

APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3091_V1

ATEx de cas a

Validité du 11/10/2022 au 10/10/2024



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° 3091_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de « Escaliers à volées droites à base de béton H-UKR fabriqués par la société LG BETON ».

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 11/10/2022, 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 à volées droites en béton à base de liant H-UKR fabriqués par LG BETON
 - 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 volées droites d'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 volées droites d'escaliers sont dimensionnées, préfabriquées puis livrées sur chantier par la société LG BETON.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3091_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 **10 10 2022**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées aux § 4.

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 sont 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 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 permettant de satisfaire aux exigences d'une utilisation relevant des classes d'expositions XC1 à XC4 et XF1.
- 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 tradition 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 des ancrs à pieds. La référence des ancrs mises en œuvre (capacité de l'ancre) est indiquée sur chaque plan de production des escaliers préfabriqués. Les valeurs de charges maximales d'utilisation des ancrs ont été déterminées expérimentalement. 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 droite préfabriqués en béton à base de liant H-UKR ont fait l'objet de l'Appréciation de Laboratoire n°AL21-314_V2 pour la gamme d'escaliers définie dans le dossier technique.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3091_V1

L'Appréciation de Laboratoire permet de valider l'application des règles de l'Eurocode 2 partie 1-2 pour étudier la stabilité au feu des escaliers à volées droites préfabriqués en béton H-UKR à condition d'écartier le risque d'écaillage en respectant les conditions rappelées dans l'annexe 2 (§ 2.3.2.3).

1.4 – Sécurité en cas de séisme

Les escaliers à volées droites 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 deux usines de LG Béton 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 volées droites d'escaliers préfabriqués en béton à base de liant H-UKR est identique à la pose de volées droites 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 LG Béton 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 désordres. Le risque de désordres peut être considérés comme minime.

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 ;
- respecter une distance minimale de 2 cm entre la tête de l'ancre de levage et la nappe supérieure filante de la volée de façon à transférer les efforts à la masse du béton et permettre une couture par les armatures ;
- 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

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3091_V1

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

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

Définition de la technique objet de l'expérimentation : Escaliers à volées droites en béton à base de liant H-UKR fabriqués par LG BETON

- 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-A en date du 2 février 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 X0, XC1 à XC4 et XF1 et classe de consistance S4 ou S5.
- Les volées droites d'escaliers sont dimensionnées, préfabriquées puis livrées sur chantier par la société LG Béton.
- La préfabrication des volées droites d'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 suivant le poids des escaliers. Leurs valeurs de charges maximales d'utilisation ont été déterminées 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_V2
- Rapport d'essais n° EEM 20 26085808/A : Caractérisation des ancrs de levage des escaliers en béton avec liant H-UKR
- Evaluation Technique de Produits et Matériaux n° ETPM-18/0056-A du 2 février 2022

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3091_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 14 pages.

Procédé de « Escaliers à volées droites en béton à base de liant H-UKR fabriqués par LG BETON »

« Dossier technique établi par le demandeur »

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

Datée du 03 11 2022

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3091_V1.

Fin du rapport

DOSSIER TECHNIQUE

H-UKR – Escalier à volée droite préfabriqué

LG Béton

Titulaire : Hoffmann Green Cement Technologies

6 la Bretaudière - Chaillé-sous-les-Ormeaux

85310 RIVES DE L'YON

Préfabriquant : LG Béton

ZI la Blauderie – La Flocellière

85700 SEVREMONT

Usines de production : LG Béton // ZI la Blauderie – La Flocellière – 85700 SEVREMONT

