Analyse de la structure

MACBA – Contemporary Art Museum of Barcelona

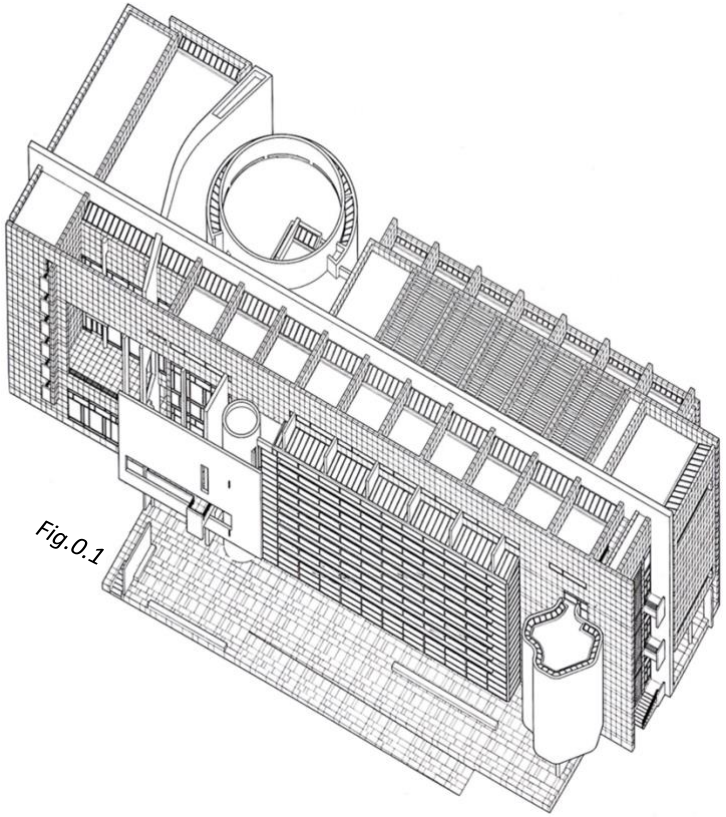


Fig.0.1

CORNILLE Martin – DUFFAUT Tristan – MANCHE Romain

Table des matières

Explication du projet 3

Photos du MACBA 5

Plans, coupe, élévation 9

Hypothèses structurelles 16

Plans filaires 23

Axonométrie et contreventement 28

Prédimensionnement 31

Conclusion du Travail 46

Explication du projet

_Fonctions & Intentions :

https://www.slideshare.net/nicksocrates/macaba-barcelona

Le MACBA (réalisé par Richard Meier) est le musée d'art contemporain de Barcelone, en Espagne. Le contenu proposé par le musée est très varié et invite à la curiosité, à la découverte des visiteurs…

« Le MACBA fonctionne comme une communauté de connaissance et de découverte, de complicité et de critique, d'échange et de dialogue. *Un ensemble de propositions, d'activités, de programmes, de publications, d'expositions et de rencontres composent la vie quotidienne de cet espace commun qu'est notre Musée. Nous partageons et célébrons une collection qui couvre l'art de la seconde moitié du XXe à nos jours. Une collection qui soutient le droit universel à la richesse de l'art. »*



Fig.0.2.1

L'Atrium est un espace rectangulaire, ouvert sur 3 étages et qui fait le lien entre les différentes galeries... Cet espace central répond à plusieurs fonctions : lieu de gala, cocktail, présentations, défilés

L'auditorium de 200m2 se situe au sous-sol et permet de tenir séminaires, projections et conférences au besoin. L'accès se fait depuis l'extérieur du bâtiment principal.

La Terrace Meier, d'une superficie de 85 m2 offre une belle vue sue la plaça dels Angels



Fig.0.2.3



Fig.0.2.2

_Plans des niveaux – visiteurs (exposition) :

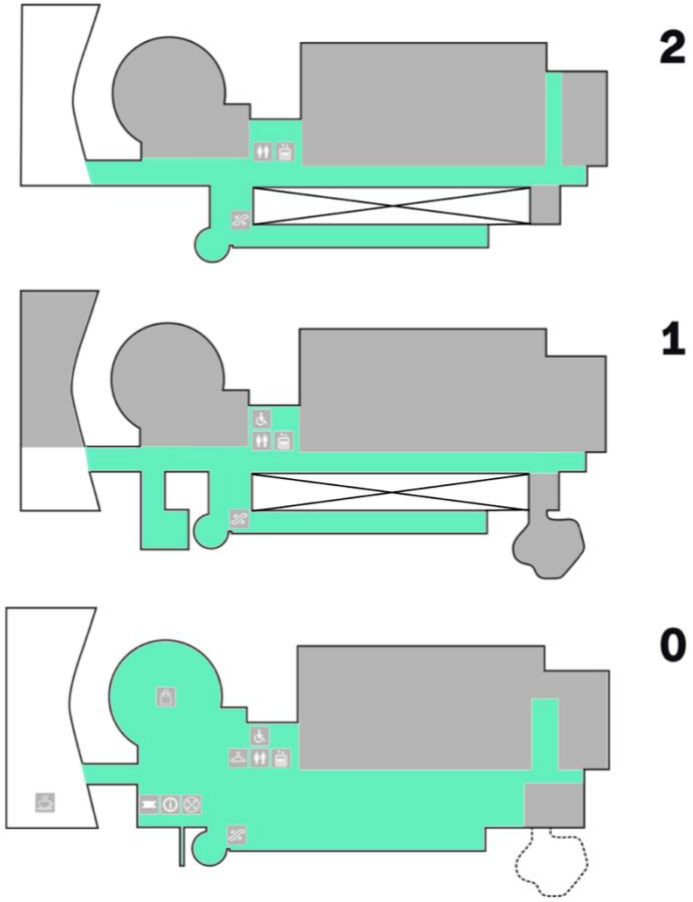
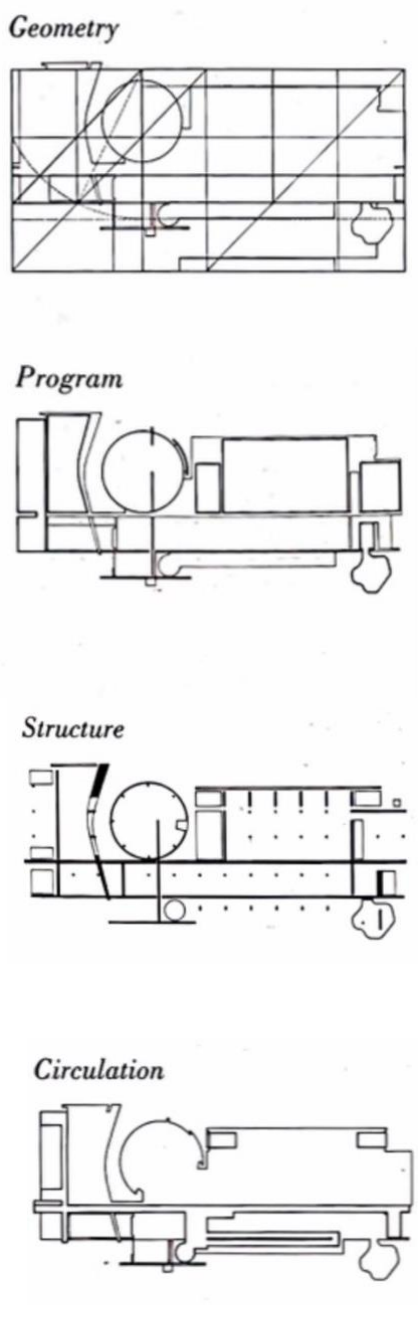


