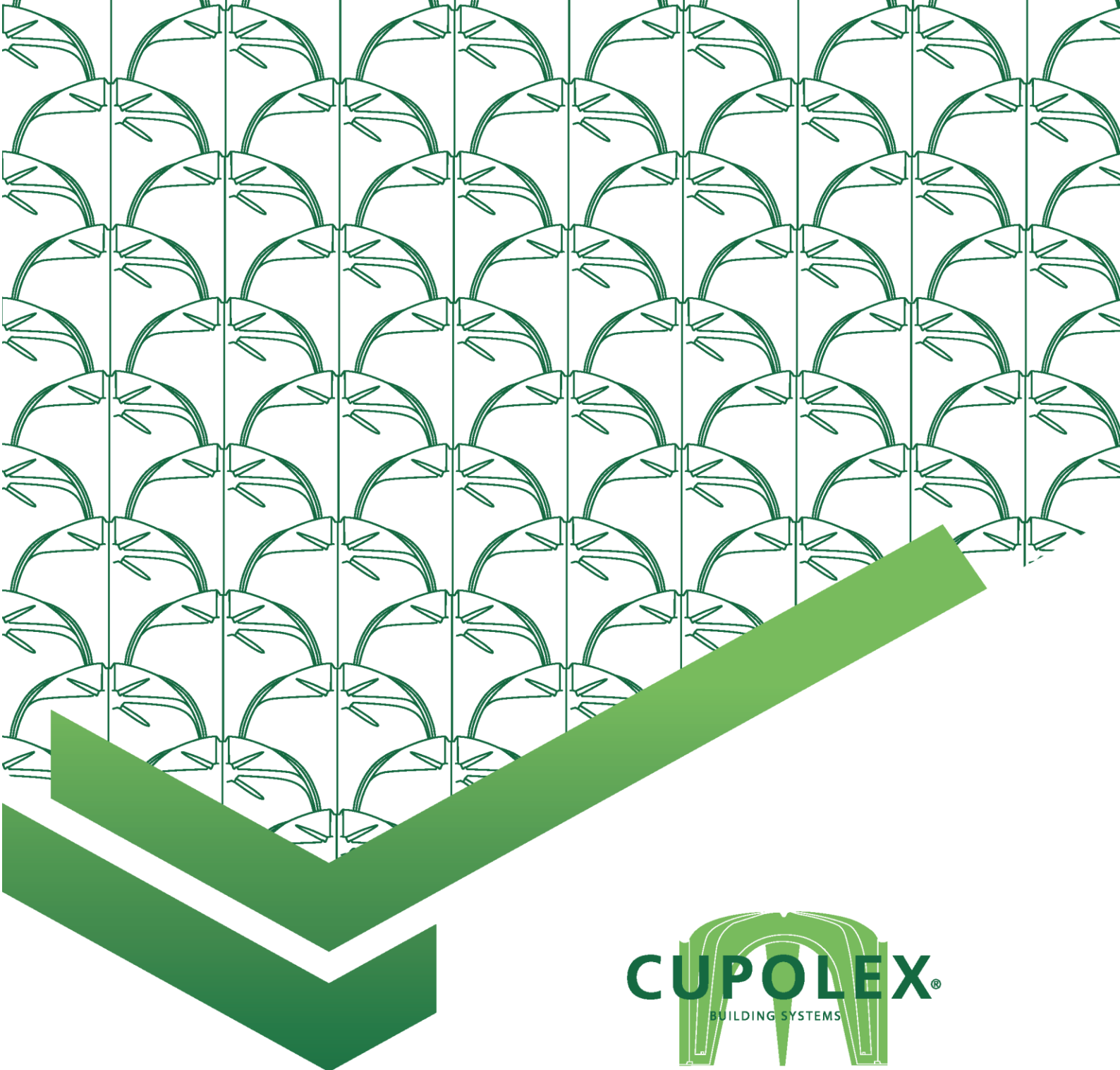


MANUEL TECHNIQUE





Manuel Technique – Système Cupolex

SOMMAIRE

INTRODUCTION AU SYSTÈME CUPOLEX.....	4
POURQUOI UTILISER LE SYSTÈME CUPOLEX.....	5
<i>QUALITÉ.....</i>	<i>6</i>
<i>FLEXIBILITÉ.....</i>	<i>6</i>
<i>PERFORMANCE.....</i>	<i>6</i>
<i>DURABILITÉ.....</i>	<i>6</i>
CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME CUPOLEX	7
PRESCRIPTION D'UN PLANCHER CUPOLEX	9
DÉTAIL D'UN PLANCHER CUPOLEX.....	10
EXÉCUTION D'UN PLANCHER CUPOLEX.....	14
<i>POLYPROPYLÈNE</i>	<i>15</i>
<i>EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES.....</i>	<i>15</i>
<i>INTRUSION DE VAPEURS ET CONTRÔLE DU GAZ RADON.....</i>	<i>16</i>
<i>VENTILATION PLUS EFFICACE.....</i>	<i>16</i>
<i>POTENTIEL DE VENTILATION PASSIVE.....</i>	<i>16</i>
<i>SOLUTION POUR LA RÉDUCTION DE L'HUMIDITÉ ET DES MOISSURES ET L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR</i>	<i>17</i>
<i>SYSTÈME DE PROTECTION CONTRE LA VAPEUR.....</i>	<i>17</i>
<i>DONNÉES DES ESSAIS DE CHARGE RÉALISÉS SUR DES STRUCTURES CONSTRUITES SUR CUPOLEX.....</i>	<i>18</i>



INTRODUCTION AU SYSTÈME CUPOLEX

Le système Cupolex repose sur des principes de rationalisation économique et environnementale qui permettent la réalisation de remplissages et de dalles de sol ventilées présentant de nets avantages du point de vue de la fonctionnalité et du confort. En assurant, grâce à la ventilation des vides créés et à la discontinuité des surfaces, une parfaite isolation des espaces intérieurs de la construction vis-à-vis de l'environnement extérieur, les planchers Cupolex confèrent une protection contre l'humidité, les pertes thermiques et les vapeurs provenant du contact avec le sol, avec des effets positifs sur la salubrité de l'espace habitable.

Constitué d'un matériau 100 % recyclé, le système Cupolex contribue en outre à une plus grande efficacité dans l'utilisation des facteurs de production, notamment au niveau des matériaux, en évitant le recours aux ressources naturelles et à des quantités superflues de béton, ainsi qu'aux ressources humaines, en raison de la simplicité d'application du système.

La technologie Cupolex est d'origine italienne et est déjà largement répandue sur des marchés allant des États-Unis à la Nouvelle-Zélande. Elle résulte d'un effort continu de recherche et de développement de Pontarolo Engineering, validé par un programme d'essais et de tests menés au sein d'institutions italiennes de référence.



