYSTÈME PTA - RSF.....	4
QUI EST RSF?	5
SYSTÈMES RSF	5
QUALITÉ RSF	7
POURQUOI UTILISER LA POST-TENSION.....	8
PRINCIPES.....	9
SYSTÈMES.....	9
AVANTAGES	10
ACIER	12
SYSTÈMES RSF-AN/CO/PS – ANCRAGES POUR MULTITORON.....	13
PROTECTION ANTI-CORROSION	17
CONFIGURATION DES ANCRAGES - SYSTÈME AN.....	18
DISTANCES AU BORD ET ENTRE ANCRAGES - SYSTÈME AN.....	19
RENFORTS D'ANCRAGE ET DISTANCES - SYSTÈME AN.....	20
SYSTÈME PS – ANCRAGES PASSIFS PAR ADHÉRENCE.....	23
SYSTÈME CO – COUPLEURS.....	25
GAINES & ACCESSOIRES	27
GAINES MÉTALLIQUES CIRCULAIRES.....	27
GAINES EN POLYÉTHYLÈNE « SP ».....	29
ÉVENT DE PURGE.....	29
TABLE DE DÉCÂBLAGE.....	30
ÉQUIPEMENT	31



VÉRINS HYDRAULIQUES.....	31
POMPES HYDRAULIQUES.....	34
POMPE D'INJECTION.....	35

INTRODUCTION AU SYSTÈME PTA - RSF

Le système **RSF Rudloff Strongforce International** a été développé dans le cadre de la création d'un concept intégré de solutions dans le domaine de la précontrainte, avec application dans les ouvrages d'art, la géotechnique et les bâtiments, permettant d'affirmer le système comme un acteur sur un marché international extrêmement exigeant sur les plans technique et concurrentiel. S'appuyant sur une recherche intensive et une solide expérience dans la production d'ancrages et d'équipements spécifiques destinés à la construction, et appartenant à un groupe du secteur de l'acier, **RSF Rudloff Strongforce International** intervient aujourd'hui dans des domaines tels que :

- Précontrainte des ouvrages d'art ;
- Précontrainte des bâtiments ;
- Systèmes de consolidation géotechnique ;
- Équipements hydrauliques pour le tirage, le poussage, l'injection ou les lignes de production ;
- Appareils d'appui et joints de dilatation pour ponts ;
- Dallages industriels.

Les câbles du Système de **Post-Tension Multitoron RSF** sont composés de faisceaux de torons d'acier à haute résistance et d'ancrages placés à leurs extrémités.

Les torons sont habituellement enveloppés dans une gaine, un fourreau ou un tube. Le vide entre les torons et l'enveloppe peut être rempli d'un matériau destiné à inhiber la corrosion et (dans le cas des câbles adhérents) à solidariser les torons à la structure.

Le **Système Multitoron RSF** est compatible avec des torons nus ainsi qu'avec des torons gainés et protégés individuellement. Habituellement, tous les torons d'un câble sont mis en tension simultanément, chaque toron étant fixé individuellement par une clavette à l'intérieur d'un trou conique d'ancrage. Les clavettes retiennent les torons et permettent de transférer l'effort de mise en tension du vérin hydraulique vers l'ancrage.

L'effort de calcul définit le type et le nombre de torons. Le type d'ancrage est défini par les exigences du projet et par la catégorie d'utilisation. Le Système Multitoron RSF comprend des ancres à 4, 7, 9, 12, 15, 19, 22, 27, 31 et 37 torons. Des unités intermédiaires peuvent être créées en laissant libres certains trous coniques de l'ancrage. Dans ce cas, les torons doivent être disposés de manière à centrer la charge appliquée sur la tête d'ancrage.

Le Système Multitoron RSF est certifié par l'European Organization for Technical Assessment (EOTA), voir le certificat ETA 22/0119 (European Technical Assessment - RSF Multistrand Post-tensioning System), garantissant sa qualité et son aptitude à l'emploi dans les situations et configurations les plus diverses.

L'élaboration de ce « Manuel de Procédures », sous la responsabilité de FERCA, vise à compléter les informations figurant dans les certifications du système. Elle a pour objectif de mieux informer les intervenants, en phase d'études comme en phase de chantier, sur la constitution du système, les procédures associées à chaque phase d'application, la définition de la structure de production et l'identification des risques liés à chaque activité, tout en permettant au maître d'œuvre un meilleur contrôle de l'ensemble du processus de production, depuis le projet d'application jusqu'aux rapports finaux de notre activité.



QUI EST RSF?

RSF (Rudloff StrongForce International) est née d'une joint-venture stratégique entre le brésilien Rudloff Industrial et l'australien StrongForce, la société qui en résulte opérant sous la dénomination Rudloff StrongForce International LLC, dont le siège est à Dubaï, aux Émirats arabes unis. Rudloff Industrial a été fondée à São Paulo, au Brésil, en 1960 ; dès 1954, son fondateur avait produit la première poutre précontrainte du Brésil. Au fil de plus de six décennies, l'entreprise s'est spécialisée dans la post-tension et la fabrication de systèmes et de composants structurels. StrongForce, pour sa part, a été fondée en 1989 dans le Queensland, en Australie, et se consacre depuis plus de trente ans à la conception et à la construction de solutions de post-tension et au renforcement structurel. De cette union naît RSF, une entreprise spécialisée dans l'étude, la conception et la production de systèmes d'ancrage et d'équipements pour leur mise en œuvre sur chantier, qui n'a cessé d'accroître son savoir-faire grâce à un investissement continu dans ce secteur. Au service de ses clients depuis 1965, RSF est présente dans plus de 60 pays et sur les six continents, avec plus de 600 ouvrages de génie civil, plus de 850 tours éoliennes et plus de 26 millions de mètres carrés de bâtiments réalisés, et jouit d'une forte implantation tant sur ses marchés d'origine qu'à l'international.



SYSTÈMES RSF

Les systèmes de post-tension multitoron de RSF, destinés aux ponts, viaducs et grands ouvrages, ont obtenu l'Agrément Technique Européen ETA 22/0119, au titre duquel ils portent le marquage CE conformément au guide ETAG 013 et à l'EAD correspondant. Le système RSF Multistrand est un système de post-tension interne adhérente, non adhérente ou externe, de 4 à 37 torons, disponible en toron de 0,5" et de 0,6", et comprend des ancrages actifs (AN), des ancrages passifs (PS) et des coupleurs (CO). Il est destiné aux caissons et poutres de ponts (préfabriqués ou coulés en place), aux piles et tables de transition, aux poutres de bâtiments, ainsi qu'aux structures de rétention telles que réservoirs, cuves et silos.

Les systèmes de post-tension pour dalles et planchers de RSF — le système RSF Slab — sont destinés à l'emploi de monotoron en systèmes adhérents ou non adhérents et bénéficient de l'Agrément Technique Européen ETA 22/0120,

couvrant des configurations de 1 à 5 torons. RSF propose du monotoron non adhérent de 0,5" et 0,6" et, en particulier, des ancrages de monotoron encapsulés, qui introduisent sur le marché une protection totale contre la corrosion.

En somme, l'entreprise a toujours eu pour objectif d'offrir à ses clients des produits plus performants, plus durables et plus respectueux de l'environnement, appuyés sur des systèmes certifiés au niveau européen (EOTA) et conformes aux principaux codes et normes internationaux applicables aux projets de bâtiment, d'infrastructure civile et de géotechnique.



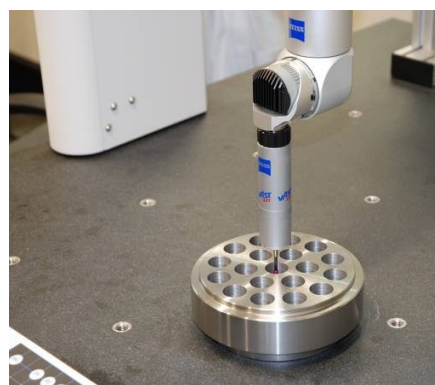
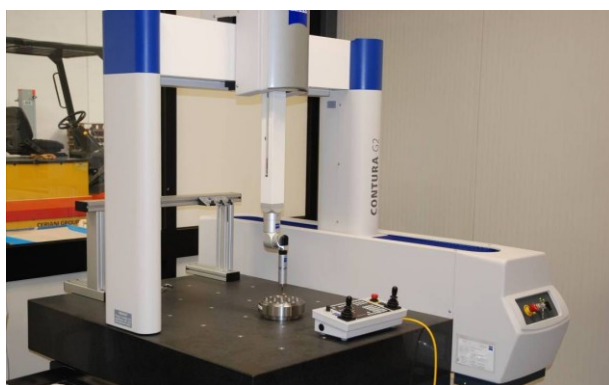
Dans le domaine des systèmes pour applications géotechniques, RSF propose des systèmes d'ancrage par toron et par barre, pour des applications temporaires et permanentes, destinés à la stabilisation d'infrastructures et à l'amélioration des sols. Les systèmes d'ancrage au terrain de RSF respectent la norme européenne EN 1537 (« Exécution de travaux géotechniques spéciaux – Tirants d'ancrage »). L'entreprise distingue les ancrages en sol des ancrages en rocher, couvrant des applications allant du soutènement des excavations (rideaux de palplanches, palplanches avec parois moulées, murs de soutènement en béton) à la reprise des efforts de soulèvement, en passant par la stabilisation de fondations excentrées, de talus naturels ou excavés, de barrages et de fondations de ponts, ainsi que par l'ancrage de tours éoliennes. Pour les ancrages en rocher, la longueur libre peut rester non adhérente, ce qui permet la vérification et le retensionnage de l'ancrage à tout moment, sous réserve d'assurer une protection adéquate contre la corrosion de la tête d'ancrage et de la longueur libre.



