

Sur le procédé

Planchers à poutrelles SEACISOL

Titulaire(s) : Société SEAC GF
Internet : www.seac-gf.fr

Descripteur :

Procédé de plancher nervuré à poutrelles préfabriquées en béton précontraint par prétension d'armatures adhérentes, avec entrevous de polystyrène servant de coffrage aux poutrelles, et table de compression complète coulée en œuvre.

Les poutrelles, commercialisées sous la marque SEACISOL sont proposées dans les hauteurs de 130, 170 et 220 mm. La résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton est comprise entre 50 et 65 MPa.

Les entrevous se présentent sous la forme de blocs pleins en polystyrène mis bout à bout, comportant dans leur partie centrale une réservation servant de coffrage à la poutrelle. Ils respectent les prescriptions définies dans le NF DTU 23.5 et la norme de calcul associée NF P19-205, tant sur les aspects géométriques que mécaniques.

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

Famille de produit/Procédé : Plancher à poutrelles

AVANT-PROPOS

Les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction des éléments d'appréciation sur la façon de concevoir et de construire des ouvrages au moyen de produits ou procédés de construction dont la constitution ou l'emploi ne relèvent pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Au terme d'une évaluation collective, l'avis technique de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés relativement aux exigences réglementaires et d'usage auxquelles l'ouvrage à construire doit normalement satisfaire.

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>Cette version annule et remplace l'Avis Technique 3.1/15-813_V1. Elle intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajout des poutrelles GF 9000 • Ajout des entrevous moulés • Mise en conformité avec le NF DTU 23.5 et sa norme de calcul NF P19-205 • Mise à jour des prescriptions relatives à la réaction au feu des entrevous • Mise à jour des tableaux en Annexe de la partie Avis • Mise à jour du § « Contrôles de fabrication » 	Etienne PRAT	Roseline BERNARDIN-EZLAN

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	4
1.1.	Définition succincte	4
1.1.1.	Description succincte	4
1.1.2.	Finitions	4
1.1.3.	Identification	4
1.2.	AVIS.....	4
1.2.1.	Domaine d'emploi accepté	4
1.2.2.	Appréciation sur le procédé	4
1.2.3.	Prescriptions Techniques	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	8
1.4.	Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé.....	9
1.4.1.	Caractéristiques des poutrelles GF 8000 et GF 9000	9
1.4.2.	Effort tranchant résistant V_{wu} – couture.....	10
1.4.3.	Portées limites des montages les plus usuels	10
1.4.4.	Valeurs d'utilisation en phase finale	12
1.4.5.	Vérification des poutrelles en phase provisoires – Valeurs résistantes	13
2.	Dossier Technique.....	14
2.1.	Données commerciales	14
2.1.1.	Coordonnées	14
2.2.	Description.....	14
2.3.	Domaine d'emploi	14
2.4.	Description du procédé de plancher.....	14
2.4.1.	Définition des matériaux	14
2.4.2.	Description des éléments	15
2.5.	Fabrication des poutrelles.....	16
2.6.	Contrôles de fabrication	16
2.6.1.	Poutrelles	16
2.6.2.	Entrevous.....	17
2.7.	Mise en œuvre.....	17
2.8.	Isolation thermique	18
2.9.	Finitions.....	18
2.10.	Conception et calculs	19
2.10.1.	Généralités	19
2.10.2.	Méthode de vérification d'un montage.....	19
2.11.	Résultats expérimentaux.....	19
2.12.	Références	19
2.12.1.	Données Environnementales	19
2.12.2.	Autres références	19
2.13.	Annexes du Dossier Technique.....	20

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 01 décembre 2020, le procédé **planchers à poutrelles SEACISOL**, présenté par la Société SEAC. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. L'Avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Procédé de plancher nervuré à poutrelles préfabriquées en béton précontraint par prétension d'armatures adhérentes, avec entrevous de polystyrène servant de coffrage aux poutrelles, et table de compression complète coulée en œuvre.

Les poutrelles, commercialisées sous la marque SEACISOL sont proposées dans les hauteurs de 130, 170 et 220 mm. La résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton est comprise entre 50 et 65 MPa.

Les entrevous se présentent sous la forme de blocs pleins en polystyrène mis bout à bout, comportant dans leur partie centrale une réservation servant de coffrage à la poutrelle. La couture entre les poutrelles et la table de compression est assurée par des grecques conformément à la norme de calcul NF P19-205 associée au NF DTU 23.5.

1.1.2. Finitions

- Revêtements de sol : tout type de revêtements de sols.
- Plafonds : plafonds suspendus avec suspentes fixées dans la table de compression.

1.1.3. Identification

La longueur de fabrication, le numéro de la journée de coulée, l'usine productrice et la dénomination commerciale sont portés sur une étiquette fichée dans le béton de poutrelle.

1.2. AVIS

L'Avis ne couvre que les structures pour lesquelles la résistance caractéristique à 28 jours du béton f_{ck} n'excède pas 90 MPa, à condition de prendre en compte, s'il y a lieu, les caractéristiques de comportement de ce matériau telles qu'elles sont définies dans les normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1992-1-1/NA.

L'Avis couvre l'emploi des bétons auto-plaçants en dalle de compression des planchers.

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine du procédé constitué des poutrelles et des entrevous décrits dans le Dossier Technique. Les planchers reposent sur deux appuis et peuvent comporter un porte-à-faux.

Le domaine d'emploi accepté du plancher SEACISOL couvre le cas des ouvrages courants tels que ceux destinés aux logements, bâtiments scolaires et hospitaliers, immeubles de bureaux, bâtiments industriels, commerces et parkings, pour des conditions normales d'utilisation. Il couvre les charges roulantes de faible intensité telles que les véhicules légers et les engins de manutention dont la charge par essieu n'excède pas 30 kN (20 kN pour les toitures-terrasses accessibles aux véhicules légers).

Le présent Avis ne vise pas les planchers :

- dont l'entraxe entre poutrelles voisines excède 600 mm ;
- soumis à des chocs répétés ou importants et des sollicitations donnant lieu à des phénomènes de fatigue ;
- munis de rupteurs de pont thermique en périphérie d'ouvrage et coupant la table de compression dans la totalité de sa hauteur ;
- non abrités des intempéries et exposés à des atmosphères agressives ;
- utilisés en sous-toiture avec dalle de répartition lorsque la pente est supérieure à 100 % et que les poutrelles sont posées perpendiculairement à la ligne de pente ;
- d'une hauteur totale qui excède de 2,5 fois la hauteur des poutrelles en béton précontraint.

Les poutrelles GF 8000 et GF 9000 sont plus particulièrement destinées à des planchers sur vide-sanitaire pour lesquels la mise en place de l'étalement est plus délicate.

Le domaine d'emploi est en outre précisé au paragraphe « 1.2.2.1 – Sécurité en cas d'incendie » pour certains montages.

Les utilisations en planchers soumis à des sollicitations dynamiques importantes, comme ce peut être le cas en locaux industriels, ne sont pas visées par le présent Avis.

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Aptitude à l'emploi

Stabilité

Elle est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté, sous réserve des dispositions prescrites au § 1.2.3.2.

L'utilisation en zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 Octobre 2010 modifié est possible, avec une sécurité équivalente à celle présentée par les planchers traditionnels conçus en conformité avec les règles en vigueur, pour les montages satisfaisant aux prescriptions du NF DTU 23.5 et la norme de calcul associée NF P19-205.

Sécurité en cas d'incendie

Résistance au feu

Le procédé permet de respecter la réglementation applicable au domaine d'emploi accepté. Aucun montage défini dans la description ne présente de risques spéciaux. Les emplois sont conditionnés par les degrés coupe-feu requis.

Les vérifications sont menées par application des normes NF EN 1992 1-2 et NF EN 1992 1-2/NA.

Dans le cas des planchers laissés apparents (sans protection en sous-face), la résistance au feu sera justifiée sans tenir compte de la présence des entrevous.

Réaction au feu

L'utilisation du procédé SEACISOL implique l'utilisation d'entrevous en polystyrène. Il en résulte que :

- Pour les bâtiments d'habitation, les montages de planchers doivent respecter les exigences du « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie ».
- Pour l'utilisation dans les bâtiments recevant du public ou les immeubles de grande hauteur, ils doivent satisfaire aux exigences complémentaires définies dans les règlements de sécurité correspondants.
- Pour l'utilisation dans les établissements devant respecter le code du travail, ils doivent satisfaire aux exigences définies dans l'arrêté du 5 août 1992.
- En l'absence de procès-verbal de réaction au feu, le classement de réaction au feu des entrevous n'est pas déterminé au sens des Euroclasses. Pour revendiquer une performance de réaction au feu, le produit doit bénéficier d'un procès-verbal de réaction au feu donnant lieu à un classement suivant le système des Euroclasses.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée dans la mesure où les distances entre étais à la pose des poutrelles qui doivent en comporter sont respectées. Les poutrelles posées sans étau sont vérifiées pour que le moment sollicitant à rupture n'excède pas les valeurs M_{Rd} données dans les certificats délivrés aux usines productrices des poutrelles et que l'effort tranchant sollicitant à rupture n'excède pas les valeurs de $V_{Rd,c}$ données en annexe de la partie Avis.

Le repos effectif du sabot d'appui de la poutrelle doit être sur chantier au moins de 3 cm, une fois les tolérances épuisées.

Isolation acoustique

Une évaluation acoustique du système a été réalisée afin de justifier le respect des exigences réglementaires.

Les méthodes de calcul sont données à l'article 15 de la norme de calcul NF P19-205.

Isolation thermique

Le respect des exigences réglementaires doit être vérifié au cas par cas au regard des différentes réglementations applicables au bâtiment en tenant compte des indications du § 2.8 du Dossier Technique.

Flexibilité

Lorsque les bétons auto-plaçants (BAP) sont utilisés comme béton complémentaire mis en œuvre sur le chantier, il y a lieu de tenir compte de leur comportement vis-à-vis du fluage, de la déformation instantanée et du retrait.

Le calcul des déformations visé à l'article 8.5.3.3 de la norme de calcul NF P19-205 peut être réalisé suivant l'une des deux méthodes décrites ci-après :

1 – Par homogénéisation des sections, en adoptant pour chacun des bétons le module correspondant :

- pour le béton de chantier (BAP) :

$$E_{c, eff} = \frac{\xi \cdot E_{cm}}{1 + \varphi(\infty, t_0)}$$

avec

$$E_{cm} = 22000 \left(\frac{(f_{ck, ch} + 8)}{10} \right)^{0,3}$$

$f_{ck, ch}$: résistance caractéristique à la compression du béton de chantier à 28 jours

$\xi = 0,85$

$\varphi(\infty, t_0) = 2$

$$E_{c, eff} = 6233 \left(\frac{(f_{ck, ch} + 8)}{10} \right)^{0,3}$$

- pour le béton de la poutrelle :

$$E_{c, eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(\infty, t_0)}$$

avec

$$E_{cm} = 22000 \left(\frac{(f_{ck,p} + 8)}{10} \right)^{0,3}$$

$f_{ck,p}$: résistance caractéristique à la compression du béton des poutrelles à 28 jours

$\varphi(\infty, t_0) = 2$

$$E_{c, eff} = 7333 \left(\frac{(f_{ck,p} + 8)}{10} \right)^{0,3}$$

2 – Par la méthode simplifiée décrite ci-après :

On prend en compte dans le calcul un module moyen à long terme $E_{c,eff}$ égal à :

$$E_{c, eff} = 3116 \left(\frac{(f_{ck,ch} + 8)}{10} \right)^{0,3} + 3666 \left(\frac{(f_{ck,p} + 8)}{10} \right)^{0,3}$$

Le tableau ci-après donne les valeurs de $E_{c,eff}$ pour un béton de chantier de type BAP en C25/30 :

$f_{ck,p}$ (MPa)	$E_{c,eff}$ (MPa)
40	10327
45	10504
50	10670
55	10826
62	11030
60	10974
65	11114

Étanchéité entre locaux superposés

Ces planchers présentent une étanchéité à l'air et à l'eau similaire au domaine traditionnel et les prescriptions à adopter sont les mêmes.

Finitions

Possibilité d'appliquer tous les types de revêtements de sol, éventuellement après rattrapage de la surface par une chape conformément au NF DTU 26.2.

Le procédé permet également de suspendre des plafonds rapportés. Pour cela, on peut par exemple disposer avant le coulage de la dalle de compression rapportée des suspentes métalliques au droit de la jonction des panneaux munies d'une rondelle en partie supérieure destinée à bloquer leur pénétration dans le joint inter-panneaux, et recourbées en extrémité haute afin d'assurer une bonne liaison avec la dalle.

Utilisation en plancher support d'étanchéité

Possibilité d'utilisation en support d'étanchéité en satisfaisant aux conditions définies dans le DTU 20.12.

Compte tenu de la présence d'entrevous isolant, il est nécessaire de vérifier que le point de rosée se situe au-dessus du pare-vapeur.

Utilisation en sous-toiture

Possibilité de supporter une couverture suivant les prescriptions de l'article 7.2 de la norme NF DTU 23.5 P1-1.

Données environnementales

Le procédé SEACISOL ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 août 2015. Pour revendiquer une performance environnementale, le procédé de plancher à poutrelles SEACISOL doit faire l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 août 2015.

Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans les champs d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé SEACISOL.

Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.2.2. Durabilité - Entretien

La durabilité de ces planchers est équivalente à celle des procédés traditionnels utilisés dans des conditions comparables et ne nécessite normalement pas de travaux particuliers d'entretien.

1.2.2.3. Fabrication et contrôle

Cet Avis ne vaut que pour les fabrications pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérifications, décrits dans le Dossier Technique sont effectifs.

1.2.2.4. Mise en œuvre

Effectuée par des entreprises autres que le titulaire et les usines productrices des éléments, elle présente quelques dispositions particulières propres au procédé qui doivent être détaillées dans un plan de pose complet fourni au poseur et que les poutrelles soient bien repérées.

Les bétons de fibres peuvent être utilisés. Ils le sont alors dans les conditions définies dans l'Avis Technique en cours de validité du procédé de béton de fibres employé. Sans Avis Technique en cours de validité sur le béton de fibres prévu, son utilisation n'est pas acceptable.

L'appui du sabot de la poutrelle doit être de 5 cm en cote nominale, et de 3 cm une fois les tolérances épuisées.

1.2.3. Prescriptions Techniques

Ce plancher doit être fabriqué, calculé, mis en œuvre et utilisé conformément à la norme NF DTU 23.5 et la norme de calcul associée NF P19-205 et aux prescriptions particulières complémentaires suivantes.

1.2.3.1. Conditions de fabrication

- Le béton des poutrelles doit présenter, à 28 jours d'âge, une résistance à la compression minimale garantie à 95 % dans les conditions du § 2.6.1 du Dossier Technique.
- Signal de détension des armatures de précontrainte : résistance à la compression des cubes de contrôle du béton au moins égale à deux fois la précontrainte finale en fibre inférieure des poutrelles, sans être inférieure à 25 MPa.
- Les essais de flexion à rupture des poutrelles isolées, effectués dans le cadre de l'autocontrôle surveillé, doivent permettre de vérifier que les valeurs M_{rd} indiquées dans les certificats mentionnés au § 2.6 du Dossier Technique, sont atteintes ou dépassées.
- La tolérance d'implantation verticale des grecques de couture doit être de $+0/-5$ mm. L'enrobage des grecques vis-à-vis de la partie supérieure de la table de compression doit être de 10 mm minimum, toute tolérance épuisée. La tolérance d'implantation horizontale des grecques de couture doit être de ± 4 mm pour les poutrelles GF8000 et ± 10 mm pour les poutrelles GF9000.