LG Béton // ZA des Rivières – 85480 SAINT-HILAIRE-LE-VOUHIS

Version du 03/11/2022

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.....	3
2.2.1.	Principe.....	3
2.2.2.	Domaine d'emploi.....	4
2.2.3.	Matériaux, produits et composants	5
2.3.	Disposition de conception	7
2.3.1.	Généralités.....	7
2.3.2.	Principes de dimensionnement des escaliers à volées droites préfabriquées VD	9
2.3.3.	Dimensionnement des fixations.....	10
2.4.	Disposition de mise en œuvre	11
2.4.1.	Généralités.....	11
2.4.2.	Principe de pose.....	11
2.4.3.	Revêtement de surface	11
2.4.4.	Traitement acoustique	11
2.5.	Maintien en service du produit	12
2.5.1.	Entretien courant	12
2.5.2.	Traitement des désordres (épaufrures, éclats, etc.)	12
2.6.	Traitement en fin de vie.....	12
2.7.	Assistance technique	12
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	12
2.8.1.	Principe de fabrication.....	12
2.8.2.	Plans d'Assurance Qualité.....	12
2.9.	Mention des justificatifs	13
2.9.1.	Résultats Expérimentaux.....	13
2.10.	Annexe du Dossier Technique - Exemple d'escaliers à volées droites préfabriqués	14

2. Dossier Technique

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé H-UKR - Escalier VD préfabriqué LG Béton 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 :	LG Béton ZI la Blauderie – La Flocellière 85700 SEVREMONT
Usines de production préfabrication :	LG Béton // ZI la Blauderie – La Flocellière – 85700 SEVREMONT LG Béton // ZA des Rivières – 85480 SAINT-HILAIRE-LE-VOUHIS

2.1.2. Rôle des intervenants

Les volées droites d'escaliers préfabriqués 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 volées droites d'escaliers préfabriqués sont dimensionnées, préfabriquées puis livrées sur chantier par LG Béton. Le béton à base de ciment H-UKR est confectionné en usine de préfabrication.

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 à volées droites préfabriqués 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
- Le référence du béton utilisé
- Le client

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les escaliers à volées droites préfabriqués 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 à volées droites 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 à base de ciment H-UKR n'étant pas couvert par la norme NF EN 206/CN, les escaliers à volées droites préfabriqués 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 – Escalier VD préfabriqué LG Béton est destiné à la réalisation d'escaliers préfabriqués à volées droites, 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,
- Escalier d'accès à un ouvrage d'art.

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

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 l'Appréciation de Laboratoire AL21-314-00024081_v2 du 09/08/2022 délivrée par le CSTB.

Ces critères seront rappelés dans le § 2.3.2.3 Sécurité incendie – Tenue au feu.

2.2.2.3. Sismicité

Les escaliers à volées droites 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-A en date du 02 février 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-A) :

Les % indiqués sont des pourcentages massiques		Ciment H-UKR E	Ciment H-UKR BAP-N	Ciment conforme NF EN 197-1	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 0/0,063 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 conforme 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 à volées droites 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 à volées droites 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 inserts utilisés pour le levage et la manutention des escaliers à volées droites préfabriqués sont des ancrs à pied de quatre types :

- ILAP_01 : Ancre à pied 2,5 T de longueur 120 mm, présentant une CMU de 2,5 T
- ILAP_02 : Ancre à pied 5,0 T de longueur 180 mm, présentant une CMU de 3,8 T
- ILAP_03 : Ancre à pied 7,5 T de longueur 240 mm, présentant une CMU de 5,2 T

La résistance garantie pour le levage et manutention des escaliers à volées droites préfabriqués est :

- $f_{ck,cube} = 26 \text{ MPa}$ pour les ILAP_01 et ILAP_02
- $f_{ck,cube} = 32 \text{ MPa}$ pour les ILAP_03

2.2.3.3.2. Bandes anti-dérapantes

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

2.2.3.3.3. Inserts divers

Les inserts de type boîtier électrique, gaines, fourreau, décaissé, etc. peuvent être insérés à la préfabrication des escaliers à volées droites 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 à volées droites préfabriqués.