QUALITÉ RSF

Un produit s'entendant comme la somme des processus, des ressources et des connaissances qui lui donnent naissance, leur niveau de qualité est intrinsèquement lié à l'excellence de l'organisation dans ses différents aspects et à l'orientation des investissements nécessaires dans la recherche résolue de tels objectifs.

Aujourd'hui, atteindre un niveau de qualité élevé de ses produits et services étant absolument central dans la stratégie de l'entreprise, RSF opère sous les certifications ISO 9001 (qualité), ISO 14001 (environnement) et ISO 45001 (sécurité et santé au travail), Rudloff ayant mis en place un Système de Management Intégré certifié selon l'ISO 9001. L'entreprise applique des procédures rigoureuses de contrôle qualité (QA/QC) et maintient un engagement permanent envers des pratiques de fabrication de haut niveau.



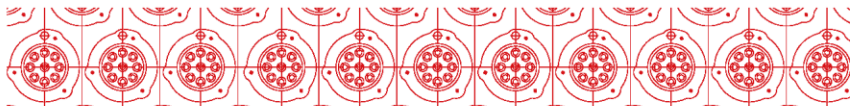
En complément, chaque fois que nécessaire, RSF fournit des services d'OEM, en fabriquant des produits selon les spécifications exactes des clients, et met à disposition une équipe technique qualifiée d'ingénieurs et de spécialistes qui assure un accompagnement tout au long de la chaîne d'approvisionnement, y compris la maintenance des équipements et le support technique après-vente, afin de garantir le niveau de qualité exigé pour chaque pièce produite.

POURQUOI UTILISER LA POST-TENSION

Au cours de la dernière décennie, l'architecture a pris un rôle central dans le processus d'investissement immobilier : elle est à l'origine de nombreux facteurs distinctifs des projets et représente à ce titre une valeur ajoutée essentielle à leur succès. Cette évolution trouve ses racines dans la société elle-même, qui valorise aujourd'hui non seulement le confort et les fonctionnalités des espaces, mais aussi l'image et le rayonnement social qu'ils procurent. Ce changement de paradigme s'est accompagné d'une profonde évolution des concepts de dimensionnement des structures : on valorise désormais davantage la capacité de la solution structurelle à rendre possible la créativité de l'architecte que les seuls critères technico-économiques. La précontrainte, qui permet de réaliser des structures élancées et audacieuses, répond aux exigences actuelles ; son application aux bâtiments devient donc de plus en plus courante et devrait poursuivre son essor.

Le recours à des systèmes de précontrainte contribue également à une amélioration significative des différents paramètres de qualité d'une structure, non seulement au niveau des procédés, mais aussi de sa durabilité et de ses performances.

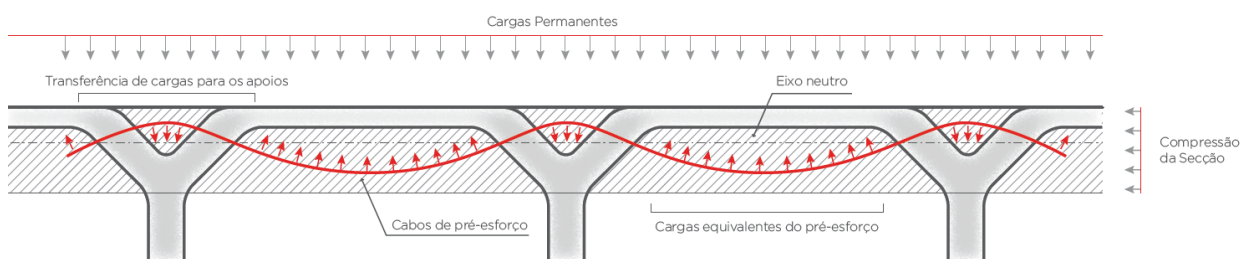




PRINCIPES

Nés de la nécessité de garantir de grandes portées dans les ouvrages d'art, les systèmes de précontrainte, appliqués par la suite aux bâtiments, représentent une innovation dans la conception des structures en introduisant un élément actif au sein des éléments structurels.

Constitués de torons d'acier à haute résistance, les câbles de précontrainte sont installés à l'intérieur de la dalle et fixés à leurs extrémités dans des ancrages, puis mis en tension à l'aide d'un équipement hydraulique conçu à cet effet. Grâce à leur courbure en élévation et en plan, l'application d'efforts sur les câbles permet de transmettre à la section de la dalle des actions opposées aux effets des charges gravitaires. Les charges équivalentes ainsi créées assurent l'équilibre partiel des sollicitations de calcul et créent une compression généralisée de la section de la dalle, qui permet de réduire les armatures passives, d'éliminer les joints et d'accroître la contribution de la section de béton à la résistance globale de la dalle.



SYSTÈMES

Les systèmes de précontrainte se distinguent essentiellement selon leur adhérence au béton — d'où les appellations système adhérent et non adhérent — et, au sein de ceux-ci, on peut encore identifier l'emploi du monotoron ou du multitoron.

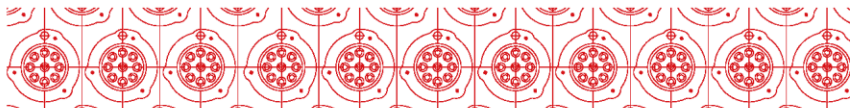
Dans le cas des systèmes non adhérents, l'acier est fourni à l'intérieur d'une gaine plastique et il n'y a pas d'injection ultérieure ; dans les systèmes adhérents, l'acier est fourni en toron et introduit dans une gaine ensuite injectée d'un coulis de ciment qui lui confère une adhérence totale à la section de béton environnante.

Du point de vue de l'emploi, on peut également identifier les systèmes de monotoron non adhérent comme les plus fréquemment appliqués aux éléments élancés, tels que les dalles dans la construction de bâtiments, et le multitoron adhérent aux ouvrages d'art et, plus généralement, aux éléments structurels de plus grandes dimensions.

Le monotoron auto-gainé est un **système non adhérent** couramment utilisé dans les bâtiments, où les câbles de précontrainte sont constitués d'un unique toron revêtu d'une gaine en polyéthylène remplie d'un produit lubrifiant. Ce système permet de plus grandes excentricités, de moindres pertes par frottement et une plus grande souplesse des tracés.

Le multitoron en gaine plate ou circulaire est un **système adhérent** où les câbles de précontrainte sont constitués de plusieurs torons non revêtus, introduits dans une gaine métallique ensuite injectée d'un coulis de ciment approprié. Ce système permet de mobiliser, à l'État Limite Ultime, la résistance maximale de l'acier de précontrainte.

Pour le système **PTA-RSF Multitoron PT**, le système adhérent est utilisé.



AVANTAGES

Les avantages de l'application de systèmes de précontrainte relèvent de considérations d'ordre structurel — au niveau des portées, de l'élancement et des performances — ainsi que d'ordre économique et environnemental.

Comportement

- Augmentation des portées libres,
- Réduction du nombre de poteaux ;
- Réduction du poids propre de la structure ;
- Diminution de l'épaisseur des dalles ;
- Meilleur contrôle de la déformabilité ;
- Amélioration de la résistance au poinçonnement ;
- Réduction ou élimination des joints ;
- Amélioration du comportement sismique ;
- Amélioration du comportement au retrait ;

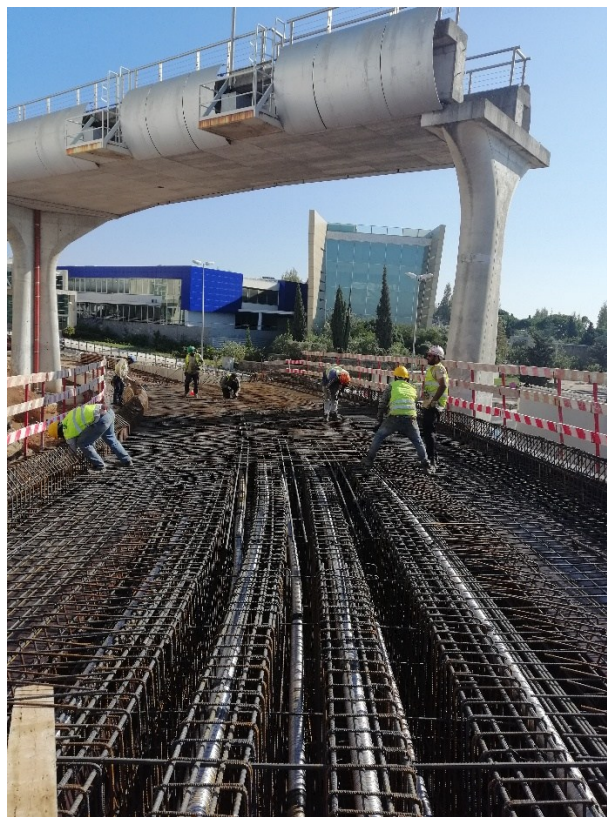
Économie

- Réduction de la consommation de béton et d'acier ;
- Économies sur les éléments verticaux et les fondations ;
- Valorisation commerciale des vastes espaces créés ;
- Augmentation du nombre de places de stationnement par m² ;

Durabilité

- Réduction des émissions de CO₂ ;
- Meilleure efficacité dans l'utilisation des ressources naturelles.