Fig.0.2.3



Travail de recherche

Photos du MACBA



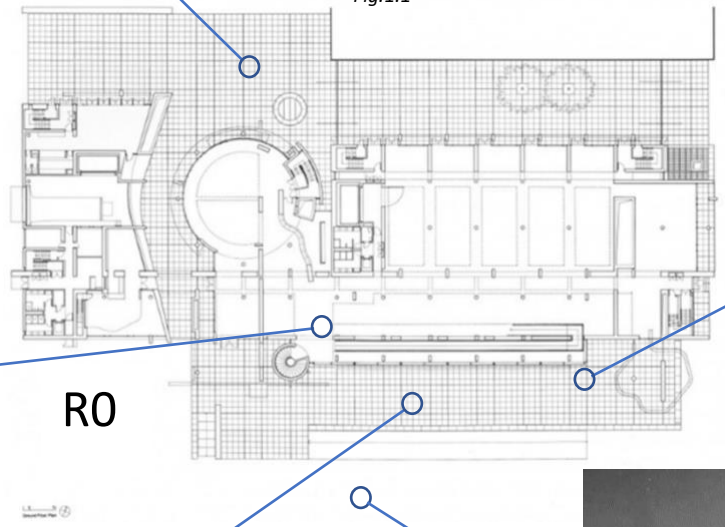
Fig.1.1



Fig.1.2

Fig.1.3





RO

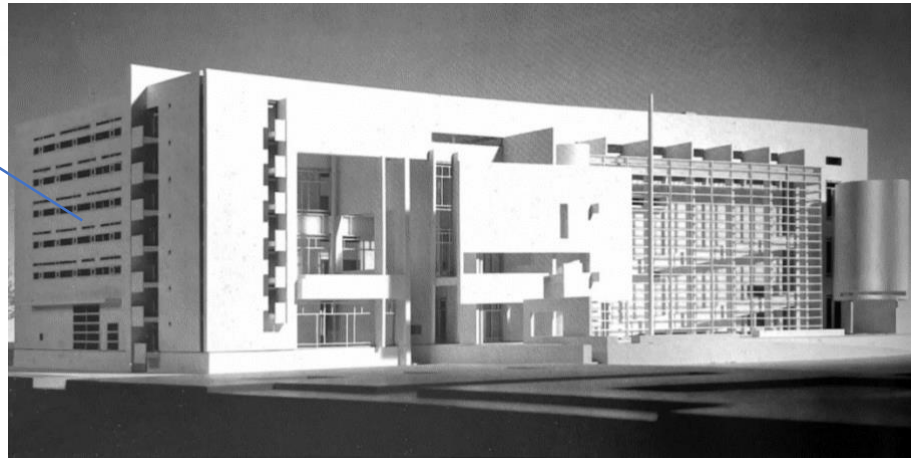


Fig.1.4



Fig.1.5

CORNILLE Martin – DUFFAUT Tristan – MANCHE Romain



Fig.1.6



Fig.1.7

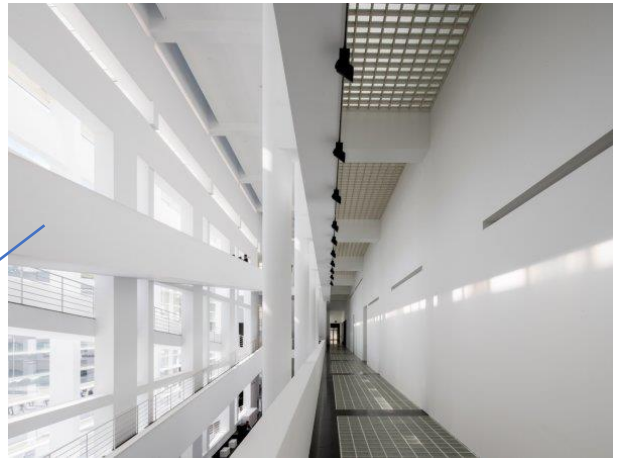


Fig.1.8

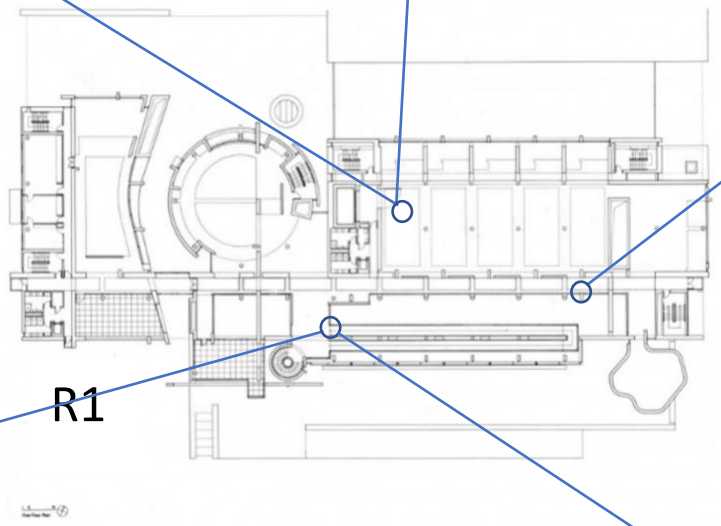




Fig.1.9



Fig.1.10

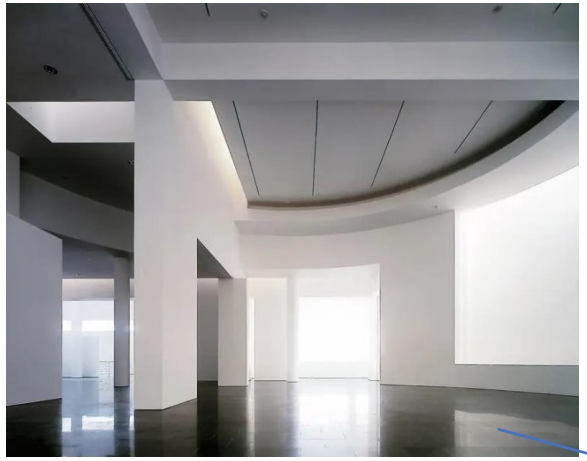


Fig.1.11

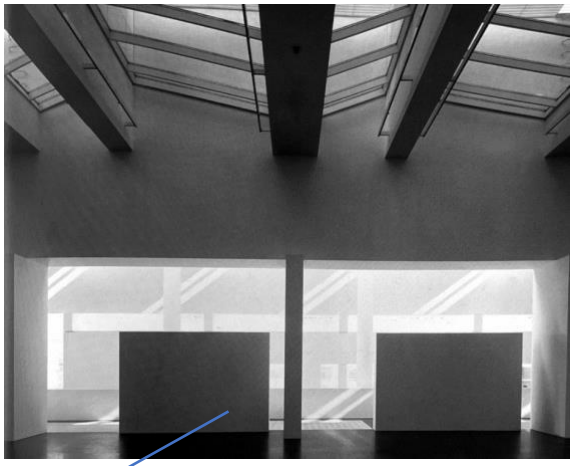


Fig.1.12

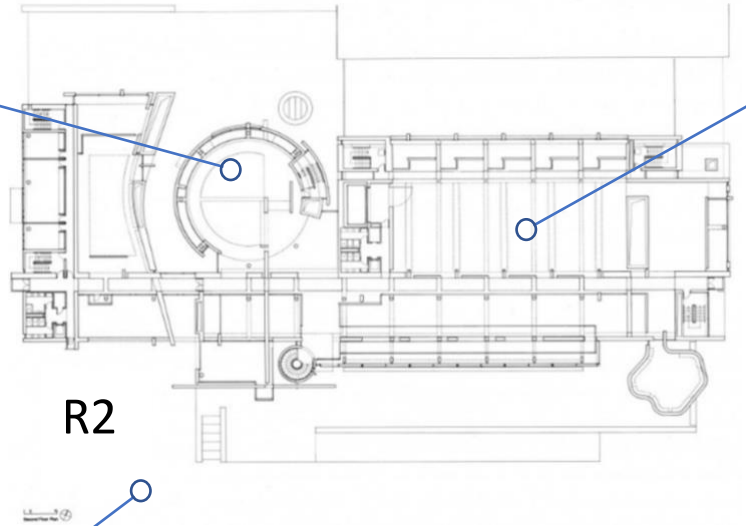




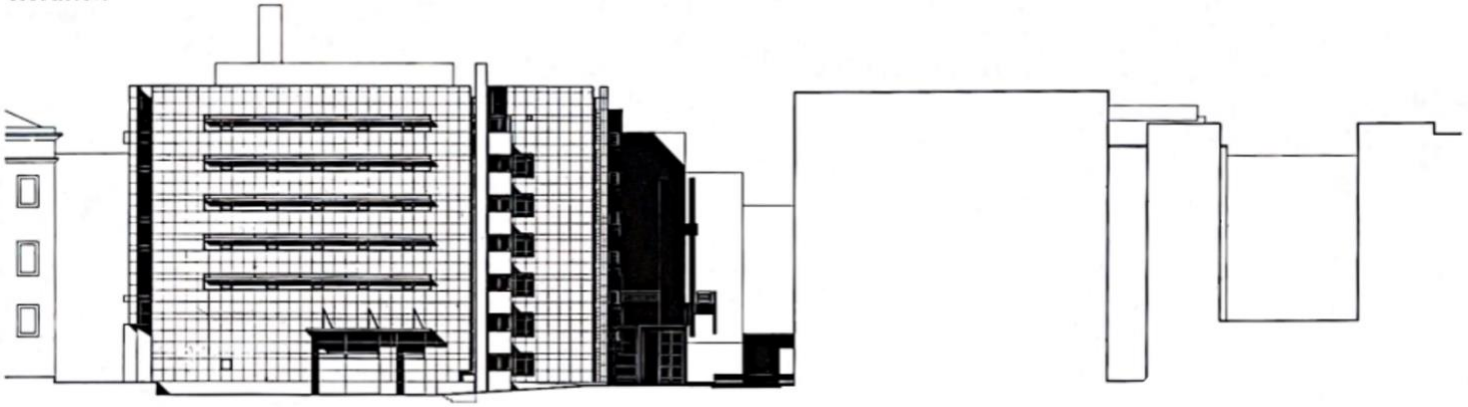
Fig.1.13

Travail de recherche

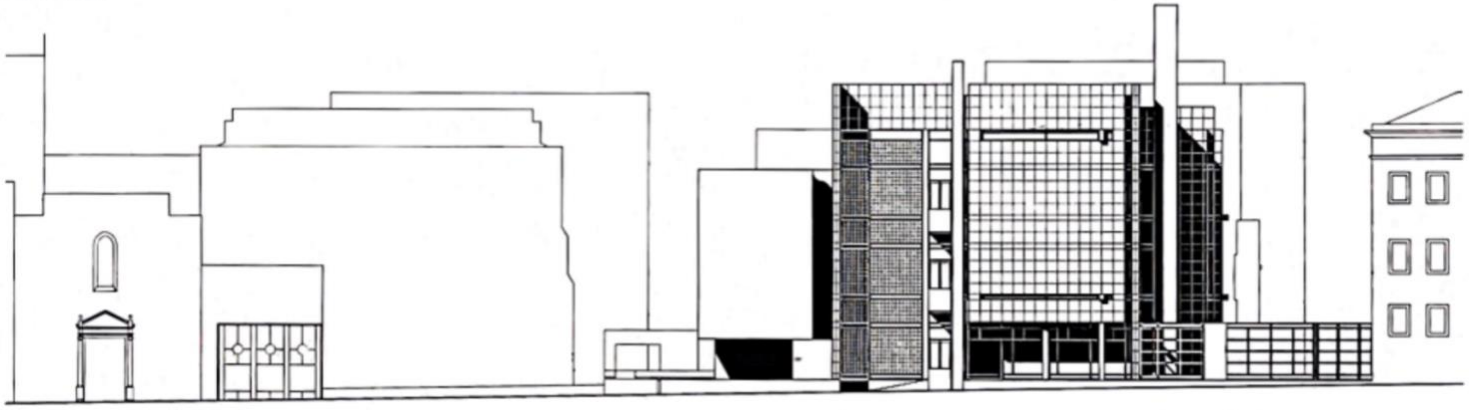
Plans, coupe, élévation

Élévations Ouest et Est

West elevation

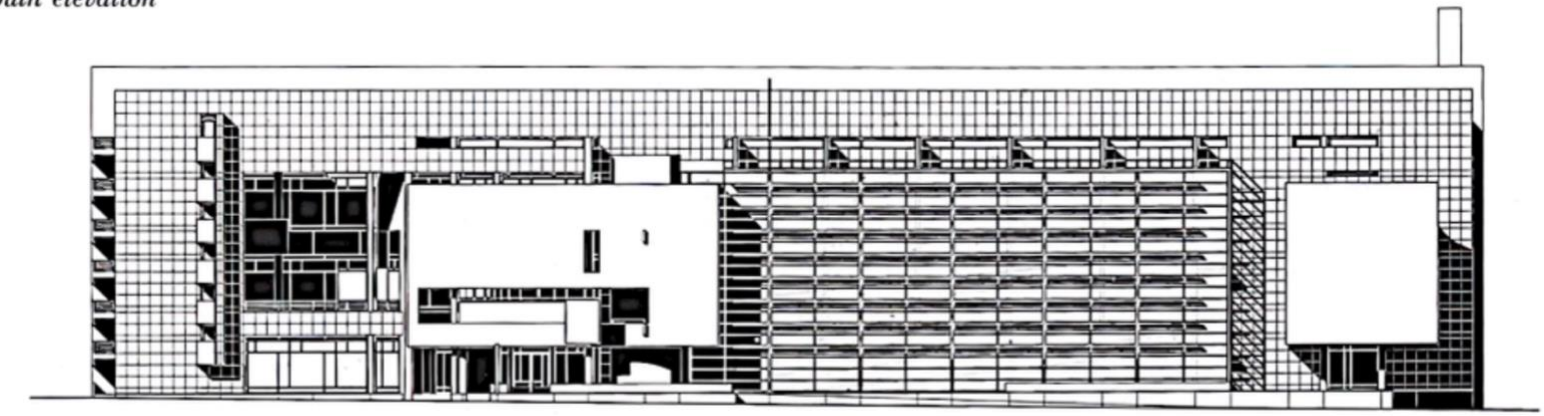


East elevation

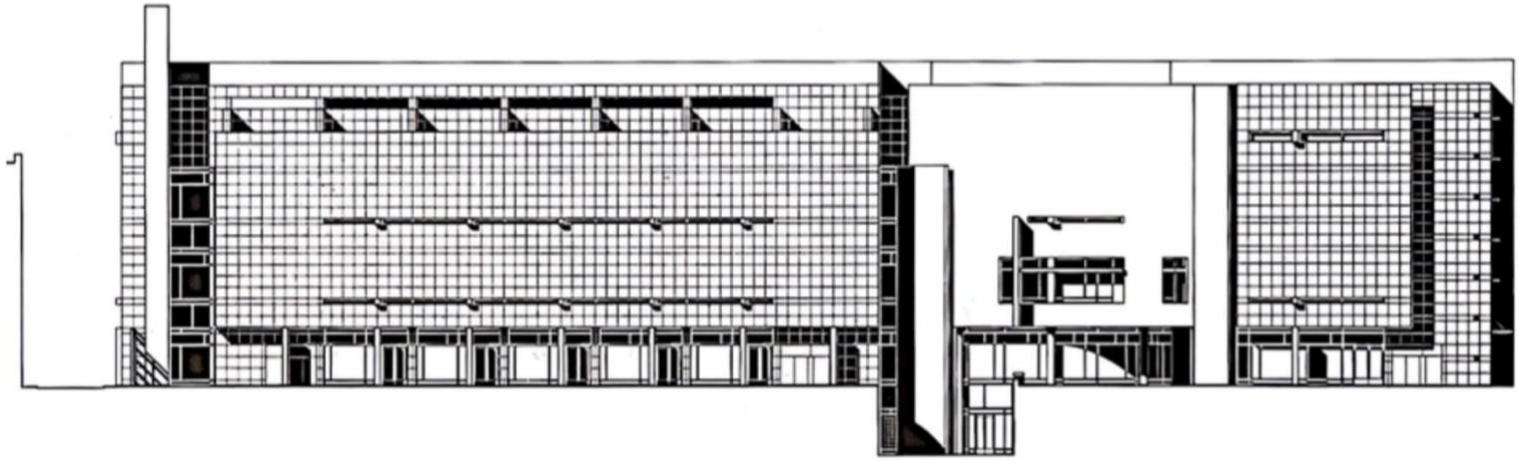


Élévations Sud et Nord

South elevation

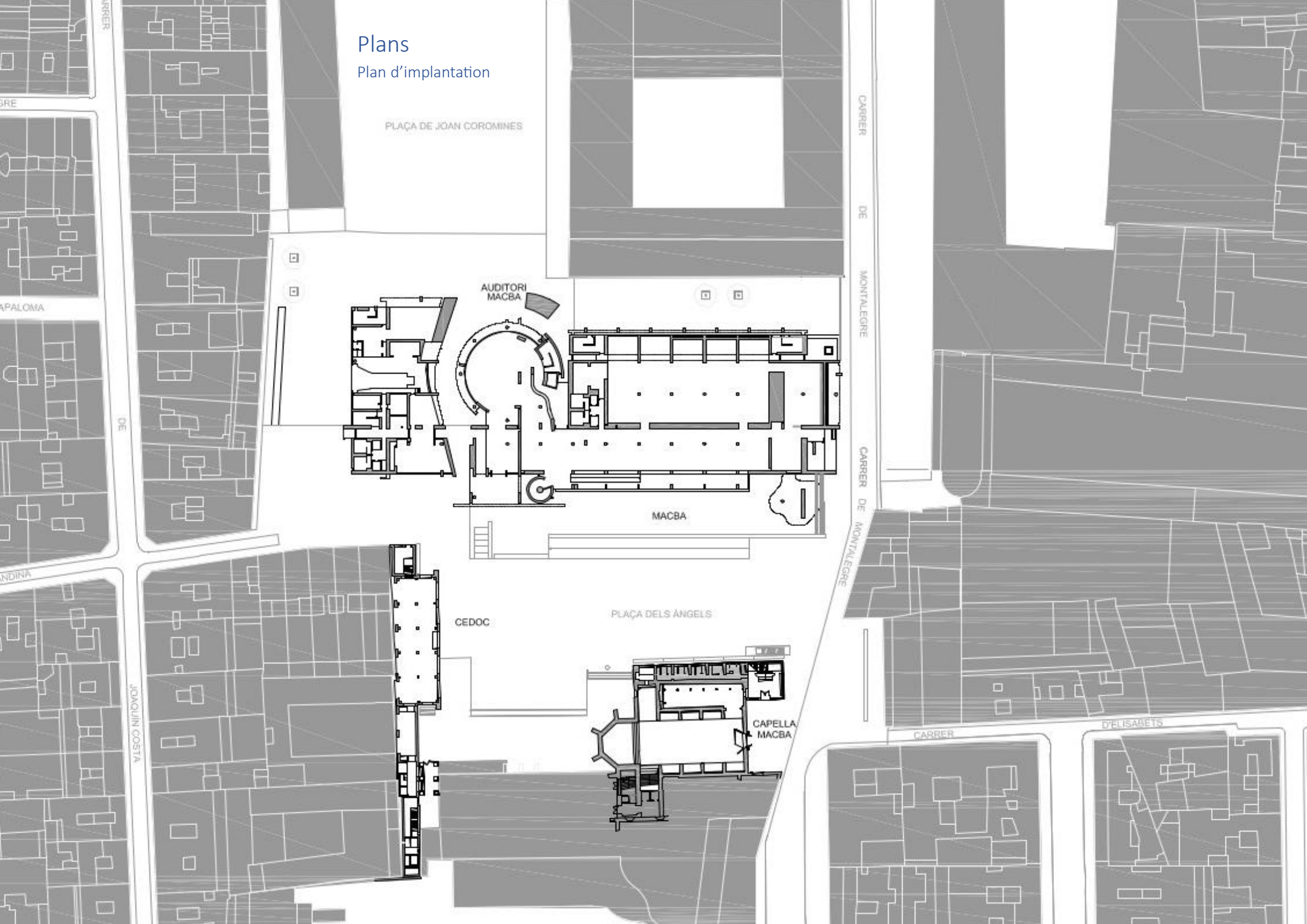


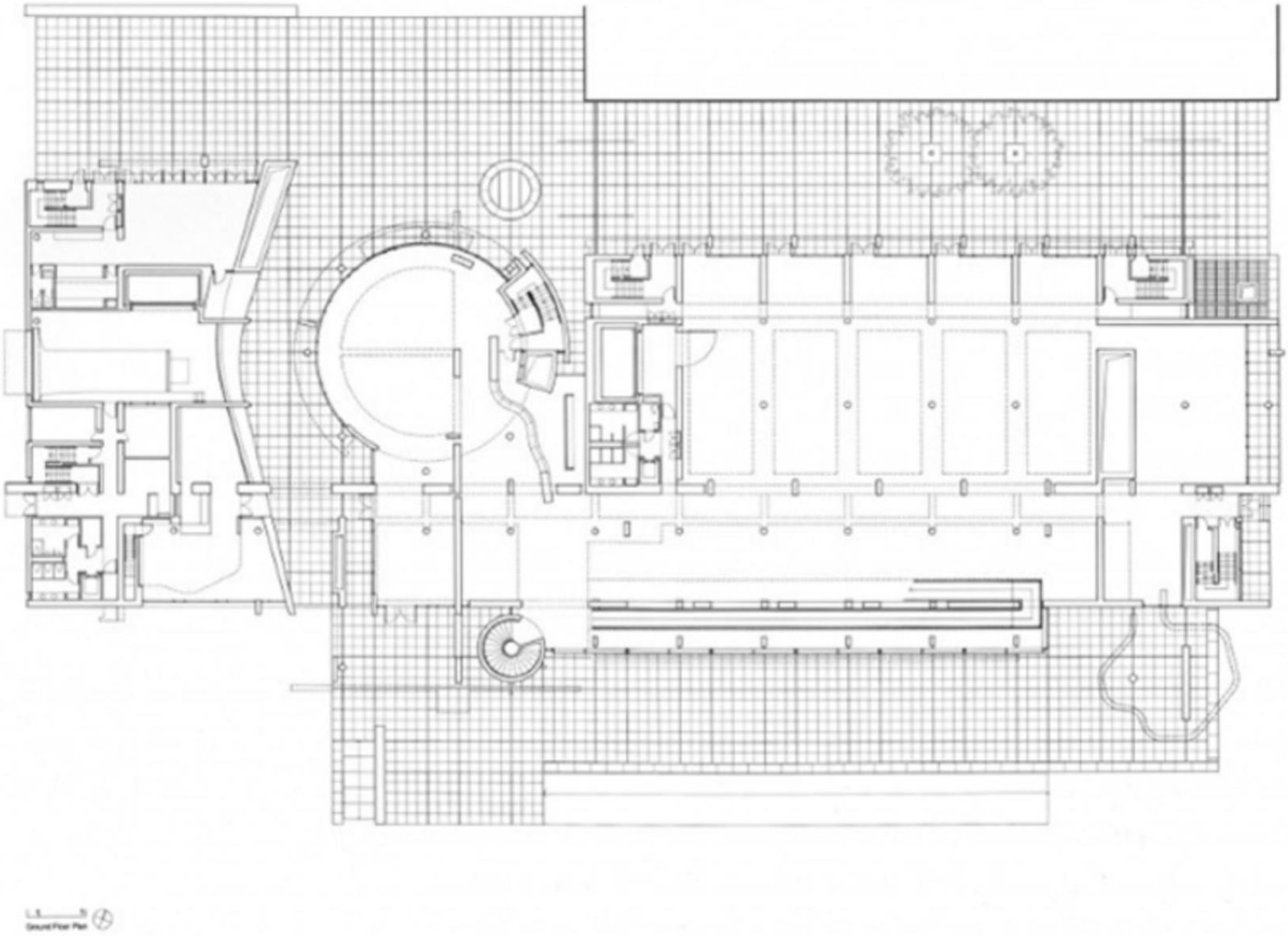
North elevation

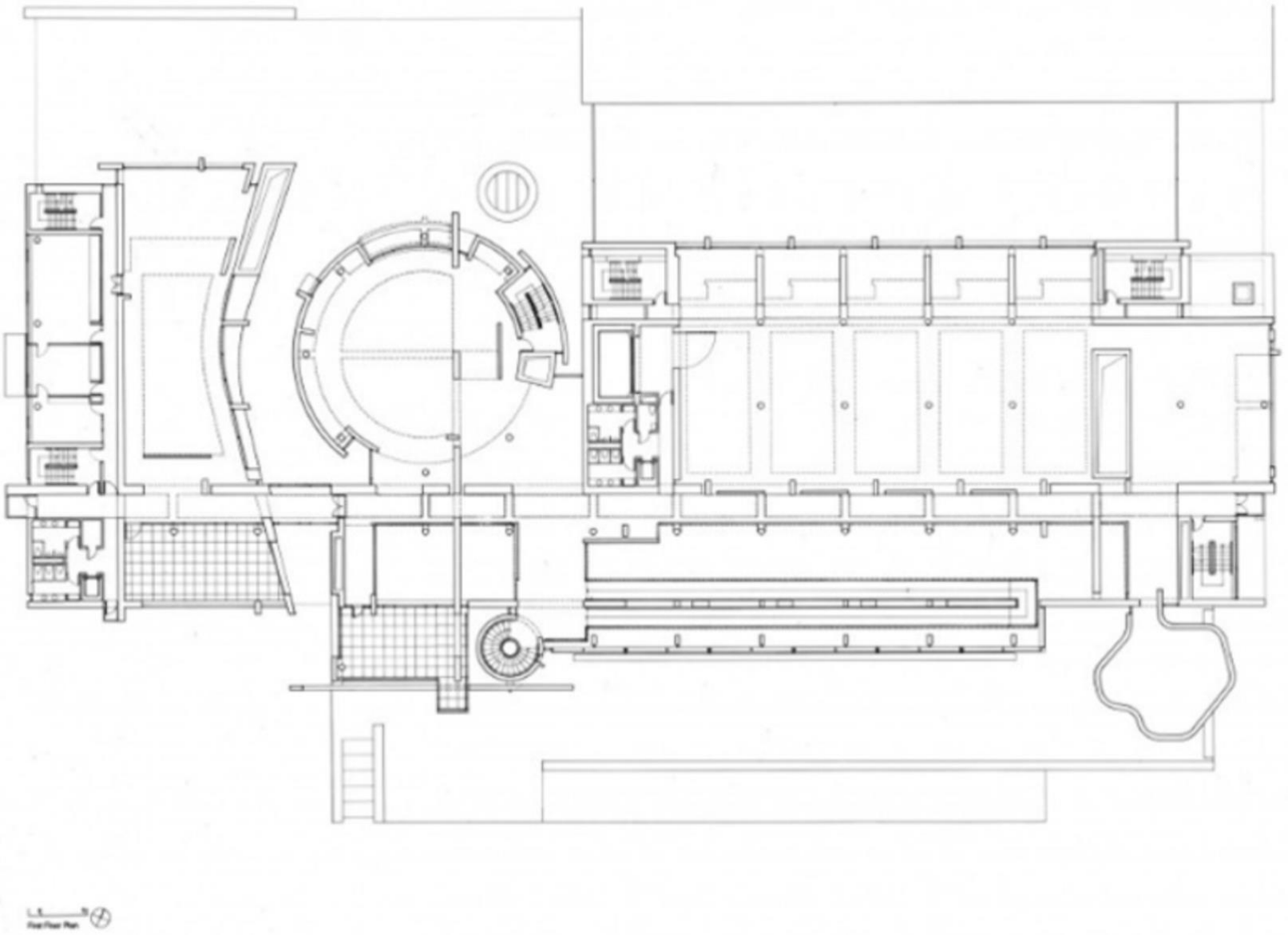


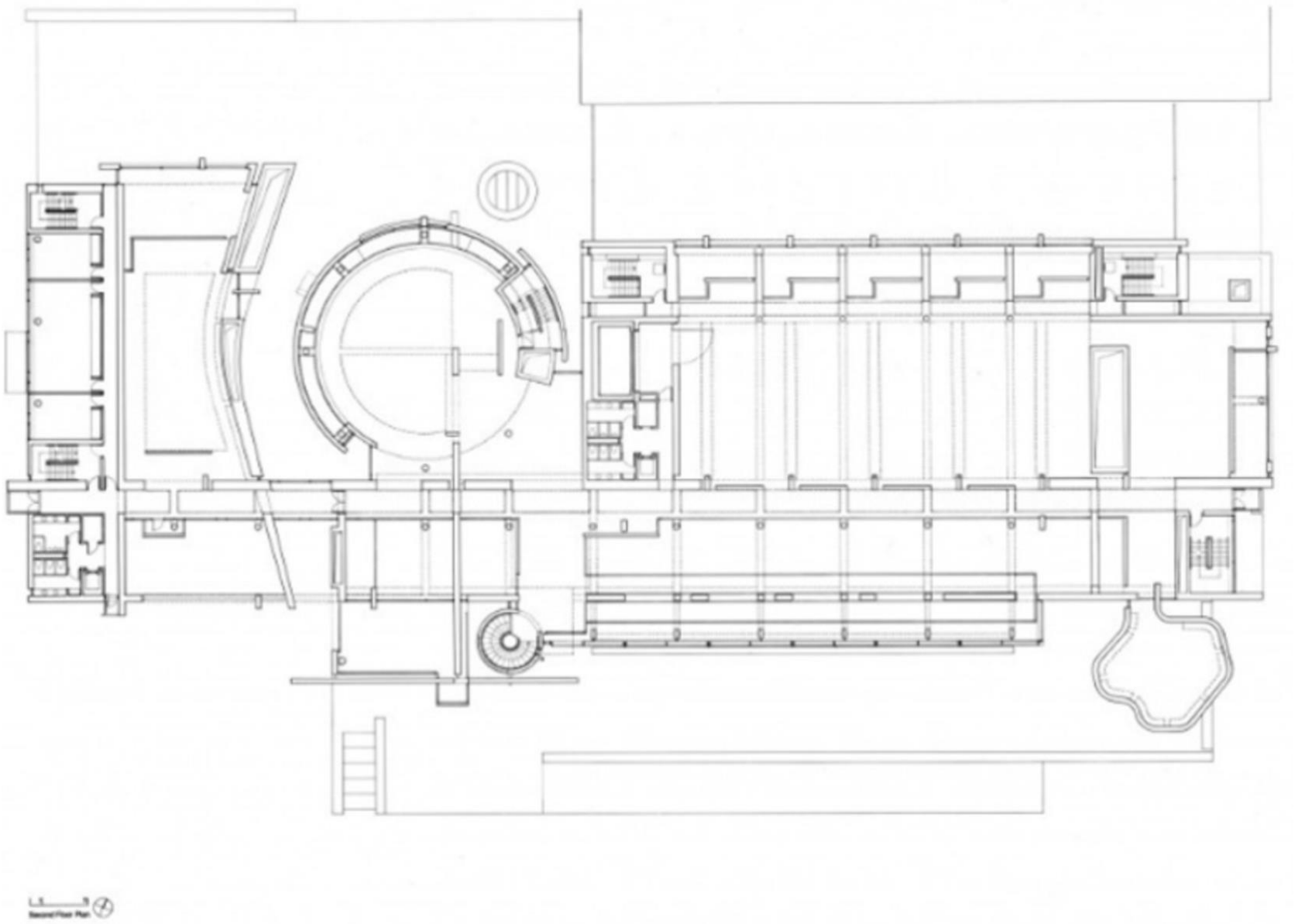
Plans

Plan d'implantation









Hypothèses structurelles

Hypothèses structurelles

0_ Remarque préalables

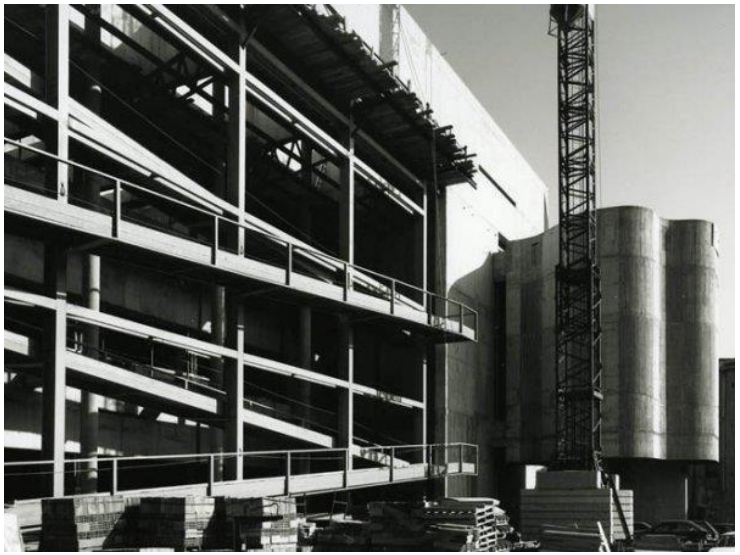
Avant tout, il est important de préciser que nous avons remarqué un certain nombre d'incohérences entres les plans - plans structurels - photos pendant et après construction. Certains éléments qui nous semblent, à priori, structurels ne supportent rien et sèment la confusion… Après réflexion et discussion avec notre ingénieur, nous comprenons qu'il s'agit d'éléments placés là afin de structurer l'espace, de donner un certain rythme à l'ensemble.

Il est donc normal que trouver des éléments, par exemple des piliers en acier recouverts d'un parement de type béton. Il est important d'en tenir compte dans le calcul de prédimensionnement et de descente de charge.

Hypothèses structurelles

1_Toiture et rampe d'accès

La rampe d'accès est un élément important de l'architecture : elle permet de desservir les espaces et de faire un lien vertical entre les diverses salles d'expositions. Cette dernière se fixe autour d'une structure en acier qui remonte jusqu'en toiture pour la soutenir (hypothèses selon les photos). Cette toiture, en treillis, est composée d'éléments en acier et est indépendante de la structure porteuse des salles d'expositions (côté rampe) sauf pour les colonnes *a* donnant dans le hall & piliers de la rampe

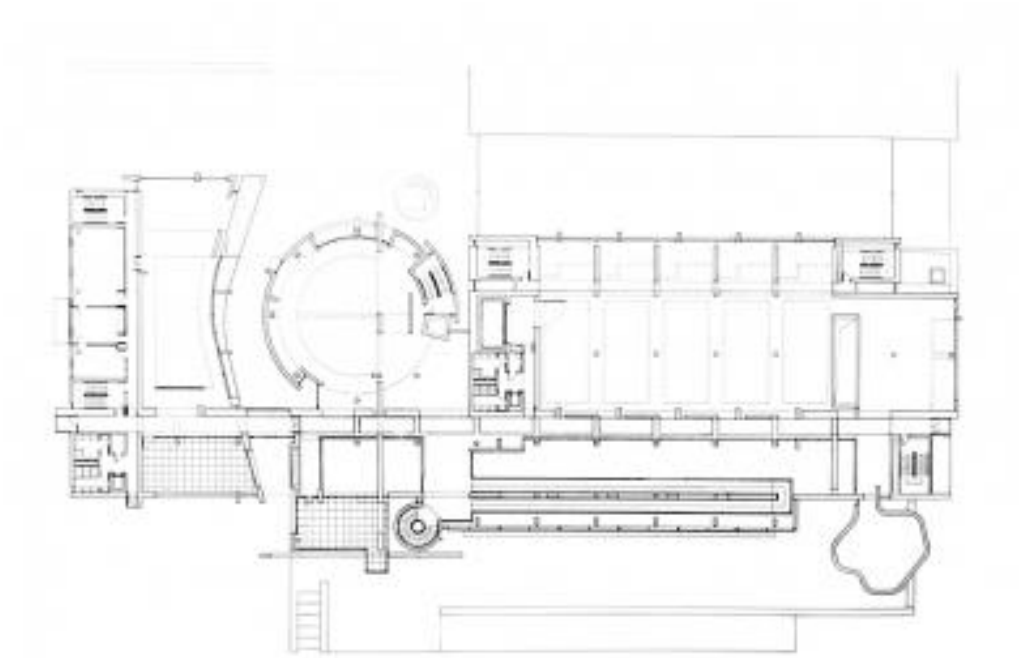


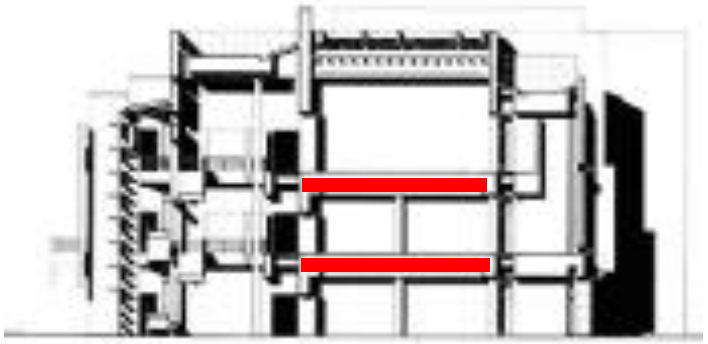


Hypothèses structurelles

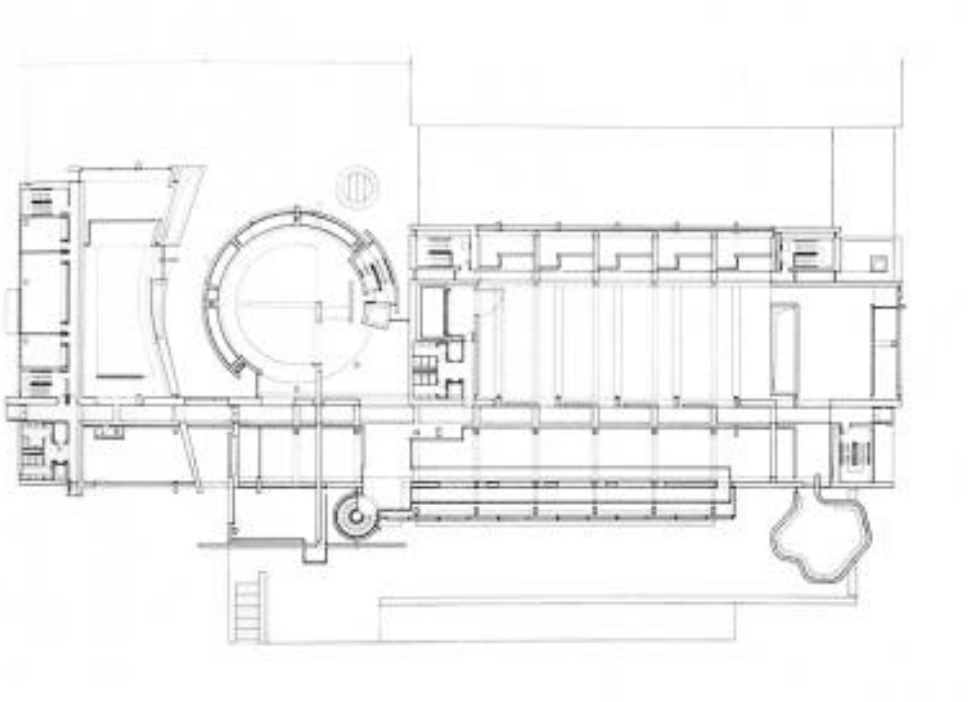
2_Les salles d'expositions

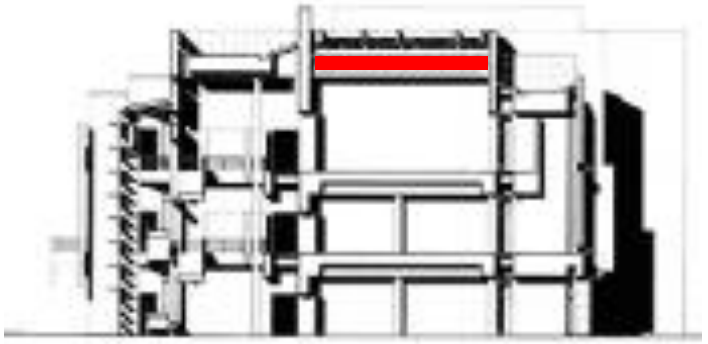
Rez-de-chaussée et R+1 identiques





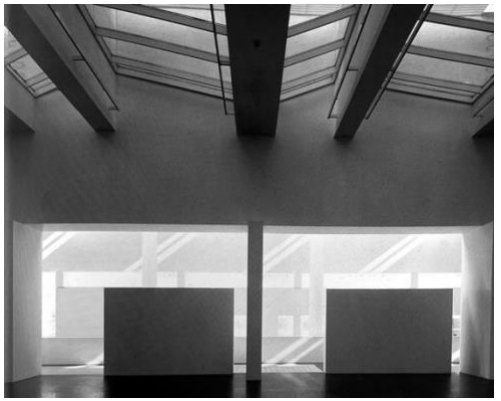