POURQUOI UTILISER LE SYSTÈME CUPOLEX

LE DÉFI CUPOLEX

Le système Cupolex a été conçu dans le but de permettre aux ingénieurs, concepteurs et architectes de prescrire une solution techniquement évoluée, économiquement compétitive et écologiquement durable pour répondre aux défis suivants :

- Déformation et retrait de la dalle ;
- Élimination des humidités ascendantes ;
- Élimination de l'effet du gaz radon et de l'intrusion de vapeurs ;
- Amélioration de la qualité de l'air et du confort de l'espace habitable ;
- Réduction de l'impact environnemental de la construction ;
- Réduction du temps de construction ;
- Réduction de l'utilisation de granulats ;
- Expansivité du sol.

LES AVANTAGES CUPOLEX

Le système Cupolex fonde ses avantages sur trois piliers essentiels — performance, économie et durabilité — qui permettent de répondre aux défis énumérés précédemment.

Comportement

- Adapté à toute géométrie
- Création d'un vide d'air ventilé
- Création d'une barrière contre l'humidité et les vapeurs ascendantes
- Amélioration du comportement thermique
- Possibilité d'installations diverses dans le vide d'air
- Résistant à des charges allant jusqu'à 18 kN/m²
- Élimination du gaz cancérigène, le Radon

Économie

- Processus d'installation rapide et simple
- Réduction de la consommation de béton et d'acier
- Réduction des coûts de main-d'œuvre et d'équipements
- Réduction des transports : une palette de Cupolex équivaut à trois camions de granulats
- Possibilité de bétonnage conjoint avec d'autres éléments structurels

Durabilité

- Réduction des coûts de climatisation
- Réduction des émissions de CO₂
- Utilisation de matériaux 100 % recyclés
- Meilleure efficacité dans l'utilisation des ressources naturelles
- Réduction des transports de matériaux vers le chantier et des émissions de CO₂



CUPOLEX - LA GARANTIE D'UNE SOLUTION

QUALITÉ

Le système Cupolex garantit des environnements plus sains et offre des avantages par rapport aux dalles conventionnelles, notamment en matière de facilité de construction, de réduction des coûts et du temps de construction. Avec plus de 500 millions de mètres carrés réalisés en planchers résidentiels, commerciaux et industriels, il s'impose comme une solution largement éprouvée. Les produits Cupolex sont fabriqués conformément aux exigences de qualité ISO 9001:2015, garantissant des caractéristiques supérieures de stabilité et de résistance de leur structure.

FLEXIBILITÉ

Du fait de sa forme modulaire et de l'ajout des unités Beton Stop, tout type de dalle de sol ou de géométrie peut être facilement obtenu par la distribution du système Cupolex. La gamme complète du système comprend des hauteurs standard de 9,5 à 70 cm, ainsi que la possibilité de les combiner sur plusieurs niveaux, permettant ainsi d'obtenir la hauteur de plancher/remplissage souhaitée.

PERFORMANCE

Le système Cupolex fournit un coffrage perdu qui permet, par sa stabilité une fois assemblé, la circulation des personnes et des équipements pendant le processus de construction. Le système a été testé à sec afin de garantir, sur les sommets et latéralement, une capacité de résistance à une charge de 150 kg, assurant ainsi le déroulement rapide des travaux liés à sa réalisation.

La solution finale Cupolex offre par ailleurs des capacités de charge dépassant 1 800 kg/m², conformément aux essais réalisés dans le cadre de la certification du système, ce qui garantit la viabilité de ce système pour les applications les plus diverses, des planchers résidentiels aux planchers industriels.

DURABILITÉ

Dans un contexte où la durabilité des ressources naturelles revêt une importance croissante, l'utilisation de matériaux recyclés pour la constitution des vides et la réduction des besoins en béton permettent au système Cupolex de favoriser à lui seul une structure à moindre impact environnemental et une réduction significative des émissions de CO₂ inhérentes au processus de construction.

Fabriqué à partir d'une matière première 100 % recyclée, le Cupolex favorise doublement la durabilité environnementale du système constructif, puisqu'il contribue à la fois à la réutilisation de biens recyclés et à la réduction de la consommation de ressources naturelles, l'un des impacts directs étant visible dans le volume des transports vers le chantier.

D'un point de vue économique, la solution Cupolex réduit la dépendance aux ressources naturelles et les coûts de main-d'œuvre du processus de construction, et réduit considérablement les coûts d'exploitation tout au long du cycle de vie de la structure.





CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME CUPOLEX

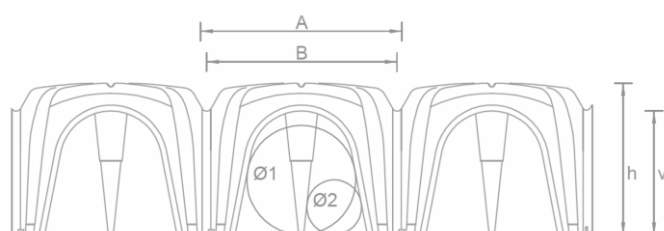
Le système Cupolex se compose de pièces plastiques (PP — polypropylène recyclé) qui, une fois assemblées, forment un coffrage perdu pour la constitution de dalles de sol ou de remplissages. Le système n'a en lui-même aucune fonction de résistance, mais plutôt celle de conférer au béton coulé une géométrie autoportante grâce aux coupoles et aux nombreux appuis ainsi créés, tout en permettant la libre circulation en phase de montage.

La gamme complète du système comprend une variété de dimensions comprises entre 9,5 cm et 70,0 cm, permettant un ensemble varié de solutions et de configurations avec des charges admissibles jusqu'à 18 kN/m².

Les modèles Cupolex Windi, d'une hauteur de 5 et 10 cm, ont été spécifiquement conçus pour une utilisation sur les terrasses et les toitures, garantissant la discontinuité du béton à mettre en place vis-à-vis de la base support et assurant l'isolation et la ventilation de ces surfaces. De par ses dimensions, le module Windi convient également aux travaux de réhabilitation, permettant la création d'un plénum de collecte des humidités ascendantes et l'isolation correspondante de l'espace intérieur.