ACIER

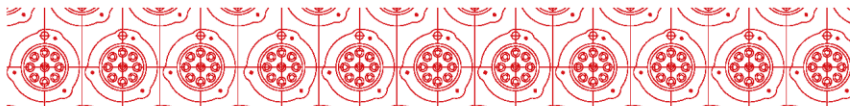
Les armatures de précontrainte sont constituées de torons à 7 fils et se caractérisent par des valeurs de résistance élevées et de faibles coefficients de relaxation. En général, les aciers de précontrainte sont désignés comme normal (T15), super (T15S) et compact (T15C), auxquels correspondent des sections de 140, 150 et 165 mm² respectivement. Pour plus d'informations, consultez la norme européenne EN 10138.

Tous les systèmes d'ancrage produits par *RSF RUDLOFF STRONGFORCE* sont certifiés par l'European Technical Approval pour les trois types d'acier présents sur le marché.



Diamètre	Norme	Type d'acier	Diamètre nominal	Section nominale	Masse g/m	Force de rupture P _{tk}	Limite élastique à 1 % P _{t0,1k}	Relaxation 1000 h	
			mm	mm ²		kN	kN	%	%
0.6" / T15	EN 10138	Normal	15.2	140	1095	260	230	2.5	4.5
0.6" / T15S	EN 10138	Super	15.7	150	1170	279	248	2.5	4.5
0.6" / T15C	EN 10138	Compact	15.2	165	1290	300	264	2.5	4.5

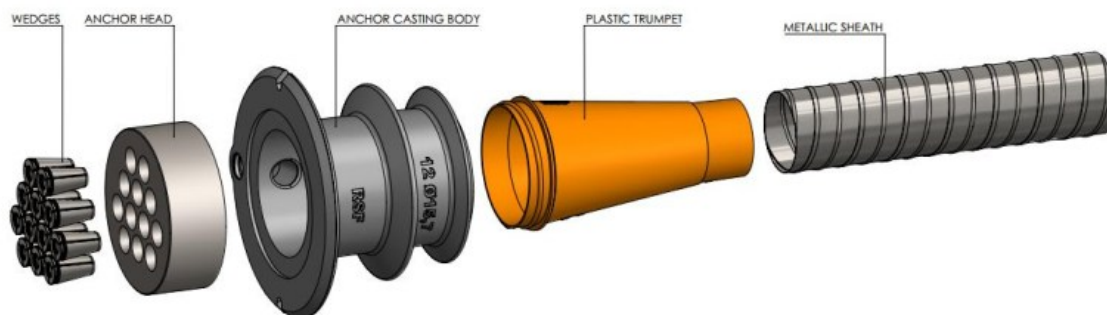
Module d'élasticité = 195 +/- 10 kN/mm²



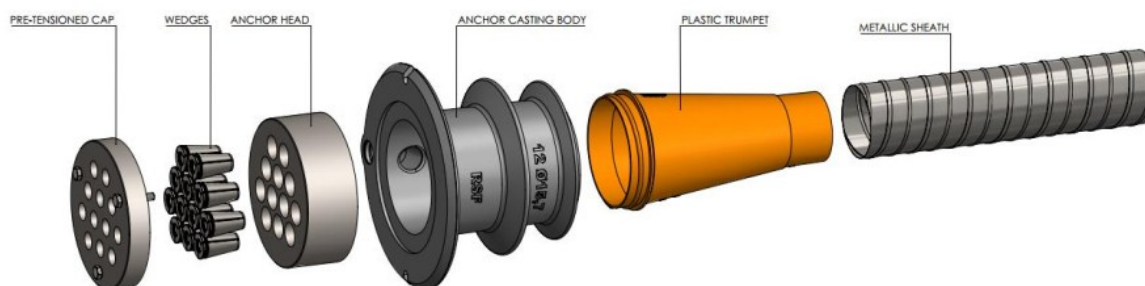
SYSTÈMES RSF-AN/CO/PS – ANCRAGES POUR MULTITORON

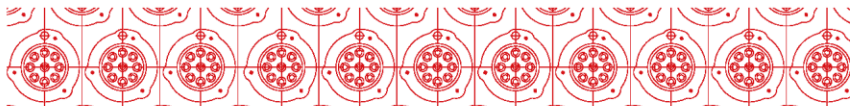
Le système multitoron de RSF — *RSF Multistrand Post-tensioning System* — a été conçu pour satisfaire intégralement le document d'évaluation européen EAD 160004-00-0301 (dans le cadre du guide ETAG 013) et bénéficie de l'Agrément Technique Européen ETA 22/0119, délivré par l'ITeC. Il s'agit d'un système de post-tension interne adhérente, de 4 à 37 torons, couvrant le toron de 0,5" (12,7 mm), 0,6" (15,2 mm) et 0,62" (15,7 mm), avec des efforts maximaux de précontrainte ($0,9 \cdot F_{p0,1}$) allant de 743 kN (5Ø12,7) à 8 192 kN (37Ø15,7). L'ancrage actif (AN) est constitué d'une tête d'ancrage, d'un corps d'ancrage moulé et de clavettes ; le système comprend également des ancrages passifs (PS) et des coupleurs (CO). La conception a été validée par des essais qui, dans le cadre de cet ETA, vérifient la résistance aux charges statiques, la résistance à la fatigue, la capacité de transfert de charge vers la structure, les pertes par frottement, la résistance à la corrosion et le comportement au feu.

- Ancrage RSF NA actif

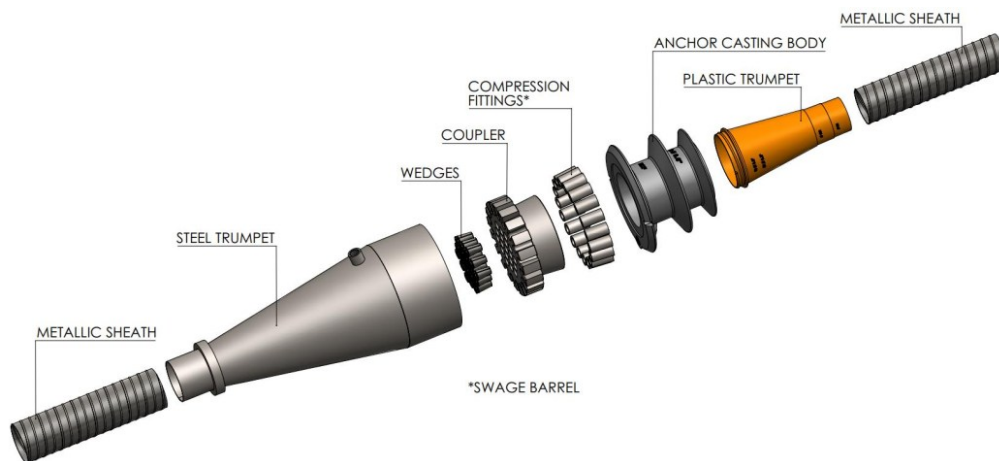


- Ancrage RSF NA passif

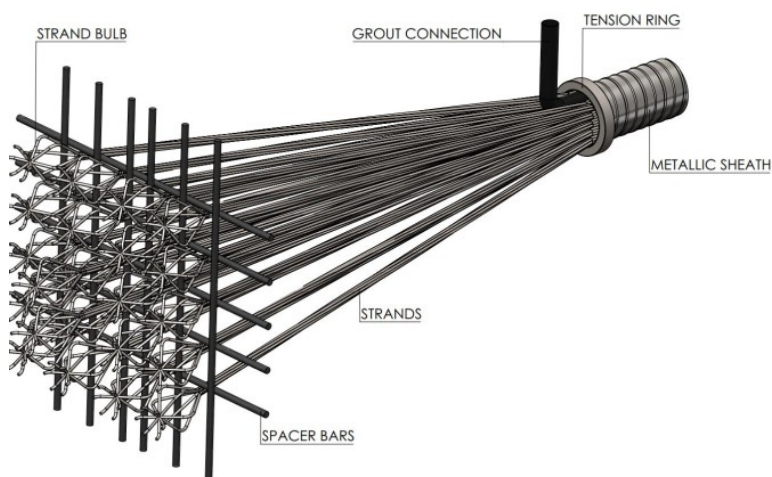




- Ancrage *RSF CO*



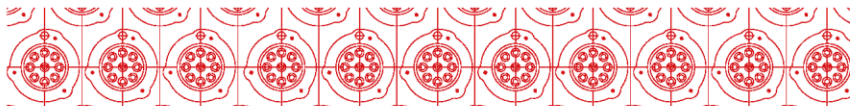
- Ancrage *RSF PS*



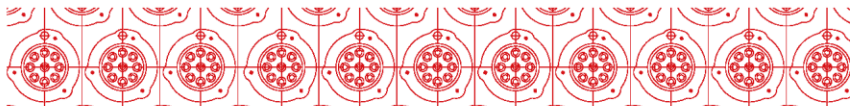
La liaison entre l'ancrage et les gaines est assurée par un cône plastique en PEHD qui garantit la déviation correcte des torons et la minimisation des pertes. Toutes les trompettes métalliques sont pourvues d'orifices filetés permettant leur fixation au coffrage au moyen de tiges filetées ou de vis.