Au niveau du Rez-de-chaussée et du R+1, nous remarquons instantanément la présence des colonnes au milieu de la pièce. Ces dernières sont présentes pendant la construction et doivent avoir un rôle structurel non négligeable… Nous pouvons ensuite avancer deux hypothèses structurelles différentes et vérifier leurs pertinences et vraisemblabilité *(cfr tableaux ci dessous)*





Au R+2, nous remarquons instantanément l'absence des colonnes au milieu de la pièce… Cela est sans doute dû au fait que l'étage doit soutenir une simple toiture partiellement vitrée et non pas une dalle entière (cfr cas précédent). Une autre raison à cela s'expliquerait avec la volonté de créer un espace libre de toute contrainte visuelle, un espace le plus ouvert possible…

Nous pouvons garder l'idée que toiture de la salle d'exposition repose au final sur deux longues poutres longitudinales de part et d'autre de l'espace… Toutefois, nous notons la présence de poutres transversales sur le plan (comme le cas précédant mais légèrement décalées). Celles-ci servent à tenir la toiture vitrée à intervalle semi-régulier et à ensuite reporter les charges sur les poutres transversales

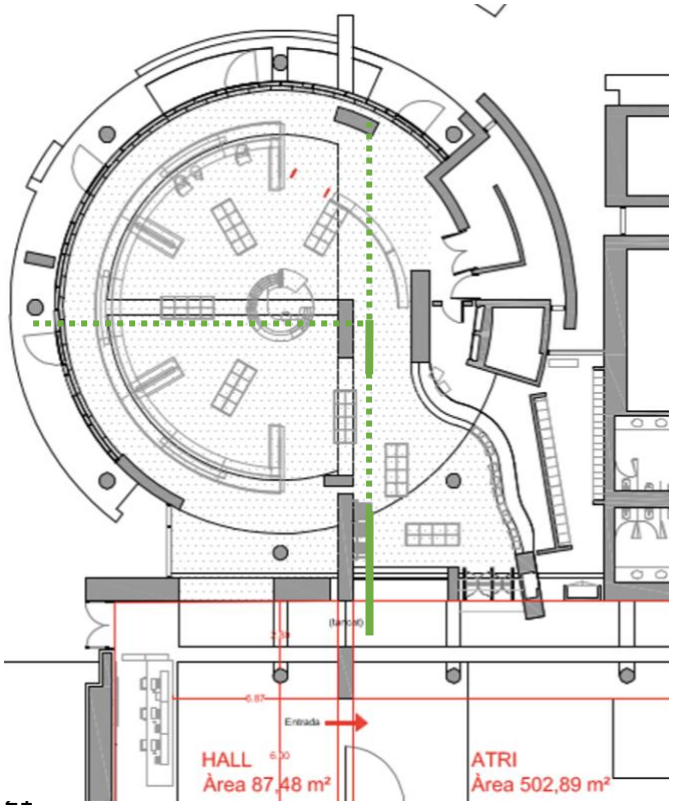
Salles d'exposition Rez-de-chaussée & R+1				Salle d'exposition R+2
Cas 1 – sens de portée a		Cas 2 – Sens de portée b		Sens de portée b
				
Les dalles de sol sont préfabriquées (hypothèse) et reposent sur des poutres longitudinales et murs *e* placées de part et d'autre de la sale.		Les dalles de sol sont préfabriquées (hypothèse) et reposent sur des poutres transversales *d* placées de part et d'autre de la salle		La toiture (plafond partiellement vitré) repose sur des poutres transversales *d* placées dans la largeur
Ces poutres sont, elles-mêmes, soutenues par des colonnes/piliers/mur porteur *c* placées à intervalle régulier et qui descendent les charges sur 2 niveaux consécutifs.		Ces poutres répartissent les charges de part et d'autre de la salle sur d'imposantes poutres longitudinales murs *f*		Ces poutres répartissent les charges de part et d'autre de la salle sur d'imposantes poutres transversales et murs *f*
! colonnes centrales également => rôle structurel pour soulager les efforts induisant la déformée		Ces poutres sont elles-mêmes soutenues par des colonnes/piliers/mur porteur *g*		Ces poutres sont elles-mêmes soutenues par des colonnes/piliers/mur porteur *g* qui redescendent les charges plus bas
OUI		***NON*** car élément présents dans le but de crée un jeu architectural et non structurel		*OUI*

Hypothèses structurelles

3_Partie circulaire (librairie)

Tous les niveaux sont identiques

L'espace circulaire est particulier mais reprend le même schéma sur l'ensemble de ses niveaux (hypothèse). En effet, ce dernier est constitué d'un ensemble de colonnes (extérieures) encerclant l'espace et qui reprennent les charges principales. S'ajoute à cela un pilier intérieur réparti sur 3 niveaux et soutenant 2 poutres reliées à nos colonnes péristyles. Les photos parlent d'elles-mêmes :