PARAMÈTRES PRINCIPAUX DU SYSTÈME CUPOLEX

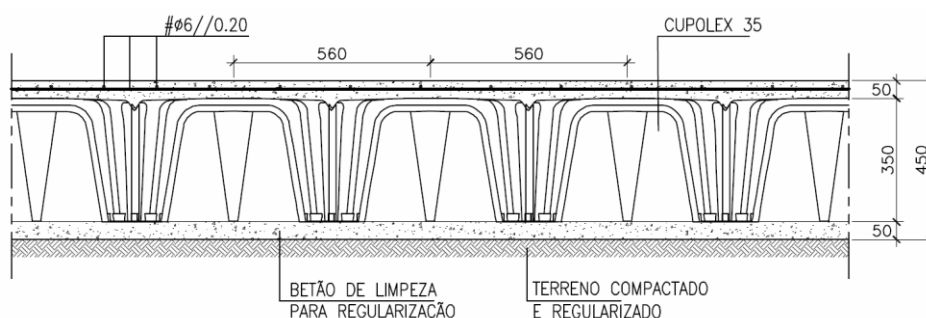
Modèle Cupolex		9.5	13.5	16	20	26	30	35	40	45	50	55	60	65	70	W5	W10
Consommation de béton	[m³/m²]	0.014	0.030	0.035	0.035	0.035	0.042	0.045	0.060	0.064	0.065	0.069	0.070	0.071	0.073	0.008	0.011
Hauteur totale (h)	[cm]	9.5	13.5	16	20	26	30	35	40	45	50	55	60	65	70	5	10
Hauteur du vide (v)	[cm]	7	9	10.6	15	19	26	30	31	35	46	46	51	56	61	3	8
Largeur totale (A)	[cm]	57	58	58	58	58	57	58	58	58	57	74.5	74.5	74.5	74.5	-	-
Largeur utile (B)	[cm]	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	71	71	71	71	56	56
Ø1	[mm]	-	90	90	125	180	250	300	250	300	300	450	460	470	480	-	75
Ø2	[mm]	70	80	80	100	145	145	150	140	150	150	-	-	-	-	30	50
Nbre d'unités	[un/m²]	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	1.98	1.98	1.98	1.98	3.19	3.19
Béton Stop	[-]	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●



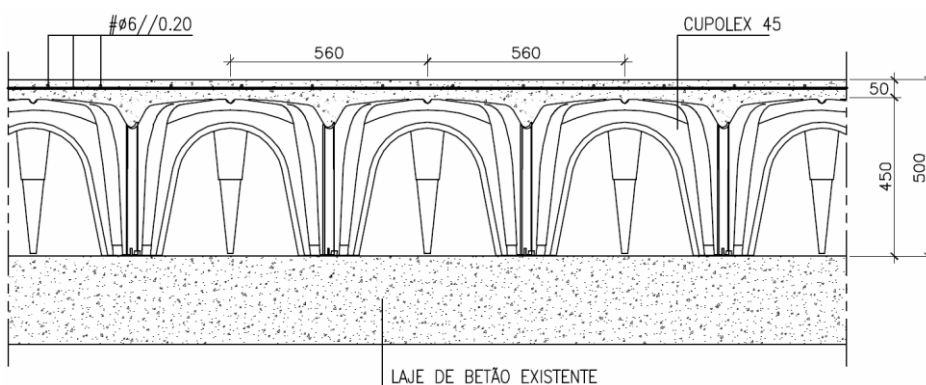


CONFIGURATION D'UN PLANCHER CUPOLEX

Un plancher ou remplissage Cupolex doit dès le départ prendre en compte une base solide pour l'appui des modules du système, qui doit être assurée, dans le cas d'une dalle de sol, par le compactage du terrain du substrat et par l'application d'une couche de béton de propreté. Sur cette base, les modules Cupolex sont posés de gauche à droite et de haut en bas, conformément aux flèches figurant sur les pièces elles-mêmes. La hauteur finale du plancher est donnée par la somme de la hauteur du Cupolex (indiquée jusqu'au sommet) et de la dalle de compression prescrite.



Section type de dalle de sol Cupolex



Section type de remplissage Cupolex

Dans l'analyse de la consommation totale de béton, il convient de considérer également la somme de la consommation indiquée dans le tableau précédent (jusqu'au sommet du module) et du béton prévu pour la dalle de compression.

Consommation totale de béton = Consommation du module Cupolex + Consommation de la dalle de béton



PRESCRIPTION D'UN PLANCHER CUPOLEX

Le système Cupolex n'est pas un système structurel.

Le système Cupolex se constitue d'un coffrage perdu qui permet la réalisation d'un volume de béton dont la configuration permet de garantir les avantages précédemment identifiés du système. La section de béton qui en résulte est elle-même autoportante, bénéficiant de la forme des voûtes et des multiples appuis que le système assure.

Le dimensionnement de la section de béton, notamment la dalle de compression et la hauteur, ainsi que les besoins en armature, résulte des charges imposées et de la déformabilité de la base d'appui du plancher, inhérente aux caractéristiques intrinsèques du sol et à la géométrie du plancher. Pour les situations courantes où l'on garantit, par le compactage ou la réalisation d'un béton de propreté, une base avec un coefficient de Winkler égal à 1 kg/cm³, les dalles et armatures minimales suivantes sont recommandées selon les cas de charge génériques ci-après.

Occupation	Charge permanente (kg/m²)	Surcharge d'utilisation (kg/m²)	Épaisseur de la dalle (mm)	Armature minimale en barres
Stationnement	100	300	40	#6//0.25
Habitation	400	200	50	#6//0.20
Bureaux	200	300	50	#6//0.20
Industrie	300	1200	60	#8//0.20

Ferca dispose de techniciens et d'un logiciel spécifique pour le calcul des planchers Cupolex, et se tient à disposition pour fournir tout le soutien nécessaire à la prescription, au calcul, au dessin et à la réalisation d'un plancher ou remplissage Cupolex. Pour plus d'informations sur les essais réalisés sur les planchers Cupolex et leurs capacités de résistance respectives.

Contactez-nous.

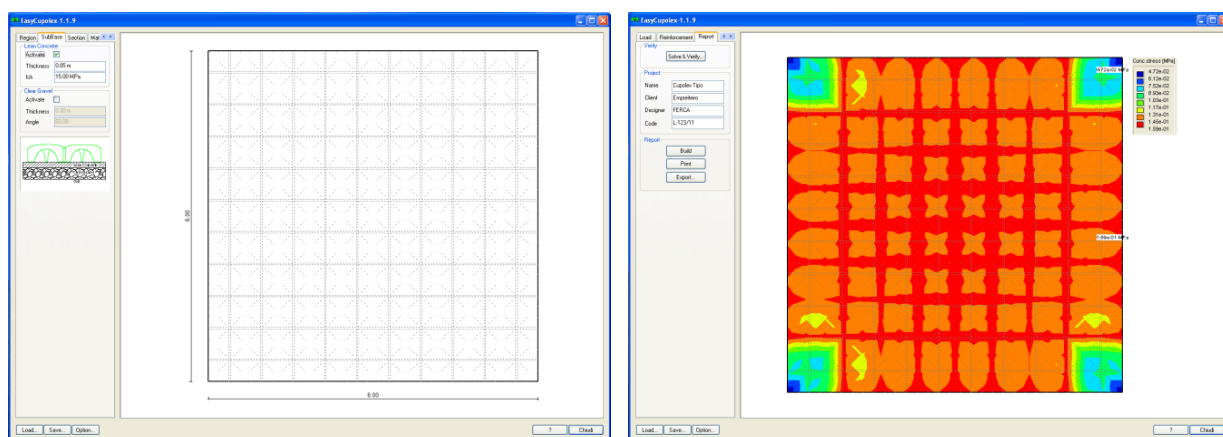


Figure 1 – Exemple de calcul avec le logiciel EasyCupolex.



