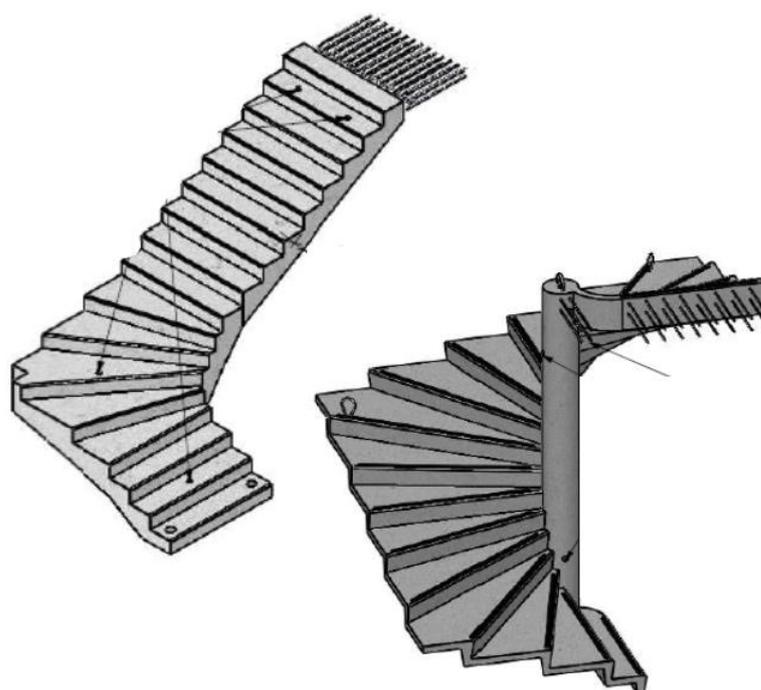


APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3149_V1

ATEx de cas a

Validité du 24/01/2023 au 23/01/2025



Copyright : Société HOFFMANN GREEN CEMENT TECHNOLOGIES

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. *(extrait de l'art. 24)*

A LA DEMANDE DE :

HOFFMANN GREEN CEMENT TECHNOLOGIES

6 Rue de la Bretauillère, Chaille sous les ormeaux, 85 310 RIVES DES L'YON

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3149_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé dénommé « Escaliers à volées droites, hélicoïdaux, balancés, à base de béton H-UKR fabriqués par la société SORIBA ».

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 24/01/2023, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- demandeur : Société **HOFFMANN GREEN CEMENT TECHNOLOGIES (HGCT)**
- technique objet de l'expérimentation : Escaliers en béton à base de liant H-UKR fabriqués par SORIBA
 - La non traditionnalité relève de l'utilisation du liant H-UKR en remplacement du ciment CPA dans la composition du béton servant à préfabriquer les escaliers ;
 - Le liant H-UKR, composé de laitier de hauts fourneaux, d'activateurs carbo-silicates et d'un mélange de filler calcaire, est produit par la société HGCT ;
 - Les escaliers sont dimensionnés, préfabriqués puis livrés sur chantier par la société SORIBA.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3149_V1 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée, donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au 23/01/2025, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées au paragraphe 4 de la présente Appréciation.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages

Le béton à base de liant H-UKR n'est pas conforme à la norme NF EN 206/CN. Les règles de calcul définies par la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale ne lui sont donc pas directement applicables. Une approche expérimentale, dans le but d'ajuster certains paramètres pour pouvoir appliquer la norme NF EN 1992-1-1, a été adoptée pour caractériser le béton à base de liant H-UKR. Cette caractérisation a permis de formuler les conclusions suivantes.

- Le béton à base de liant H-UKR présente des performances mécaniques comparables à celles d'un béton traditionnel.
- Les essais de durabilité ont mis en évidence un comportement comparable voire meilleur que celui du béton traditionnel.
- La contrainte d'adhérence acier-béton d'un béton à base de liant H-UKR est comparable à celle d'un béton traditionnel.
- Le fluage du béton à base du liant H-UKR est de l'ordre de 3 à 4 fois supérieur à celui d'un béton traditionnel. Le coefficient de fluage d'un béton traditionnel a donc été multiplié par 3 ou 4 (selon la formulation utilisée) pour le béton H-UKR. Le fluage n'est toutefois pas stabilisé après un an.

La dimension et le ferrailage des escaliers préfabriqués permet de pallier une éventuelle sous-estimation de la valeur du retrait et de fluage, en particulier en raison d'absence de condition de flèche pour les escaliers. Les règles de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale peuvent donc être appliquées. La stabilité des ouvrages est ainsi assurée.

1.2 – Sécurité des intervenants

Le levage des escaliers préfabriqués sur chantier se fait à l'aide d'ancres à pied ou de boucles. La référence de l'insert de levage mis en œuvre (capacité de l'insert) est indiquée sur chaque plan de production des escaliers préfabriqués. Les valeurs de charges maximales d'utilisation des ancres à pied ont été vérifiées expérimentalement. Les escaliers hélicoïdaux et balancés à mur central sont également équipés de boucles d'équilibrage. Ces dernières ne peuvent être mises en tension qu'après levage par l'insert équipant le fût ou le mur central. La mise en œuvre des escaliers en béton à base du liant H-UKR est similaire à celles des escaliers en béton traditionnel. La sécurité des intervenants est ainsi assurée.

La sécurité des usagers est assurée au même titre que pour les procédés d'escaliers en béton traditionnel.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Les escaliers à volées droites et balancées préfabriqués en béton à base de liant H-UKR ont fait l'objet de l'Appréciation de Laboratoire n°AL21-314. Les escaliers hélicoïdaux et balancés à mur central ont fait l'objet de l'Appréciation de Laboratoire n°AL22-322.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3149_V1

Ces Appréciations de Laboratoire permettent de valider l'application des règles de l'Eurocode 2 partie 1-2 pour étudier la stabilité au feu des escaliers préfabriqués en béton H-UKR à condition d'écarter le risque d'écaillage en respectant les conditions rappelées dans le cahier des charges (§ 2.3).

1.4 – Sécurité en cas de séisme

Les escaliers préfabriqués doivent respecter les critères de conception, dimensionnement et dispositions constructives pour les éléments sismiques secondaires de l'article 5.7 de la NF EN 1998-1.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

La fabrication des escaliers en béton à base de liant H-UKR est réalisée dans trois usines de SORIBA en Vendée (85). Ces usines possèdent les moyens nécessaires pour la production de ce type d'éléments préfabriqués. Dans ces conditions, la faisabilité de la fabrication est avérée.

2.2 – Mise en œuvre

La pose des escaliers préfabriqués en béton à base de liant H-UKR est identique à la pose d'escaliers en béton traditionnel, et ne nécessite pas de contrôles additionnels autre que ceux nécessaires à la pose d'éléments préfabriqués lourds.

2.3 – Assistance technique

Les sociétés HGCT et SORIBA s'engagent à apporter une assistance technique avant et au démarrage du chantier dans le cas où un besoin serait formulé par l'entreprise chargée de la mise en œuvre des escaliers.

3°) Risques de désordres

Le procédé ne présente pas de risque particulier de désordre. Les risques de désordre peuvent être considérés comme minimes.

4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- s'assurer de la validité des formulations de béton dérivées à travers la vérification du rapport E_{eff}/C et la réalisation d'essais initiaux en cas de nouvelle formulation avec l'assistance du titulaire de l'ATEX
- déterminer les armatures des paillasse par application des principes de la NF EN 1992-1-1 et des règles de l'art du béton armé (nécessité de U de fermeture vis-à-vis de la torsion dans le cas d'escalier balancé par exemple)
- appliquer les dispositions courantes retenues pour un béton traditionnel vis-à-vis du levage ;
- vérifier la compatibilité des peintures, enduits et colles pour les revêtements sur les supports en béton à base de liant HUKR conformément au NF DTU 59.1.

7°) Rappel

Le demandeur devra communiquer au CSTB, au plus tard au début des travaux, une fiche d'identité de chaque chantier réalisé, précisant l'adresse du chantier, le nom des intervenants concernés, les contrôles spécifiques à réaliser et les caractéristiques principales à la réalisation.

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

- La sécurité est assurée,
- La faisabilité est réelle,
- Les risques de désordres sont minimes.

Champs sur Marne,
Le Président du Comité d'Experts,

Ménad CHENAF

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société **HOFFMANN GREEN CEMENT TECHNOLOGIES (HGCT)**
6 Rue de la Bretaudière, Chaille sous les ormeaux, 85 310 RIVES DES L'YON

Définition de la technique objet de l'expérimentation : Escaliers à volées droites, balancés et hélicoïdaux en béton à base de liant H-UKR fabriqués par SORIBA

- Le liant H-UKR, composé de laitier de hauts fourneaux, d'activateurs carbo-silicates et d'un mélange de filler calcaire, est produit par la société HGCT.
- Le liant H-UKR a fait l'objet d'une Évaluation Technique de Produits et de Matériaux – ETPM-18/0056-B en date du 18 novembre 2022.
- Le béton mis en œuvre pour la fabrication des escaliers préfabriqués vise les caractéristiques suivantes : classe de résistance C40/50, classes d'expositions considérées XC1, XC2, XC3 et XC4/XF1 et classe de consistance S4 ou S5.
- Les escaliers sont dimensionnés, préfabriqués puis livrés sur chantier par la société SORIBA.
- La préfabrication escaliers réalisée en usine relève du domaine courant, soumise aux normes NF EN 13369 Règles communes pour les produits préfabriqués et NF EN 14843 Produits préfabriqués en béton – Escaliers.
- Plusieurs configurations d'escaliers avec des portées et des propriétés géométriques différentes sont visées : portée allant de 75 à 750 cm, largeur d'escalier allant de 60 à 300 cm et épaisseur de paillasse allant de 12 à 35 cm.
- Les inserts utilisés pour le levage et la manutention des escaliers préfabriqués en usine et sur chantier sont des ancrs à pieds de trois types ou des boucles de levage suivant le poids et le type d'escalier. Leurs valeurs de charges maximales d'utilisation des ancrs à pieds ont été vérifiées expérimentalement.
- La pose des escaliers préfabriqués en béton à base de liant H-UKR est identique à celle d'escaliers en béton traditionnel, et ne nécessite pas de contrôles additionnels autre que ceux nécessaires à la pose d'éléments préfabriqués lourds.

Résultats expérimentaux :

- Rapport d'essais n° MRF 18 26078073 : Fluage en compression sur béton avec liant H-UKR
- Rapport d'essais n° EEM 20 26085654-A : Retrait et fluage en compression sur béton avec liant H-UKR (formule n°1)
- Rapport d'essais n° EEM 20 26085654-C : Retrait et fluage en compression sur béton avec liant H-UKR (formule n°4)
- Rapport d'essais n° MRF 19 26080852-A : Adhérence entre armature et béton avec liant H-UKR
- Rapport d'essais n° EEM 21 03511 : Caractérisation des chevilles mécaniques sur béton avec liant H-UKR sous sollicitations sismiques selon l'EAD 33023200-0601
- Appréciation de Laboratoire n° AL21-314 : Escaliers préfabriqués VD en béton à base de liant H-UKR – Caractérisation du comportement à hautes températures
- Appréciation de Laboratoire n° AL22-332 : Escaliers préfabriqués hélicoïdaux ou balancés sur voile en béton HUKR – Caractérisation du comportement à hautes températures
- Rapport d'essais n° EEM 20 26085808/A : Caractérisation des ancrs de levage des escaliers en béton avec liant H-UKR
- Note de synthèse sur l'effet de la cure sur le retrait du béton à base de liant H-UKR
- Evaluation Technique de Produits et Matériaux n° ETPM-18/0056-B du 18 novembre 2022
- Rapport d'essai n° EEM 20 26085808/B : Caractérisation des inserts de levage
- Rapport d'essai n° EEM 20 26085703 : étude du retrait gêné

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3149_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte 31 pages.

Procédé de « Escaliers à volées droites, balancés et hélicoïdaux en béton à base de liant H-UKR fabriqués par **SORIBA** »

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 06 02 2023

A été enregistré au CSTB sous le numéro d'ATEX 3149_V1.

Fin du rapport

DOSSIER TECHNIQUE

H-UKR – Escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV

SORIBA

Titulaire : Hoffmann Green Cement Technologies

6 la Bretauière - Chaillé-sous-les-Ormeaux

85310 RIVES DE L'YON

Préfabriquant : SORIBA

Rue Gustave Eiffel – BP 515

85305 CHALLANS Cedex

Usines de production : SORIBA Challans // Rue Gustave Eiffel BP515 – 85305 CHALLANS Cedex

SORIBA Fontenay-le-Comte // Rue Paul Cantreau – 85200 FONTENAY-LE-COMTE

SORIBA La Roche-sur-Yon // Rue Watt – 85000 LA ROCHE-SUR-YON

Version du 06/02/2023

Table des matières

2.	Dossier Technique.....	3
2.1.	Mode de commercialisation.....	3
2.1.1.	Coordonnées	3
2.1.2.	Rôle des intervenants	3
2.1.3.	Identification	3
2.2.	Description.....	4
2.2.1.	Principe.....	4
2.2.2.	Domaine d'emploi.....	4
2.2.3.	Matériaux, produits et composants	7
2.3.	Disposition de conception	9
2.3.1.	Généralités	9
2.3.2.	Principes de dimensionnement des escaliers à volées droites préfabriquées VD	11
2.3.3.	Principes de dimensionnement des escaliers hélicoïdaux EH.....	13
2.3.4.	Principes de dimensionnement des escaliers balancés à mur central de 15 cm EB15	16
2.3.5.	Principes de dimensionnement des escaliers balancés E28.....	19
2.3.6.	Principes de dimensionnement des escaliers balancés EV	21
2.3.7.	Dimensionnement des fixations.....	23
2.4.	Disposition de mise en œuvre	24
2.4.1.	Généralités	24
2.4.2.	Principe de pose.....	24
2.4.3.	Revêtement de surface	24
2.4.4.	Traitement acoustique	24
2.5.	Maintien en service du produit	25
2.5.1.	Entretien courant	25
2.5.2.	Traitement des désordres (épaufrures, éclats, etc.)	25
2.6.	Traitement en fin de vie	25
2.7.	Assistance technique	25
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	25
2.8.1.	Principe de fabrication.....	25
2.8.2.	Plans d'Assurance Qualité.....	25
2.9.	Mention des justificatifs	26
2.9.1.	Résultats Expérimentaux.....	26
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Exemple d'escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV.....	27

2. Dossier Technique

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé H-UKR - Escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV SORIBA est commercialisé par le préfabriquant, à partir de béton confectionné avec le ciment H-UKR du titulaire.