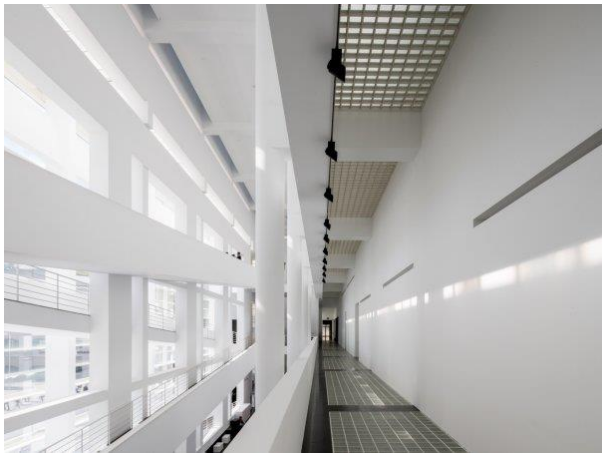




Hypothèses structurelles

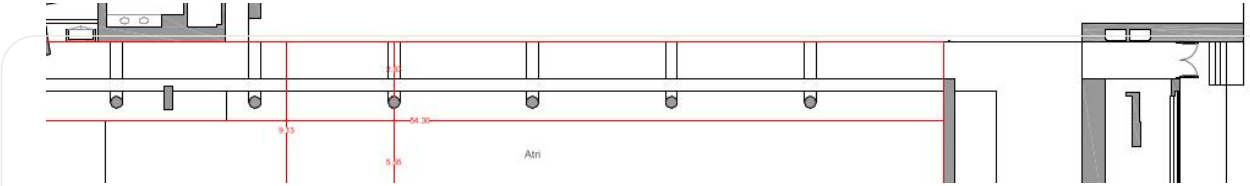
4_Coursive intérieure

Tous les niveaux sont identiques

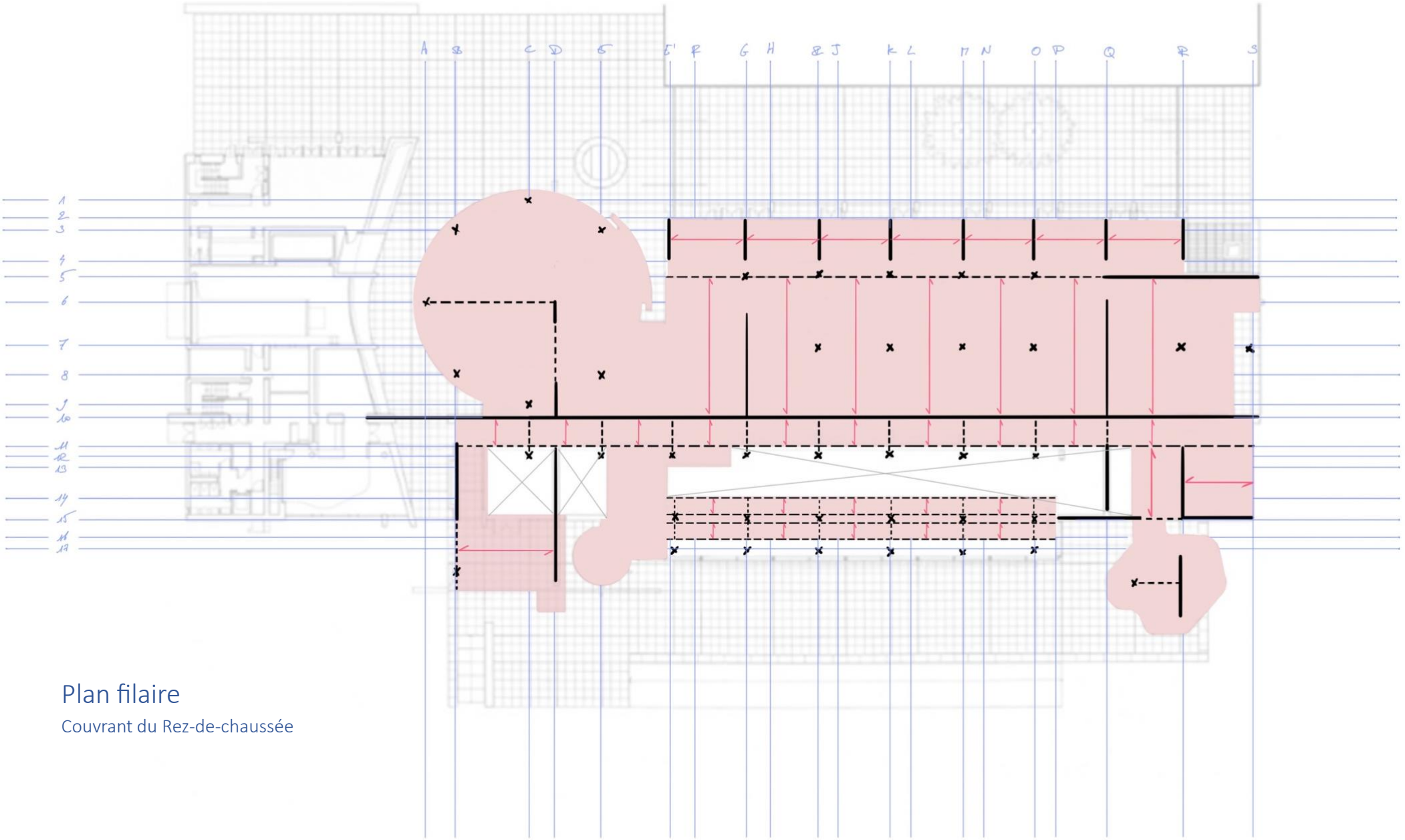


La coursive consiste en un chemin de circulation qui donne accès aux salles d'exposition. Par ailleurs, elle offre une vue plongeante sur l'atrium central qui devient le centre autour duquel s'articule le bâtiment !

Concrètement, la coursive repose sur un **mur** (salle d'expo) et une **poutre** (coté atrium). Cette poutre descend ensuite les charges au Rez-de-chaussée à l'aide d'une colonne (qui supporte également la toiture en treillis)