La fabrication des entrevous doit faire l'objet d'un suivi par un organisme tiers portant sur :

- Les essais de résistance sur demi-entrevous, effectués selon le protocole d'essai de résistance défini par le titulaire.
- La traçabilité du polystyrène comme indiquée aux § 2.4.2.2 et § 2.6.2 du Dossier Technique.
- Les contrôles dimensionnels (critères identiques à ceux de la certification des entrevous mentionnée au § 2.6.2 du Dossier Technique).
- La rectitude des coupes, qui doit être telle qu'à aucun endroit dans le plan de coupe, on ne puisse constater d'écarts de plus de 5 mm entre blocs.

1.2.3.2. Conditions de conception et de calcul

- La conception, le dimensionnement des planchers et leur justification doivent être effectués en conformité avec les prescriptions du Dossier Technique. L'annexe « Valeurs d'utilisation » du présent Avis indique les caractéristiques utiles de calcul des montages les plus usuels.
- Les valeurs d'effort limite par boucle des grecques, données à l'article 7.3.1.2.1 de la norme de calcul NF P19-205 (tableau 6) doivent être minorées d'un coefficient de $(4/5)^2 = 0,64$ où 4 cm correspond à la valeur nominale de dépassement et 5 cm est la longueur de dépassement pour laquelle la valeur limite est donnée dans ce tableau.
- La surface des poutrelles est de type lisse au sens de l'article 6.2.5 de la norme NF EN 1992-1-1.
- La longueur des entrevous doit être au moins de 40 cm en extrémité de poutrelle.
- Les découpes d'entrevous ne doivent être utilisées qu'en extrémité de poutrelle.
- Fonction liaison et monolithisme du plancher en situation sismique : dans la direction des poutrelles, le plancher doit présenter en tout point une capacité de résistance ultime à la traction de 15 kN/m de largeur au minimum, en situation accidentelle, assurée par des armatures existantes ou ajoutées, continues ou en recouvrement, disposées dans les poutrelles ou dans la table de compression.
- Vérification des longueurs de couture : L'effort tranchant sollicitant en dehors de la zone des grecques doit être inférieur à l'effort tranchant résistant sans couture entre le béton coulé en œuvre et la poutrelle (on doit avoir $V_{u,Ed} < c.f_{ctd}.b_w.z$ au-delà des grecques)
- Dans le cas d'équilibrage des porte-à-faux, la dalle de compression doit être épaissie.
- Si les réseaux sont incorporés dans la dalle de compression, ils doivent être prévus dès la phase de conception et les prescriptions du § 5.5.2.5 de la norme NF DTU 23.5 P1-1 doivent être respectées.

1.2.3.3. Conditions d'utilisation

Les bétons de fibres métalliques doivent être utilisés dans les conditions des Avis Techniques en cours de validité les concernant.

Les plans de calepinage et de pose relatifs au plancher, établis pour un chantier donné par le tenant du système de plancher ou le distributeur, doivent comporter des indications décrites au § 5 de la norme NF DTU 23.5 P1-2.

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 1.2.1) est appréciée favorablement.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le présent Avis vise six gammes de poutrelles montées avec des entrevous spécifiques non porteurs en polystyrène.

Etant donné qu'entrevous et poutrelles forment pour ce procédé un ensemble indissociable, aucune prescription technique particulière concernant la nécessité d'apporter des indications explicites sur les plans de calepinage concernant la compatibilité des entrevous en polystyrène avec les poutrelles utilisées, n'a été rajoutée.

Le Groupe tient à préciser qu'il appartient au titulaire de produire les procès-verbaux de réaction au feu en fonction de de la réglementation.

1.4. Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé

VALEURS D'UTILISATION

La présente annexe fait partie de l'Avis Technique :

le respect des valeurs indiquées est une condition impérative de la validité de l'Avis.

1.4.1. Caractéristiques des poutrelles GF 8000 et GF 9000

1.4.1.1. Armatures de précontrainte

La tension des armatures de précontrainte est donnée dans le tableau ci-dessous.

Poutrelles			GF8130 GF8170 GF9130 GF9170 GF9220	GF8220	U
T 5,2 - 2160 - TBR	Tension initiale	$F_{po} =$	24,49	24,20	kN
	Tension finale	$F_{p\infty} =$	19,23	19,00	kN
T 6,85 - 2160 - TBR	Tension initiale	$F_{po} =$	48,58	48,40	kN
	Tension finale	$F_{p\infty} =$	38,46	38,00	kN

1.4.1.2. Caractéristiques géométriques et mécaniques des poutrelles

Notations :

$g1$	=	poids de la poutrelle
d_p	=	distance du barycentre des forces finales de précontrainte à la fibre inférieure
S_p	=	aire de la section transversale en partie courante
I_p	=	inertie de la poutrelle en partie courante sans homogénéisation des armatures actives
v_s	=	distance de la fibre neutre à la fibre supérieure en partie courante
v_i	=	distance de la fibre neutre à la fibre inférieure en partie courante
n_i	=	valeur de la précontrainte finale en fibre inférieure de la poutrelle en partie courante
n_s	=	valeur de la précontrainte finale en fibre supérieure de la poutrelle en partie courante
f_{ck}	=	résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton de poutrelle mesuré sur cylindre 16x32 cm

Le tableau qui suit donne pour chaque poutrelle les caractéristiques mécaniques et de précontrainte ainsi que la résistance caractéristique du béton prise en compte pour la détermination des valeurs d'utilisation et des portées limites.

Nota : Les gammes de poutrelles GF 8000 et GF 9000 sont exclusivement réservées à une utilisation dans le cadre du SEACI SOL.

La dénomination des poutrelles est complétée par les lettres C et R qui indiquent les dispositions prises à chaque extrémité en termes de ferrailage et de section de béton :

- Le type C correspond aux poutrelles avec intégration de grecques à boucles simples sur 1/3 de la portée à chaque extrémité.
- La lettre R désigne des poutrelles de section renforcée aux abouts sur 1,00 m (deux rangs d'aciers de couture). Cette mesure vient en complément sur des poutrelles de type C.

Le poids des poutrelles GF 8130, GF 8170 et GF 8220 de type R est le poids moyen pour des longueurs respectives de 5,00, 5,50 et 6,00 m.

Tableau 1 : Caractéristiques des poutrelles SEACISOL

Type de poutrelle	$g1$ (daN/m)	S_p (cm ²)	v_s (cm)	v_i (cm)	I_p (cm ⁴)	I_p / v_s (cm ³)	I_p / v_i (cm ³)	d_p (cm)	n_i (MPa)	n_s (MPa)	f_{ck} (MPa)
GF 8134 C	22,3	92,8	6,95	6,05	1579	227	261	4,00	14,31	1,39	55
GF 8135 C								4,20	17,16	2,57	60
GF 8136 C								4,67	18,55	5,42	65
GF 8134 R	27,2 pour l = 5,00 m	92,8	6,95	6,05	1579	227	261	4,00	14,31	1,39	55
GF 8135 R								4,20	17,16	2,57	60
GF 8136 R								4,67	18,55	5,42	65
GF 8174 C	26,7	111,2	8,98	8,02	3345	372	417	4,75	12,92	0,23	50
GF 8175 C								5,00	15,58	0,93	55
GF 8176 C								5,50	17,33	2,64	65
GF 8174 R	33,6 pour l = 5,50 m	111,2	8,98	8,02	3345	372	417	4,75	12,92	0,23	50
GF 8175 R								5,00	15,58	0,93	55
GF 8176 R								5,50	17,33	2,64	65
GF 8227 C	35,8	149,0	11,55	10,45	7197	623	689	7,07	15,45	1,72	55
GF 8228 C								7,50	16,71	3,00	65
GF 8228 R	43,1 pour l = 6,00 m	149,0	11,55	10,45	7197	623	689	7,07	15,45	1,72	55
GF 8228 R								7,50	16,71	3,00	65
GF 9133 C/R	34,3	143,0	6,50	6,50	2014	310	310	4,67	14,90	1,24	55
GF 9134 C/R	34,3	143,0	6,50	6,50	2014	310	310	5,00	18,21	3,31	60
GF 9173 C/R	44,9	187,0	8,50	8,50	4504	530	530	5,50	12,70	-0,36	55
GF 9174 C/R	44,9	187,0	8,50	8,50	4504	530	530	5,13	18,03	-1,57	60
GF 9224 C/R	58,1	242,0	11,00	11,00	9761	887	887	7,50	12,43	0,29	55
GF 9226 C/R	58,1	242,0	11,00	11,00	9761	887	887	7,50	18,64	0,43	60

1.4.2. Effort tranchant résistant V_{wu} – couture

Pour les vérifications des contraintes tangentielles à l'interface poutrelle/table des poutrelles qui comportent des armatures transversales de couture régnant sur toute la hauteur des poutrelles (boucles descendant au niveau des armatures les plus basses), l'effort tranchant résistant limite ultime est calculé, conformément à l'article 7.3.1.2.1 de la norme de calcul associée NF P19-205, comme suit :

$$V_{wu} = G \times z \quad \text{en kN}$$

Avec

G : Résistance des boucles en kN

z : Bras de levier des forces internes en about de poutrelle en mm

La valeur G est calculée à partir de la contrainte de traction ultime de l'acier de 400 MPa, soit $400/1,15 = 348$ MPa, considérant que l'ancrage par boucle n'est pas amélioré par une amélioration de la nuance. Elle est corrigée en tenant compte de la longueur de dépassement réel et de la résistance à la compression du béton coulé en place. Par exemple, dans la présente annexe, la résistance de la boucle sera donc assortie des coefficients suivants :

- 0,64 = $(4/5)^2$ pour tenir compte du dépassement de 4 cm dans la table de compression ;
- 1,00 pour tenir compte de l'utilisation d'un béton C25/30.

Pour des grecques de couture de diamètre égal à 5 mm, d'un pas de 80 mm et de résistance caractéristique à la traction égale à 400 ou 500 MPa, on obtient : $G = 0,64 \times 1,00 \times 0,12 = 0,077$ kN

1.4.3. Portées limites des montages les plus usuels

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de portées maximales (en mètres) et la cause de la limitation pour quelques montages les plus usuels, avec le cas de charges suivant :

Cloisons légères (non fragile) :	0,40	kN/m ²
Revêtements de sol (fragile) et plafonds :	1,00	kN/m ²
Charges d'exploitation :	1,50	kN/m ²
$\psi_1 = 0,50$	$\psi_2 = 0,30$	

Les portées sont données pour des poutrelles avec armatures transversales pour une pose avec étais.

Déformation : limitation de la flèche active au $L/500$ de la portée ; limitation de la flèche totale au $L/250$ sous combinaison quasi-permanente ; condition de stockage court.

Les causes de la limitation indiquées en regard de chaque portée limite peuvent être :

- $M_{fi,c}$: moment fléchissant limité par la condition de non dépassement de la contrainte de traction de $0,6.f_{ctm,p}$ en fibre inférieure des poutrelles.
- M_{Rdu} : limitation du fait du moment résistant ultime
- V_{pu} : effort tranchant limité par la condition de non dépassement de la contrainte de cisaillement admissible pour le béton de poutrelle ($0,03.f_{ck,p}$)
- V_{cu} : effort tranchant limité par la condition de non dépassement de la contrainte de cisaillement admissible pour le béton de chantier ($0,03.f_{ck,ch}$)
- V_{wu} : effort tranchant limité par la condition de non dépassement de la contrainte de cisaillement admissible à l'interface entre les deux bétons
- f_a : limitation du fait de la flèche active, calculée dans l'hypothèse d'un stockage court, avec une limitation au $1/500$ de la portée

Tableau 2 : Portées limites des montages à poutrelles SEACISOL

Portée limite des montages courants avec étau								
Montages	Dénomination Commerciale	Poutrelles	Entraxe (cm)	Poids (kN/m ²)	Portées limites Isostatique (m)		Portées limites 1 continuité : 0,5 M ₀ (m)	
13 + 5 coffrage simple polystyrène	C17	GF 8136 C	60	1,58	5,21	V_{wu}	5,21	V_{wu}
	C17R	GF 8136 R	60	1,67	5,74	f_a	6,19	f_a
	C17M	GF 9133 C	60	1,77	4,71	V_{wu}	4,71	V_{wu}
	C17MR	GF 9133 R	60	1,77	5,69	f_a	6,14	f_a
	C17XL	GF 9134 C	60	1,77	4,71	V_{wu}	4,71	V_{wu}
	C17XL R	GF 9134 R	60	1,77	5,81	f_a	6,27	f_a
17 + 5 coffrage simple polystyrène	C21	GF 8176 C	60	1,66	6,35	V_{wu}	6,35	V_{wu}
	C21R	GF 8176 R	60	1,78	6,70	f_a	7,02	f_a
	C21M	GF 9173 C	60	1,95	5,68	V_{wu}	5,68	V_{wu}
	C21MR	GF 9173 R	60	1,95	6,72	M_{fic}	7,08	M_{fic}
	C21XL	GF 9174 C	60	1,95	5,68	V_{wu}	5,68	V_{wu}
	C21XL R	GF 9174 R	60	1,95	6,91	f_a	7,47	f_a
22 + 5 coffrage simple polystyrène	C25	GF 8228 C	60	1,81	7,65	V_{wu}	7,65	V_{wu}
	C25R	GF 8228 R	60	1,94	8,11	f_a	8,63	M_{fic}
	C25M	GF 9224 C	60	2,17	6,96	V_{wu}	6,96	V_{wu}
	C25MR	GF 9224 R	60	2,17	7,90	M_{fic}	8,39	M_{fic}
	C25XL	GF 9226 C	60	2,17	6,96	V_{wu}	6,96	V_{wu}
	C25XL R	GF 9226 R	60	2,17	8,40	f_a	9,11	f_a

1.4.4. Valeurs d'utilisation en phase finale

Tableau 3 :