Titulaire :	Hoffmann Green Cement Technologies 6 rue de la Bretauillère - Chaillé-sous-les-Ormeaux 85310 RIVES DE L'YON
Usines de production ciment :	Rue Archereau – 85480 BOURNEZEAU
Préfabriquant :	SORIBA Rue Gustave Eiffel – BP 515 85305 CHALLANS Cedex
Usines de production :	SORIBA Challans // Rue Gustave Eiffel BP515 – 85305 CHALLANS Cedex SORIBA Fontenay-le-Comte // Rue Paul Cantreau – 85200 FONTENAY-LE-COMTE SORIBA La Roche-sur-Yon // Rue Watt – 85000 LA ROCHE-SUR-YON

2.1.2. Rôle des intervenants

Les escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton faisant l'objet de la demande d'ATEX de cas a sont préfabriqués avec du béton à base de ciment H-UKR, ciment « bas carbone » innovant à faible empreinte environnementale.

Le ciment H-UKR est produit par la société Hoffman Green Cement Technologies – demandeur de l'ATEX –.

Les escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV sont dimensionnés, préfabriqués puis livrés sur chantier par SORIBA. Le béton à base de ciment H-UKR est confectionné en usine de préfabrication.

Le dimensionnement des paliers des escaliers préfabriqués EH & EB15 est réalisé par le Bureau d'Etudes Techniques du chantier, sur la base des éléments du Dossier Technique, cf. respectivement § 2.3.3.5 Dimensionnement du palier coulé en place, p.14 & § 2.3.4.5 Dimensionnement du palier coulé en place, p.17.

Ces éléments sont ensuite manutentionnés et posés dans leurs cages d'escaliers respectives par l'entreprise de pose de l'opération de construction.

2.1.3. Identification

Chaque escalier préfabriqué en béton à base de ciment H-UKR est identifié à l'aide d'une étiquette unique sur laquelle figure :

- L'usine de production
- La référence de l'élément
- Le poids de l'élément
- La date de fabrication
- La référence du béton utilisé
- Le client

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton sont préfabriqués en usine avec du béton à base de ciment H-UKR, ciment « bas carbone » innovant à faible empreinte environnementale, et sont livrées sur chantier et mis en œuvre pour réaliser les escaliers de l'opération.

La préfabrication des escaliers préfabriqués en usine à partir de béton H-UKR se soumet volontairement aux normes NF EN 13369 Règles communes pour les produits préfabriqués et NF EN 14843 Produits préfabriqués en béton – Escaliers.

Le béton H-UKR n'étant pas couvert par la norme NF EN 206/CN, les escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV ne peuvent faire l'objet du marquage CE et/ou NF. Toutefois, la production de ceux-ci est soumise aux référentiels respectifs appliqués dans le cas du marquage des escaliers fabriqués à base de ciment Portland.

2.2.2. Domaine d'emploi

2.2.2.1. Domaine d'emploi accepté

Le domaine d'emploi du procédé H-UKR - Escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV SORIBA est destiné à la réalisation d'escaliers préfabriqués, et destinés aux constructions neuves ou existantes :

- Bâtiment à usage d'habitation de 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} famille,
- Etablissement recevant du public, de 1^{ère} à 5^{ème} catégorie,
- Bâtiments relevant du Code du Travail,
- Escaliers d'accès à des ouvrages d'art, uniquement dans le cas où ils n'ont aucun rôle structural vis-à-vis de l'ouvrage auxquels ils sont associés.

Les constructions visées ne font pas l'objet de limitation de hauteur.

La durée d'utilisation du projet est limitée à 50 ans.

Les classes d'expositions visées sont X0, XC1, XC2, XC3, XC4 & XF1.

Escaliers préfabriqués VD :

Les caractéristiques des escaliers à volées droites préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR sont indiquées dans le tableau ci-après :

			Dimension minimale	Dimension maximale
Portée	L	(cm)	75	750
Emmarchement	b	(cm)	60	300
Epaisseur de paillasse	e	(cm)	12	35
Charge d'exploitation	q	(kN/m ²)	2	6
Enrobage	c_{nom}	(mm)	25	50

Escaliers préfabriqués EH :

Les caractéristiques des escaliers EH en béton à base de ciment H-UKR sont indiquées dans le tableau ci-après :

			Dimension / quantité minimale	Dimension / quantité maximale
Diamètre du fût		(cm)	30	
Nombre de marches entre étages		-	3	18
Emmarchement	b	(cm)	100	150
Hauteur de marche	h	(cm)	16	17
Epaisseur des marches	e	(cm)	6	12
Epaisseur des contremarches	e	(cm)	6	10
Dimension du palier		(cm)	100 x 100	150 x 150
Charge d'exploitation	q	(kN/m ²)	2,5	4

- Escalier monobloc ou escalier formé de deux volées superposées
- Charge permanente maximale 50 kg/m²
- Charge d'exploitation maximale 400 kg/m² ou ponctuelle 200 kg, catégorie d'exploitation A à D selon l'EC0
- Stabilité au feu REI30
- Escalier en deux volées enserré dans une cage sur son bord extérieur, avec jeux de pose périphériques comblés au mortier riche

Escaliers préfabriqués EB15 :

Les caractéristiques des escaliers EB15 en béton à base de ciment H-UKR sont indiquées dans le tableau ci-après :

		Dimension / quantité minimale	Dimension / quantité maximale
Epaisseur du voile	(cm)	15	
Largeur du voile	(cm)	52	152
Nombre de marches entre étages	-	12	20
Nombre de marches par volée	-	3	20
Emmarchement <i>b</i>	(cm)	100	154
Hauteur de marche <i>h</i>	(cm)	16	17
Epaisseur des marches <i>e</i>	(cm)	6	12
Epaisseur des contremarches <i>e</i>	(cm)	6	10
Dimension du palier	(cm)	100 x 100	150 x 150
Charge d'exploitation <i>q</i>	(kN/m ²)	2,5	

- Escalier monobloc ou escalier formé de deux volées superposées
- Charge permanente maximale 10 kg/m²
- Charge d'exploitation maximale 250 kg/m² ou ponctuelle 200 kg, catégorie d'exploitation A à D selon l'ECO
- Stabilité au feu REI30
- Escalier en deux volées enserré dans une cage sur son bord extérieur, avec jeux de pose périphériques comblés au mortier riche

Escaliers préfabriqués E28 :

Les caractéristiques des escaliers E28 en béton à base de ciment H-UKR sont indiquées dans le tableau ci-après :

		E28 balancé en tête		E28 balancé en pied		E28 balancé en tête & pied	
		Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi
Nombre de marches totales	-	3	17	3	17	4	19
Volée basse	-	0	10	0	2	0	2
Nombre de marches balancées hautes	-	1	5			1	5
Nombre de marches balancées basses	-			1	5	1	5
Volée haute	-	0	2	0	10	0	2
Volée intermédiaire	-					2	5
Emmarchement <i>b</i>	(cm)	148		148		150	
Hauteur de marche <i>h</i>	(cm)	16	17	16	17	16	17
Epaisseur de paillasse <i>e</i>	(cm)	20		20		20	
Charge d'exploitation <i>q</i>	(kN/m ²)	2,5		2,5		2,5	

- Escalier monobloc balancé en tête, balancé en pied ou balancé en tête et en pied
- Charge permanente maximale 10 kg/m²
- Charge d'exploitation maximale surfacique 250 kg/m², catégorie d'exploitation A à D selon l'ECO
- Stabilité au feu REI60

Escaliers préfabriqués EV :

Les caractéristiques des escaliers EV en béton à base de ciment H-UKR sont indiquées dans le tableau ci-après :

		Dimension / quantité minimale	Dimension / quantité maximale
Nombre de marches entre étages	-	3b	21
Emmarchement	<i>b</i> (cm)	150	
Vide central	(cm)	10	20
Hauteur de marche	<i>h</i> (cm)	16	17
Epaisseur de paillasse	<i>e</i> (cm)	20	
Charge d'exploitation	<i>q</i> (kN/m ²)	2,5	

- Escalier monobloc balancé en tête et en pied
- Charge permanente maximale 10 kg/m²
- Charge d'exploitation maximale 250 kg/m², catégorie d'exploitation A à D selon l'EC0
- Stabilité au feu REI60

2.2.2.2. Sécurité en cas d'incendie

Le dimensionnement du procédé sera réalisé à l'aide de la NF EN 1992-1-2 et de son Annexe Nationale NF EN 1992-1-2/NA, et conformément aux dispositions prévues par les Appréciations de Laboratoire suivantes délivrées par le CSTB :

- AL21-314-00024081_v2 du 09/08/2022, pour les escaliers VD, E28 & EV
- AL22-332-00068064_v2 du 22/11/2022, pour les escaliers EH & EB15

Ces critères seront rappelés respectivement dans les § 2.3.2.3, 2.3.3.6, 2.3.4.6, 2.3.5.4 & 2.3.6.4.

2.2.2.3. Sismicité

Les escaliers préfabriqués étant considérés comme des éléments sismiques secondaires au sens de l'article 4.2.2. de la NF EN 1998-1, ils peuvent être mis en œuvre dans les zones de sismicité 1 à 5, dans des bâtiments de catégorie d'importance I à IV.

Ces éléments devront respecter les critères de conception, dimensionnement et dispositions constructives pour les éléments sismiques secondaires de l'article 5.7 de la NF EN 1998-1.

2.2.3. Matériaux, produits et composants

2.2.3.1. Béton H-UKR

2.2.3.1.1. Ciment H-UKR

2.2.3.1.1.1. Evaluation Technique de Produits et de Matériaux

Le ciment H-UKR a fait l'objet d'une Évaluation Technique de Produits et de Matériaux – ETMP-18/0056-B en date du 18 novembre 2022.

Cette ETPM est disponible sur le site du CSTB à l'adresse suivante : <https://evaluation.cstb.fr/>

2.2.3.1.1.2. Constitution du ciment H-UKR

Le ciment utilisé dans la formulation du béton est le ciment H-UKR est fabriqué et fourni par le demandeur, Hoffmann Green Cement Technologies.

Il est composé de laitier de hauts fourneaux, d'activateurs carbo-silicates et d'un mélange de filler calcaire.

Le ciment H-UKR est un ciment réactif (alcali-activation), qui se distingue des ciments traditionnels par sa composition, présentée dans le tableau ci-dessous (source ETPM-18/0056-B) :

Les % indiqués sont des pourcentages massiques		Ciment H-UKR E	Ciment H-UKR BAP-N	Ciment conforme NF EN 197-1 36 ≤ S ≤ 95% pour les CEM III	Ciment conforme NF EN 15743
Constituants	Laitier	S = 79 à 85%	S = 70 à 76%	36 ≤ S ≤ 95% pour les CEM III	S ≥ 75%
	Activateur carbo-silicate	Silicate de sodium et carbonate de sodium 10 à 18%	Silicate de sodium et carbonate de sodium 10 à 18%	Non couvert	Non couvert L'activateur utilisé est un sulfate de calcium : 5 ≤ Cs ≤ 20%
Autres constituants	Clinker	K = 0%	K = 0%	K ≥ 5% minimum	0 < K ≤ 5%
	Constituants secondaires	A = 3 à 5% Matériaux minéraux naturels spécialement sélectionnés répondant à la norme NF EN 12620 et/ou matériaux minéraux dérivés du procédé de production de la chaux aérienne ou de la chaux hydraulique naturelle conforme à l'EN 459-1	A = 9 à 11% Matériaux minéraux naturels spécialement sélectionnés répondant à la norme NF EN 12620 et/ou matériaux minéraux dérivés du procédé de production de la chaux aérienne ou de la chaux hydraulique naturelle conforme à l'EN 459-1	A = 0 à 5%	A = 0 à 5%

NF EN 197-1 (Avril 2012) : Ciment – Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants
NF EN 15743+A1 (Juin 2015) : Ciment sursulfaté - Composition, spécifications et critères de conformité.

2.2.3.1.2. Filler

Le filler utilisé dans la formulation du béton devra être conforme à la norme NF EN 12620+A1.

Le filler couramment utilisé dans la confection du béton est un filler calcaire, de granulométrie 0/2 mm.

2.2.3.1.3. Agrégats

Le sable utilisé dans la formulation du béton devra être conforme aux normes NF EN 12620+A1 et NF P 18-545 art. 10.

Les sables couramment utilisés présentent une granulométrie moyenne de 0/4 mm.

Les graviers utilisés dans la formulation du béton devront être conformes aux normes NF EN 12620+A1 et NF P 18-545 art. 10.

Les graviers couramment utilisés présentent une granulométrie moyenne comprise entre 4/10 et 10/22,5 mm.

L'utilisation d'agrégats recyclés dans la formulation du béton est exclue.

2.2.3.1.4. Adjuvants

Seuls les adjuvants ayant fait l'objet d'une validation de compatibilité par le laboratoire Hoffmann Green Cement Technologies pourront être mis en œuvre dans le béton à base de ciment H-UKR.

2.2.3.1.5. Eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée dans la formulation du béton H-UKR devra être conforme à la norme NF EN 1008, et faire l'objet de d'analyses chimiques périodiques suivant les fréquences exigées par la norme.

2.2.3.1.6. Produit de cure

Seuls les produits de cure ayant fait l'objet d'une validation de compatibilité par le laboratoire Hoffmann Green Cement Technologies pourront être utilisés pour la cure du béton H-UKR.

2.2.3.2. Armatures

2.2.3.2.1. Armatures CFA

Les armatures CFA mises en œuvre dans les escaliers préfabriqués sont réalisées en usine de préfabrication béton, et sont obtenues à l'aide d'acier HA en couronne, de classe B500B et certifié NF suivant la norme NF A 35-080-1.

2.2.3.2.2. Treillis soudés

Le treillis soudé mis en œuvre dans les escaliers préfabriqués est de classe B500A ou B500B et certifié NF suivant la norme NF A 35-080-2.