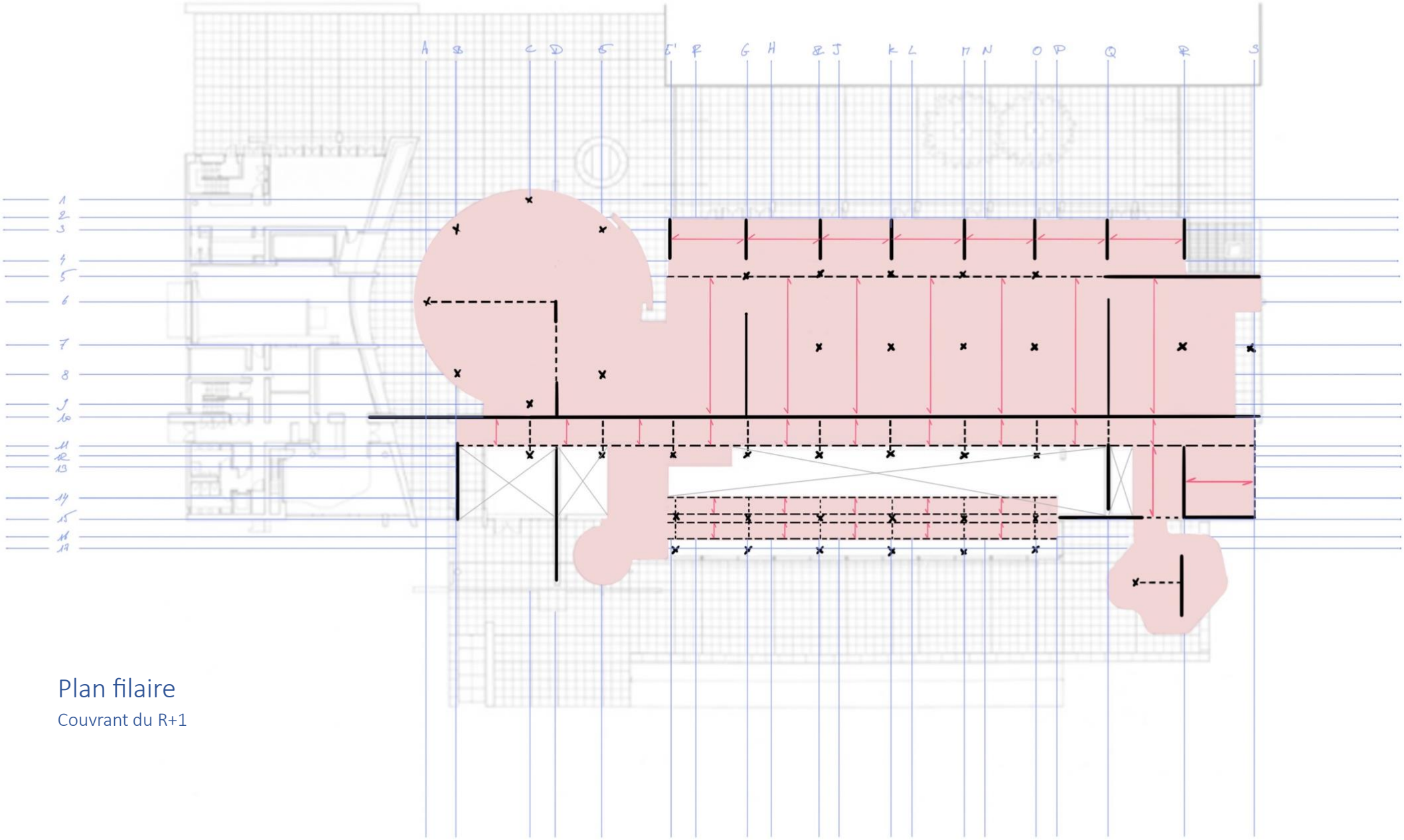


Plans filaires



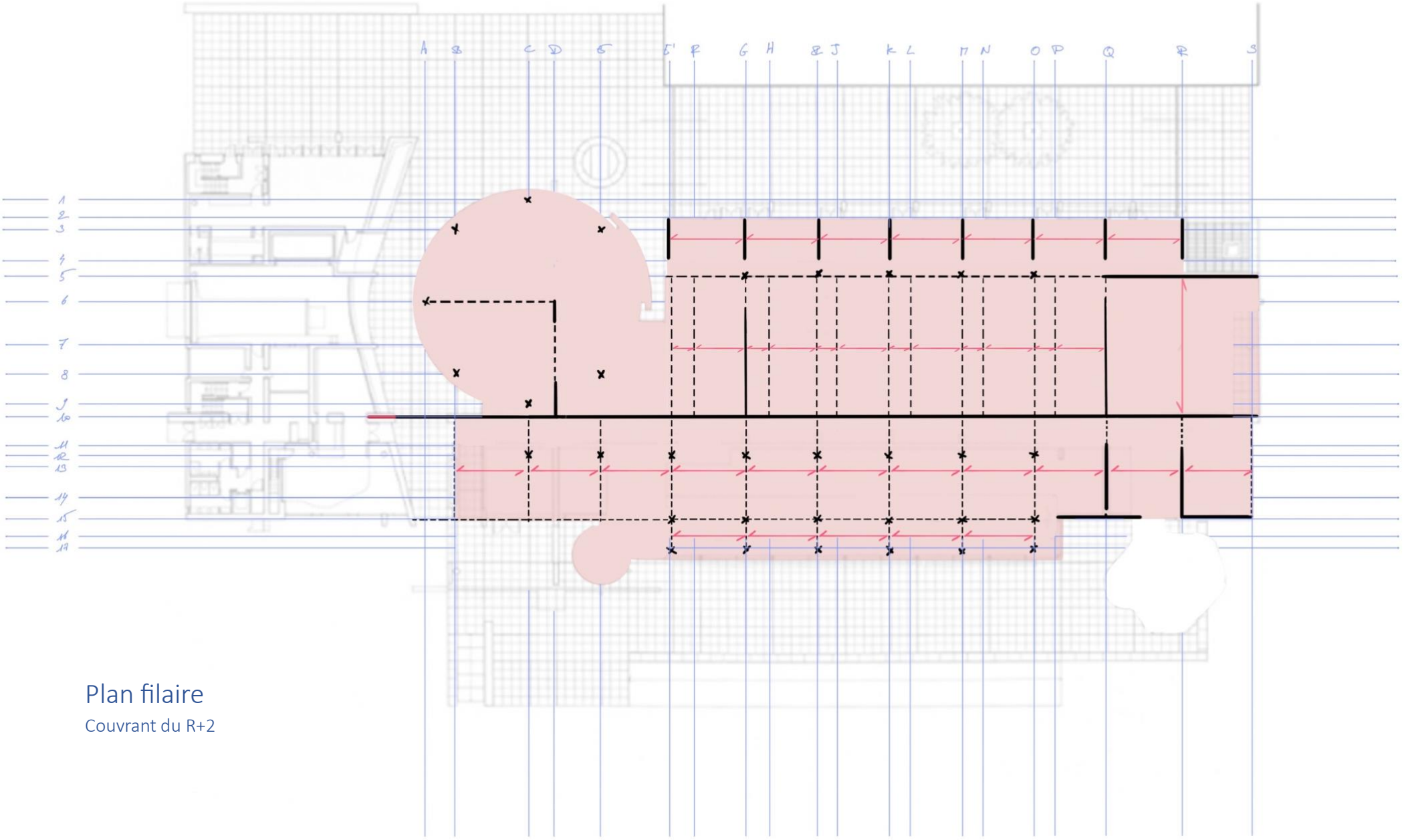
Plan filaire

Couvrant du Rez-de-chaussée



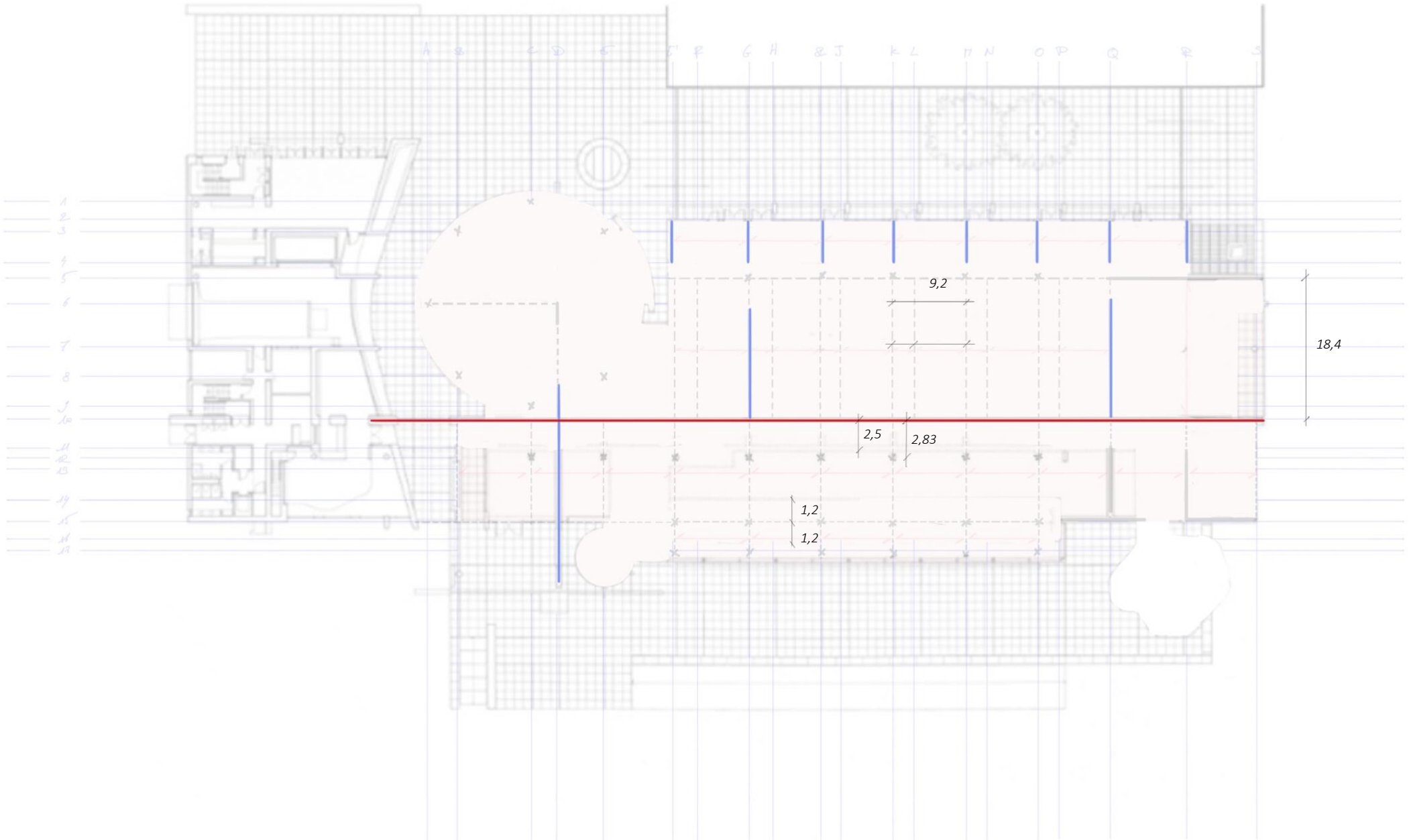
Plan filaire

Couvrant du R+1



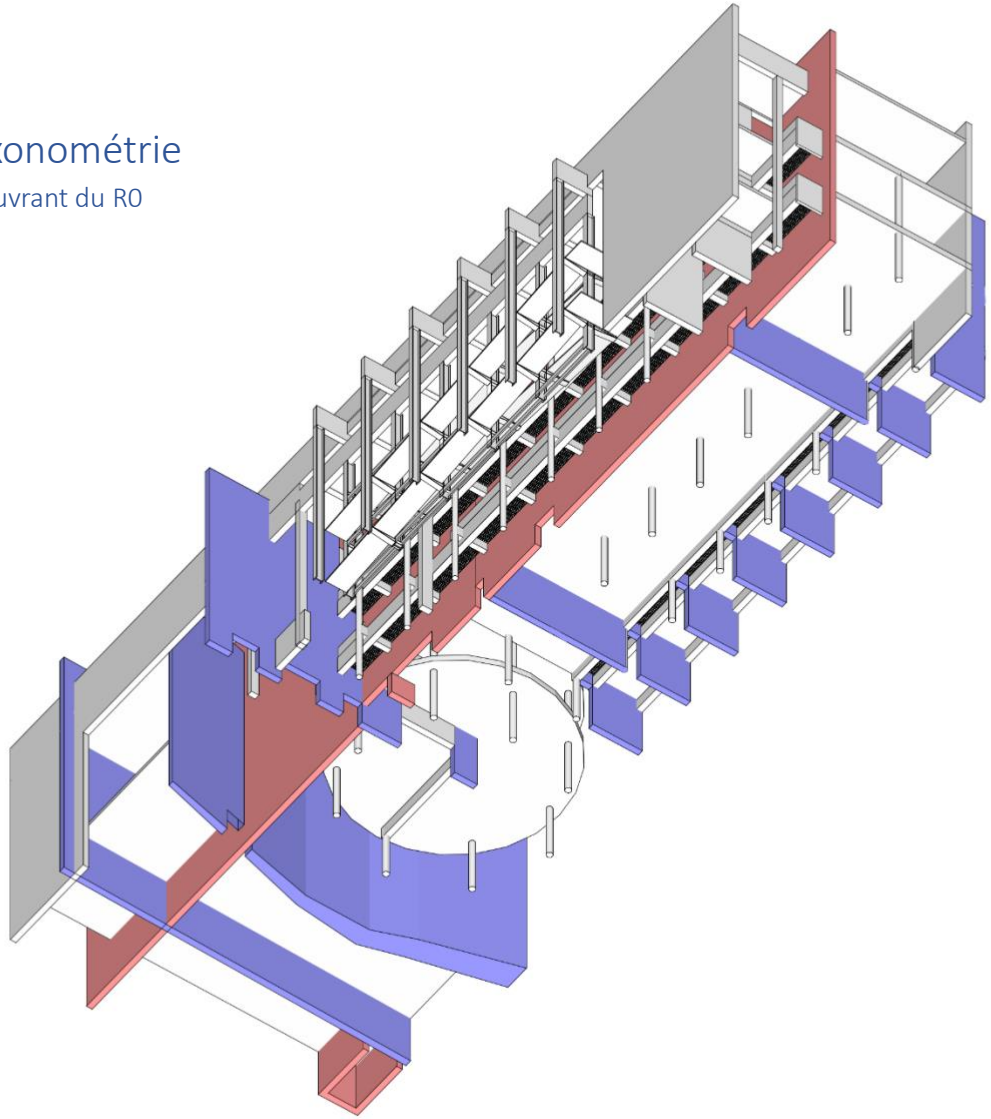
Plan filaire

Couvrant du R+2


9,2
18,4
2,5
2,83
1,2
1,2

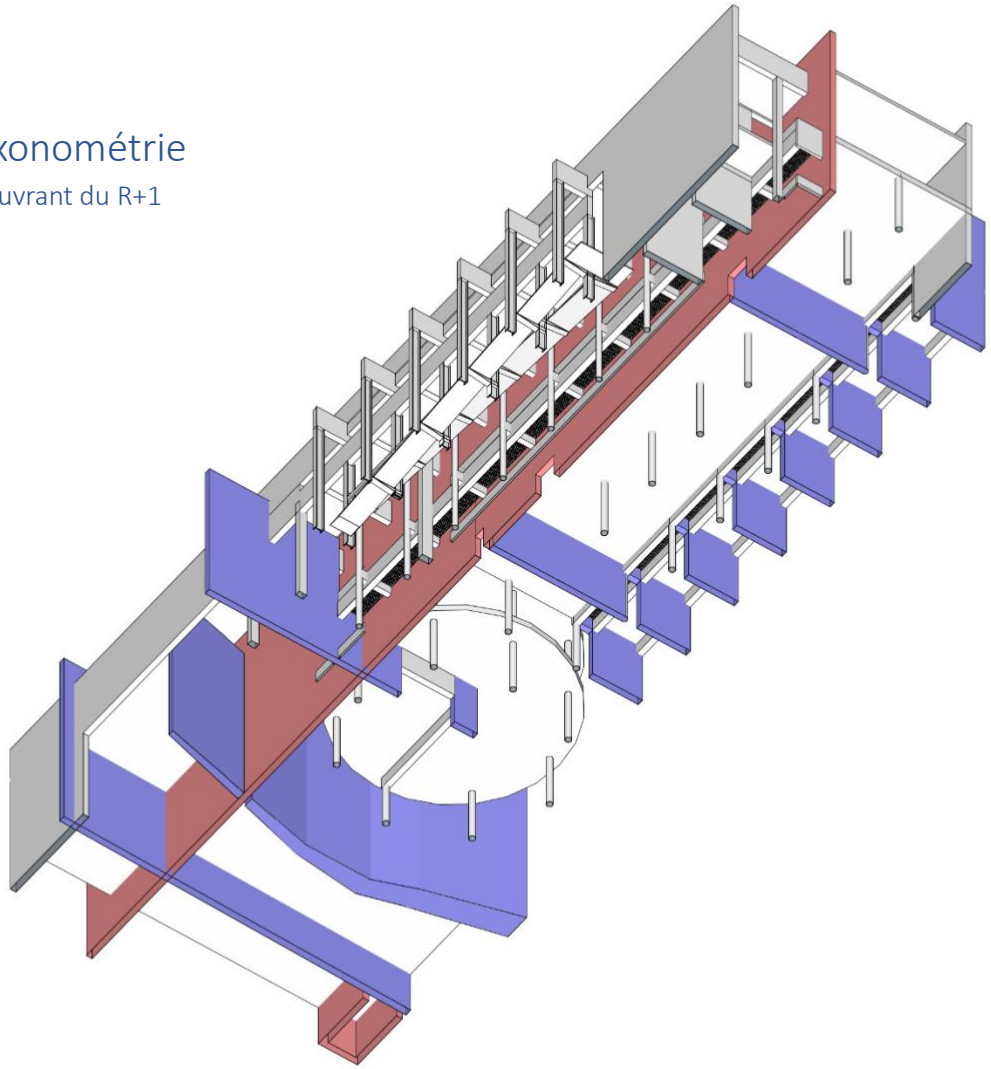
Axonométrie

Couvrant du R0



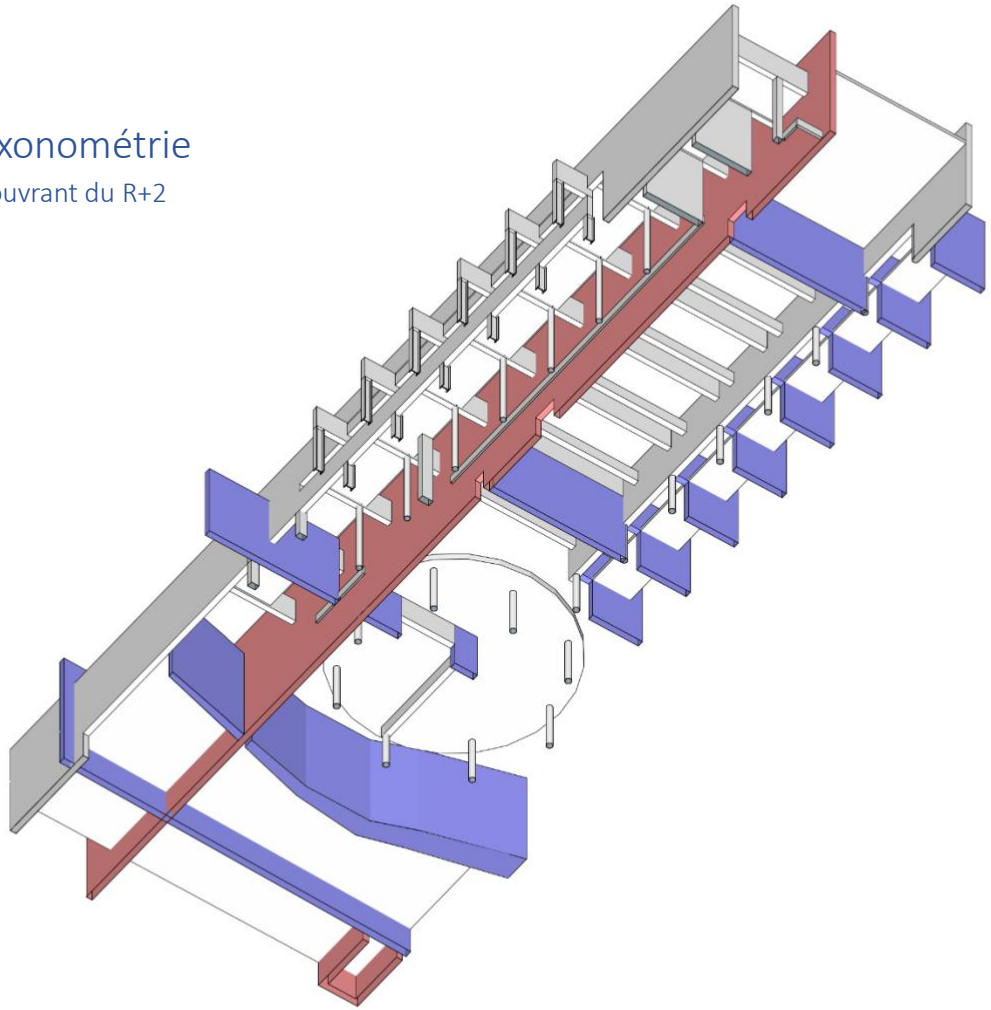
Axonométrie

Couvrant du R+1



Axonométrie

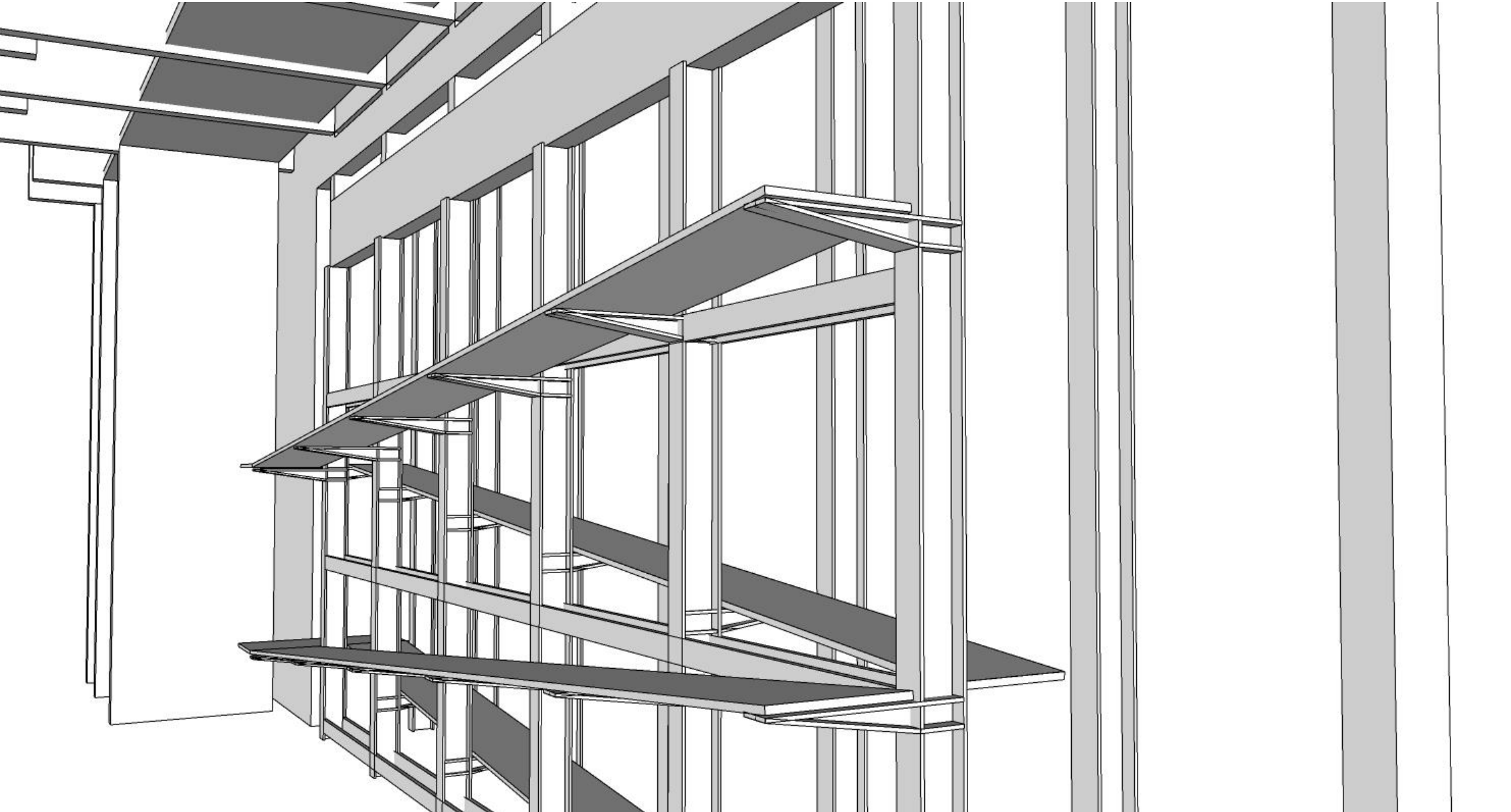
Couvrant du R+2

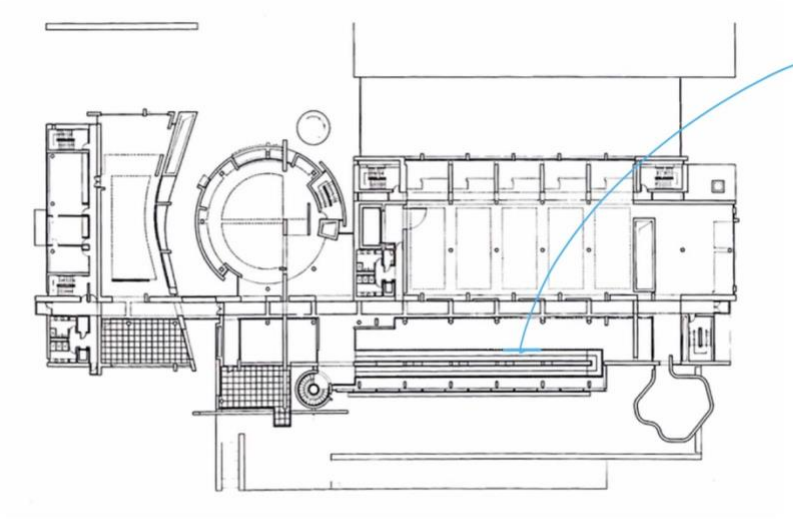


Prédimensionnement

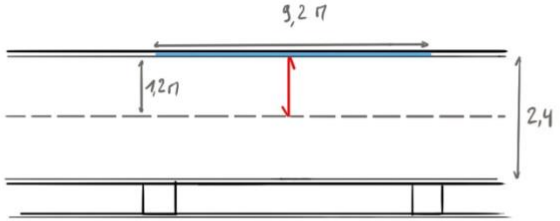
Prédimensionnement

1_ Rampe d’accès





Poutre 13 RDC



bi-encastrée (alliage en connu)

flèche max 300 (supporte pas d'éléments fissurable)

portée 1,2m

e-axe 9,2 m

nbr d'étages : 1

tôles + 0,2 kN/m²

chape de finition + 2 kN/m²

foule de personnes +5 kN/m²

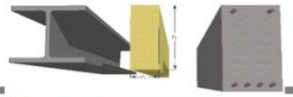
PREDIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE

Poutre...13 — Référence de la poutre

Légende: Texte rouge (ou gris) sur fond jaune = cases à remplir, valeurs propres au projet à introduire

Cet outil de pré-dimensionnement des poutres et des colonnes a été mis au point par Michel Provost et Denis Delpire. Son usage est à destination strictement pédagogique et ne remplace pas le travail de dimensionnement de l'ingénieur en stabilité.

Il est mis à disposition sous les termes de la licence Creative Commons Paternité – Pas d'Utilisation Commerciale – Partage des Conditions Initiales à l'Identique 3.0



1 Schéma statique de la poutre

Choisir le bon schéma statique dans les tableau ci-dessous — aide

4

Schémas Statiques des poutres

poutre...	charge...			Moment Max (kNm)		Flèche Max
sur 2 appuis	1	ponctuelle	=PL/4	-	=P.L3/48.E.I
	2	répartie	=pL2/8	-	=5.p.L4/384.E.I
appuyée-encastrée	3	répartie	=-pL2/8	-	=p.L4/185.E.I
bi-encastrée	4	répartie	=pL2/12	11,6	=p.L4/384.E.I
encastrée-libre	5	ponctuelle	=-PL	-	=P.L3/3.E.I
	6	répartie	=-pL2/2	-	=p.L4/8.E.I
Si Mmax est connu (sans coefficient)	7	M (kNm) =	4		-

2 Portée et charges

aide

Portée L = 1,2

Caractéristiques du PLANCHER soutenu par la poutre

e (entre-axe) supporté = 9,2 m

Introduire les charges SANS coefficient!