Le corps d'ancrage moulé reçoit la tête d'ancrage et assure le transfert de l'effort de précontrainte au béton. Les torons sont bloqués dans la tête d'ancrage, munie d'orifices coniques épousant la forme des clavettes de retenue, qui bloquent chaque toron. La transition entre l'ancrage, les gaines plastiques et les conduits (métalliques ou plastiques) est assurée par des éléments qui garantissent la déviation correcte des torons et l'étanchéité de la zone d'ancrage. Pour la mise en œuvre sur chantier, le système intègre également des capots d'ancrage, des événements et des raccords de conduit, l'étanchéité de la trompette (ruban adhésif et manchons thermorétractables), ainsi que des réservations (en métal, plastique ou bois) qui créent l'emplacement du vérin pour la mise en précontrainte. Pour assurer le bon confinement du béton dans la zone d'introduction des charges, il est en outre prévu une armature de frettage qui garantit le transfert sûr des efforts de précontrainte des ancrages vers les éléments ou structures en béton. Les désignations exactes des aciers et de la fonte de la tête d'ancrage, du corps moulé et des clavettes sont spécifiées dans les annexes de l'ETA 22/0119.

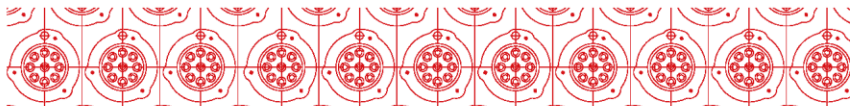
Les tableaux suivants présentent, par nombre de torons, les différentes caractéristiques des câbles :



Résistance à la traction caractéristique et effort de précontrainte du Système de Post-Tension <i>Multitoron RSF</i> pour torons Ø15,2							
Désignation	Nombre de torons	Section transversale nominale	Masse nominale	Valeur caractéristique de la force maximale	Force à la limite d'élasticité à 0,1 %	Force maximale de précontrainte	Force maximale de surtension
	n	A_p	M	F_{pk}	$F_{p\ 0,1}$	$0,9 \cdot F_{p\ 0,1}$	$0,95 \cdot F_{p\ 0,1}$
		mm ²	kg/m	kN	kN	kN	kN
4 Ø15,2	4	572	4.50	1,064	956	860	908
5 Ø15,2	5	715	5.63	1,330	1,195	1,076	1,135
6 Ø15,2	6	858	6.76	1,596	1,434	1,291	1,362
7 Ø15,2	7	1,001	7.88	1,862	1,673	1,506	1,589
8 Ø15,2	8	1,144	9.01	2,128	1,912	1,721	1,816
9 Ø15,2	9	1,287	10.13	2,394	2,151	1,936	2,043
10 Ø15,2	10	1,430	11.26	2,660	2,390	2,151	2,271
11 Ø15,2	11	1,573	12.39	2,926	2,629	2,366	2,498
12 Ø15,2	12	1,716	13.51	3,192	2,868	2,581	2,725
13 Ø15,2	13	1,859	14.64	3,458	3,107	2,796	2,952
14 Ø15,2	14	2,002	15.76	3,724	3,346	3,011	3,179
15 Ø15,2	15	2,145	16.89	3,990	3,585	3,227	3,406
16 Ø15,2	16	2,288	18.02	4,256	3,824	3,442	3,633
17 Ø15,2	17	2,431	19.14	4,522	4,063	3,657	3,860
18 Ø15,2	18	2,574	20.27	4,788	4,302	3,872	4,087
19 Ø15,2	19	2,717	21.39	5,054	4,541	4,087	4,314
20 Ø15,2	20	2,860	22.52	5,320	4,780	4,302	4,541
21 Ø15,2	21	3,003	23.65	5,586	5,019	4,517	4,768
22 Ø15,2	22	3,146	24.77	5,852	5,258	4,732	4,995
23 Ø15,2	23	3,289	25.90	6,118	5,497	4,947	5,222
24 Ø15,2	24	3,432	27.02	6,384	5,736	5,162	5,449
25 Ø15,2	25	3,575	28.15	6,650	5,975	5,378	5,676
26 Ø15,2	26	3,718	29.28	6,916	6,214	5,593	5,903
27 Ø15,2	27	3,861	30.40	7,182	6,453	5,808	6,130
28 Ø15,2	28	4,004	31.53	7,448	6,692	6,023	6,357
29 Ø15,2	29	4,147	32.65	7,714	6,931	6,238	6,584
30 Ø15,2	30	4,290	33.78	7,980	7,170	6,453	6,812
31 Ø15,2	31	4,433	34.91	8,246	7,409	6,668	7,039
32 Ø15,2	32	4,576	36.03	8,512	7,648	6,883	7,266
33 Ø15,2	33	4,719	37.16	8,778	7,887	7,098	7,493
34 Ø15,2	34	4,862	38.28	9,044	8,126	7,313	7,720
35 Ø15,2	35	5,005	39.41	9,310	8,365	7,529	7,947
36 Ø15,2	36	5,148	40.54	9,576	8,604	7,744	8,174
37 Ø15,2	37	5,291	41.66	9,842	8,843	7,959	8,401



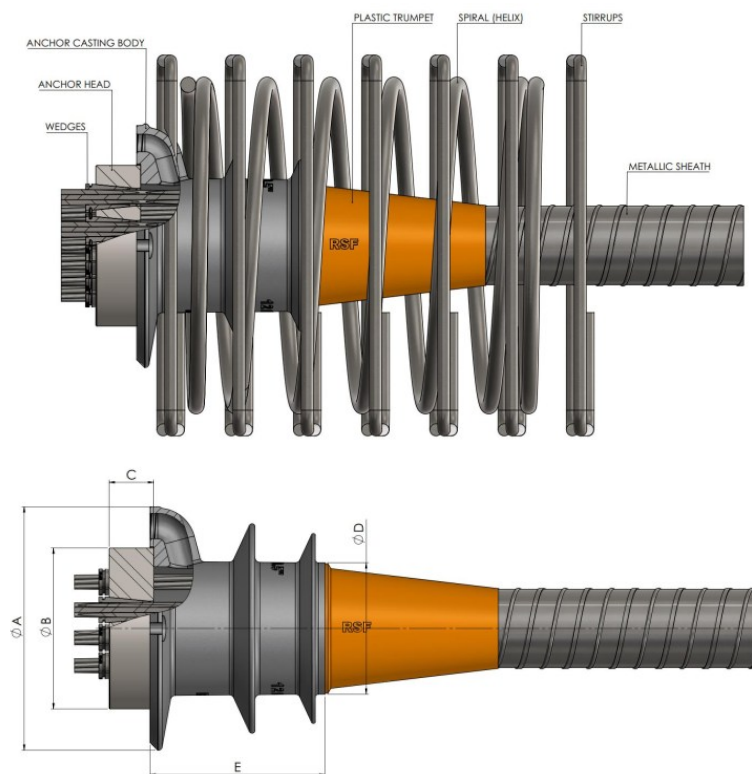
Résistance à la traction caractéristique et effort de précontrainte du Système de Post-Tension <i>Multitoron RSF</i> pour torons Ø15,7							
Désignation	Nombre de torons	Section transversale nominale	Masse nominale	Valeur caractéristique de la force maximale	Force à la limite d'élasticité à 0,1 %	Force maximale de précontrainte	Force maximale de surtension
	n	A_p	M	F_{pk}	$F_{p\ 0,1}$	$0,9 \cdot F_{p\ 0,1}$	$0,95 \cdot F_{p\ 0,1}$
		mm ²	kg/m	kN	kN	kN	kN
4 Ø15,7	4	600	4.69	1,116	984	886	935
5 Ø15,7	5	750	5.86	1,395	1,230	1,107	1,169
6 Ø15,7	6	900	7.03	1,674	1,476	1,328	1,402
7 Ø15,7	7	1,050	8.20	1,953	1,722	1,550	1,636
8 Ø15,7	8	1,200	9.38	2,232	1,968	1,771	1,870
9 Ø15,7	9	1,350	10.55	2,511	2,214	1,993	2,103
10 Ø15,7	10	1,500	11.72	2,790	2,460	2,214	2,337
11 Ø15,7	11	1,650	12.89	3,069	2,706	2,435	2,571
12 Ø15,7	12	1,800	14.06	3,348	2,952	2,657	2,804
13 Ø15,7	13	1,950	15.24	3,627	3,198	2,878	3,038
14 Ø15,7	14	2,100	16.41	3,906	3,444	3,100	3,272
15 Ø15,7	15	2,250	17.58	4,185	3,690	3,321	3,506
16 Ø15,7	16	2,400	18.75	4,464	3,936	3,542	3,739
17 Ø15,7	17	2,550	19.92	4,743	4,182	3,764	3,973
18 Ø15,7	18	2,700	21.10	5,022	4,428	3,985	4,207
19 Ø15,7	19	2,850	22.27	5,301	4,674	4,207	4,440
20 Ø15,7	20	3,000	23.44	5,580	4,920	4,428	4,674
21 Ø15,7	21	3,150	24.61	5,859	5,166	4,649	4,908
22 Ø15,7	22	3,300	25.78	6,138	5,412	4,871	5,141
23 Ø15,7	23	3,450	26.96	6,417	5,658	5,092	5,375
24 Ø15,7	24	3,600	28.13	6,696	5,904	5,314	5,609
25 Ø15,7	25	3,750	29.30	6,975	6,150	5,535	5,843
26 Ø15,7	26	3,900	30.47	7,254	6,396	5,756	6,076
27 Ø15,7	27	4,050	31.64	7,533	6,642	5,978	6,310
28 Ø15,7	28	4,200	32.82	7,812	6,888	6,199	6,544
29 Ø15,7	29	4,350	33.99	8,091	7,134	6,421	6,777
30 Ø15,7	30	4,500	35.16	8,370	7,380	6,642	7,011
31 Ø15,7	31	4,650	36.33	8,649	7,626	6,863	7,245
32 Ø15,7	32	4,800	37.50	8,928	7,872	7,085	7,478
33 Ø15,7	33	4,950	38.68	9,207	8,118	7,306	7,712
34 Ø15,7	34	5,100	39.85	9,486	8,364	7,528	7,946
35 Ø15,7	35	5,250	41.02	9,765	8,610	7,749	8,180
36 Ø15,7	36	5,400	42.19	10,044	8,856	7,970	8,413
37 Ø15,7	37	5,550	43.36	10,323	9,102	8,192	8,647