Montage	Type	Poutrelles	λ (cm)	Poids (kN/m²)	I (cm⁴)	V _s (cm)	V _i (cm)	α	Z (cm)	V _{wu} (kN)	V _{cu} (kN)	V _{pu} (kN)	M _{bc} (kN.m)	M _{bqp} (kN.m)	M _{fi,QP} (kN.m)	M _{fi,f} (kN.m)	M _{fi,p} (kN.m)	M _{fi,c} (kN.m)	M _{Rdu} (kN.m)
13 + 5 coffrage simple polystyrène	C17	GF 8136 C	60	1,58	8463	4,70	13,30	2,45	12,75	9,82	27,90	14,17	34,24	25,68	12,00	11,81	13,66	13,52	19,96
	C17R	GF 8136 R	60	1,67	8463	4,70	13,30	2,45	12,75	19,49	51,16	25,77	34,24	25,68	12,00	11,81	13,66	13,52	19,96
	C17M	GF 9133 C	60	1,77	10483	5,41	12,59	2,69	12,04	9,26	54,13	14,45	35,29	26,47	12,65	13,02	12,67	16,09	19,96
	C17MR	GF 9133 R	60	1,77	10483	5,41	12,59	2,69	12,04	18,52	54,13	28,90	35,29	26,47	12,65	13,02	12,67	16,09	19,96
	C17XL	GF 9134 C	60	1,77	10483	5,41	12,59	2,69	12,04	9,26	54,13	14,45	36,11	27,08	15,41	15,80	16,15	18,97	25,99
	C17XL R	GF 9134 R	60	1,77	10483	5,41	12,59	2,69	12,04	18,52	54,13	28,90	36,11	27,08	15,41	15,80	16,15	18,97	25,99
17 + 5 coffrage simple polystyrène	C21	GF 8176 C	60	1,66	14540	5,57	16,43	2,13	15,55	12,15	33,55	16,32	49,67	37,25	15,61	15,34	15,80	17,54	25,05
	C21R	GF 8176 R	60	1,78	14540	5,57	16,43	2,13	15,55	23,17	64,00	31,87	49,67	37,25	15,61	15,34	15,80	17,54	25,05
	C21M	GF 9173 C	60	1,95	19068	6,72	15,28	2,36	15,04	11,59	67,71	18,05	51,67	38,75	16,21	16,77	16,14	21,37	25,05
	C21MR	GF 9173 R	60	1,95	19068	6,72	15,28	2,36	15,04	23,17	67,71	36,10	51,67	38,75	16,21	16,77	16,14	21,37	25,05
	C21XL	GF 9174 C	60	1,95	19068	6,72	15,28	2,36	15,04	11,59	67,71	18,05	52,87	39,65	22,88	23,45	22,63	28,21	32,77
	C21XL R	GF 9174 R	60	1,95	19068	6,72	15,28	2,36	15,04	23,17	67,71	36,10	52,87	39,65	22,88	23,45	22,63	28,21	32,77
22 + 5 coffrage simple polystyrène	C25	GF 8228 C	60	1,81	27474	7,16	19,84	2,01	19,64	15,12	41,71	23,13	73,01	54,76	23,57	23,14	24,27	27,12	39,18
	C25R	GF 8228 R	60	1,94	27474	7,16	19,84	2,01	19,64	29,63	81,85	39,77	73,01	54,76	23,57	23,14	24,27	27,12	39,18
	C25M	GF 9224 C	60	2,17	34798	8,53	18,47	2,12	19,25	14,82	86,60	23,10	74,29	55,72	23,97	24,81	24,08	28,18	39,18
	C25MR	GF 9224 R	60	2,17	34798	8,53	18,47	2,12	19,25	29,64	86,60	46,20	74,29	55,72	23,97	24,81	24,08	28,18	39,18
	C25XL	GF 9226 C	60	2,17	34798	8,53	18,47	2,12	19,25	14,82	86,60	23,10	76,01	57,01	35,26	36,21	35,90	39,61	56,88
	C25XL R	GF 9226 R	60	2,17	34798	8,53	18,47	2,12	19,25	29,64	86,60	46,20	76,01	57,01	35,26	36,21	35,90	39,61	56,88

1.4.5. Vérification des poutrelles en phase provisoires – Valeurs résistantes

Les valeurs des moments résistants de calcul M_{Rd} des poutrelles sont données dans les certificats mentionnés dans le Dossier Technique.

Les valeurs des efforts tranchants résistants de calcul $V_{Rd,c}$ des poutrelles sont calculées en retenant une valeur de repos égale à 0 ($l_x = h/2$). La valeur de $V_{Rd,c}$ est volontairement plafonnée à 30,0 kN maximum. Ces valeurs sont données dans le tableau ci-dessous.

La valeur de f_{ctd} est calculée en fonction de la résistance du béton de la poutrelle à 7 jours.

Notations :

- b_w = largeur de la poutrelle au niveau de cisaillement maximum (vérification en phase provisoire),
- I_b = moment d'inertie de la section de poutrelle (vérification en phase provisoire avec homogénéisation des armatures actives en retenant $n=5$),
- S_b = moment statique par rapport à l'axe neutre de la partie de la section située en dessous du niveau de cisaillement maximum (vérification en phase provisoire avec homogénéisation des armatures actives en retenant $n=5$).

Tableau 4 :

Type	Poutrelle	I_b cm ⁴	f_{ctd} MPa	σ_{CP} MPa	b_w cm	S_b cm ³	$V_{Rd,c}$ kN
C17	GF 8136 C	1 574	2,23	15,02	4,68	170,27	14,73
C17R	GF 8136 R	2 014	2,23	9,65	11,00	232,38	30,00
C17M	GF 9133 C	2 014	1,98	9,34	11,00	232,38	27,56
C17MR	GF 9133 R	2 014	1,98	9,34	11,00	232,38	27,56
C17XL	GF 9134 C	2 014	2,13	12,46	11,00	232,38	30,00
C17XLR	GF 9134 R	2 014	2,13	12,46	11,00	232,38	30,00
C21	GF 8176 C	3 342	2,12	12,37	4,68	273,32	18,88
C21R	GF 8176 R	4 053	2,12	7,26	11,00	397,38	30,00
C21M	GF 9173 C	4 558	1,98	7,14	11,00	397,38	30,00
C21MR	GF 9173 R	4 558	1,98	7,14	11,00	397,38	30,00
C21XL	GF 9174 C	4 617	2,10	9,52	11,00	397,38	30,00
C21XL R	GF 9174 R	4 617	2,10	9,52	11,00	397,38	30,00
C25	GF 8228 C	7 309	2,20	12,34	5,50	458,89	30,00
C25R	GF 8228 R	9 921	2,20	7,59	11,00	665,50	30,00
C25M	GF 9224 C	9 921	1,93	7,36	11,00	665,50	30,00
C25MR	GF 9224 R	9 921	1,93	7,36	11,00	665,50	30,00
C25XL	GF 9226 C	9 975	2,14	11,04	11,00	665,50	30,00
C25XL R	GF 9226 R	9 975	2,14	11,04	11,00	665,50	30,00

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société SEAC GF
 47 boulevard de Suisse
 B.P. 215
 FR - 31021 TOULOUSE CEDEX 2
 Tél. : 05 34 40 90 00
 Internet : www.seac-gf.fr

2.2. Description

Plancher nervuré à poutrelles préfabriquées en béton précontraint par armatures adhérentes préalablement tendues, avec entrevous de coffrage simple en polystyrène et table de compression complète coulée en œuvre. La poutrelle est coulée dans des éléments isolants, en polystyrène expansé, découpés ou moulés.

Ces derniers éléments constituent la partie entrevous du plancher, l'ensemble formant un panneau rectangulaire de longueur de travée incluant une poutrelle et deux demi-entrevous.

2.3. Domaine d'emploi

Plancher isolant thermiquement, utilisable en plancher bas de bâtiments, éventuellement en plancher intermédiaires ou toiture terrasse.

Le domaine d'emploi des poutrelles type GF 8000 et GF 9000, exclusivement utilisées dans le plancher SEACISOL, est plutôt réservé à une mise en œuvre sans étai. Ce domaine d'utilisation particulier limite les performances, tant en portée qu'en capacité de chargement, des planchers dans lesquels elles sont utilisées. Elles sont donc plus particulièrement destinées à des planchers sur vide-sanitaire pour lesquels la mise en place de l'étalement est plus délicate, pour des cas de charges relativement modérées, type habitations, bureaux, locaux scolaires et hospitaliers par exemple.

2.4. Description du procédé de plancher

Le plancher SEACISOL est un plancher préfabriqué, thermiquement isolant.

Il est constitué de panneaux de largeur de l'ordre de 60 cm dans lesquels sont associés la poutrelle précontrainte et les éléments isolants formants entrevous.

2.4.1. Définition des matériaux

2.4.1.1. Armatures de précontrainte

Deux types d'armatures sont utilisés pour la fabrication des poutrelles :

Toron T 5.2 2160 – TBR

- Diamètre nominal $D_n = 5,2 \text{ mm}$
- Section nominale $S_a = 13,6 \text{ mm}^2$
- Force de rupture garantie $F_{pk} = 29,4 \text{ kN}$
- Limite d'élasticité $F_{p0,1k} = 26,2 \text{ kN}$

Toron T 6.85 2160 – TBR

- Diamètre nominal $D_n = 6,85 \text{ mm}$
- Section nominale $S_a = 28,2 \text{ mm}^2$
- Force de rupture garantie $F_{pk} = 60,9 \text{ kN}$
- Limite d'élasticité $F_{p0,1k} = 54,2 \text{ kN}$

Ces armatures de précontrainte font l'objet d'un certificat d'aptitude de fabrication et de livraison délivré par l'« ASQPE ».

2.4.1.2. Armatures complémentaires des poutrelles

Grecques de coutures ou étriers en acier B 500 de diamètre de 5 mm.

2.4.1.3. Armatures complémentaires du béton coulé en œuvre

Ferraillage des dalles de répartition

- Treillis soudé B 500 et renforts en acier HA B500
- Fibres métalliques bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité.

Armatures en chapeau

- Treillis soudé B500 et en acier HA B500.

2.4.1.4. Béton des poutrelles

Béton de sable et de granulats courants, de granulométrie limitée à 10 mm.

La composition précise (le dosage en ciment et en eau, l'utilisation d'adjuvants, ...) est examinée, pour chaque centre de production de poutrelles, dans le cadre de la certification.

Chaque béton est défini pour garantir les caractéristiques de résistance en compression imposées, pour la mise en précontrainte et à 28 jours.

2.4.1.5. Béton coulé en œuvre

Béton de sable et de granulats courants dont la résistance caractéristique à 28 jours est supérieure ou égale à 25 MPa. Ses caractéristiques de durabilité sont les mêmes que celles requises pour un béton de chantier (selon la norme NF EN 206/CN).

L'utilisation de béton renforcé par des fibres est définie dans les Avis Techniques en cours de validité relatifs à ce produit.

2.4.2. Description des éléments**2.4.2.1. Poutrelles**

Les poutrelles sont en béton précontraint par armatures adhérentes et sont systématiquement munies d'aciers de couture sur leurs tiers extrêmes. Leur section courante présente une forme rectangulaire ou en I. La partie supérieure ne dépasse pas du polystyrène.

Identification des poutrelles

Les poutrelles des familles GF8000 ou GF9000 sont des poutrelles spécifiquement destinées à une utilisation dans le cadre du plancher SEACISOL.

Les poutrelles existent en 6 types et présentent les caractéristiques géométriques suivantes :

Famille poutrelle	Hauteur (mm)	Largeur du talon (mm)	Nbre torons équivalent T 5.2	Poids (daN/m)	
				Type C	Type R
GF 8130	130	110	3 à 6	22,3	27,2
GF 8170	170	110	4 à 6	26,7	33,6
GF 8220	220	110	7 et 8	35,8	43,1
GF 9130	130	110	6 à 8	34,3	34,3
GF 9170	170	110	6 à 8	44,9	44,9
GF 9220	220	110	8 à 12	58,1	58,1

Les deux chiffres suivants le 8 ou le 9 donnent l'indication de la hauteur du produit en cm.

Le dernier chiffre donne l'indication du nombre d'armatures de la poutrelle en équivalent T 5.2 pour les GF8000 et en T6.85 pour les GF9000. Dans certaines variantes de ferrillages, 2 T 5.2 peuvent être remplacés par 1 T 6.85.

La dénomination des poutrelles est complétée par les lettres C et R qui indiquent les dispositions prises à chaque extrémité en termes de ferrillage et de section de béton :

- Le type C correspond aux poutrelles avec intégration de grecques à boucles simples sur 1/3 de la portée à chaque extrémité.
- La lettre R désigne des poutrelles de section renforcée aux abouts sur 1,00 m (deux rangs d'aciers de couture). Cette mesure vient en complément sur des poutrelles de type C.

Chaque poutrelle est caractérisée par ses cotes extérieures et son ferrillage apparent.

La longueur de fabrication, le numéro de la journée de coulée, l'usine productrice et la dénomination commerciale sont portés sur une étiquette fichée dans le béton de poutrelle.

La traçabilité du produit est ainsi assurée jusqu'à sa mise en œuvre.

Armature de couture et étriers

En forme de grecques, ces armatures complémentaires peuvent être ancrées dans le béton de poutrelle selon les prescriptions de l'article 7.3.1.2.1 de la norme de calcul NF P19-205.

2.4.2.2. Entrevous de coffrage simple en polystyrène

C'est le seul type d'entrevous utilisé dans le procédé SEACISOL. La poutrelle précontrainte est coulée à l'intérieur de l'entrevous. Il s'agit d'un entrevous en polystyrène expansé ou plus précisément, de deux demi-entrevous encadrant la poutrelle, solidaires de cette dernière, et reliés en partie inférieure par une languette.

Ces éléments sont soit découpés exclusivement des blocs de polystyrène servant à la réalisation de produits certifiés ACERMI, soit moulé. Dans ce dernier cas, leur fabrication bénéficie du même contrôle qualité que les entrevous polystyrène certifiés.

Les entrevous en polystyrène peuvent être classés en réaction au feu E ou non classés au sens des Euroclasses, selon la destination des planchers dans lesquels ils seront inclus. La conductivité thermique utile du PSE est égale à 0,036 W/m.K.

Les planchers à entrevous polystyrène SEACISOL, de par leur conception, présentent une isolation thermique renforcée pouvant permettre de satisfaire aux exigences des règles Th-Bât (Fascicule Ponts thermiques).

Les résistances thermiques utiles à prendre en compte sont déterminées par le calcul en référence aux règles Th-Bât (Fascicule Ponts thermiques). Les performances thermiques des montages réalisés avec des entrevous certifiés sont définies au § 2.8 du présent Dossier Technique.

2.5. Fabrication des poutrelles

La poutrelle est formée par coulage du béton dans l’empreinte linéaire réservée dans l’axe d’un bloc de polystyrène.

L’ensemble poutrelle – bloc de polystyrène constitue un panneau préfabriqué sur lequel sera ultérieurement coulée la table de compression du plancher.

La fabrication s’effectue sur des pistes de grande longueur, de 110 à 175 m. et de largeur 1,20 m.

Ces pistes sont celles utilisées dans le cadre du procédé de planchers GF pour les poutrelles et les dalles alvéolées.

Deux poutrelles sont coulées simultanément à l’intérieur de 2 séries de blocs de polystyrène situés côte à côte sur la piste. Leur encombrement en largeur est de 1,20 m.

A l’une des extrémités de piste, on trouve un chevêtre fixe d’ancrage des aciers de précontrainte, à l’autre extrémité, un chevêtre mobile destiné à la mise en précontrainte des poutrelles par rétraction progressive des vérins.

Selon les sites, on utilise soit la tension fil par fil avec un vérin mono-armature, soit la tension globalisée de l’ensemble des fils du banc à l’aide d’installations fixes ou, mobiles d’un banc à l’autre.