Nombre de planchers soutenus par la poutre n = 1

Charges	Charges permanentes GK: Poids propre pp	+ Surch. perm. g	Charges variables QK: exploit.
Choisir les charges surfaciques	Tôles nervurées su	Chape de finition + ca	Lieux de rassemblement de perso
OU: rentrer manuellement q (kN/m²) =	0,0	0,0	0,0
Charges surfaciques prise en compte: q (kN/m²) =	0,2 +	2,0 +	5,0
OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,0 +	0,0	0,0

Charges sans coefficient

p (kN/m) = q x e x n + pl = 1,8 + 18,4 + #### = 66,2

Charges avec coefficients (ELU) Pcoef (kN) =

aide pcoef (kN/m) = 2,5 + 24,8 + #### = 96,32

Résultat — Acier S235

Wel =	4,92E-05 m3			49 cm3			4,92E+04 mm3	
I =	4,26E-07 m4			43 cm4			4,26E+05 mm4	aide
		AXE FORT Profilé		Poids de la poutre kN/m	Axe faible Profilé		Poids de la poutre kN/m	
HE	A	HE 100 A	ELS	0,17	HE 140 A	ELU	0,25	
IPE		IPE 120	ELU	0,10	IPE O 240+	ELU	0,34	
Tube carré		90 x 90 x 6	ELU	0,16				
Tube circulaire		70x4,5	ELS	0,07				
xx								
xxx								

3 1 / 300 ème Flèche max

Introduire une fraction de la portée (1) ou un déplacement max (2) — aide

Flèche relative max = portée/ 300 (1)

Flèche absolue max cm (2)

Flèche absolue résultant de votre choix 0,40 cm

4 Acier S235 Matériau

Choisir le matériau: Acier S235

Caractéristiques du matériau choisi:

Module de Young: E (N/mm² ou MPa) ##### aide

Contrainte: fd (N/mm² ou MPa) ##### aide

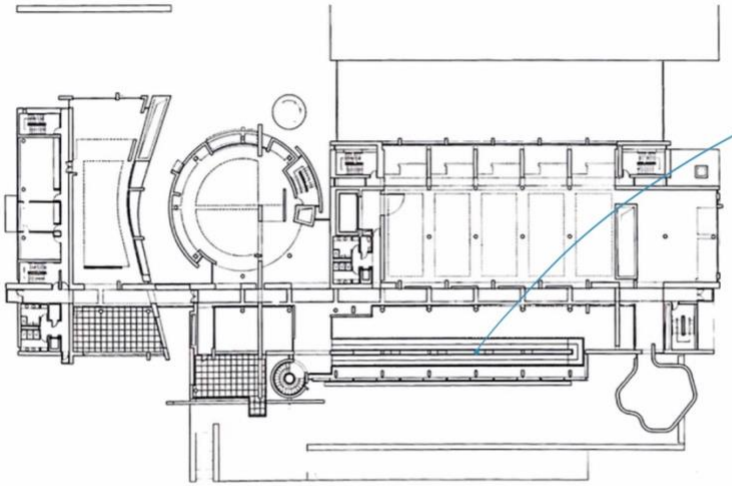
Aide et Exemples

Déformation

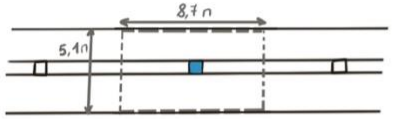
Critère dimensionnant

Résultat : HEA 100

Prédim Poutre 13 – soutenant la rampe



Colonne J12 RDC



encastrée-rotulée
Surface : 44,37 n²
nbr de niveaux : 1
hauteur 19n
profilé HEA
colonne carré

poids propre 3,2 kN/n²
Surch perm. 2 kN/n² (chappe de finition)
charges variables 5 kN/n² (faule)

PREDIMENSIONNEMENT DE LA COLONNE

Colonne... J12

Aide

Cet outil de pré-dimensionnement des poutres et des colonnes a été mis au point par Michel Provost et Denis

1 Charge sur la colonne

Introduire les charges permanentes et variables brutes (SANS coefficient de majoration)

Deux façons d'introduire la charge: 1. par calcul ou 2. introduction directe

Par calcul: en introduisant la surface de plancher reprise par la colonne, le nombre d'étages et les charges fixes et mobiles

ou

Si celle-ci est connue, en introduisant directement la valeur de la charge ponctuelle (sans coefficient)

Surface de plancher reprise par la colonne	S =	44,4 m²			
Nombre de niveaux soutenus par la colonne	n =	1			
	Charges permanentes			**Charges variables**	
	Poids propre		Surch. perm.		
Charges dues au plancher	pp		g		exploit.
rentrer manuellement q (kN/m²) =	3,20	+	2,00	+	5,0

OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,00	+	0,00	calcul des charges linéaires supplémentaires éventuelles reprises par la colonne
	sur		sur	
L (m)=	0,0 m		0,0 m	
n d'élé. lin. / niveau			Un seul	

Charges sans coefficient

P (kN) = la charge supportées par les planchers
+ les charge des poutres éventuelles
+ la charge des murs / des façades éventuelles

P (kN) =	142,1	+	88,8	+	222,0	= 453 kN

Charges avec coefficients (ELU)

Pcoef (kN) =	191,8	+	119,9	+	333,0	= 645 kN

0,0 kN

2 Longueur de la colonne

Longueur de la colonne (hauteur) = 19,0 m

3 Matériau

Sélectionner le matériau de la poutre dans la liste ci-après

Choisir le matériau dans la liste ci-après

5	1	Bois résineux (C18) max ~10m
	2	Bois lamellé collé (GL22)
	3	Bois feuillus (D30) max ~12m
	4	0
	5	Acier S235
	6	Béton Armé 30/37
	7	-
	8	-

4 Schema statique de la colonne

Choisir le bon schéma statique

4	1	2	3	4
L_0 = 9,50 m	L= 19,00 m	2L= 38,00 m	0,7L= 13,30 m	0,5L= 9,50 m
colonne	bi-rotulée	encastrée -libre	encastrée -rotulée	bi-encastrée

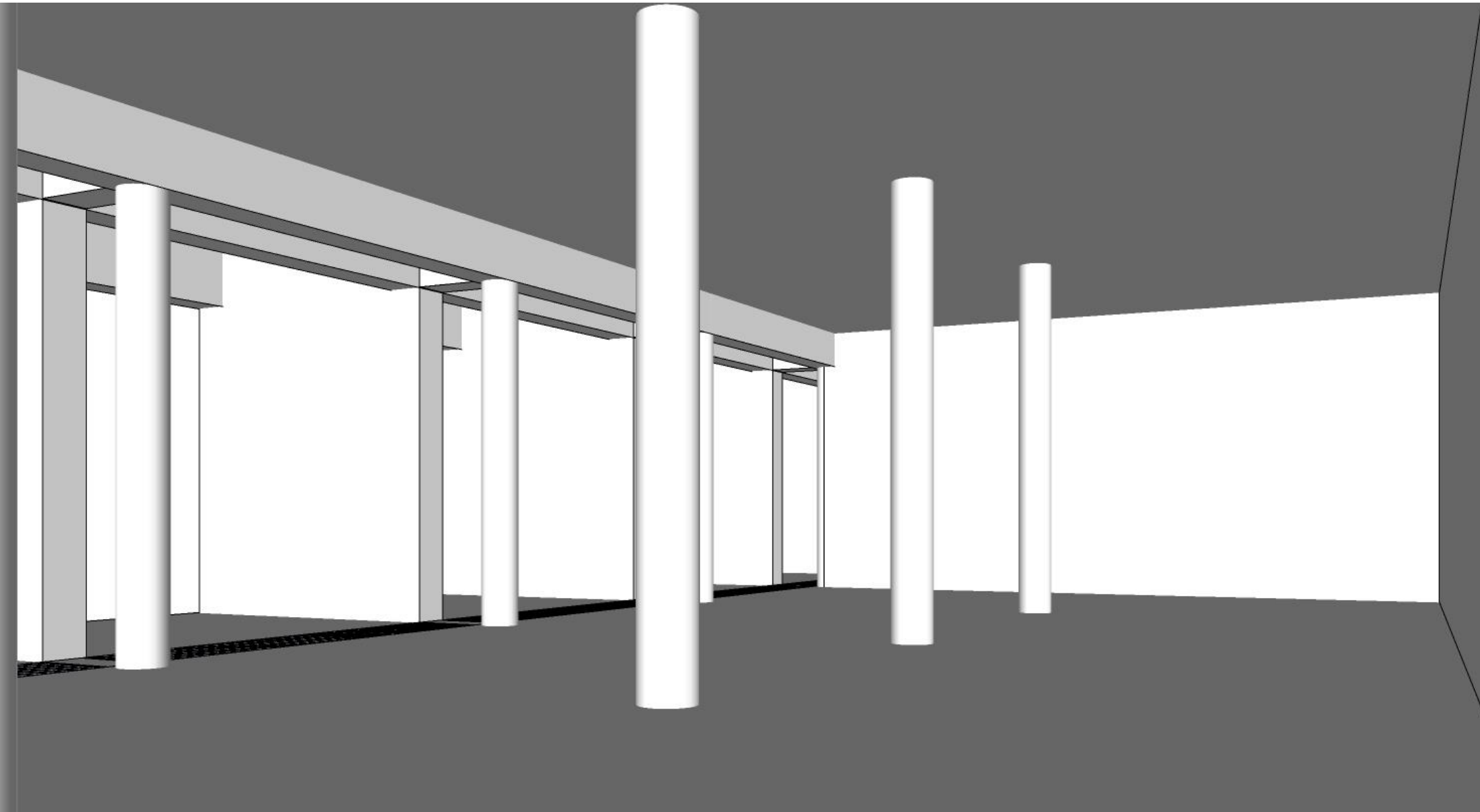
Résultat — Acier S235

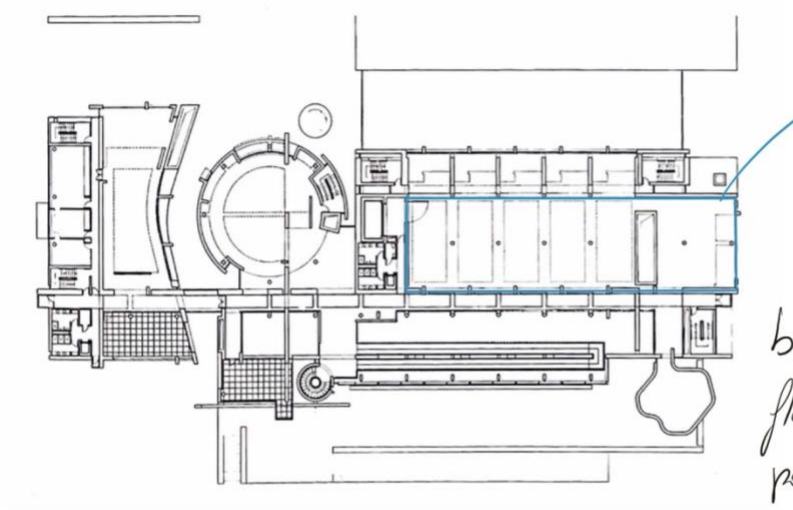
	Axe faible Profilé	Poids de la poutre kN/m	AXE FORT Profilé	Poids de la poutre kN/m
HE a	HE 260 A	0,68	HE 200 A	0,42
Tube carré	200 x 200 x8	0,469		
Tube circulaire	244,5x7,1	0,417		

Résultat : HEA 200

Prédimensionnement

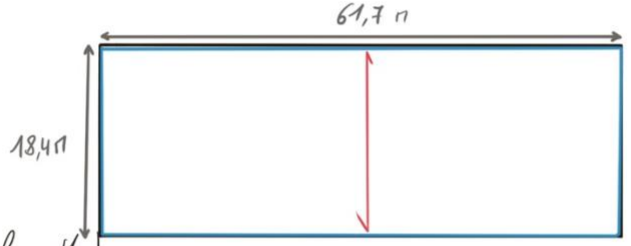
2.1_ Salle d'expo RDC





Dalle de béton de la salle d'exposition RDC

hypothèse 1:



bi-encastrée (appuie en commun)

flèche max 500 (supporte des éléments fissurable)

portée 18,4 m

e-axe 1 m

dalle en béton (en fct de la portée (18,4))

chape de finition +2 kN/m²

faux de personnes +5 kN/m²

la base est de 150 cm

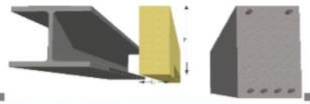
PREDIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE

Poutre...

Légende: Texte rouge (ou gris) sur fond jaune = cases à remplir, valeurs propres au projet à introduire

Référence de la poutre

Cet outil de pré-dimensionnement des poutres et des colonnes a été mis au point par Michel Provost et Denis Delpire. Son usage est à destination strictement pédagogique et ne remplace pas le travail de dimensionnement de l'ingénieur en stabilité.
Il est mis à disposition sous les termes de la licence Creative Commons Paternité – Pas d'Utilisation Commerciale – Partage des Conditions Initiales à l'Identique 3.0



1 Schéma statique de la poutre

Choisir le bon schéma statique dans les tableau ci-dessous aide

4

Schémas Statiques des poutres

poutre...		charge...		Moment Max (kNm)		Flèche Max
sur 2 appuis		1	ponctuelle	=PL/4	-	=P.L3/48.E.I
		2	répartie	=pL2/8	-	=5.p.L4/384.E.I
appuyée-encastrée		3	répartie	=-pL2/8	-	=p.L4/185.E.I
bi-encastrée		4	répartie	=pL2/12	988,6	=p.L4/384.E.I
encastrée-libre		5	ponctuelle	=-PL	-	=P.L3/3.E.I
		6	répartie	=-pL2/2	-	=p.L4/8.E.I
Si Mmax est connu (sans coefficient		7	M (kNm) =	4		-

2 Portée et charges

aide

Portée L = 18,4

Caractéristiques du PLANCHER soutenu par la poutre

e (entre-axe) supporté = 1,0 m

Introduire les charges SANS coefficient!

Nombre de planchers soutenus par la poutre n = 1

	Charges permanentes GK			Charges variables QK
	Poids propre pp	+	Surch. perm. g	exploit.
Choisir les charges surfaciques	Dalle Béton armé		Chape de finition + ca	Lieux de rassemblement de perso
portée de la dalle (L') =	#####			
OU: rentrer manuellement q (kN/m²) =	0,0		0,0	0,0
Charges surfaciques prise en compte: q (kN/m²) =	18,4	+	2,0	+ 5,0
OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,0	+	0,0	0,0

Charges sans coefficient

p (kN/m) = q x e x n + pl = 18,4 + 2,0 + 5,0 = 25,4

Charges avec coefficients (ELU) Pcoef (kN) =

aide pcoef (kN/m) = 24,8 + 2,7 + 7,5 = 35,04

Résultat — Béton Armé 30/37

Wel =	5,82E-02 m3	58 153 cm3	5,82E+07 mm3
I =	6,95E-03 m4	694 533 cm4	6,95E+09 mm4 aide

Choisir la largeur de la poutre: Si b = 100,0 cm

Poids poutre (kN) en par m: 15,01

Béton

alors h = 60,0 cm

par poutre: 276,16

Déformation

Critère dimension-nant

3 1 / 500 ème Flèche max

Introduire une fraction de la portée (1) ou un déplacement max (2) aide

Flèche relative max = portée/ 500 (1)

Flèche absolue max cm (2)

Flèche absolue résultant de votre choix 3,68 cm

4 Béton Armé 30/37 Matériau

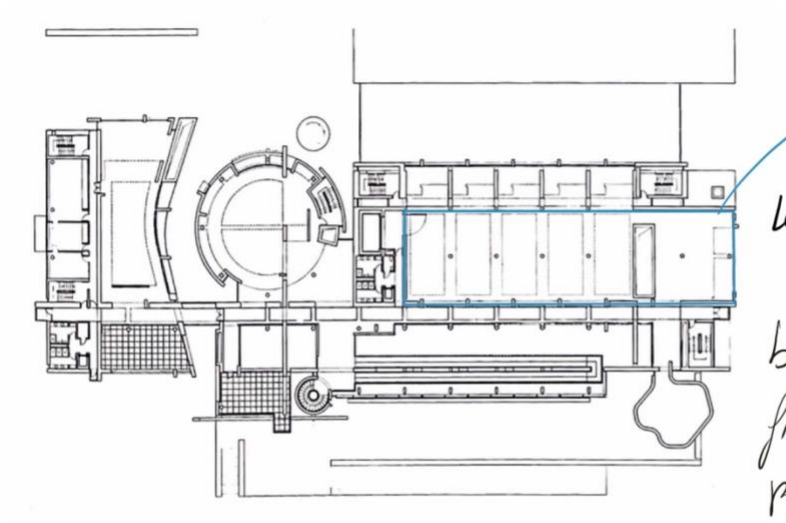
Choisir le matériau Béton Armé 30/37

Caractéristiques du matériau choisi:

Module de Young: E (N/mm² ou MPa) ##### aide

Contrainte: fd (N/mm² ou MPa) 17,0 aide

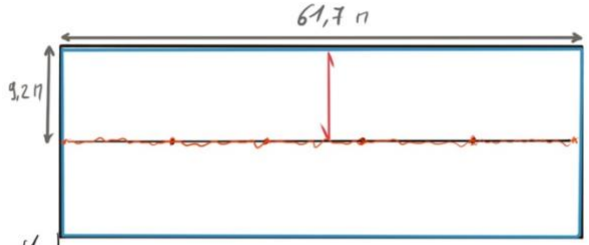
Résultat : h = 60 cm



Dalle de béton de la salle d'exposition RDC

hypothèse 2 :

Les nailles des colonnes se relient et forment une poutre au milieu



bi-encastrée (alliage en commun)

flèche max 500 (supporte des éléments fissurable)

portée 9,2 m

e-axe 1 m

dalle en béton (en fct de la portée (18/4))

chape de finition +2 kN/m²

farde de personnes +5 kN/m²

la base est de 150 cm

PREDIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE

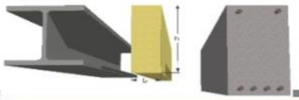
Poutre...

Référence de la poutre

Légende: Texte rouge (ou gris) sur fond jaune = cases à remplir, valeurs propres au projet à introduire

Cet outil de pré-dimensionnement des poutres et des colonnes a été mis au point par Michel Provost et Denis Delpire. Son usage est à destination strictement pédagogique et ne remplace pas le travail de dimensionnement de l'ingénieur en stabilité.

Il est mis à disposition sous les termes de la licence Creative Commons Paternité – Pas d'Utilisation Commerciale – Partage des Conditions Initiales à l'Identique 3.0



1 Schéma statique de la poutre

Choisir le bon schéma statique dans les tableau ci-dessous — aide

4

Schémas Statiques des poutres

poutre...		charge...		Moment Max (kNm)		Flèche Max
sur 2 appuis	1	ponctuelle	=PL/4	-		=P.L3/48.E.I
	2	répartie	=pL2/8	-		=5.p.L4/384.E.I
appuyée-encastrée	3	répartie	=-pL2/8	-		=p.L4/185.E.I
bi-encastrée	4	répartie	=pL2/12	159,5		=p.L4/384.E.I
encastrée-libre	5	ponctuelle	=-PL	-		=P.L3/3.E.I
	6	répartie	=-pL2/2	-		=p.L4/8.E.I
Si Mmax est connu (sans coefficient)	7	M (kNm) =	4	-		

2 Portée et charges

aide

Portée L = 9,2

Caractéristiques du PLANCHER soutenu par la poutre

e (entre-axe) supporté = 1,0 m

Nombre de planchers soutenus par la poutre n = 1

Introduire les charges SANS coefficient!