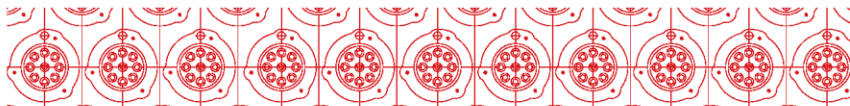
PROTECTION ANTI-CORROSION

Considérant la protection anti-corrosion comme un facteur déterminant pour la performance à long terme des systèmes de précontrainte, *RSF* dispose d'un ensemble de mesures intégrées à plusieurs niveaux de protection, qui permettent de garantir la durabilité et la fiabilité des systèmes dans les situations de forte exposition. À cet effet, le système fait appel à des gaines plastiques et à des conduits métalliques ou plastiques, à des capots/capsules d'ancrage, à l'étanchéité de la zone d'ancrage par ruban adhésif et manchons thermorétractables, ainsi qu'à l'injection de produits de protection — coulis de ciment conforme à l'EN 447 pour les tendons adhérents, ou graisse / cire conforme à l'EAD 160027-00-0301 pour les tendons non adhérents. *RSF* propose également, dans sa gamme de monotoron, des ancrages de monotoron encapsulés assurant une protection totale contre la corrosion.

CONFIGURATION DES ANCRAGES - SYSTÈME AN



Câbles		Dimensions (mm)				
Ø15,2	Ø15,7	ØA	ØB	C	ØD	E
4		160	114,3	45	82	100
7		200	127	45	100	125
9		235	146,05	46	117	160
12		250	165,1	46	135	180
15		275	190,5	53	153	195
19		300	203,2	76	164	215
22		330	228,6	67	184	250
27		360	254	71	203	270
31		380	270	82	209	280
37		420	279,4	104	233	340

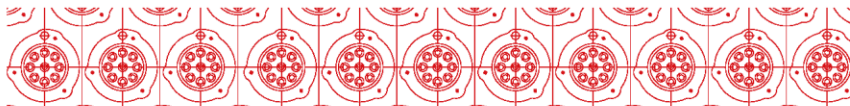


DISTANCES AU BORD ET ENTRE ANCRAGES - SYSTÈME AN

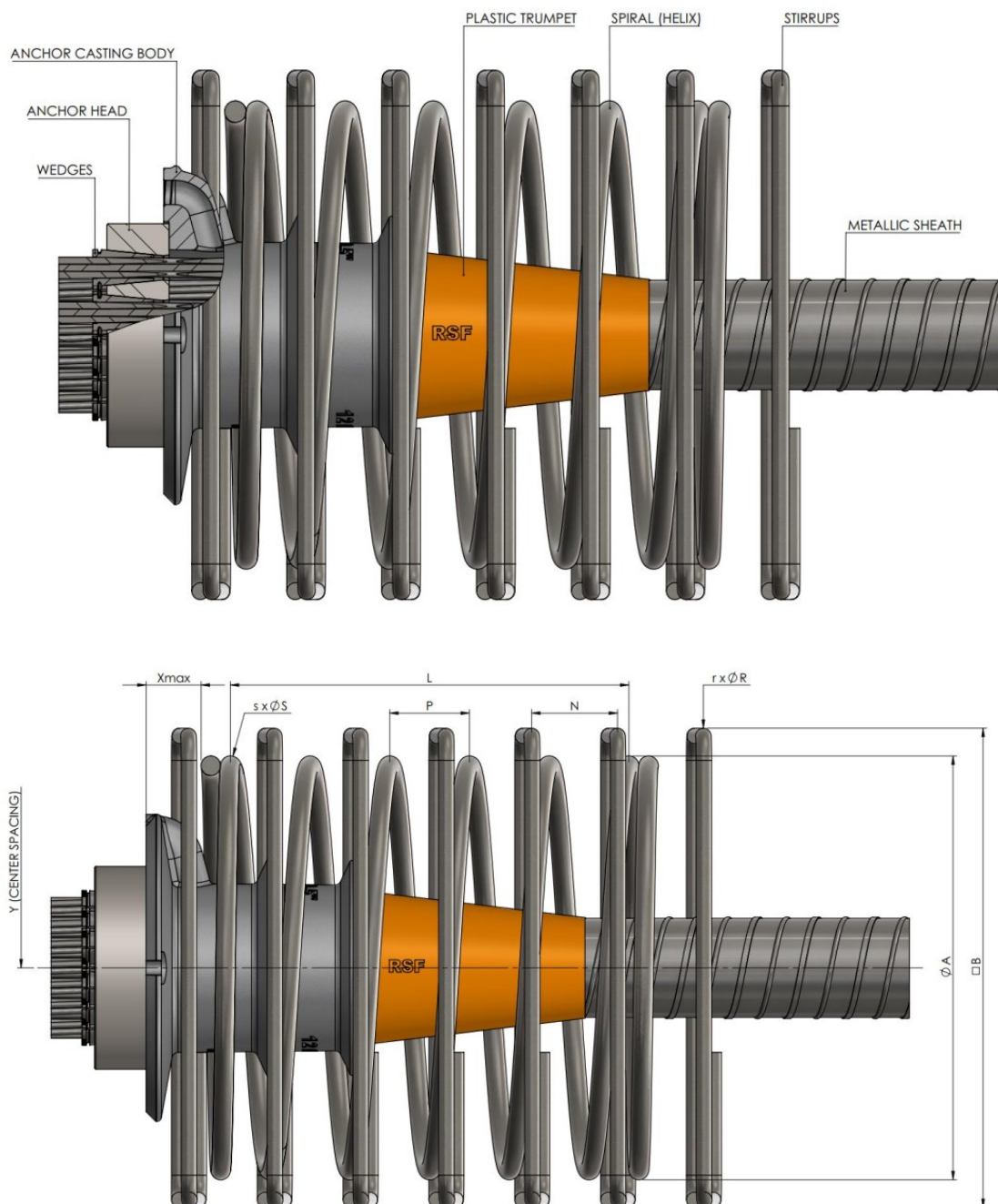
Les tableaux suivants présentent les distances minimales entre axes d'ancrages ($X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$) et les distances au bord du béton ($X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$) pour le Système AN, en fonction de la classe de résistance du béton et de la configuration du câble. Les valeurs sont indiquées pour des câbles à 4, 7, 9, 12, 15, 19, 22, 27, 31 et 37 torons de Ø15,2 mm et Ø15,7 mm, pour les classes de béton C25/30, C30/37, C35/45 et C40/50.