2.2.3.3. Inserts

2.2.3.3.1. Inserts de levage

Les CMU (Charges Maximales d'Utilisation) des inserts listés ci-après correspondent aux CMU indiquées dans les Fiches Techniques Produits et garanties par le ou les fournisseurs d'inserts de levage.

Les inserts utilisés pour le levage et la manutention des escaliers préfabriqués sont :

- Escaliers à volées droites préfabriqués, escaliers balancés E28 et escaliers balancés EV
 - ILAP_VD_01 : Ancre à pied 2,5 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-2.5T
 - ILAP_VD_02 : Ancre à pied 5 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-5T
 - ILAP_VD_03 : Ancre à pied 10 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-10T
- Escaliers hélicoïdaux EH
 - ILCL_EH_01 : Crochet de levage de type boucle de levage en acier
 - ILAP_EH_02 : Ancre à pied 2,5 T
- Escaliers balancés à mur central de 15 cm EB15
 - ILCL_EB15_01 : Crochet de levage de type boucle de levage en acier
 - ILAP_EB15_02 : Ancre à pied 2,5 T
- Escaliers balancés E28
 - ILAP_E28_01 : Ancre à pied 2,5 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-2.5T
 - ILAP_E28_02 : Ancre à pied 5 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-5T
 - ILAP_E28_03 : Ancre à pied 10 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-10T
- Escaliers balancés EV
 - ILAP_EV_01 : Ancre à pied 2,5 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-2.5T
 - ILAP_EV_02 : Ancre à pied 5 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-5T
 - ILAP_EV_03 : Ancre à pied 10 T avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-10T

La résistance garantie pour le levage et manutention des escaliers préfabriqués $f_{ck,cube} = 15 \text{ MPa}$ pour l'ensemble des inserts de levage ILAP et ILCL.

2.2.3.3.2. Boucles d'équilibrage et stabilisation (levage interdit)

Afin de permettre le réglage d'aplomb des escaliers hélicoïdaux EH et des escaliers balancés à mur central de 15 cm, des inserts de type câblette en acier sont intégrés dans les marches de ces escaliers.

Ces boucles d'équilibrage et stabilisation ne peuvent être mise en tension uniquement après levage de l'escalier EH ou EB15 par le crochet de levage situé en tête de fût ou de mur central prévu à cet effet.

Le levage des escaliers EH / EB15 par les boucles d'équilibrage et stabilisation est formellement interdit.

2.2.3.3.3. Bandes anti-dérapantes

Des inserts de type bandes anti-dérapantes peuvent être intégrés sur le nez de marche des escaliers préfabriqués.

Ces inserts peuvent être en PVC, acier, métal, etc. et sont scellés à la préfabrication. La forme du profil dans la partie noyée dans le béton permet son bon encastrement.

2.2.3.3.4. Inserts divers

Les inserts de type boîtier électrique, gaines, fourreau, décaissé, etc. peuvent être insérés à la préfabrication des escaliers préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR suivant les mêmes dispositions que pour un béton classique.

2.3. Disposition de conception

2.3.1. Généralités

2.3.1.1. Application Eurocode

Hors indications et spécifications contraires indiquées dans les paragraphes suivant de la présente ATEX de cas a, la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, ainsi que la NF EN 1992-1-2 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-2/NA sont applicables pour le dimensionnement des escaliers préfabriqués.

2.3.1.2. Formulation du béton

Deux formulations de béton H-UKR pourront être mise en œuvre dans le cas de la préfabrication d'escaliers, et sont référencées comme suivant :

- H-UKR 380+70 C40 SB – Formule de référence pour les escaliers VD
- H-UKR 380 C40 U.a – Formule de référence pour les escaliers EH, EB15, E28, EV formule utilisée pour l'optimisation des paillasses vis-à-vis du critère de flèche pour les escaliers VD

Les formulations peuvent faire l'objet d'ajustement dans leur composition (ajustement de la quantité d'eau pour garantir la classe de résistance C40/50, etc.), et sont soumises à validation du laboratoire de Hoffmann Green Cement Technologies.

Ces ajustements doivent aboutir à la garantie du rapport E_{eff}/C .

Type d'escaliers préfabriqués	Formulation	X0	XC			
			XC1	XC2	XC3	XC4 /XF1
VD	H-UKR 380 C40 U.a	✓	✓	✓	1)	✓
	H-UKR 380+70 C40 SB ^{a)}	✓	✓	✓	1)	✓
EH	H-UKR 380 C40 U.a	x	✓	x		
	H-UKR 380+70 C40 SB ^{a)}	x	✓	x		
EB15	H-UKR 380 C40 U.a	x	✓	x		
	H-UKR 380+70 C40 SB ^{a)}	x	✓	x		
E28	H-UKR 380 C40 U.a	✓	✓	✓	1)	✓
	H-UKR 380+70 C40 SB ^{a)}	✓	✓	✓	1)	✓
EV	H-UKR 380 C40 U.a	✓	✓	✓	1)	✓
	H-UKR 380+70 C40 SB ^{a)}	✓	✓	✓	1)	✓

^{a)} La formulation H-UKR 380+70 C40 SB est une formulation interne au préfabriquant SORIBA.

¹⁾ La formulation du béton à base de ciment H-UKR est utilisable pour un ouvrage soumis à une classe d'exposition XC3 sous réserve de respecter les deux conditions suivantes :

- la formulation utilisée doit obligatoirement répondre à la classe d'exposition XC4
- et l'enrobage des armatures sera déterminé en considérant une classe d'exposition XC4

2.3.1.3. Caractéristiques mécaniques

La classe de résistance visée et garantie est C40/50 pour les formulations H-UKR 380 C40 U.a et H-UKR 380+70 C40 SB. L'ensemble des caractéristiques mécaniques sont récapitulées dans le tableau ci-après.

	H-UKR 380 C40 U.a	H-UKR 380+70 C40 SB
f_{ck} (MPa)	40	40
$f_{ck,cube}$ (MPa)	50	50
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,5	2,5
E_{cm} (GPa)	32	32

2.3.1.4. Fluage

Le coefficient de fluage du béton à base de ciment H-UKR est déterminé à partir du coefficient d'un béton à base de ciment Portland, et doit être modulé à l'aide d'un facteur k_{creep} et déterminé à l'aide de l'expression suivante :

$$\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0) = k_{creep} \times \varphi_{CEM I}(\infty, t_0)$$

Le coefficient k_{creep} est défini à partir d'essai expérimentaux, dont les valeurs sont indiquées ci-dessous en fonction des formulations de béton :

	H-UKR 380 C40 U.a	H-UKR 380+70 C40 SB
k_{creep}	3	4

2.3.1.5. Retrait

Compte tenu de la dimension maximale des escaliers à volées droites préfabriqués et du ferrailage mis en œuvre relativement supérieur au ferrailage minimal, il n'y a pas lieu de prévoir de dispositions constructives spécifiques.

Le dimensionnement des escaliers préfabriqués EH, EB15, E28 & EV a été réalisé en tenant compte du retrait du béton à base de ciment H-UKR en prenant en compte une valeur de retrait libre deux fois supérieure à celle du retrait pour un béton à base de ciment Portland CEM I, à formulation identique, soit :

$$\varepsilon_{cs\ H-UKR} = 2 \cdot \varepsilon_{cs\ CEM\ I}$$

Il est rappelé que pour tout béton, à base de ciment Portland ou H-UKR, le risque de fissuration n'est pas à exclure, ces éventuelles fissures ne sont pas structurelles et sont sans inconvénients autre que leur aspect d'ordre esthétique.

2.3.1.6. Durabilité et enrobage des armatures

Les minoration liées à l'approche prescriptive proposées dans le Tableau 4.3NF de la NF EN 1992-1-1 ne sont pas applicables pour le béton à base de ciment H-UKR.

Les enrobages des armatures seront déterminés conformément à la Section 4 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des valeurs de $c_{min,dur}$ données dans le tableau ci-après. L'enrobage $c_{min,dur}$ est l'enrobage minimal des armatures de béton armé qui tient compte des classes d'exposition.

Formulations	Exigence environnementale pour $c_{min,dur}$ (mm)				
	Classe d'exposition selon Tableau 4.1 de l'EC 2-1-1 et son A.N.F				
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4/XF1
H-UKR 380 C40 U.a H-UKR 380+70 C40 SB	10	10	20		30

Les enrobages $c_{min,dur}$ indiqués dans le tableau ci-dessus correspondent à une durée d'utilisation du projet de 50 ans, et tiennent compte des minoration possibles selon les critères définis dans l'approche performantielle. Aucune autre minoration n'est permise pour la détermination des enrobages $c_{min,dur}$.

2.3.1.7. Comportement du béton H-UKR sous actions sismiques

Les escaliers préfabriqués étant considérés comme des éléments sismiques secondaires au sens de l'article 4.2.2. de la NF EN 1998-1, ils peuvent être mis en œuvre dans les zones de sismicité 1 à 5, dans des bâtiments de catégorie d'importance I à IV. Ces éléments devront respecter les critères de conception, dimensionnement et dispositions constructives pour les éléments sismiques secondaires de l'article 5.7 de la NF EN 1998-1.

2.3.1.8. Détermination de la longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures

La détermination et vérification de la longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures dans le béton H-UKR sera réalisée suivant la méthode décrite dans la Section 8 Dispositions constructives relatives aux armatures de béton armé et de précontrainte – généralités de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA.

2.3.1.9. Vérification du cisaillement à l'interface de reprise de bétonnage

La vérification du cisaillement à l'interface de reprise de bétonnage, dans le cas de :

- Béton H-UKR – béton traditionnel
- Béton traditionnel – béton H-UKR
- Béton H-UKR – béton H-UKR

sera justifiée en appliquant la formule (6.25) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, Art. 6.2.5 :

$$v_{Rd,i} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$$

Avec f_{ctd} déterminé suivant l'expression (NF EN 1992-1-1, art. 3.1.6 (2)P) :

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c$$

Les coefficients c et μ dépendent de la rugosité de la surface de reprise de bétonnage et seront déterminés en fonction de cette rugosité, suivant le tableau suivant :

Etat de surface	c	β_{H-UKR}	c_{H-UKR}	$\mu_{H-UKR} = \mu$
Lisse (brut)	0,2	0,6	0,12	0,6
Rugueux	0,4	0,3	0,12	0,7

Avec $c_{H-UKR} = \beta_{H-UKR} \cdot c$ et $\mu_{H-UKR} = \mu$

Dans le cas des combinaisons à l'ELUA sismique, la valeur du coefficient c sera divisée par deux conformément à la NF EN 1992-1-1, art. 6.2.5 (5).

2.3.2. Principes de dimensionnement des escaliers à volées droites préfabriquées VD

Le dimensionnement des escaliers à volées droites préfabriqués est réalisé à l'aide d'un programme de calcul sur la base de feuille de calcul.

2.3.2.1. Dimensionnement en partie courante

Les escaliers sont essentiellement soumis à un moment fléchissant sous l'effet de son poids propre, du poids propre additionnel et de la charge d'exploitation.

Le dimensionnement des escaliers à volées droites préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- Le module d'élasticité (module d'Young) E_{cm}
- Le coefficient de fluage $\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0)$

2.3.2.2. Dimensionnement des liaisons avec la structure

Les liaisons des escaliers à volées droites avec la structure peuvent être réalisés de plusieurs façons, par exemple :

- Appuis simples posés en tête et/ou pied avec réservations de clavetage,
- Appuis simples posés en tête et/ou pied sur becquet,
- Appuis encastrés par clavetage dans le palier,
- Etc.

Les escaliers sont essentiellement soumis à un effort tranchant au droit de l'appui, et un moment d'encastrement dans le cas de clavetage, sous l'effet de son poids propre, du poids propre additionnel et de la charge d'exploitation.

Le dimensionnement des liaisons des escaliers à volées droites préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- La résistance caractéristique à la traction $f_{ct,k}$
- La résistance à la traction du béton pour la reprise de bétonnage f_{ctd}

2.3.2.3. Sécurité incendie – Tenue au feu

Les escaliers à volées droites préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR ont fait l'objet d'une Appréciation de Laboratoire AL21-314-00024081_v2 du 09/08/2022 délivrée par le CSTB.

Cette Appréciation de Laboratoire permet de valider l'application de la NF EN 1992-1-2 et de son Annexe Nationale NF EN 1992-1-2/NA, sous les conditions suivantes :

- Classe de résistance à la compression minimale C30/37
- Ration Eau efficace / Quantité de liant supérieur à 0,39 avec $f_{ck} \leq 65 \text{ MPa}$
- Contrainte à la compression en plan du béton $\sigma_c \leq 11,4 \text{ MPa}$ sous combinaison accidentelle incendie $G + \psi_1 \cdot Q$

Les contraintes doivent être évaluées sous combinaison d'action incendie mais à froid, c'est-à-dire sans affaiblissement des matériaux. Cette vérification permet de décider de la section à retenir pour le calcul à chaud.

Si le risque d'écaillage ne peut pas être écarté, il est que la contrainte à la compression en plan du béton sous combinaison accidentelle incendie dépasse le seuil défini ci-avant, le béton d'enrobage des aciers en face exposée doit être négligé.

2.3.2.4. Vérification du cisaillement à l'interface de reprise de bétonnage

L'interface de la reprise de bétonnage sera justifiée en appliquant la formule (6.25) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, Art. 6.2.5 :

$$v_{Rd1} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$$

Avec f_{ctd} déterminé suivant l'expression (NF EN 1992-1-1, art. 3.1.6 (2)P) :

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c$$

Les coefficients c et μ dépendent de la rugosité de la surface de reprise de bétonnage et seront déterminés en fonction de cette rugosité, suivant le tableau suivant :

Etat de surface	c	β_{H-UKR}	c_{H-UKR}	$\mu_{H-UKR} = \mu$
Lisse (brut)	0,2	0,6	0,12	0,6
Rugueux	0,4	0,3	0,12	0,7

Avec $c_{H-UKR} = \beta_{H-UKR} \cdot c$ et $\mu_{H-UKR} = \mu$

Dans le cas des combinaisons à l'ELUA, la valeur du coefficient c sera divisée par deux conformément à la NF EN 1992-1-1, art. 6.2.5 (5).

Les efforts de cisaillement au droit de l'interface de la reprise de bétonnage seront repris par des aciers dépassants.