2.3.1.2. Formulation du béton

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

- H-UKR 408+42 C40 LG – Formule de référence
- H-UKR 380 C40 – Formule utilisée pour l'optimisation de l'épaisseur de paillasse vis-à-vis du critère de flèche

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 408+42 C40 LG a)	✓	✓	✓	1)	✓

a) La formulation H-UKR 408+42 C40 LG est une formulation interne au préfabriquant LG Béton.

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 408+42 C40 LG. L'ensemble des caractéristiques mécaniques sont récapitulées dans le tableau ci-après.

	H-UKR 380 C40 U.a	H-UKR 408+42 C40 LG
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 :

$$\varphi_{H-UKR}(\infty, t_0) = k_{creep} \times \varphi_{CEM1}(\infty, t_0)$$

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 408+42 C40 LG
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.

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 minorations 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 408+42 C40 LG	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 minorations 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 à volées droites 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 seront réalisées 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 :

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

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.

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

2.3.2.4. 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 :

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

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 :

$$l_n/500 \text{ si } l_n \leq 5 \text{ m}$$

$$0,005 + l_n/1000 \text{ si } l_n > 5 \text{ m}$$

2.3.2.7. Dimensionnement des inserts de levage

2.3.2.7.1. Phases décoffrage / manutention

Le décoffrage et la manutention en usine est effectuée à l'aide d'inserts de levage dimensionnés pour reprendre les sollicitations.

La résistance à la compression du béton H-UKR à la première manutention doit être supérieure à :

- $f_{ck,cube} = 26 \text{ MPa}$ pour les ILAP_01 et ILAP_02
- $f_{ck,cube} = 32 \text{ MPa}$ pour les ILAP_03

Dans le cas où cette résistance à la compression ne serait pas atteinte, le décoffrage et la manutention se fera à l'aide de sangles.

2.3.2.7.2. Livraison et manutention chantier

Le dimensionnement des inserts de levage de type ancre à pied est réalisé à partir des valeurs de CMU obtenues à partir d'essais expérimentaux, dont les valeurs sont indiquées ci-après :

- ILAP_01 : Ancre à pied 2,5 T de longueur 120 mm, présentant une CMU de 2,5 T
- ILAP_02 : Ancre à pied 5,0 T de longueur 180 mm, présentant une CMU de 3,8 T
- ILAP_03 : Ancre à pied 7,5 T de longueur 240 mm, présentant une CMU de 5,2 T

La résistance garantie pour le levage et manutention des escaliers à volées droites préfabriqués est :

- $f_{ck,cube} = 26 \text{ MPa}$ pour les ILAP_01 et ILAP_02
- $f_{ck,cube} = 32 \text{ MPa}$ pour les ILAP_03

LG Béton 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 LG Béton.

2.3.3. 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

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 à volées droites préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR ne présentent pas de particularités spécifiques par rapport aux escaliers à volées droites préfabriqués 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 à volées droites préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR est identique à celle des escaliers à volées droites préfabriqués 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 à volées droites préfabriqués 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 à base de ciment 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 à volées droites préfabriqués 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 à volées droites préfabriqués 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 à volées droites préfabriquées en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui pour les escaliers à volées droites préfabriqués 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 (épaufrures, 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 à volées droites préfabriqués 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 à volées droites préfabriquées 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 LG Béton 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 à volées droites préfabriquées.

Une assistance technique est apportée par LG Béton à l'entreprise en charge de la pose des escaliers à volées droites préfabriqués 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 à volées droites préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR est identique à celui des escaliers à volées droites 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-chimiques du ciment.