DÉTAIL D'UN PLANCHER CUPOLEX

Pour un montage correct du plancher Cupolex, il convient de produire des dessins de sa géométrie incluant la distribution, la caractérisation et la quantification, ainsi que les cotes relatives à l'environnement, afin d'optimiser son utilisation et de faciliter le processus de montage. Ils doivent également exprimer l'option et l'identification de la découpe des pièces ou inclure l'utilisation d'unités Beton Stop.

Les plans d'implantation du système doivent contenir les éléments suivants :

- Cotes relatives à l'environnement ou à la limite de la distribution ;
- Section caractéristique du plancher identifiant le module Cupolex et l'épaisseur de la dalle ;
- Indication du point de départ du montage et identification des pièces à découper ;
- Notes générales sur l'utilisation, la manipulation et le montage d'un plancher Cupolex.

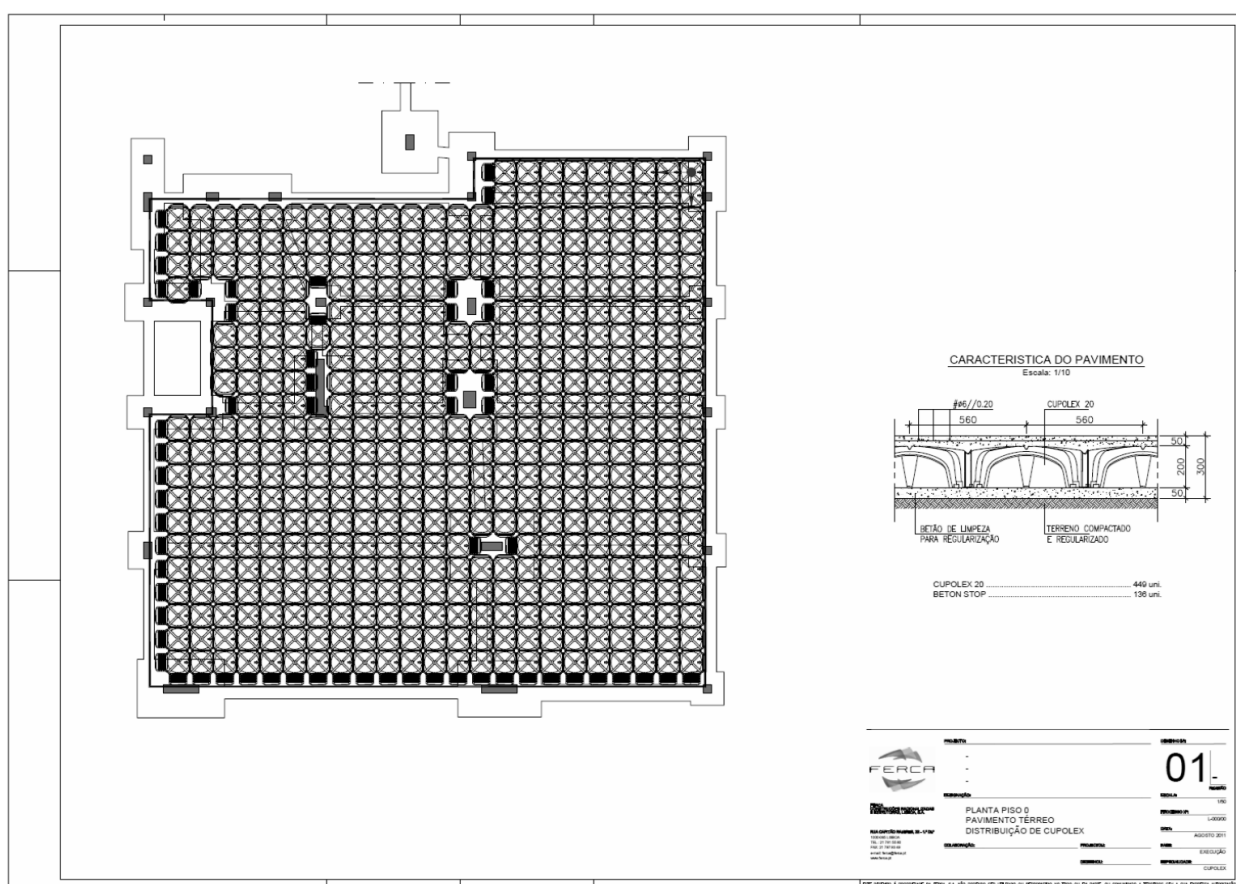


Figure 2 – Plan de distribution Cupolex.



Particulièrement pertinente est la façon dont la distribution du système s'adapte à la géométrie concernée, la découpe des modules Cupolex étant toujours possible. Pontarolo Engineering a développé à cet effet le Beton Stop, un élément également produit à partir d'un matériau 100 % recyclé et conçu pour fermer les arcs laissés par le Cupolex sur le périmètre de la surface à remplir, évitant ainsi la découpe des modules, le gaspillage de matériau et permettant un ajustement parfait à la géométrie de la structure.

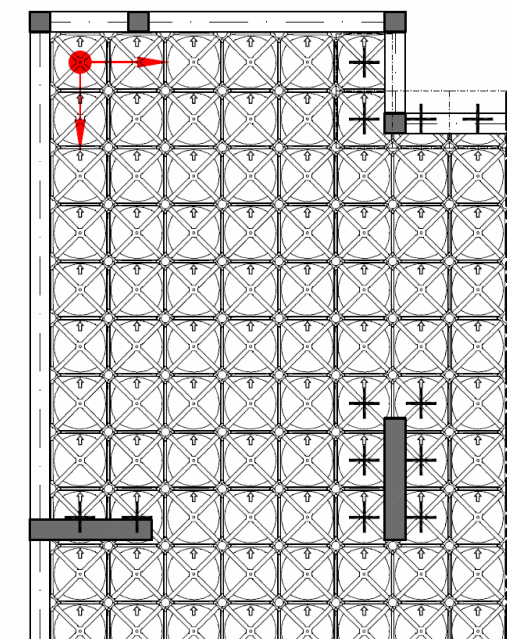


Figure 3 – Exemple de distribution Cupolex avec identification des pièces à découper pour l'adaptation à la géométrie.