2.3.2.5. Longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures

La longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures dans le béton à base de ciment H-UKR sera déterminée à l'aide de la NF EN 1992-1-1 et de son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, Section 8 et notamment en appliquant les Art. 8.4, Art. 8.7.3 et 8.7.4.

2.3.2.6. Prise en compte de la flèche nuisible

Dans le cas de revêtements dit fragiles (sols scellés type carrelage, marbre, etc.), le dimensionnement des escaliers à volées droites préfabriqués devra prendre en compte la flèche nuisible.

La flèche nuisible sera calculée à partir de l'expression suivante :

$$\Delta f_i = f_{gv} - f_{ji} + f_{pi} - f_{gi}$$

où :

- $f_{gv} - f_{ji}$ est la flèche nuisible due aux charges permanentes ;
- $f_{pi} - f_{gi}$ est la flèche instantanée due aux charges d'exploitation.

La flèche est calculée en prenant en compte la valeur du module d'élasticité effectif, déterminé à l'aide de l'expression suivante :

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{H-UKR}(\infty, t_0)}$$

Les valeurs limites des flèches nuisibles à prendre en compte sont les suivantes :

$$\begin{aligned} & l_n/500 \text{ si } l_n \leq 5 \text{ m} \\ & 0,005 + l_n/1000 \text{ si } l_n > 5 \text{ m} \end{aligned}$$

2.3.2.7. Dimensionnement des inserts de levage

2.3.2.7.1. Généralités

Le dimensionnement des inserts de levage et manutention des escaliers à volées droites préfabriquées VD est réalisé selon le FD CEN/TR 15728 (23 août 2017).

2.3.2.7.2. Principe de dimensionnement

2.3.2.7.2.1. Etat Limite Ultime (ELU)

A l'état limite ultime (ELU), des vérifications sont requises pour toutes les directions de charge appropriées.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq R_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de l'effet des actions avec $E_d = E \times \gamma_{charge}$;
- E = effet des actions sollicitant l'insert ;
- γ_{charge} = coefficient partiel pour la charge ;
- R_d = valeur de calcul de la résistance de l'insert, avec $R_d = R_k / \gamma_M$;
- R_k = valeur caractéristique de la résistance ;
- γ_M = coefficient partiel pour le matériau.

2.3.2.7.2.2. Etat Limite de Service (ELS)

A l'état limite de service (ELS), il convient que les inserts ne présentent pas de déformation significative et de choisir le matériau de l'insert et la protection contre la corrosion en tenant compte des conditions d'environnement de la structure finale si l'insert reste dans l'élément préfabriqué pendant toute sa durée de vie dans la structure.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq C_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de la déformation de l'insert ;
- C_d = valeur nominale, par exemple déformation limite.

Il convient d'obtenir les actions à partir de parties approuvées de l'EN 1991-1 le cas échéant.

2.3.2.7.3. Type d'inserts utilisés

Les inserts de levage et manutention pour les escaliers à volées droites préfabriqués sont des inserts de type ancre à pied :

- ILAP_VD_01 : Ancre à pied 2,5 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRES-CMU-2.5T
- ILAP_VD_02 : Ancre à pied 5 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRES-CMU-5T
- ILAP_VD_03 : Ancre à pied 10 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRES-CMU-10T

Les armatures d'ancrages sont mises en œuvre pour chaque insert de levage et manutention. Ces armatures sont calculées à l'aide de la méthode bielle-tirant, en tenant compte de l'ensemble des situations de vie (décoffrage, manutention, livraison et pose) et des différentes inclinaisons de levage.

La résistance garantie à la première manutention est $f_{ck,cube} = 15 \text{ MPa}$.

SORIBA mettra en pratique les conclusions des travaux initiés par la FFB concernant les dispositions de ferrailage autour des ancres à pied pour éviter les ruptures fragiles.

Dans le cas d'évolutions des dispositions de ferrailages, les dispositions constructives seront mises à jour dans le process de fabrication de SORIBA.

2.3.3. Principes de dimensionnement des escaliers hélicoïdaux EH

2.3.3.1. Généralités

Le dimensionnement des escaliers préfabriqués hélicoïdaux EH est réalisé sur la base de la plus grande dimension de cage, en fonction des surcharges permanentes et surcharge d'exploitation avec des dispositions constructives par typologie d'escalier, et tiendra compte des caractéristiques du béton à base de ciment H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- Le module d'élasticité (module d'Young) E_{cm}
- Le coefficient de fluage $\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0)$.

Compte tenu du coefficient de fluage du béton à base de ciment H-UKR, les escaliers préfabriqués EH réalisés en béton à base de ciment H-UKR présentent une limite d'empilement. Afin de palier à ce phénomène, la descente de charges de chaque niveau d'escalier sera reprise par le palier coulé en place de chaque niveau.

Le dimensionnement des paliers coulés en place devra être réalisé par le Bureau d'Etudes Techniques de l'entreprise de pose de l'opération de construction en tenant compte des données du § 2.3.3.5 Dimensionnement du palier coulé en place.

2.3.3.2. Dimensionnement des marches et contremarches

Le dimensionnement des marches et contremarches des escaliers préfabriqués EH en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et réalisé conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR.

2.3.3.3. Dimensionnement du fût

Le dimensionnement des marches et contremarches des fûts des escaliers préfabriqués EH en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et réalisé conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR.

2.3.3.4. Dimensionnement des appuis

Le dimensionnement des appuis bas et haut des escaliers préfabriqués EH en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR.

2.3.3.4.1. Appui bas

L'appui bas des escaliers préfabriqués EH en béton à base de ciment H-UKR est en appui direct en compression simple et ne nécessite pas de dispositions constructives complémentaires par rapport aux escaliers préfabriqués en béton à base de ciment Portland.

2.3.3.4.2. Appui haut

Comme exposé au § 2.3.3.1 Généralités, la descente de charges de chaque niveau d'escalier sera reprise par le palier coulé en place de chaque niveau.

Deux cas de transmission de la descente de charges d'un niveau d'escalier préfabriqué EH sont possibles :

- Cas n°01 : Transmission de la descente de charges par flexion de la dernière contremarche et cisaillement de l'interface

Surcharges d'exploitation (en $kN \cdot m^{-2}$)	$q = 2,5 kN \cdot m^{-2}$		$q = 4 kN \cdot m^{-2}$	
Surcharges permanentes (en $kN \cdot m^{-2}$)	$g' = 0,1$	$g' = 0,5$	$g' = 0,1$	$g' = 0,5$
Ferraillage longitudinal supérieur	2 HA12 ancrés	2 HA14 ancrés		
Ferraillage longitudinal inférieur	2 HA8			
Cadres	HA8 e=15 cm			
Armatures en attente dans la contremarche	HA8 e=15 cm inf et sup		HA8 e=10 cm inf et sup	

- Cas n°02 : Transmission directe de la descente de charges par armatures en attente dans le fût

Surcharges d'exploitation (en $kN \cdot m^{-2}$)	$q = 2,5 kN \cdot m^{-2}$		$q = 4 kN \cdot m^{-2}$	
Surcharges permanentes (en $kN \cdot m^{-2}$)	$g' = 0,1$	$g' = 0,5$	$g' = 0,1$	$g' = 0,5$
Armatures en attente ancrées dans le fût	4 HA12 ou 6 HA10			

A défaut d'indications, le cas n°02 sera systématiquement prévu par le préfabriquant. Le palier devra être dimensionné suivant le cas n°02 par le Bureau d'Etudes Techniques de l'entreprise de pose de l'opération de construction.

2.3.3.5. Dimensionnement du palier coulé en place

Comme exposé au 2.3.3.1 Généralités, la descente de charges de chaque niveau d'escalier sera reprise par le palier coulé en place de chaque niveau.

La descente de charges complémentaires d'un escalier préfabriqué EH en béton à base de ciment H-UKR est exprimé dans le tableau ci-dessous exprimée sous forme de charge ponctuelle au niveau du centre de gravité du fût.

Surcharges permanentes (en $kN \cdot m^{-2}$)	Surcharges d'exploitation (en $kN \cdot m^{-2}$)	
	$q = 2,5 kN \cdot m^{-2}$	$q = 4 kN \cdot m^{-2}$
$g' = 0,1 kN \cdot m^{-2}$	G = 32 kN Q = 22 kN	G = 32 kN Q = 36 kN
$g' = 0,5 kN \cdot m^{-2}$	G = 38 kN Q = 22 kN	G = 38 kN Q = 36 kN

Cette charge peut être linéarisée le long de la dernière marche, en tenant compte de l'excentrement de l'axe du fût par rapport à l'axe du palier, si la dernière contremarche de l'escalier est dimensionnée en conséquence (cas n°01 du § 2.3.3.4.2 Appui haut).

2.3.3.6. Sécurité incendie – Tenue au feu

Les escaliers préfabriqués hélicoïdaux en béton à base de ciment H-UKR ont fait l'objet d'une Appréciation de Laboratoire AL22-332-00068064_v2 du 22/11/2022 délivrée par le CSTB.

Cette Appréciation de Laboratoire permet de valider l'application de la NF EN 1992-1-2 et de son Annexe Nationale NF EN 1992-1-2/NA.

Cette Appréciation de Laboratoire a permis de valider la stabilité au feu normalisé ISO-834 pendant 1 h pour les escaliers hélicoïdaux EH avec une charge d'exploitation $q = 4 kN \cdot m^{-2}$.

Cette Appréciation de Laboratoire a également permis d'écarter tout risque d'écaillage, sous réserve des critères suivants :

- Classe de résistance à la compression minimale C40/50
- Ration Eau efficace / Quantité de liant supérieur à 0,39 avec $f_{ck} \leq 65 MPa$
- Contrainte à la compression en plan du béton $\sigma_c \leq 20 MPa$ sous combinaison accidentelle incendie $G + \psi_1 \cdot Q$ pour le fût

Les contraintes doivent être évaluées sous combinaison d'action incendie mais à froid, c'est-à-dire sans affaiblissement des matériaux. Cette vérification permet de décider de la section à retenir pour le calcul à chaud.

Les escaliers hélicoïdaux (EH) présentent une stabilité au feu de 30 min (REI 30) sans dispositions constructives complémentaires.

2.3.3.7. Dimensionnement des liaisons avec la structure

La liaison des escaliers préfabriqués EH en béton à base de ciment H-UKR à la structure est réalisée à l'aide :

- Appui en compression simple en pied,
- Palier coulé en place reprenant la descente de charges d'un niveau d'escalier avec armatures de liaison

Le dimensionnement du palier sera réalisé par le Bureau d'Etudes Techniques de l'entreprise de pose de l'opération de construction, en prenant en compte la descente de charge donnée dans le § 2.3.3.4 Dimensionnement des appuis.

2.3.3.8. Reprise de bétonnage

L'interface de la reprise de bétonnage entre la dernière contremarche de l'escalier préfabriqué EH et le palier coulé en place sera justifiée en appliquant la formule (6.25) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, Art. 6.2.5 :

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$$

La participation de l'adhésion liée au béton sera négligée en prenant :

$$c \cdot f_{ctd} = 0 MPa$$

L'interface est considérée comme très lisse selon le 6.2.5 (2) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, soit $\mu = 0,5$.

Les efforts de cisaillement au droit de l'interface de la reprise de bétonnage seront repris par des aciers dépassants, comme indiqué au § 2.3.3.4.2 Appui haut.

2.3.3.9. Longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures

La longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures dans le béton H-UKR sera déterminée à l'aide de la NF EN 1992-1-1 et de son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, Section 8 et notamment en appliquant les Art. 8.4, Art. 8.7.3 et 8.7.4.

2.3.3.10. Dimensionnement des inserts de levage

2.3.3.10.1. Généralités

Le dimensionnement des inserts de levage et manutention des escaliers préfabriqués hélicoïdaux EH est réalisé selon le FD CEN/TR 15728 (23 août 2017).

2.3.3.10.2. Principe de dimensionnement

2.3.3.10.2.1. Etat Limite Ultime (ELU)

A l'état limite ultime (ELU), des vérifications sont requises pour toutes les directions de charge appropriées.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq R_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de l'effet des actions avec $E_d = E \times \gamma_{charge}$;
- E = effet des actions sollicitant l'insert ;
- γ_{charge} = coefficient partiel pour la charge ;
- R_d = valeur de calcul de la résistance de l'insert, avec $R_d = R_k / \gamma_M$;
- R_k = valeur caractéristique de la résistance ;
- γ_M = coefficient partiel pour le matériau.

2.3.3.10.2.2. Etat Limite de Service (ELS)

A l'état limite de service (ELS), il convient que les inserts ne présentent pas de déformation significative et de choisir le matériau de l'insert et la protection contre la corrosion en tenant compte des conditions d'environnement de la structure finale si l'insert reste dans l'élément préfabriqué pendant toute sa durée de vie dans la structure.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq C_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de la déformation de l'insert ;
- C_d = valeur nominale, par exemple déformation limite.

Il convient d'obtenir les actions à partir de parties approuvées de l'EN 1991-1 le cas échéant.

2.3.3.10.3. Type d'inserts utilisés

Les inserts de levage et manutention pour les escaliers préfabriqués hélicoïdaux EH sont des inserts de type ancre à pied :

- ILCL_EH_01 : Crochet de levage de type boucle de levage en acier (CMU fournisseur)
- ILAP_EH_02 : Ancre à pied 2,5 T (CMU fournisseur)

Des armatures d'ancrages sont mises en œuvre pour chaque insert de levage et manutention. Ces armatures sont calculées à l'aide de la méthode bielle-tirant, en tenant compte de l'ensemble des situations de vie (décoffrage, manutention, livraison et pose) et des différentes inclinaisons de levage.

La résistance garantie à la première manutention est $f_{ck,cube} = 15 \text{ MPa}$.

SORIBA mettra en pratique les conclusions des travaux initiés par la FFB concernant les dispositions de ferrailage autour des ancres à pied pour éviter les ruptures fragiles.

Dans le cas d'évolutions des dispositions de ferrailages, les dispositions constructives seront mises à jour dans le process de fabrication de SORIBA.

2.3.4. Principes de dimensionnement des escaliers balancés à mur central de 15 cm EB15

2.3.4.1. Généralités

Le dimensionnement des escaliers préfabriqués balancés à mur central EB15 est réalisé sur la base de la plus grande dimension de cage, en fonction des surcharges permanentes et surcharge d'exploitation avec des dispositions constructives par typologie d'escalier, et tiendra compte des caractéristiques du béton à base de ciment H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- Le module d'élasticité (module d'Young) E_{cm}
- Le coefficient de fluage $\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0)$.