2.8.2.2. Plan d'Assurance Qualité de production LG Béton

Les sites de production des escaliers à volées droites préfabriqués LG Béton 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 volées droites d'escaliers préfabriqués en béton à base de ciment H-UKR est identique à la pose de volées droites d'escaliers 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 à volées droites préfabriqués devra intégrer les contrôles et leurs fréquences associées relatifs à la pose d'éléments préfabriqués de type escaliers à volées droites préfabriqués.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats Expérimentaux

Caractérisation du ciment H-UKR

- ETPM-18_0056-A du 02 février 2022

Caractérisation vis-à-vis du feu

- AL21-314-00024081_v2 du 09/08/2022 délivrée par le CSTB

Caractérisation du fluage

- Rapport d'essai n° EEM 20 26085654-A (fluage-retrait) – Formule n°1 – H-UKR 380
- Rapport d'essai n° EEM 20 26085654-C (fluage-retrait) – Formule n°4 – CEM I 340+40
- 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

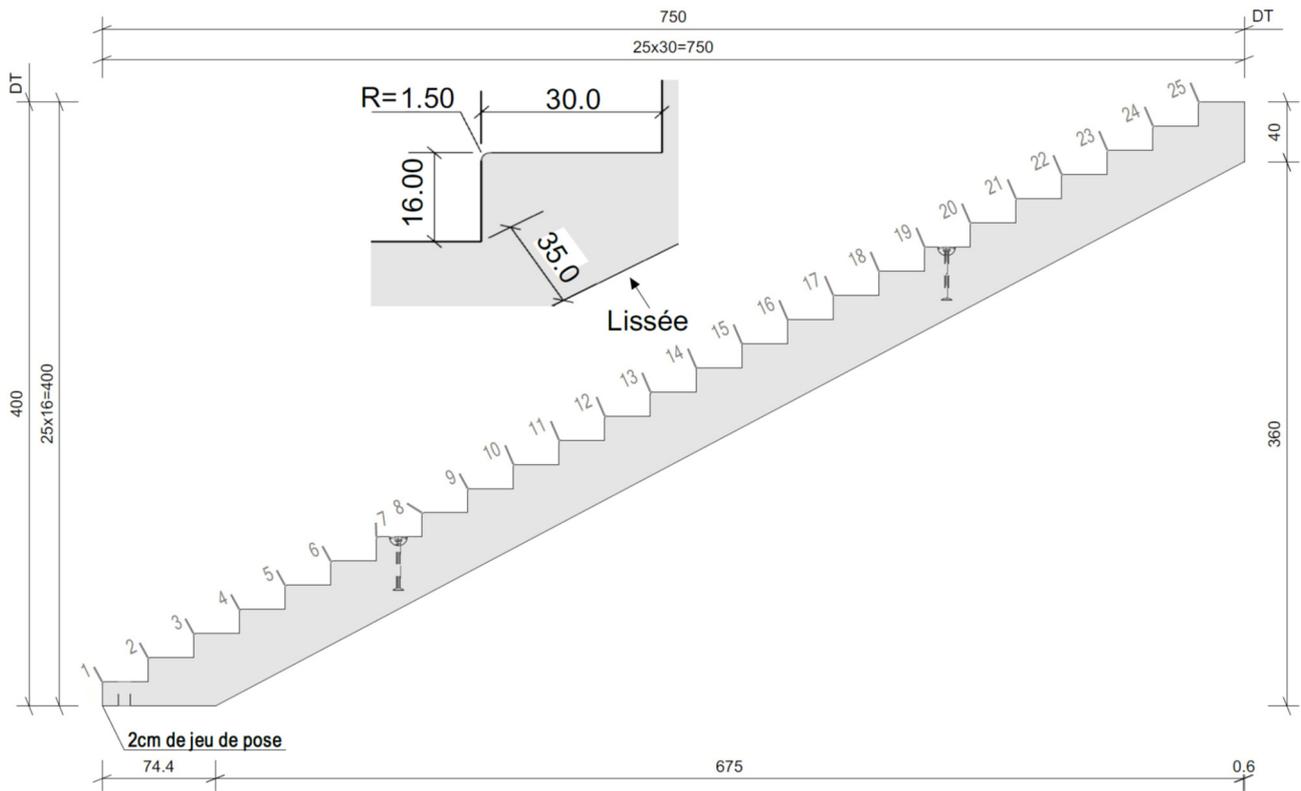
Caractérisation des inserts de levage

- Rapport d'essai n° EEM 20 26085808 provisoire_v2 – levage

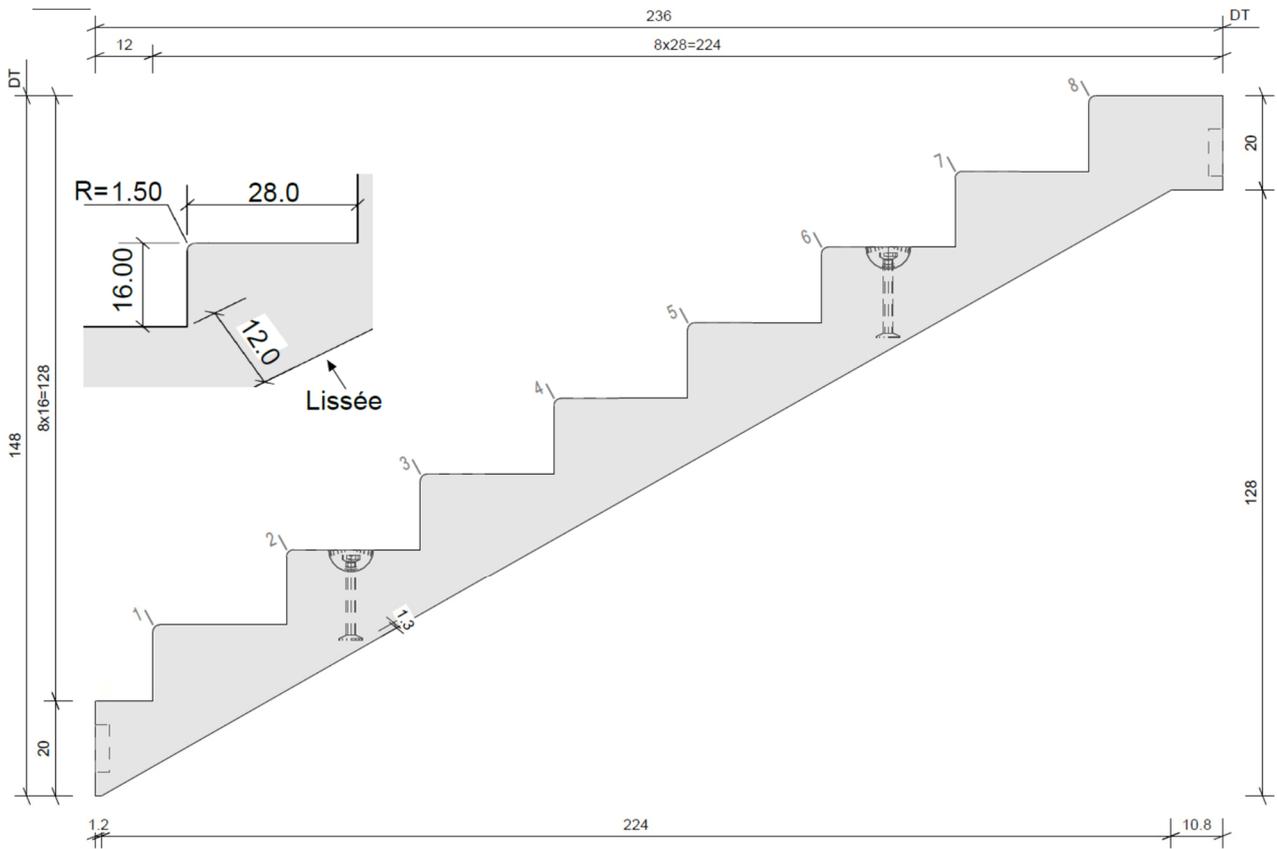
Caractérisation des fixations

- Rapport d'essai n° EEM 21 03511

2.10. Annexe du Dossier Technique - Exemple d'escaliers à volées droites préfabriqués



Exemple escalier VD préfabriqué 25 marches



Exemple escalier VD préfabriqué 8 marches