Charges	pp	Charges permanentes GK: Poids propre + g	Charges permanentes GK: Surch. perm.	Charges variables QK: exploit.
Choisir les charges surfaciques	Dalle Béton armé	Chape de finition + ca		Lieux de rassemblement de perso
portée de la dalle (L') =	9,2 m			
OU: rentrer manuellement q (kN/m²) =	0,0	0,0		0,0
Charges surfaciques prise en compte: q (kN/m²) =	9,2 +	2,0 +		5,0
OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,0 +	0,0		0,0

Charges sans coefficient

p (kN/m) = q x e x n + pl = 9,2 + 2,0 + 5,0 = **16,2**

Charges avec coefficients (ELU) Pcoef (kN) =

aide pcoef (kN/m) = 12,4 + 2,7 + 7,5 = **22,62**

Résultat — Béton Armé 30/37

Wel =	9,39E-03 m3	9 385 cm3	9,39E+06 mm3
I =	5,77E-04 m4	57 667 cm4	5,77E+08 mm4 aide

Choisir la largeur de la poutre: Si b = 60,0 cm

Poids poutre (kN) en Béton par m: 5,02

alors h = 33,5 cm

par poutre: 46,18

Déformation

Critère dimension-nant

3 1 / 500 ème Flèche max

Introduire une fraction de la portée (1) ou un déplacement max (2) — aide

Flèche relative max = portée/ 500 (1)

Flèche absolue max cm (2)

Flèche absolue résultant de votre choix 1,84 cm

4 Béton Armé 30/37 Matériau

Choisir le matériau: Béton Armé 30/37

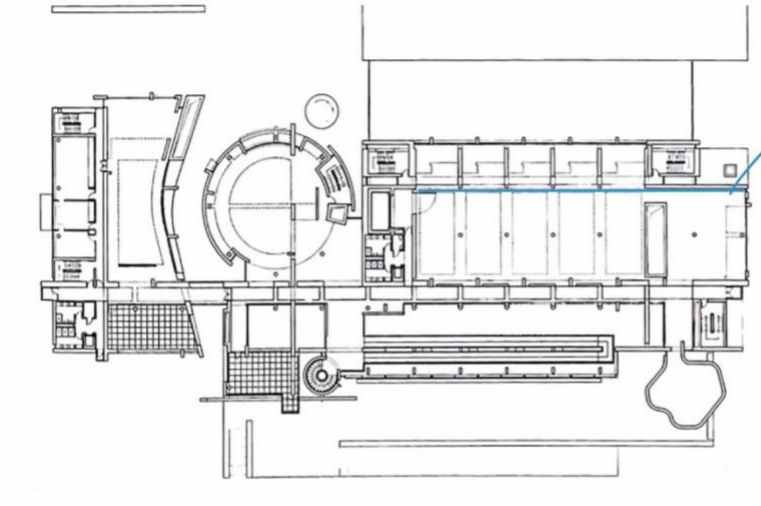
Caractéristiques du matériau choisi:

Module de Young: E (N/mm² ou MPa) #### aide

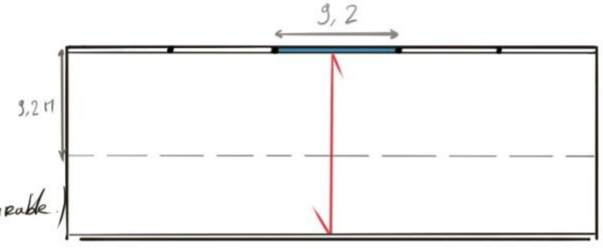
Contrainte: fd (N/mm² ou MPa) 17,0 aide

Aide et Exemples

Résultat : h = 33,5 cm



Poutre 5 RDC



bi-encastrée (alliage en connun)

flèche max 500 (supporte des éléments fissurable)

portée 9,2

e-axe 9,2

nbr d'étages : 1

dalle en béton (en fct de la portée (9,2))

chape de finition +2 kN/m²

fouk de peesonnes +5 kN/m²

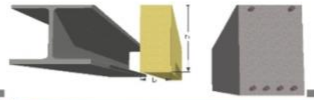
la base est de 60 cm

PREDIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE

Poutre... 5 — Référence de la poutre

Légende: Texte rouge (ou gris) sur fond jaune = cases à remplir, valeurs propres au projet à introduire

Cet outil de pre-dimensionnement des poutres et des colonnes a été mis au point par Michel Provost et Denis Delpire. Son usage est à destination strictement pédagogique et ne remplace pas le travail de dimensionnement de l'ingénieur en stabilité.
Il est mis à disposition sous les termes de la licence Creative Commons Paternité – Pas d'Utilisation Commerciale – Partage des Conditions Initiales à l'Identique 3.0



1 Schéma statique de la poutre

Choisir le bon schéma statique dans les tableau ci-dessous — aide

4

Schémas Statiques des poutres

poutre...		charge...		Moment Max (kNm)		Flèche Max
sur 2 appuis		1	ponctuelle	=PL/4	-	=P.L3/48.E.I
		2	répartie	=pL2/8	-	=5.p.L4/384.E.I
appuyée-encastrée		3	répartie	=-pL2/8	-	=p.L4/185.E.I
bi-encastrée		4	répartie	=pL2/12	1467,8	=p.L4/384.E.I
encastrée-libre		5	ponctuelle	=-PL	-	=P.L3/3.E.I
		6	répartie	=-pL2/2	-	=p.L4/8.E.I
Si Mmax est connu (sans coefficient		7	M (kNm) =	4	-	

2 Portée et charges

aide

Portée L = 9,2

Caractéristiques du PLANCHER soutenu par la poutre

e (entre-axe) supporté = 9,2 m

Nombre de planchers soutenus par la poutre n = 1

Introduire les charges SANS coefficient!

	Charges permanentes GK		Charges variables QK
	Poids propre pp	+ Surch. perm. g	exploit.
Choisir les charges surfaciques	Dalle Béton armé	Chape de finition + ca	Lieux de rassemblement de perso
portée de la dalle (L') =	9,2 m		
OU: rentrer manuellement q (kN/m²) =	0,0	0,0	0,0
Charges surfaciques prise en compte: q (kN/m²) =	9,2 +	2,0 +	5,0
OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,0 +	0,0	0,0
Charges sans coefficient **p (kN/m) = q x e x n + pl =**	84,6 +	18,4 +	#### = 149,0
Charges avec coefficients (ELU) **Pcoef (kN) =**			
aide **pcoef (kN/m) =**	114,3 +	24,8 +	#### = 208,10

Résultat — Béton Armé 30/37

Wel =	8,63E-02 m3	86 343 cm3	8,63E+07 mm3
I =	5,31E-03 m4	530 532 cm4	5,31E+09 mm4 aide

Choisir la largeur de la poutre: Si b = 60,0 cm

alors h = 84,8 cm

Poids poutre (kN) en par m: 12,71

par poutre: 116,97

Béton

Rupture

Critère dimension-nant

3 1 / 500 ème Flèche max

Introduire une fraction de la portée (1) ou un déplacement max (2) — aide

Flèche relative max = portée/ 500 (1)

Flèche absolue max cm (2)

Flèche absolue résultant de votre choix 1,84 cm

4 Béton Armé 30/37 Matériau

Choisir le matériau: Béton Armé 30/37

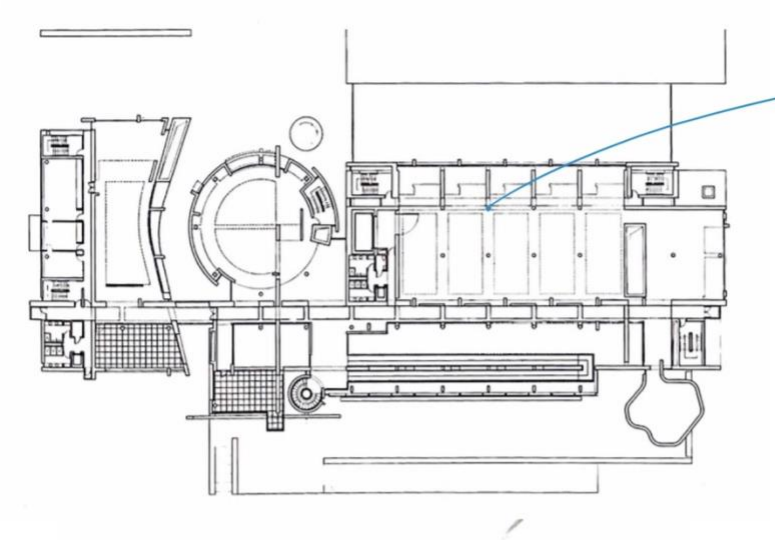
Caractéristiques du matériau choisi:

Module de Young: E (N/mm² ou MPa) #### aide

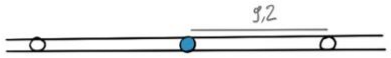
Contrainte: fd (N/mm² ou MPa) 17,0 aide

Aide et Exemples

Résultat : h = 84,8 cm



Colonne J5 RDC



bi-encastré

nbre de niveaux : 3

hauteur : 5 m

béton armé

colonne circulaire

Charge sur colonne 2025,89 kN

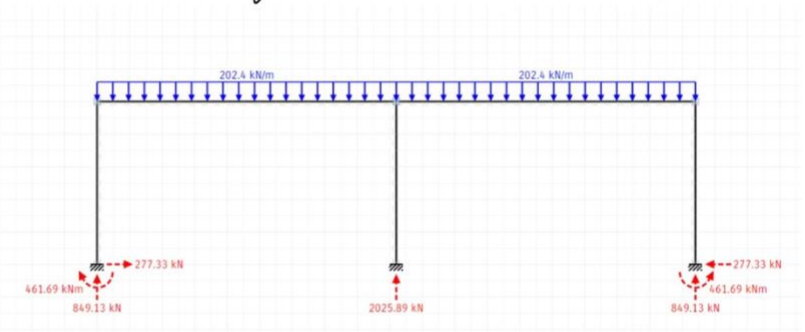
Sur stream:

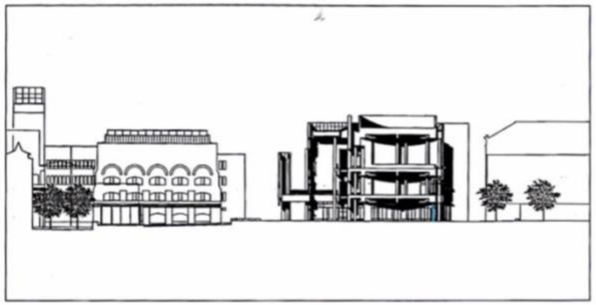
béton 25 kN/m³ . 0,6 . 9,2 = 138 kN/m

surch. perm 2 kN/m². 9,2 = 18,4 kN/m

charges variable 5 kN/m². 9,2 = 46 kN/m

→ 202,4 kN/m





Colonne...

Aide

Charge sur la colonne

Introduire les charges permanentes et variables brutes (SANS coefficient de majoration)

Deux façons d'introduire la charge: 1. par calcul ou 2. introduction directe

Par calcul: en introduisant la surface de plancher reprise par la colonne, le nombre d'étages et les charges fixes et mobiles

ou

Si celle-ci est connue, en introduisant directement la valeur de la charge ponctuelle (sans coefficient)

Surface de plancher reprise par la colonne S = 103,5 m²

Nombre de niveaux soutenus par la colonne n = 3

Charges dues au plancher	Poids propre	Surch. perm.	Charges variables
	pp	G	exploit.
rentrer manuellement q (kN/m²) =	3,20	2,00	5,0

OPTION: linéaire pl (kN/m) = 0,00 + 0,00

L (m)= 0,0 m sur 0,0 m sur

n d'élé. lin. / niveau Un seul

calcul des charges linéaires supplémentaires éventuelles reprises par la colonne

Charges sans coefficient

P (kN) = la charge supportées par les planchers + les charge des poutres éventuelles + la charge des murs / des façades éventuelles

P (kN) = 993,6 + 621,0 + 1 552,5 = 3 167 kN

Charges avec coefficients (ELU)

Pcoef (kN) = 1 341,4 + 838,4 + 2 328,8 = 4 508 kN

2 025,9 kN

2 836,3 kN

2 Longueur de la colonne

Longueur de la colonne (hauteur) = 5,0 m

3 Matériau

Sélectionner le matériau de la poutre dans la liste ci-après

Choisir le matériau dans la liste ci-après

6	1	Bois résineux (C18) max ~10m
	2	Bois lamellé collé (GL22)
	3	Bois feuillus (D30) max ~12m
	4	0
	5	Acier S235
	6	Béton Armé 30/37
	7	-
	8	-

4 Schema statique de la colonne

Choisir le bon schéma statique

	1	2	3	4
4	L=	2L=	0,7L=	0,5L=
L0 = 2,50 m	5,00 m	10,00 m	3,50 m	2,50 m
colonne	bi-rotulée	encastrée -libre	encastrée -rotulée	bi-encastrée

Résultat Béton Armé 30/37

Résultat : Ø = 42 cm

CAS 1: Colonne carrée volume de Béton

a (côté de la colonne) = 37,0 cm par colonne 0,685 m3

Rendement matière: 88%

CAS 2: Colonne ronde volume de Béton

D (diamètre de la colon 42 cm par colonne 0,692 m3

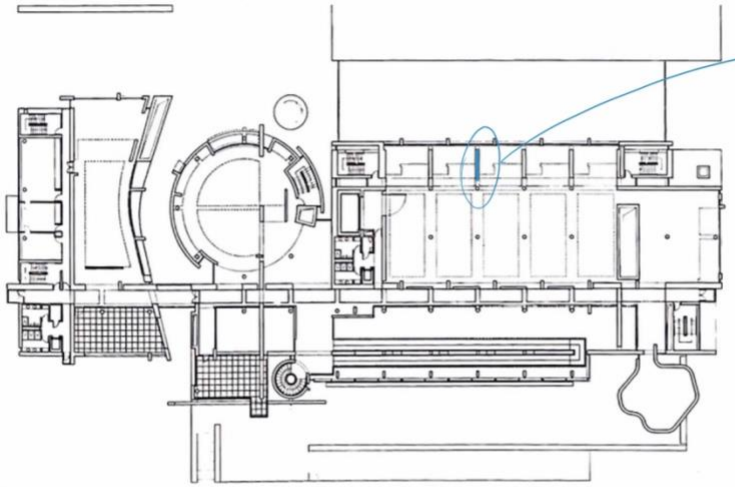
Rendement matière: 87%

CAS 3: Colonne rectangulaire volume de Béton

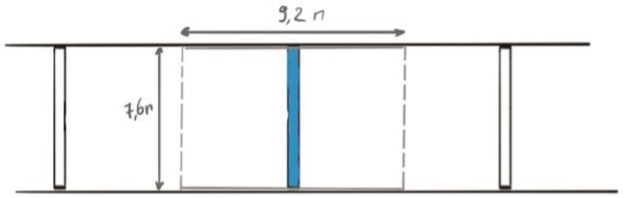
introduire b (petit côté de la colon 100 cm par colonne #VALEUR!

h (grand côté de la colo ! b < 37 cm

Rendement matière: #########



Mur porteur J RDC



bi-encastrée

Surface : 9,2.7,6 = 69,92 m²

nbr de niveaux : 3

hauteur 5

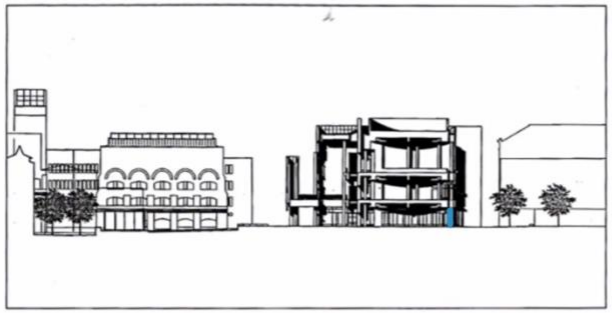
béton armé

colonne rectangulaire base 18 cm

poids propre 3,2 kN/m²

Surch perm. 2 kN/m² (chappe de finition)

Charges variables 5 kN/m² (foule)



Colonne... J

Aide

Charge sur la colonne

. par calcul ou 2. introduction directe

1 ou 2

Par calcul: en introduisant la surface de plancher reprise par la colonne, le nombre d'étages et les charges fixes et mobiles

Surface de plancher reprise par la colonne	S =	69,9 m²			
Nombre de niveaux soutenus par la colonne	n =	3			
	Charges permanentes			Charges variables	
	Poids propre		Surch. perm.		
Charges dues au plancher	pp		g		exploit.
rentrer manuellement q (kN/m²) =	3,20	+	2,00	+	5,0

Si celle-ci est connue, en introduisant directement la valeur de la charge ponctuelle (sans coefficient)

OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,00	+	0,00	
	sur		sur	
L (m)=	0,0 m		0,0 m	
n d'élé. lin. / niveau			Un seul	

calcul des charges linéaires supplémentaires éventuelles reprises par la colonne

Charges sans coefficient

P (kN) = la charge supportées par les planchers
+ les charge des poutres éventuelles
+ la charge des murs / des façades éventuelles

P (kN) =	671,0	+	419,4	+	1 048,5	= 2 139 kN

Charges avec coefficients (ELU)

Pcoef (kN) =	905,9	+	566,2	+	1 572,8	= 3 045 kN

0,0 kN

2 Longueur de la colonne

Longueur de la colonne (hauteur) = 5,0 m

3 Matériau

Sélectionner le matériau de la poutre dans la liste ci-après

Choisir le matériau dans la liste ci-après

6	1	Bois résineux (C18) max ~10m
	2	Bois lamellé collé (GL22)
	3	Bois feuillus (D30) max ~12m
	4	0
	5	Acier S235
	6	Béton Armé 30/37
	7	-
	8	-

4 Schema statique de la colonne

Choisir le bon schéma statique

4	1	2	3	4
L0 = 2,50 m	L= 5,00 m	2L= 10,00 m	0,7L= 3,50 m	0,5L= 2,50 m
colonne	bi-rotulée	encastrée -libre	encastrée -rotulée	bi-encastrée