Distance entre axes et au bord selon la classe de béton										
Résistance moyenne du béton au moment de la mise en précontrainte [N/mm ²]		C25/30					C30/37			
Câbles		4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2	4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2
		4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7	4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7
Distance entre axes [mm]	$X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$	240/240	315/315	410/410	435/435	455/455	230/230	285/285	370/370	400/400
Distances au bord dans le béton [mm]	$X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$	135/135	170/170	220/220	230/230	240/240	130/130	155/155	200/200	215/215
Câbles		19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2	19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2
		19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7	19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7
Distance entre axes [mm]	$X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$	515/515	555/555	615/615	655/655	715/715	470/470	505/505	560/560	600/600
Distances au bord dans le béton [mm]	$X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$	270/270	290/290	320/320	340/340	370/370	250/250	265/265	295/295	315/315

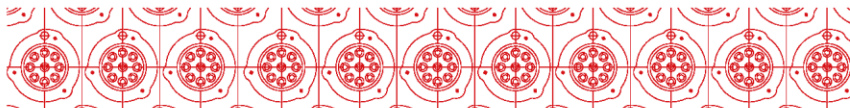
Distance entre axes et au bord selon la classe de béton										
Résistance moyenne du béton au moment de la mise en précontrainte [N/mm ²]		C35/45					C40/50			
Câbles		4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2	15 Ø15,2	4 Ø15,2	7 Ø15,2	9 Ø15,2	12 Ø15,2
		4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7	15 Ø15,7	4 Ø15,7	7 Ø15,7	9 Ø15,7	12 Ø15,7
Distance entre axes [mm]	$X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$	210/210	250/250	325/325	350/350	375/375	200/200	240/240	315/315	340/340
Distances au bord dans le béton [mm]	$X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$	120/120	140/140	175/175	190/190	200/200	115/115	135/135	170/170	185/185
Câbles		19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2	37 Ø15,2	19 Ø15,2	22 Ø15,2	27 Ø15,2	31 Ø15,2
		19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7	37 Ø15,7	19 Ø15,7	22 Ø15,7	27 Ø15,7	31 Ø15,7
Distance entre axes [mm]	$X_{\text{centre}}/Y_{\text{centre}}$	420/420	445/445	490/490	525/525	575/575	400/400	425/425	470/470	505/505
Distances au bord dans le béton [mm]	$X_{\text{edge}}/Y_{\text{edge}}$	225/225	235/235	260/260	275/275	300/300	215/215	225/225	250/250	265/265



RENFORTS D'ANCRAGE ET DISTANCES - SYSTÈME AN

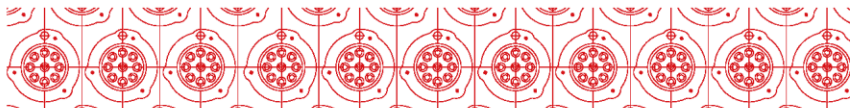


Les tableaux suivants indiquent les diamètres, les pas, les espacements et les distances que doivent respecter les renforts dans les zones d'ancrage pour les bétons C25/30, C30/37, C35/45 et C40/50.



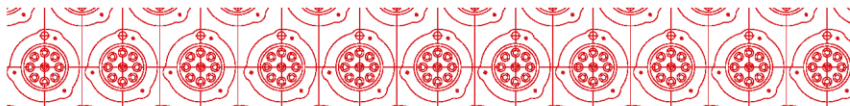
Ø15,2 / Ø15,7	Combinaison Hélice + Cadre									C25/30	
	Hélice					Cadre					
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	Xmax	Y
4	12	6	50	220	200	-	-	-	-	35	240
7	12	6	60	260	240	12	4	75	295	35	315
9	16	7	65	345	325	12	7	70	390	40	410
12	16	7	65	370	325	12	7	70	415	45	435
15	16	7	75	390	375	16	6	75	435	50	455
19	16	9	60	450	420	16	6	90	495	50	515
22	16	10	60	490	480	16	7	75	535	50	555
27	16	11	55	545	495	16	8	70	595	50	615
31	16	12	55	585	550	16	10	60	635	55	655
37	20	11	65	645	585	16	9	75	695	55	715

Ø15,2 / Ø15,7	Combinaison Hélice + Cadre									C30/37	
	Hélice					Cadre					
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	Xmax	Y
4	12	6	50	210	200	-	-	-	-	35	230
7	12	6	50	230	200	12	5	75	265	35	285
9	16	7	65	315	325	12	6	75	350	40	370
12	16	7	65	345	325	12	6	75	380	45	400
15	16	7	65	355	325	16	6	75	400	50	420
19	16	8	60	405	360	16	7	75	450	50	470
22	16	10	50	440	400	16	7	75	485	50	505
27	16	11	50	495	450	16	9	65	540	50	560
31	16	11	50	535	450	16	10	60	580	55	600
37	20	11	60	590	540	16	9	75	635	55	655



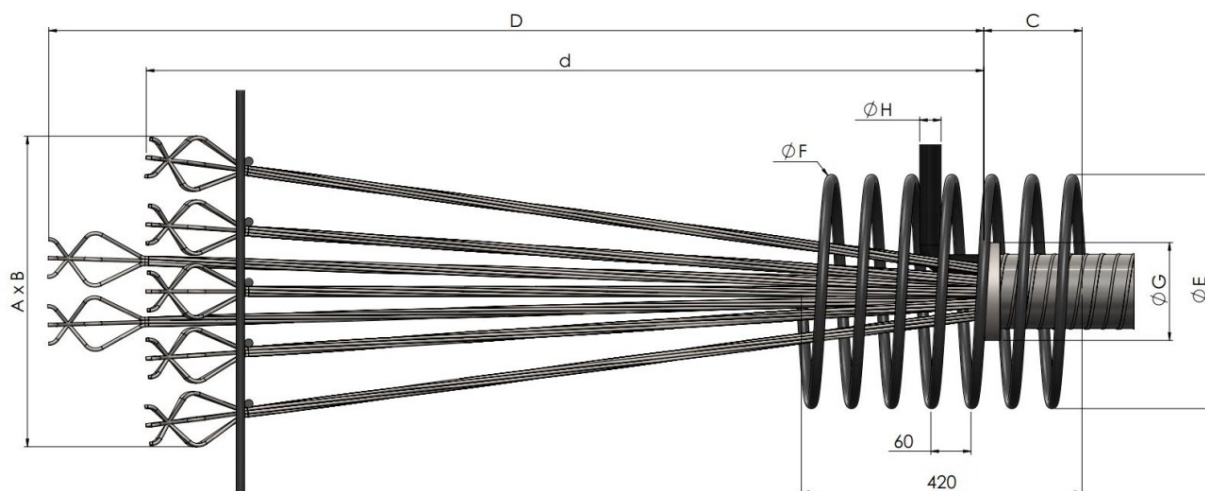
Ø15,2 / Ø15,7	Combinaison Hélice + Cadre									C35/45	
	Hélice					Cadre					
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	Xmax	Y
4	12	6	45	190	180	-	-	-	-	35	210
7	16	6	65	195	260	12	4	80	230	35	250
9	16	7	50	270	250	12	5	70	305	40	325
12	16	7	50	295	250	12	5	70	330	45	350
15	16	8	50	310	300	16	6	70	355	50	375
19	16	8	50	355	300	16	7	60	400	50	420
22	16	10	45	380	360	16	8	55	425	50	445
27	16	11	45	425	405	16	10	50	470	50	490
31	16	11	45	460	405	16	12	45	505	55	525
37	20	11	50	510	450	16	10	60	555	55	575

Ø15,2 / Ø15,7	Combinaison Hélice + Cadre									C40/50	
	Hélice					Cadre					
	ØS	s	P	ØA	L	ØR	r	N	B	Xmax	Y
4	16	5	70	180	210	-	-	-	-	35	200
7	16	6	55	220	220	-	-	-	-	35	240
9	16	7	50	260	250	12	7	50	295	40	315
12	16	7	50	285	250	12	7	50	320	45	340
15	16	7	50	290	250	16	7	50	340	50	360
19	20	7	60	330	300	16	6	75	380	50	400
22	20	8	60	355	360	16	9	50	405	50	425
27	20	8	60	395	360	20	8	65	450	50	470
31	20	9	60	435	420	20	8	65	485	55	505
37	20	10	55	480	440	20	9	60	530	55	550

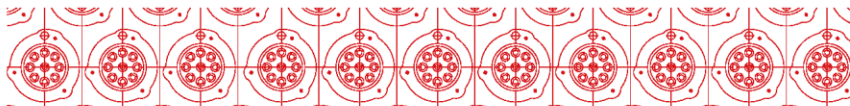


SYSTÈME PS – ANCRAGES PASSIFS PAR ADHÉRENCE

Les ancrages passifs de la série PS sont produits en pleine conformité avec les normes réglementaires applicables. Dans ce type d'ancrage, les torons sont ouverts en éventail à leur extrémité finale afin d'accroître l'adhérence au béton.