Dans le cas de la tension par vérin mono-armature, les fils sont tractés par groupe à partir de plusieurs bobines, dévidés sur le banc, clavetés côté fixe, coupés côté mobile et amenés un par un à la tension requise avec arrêt automatique de la traction du vérin dès qu’elle est atteinte.

Dans le cas de tension globalisée, les fils sont dévidés automatiquement à partir de la même bobine et coupés automatiquement à la longueur prédéfinie. Clavetés sur les chevêtres, les aciers, tous de la même longueur, sont mis en tension par déplacement du chevêtre mobile dont la course est contrôlée de façon à obtenir la tension voulue. Cette valeur a été définie à partir des courbes « efforts-allongements » fournies par le producteur d’acier.

La tension est systématiquement contrôlée par sondage en mesurant l’allongement sur 10 m. Ce contrôle est complété dans le cas de mise en tension globalisée par la vérification de la force de traction sur un fil à l’aide d’un capteur type HBM placé entre la clavette et le chevêtre.

Les blocs de polystyrène sont alignés sur la piste. Leur longueur a été adaptée à celle du panneau à fabriquer par découpage transversal au fil chaud.

Les aciers de précontrainte sont positionnés à l’intérieur des empreintes de poutrelles et amenés à la tension requise.

A chaque about de poutrelle, des peignes destinés à coffrer les extrémités et à positionner les fils sont mis en place. Ces peignes sont maintenus en place par des écarteurs placés à cheval sur les aciers de précontraintes qu’ils laissent apparents sur 20 cm. L’about de la poutrelle, qui vient en surépaisseur de 30 mm à l’extérieur du polystyrène, prend une forme trapézoïdale de largeurs 80 mm en partie supérieure et 140 mm minimum en partie inférieure, et descend jusqu’à la piste. Des cales d’alignement des blocs vis-à-vis des fils de précontrainte préalablement mises en place sont retirées à l’avancement lors du coulage du béton.

Le coulage du béton de poutrelle est effectué par une distributrice circulant au-dessus de la piste.

Le compactage du béton est réalisé à l’aide de lames vibrantes montées sur un chariot circulant au-dessus de la piste. Elles plongent profondément dans le coffrage de façon à assurer un compactage constant du béton au fur et à mesure de l’avancement du chariot.

Les coutures sont mises en place par enfoncement dans le béton frais. L’altimétrie des grecques est assurée par un gabarit de pose de 35 mm positionné à l’intérieur de la boucle lors de l’enfoncement.

Le durcissement du béton est éventuellement accéléré par un traitement thermique dont la température est régulée automatiquement selon un cycle prédéterminé. Les pistes sont chauffées soit par circulation d’eau chaude dans des tubulures noyées sous le banc soit, par des résistances électriques selon les usines.

Il n’est réalisé qu’une rotation par jour, la durée du traitement thermique n’est pas inférieure à 15 heures.

Le traitement thermique est effectué à l’abri d’une bâche isotherme.

A la fin du cycle, la résistance du béton est vérifiée puis les poutrelles sont mises en précontrainte par rétraction des vérins de détension. La valeur minimale requise pour la mise en précontrainte est vérifiée sur cube de 10 X 10 X 10 cm. Elle ne doit pas être inférieure à 2 *ni* (« *ni* » étant la précontrainte finale en fibre inférieure de la poutrelle) sans jamais descendre en dessous de 25 MPa.

Les poutrelles, ou plus précisément les panneaux, une fois séparées par sectionnement des torons, sont identifiées, marquées, palettisées et évacuées sur l’aire de stockage.

2.6. Contrôles de fabrication

Le procédé SEACISOL fait l’objet de la certification QB.

2.6.1. Poutrelles

Chaque usine productrice possède son propre laboratoire de contrôle et s’assure que les produits sont fabriqués en conformité avec les caractéristiques requises.

Les contrôles internes doivent répondre aux exigences définies dans le Référentiel de la certification QB02 « Eléments résistants de structure en béton », du document technique DT02-01 et de l’annexe technique partie 1 concernant les poutrelles en béton précontraint.

Les contrôles doivent permettre de garantir les caractéristiques certifiées suivantes :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck} à 28 jours ;
- La résistance caractéristique à la compression du béton f_{cr} à la mise en précontrainte de chaque type de poutrelle ;
- Le moment résistant à rupture M_{Rd} des poutrelles seules à 7 jours.

La géométrie de la poutrelle dépendant directement de celle des coffrages polystyrène, il a été mis en place une procédure de vérification dimensionnelle régulière de ces derniers. A chaque livraison, les « entrevous polystyrène » sont contrôlés par sondage à l'aide d'un gabarit. La tolérance sur la largeur horizontale de la poutrelle est de +/- 3 mm. Les autres tolérances appliquées sont celles prévues pour les poutrelles précontraintes.

2.6.2. Entrevous

La fabrication des entrevous fait l'objet d'un suivi portant sur :

- Les essais de résistance sur demi-entrevous, effectués selon le protocole d'essai de résistance « Protocole d'essai des blocs polystyrène Seacisol » du 29/08/2019 défini par le titulaire ;
- La traçabilité du polystyrène est assurée soit par un suivi conformément au règlement de certification NF n°547-01 pour les blocs moulés, soit, pour les éléments découpés, par une découpe dans des blocs de polystyrène suivant le même procès de contrôle que les blocs servant à la réalisation de produits certifiés ACERMI. Le suivi de la conductivité thermique des blocs moulés est réalisé par un organisme tiers dans le cadre de la certification du produit ;
- Les contrôles dimensionnels (critères identiques à ceux du référentiel de certification NF n°547-01 sur les entrevous) ;
- La rectitude des coupes, qui doit être telle qu'à aucun endroit dans le plan de coupe, on ne puisse constater d'écarts de plus de 5 mm entre blocs.

2.7. Mise en œuvre

La manutention est réalisée par le biais des armatures de coutures. L'angle entre l'élingue et le produit n'est jamais inférieur à 60°.

La mise en œuvre du plancher est effectuée suivant les prescriptions du plan de préconisation de pose réalisé, pour le chantier, en fonction de la géométrie des pièces à couvrir et des charges à reprendre.

Compte tenu de l'encombrement de l'about des poutrelles sur les appuis, l'angle de pose avec la perpendiculaire à l'appui est limité à 25°.

Les panneaux de polystyrène dans lesquels la poutrelle a été coulée sont posés côte à côte de façon jointive. L'espacement entre deux panneaux consécutifs ne devra pas excéder 3 mm.

Les panneaux de plancher reposent sur la structure par l'intermédiaire du « trapèze » de béton (appelé talonnette) qui prolonge la poutrelle et qui descend, au-dessous du niveau inférieur de cette dernière.

L'étanchéité entre le chaînage et l'élément de polystyrène est assurée par une légère pénétration de ce dernier sur le « porteur ».

Le premier panneau est placé en bordure du chaînage, l'axe de la poutrelle se situant donc à 0,30 m. Les panneaux suivants sont posés jointivement.

Arrivé à l'autre extrémité de la pièce, l'ajustement des panneaux se fait par sciage de la partie de polystyrène superflue.

Les renforts de planchers, généralement traités par un jumelage de poutrelles suivent ici le même principe.

On découpe à la scie, sur chantier, le polystyrène en bordure de chacune des poutrelles de façon à pouvoir les mettre en contact tout en conservant le polystyrène en sous face de chacune d'elles.

La réalisation d'entraxes réduits (40 ou 20 cm) se fait par l'interposition de poutrelle associée à un entrevous de largeur réduite par découpe des côtés.

La protection thermique de la sous-face de cette poutrelle supplémentaire nécessite un découpage spécifique, toujours à la scie égoïne, du demi-entrevous associé à la poutrelle du panneau.

Ce type de plancher dont le poids mort est relativement faible est prioritairement destiné à une mise en œuvre sans étai.

Le plan de pose précise cependant les éventuelles dispositions d'étalement qui pourraient s'avérer nécessaires.

Les panneaux mis en place, il est alors possible de disposer les aciers complémentaires du plancher : treillis soudé de dalle, armatures en chapeaux, renforts localisés.

S'agissant d'entrevous de coffrage simple, l'épaisseur minimale de la dalle de compression ne doit pas être inférieure à 5 cm au-dessus de l'entrevous.

Les éléments de plancher sont, avant mise en place, stockés horizontalement sur des palettes spécifiques et de longueur adaptée.

Chaque panneau est posé sur 4 cales d'épaisseur rectangulaires, en polystyrène, de façon à éviter le poinçonnement de la tête de poutrelle en sous face du panneau posé au-dessus.

La pose avec étais nécessite des précautions particulières. Les lisses d'étalement doivent présenter une largeur suffisante pour ne pas altérer le polystyrène. Elles sont mises en contact de la sous-face du plancher.

Cas des appuis biais : Pour les appuis biais, on découpera, sur chantier, la partie du polystyrène en trop (schéma 1 ci-après). Cette partie sera retournée et positionnée, comme le montrent les schémas 2 et 3, et maintenue en place par deux barres HA8. La continuité de l'isolant est ainsi assurée.

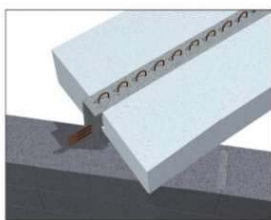


Schéma 1

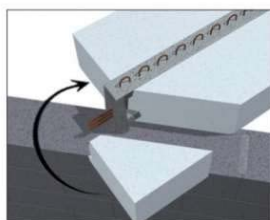


Schéma 2

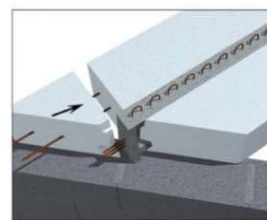


Schéma 3

Lorsque des réseaux sont incorporés dans la dalle de compression, les prescriptions du § 5.5.2.5 de la norme NF DTU 23.5 P1-1 doivent être respectées.

2.8. Isolation thermique

Les planchers à entrevous polystyrène SEACISOL, de par leur conception, présentent une isolation thermique renforcée pouvant permettre de satisfaire aux exigences des règles Th-Bât (Fascicule Ponts thermiques).

Les résistances thermiques utiles à prendre en compte sont déterminées par le calcul en référence aux règles Th-Bât (Fascicule Ponts thermiques). Les performances thermiques des montages réalisés avec des entrevous dont le PSE est extrait de blocs certifiés ACERMI (conductivité thermique utile du PSE égale à 0,036 W/m.K) sont définies ci-après :

Assemblage (poutrelle)	Épaisseur languette [mm]	Valeurs calculées	
		R_p [m².K/W]	U_p [W/(m².K)]
C17 (GF 8130)	40	2,75	0,32
	60	3,40	0,27
	80	4,00	0,23
C21 (GF 8170)	40	3,05	0,29
	50	3,40	0,27
	70	4,05	0,23
C25 (GF 8220)	30	2,90	0,31
	40	3,30	0,27
	60	3,95	0,23
C17M (GF 9130)	61	3,40	0,27
	85	4,00	0,23
	115	4,92	0,19
	165	6,33	0,15
C21M (GF 9170)	55	3,40	0,27
	75	4,00	0,23
	105	4,92	0,19
	155	6,33	0,15
C25M (GF 9220)	50	3,40	0,27
	70	4,00	0,23
	95	4,92	0,19
	145	6,33	0,15

2.9. Finitions

Sols

Le procédé de plancher SEACISOL peut recevoir tout type de revêtement de sol, éventuellement après rattrapage de la surface par une chape conformément au NF DTU 26.2.

L'état de surface de la dalle de compression doit être conforme à la norme NF DTU 23.5 et aux prescriptions du NF DTU 21.

Plafonds

Il est possible de suspendre différents types de plafonds rapportés en disposant, avant le coulage de la dalle de compression rapportée, des suspentes métalliques (tiges filetées par exemple) au droit de la jonction des panneaux.

Ces suspentes, munies d'une rondelle, en partie supérieure, destinée à bloquer leur pénétration dans le joint inter-panneaux, sont recourbées en extrémité haute afin d'assurer une bonne liaison avec la dalle.

2.10. Conception et calculs

2.10.1. Généralités

La conception et le calcul des montages sont réalisés conformément à la norme de calcul NF P19-205.
La résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton de chantier est prise égale à 25 MPa.

2.10.2. Méthode de vérification d'un montage

2.10.2.1. Application de la « méthode forfaitaire »

Le calcul des continuités est réalisé conformément à l'annexe E de la norme de calcul NF P19-205.

2.10.2.2. Vérification de l'état limite de service (ELS)

Le calcul des contraintes est réalisé conformément à l'article 8.1 et l'annexe F de la norme de calcul NF P19-205.

2.10.2.3. Effort tranchant résistant

La vérification aux efforts tranchants est réalisée conformément à l'article 7.3 de la norme de calcul NF P19-205.

2.10.2.4. Vérification à la flexion à l'état limite ultime (ELU)

La vérification à l'état ultime est réalisée conformément à l'article 7.2 de la norme de calcul NF P19-205.

2.11. Résultats expérimentaux

- Etude conjointe CSTB-CERIB « Comportement acoustique des planchers poutrelle entrevous » (rapport d'étude n° DSC/2014-063/CG/BG).
- Rapport de mesure r1102002b, Gamba Acoustique « mesures d'isolement bruit aérien et de niveau de bruit de chocs ».
- Rapport d'étude r1505001a-ma2, Gamba Acoustique « calculs d'isolement au bruit aérien et niveaux de bruits de chocs ».
- Rapport d'étude CSTB n°17-036, Validation des valeurs U_p/R_p associées pour le procédé SEACISOL.
- Rapport d'étude CSTB n°20-017, Validation des valeurs U_p/R_p associées pour le procédé SEACISOL.

2.12. Références

2.12.1. Données Environnementales¹

Le procédé de plancher à poutrelles SEACISOL ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 août 2015.

Les données issues des DE ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels le procédé SEACISOL visé est susceptible d'être intégré.