Compte tenu du coefficient de fluage du béton à base de ciment H-UKR, les escaliers préfabriqués EB15 réalisés en béton à base de ciment H-UKR présentent une limite d'empilement. Afin de palier à ce phénomène, la descente de charges de chaque niveau d'escalier sera reprise par le palier coulé en place de chaque niveau.

Le dimensionnement des paliers coulés en place devra être réalisé par le Bureau d'Etudes Techniques de l'entreprise de pose de l'opération de construction en tenant compte des données du § 2.3.4.5 Dimensionnement du palier coulé en place.

2.3.4.2. Dimensionnement des marches et contremarches

Le dimensionnement des marches et contremarches des escaliers préfabriqués EB15 en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et réalisé conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR.

2.3.4.3. Dimensionnement du fût

Le dimensionnement des marches et contremarches des fûts des escaliers préfabriqués EB15 en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et réalisé conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR.

2.3.4.4. Dimensionnement des appuis

Le dimensionnement des appuis bas et haut des escaliers préfabriqués EB15 en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR, notamment :

2.3.4.4.1. Appui bas

L'appui bas des escaliers préfabriqués EB15 en béton à base de ciment H-UKR est en appui direct en compression simple et ne nécessite pas de dispositions constructives complémentaires par rapport aux escaliers préfabriqués en béton à base de ciment Portland.

2.3.4.4.2. Appui haut

Comme exposé au § 2.3.4.1 Généralités, la descente de charges de chaque niveau d'escalier sera reprise par le palier coulé en place de chaque niveau.

Deux cas de transmission de la descente de charges d'un niveau d'escalier préfabriqué EB15 sont possibles :

- Cas n°01 : Transmission de la descente de charges par flexion de la dernière contremarche et cisaillement de l'interface

	EB15-52 / 80 / 96 / 124	EB15-108 / 152
Ferrailage longitudinal supérieur	2 HA14 ancrés	
Ferrailage longitudinal inférieur	2 HA8	
Cadres	HA8 e=15 cm	
Armatures en attente dans la contremarche	HA8 e=15 cm inf et sup	HA8 e=10 cm inf et sup

- Cas n°02 : Transmission directe de la descente de charges par armatures en attente dans le fût

	EB15-80 / 108 / 152	EB15-52 / 96 / 124
Armatures en attente ancrées dans le fût	4 HA12	5 HA10

A défaut d'indications, le cas n°02 sera systématiquement prévu par le préfabriquant. Le palier devra être dimensionné suivant le cas n°02 par le Bureau d'Etudes Techniques de l'entreprise de pose de l'opération de construction.

2.3.4.5. Dimensionnement du palier coulé en place

Comme exposé au § 2.3.4.1 Généralités, la descente de charges de chaque niveau d'escalier sera reprise par le palier coulé en place de chaque niveau.

La descente de charges complémentaires d'un escalier préfabriqué EB15 en béton à base de ciment H-UKR est exprimé dans le tableau ci-dessous exprimée sous forme de charge ponctuelle au niveau du centre de gravité du fût.

Type d'escalier préfabriqué EB15	Charge permanente G (kN)	Charge d'exploitation Q (kN)
EB15-52	35	22
EB15-80	38	24
EB15-108	42	26
EB15-96	31	20
EB15-124	38	22
EB15-152	46	24

Cette charge peut être linéarisée le long de la dernière marche, en tenant compte de l'excentrement de l'axe du fût par rapport à l'axe du palier, si la dernière contremarche de l'escalier est dimensionnée en conséquence (cas n°01 du § 2.3.4.4.2 Appui haut).

2.3.4.6. Sécurité incendie – Tenue au feu

Les escaliers préfabriqués balancés à mur central de 15 cm en béton à base de ciment H-UKR ont fait l'objet d'une Appréciation de Laboratoire AL22-332-00068064_v2 du 22/11/2022 délivrée par le CSTB.

Cette Appréciation de Laboratoire permet de valider l'application de la NF EN 1992-1-2 et de son Annexe Nationale NF EN 1992-1-2/NA.

Cette Appréciation de Laboratoire a permis de valider la stabilité au feu normalisé ISO-834 pendant 1 h pour les escaliers balancés sur voile de 15 cm EB15 avec une charge d'exploitation $q = 2,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$.

Cette Appréciation de Laboratoire a également permis d'écarter tout risque d'écaillage, sous réserve des critères suivants :

- Classe de résistance à la compression minimale C40/50
- Ration Eau efficace / Quantité de liant supérieur à 0,39 avec $f_{ck} \leq 65 \text{ MPa}$
- Contrainte à la compression en plan du béton $\sigma_c \leq 11,4 \text{ MPa}$ sous combinaison accidentelle incendie $G + \psi_1 \cdot Q$ pour le fût

Les contraintes doivent être évaluées sous combinaison d'action incendie mais à froid, c'est-à-dire sans affaiblissement des matériaux. Cette vérification permet de décider de la section à retenir pour le calcul à chaud.

Les escaliers balancés sur voile de 15 cm (EB15) présentent une stabilité au feu de 30 min (REI 30) sous réserves de prendre en compte les dispositions constructives complémentaires. :

Type d'escalier préfabriqué EB15	Ferraillage par face	Complément en rive	Nombre de niveaux max
EB15-52	4 HA16	<i>non requis</i>	R+9
EB15-80			R+14
EB15-108	7 HA12	1 H16	R+17
EB15-96	6 HA12	<i>non requis</i>	
EB15-124		1 HA 12	
EB15-152	7 HA12		

Les influences sur le dimensionnement à froid sont mises en évidence en gras.

2.3.4.7. Dimensionnement des liaisons avec la structure

La liaison des escaliers préfabriqués EH en béton à base de ciment H-UKR à la structure est réalisée à l'aide :

- Appui en compression simple en pied,
- Palier coulé en place reprenant la descente de charges d'un niveau d'escalier avec armatures de liaison

Le dimensionnement du palier sera réalisé par le Bureau d'Etudes Techniques de l'entreprise de pose de l'opération de construction, en prenant en compte la descente de charge donnée dans le § 2.3.4.4 Dimensionnement des appuis.

2.3.4.8. Reprise de bétonnage

L'interface de la reprise de bétonnage entre la dernière contremarche de l'escalier préfabriqué EH et le palier coulé en place sera justifiée en appliquant la formule (6.25) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, Art. 6.2.5 :

$$v_{Rd,i} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$$

La participation de l'adhésion liée au béton sera négligée en prenant :

$$c \cdot f_{ctd} = 0 \text{ MPa}$$

L'interface est considérée comme très lisse selon le 6.2.5 (2) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, soit $\mu = 0,5$.

Les efforts de cisaillement au droit de l'interface de la reprise de bétonnage seront repris par des aciers dépassants, comme indiqué au § 2.3.4.4.2 Appui haut.

2.3.4.9. Longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures

La longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures dans le béton H-UKR sera déterminée à l'aide de la NF EN 1992-1-1 et de son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, Section 8 et notamment en appliquant les Art. 8.4, Art. 8.7.3 et 8.7.4.

2.3.4.10. Dimensionnement des inserts de levage

2.3.4.10.1. Généralités

Le dimensionnement des inserts de levage et manutention des escaliers préfabriqués balancés à mur central de 15 cm EB15 est réalisé selon le FD CEN/TR 15728 (23 août 2017).

2.3.4.10.2. Principe de dimensionnement

2.3.4.10.2.1. Etat Limite Ultime (ELU)

A l'état limite ultime (ELU), des vérifications sont requises pour toutes les directions de charge appropriées.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq R_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de l'effet des actions avec $E_d = E \times \gamma_{charge}$;
- E = effet des actions sollicitant l'insert ;
- γ_{charge} = coefficient partiel pour la charge ;
- R_d = valeur de calcul de la résistance de l'insert, avec $R_d = R_k / \gamma_M$;
- R_k = valeur caractéristique de la résistance ;
- γ_M = coefficient partiel pour le matériau.

2.3.4.10.2.2. Etat Limite de Service (ELS)

A l'état limite de service (ELS), il convient que les inserts ne présentent pas de déformation significative et de choisir le matériau de l'insert et la protection contre la corrosion en tenant compte des conditions d'environnement de la structure finale si l'insert reste dans l'élément préfabriqué pendant toute sa durée de vie dans la structure.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq C_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de la déformation de l'insert ;
- C_d = valeur nominale, par exemple déformation limite.

Il convient d'obtenir les actions à partir de parties approuvées de l'EN 1991-1 le cas échéant.

2.3.4.10.3. Type d'inserts utilisés

Les inserts de levage et manutention pour les escaliers préfabriqués balancés à mur central de 15 cm EB15 sont des inserts de type ancre à pied :

- ILCL_EB15_01 : Crochet de levage de type boucle de levage en acier (CMU fournisseur)
- ILAP_EB15_02 : Ancre à pied 2,5 T (CMU fournisseur)

Des armatures d'ancrages sont mises en œuvre pour chaque insert de levage et manutention. Ces armatures sont calculées à l'aide de la méthode bielle-tirant, en tenant compte de l'ensemble des situations de vie (décoffrage, manutention, livraison et pose) et des différentes inclinaisons de levage.

La résistance garantie à la première manutention est $f_{ck,cube} = 15 \text{ MPa}$.

SORIBA mettra en pratique les conclusions des travaux initiés par la FFB concernant les dispositions de ferrailage autour des ancres à pied pour éviter les ruptures fragiles.

Dans le cas d'évolutions des dispositions de ferrailages, les dispositions constructives seront mises à jour dans le process de fabrication de SORIBA.

2.3.5. Principes de dimensionnement des escaliers balancés E28

2.3.5.1. Généralités

Le dimensionnement des escaliers préfabriqués balancés E28 est réalisé sur la base de la plus grande dimension de cage, en fonction des surcharges permanentes et surcharge d'exploitation avec des dispositions constructives par typologie d'escalier, et tiendra compte des caractéristiques du béton à base de ciment H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- Le module d'élasticité (module d'Young) E_{cm}
- Le coefficient de fluage $\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0)$.

2.3.5.2. Dimensionnement en partie courante

Les escaliers sont essentiellement soumis à de la flexion sous l'effet de son poids propre, du poids propre additionnel et de la charge d'exploitation.

Le dimensionnement des escaliers préfabriqués E28 en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et réalisé conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- Le module d'élasticité (module d'Young) E_{cm}
- Le coefficient de fluage $\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0)$

2.3.5.3. Dimensionnement des liaisons avec la structure

Le dimensionnement des liaisons des escaliers préfabriqués E28 en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et réalisé conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifique du béton H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- La résistance caractéristique à la traction $f_{ct,k}$
- La résistance à la traction du béton pour la reprise de bétonnage f_{ctd}

Les liaisons des escaliers E28 avec la structure sont réalisés par :

		E28_T&P <i>balancé tête & pied</i>	E28_T ou E28_P <i>balancé tête ou pied</i>
Appui en pied	<i>Pied posé</i>	2 broches HA14	2 broches HA16
		<ul style="list-style-type: none"> ○ Longueur d'ancrage 15 cm ○ Réserve Ø15 cm mini, face rugueuse ○ Remplissage au mortier de classe de résistance supérieure ou égale à C40/50 	
	<i>Pied scellé</i>	HA12 e=20 cm <i>(5,65 cm²/ml)</i>	HA12 e=10 cm <i>(11,31 cm²/ml)</i>
Appui en tête		HA12 e=20 cm <i>(5,65 cm²/ml)</i>	HA12 e=10 cm <i>(11,31 cm²/ml)</i>
Appuis en angle	<i>Suspentes</i>	2 U HA10	2 U HA10
	<i>Armatures longitudinales</i>	4 HA10 Ancrés à 53% de leur capacité soit 15 cm	4 HA10 Ancrés à 60% de leur capacité soit 17 cm
		<u>Hypothèses :</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Coefficient reprise de bétonnage $c = 0, \mu = 0,5$ ○ Béton C25/30 ○ $\alpha = 0,7$ selon Tableau 8.2 de la NF EN 1992-1-1 	

2.3.5.4. Sécurité incendie – Tenue au feu

Les escaliers préfabriqués balancés E28 en béton à base de ciment H-UKR ont fait l'objet d'une Appréciation de Laboratoire AL21-314-00024081_v2 du 09/08/2022 délivrée par le CSTB.

Cette Appréciation de Laboratoire permet de valider l'application de la NF EN 1992-1-2 et de son Annexe Nationale NF EN 1992-1-2/NA.

Des critères permettant d'écarter tout risque d'écaillage ont été formulés dans cette Appréciation de Laboratoire, et qui sont :

- Classe de résistance à la compression minimale C30/37
- Ration Eau efficace / Quantité de liant supérieur à 0,39 avec $f_{ck} \leq 65 \text{ MPa}$
- Contrainte à la compression en plan du béton $\sigma_c \leq 11,4 \text{ MPa}$ sous combinaison accidentelle incendie $G + \psi_1 \cdot Q$

Les contraintes doivent être évaluées sous combinaison d'action incendie mais à froid, c'est-à-dire sans affaiblissement des matériaux. Cette vérification permet de décider de la section à retenir pour le calcul à chaud.

Si le risque d'écaillage ne peut pas être écarté, il est que la contrainte à la compression en plan du béton sous combinaison accidentelle incendie dépasse le seuil défini ci-avant, le béton d'enrobage des aciers en face exposée doit être négligé.

2.3.5.5. Vérification du cisaillement à l'interface de reprise de bétonnage

L'interface de la reprise de bétonnage entre la dernière marche de l'escalier préfabriqué E28 et la structure sera justifiée en appliquant la formule (6.25) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, Art. 6.2.5 :

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$$

La participation de l'adhésion liée au béton sera négligée en prenant :

$$c \cdot f_{ctd} = 0 \text{ MPa}$$

L'interface est considérée comme très lisse selon le 6.2.5 (2) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, soit $\mu = 0,5$.

Les efforts de cisaillement au droit de l'interface de la reprise de bétonnage seront repris par des aciers dépassants, comme indiqué au § 2.3.5.3 Dimensionnement des liaisons avec la structure.