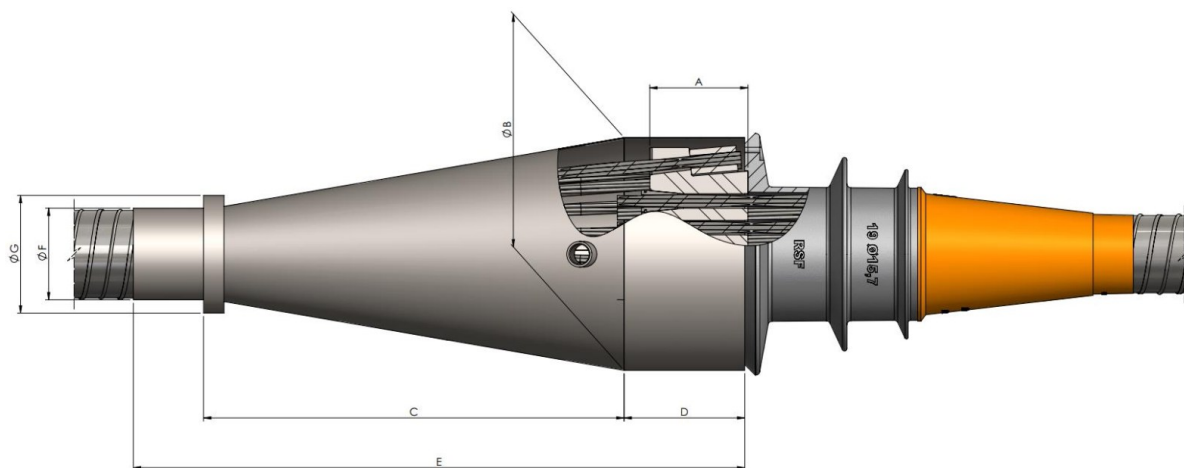


Câbles		Disposition 1			Disposition 2			Dimensions en [mm]						
Ø15,2	Ø15,7	A	B	*	A	B	*	C	d	D	ØE	ØF	ØG	ØH
1		90	90	1	-	-	-	-	-	1350	-	-	-	16/20
2		190	90	2	-	-	-	-	-	1350	-	-	-	16/20
3		290	90	3	-	-	-	-	-	1350	-	-	64	21/25
		210	90	2	-	-	-	-	1150	1350	-	-	64	21/25
4		390	90	4	210	190	4	-	-	1350	-	-	70	28/32
		310	90	2	-	-	-	155	1150	1350	-	-	70	28/32
5		330	90	3	-	-	-	155	-	1350	-	-	80	28/32
7		450	90	4	230	210	5	155	1150	1300	200	16	83	28/32
9		430	230	8	-	-	-	155	1150	1300	230	16	114	28/32
		-	-	-	390	330	12	155	1150	-	230	16	114	28/32
12		430	230	8	-	-	-	155	1150	1300	230	16	114	28/32
		-	-	-	390	330	12	155	1150	-	230	16	114	28/32
15		450	230	9	370	370	9	155	1150	1300	300	16	130	28/32
19		570	230	10	470	390	16	155	1150	1300	300	16	140	28/32
22		690	230	12	-	-	-	155	1450	1600	350	16	146	28/32
		-	-	-	490	470	20	155	1250	1400	350	16	146	28/32
27		690	260	17	-	-	-	155	1500	1650	350	16	171	28/32
		-	-	-	530	510	20	155	1450	1600	350	16	171	28/32
31		810	260	14	-	-	-	165	1750	1900	400	20	171	28/32
		-	-	-	570	510	20	165	1550	1700	400	20	171	28/32
37		1050	370	18	-	-	-	175	2400	2550	400	20	178	28/32
		-	-	-	690	510	24	175	1850	2000	400	20	178	28/32



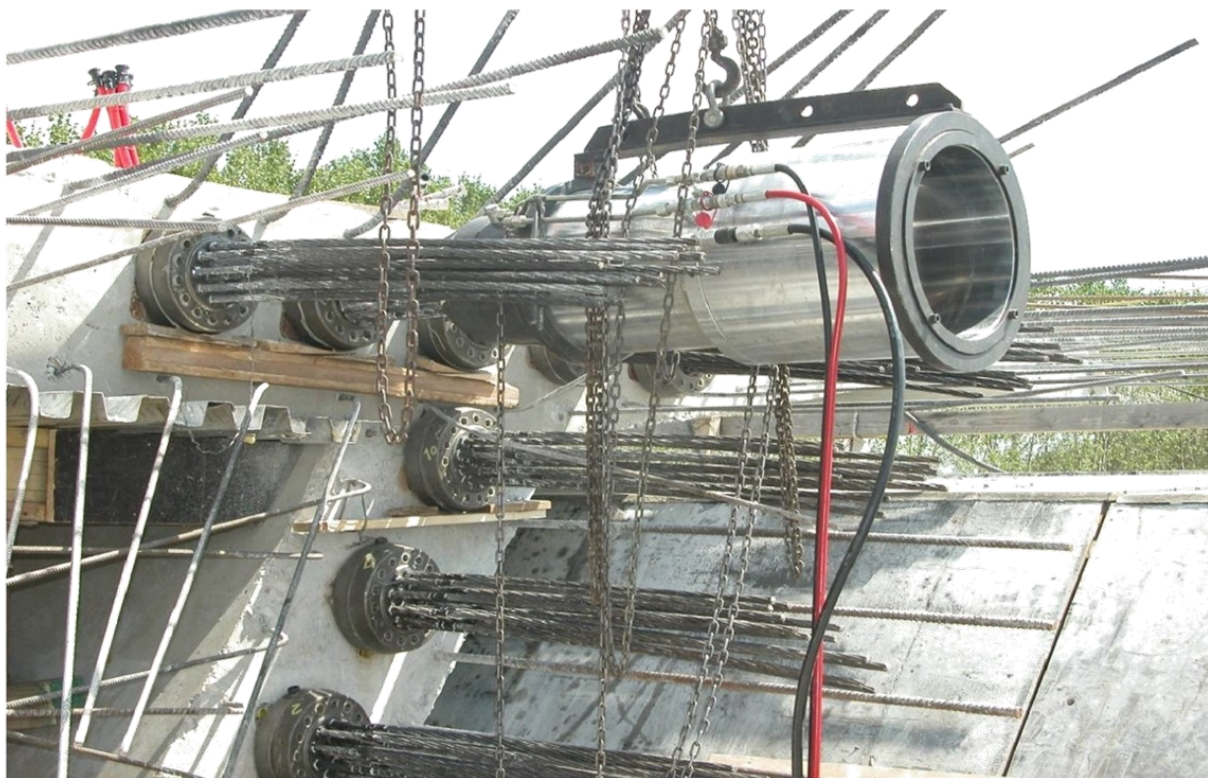
Référence	Disposition	Référence	Disposition	Référence	Disposition	Référence	Disposition
1 / 2 torons	1	3 torons	1	4 torons	1	4 torons	2
5 torons	1	7 torons	1 / 2	9 / 12 torons	1	9 / 12 torons	2
15 torons	1	15 torons	2	19 torons	1	19 torons	2
22 torons	1	22 torons	2	27 torons	1	27 torons	2
31 torons	1	31 torons	2	37 torons	1	37 torons	2
Point blanc – Représente D							
Point noir – Représente d							

SYSTÈME CO - COUPLEURS



Dimensions (mm)							
$\varnothing 15,2 / \varnothing 15,7$	$\varnothing A$	$\varnothing B$	C	$\varnothing D$	E	$\varnothing F$	$\varnothing G$
4	110	160	210	150	440	65	83
7	122	190	300	150	550	70	95
9	122	220	360	150	610	80	105
12	122	240	400	150	650	90	121
15	122	260	510	150	760	95	133
19	122	280	510	150	760	105	146
22	122	310	610	150	860	120	159
27	150	340	660	170	940	130	168
31	150	360	660	170	940	140	178
37	160	400	840	190	1140	150	203

Le coupleur CO est constitué d'une tête usinée comportant des points de fixation pour les torons de tension et de retension (actifs/passifs). La fixation des torons passifs est assurée par un mécanisme à ressorts qui maintient la clavette en position depuis l'opération d'enfilage jusqu'à l'application de la charge. Le système de clavettes et de ressorts est protégé par un capot métallique.



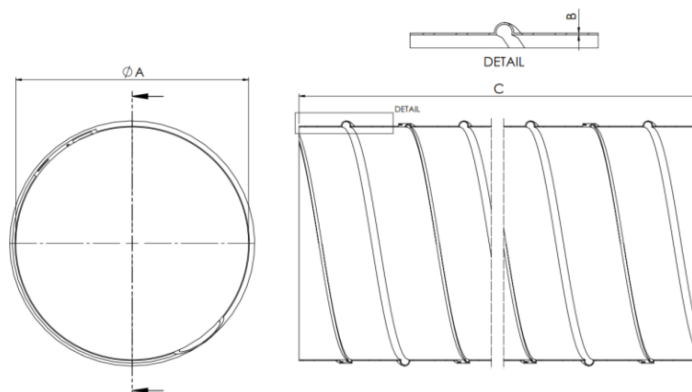
GAINES & ACCESSOIRES

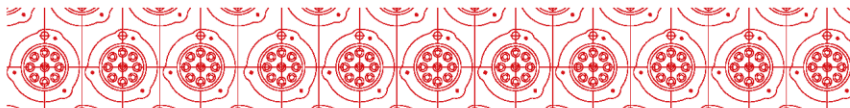
Les gaines métalliques ou en polyéthylène constituent le moyen le plus économique de créer des vides dans les pièces post-tendues, en assurant une bonne protection secondaire contre la corrosion et l'adhérence requise entre les câbles et le béton. La protection primaire contre la corrosion est assurée par l'alcalinité du coulis d'injection et par le béton lui-même, et la protection secondaire par la gaine et par la barrière protectrice qu'elle représente pour le câble.