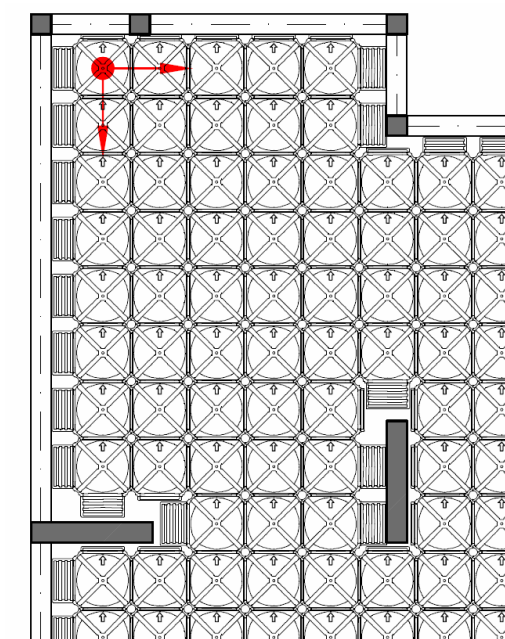


Figure 4 - Exemple de distribution Cupolex avec recours aux unités Beton Stop pour l'adaptation à la géométrie.

Ferca se tient à disposition pour procéder à la distribution du système et fournir tout le soutien technique jugé nécessaire lors de la phase de conception ou de réalisation du plancher.



EXEMPLE 1 – PLANCHER GÉNÉRIQUE CUPOLEX

Le cas le plus courant d'un plancher Cupolex se présente lors du pré-remplissage de l'espace entre les linteaux et les poutres de fondation existants, au niveau ou à la délimitation de la dalle de sol. Dans ces cas, la hauteur du module à utiliser est définie de manière à minimiser l'excavation nécessaire et à permettre la ventilation de l'espace sous le plancher final.

L'utilisation du système Cupolex permet dans ces situations le bétonnage conjoint du plancher et des linteaux, éliminant un ensemble d'opérations qui interviennent habituellement après le bétonnage des éléments délimitant l'espace intérieur de la construction.

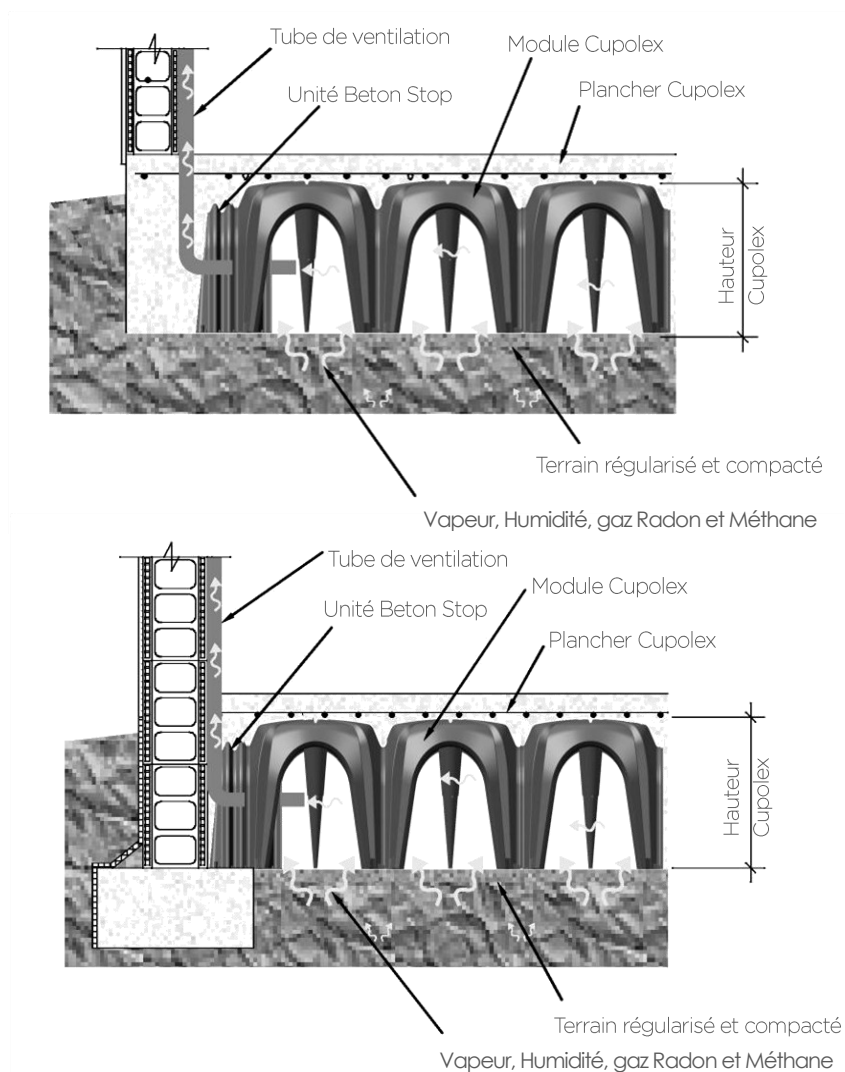


Figure 5 – Configurations génériques d'un plancher Cupolex.

EXEMPLE 2 – PLANCHER INDUSTRIEL ET COMMERCIAL

Le système Cupolex peut être spécifiquement étudié pour des applications industrielles, permettant des surcharges d'utilisation jusqu'à 1 800 kg/m². Dans ces cas, une étude approfondie de la solution est nécessaire afin de définir la base d'appui, la dalle de compression et les armatures nécessaires à la répartition efficace des efforts sur les appuis du système, et en particulier à la dispersion des charges ponctuelles.

Cas particulier : chambre froide

Le système Cupolex est particulièrement indiqué pour les installations de chambres froides, car il permet de garantir une isolation efficace de l'espace à caractère industriel tout en évitant le gel des sols adjacents.



Figure 6 - Exemples d'installations diverses de planchers Cupolex.



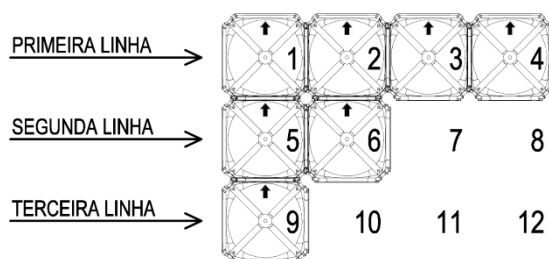
EXÉCUTION D'UN PLANCHER CUPOLEX

Le système Cupolex se caractérise, par sa composante technique et de produit, par une rapidité et une facilité de montage qui confèrent au processus de construction, lorsqu'il est correctement conçu, une célérité importante.

Le plan de distribution du système constitue donc une étape importante dans la définition de la solution et la préparation des travaux. Selon le choix du concepteur, le Cupolex peut être disposé entre des linteaux, des poutres de fondation, des semelles, des massifs de pieux ou entre des maçonneries déjà construites ; à cette fin, les hauteurs nécessaires, les points de départ du montage et la distribution réduisant ou évitant le gaspillage de modules Cupolex doivent être préalablement définis.