Les efforts de cisaillement au droit de l'interface de la reprise de bétonnage seront repris par des aciers dépassants.

2.3.5.6. Longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures

La longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures dans le béton H-UKR sera déterminée à l'aide de la NF EN 1992-1-1 et de son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, Section 8 et notamment en appliquant les Art. 8.4, Art. 8.7.3 et 8.7.4.

2.3.5.7. Dimensionnement des inserts de levage

2.3.5.7.1. Généralités

Le dimensionnement des inserts de levage et manutention des escaliers préfabriqués balancés E28 est réalisé selon le FD CEN/TR 15728 (23 août 2017).

2.3.5.7.2. Principe de dimensionnement

2.3.5.7.2.1. Etat Limite Ultime (ELU)

A l'état limite ultime (ELU), des vérifications sont requises pour toutes les directions de charge appropriées.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq R_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de l'effet des actions avec $E_d = E \times \gamma_{charge}$;
- E = effet des actions sollicitant l'insert ;
- γ_{charge} = coefficient partiel pour la charge ;
- R_d = valeur de calcul de la résistance de l'insert, avec $R_d = R_k / \gamma_M$;
- R_k = valeur caractéristique de la résistance ;
- γ_M = coefficient partiel pour le matériau.

2.3.5.7.2.2. Etat Limite de Service (ELS)

A l'état limite de service (ELS), il convient que les inserts ne présentent pas de déformation significative et de choisir le matériau de l'insert et la protection contre la corrosion en tenant compte des conditions d'environnement de la structure finale si l'insert reste dans l'élément préfabriqué pendant toute sa durée de vie dans la structure.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq C_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de la déformation de l'insert ;
- C_d = valeur nominale, par exemple déformation limite.

Il convient d'obtenir les actions à partir de parties approuvées de l'EN 1991-1 le cas échéant.

2.3.5.7.3. Type d'inserts utilisés

Les inserts de levage et manutention pour les escaliers préfabriqués balancés E28 sont des inserts de type ancre à pied :

- ILAP_E28_01 : Ancre à pied 2,5 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-2.5T
- ILAP_E28_02 : Ancre à pied 5 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-5T
- ILAP_E28_03 : Ancre à pied 10 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-10T

Les armatures d'ancrages sont mises en œuvre pour chaque insert de levage et manutention. Ces armatures sont calculées à l'aide de la méthode bielle-tirant, en tenant compte de l'ensemble des situations de vie (décoffrage, manutention, livraison et pose) et des différentes inclinaisons de levage.

La résistance garantie à la première manutention est $f_{ck,cube} = 15 \text{ MPa}$.

SORIBA mettra en pratique les conclusions des travaux initiés par la FFB concernant les dispositions de ferrailage autour des ancres à pied pour éviter les ruptures fragiles.

Dans le cas d'évolutions des dispositions de ferrailages, les dispositions constructives seront mises à jour dans le process de fabrication de SORIBA.

2.3.6. Principes de dimensionnement des escaliers balancés EV

2.3.6.1. Généralités

Le dimensionnement des escaliers préfabriqués balancés EV est réalisé sur la base de la plus grande dimension de cage, en fonction des surcharges permanentes et surcharge d'exploitation avec des dispositions constructives par typologie d'escalier, et tiendra compte des caractéristiques du béton à base de ciment H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- Le module d'élasticité (module d'Young) E_{cm}
- Le coefficient de fluage $\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0)$.

2.3.6.2. Dimensionnement en partie courante

Les escaliers sont essentiellement soumis à de la flexion sous l'effet de son poids propre, du poids propre additionnel et de la charge d'exploitation.

Le dimensionnement des escaliers préfabriqués EV en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et réalisé conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifiques du béton H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- Le module d'élasticité (module d'Young) E_{cm}
- Le coefficient de fluage $\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0)$

2.3.6.3. Dimensionnement des liaisons avec la structure

Le dimensionnement des liaisons des escaliers préfabriqués EV en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour un béton à base de ciment Portland, et réalisé conformément aux principes et règles applicables au béton de résistance normal définis dans la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des caractéristiques mécaniques spécifique du béton H-UKR, notamment :

- La résistance caractéristique à la compression f_{ck}
- La résistance caractéristique à la traction $f_{ct,k}$
- La résistance à la traction du béton pour la reprise de bétonnage f_{ctd}

Les liaisons des escaliers EV avec la structure sont réalisés par :

		EV10 / EV20
Appui en pied	<i>Pied posé</i>	2 broches HA10 ○ Longueur d'ancrage 15 cm ○ Réserve Ø15 cm mini, face rugueuse ○ Remplissage au mortier de classe de résistance supérieure ou égale à C40/50
	<i>Pied scellé</i>	HA8 e=15 cm (3,35 cm ² /ml)
Appui en tête		HA8 e=15 cm (3,35 cm ² /ml)
Appuis en angle	<i>Suspentes</i>	2 U HA10
	<i>Armatures longitudinales</i>	4 HA10 Ancrés à 55% de leur capacité soit 15 cm <u>Hypothèses :</u> ○ Coefficient reprise de bétonnage $c = 0, \mu = 0,5$ ○ Béton C25/30 ○ $\alpha = 0,7$ selon Tableau 8.2 de la NF EN 1992-1-1

2.3.6.4. Sécurité incendie – Tenue au feu

Les escaliers préfabriqués balancés EV en béton à base de ciment H-UKR ont fait l'objet d'une Appréciation de Laboratoire AL21-314-00024081_v2 du 09/08/2022 délivrée par le CSTB.

Cette Appréciation de Laboratoire permet de valider l'application de la NF EN 1992-1-2 et de son Annexe Nationale NF EN 1992-1-2/NA.

Des critères permettant d'écartier tout risque d'écaillage ont été formulés dans cette Appréciation de Laboratoire, et qui sont :

- Classe de résistance à la compression minimale C30/37
- Ration Eau efficace / Quantité de liant supérieur à 0,39 avec $f_{ck} \leq 65 \text{ MPa}$
- Contrainte à la compression en plan du béton $\sigma_c \leq 11,4 \text{ MPa}$ sous combinaison accidentelle incendie $G + \psi_1 \cdot Q$

Les contraintes doivent être évaluées sous combinaison d'action incendie mais à froid, c'est-à-dire sans affaiblissement des matériaux. Cette vérification permet de décider de la section à retenir pour le calcul à chaud.

Si le risque d'écaillage ne peut pas être écarté, il est que la contrainte à la compression en plan du béton sous combinaison accidentelle incendie dépasse le seuil défini ci-avant, le béton d'enrobage des aciers en face exposée doit être négligé.

2.3.6.5. Vérification du cisaillement à l'interface de reprise de bétonnage

L'interface de la reprise de bétonnage entre la dernière marche de l'escalier préfabriqué EV et la structure sera justifiée en appliquant la formule (6.25) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, Art. 6.2.5 :

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$$

La participation de l'adhésion liée au béton sera négligée en prenant :

$$c \cdot f_{ctd} = 0 \text{ MPa}$$

L'interface est considérée comme très lisse selon le 6.2.5 (2) de la norme NF EN 1992-1-1, Section 6, soit $\mu = 0,5$.

Les efforts de cisaillement au droit de l'interface de la reprise de bétonnage seront repris par des aciers dépassants, comme indiqué au § 2.3.5.3 Dimensionnement des liaisons avec la structure.

Les efforts de cisaillement au droit de l'interface de la reprise de bétonnage seront repris par des aciers dépassants.

2.3.6.6. Longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures

La longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures dans le béton H-UKR sera déterminée à l'aide de la NF EN 1992-1-1 et de son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, Section 8 et notamment en appliquant les Art. 8.4, Art. 8.7.3 et 8.7.4.

2.3.6.7. Dimensionnement des inserts de levage

2.3.6.7.1. Généralités

Le dimensionnement des inserts de levage et manutention des escaliers préfabriqués balancés EV est réalisé selon le FD CEN/TR 15728 (23 août 2017).

2.3.6.7.2. Principe de dimensionnement

2.3.6.7.2.1. Etat Limite Ultime (ELU)

A l'état limite ultime (ELU), des vérifications sont requises pour toutes les directions de charge appropriées.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq R_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de l'effet des actions avec $E_d = E \times \gamma_{charge}$;
- E = effet des actions sollicitant l'insert ;
- γ_{charge} = coefficient partiel pour la charge ;
- R_d = valeur de calcul de la résistance de l'insert, avec $R_d = R_k / \gamma_M$;
- R_k = valeur caractéristique de la résistance ;
- γ_M = coefficient partiel pour le matériau.

2.3.6.7.2.2. Etat Limite de Service (ELS)

A l'état limite de service (ELS), il convient que les inserts ne présentent pas de déformation significative et de choisir le matériau de l'insert et la protection contre la corrosion en tenant compte des conditions d'environnement de la structure finale si l'insert reste dans l'élément préfabriqué pendant toute sa durée de vie dans la structure.

Il convient de démontrer que :

$$E_d \leq C_d$$

Où :

- E_d = valeur de calcul de la déformation de l'insert ;
- C_d = valeur nominale, par exemple déformation limite.

Il convient d'obtenir les actions à partir de parties approuvées de l'EN 1991-1 le cas échéant.

2.3.6.7.3. Type d'inserts utilisés

Les inserts de levage et manutention pour les escaliers préfabriqués balancés EV sont des inserts de type ancre à pied :

- ILAP_EV_01 : Ancre à pied 2,5 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-2.5T
- ILAP_EV_02 : Ancre à pied 5 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-5T
- ILAP_EV_03 : Ancre à pied 10 T (CMU fournisseur) avec armatures d'ancrage de type FRETTAGE-ANCRE-CMU-10T

Les armatures d'ancrages sont mises en œuvre pour chaque insert de levage et manutention. Ces armatures sont calculées à l'aide de la méthode bielle-tirant, en tenant compte de l'ensemble des situations de vie (décoffrage, manutention, livraison et pose) et des différentes inclinaisons de levage.

La résistance garantie à la première manutention est $f_{ck,cube} = 15 \text{ MPa}$.

SORIBA mettra en pratique les conclusions des travaux initiés par la FFB concernant les dispositions de ferrailage autour des ancres à pied pour éviter les ruptures fragiles. Dans le cas d'évolutions des dispositions de ferrailages, les dispositions constructives seront mises à jour dans le process de fabrication de SORIBA.

2.3.7. Dimensionnement des fixations

Les chevilles utilisées bénéficieront d'une Evaluation Technique Européenne (ETE) délivrée selon le Document d'Evaluation Européen (DEE) :

- 330232-01-0601 pour les chevilles mécaniques
- 330499-01-0601 pour les chevilles chimiques
- 330087-00-0601 pour les scellements chimiques

Des essais comparatifs ont été menés pour vérifier l'aptitude du béton H-UKR à reprendre les contraintes inhérentes au chevillage, et démontrent un comportement similaire que pour un béton à base de ciment Portland.

Il conviendra de suivre les Recommandations Professionnelles du chevillage de 2014 d'EVOLIS (ex CISMA), conformément au § 6.5.7.1. et de réaliser des essais sur site pour valider les valeurs annoncées par le fabricant de fixations.

2.4. Disposition de mise en œuvre

2.4.1. Généralités

Les escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR ne présentent pas de particularités spécifiques par rapport aux escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment Portland, et sont considérés comme des éléments préfabriqués lourds.

2.4.2. Principe de pose

La pose des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR est identique à celle des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment Portland, et ne nécessitent pas de contrôles additionnels autre que ceux nécessaires à la pose d'éléments préfabriqués lourds.

2.4.3. Revêtement de surface

2.4.3.1. Généralités

Dans le cadre d'une application d'un revêtement de type peinture, enduits ou colle sur un support, les essais de convenances sont à la charge de l'applicateur.

Dans le cas des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR, le demandeur Hoffmann Green Cement Technologies propose une liste de produits compatibles à la disposition des applicateurs.

Cette liste de produit compatible a été dressée sur la base d'essais, normalisés dans le cas d'existence d'une norme, et est susceptible d'évoluer en fonction des essais à venir. Dans le cas où un produit n'est pas présent dans la liste, l'applicateur peut se rapprocher du demandeur pour évaluer la compatibilité de réaliser des essais sur ce produit.

2.4.3.2. Cas des sols fragiles (carrelage, pierre, etc.)

La mise en œuvre des sols fragiles devra être conforme aux normes et règlements en vigueur, notamment à la NF DTU 52.1 (P61-202) : Revêtements de sol scellés.

Dans le cas de pose de sol fragile, le dimensionnement des escaliers à volées droites préfabriqués devra tenir compte de la flèche nuisible conformément au § 2.3.2.6 Prise en compte de la flèche nuisible.

2.4.3.3. Autres revêtements

2.4.3.3.1. Peinture et lasure

La mise en œuvre de revêtement de type peinture sera conforme aux NF DTU 59.1 (P74-201) : Revêtements de peinture en feuil mince, semi-épais ou épais (juin 2013) et DTU 59.3 (P74-203) : Peinture de sols (mai 1993).

L'application de revêtement de type peinture sur béton à base de ciment H-UKR est similaire à l'application sur béton à base de ciment Portland.

2.4.3.3.2. Sols souples

La mise en œuvre de revêtement de type sols souples sera conforme à la NF DTU 53.12 (P62-207) : Préparation du support et revêtements de sol souples (décembre 2020).

L'application de revêtement de type sol souple sur béton H-UKR est similaire à l'application sur béton à base de ciment Portland.

2.4.3.3.3. Parquets collés

La mise en œuvre de revêtement de type parquets collés sera conforme à la NF DTU 51.2 (P63-202) : Parquets collés (mai 2020).

L'application de revêtement de type parquets collés sur béton à base de ciment H-UKR est similaire à l'application sur béton à base de ciment Portland.

2.4.3.3.4. Sols en résine de synthèse

La mise en œuvre de revêtement de type résine de synthèse sera conforme à la NF DTU 54.1 (P62-206) : Revêtements de sol coulés à base de résine de synthèse (février 2018).

L'application de revêtement de type résine de synthèse sur béton à base de ciment H-UKR est similaire à l'application sur béton à base de ciment Portland.

2.4.4. Traitement acoustique

Le traitement acoustique des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR par rapport aux cages d'escaliers et à la structure du bâtiment est traitée de la même manière que les escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment Portland.