2.12.2. Autres références

Les planchers SEACISOL sont fabriqués depuis fin 2002. Leur mise en œuvre à fin 2020 représentait plus de 1 900 000 m².
Exemples de références récentes :

CENTRE DEPARTEMENTAL DE L'ENFANCE ET DE LA FAMILLE Limoges (87) Bâtiment type ERP

- Surface livrée : 1735 m²
- Bureau de contrôle : Qualiconsult
- Décembre 2019

SCCV BLAGNAC ANDROMEDE ILOT 23B (31) :

- Bâtiment type Bureau
- Surface livrée : 941 m²
- Bureau de contrôle : Bureau Veritas Construction
- Novembre 2019

Maison des Huiles et Olives Nyons (26) :

- Bâtiment type ERP
- Surface livrée : 200 m²
- Bureau de contrôle : Bureau Veritas Construction
- Septembre 2019

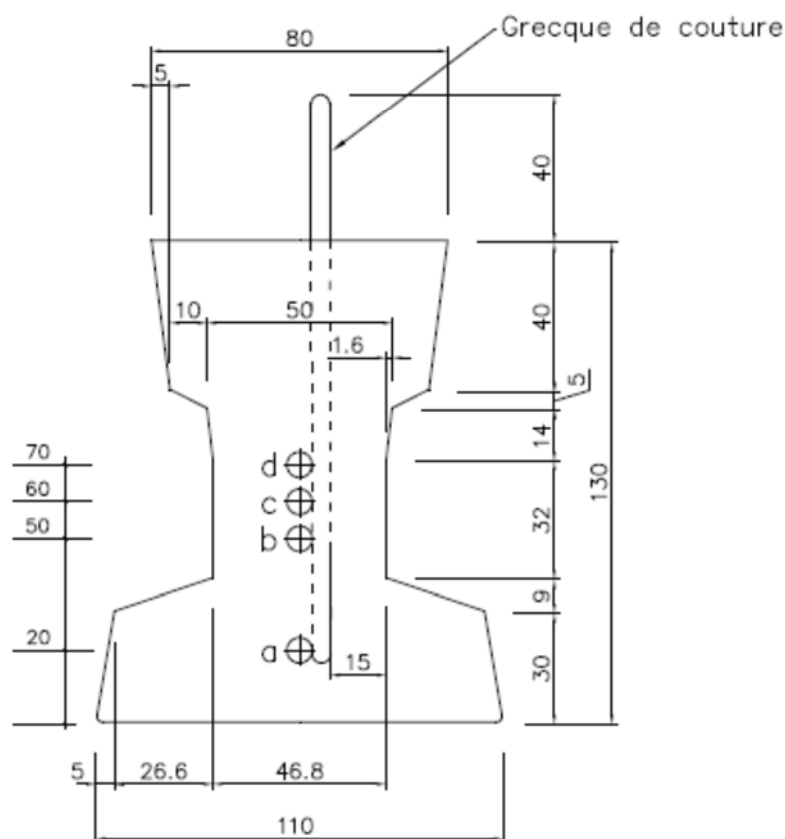
Maison de Quartier La Courrouze St Jacques de la Lande (35) Bâtiment type ERP

- Surface livrée : 532 m²
- Bureau de contrôle : BTP consultant
- Avril 2018

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis

2.13. Annexes du Dossier Technique

POUTRELLE GF 8130 C pour SEACISOL C17



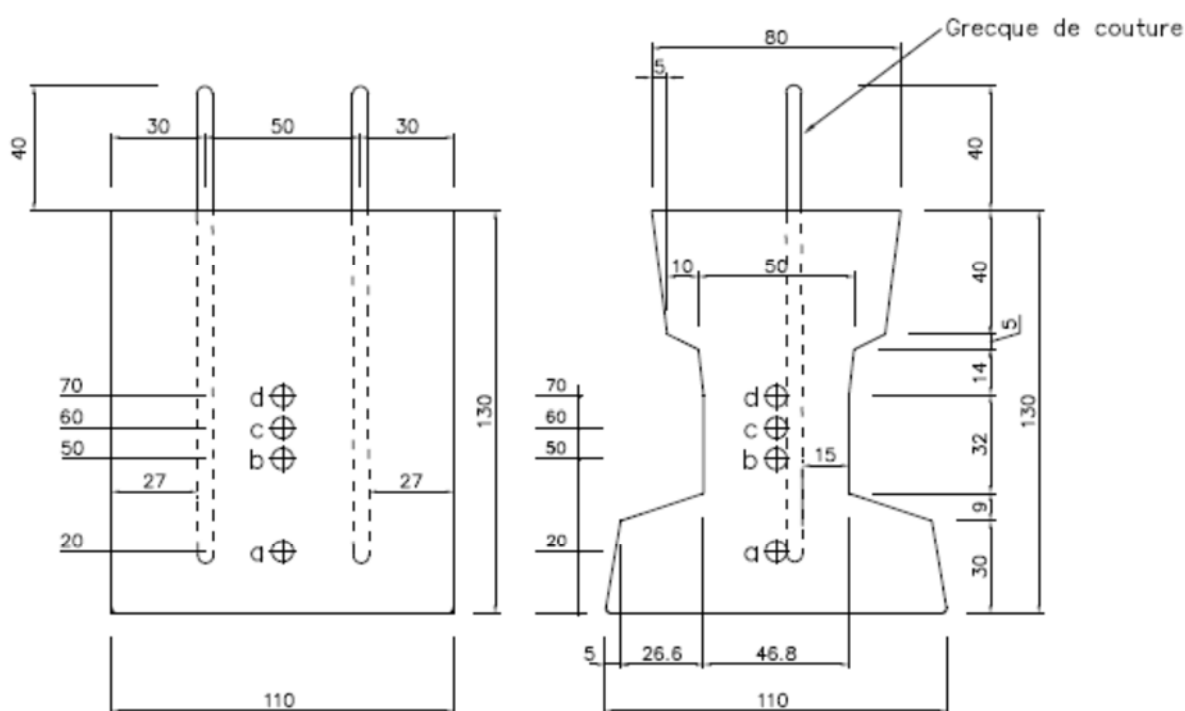
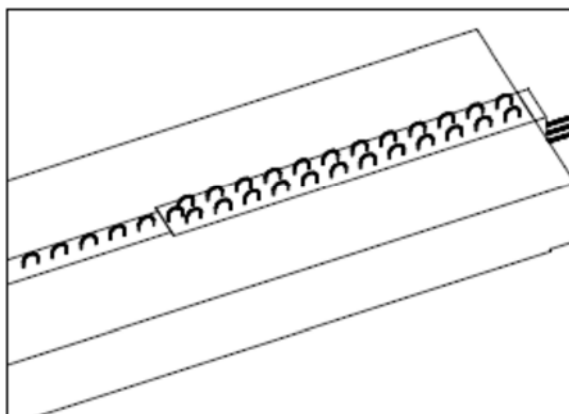
Géométrie et précontrainte

Caractéristiques section courante		
Sp	cm ²	92.80
Vi	cm	6.05
Vs	cm	6.95
i	cm ⁴	1579
I/Vi	cm ³	261
I/Vs	cm ³	227
Poids	daN	22.3

Armatures de précontrainte			
Dénomination	unité	T5.2-2160 TBR	T6.85-2160 TBR
Fr	kN	29.40	60.90
Fr01	kN	26.20	54.20
F initial	kN	24.49	48.58
F final	kN	19.23	38.46

Caractéristiques Techniques						
TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale			Béton
			Dp (cm)	Ns (MPa)	Ni (MPa)	Fc28 (MPa)
Poutrelle	T 5.2	T 6.85				
GF 8134		a , c	4.00	1.39	14.31	55
GF 8135	d	a , b	4.20	2.57	17.16	60
GF 8136		a, b, d	4.67	5.42	18.55	65

POUTRELLE GF 8130 CR pour SEACISOL C17R



Géométrie et précontrainte

Caractéristiques des abouts		
Sp	cm ²	143.00
Vi	cm	6.50
Vs	cm	6.50
i	cm ⁴	2014.00
I/Vi	cm ³	310.00
I/Vs	cm ³	310.00
Poids moyen	daN	27.2

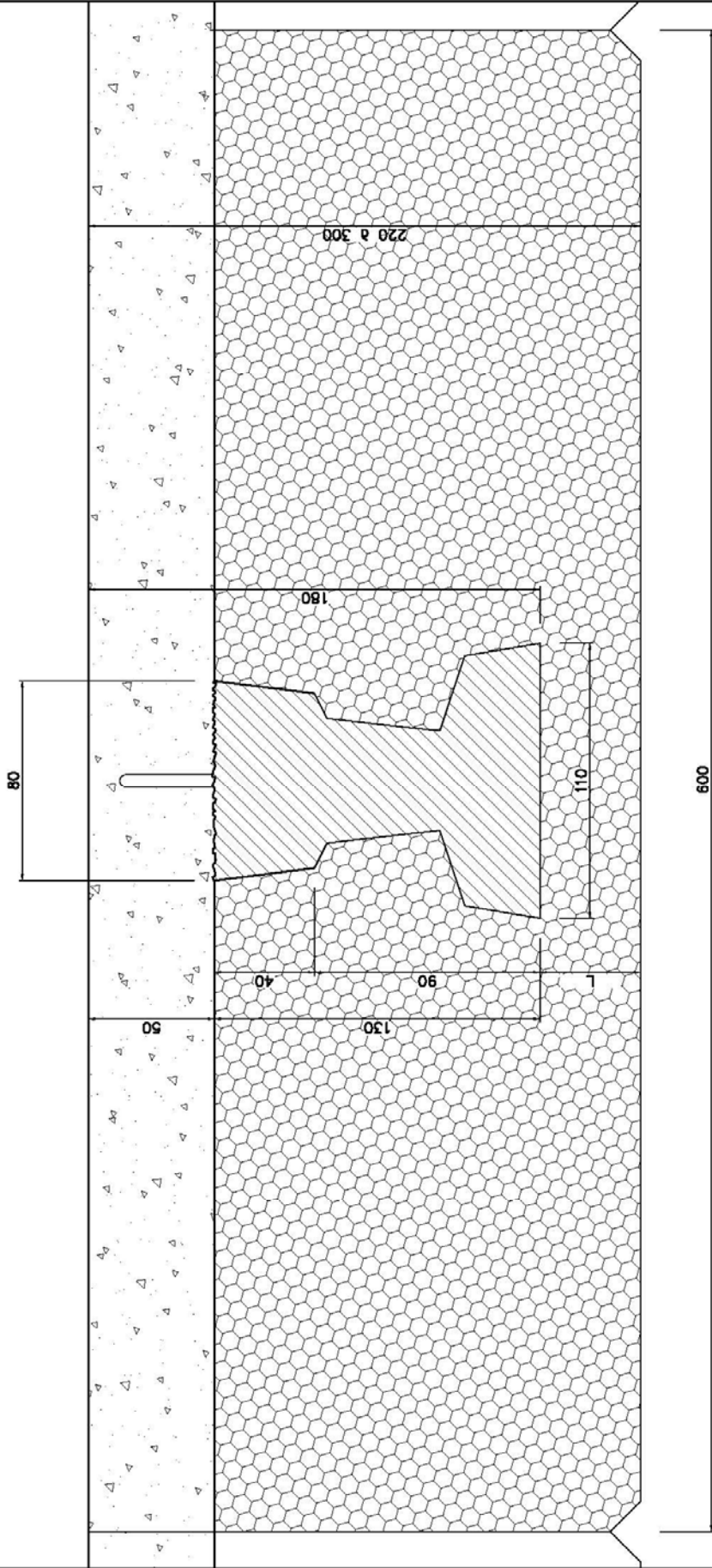
Caractéristiques section courante		
Sp	cm ²	92.80
Vi	cm	6.05
Vs	cm	6.95
i	cm ⁴	1579
I/Vi	cm ³	261
I/Vs	cm ³	227
Poids	daN	22.3

Armatures de précontrainte			
Dénomination	unité	T5.2-2160 TBR	T6.85-2160 TBR
Fr	kN	29.40	60.90
Fr01	kN	26.20	54.20
F initial	kN	24.49	48.58
F final	kN	19.23	38.46

Caractéristiques Techniques						
TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale			Béton
			Dp (cm)	Ns (MPa)	Ni (MPa)	Fc28 (MPa)
Poutrelle	T 5.2	T 6.85				
GF 8134		a , c	4.00	1.39	14.31	55
GF 8135		a , b	4.20	2.57	17.16	60
GF 8136		a, b, d	4.67	5.42	18.55	65

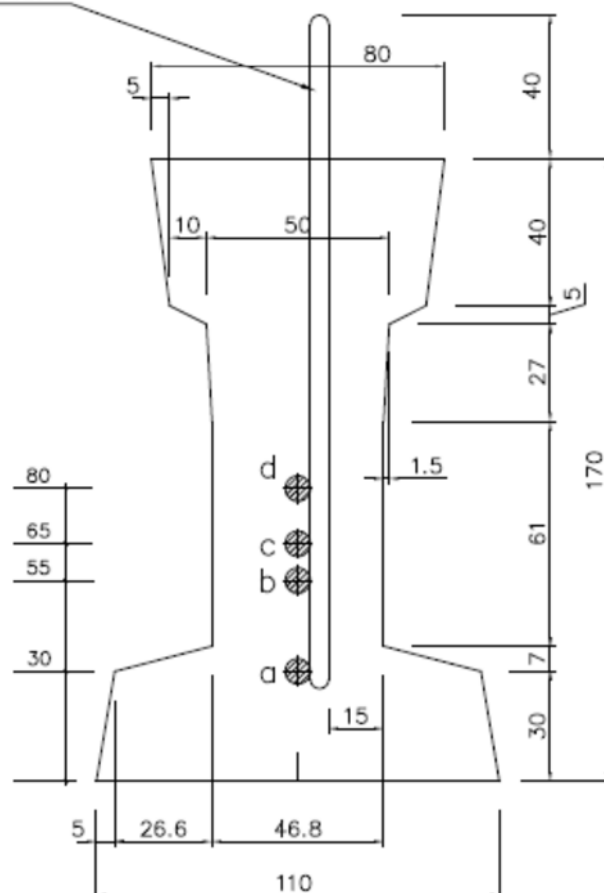
Schéma d'assemblage Seacisol C17:
Poutrelle GF 8130 + Entrevous 130 avec L variable de 4 à 12 cm

04/2013



POUTRELLE GF 8170 C pour SEACISOL C21

Grecque de couture



Géométrie et précontrainte

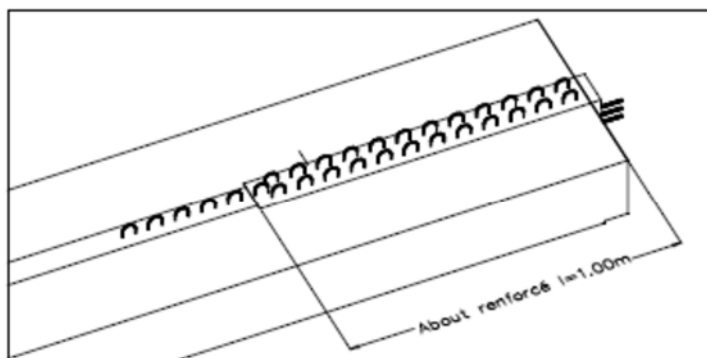
Caractéristiques géométriques		
Sp	cm ²	111.22
Vi	cm	8.01
Vs	cm	8.99
I	cm ⁴	3345
I/Vi	cm ³	417
I/Vs	cm ³	372
Poids	daN	26.7

Armatures de précontrainte			
Dénomination	unité	T5.2-2160TBR	T6.85-2160TBR
Fr	kN	29.40	60.90
Fr01	kN	26.20	54.20
F initial	kN	24.49	48.58
F final	kN	19.23	38.46

Caractéristiques Techniques						
TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale			Béton
			Dp	Ns	Ni	Fc28
Poutrelle	T 5.2	T 6.85	(cm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
GF 8174		a,c	4.75	0.23	12.92	50
GF 8175	d	a,b	5.00	0.93	15.58	55
GF 8176		a,b,d	5.50	2.64	17.33	65