Processus de montage :

- Le plan de distribution doit indiquer le point de départ ;
- Les modules Cupolex sont identifiés par une flèche indiquant la position de montage ;
- Les modules Cupolex se montent de gauche à droite et de haut en bas ;
- Les unités Beton Stop doivent être mises en place (si prévues lors de la conception) ;
- La pose des armatures se fait sur des cales à placer sur le sommet du module Cupolex ;
- Le bétonnage se fait de manière conventionnelle, des finitions mécaniques pouvant être utilisées.



Séquence de montage des modules Cupolex



Figure 7 - Phases de montage du plancher Cupolex.



ANNEXE A - COMPOSITION

Pontarolo Engineering produit le système Cupolex en polypropylène recyclé, ou plus précisément en un matériau thermoplastique obtenu par un processus de broyage d'objets plastiques sélectionnés et contrôlés (par exemple, chaises, pare-chocs, etc.). En général, les principaux éléments qui composent le polypropylène recyclé sont :

- Le polypropylène PP et le polyéthylène PE, de densités LD (basse densité) et HD (haute densité), dans un copolymère ;
- Le carbonate de calcium/talc, qui constitue la matrice conférant au matériau une grande rigidité externe ;
- La fluidité, nécessaire au processus de moulage.

POLYPROPYLENE

Le polypropylène est un polymère thermoplastique vinylique fabriqué à partir d'éthylène et de propylène, qui sont des sous-produits obtenus à partir de gaz benzénique raffiné. Ces gaz sont polymérisés en polypropylène et polyéthylène à haute température et pression dans des systèmes à vannes, selon un processus fermé où ils sont produits sans émissions dans l'atmosphère. Les produits finis sont des granulés de plastique de polypropylène et de polyéthylène composés d'hydrogène et de molécules de carbone. Lorsqu'ils sont incinérés, les seules substances libérées sont le dioxyde de carbone et l'eau. En tant que thermoplastiques, ils peuvent être facilement recyclés, incinérés ou mis en décharge. Tous les déchets de consommation et de production peuvent être facilement recyclés. Le produit final est résistant et durable, capable de supporter des températures extrêmes et le vieillissement sans se rompre ni se déchirer.

EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES

Le système Cupolex répond ainsi à quatre des principaux paramètres de la durabilité environnementale :

- Minimisation de l'utilisation des ressources naturelles ;
- Réduction des émissions de substances polluantes ;
- Longue durée de vie des produits ;
- Réutilisation et recyclage de tous ses composants.



ANNEXE B – INTRUSION DE GAZ

INTRUSION DE VAPEURS ET CONTRÔLE DU GAZ RADON

Des années de recherche et d'application ont montré que l'intrusion de vapeurs, comme le gaz radon, peut être efficacement contrôlée en utilisant des ventilateurs pour aspirer l'air du sol sous le plancher (voir EPA 1994, ITRC 2007), une technologie connue et souvent utilisée pour la dépressurisation du sous-sol.

VENTILATION PLUS EFFICACE

Traditionnellement, la dépressurisation oblige à aspirer l'air du sous-sol d'un bâtiment au moyen d'une ventilation localisée sous la dalle. Dans le cas des planchers conventionnels, les ventilateurs doivent être suffisamment puissants pour dépressuriser le sol afin d'extraire l'air à travers les couches de sable ou de gravier qui y sont placées, ce qui oblige à disposer d'un grand nombre de points d'aspiration pour dépressuriser l'ensemble du plancher du bâtiment. Les planchers ventilés Cupolex peuvent simplement remplacer le sable et le gravier par un grand plénum créé par le système dans la partie inférieure du plancher, constituant ainsi un moyen plus efficace, efficace et prévisible pour la circulation de l'air.

POTENTIEL DE VENTILATION PASSIVE

La dépressurisation du sous-sol étant, en théorie, le moyen le plus efficace de contrôler l'intrusion de vapeur, la ventilation passive constitue en revanche la solution la plus simple et la plus économique, tant lors de la phase de montage que tout au long du cycle de vie de la structure. La capacité des systèmes traditionnels à dépressuriser les sous-sols pour ventiler les planchers est discutable, et il est souvent tout simplement difficile de faire circuler l'air à travers le sol sans l'énergie fiable d'un ventilateur (EPA, 1994).

L'application du système Cupolex crée donc une nouvelle opportunité de ventilation passive, avec un plénum qui permet à l'air de se déplacer avec une grande facilité sous l'effet des gradients thermiques naturels ou du vent. Ove Arup (1997) montre que la quantité d'air qui se déplace à travers un système ouvert comme le vide Cupolex est environ 10 fois supérieure au volume d'air circulant à travers une couche de gravier, augmentant ainsi la viabilité et l'efficacité d'un système passif.

Des études détaillées ont été réalisées par Arup Environnement et l'Université de Kingston, comparant différentes alternatives d'atténuation de l'intrusion de vapeur.

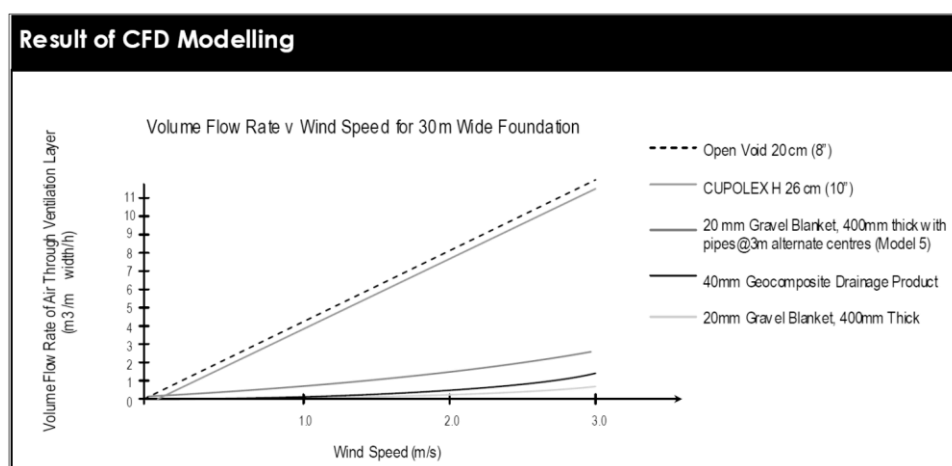


Figure 8 – Graphique comparatif de la performance de différentes solutions de plancher.



ANNEXE C – HUMIDITE ET QUALITE DE L'AIR

Alors que les membranes sont normalement nécessaires dans les systèmes d'isolation pour faire office de barrières (stopnant essentiellement le flux de vapeurs), les systèmes d'atténuation, tels que le système de plancher CUPOLEX®, qui reposent sur la ventilation ou la dépressurisation gazeuse (déviant et diluant les vapeurs), ne nécessitent pas de membranes. En réalité, les systèmes de dépressurisation ont été développés pour une installation dans des bâtiments existants, où les membranes ne pourraient pas être posées ; de plus, les systèmes d'atténuation qui aboutissent à la dilution des vapeurs sous le plancher et dont la performance peut être surveillée et contrôlée (par exemple, par le fonctionnement de ventilateurs et des mesures de pression) ont l'avantage de ne pas permettre la concentration des vapeurs.