En cas de degré coupe-feu requis, les dispositions constructives mises en œuvre pour le traitement acoustique devront assurer un degré coupe-feu a minima égal ou supérieur à celui requis.

2.5. Maintien en service du produit

2.5.1. Entretien courant

L'entretien des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour les escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment Portland.

Dans le cas d'utilisation de produit chimique, il conviendra de se rapprocher des fabricants de ces produits pour utilisation sur béton.

2.5.2. Traitement des désordres (épaufures, éclats, etc.)

Dans le cadre d'une réparation à l'aide d'un mortier ou enduit, les essais de convenances sont à la charge de l'applicateur.

Dans le cas des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR, le demandeur Hoffmann Green Cement Technologies propose une liste de produits compatibles à la disposition des applicateurs.

Cette liste de produit compatible a été dressée sur la base d'essais, normalisés dans le cas d'existence d'une norme, et est susceptible d'évoluer en fonction des essais à venir. Dans le cas où un produit n'est pas présent dans la liste, l'applicateur peut se rapprocher du demandeur pour évaluer la compatibilité de réaliser des essais sur ce produit.

2.6. Traitement en fin de vie

A la fin de la durée de vie du produit, les escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR pourront faire l'objet du même traitement que les éléments en béton armé avec une dépose, concassage et séparation des armatures et du béton pour réemploi après retraitement.

2.7. Assistance technique

Une assistance technique est apportée par le demandeur Hoffmann Green Cement Technologies à SORIBA pour la mise au point des formulations béton et la mise en œuvre du béton à base de ciment H-UKR dans le cadre du process de production des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV.

Une assistance technique est apportée par SORIBA à l'entreprise en charge de la pose des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV sur le chantier en amont et au démarrage du chantier dans le cas où un besoin serait formulé.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Principe de fabrication

Le principe de fabrication des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment Portland.

2.8.2. Plans d'Assurance Qualité

2.8.2.1. Plan d'Assurance Qualité de production du ciment H-UKR

Les sites de production du ciment H-UKR disposent d'un Plan d'Assurance Qualité permettant de s'assurer de l'ensemble des contrôles des matières premières, ainsi que de la répétabilité des caractéristiques physico-chimique du ciment.

2.8.2.2. Plan d'Assurance Qualité de production SORIBA

Les sites de production des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV disposent d'un Plan d'Assurance Qualité permettant de s'assurer de la qualité des matières premières, ainsi que de la bonne réalisation des éléments suivant les plans d'exécution.

2.8.2.3. Plan d'Assurance Qualité de pose

La pose des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment H-UKR est identique à la pose des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV en béton à base de ciment Portland, et ne nécessite pas de contrôles additionnels autre que ceux nécessaires à la pose d'éléments préfabriqués lourds.

Le Plan d'Assurance Qualité de l'entreprise en charge de la pose des escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV devra intégrer les contrôles et leurs fréquences associées relatifs à la pose d'éléments préfabriqués de type escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats Expérimentaux

Caractérisation du ciment H-UKR

- ETPM-18_0056-B du 18 novembre 2022

Caractérisation vis-à-vis du feu

- AL21-314-00024081_v2 du 09/08/2022 délivrée par le CSTB
- AL22-332-00068064_v2 du 22/11/2022 délivrée par le CSTB
- Rapport d'essais n° DSSF21-08270 du 04 juillet 2022

Caractérisation du fluage

- Rapport d'essai n° EEM 20 26085654-A (fluage-retrait) – Formule n°1 – H-UKR 351+29
- Rapport d'essai n° EEM 20 26085654-C (fluage-retrait) – Formule n°4 – CEM I 340+40
- Rapport d'essai n° EEM 21-03523-B (fluage-retrait) Formule n°10bis – H-UKR 380
- Rapport d'essai n° MRF 18 26078073 – fluage

Caractérisation du retrait :

- Rapport d'essai n° EEM 20 26085703 (retrait gêné) projet 12.11.2020

Caractérisation adhérence acier béton

- Rapport d'essai n° EEM 19 26080852-A (adhérence acier béton).pdf

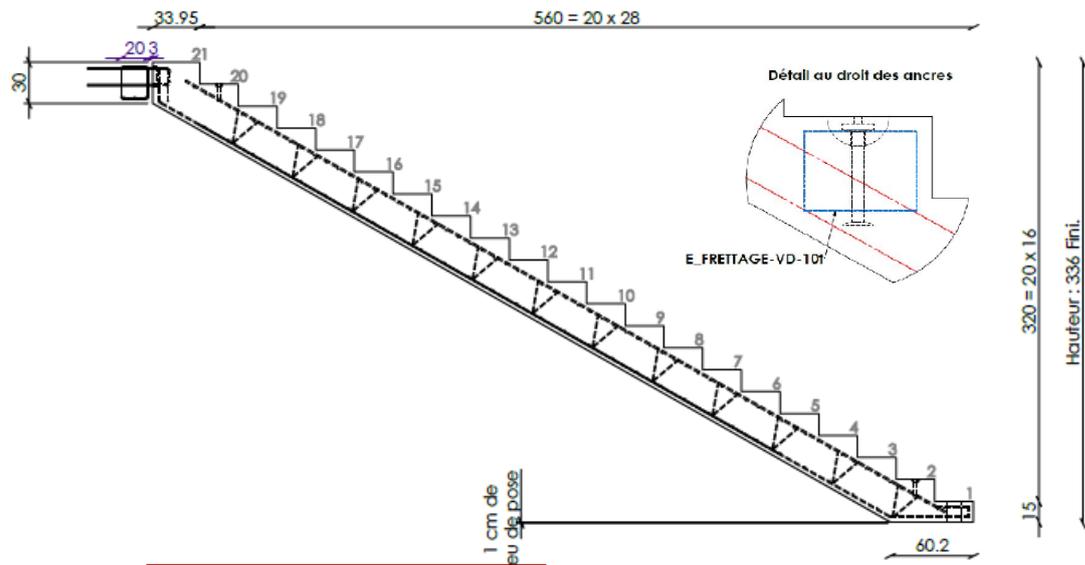
Caractérisation des inserts de levage (ancres à pieds)

- Rapport d'essai n° EEM 20 26085808/B

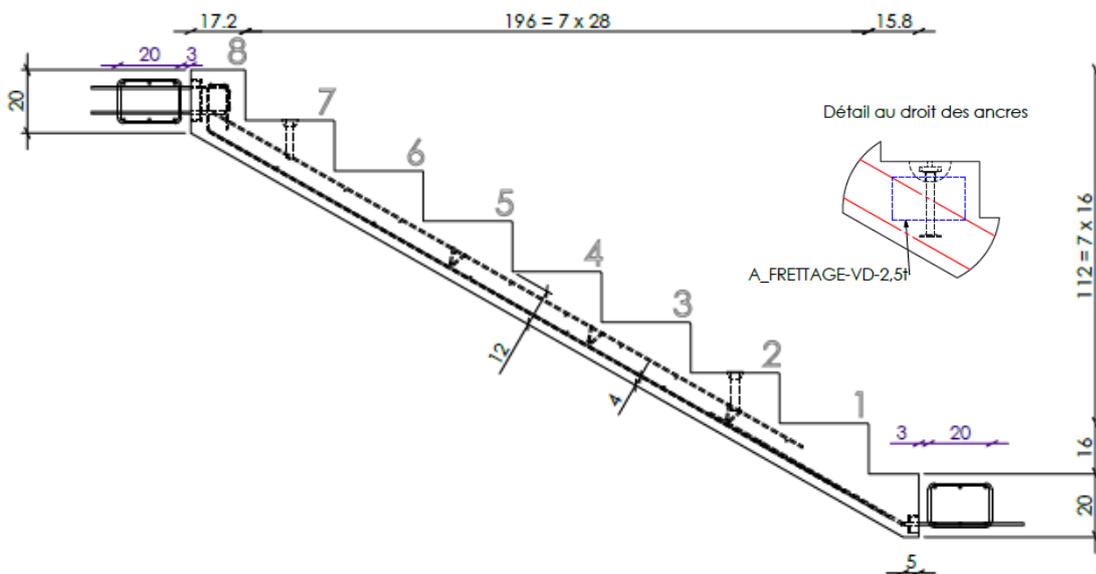
Caractérisation des fixations

- Rapport d'essai n° EEM 21 03511

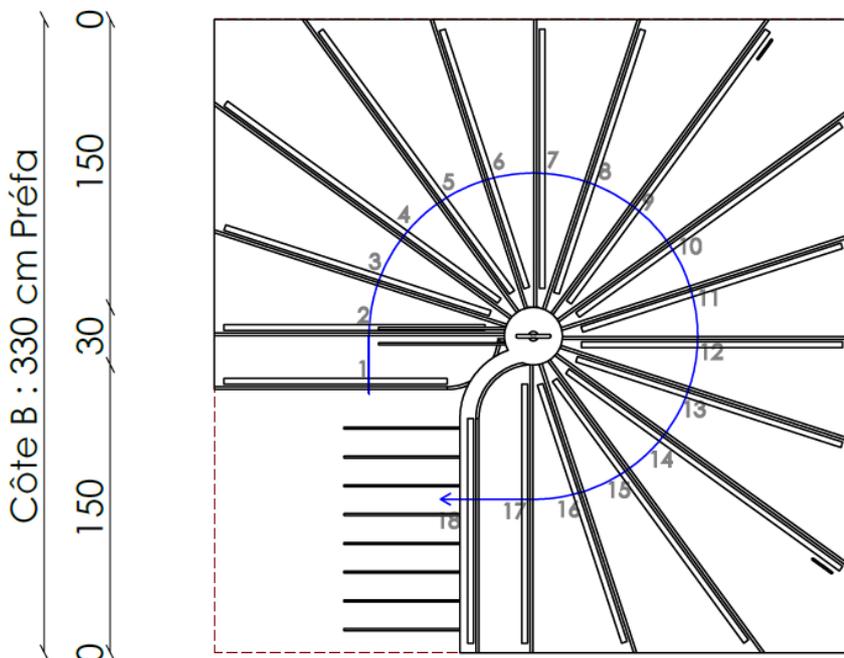
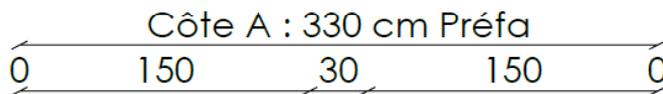
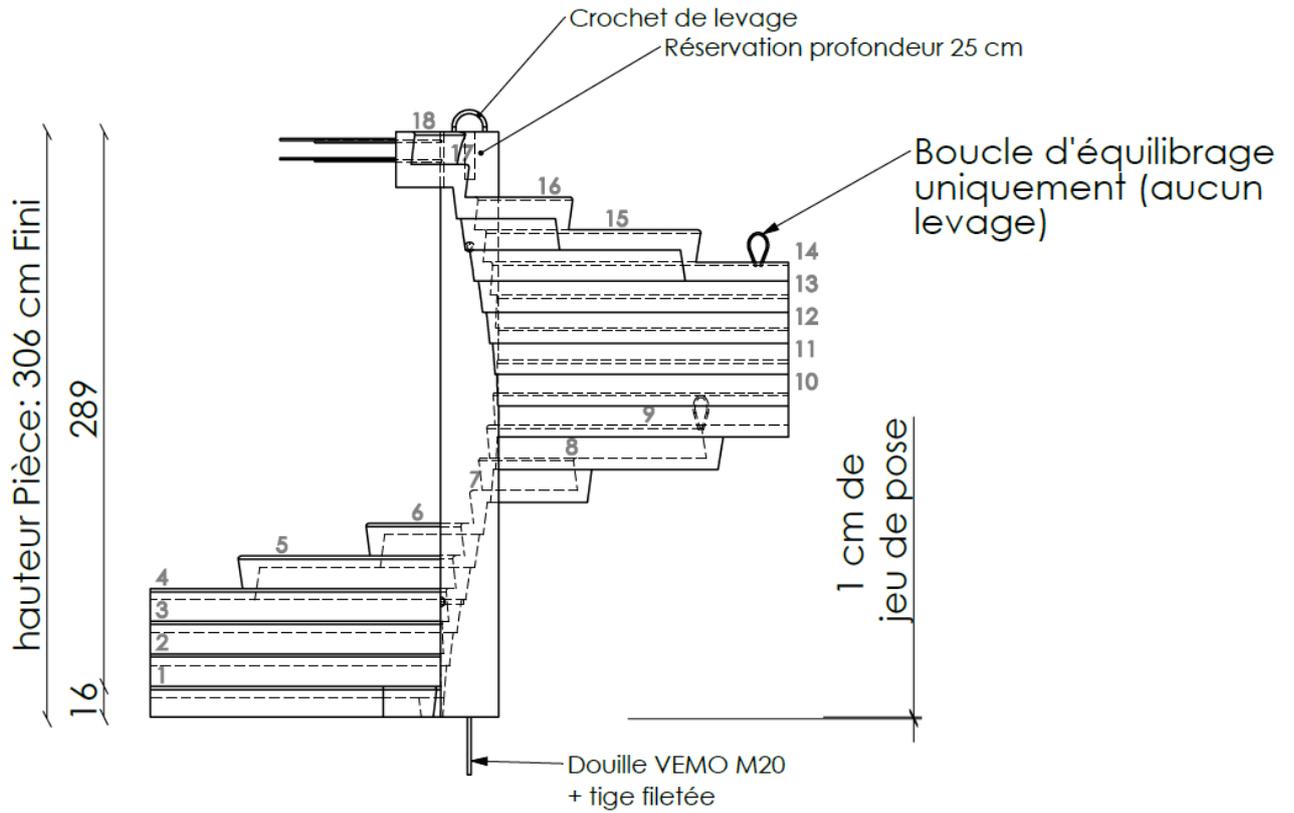
2.10. Annexe du Dossier Technique – Exemple d’escaliers préfabriqués VD, EH, EB15, E28 & EV