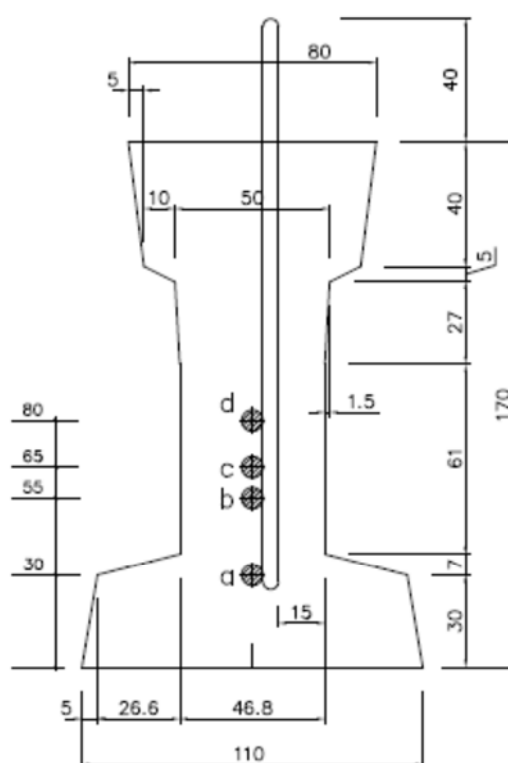
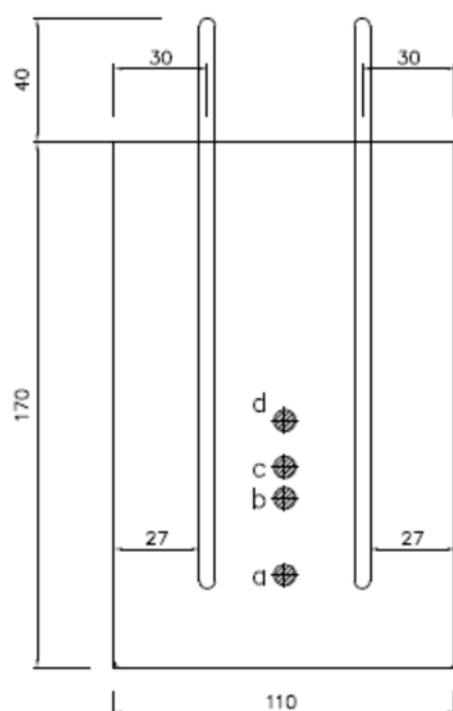
12/01/2018

POUTRELLE GF 8170 CR pour SEACISOL C21R



About renforcé
longueur 1.00m

Section courante



Géométrie et précontrainte

Caractéristiques section about		
Sp	cm ²	187.00
Vi	cm	8.50
Vs	cm	8.50
I	cm ⁴	4504
I/Vi	cm ³	530.00
I/Vs	cm ³	530.00
Poids moyen	daN	33.60

Caractéristiques géométriques		
Sp	cm ²	111.22
Vi	cm	8.01
Vs	cm	8.99
I	cm ⁴	3345
I/Vi	cm ³	417
I/Vs	cm ³	372
Poids	daN	26.7

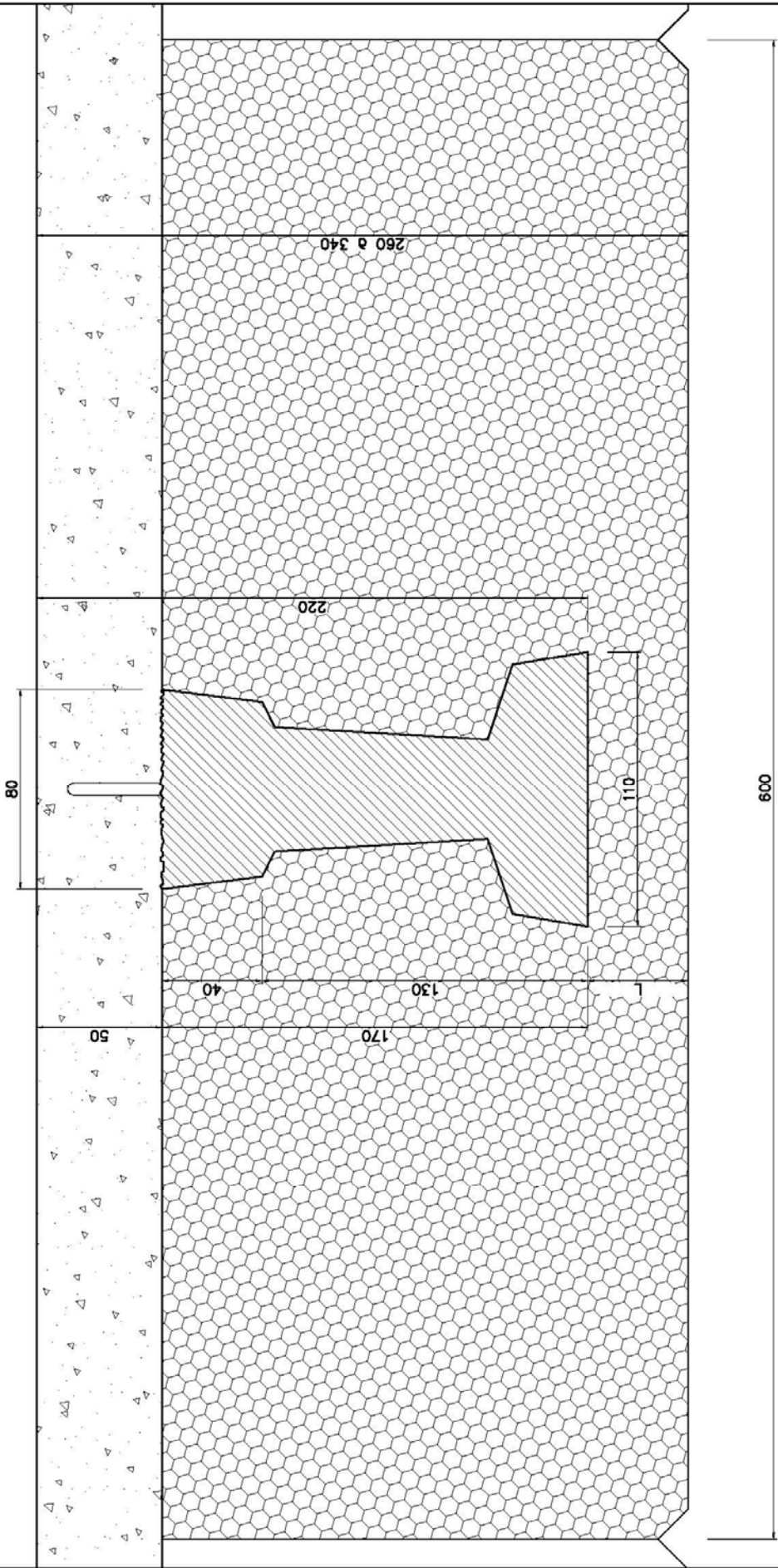
Armatures de précontrainte			
Dénomination	unité	T5.2-2160 TBR	T6.85-2160 TBR
Fr	kN	29.40	60.90
Fr01	kN	26.20	54.20
F initial	kN	24.49	48.58
F final	kN	19.23	38.46

Caractéristiques Techniques					
TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale		Béton
			Dp	Ns	Ni
Poutrelle	T 5.2	T 6.85	(cm)	(MPa)	(MPa)
GF 8174		a,c	4.75	0.23	12.92
GF 8175		d	5.00	0.93	15.58
GF 8176		a,b,d	5.50	2.64	17.33
					50
					55
					65

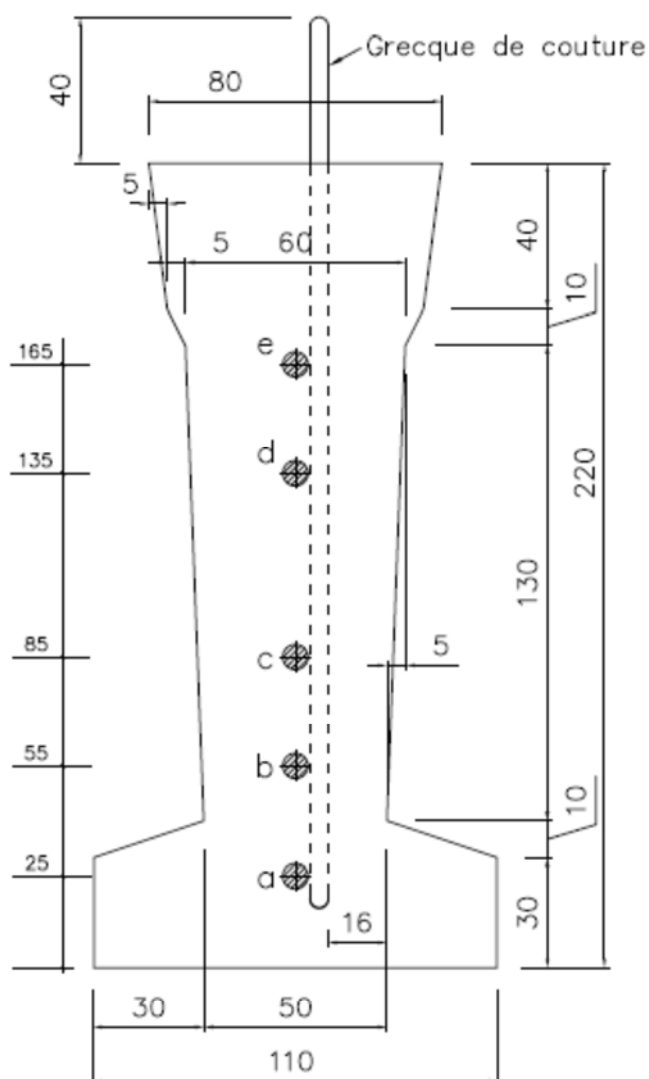
12/01/2018

Schéma d'assemblage Seacisol C21:
Poutrelle GF 8170 + Entrevous 170 avec L variable de 4 à 12 cm

03/2013



POUTRELLE GF 8220 C pour SEACISOL C25



Géométrie et précontrainte

Caractéristiques géométriques section courante

Sp	cm ²	149,00
VI	cm	10,45
Vs	cm	11,55
I	cm ⁴	7 197,04
I/VI	cm ³	669
I/Vs	cm ³	623
Poids	daN	35,8

Armatures de précontrainte

Dénomination	unité	T5,2-2160 TBR	T6,85-2160 TBR
Fr	kN	29,40	60,90
Fr01	kN	26,20	54,20
F initial	kN	24,20	48,40
F final	kN	19,00	38,00

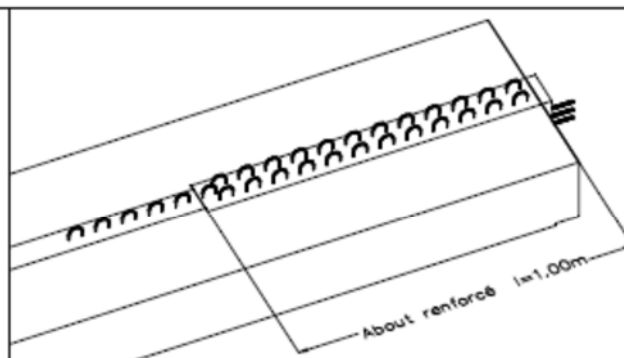
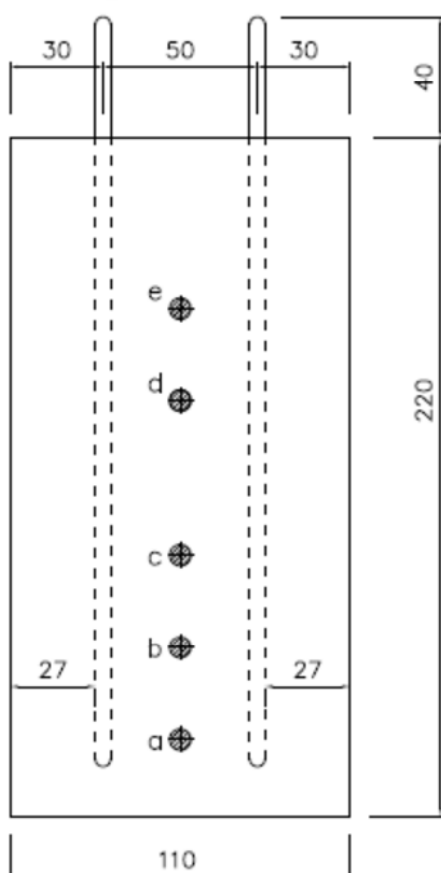
Caractéristiques Techniques

TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale			Béton
			Dp (cm)	Ns (MPa)	NI (MPa)	Fc28 (MPa)
Poutrelle	T 5,2	T 6,85				
GF 8227	e	a, b, c	7,07	1,72	15,45	55
GF 8228		a, b, c, d	7,50	3,00	16,71	65