SOLUTION POUR LA RÉDUCTION DE L'HUMIDITÉ ET DES MOISSURES ET L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Les dalles de béton des dalles de sol conventionnelles sont en contact avec le sol ; par conséquent, l'humidité transmise à travers le béton contribue à l'apparition de moisissures sur les sols finis, causant des dommages architecturaux coûteux. En maintenant secs le dessus et le dessous de la dalle de béton du plancher, on réduit les problèmes d'humidité excessive, qui ont été associés à des effets néfastes sur la santé, en particulier l'asthme et les maladies respiratoires.

Le système Cupolex fournit un vide sous le plancher, ce qui se traduit par l'absence de contact entre le béton et le sol, constituant le principal avantage par rapport à tout autre système de dalle de sol. Premièrement, parce que le vide formé est étanche à l'eau, puisque tous les composants du système sont en polypropylène, offrant ainsi une excellente barrière à l'humidité. Deuxièmement, il prévient le processus de lixiviation de l'eau au contact du béton, évitant ainsi sa détérioration et l'amorce d'un processus accéléré de corrosion ayant un impact sur la durabilité des éléments structuraux. Enfin, la ventilation du vide d'air des planchers peut effectivement aider à contrôler et à réduire les polluants de l'air, les niveaux d'humidité et les niveaux de température, facteurs qui ont été associés à la santé humaine, au niveau de confort et de productivité.

SYSTÈME DE PROTECTION CONTRE LA VAPEUR

Avec le système Cupolex, les concepteurs, constructeurs et autres professionnels de la construction peuvent offrir des solutions rentables de contrôle préventif et d'atténuation dans les nouveaux bâtiments, réduisant la consommation de béton et le cycle de construction.

Même lorsque les types de sol et les niveaux de nappe phréatique assurent l'absence d'eau, les vapeurs de produits chimiques volatils peuvent migrer le long des voies souterraines et s'infiltrer dans les bâtiments voisins à des niveaux susceptibles de compromettre la qualité de l'air intérieur. Une exposition prolongée à des produits chimiques peut avoir des effets nocifs sur la santé humaine. Lorsqu'il existe une forte concentration de contaminants dans l'air intérieur, celle-ci peut être détectée par l'odeur, permettant de la reconnaître afin de procéder rapidement aux corrections nécessaires ; toutefois, dans les cas où les concentrations sont faibles et où la nécessité d'intervenir n'est pas facilement décelable, la perception peut être plus difficile, entraînant de longues périodes d'exposition à ces agents.



ANNEXE D – ESSAIS DE CHARGE

DONNÉES DES ESSAIS DE CHARGE RÉALISÉS SUR DES STRUCTURES CONSTRUITES SUR CUPOLEX

La société d'ingénierie Pontarolo Engineering s.r.l (San Vito al Tagliamento - Italie) a réalisé une série d'essais de charge sur diverses structures en béton construites avec des éléments Cupolex.

L'essai consiste à charger la structure avec un vérin hydraulique pour provoquer la rupture. La charge est appliquée au centre du plancher sur une zone de $0,56 \times 0,56 \text{ m}^2$. Entre le vérin et le béton se trouve une plaque rigide qui, grâce à une couche de caoutchouc, assure une répartition uniforme de la pression sur la zone chargée. Le vérin est supporté par un pont roulant ancré à un bassin en béton armé de 1,5 m de profondeur préparé pour contenir le sol.

L'épaisseur du terrain et la taille du bassin (par rapport au modèle) garantissent que, pendant l'essai de rupture, le comportement du sol est indépendant des liaisons avec les murs de soutènement et la dalle de fond en béton. Cette affirmation a été vérifiée à l'aide d'un modèle aux éléments finis dans lequel le terrain est représenté comme un milieu homogène à comportement élastique linéaire.

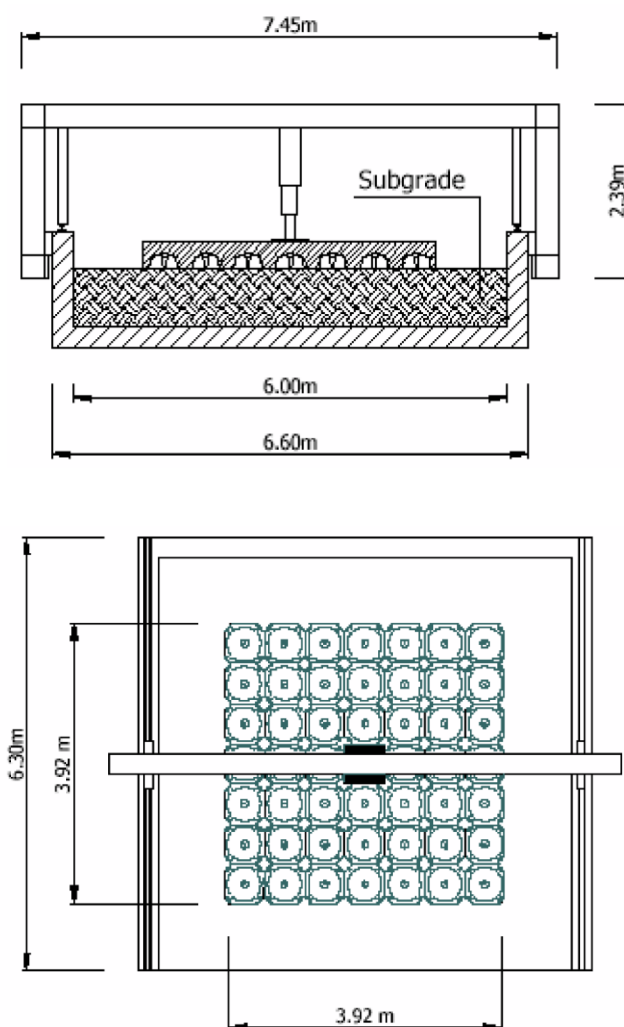


Figure 9 – Section transversale et plan de l'installation d'essai.