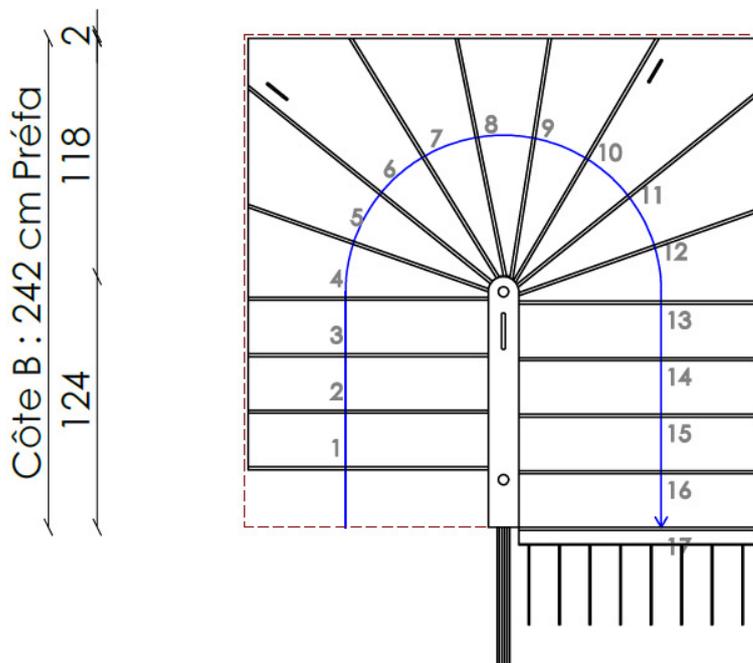
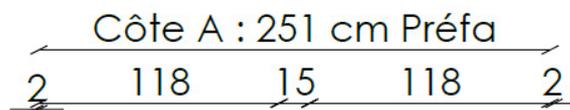
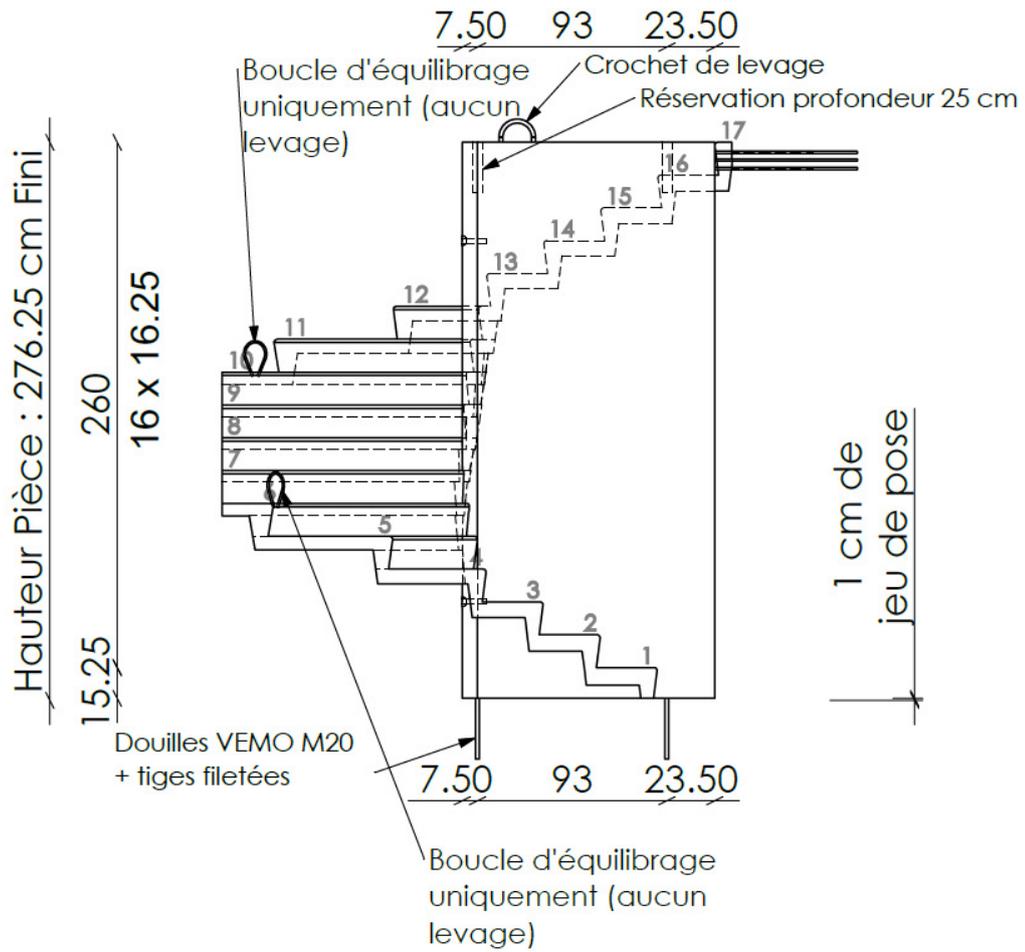
Exemple escalier VD préfabriqué 21 marches



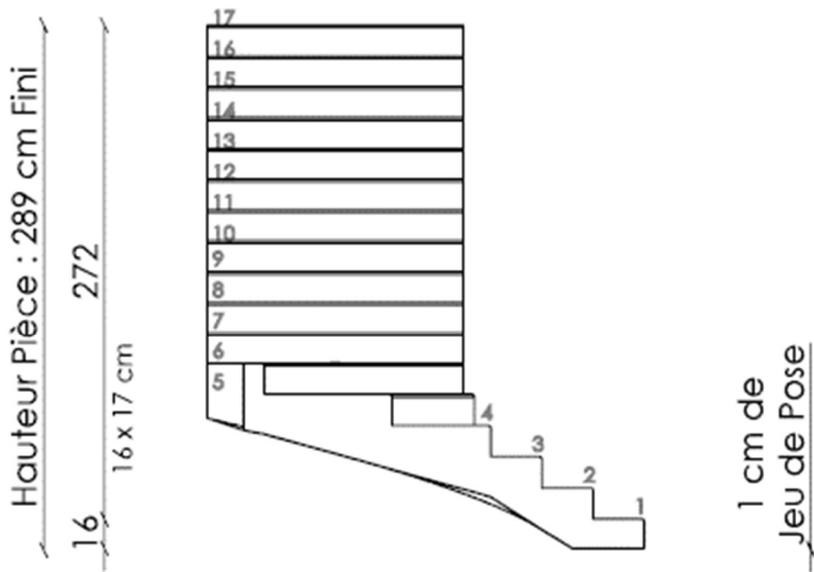
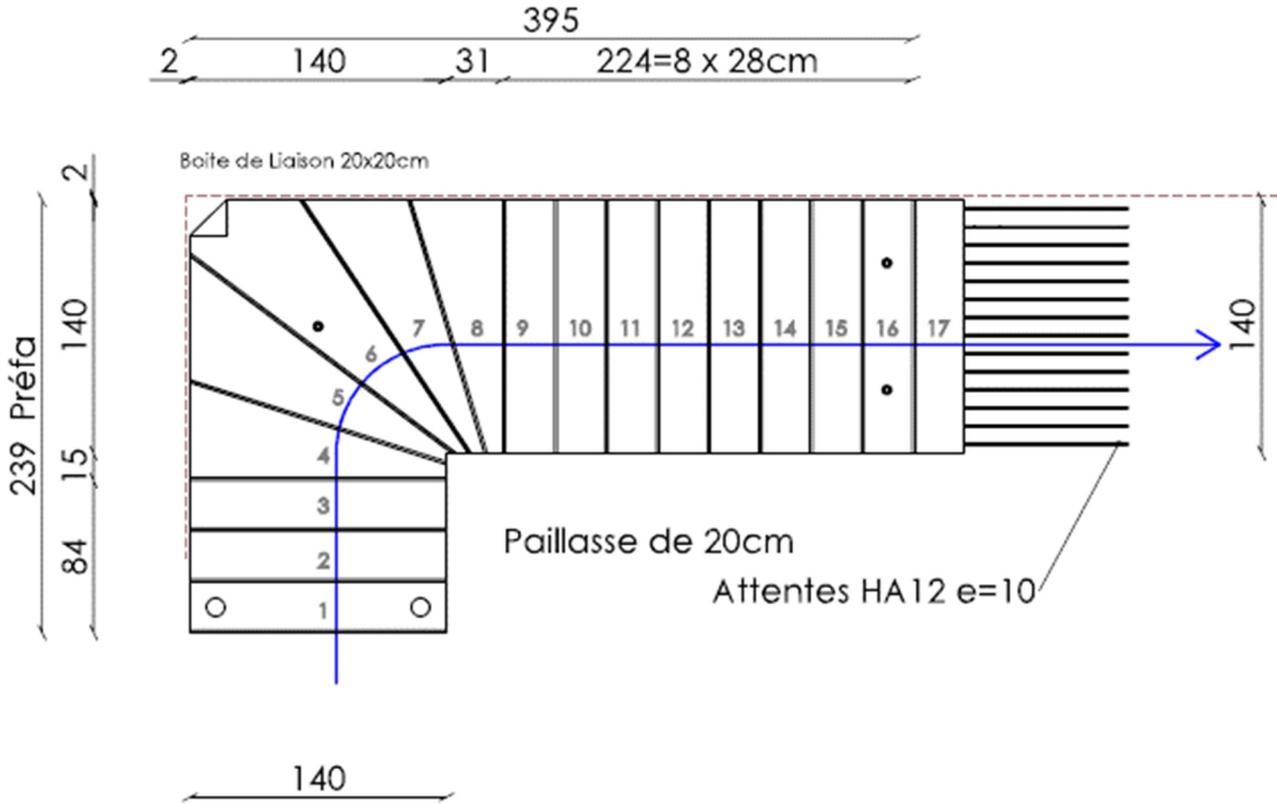
Exemple escalier VD préfabriqué 8 marches



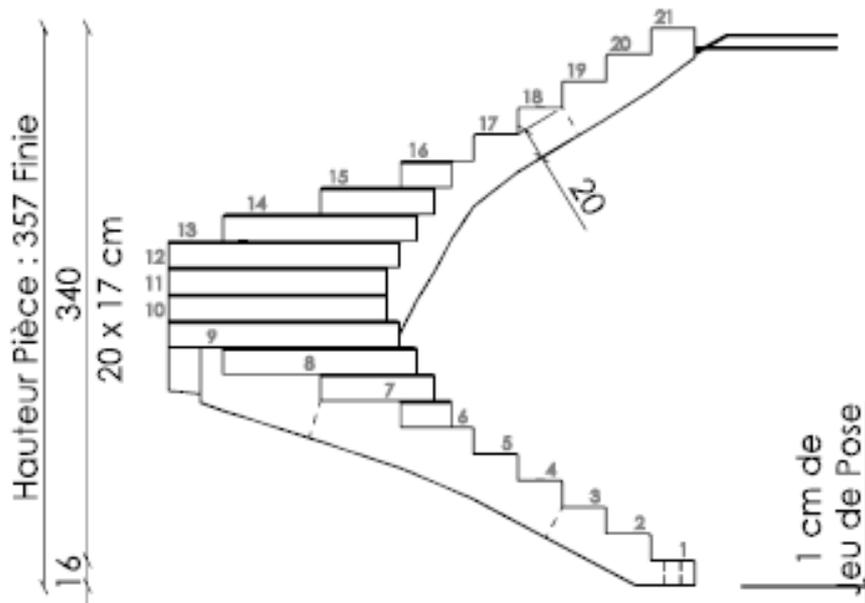
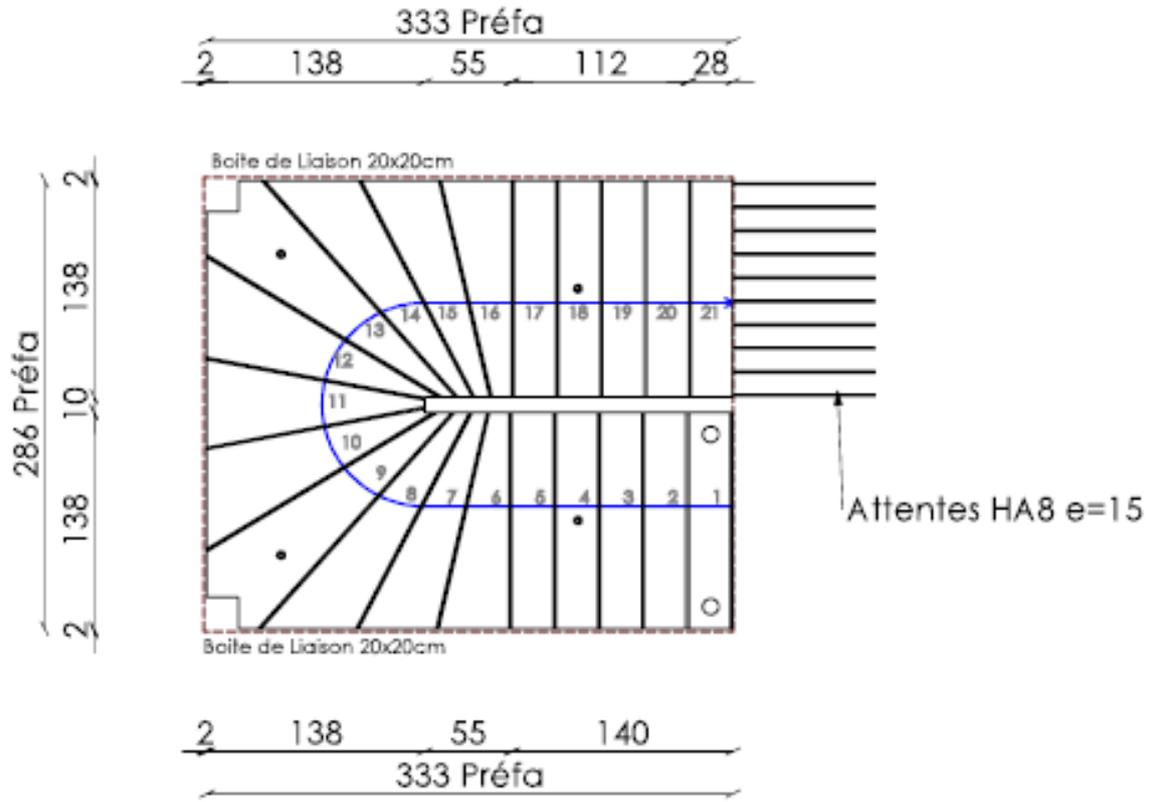
Exemple escalier préfabriqué hélicoïdal EH



Exemple escalier préfabriqué balancé sur mur central EB15



Exemple escalier préfabriqué balancé E28P



Exemple escalier préfabriqué balancé EV10