GAINES MÉTALLIQUES CIRCULAIRES

Les gaines métalliques sont disponibles en différentes versions. Elles sont constituées de tôle d'acier emboutie EN 10139 – 1999 et peuvent être galvanisées. Les tronçons de gaine métallique ont une longueur de 5,8 mètres et sont tous fournis avec un raccord vissé à chaque tronçon. Les gaines métalliques peuvent être des types suivants :





ØA (mm)	B (mm)	C (mm)	Nombre de torons
			Ø15,2 / Ø15,7
Ø45	0,25	0 - 6.000	4
Ø50	0,30		5
Ø55			6 / 7
Ø60			8
Ø65			9
Ø70			10 / 11
Ø75	0,35		12 / 13
Ø80			14
Ø85			15 / 16 / 17
Ø90			18 / 19
Ø95	0,40		20 / 21
Ø100			22 / 23
Ø105			24 / 25
Ø110			26 / 27 / 28
Ø115			29 / 30
Ø120	≥0,40		31 / 32 / 33
Ø125			34 / 35
Ø130			36 / 37

- Le diamètre de gaine recommandé dans le tableau ci-dessus peut être réduit dans des cas particuliers, à condition de maintenir un taux de remplissage (section transversale d'acier / gaine) $\leq 0,5$. Pour les cas particuliers (câbles longs, nombreuses courbures, etc.), il est recommandé d'utiliser une gaine de plus grande dimension.
- Épaisseur minimale du feuillard d'acier.
- La longueur de la gaine dépend des exigences du projet. Pour des longueurs de gaine supérieures à 6 mètres, on utilise un raccord de gaine conforme à la norme EN 523.

GAINES EN POLYÉTHYLÈNE « SP »



Les gaines en polyéthylène SP sont disponibles sous différentes formes. Elles sont fabriquées en PEHD, conformément aux spécifications FIB, en tronçons de longueur variable entre 5,8 m et 11,8 m. Elles sont de couleur bleue et comportent un manchon thermorétractable à chaque connexion. Les gaines SP peuvent être fournies dans les types suivants :

- SPA annelée d'une épaisseur de 2,00 mm.
- SPB annelée d'une épaisseur de 2,50 mm.
- SPC annelée d'une épaisseur de 3,00 mm.
- SPD annelée d'une épaisseur de 3,50 mm.

ÉVENT DE PURGE



Le positionnement des événements sur les gaines annelées garantit l'évacuation correcte de l'air intérieur pendant l'opération d'injection. Ils doivent être installés en tous les points du câble où des poches d'air sont susceptibles de se former. L'évent DD-1001 est fabriqué dans un matériau flexible, afin de permettre son utilisation avec des gaines de tous les diamètres.

Tubes annelés et rigides pour l'injection, ainsi que tous types de raccords et de vannes nécessaires à la réalisation de l'injection.

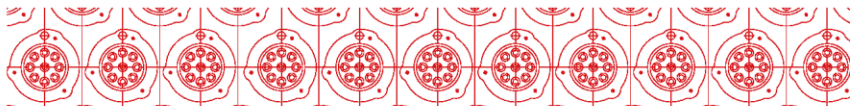


TABLE DE DÉCÂBLAGE

Les tables de décâblage permettent de détendre les câbles en vue de leur remplacement ou du remplacement des clavettes sur tous les ancrages de la gamme RSF ; elles sont compatibles avec l'équipement de mise en tension multitoron.



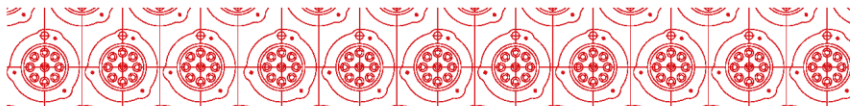
A



B



C



ÉQUIPEMENT

VÉRINS HYDRAULIQUES

FERCA fait appel à des vérins hydrauliques multitoron de fabricants de référence — PAUL (Allemagne) et DSI/DYWIDAG — sélectionnés en fonction de l'effort de mise en tension et de la dimension du câble à tendre. Le parc d'équipements comprend plusieurs modèles, couvrant des efforts de mise en tension d'environ 850 kN à environ 4800 kN. Ce sont des équipements à actionnement hydraulique, dont le clavetage assisté hydrauliquement réduit au minimum les pertes par rentrée d'ancrage, et à piston creux qui guide les torons à l'intérieur du vérin, garantissant une opération fiable et sûre. Ils permettent également la surtension et le relâchement contrôlé pour compenser les pertes par frottement, ainsi que l'enregistrement électronique de l'effort et de l'allongement à des fins de contrôle qualité. Les différentes configurations, y compris des versions à prise frontale pour les espaces confinés, et la course du piston permettent une opération rapide et à effort réduit pendant la mise en tension.

Caractéristiques	Un.	PAUL M850 kN	DSI 1700 kN	PAUL M 3000 kN	PAUL M 4800 kN
Capacité	kN	850	1700	3000	4800
Plage de torons	Nbre	1-4	4-7	9-12	15-19
Piston de clavetage	mm	250	250	250	300
Poids	kg	92	203	280	680
Surface du piston	cm ²	173.77	298.45	527.79	860.01
Pression de mise en tension	Bar (max.)	500	585	600	600
Pression de retour	Bar (max.)	420	200	200	200
Pression de clavetage	Bar (max.)	420	365	420	420
Course du piston	mm	210	350	400	500
Diamètre maximal	mm	290	330	250	320
Longueur	mm	950	1050	1000	1340



Paul Tensa M850



DSI 1700



Paul Tensa M3000

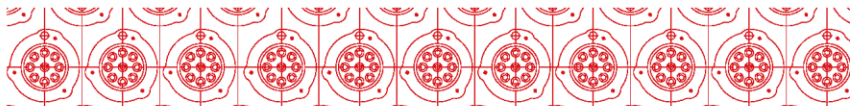


Paul Tensa M4800

Tous les vérins sont fournis complets, avec les accessoires nécessaires à la réalisation de la mise en tension. Chaque vérin est identifié par son effort de mise en tension — par exemple M4800 (PAUL TENSA M, 4800 kN) — le noyau (pièces intérieures interchangeables) étant configuré en fonction du nombre de torons ; lorsqu'il diffère du standard d'usine, la désignation l'inclut (p. ex. M4800-22, pour 22 torons). Les vérins sont actionnés par les pompes hydrauliques, par l'intermédiaire de flexibles, assurant les fonctions indépendantes suivantes :

- Mise en tension,
- Retour,
- *Clavetage (power seating).*

Pour l'introduction des torons dans le vérin, on recourt à un dispositif de guidage/séparation des torons. Lors de la mise en tension des ancrages actifs, le vérin prend appui sur la tête d'ancrage par l'intermédiaire d'une bague d'appui ; seuls certains types d'ancrage permettent au vérin de prendre appui directement sur l'ancrage lui-même.

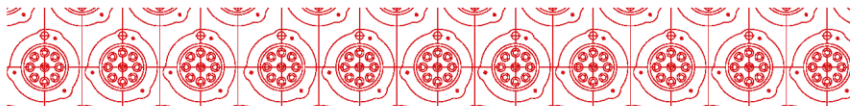


Les principales caractéristiques des vérins de la série « M » sont les suivantes :

- Rotation de 350° sur un axe,
- Longueur de câble nécessaire réduite,
- Clavetage automatique par circuit hydraulique,
- Faibles dimensions,
- Front grip (prise frontale),
- Facilité de manipulation et d'entretien,
- Facilité d'inspection/nettoyage des clavettes d'entraînement

Les vérins sont identifiés par un numéro de série et accompagnés de leur certificat d'étalonnage.





POMPES HYDRAULIQUES

Paul NG50 (PT)

La NG50 est une centrale hydraulique (groupe de pompage) de PAUL, le fabricant allemand de référence en équipements pour la précontrainte et la post-tension. Elle est destinée à fournir la puissance hydraulique qui actionne les vérins de mise en tension, les cylindres et les équipements associés utilisés dans la production d'éléments en béton précontraint. C'est une unité compacte et d'utilisation simple, pouvant fonctionner en commande manuelle ou électrique, à une pression de service de 420 bar.

Pour l'essentiel : l'entraînement se fait généralement par moteur électrique triphasé, des versions à courant alternatif, pneumatiques ou à essence existant également ; la commande s'effectue par une vanne hydraulique manuelle, avec la possibilité de commandes électriques supplémentaires pour les fonctions de montage. La pompe est à pistons radiaux montée sur la bride du moteur, avec un filtre de retour pour la purification de l'huile ; la station complète intègre l'unité de base, le groupe de puissance, un manomètre, les raccords hydrauliques et le câble d'interconnexion.



Vous trouverez ci-dessous le résumé des caractéristiques de cette pompe hydraulique :

- Puissance : 5,5 kW
- Poids : 110 kg
- Commande : boîtier à boutons
- Fonctions : mise en tension – clavetage – retour
- Pression max. de mise en tension : 620 bar.
- Pression max. de clavetage : 150 bar.
- Pression max. de retour : 150 bar.
- Dimensions : 1350x740x1060 mm
- Flexibles hydrauliques : trois

POMPE D'INJECTION

Pour l'injection, FERCA dispose de la **Häny IC 310**. Cet équipement est une centrale compacte d'injection (grouting) du fabricant suisse Häny AG, qui réunit en un seul ensemble malaxeur, agitateur et pompe — préparant et pompant des coulis de ciment (ou des suspensions de bentonite) pour l'injection d'ancrages, de clouages, de câbles de précontrainte et d'applications similaires, atteignant jusqu'à 100 bar de pression et environ 2 m³/h de débit.



Caractéristiques	UN.	Modèle Häny IC310E
Poids	kg	625
Dimensions	mm	1600x780x1600
Malaxeur	l	100
Temps de malaxage	s	40"
Agitateur	l	150
Pression d'injection max.	Bar	100
Capacité d'injection max.	m³/h	2.0
Puissance du malaxeur	kW	10.5