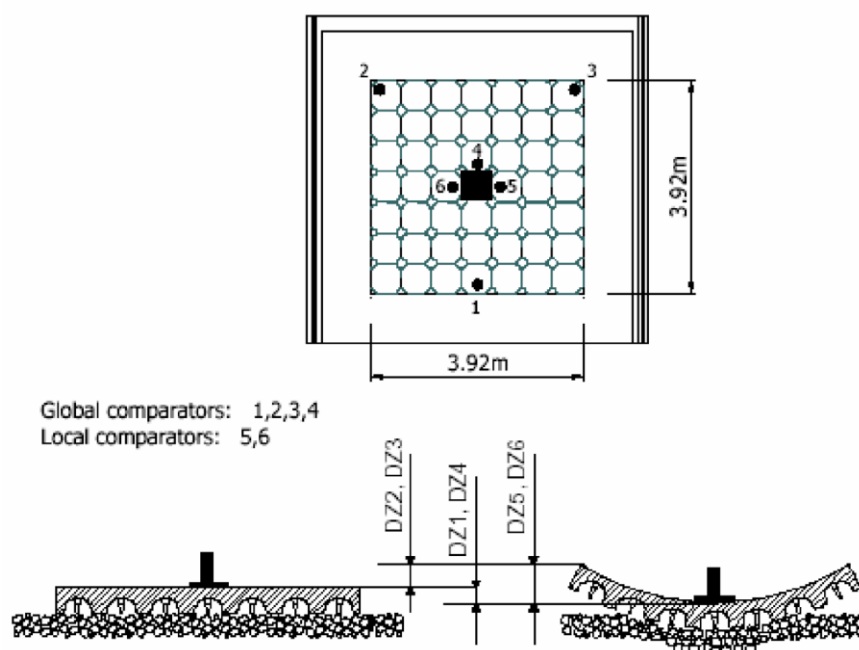


Figure 10 – Disposition des comparateurs centésimaux.

L'échantillon est constitué d'un ensemble de 7x7 modules Cupolex placés côte à côte, comme présenté sur la figure précédente. Lors de certains essais, la taille a été réduite à des ensembles de 5x5 modules afin d'évaluer l'influence de la dimension de l'échantillon sur le même type de terrain ; il en ressort que la différence de taille n'est pas significative, étant donné que les modules du périmètre, pour de faibles épaisseurs de la dalle de compression (50 mm) et pour des charges concentrées dans la zone centrale, se soulèvent par rapport au sol pendant l'essai.

Pour les conditions de charge et les terrains considérés, on peut affirmer que les appuis situés sur le périmètre de l'échantillon n'ont aucune influence sur l'évaluation de la capacité de résistance. Par conséquent, les échantillons de 5x5 peuvent être considérés comme équivalents à ceux de 7x7.

La lecture des données est effectuée à l'aide de 6 comparateurs centésimaux disposés comme indiqué sur la figure précédente. Les points 1, 2, 3 et 4 sont reliés au bassin en béton et mesurent le déplacement vertical absolu. Les points 5 et 6 mesurent, au contraire, le déplacement relatif (notés respectivement DZ5 et DZ6), calculé par la différence entre le déplacement sous le point central, situé immédiatement à côté de la zone chargée, et le côté extérieur de l'échantillon.

Le contact entre l'échantillon et le terrain s'effectue par l'intermédiaire des appuis qui se forment entre les éléments modulaires. Leurs dimensions en plan sont d'environ 12x12 cm² dans les zones centrales. La surface est réduite à ½ et à ¼ sur le périmètre et dans les angles, respectivement.

La charge appliquée peut être considérée comme de courte durée.

Au moyen d'essais expérimentaux, on reproduit le mécanisme typique de rupture par flexion-cisaillement. Dans les cas réels, les distributions de charges les plus intéressantes sont celles qui maximisent les moments de flexion (positifs et négatifs) produisant des ruptures pour vaincre la résistance à la flexion de la dalle de compression.

La charge ultime varie en fonction de la géométrie de la dalle, de la quantité de béton, du type de terrain et de la quantité d'armature présente dans la dalle de compression.



Les cas les plus courants dans les applications traditionnelles du système Cupolex sont représentés par les courbes A, B et C et se composent généralement de :

- Terrain compacté
- 5 cm de béton de propreté
- Cupolex H26
- Dalle de compression de 5 cm (échantillon A), 8 cm (échantillon B) et 12 cm (échantillon C)
- Treillis carré $\Phi 6/0.20$ en A500 dans la dalle

Les charges ayant produit la rupture par mécanisme de flexion-poinçonnement de la structure ont été :

- 300 kN pour l'échantillon A
- 370 kN pour l'échantillon B
- 560 kN pour l'échantillon C

Dans tous les cas, les forces ont été appliquées sur une base métallique de 56x56 cm.

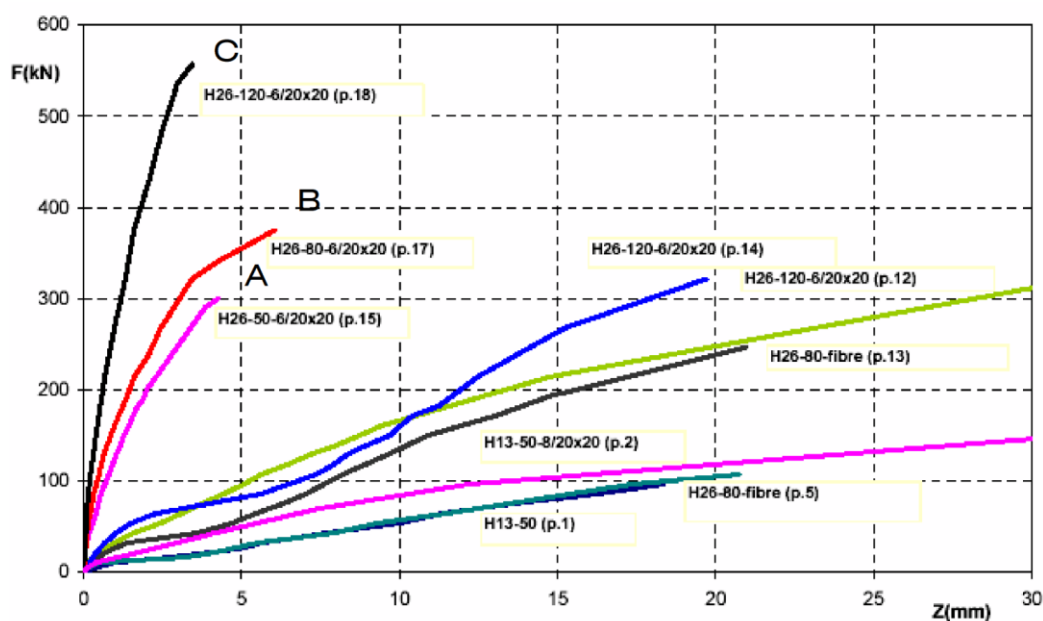


Figure 11 – Enregistrement des essais de charge

Il est important de souligner que tous ces essais ont été réalisés sur du béton pauvre et du terrain, c'est-à-dire sur une base flexible ; on estime que, lorsqu'il est appliqué sur une base rigide (par exemple une dalle de béton), les capacités de charge sont supérieures.

Note : Cette annexe résume les résultats des essais réalisés pour la société Pontarolo Engineering, propriétaire du brevet du système, l'étude ayant été réalisée sous la responsabilité du Prof. Stefano Secchi, chercheur à l'Université de Padoue en Italie.