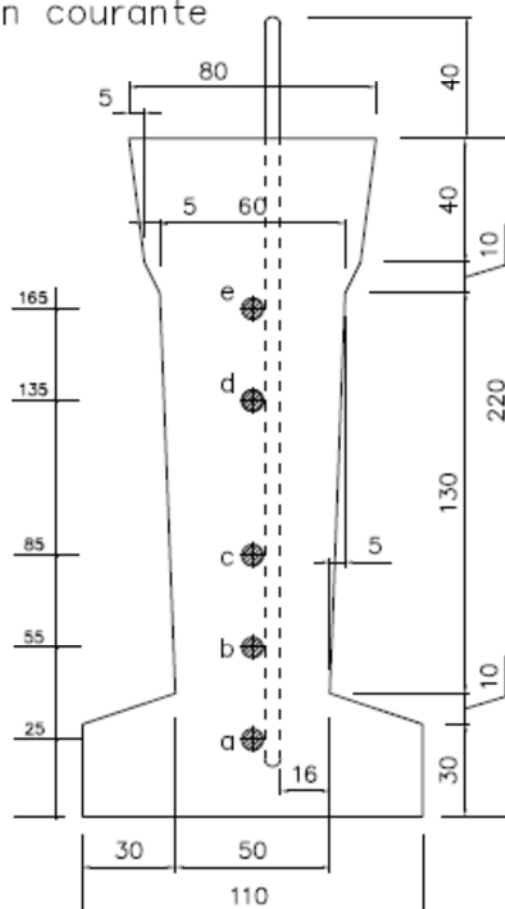
02/04/2015

POUTRELLE GF 8220 CR pour SEACISOL C25R

About renforcé
longueur 1.00



Section courante



Géométrie et précontrainte

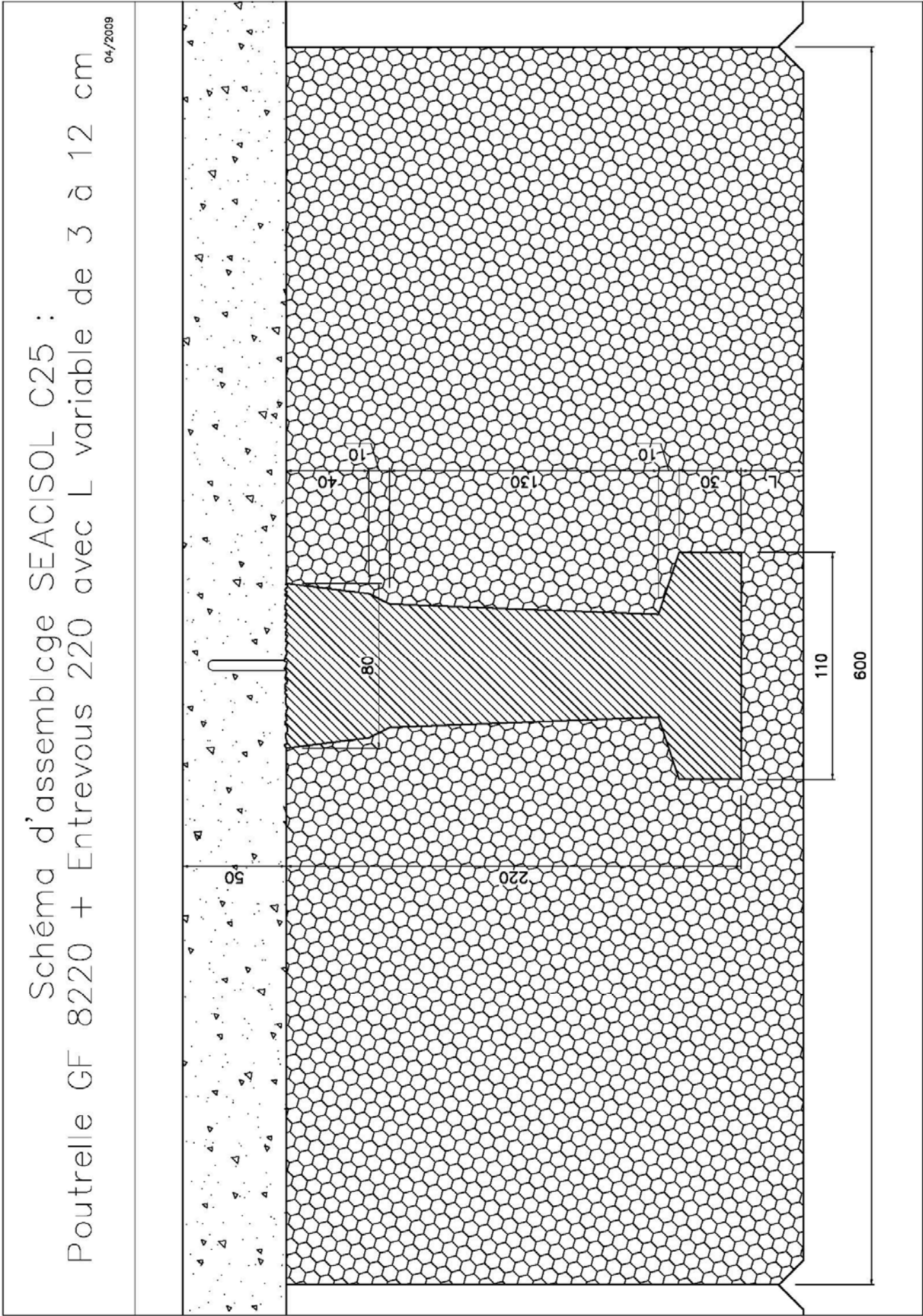
Caractéristiques géométriques des abouts		
Sp	cm ²	242,00
VI	cm	11,00
Vs	cm	11,00
I	cm ⁴	9761,00
I/VI	cm ³	887,00
I/Vs	cm ³	887,00
Poids moyen	daN	43,10

Caractéristiques géométriques section courante		
Sp	cm ²	149,00
VI	cm	10,45
Vs	cm	11,55
I	cm ⁴	7 197,04
I/VI	cm ³	689
I/Vs	cm ³	623
Poids	daN	35,8

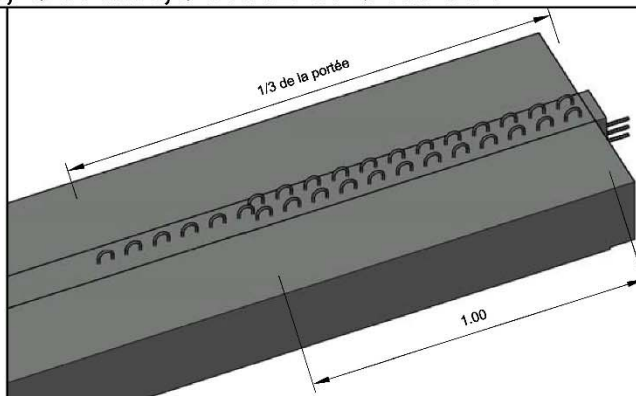
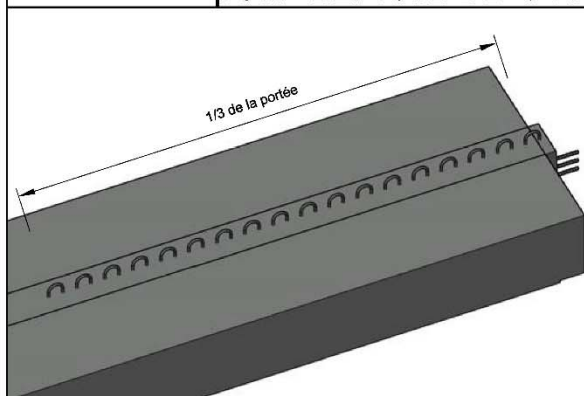
Armatures de précontrainte			
Dénomination	unité	T5,2-2160 TBR	T6,85-2160 TBR
Fr	kN	29,40	60,90
Fr01	kN	26,20	54,20
F initial	kN	24,20	48,40
F final	kN	19,00	38,00

Caractéristiques Techniques						
TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale			Béton
			Dp (cm)	Ns (MPa)	Nl (MPa)	Fc28 (MPa)
Poutrelle	T 5,2	T 6,85				
GF 8227	e	a, b, c	7,07	1,72	15,45	55
GF 8228		a, b, c, d	7,50	3,00	16,71	65

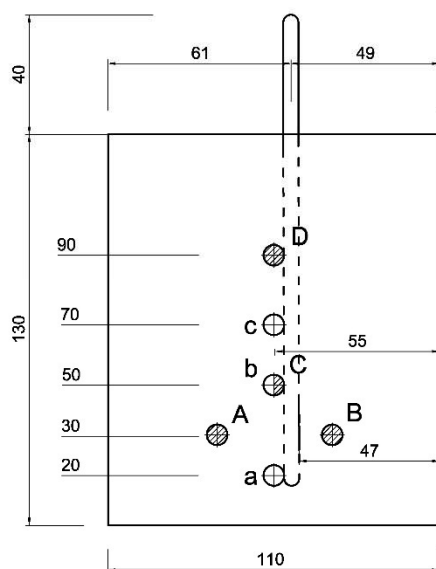
02/04/2015



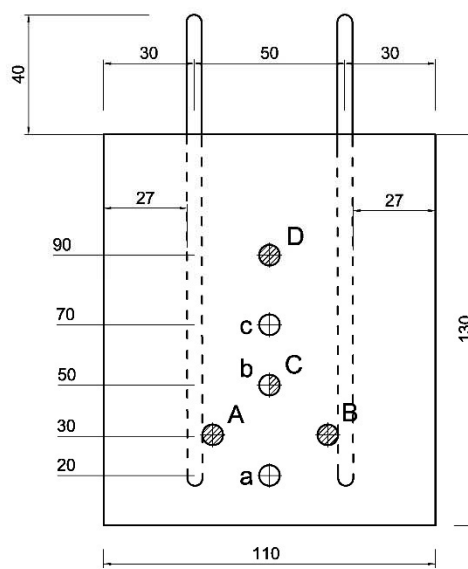
POUTRELLE GF9130 pour SEACISOL C17M, C17MR, C17XL et C17XLR



C17M - C17XL
Coupe sur about



C17MR - C17 XLM
Coupe sur about



Géométrie et précontrainte

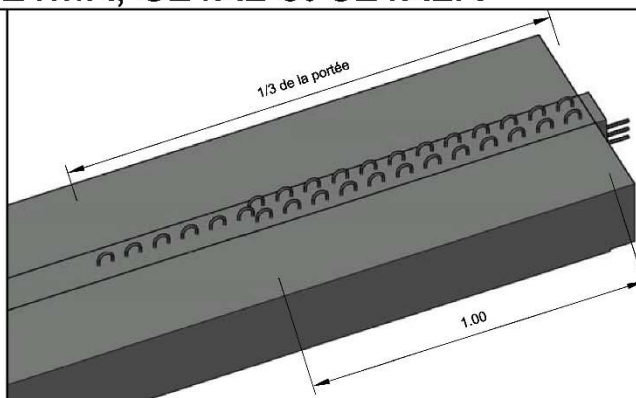
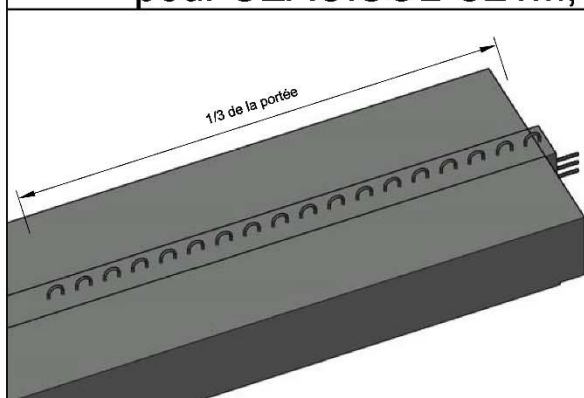
Caractéristiques des abouts		
Sp	cm ²	143.00
Vi	cm	6.50
Vs	cm	6.50
i	cm ⁴	2014.00
I/Vi	cm ³	310.00
I/Vs	cm ³	310.00
Poids	daN	34.30

Armatures de précontrainte			
Dénomination	unité	T5.2-2160 TBR	T6.85-2160 TBR
Fr	kN	29.40	60.90
Fr01	kN	26.20	54.20
F initial	kN	24.49	48.58
F final	kN	19.23	38.46

Caractéristiques Techniques						
TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale			Béton
Poutrelle	Produit	T 6.85	Dp (cm)	Ns (MPa)	Ni (MPa)	Fc28 (MPa)
GF 9133	C17M, C17MR	a, b, c	4.67	1.24	14.90	55
GF 9134	C17XL, C17XLR	A,B,C,D	5.00	3.31	18.21	60

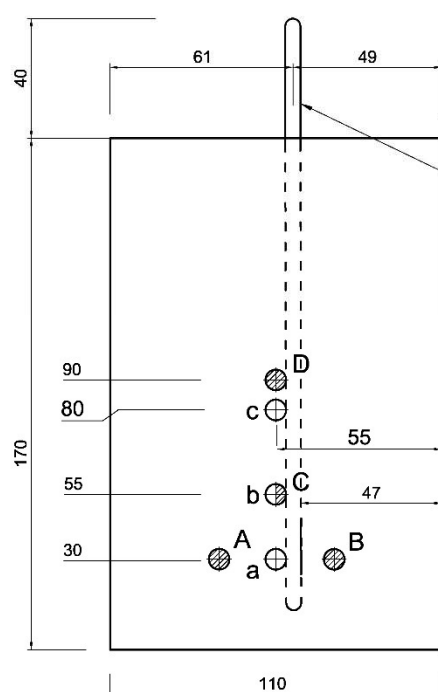
v200512

POUTRELLE GF9170 pour SEACISOL C21M, C21MR, C21XL et C21XLR

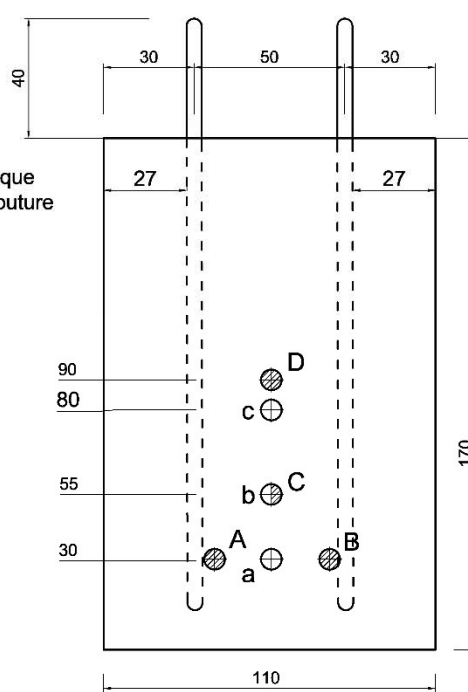


C21M - C21XL
Coupe sur about

C21MR - C21 XLR
Coupe sur about



Grecque de couture



Géométrie et précontrainte

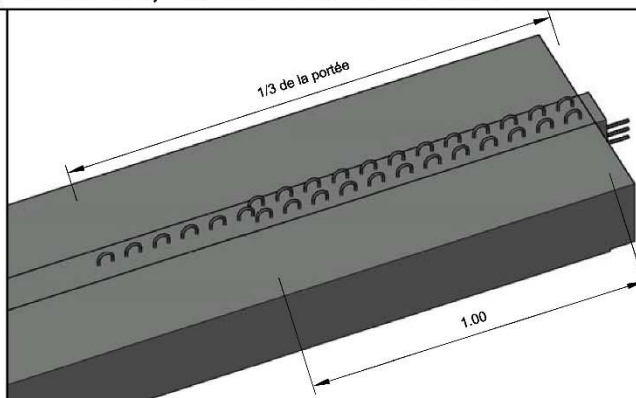
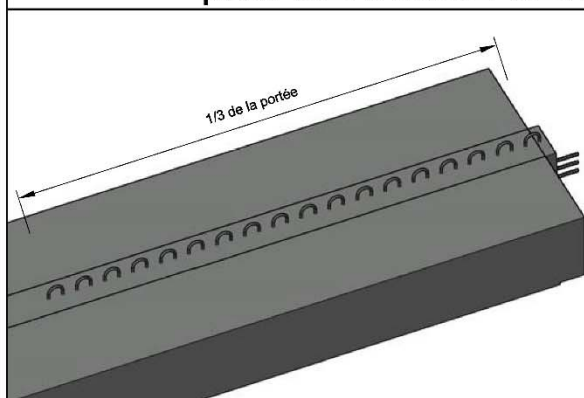
Caractéristiques géométriques		
Sp	cm ²	187.00
Vi	cm	8.50
Vs	cm	8.50
i	cm ⁴	4504.00
I/Vi	cm ³	530
I/Vs	cm ³	530
Poids	daN	44.90

Armatures de précontrainte			
Dénomination	unité	T5.2-2160 TBR	T6.85-2160 TBR
Fr	kN	29.40	60.90
Fr01	kN	26.20	54.20
F initial	kN	24.49	48.58
F final	kN	19.23	38.46

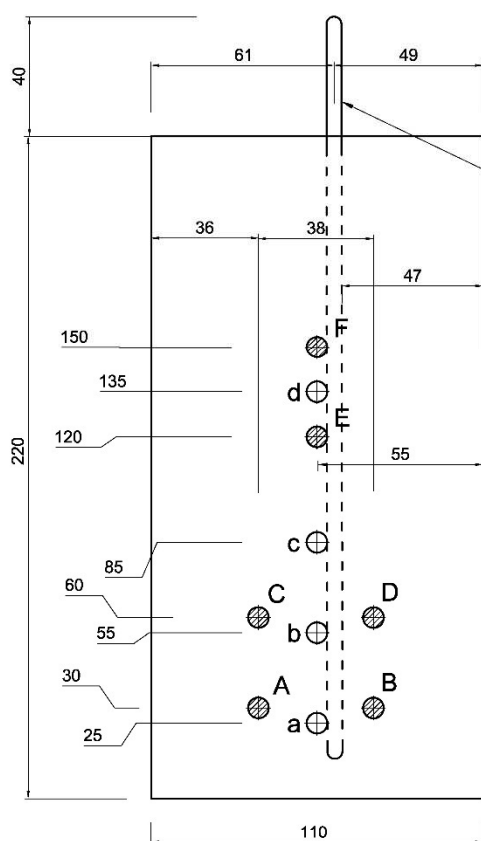
Caractéristiques Techniques						
TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale			Béton
Poutrelle	Produit	T 6.85	Dp (cm)	Ns (MPa)	Ni (MPa)	Fc28 (MPa)
GF 9173	C21M, C21MR	a, b, c	5.50	-0.36	12.70	55
GF 9174	C21XL, C21XLR	A,B,C,D	5.13	-1.57	18.03	60

v200512

POUTRELLE GF9220 pour SEACISOL C25M, C25MR, C25XL et C25XLR

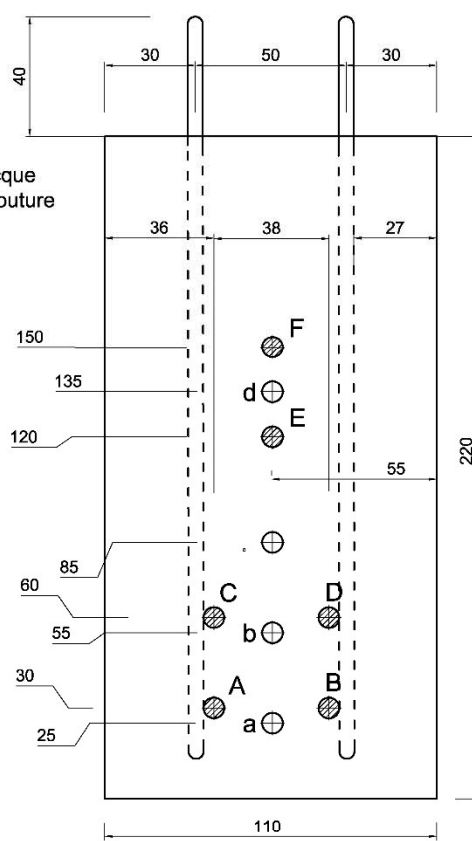


C25M - C25XL
Coupe sur about



Grecque de couture

C25MR - C25XLR
Coupe sur about



Géométrie et précontrainte

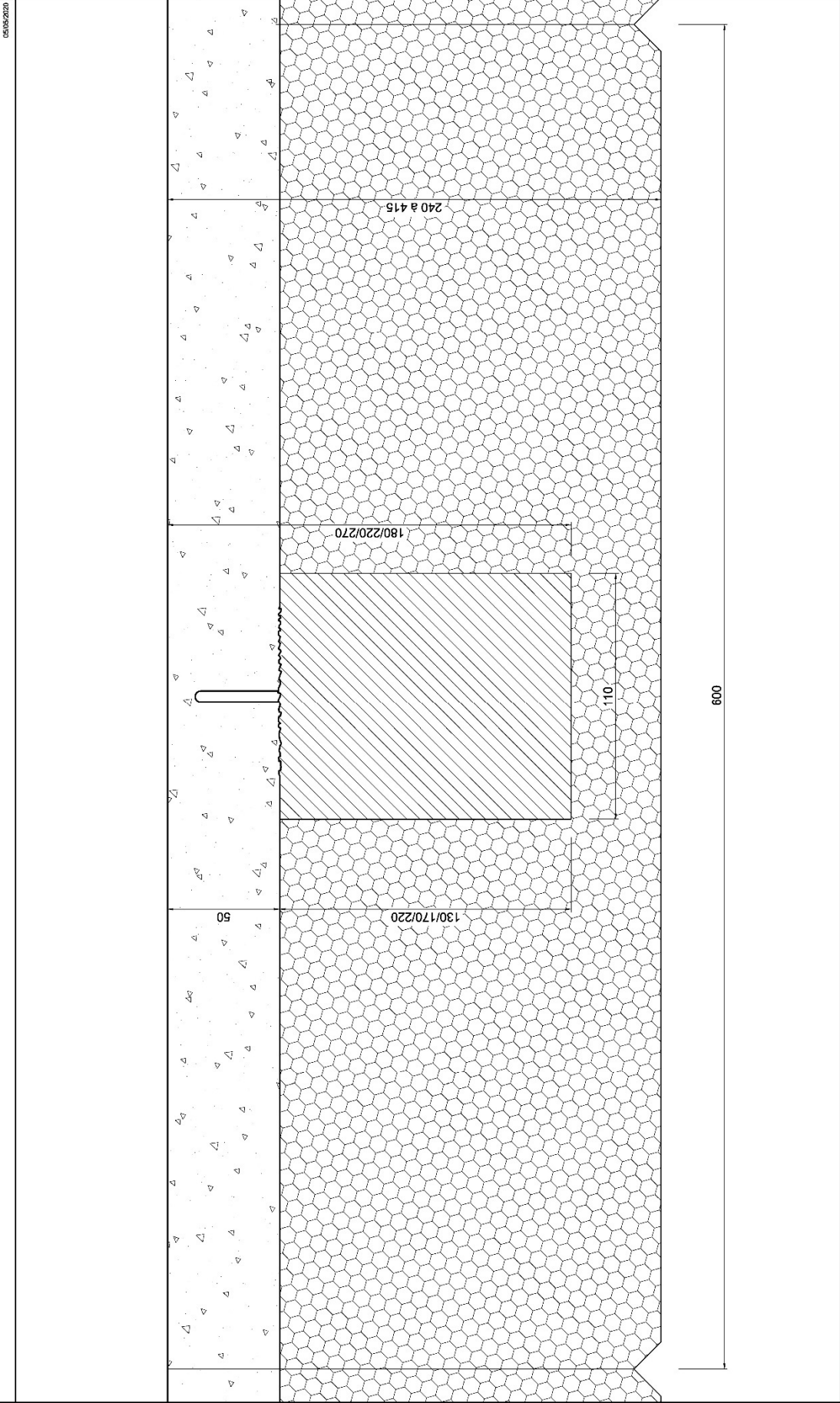
Caractéristiques géométriques		
Sp	cm ²	242.00
Vi	cm	11.00
Vs	cm	11.00
i	cm ⁴	9761.00
I/Vi	cm ³	887.00
I/Vs	cm ³	887.00
Poids	daN	58.10

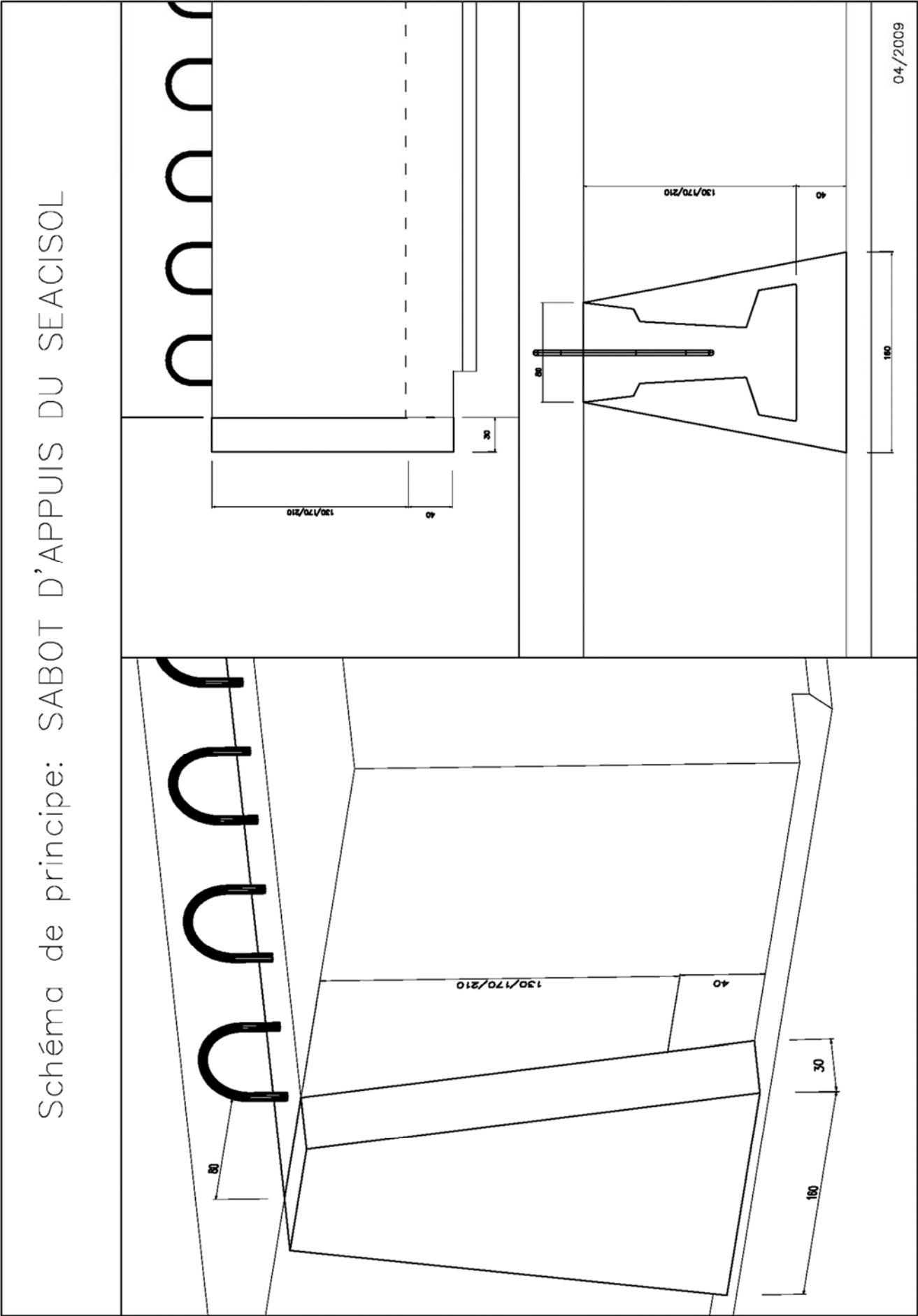
Armatures de précontrainte			
Dénomination	unité	T5.2-2160 TBR	T6.85-2160 TBR
Fr	kN	29.40	60.90
Fr01	kN	26.20	54.20
F initial	kN	24.49	48.58
F final	kN	19.23	38.46

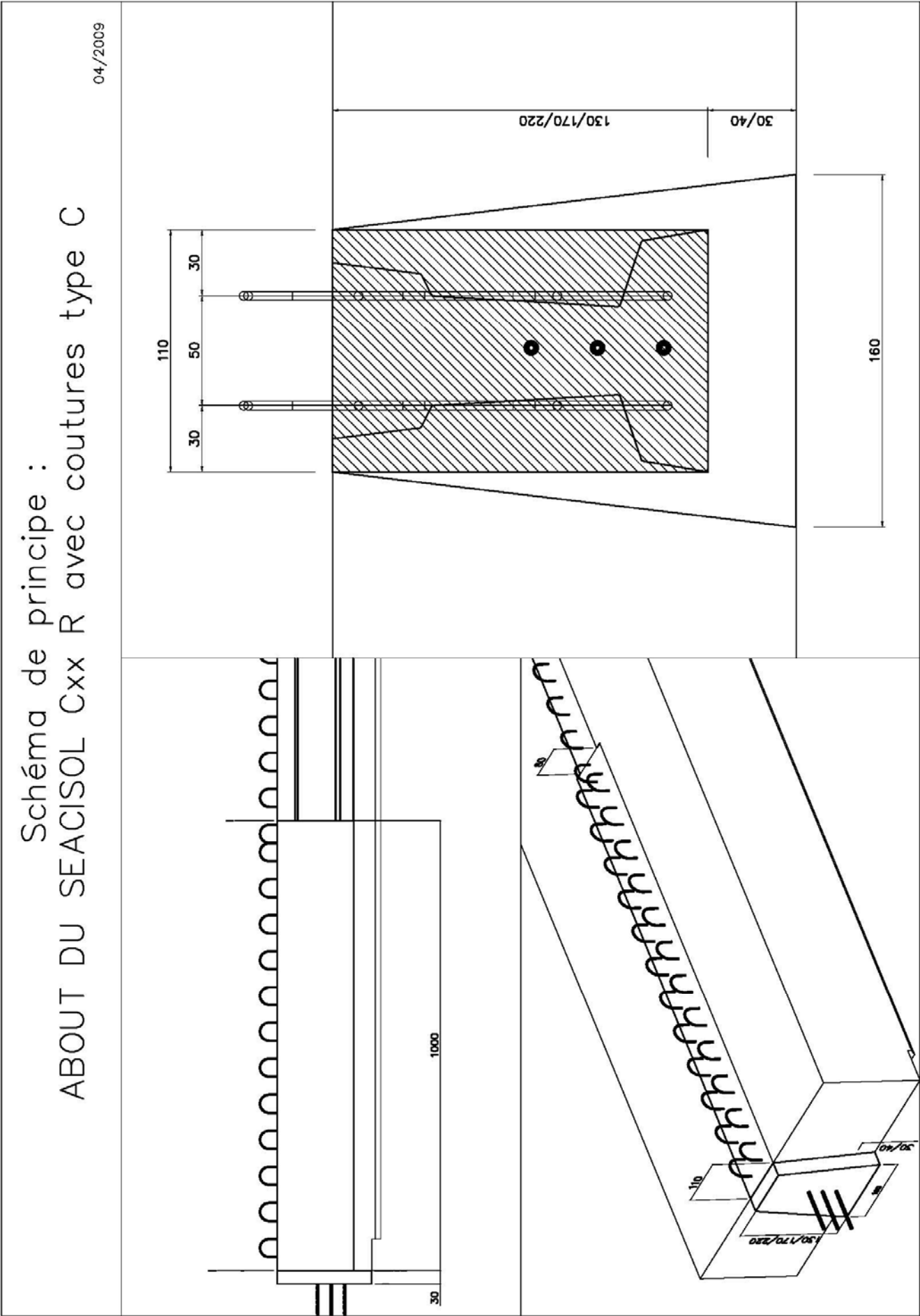
Caractéristiques Techniques							
TYPES DE POUTRELLES			Précontrainte finale			Béton	
			Dp (cm)	Ns (MPa)	Ni (MPa)	Fc28 (MPa)	
Poutrelle	Produit	T 6.85					
GF9224	C25M, C25MR	a, b, c, d	7.50	0.29	12.43	55	
GF9226	C25XL, C25XLR	A,B,C,D,E,F	7.50	0.43	18.64	60	

v200912

Schéma d'assemblage Seacisol:
Poutrelle GF 9000 + Entrevous







Seacisol

GRECQUE DE COUTURE ET ETRIER D'EFFORT TRANCHANT