Résultat Béton Armé 30/37

Résultat : h = 101,3 cm

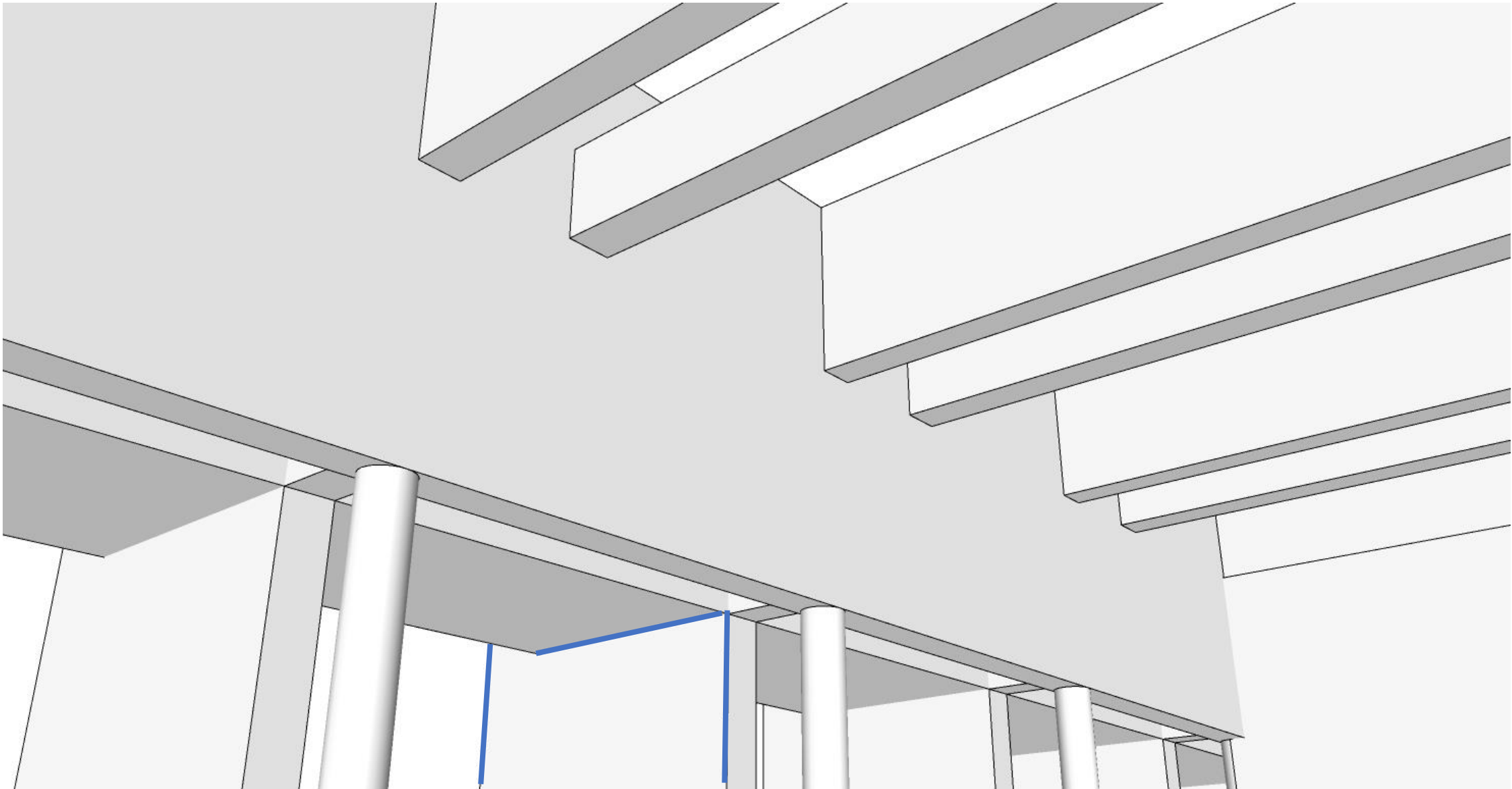
Avec b = 18 cm

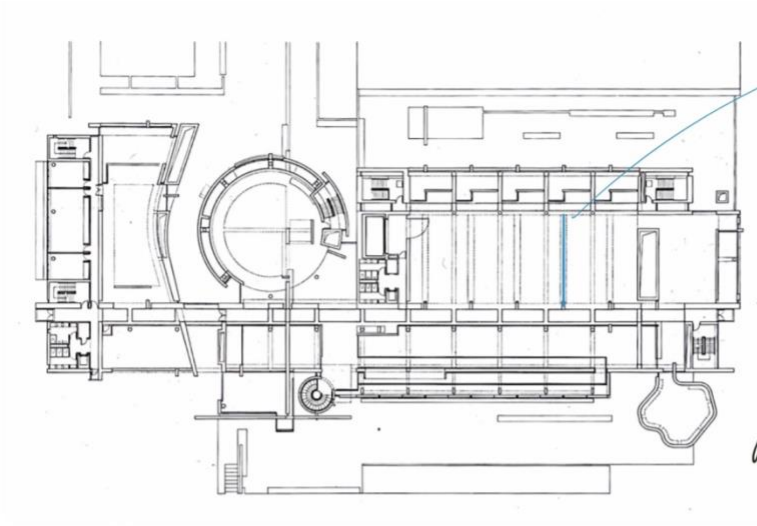
CAS 1: Colonne carrée			volume de Béton	
	a (côté de la colonne) =	38,0 cm	par colonne	0,722 m3
	Rendement matière:	89%		
CAS 2: Colonne ronde			volume de Béton	
	D (diamètre de la colon	43 cm	par colonne	0,726 m3
	Rendement matière:	89%		
CAS 3: Colonne rectangulaire			volume de Béton	
introduire	b (petit côté de la colon	18 cm	par colonne	0,912 m3
	h (grand côté de la colo	101,3 cm		
	Rendement matière:	71%		

Prédim Mur latéral J

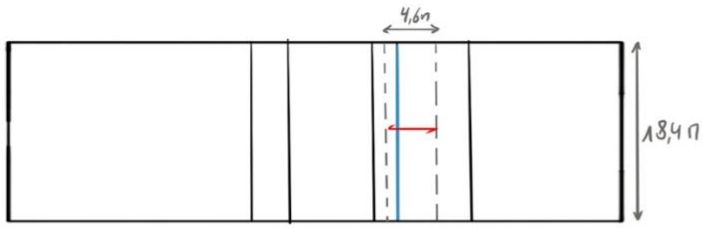
Prédimensionnement

2.2_ Salle d'expo R+2





Poutre n R+2



bi-encastrée (alliage en commun)

flèche max 500 (supporte des éléments fissurable)

portée 4,6

e-axe 18,4

nbr d'étages : 1

dalle en béton (en fct de la portée (4,6))

chape de finition +2 kN/m²

forfait de personnes +5 kN/m²

la base est de 60 cm

PREDIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE

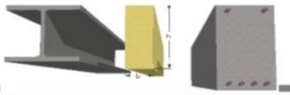
Poutre...

Référence de la poutre

Légende: Texte rouge (ou gris) sur fond jaune = cases à remplir, valeurs propres au projet à introduire

Cet outil de pré-dimensionnement des poutres et des colonnes a été mis au point par Michel Provost et Denis Delpire. Son usage est à destination strictement pédagogique et ne remplace pas le travail de dimensionnement de l'ingénieur en stabilité.

Il est mis à disposition sous les termes de la licence Creative Commons Paternité – Pas d'Utilisation Commerciale – Partage des Conditions Initiales à l'Identique 3.0



1 Schéma statique de la poutre

Choisir le bon schéma statique dans les tableau ci-dessous — aide

4

Schémas Statiques des poutres

poutre...		charge...	Moment Max (kNm)		Flèche Max
sur 2 appuis	1	ponctuelle	=PL/4	-	=P.L3/48.E.I
	2	répartie	=pL2/8	-	=5.p.L4/384.E.I
appuyée-encastrée	3	répartie	=-pL2/8	-	=p.L4/185.E.I
bi-encastrée	4	répartie	=pL2/12	532,4	=p.L4/384.E.I
encastrée-libre	5	ponctuelle	=-PL	-	=P.L3/3.E.I
	6	répartie	=-pL2/2	-	=p.L4/8.E.I
Si Mmax est connu (sans coefficient)	7	M (kNm) =	4	-	

2 Portée et charges

aide

Portée L = 4,6

Caractéristiques du PLANCHER soutenu par la poutre

e (entre-axe) supporté = 18,4 m

Nombre de planchers soutenus par la poutre n = 1

Introduire les charges SANS coefficient!

	Charges permanentes GK			Charges variables QK
	Poids propre	+	Surch. perm.	
Charges	pp		g	exploit.
Choisir les charges surfaciques	Dalle Béton armé		Chape de finition + ca	Lieux de rassemblement de perso
portée de la dalle (L') =	4,6 m			
OU: rentrer manuellement q (kN/m²) =	0,0		0,0	0,0
Charges surfaciques prise en compte: q (kN/m²) =	**4,6**	+	**2,0**	+ **5,0**
OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,0	+	0,0	0,0

Charges sans coefficient

p (kN/m) = q x e x n + pl = 84,6 + 36,8 + #### = **213,4**

Charges avec coefficients (ELU) **Pcoef (kN) =**

aide **pcoef (kN/m) =** 114,3 + 49,7 + #### = **301,94**

Résultat — Béton Armé 30/37

Wel =	3,13E-02 m3	31 319 cm3	3,13E+07 mm3
I =	9,91E-04 m4	99 110 cm4	9,91E+08 mm4 aide

Choisir la largeur de la poutre: Si b = 60,0 cm

Poids poutre (kN) en Béton par m: 7,96

alors h = 53,0 cm

par poutre: 36,60

Rupture

Critère dimension-nant

3 1 / 500 ème Flèche max

Introduire une fraction de la portée (1) ou un déplacement max (2) — aide

Flèche relative max = portée/ 500 (1)

Flèche absolue max cm (2)

Flèche absolue résultant de votre choix 0,92 cm

4 Béton Armé 30/37 Matériau

Choisir le matériau: Béton Armé 30/37

Caractéristiques du matériau choisi:

Module de Young: E (N/mm² ou MPa) #### aide

Contrainte: fd (N/mm² ou MPa) 17,0 aide

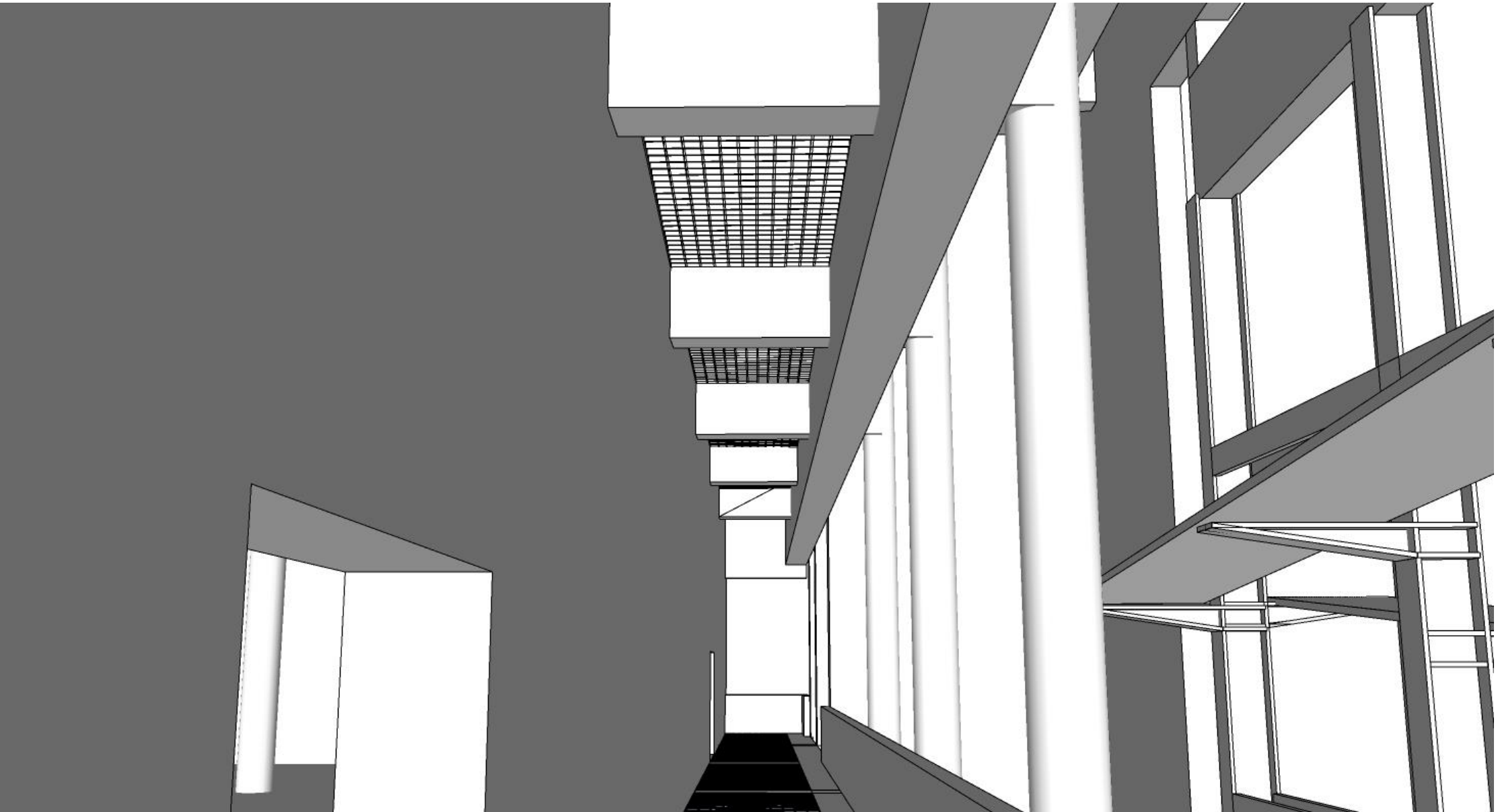
HELP!

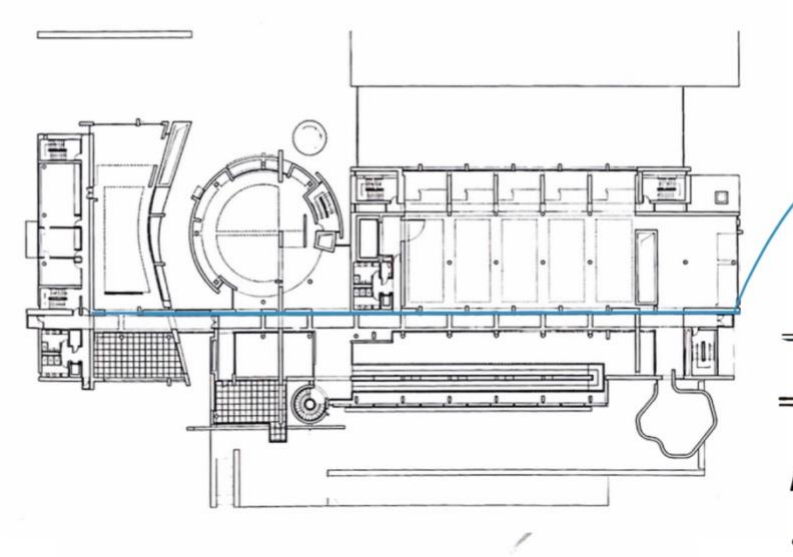
Aide et Exemples

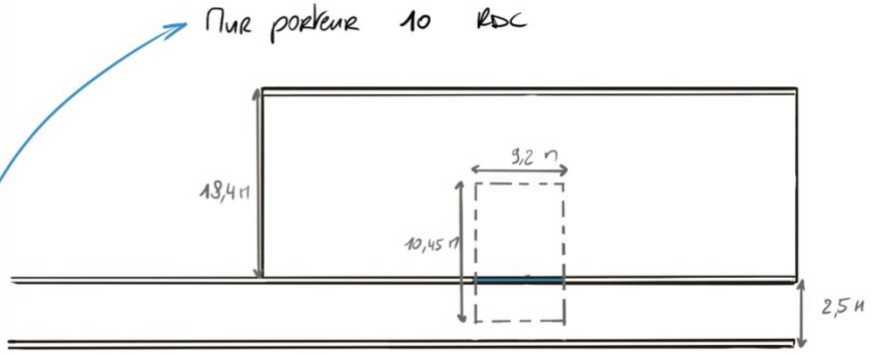
Résultat : h = 53 cm

Prédimensionnement

4_ Coursive intérieure

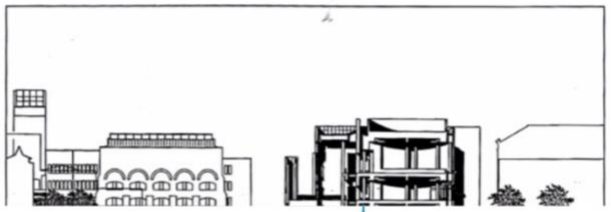






bi- encastrée
Surface : 10,45 . 3,2 = 96,14 m²
nbr de niveaux : 3
hauteur 5 m
béton armé
colonne rectangulaire base 22 cm

poids propre 3,2 kN/m²
surch perm. 2 kN/m² (chappe de finition)
charges variables 5 kN/m² (foule)



PREDIMENSIONNEMENT DE LA COLONNE

Cet outil de pré-dimensionnement des poutres et des colonnes a été mis au point par Michel Provost et Denis

Colonne... 10

Aide

1 Charge sur la colonne

Introduire les charges permanentes et variables brutes (SANS coefficient de majoration)

Deux façons d'introduire la charge: 1. par calcul ou 2. introduction directe

Par calcul: en introduisant la surface de plancher reprise par la colonne, le nombre d'étages et les charges fixes et mobiles

(1) ou (2) Si celle-ci est connue, en introduisant directement la valeur de la charge ponctuelle (sans coefficient)

Surface de plancher reprise par la colonne	S =	96,1 m²			
Nombre de niveaux soutenus par la colonne	n =	3			
	Charges permanentes			**Charges variables**	
	Poids propre		Surch. perm.		
Charges dues au plancher	pp		g		exploit.
rentrer manuellement q (kN/m²) =	3,20	+	2,00	+	5,0

OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,00	+	0,00	calcul des charges linéaires supplémentaires éventuelles reprises par la colonne
	sur		sur	
L (m)=	0,0 m		0,0 m	
n d'élé. lin. / niveau			Un seul	

Charges sans coefficient

P (kN) = la charge supportées par les planchers
+ les charge des poutres éventuelles
+ la charge des murs / des façades éventuelles

P (kN) = 922,9 + 576,8 + 1 442,1 = **2 942 kN**

Charges avec coefficients (ELU)

Pcalc (kN) = 1 246,0 + 778,7 + 2 163,2 = **4 188 kN**

0,0 kN

2 Longueur de la colonne

Longueur de la colonne (hauteur) = 5,0 m

3 Matériau

Sélectionner le matériau de la poutre dans la liste ci-après

Choisir le matériau dans la liste ci-après

6

1	Bois résineux (C18) max ~10m
2	Bois lamellé collé (GL22)
3	Bois feuillus (D30) max ~12m
4	0
5	Acier S235
6	Béton Armé 30/37
7	-
8	-

4 Schéma statique de la colonne

Choisir le bon schéma statique

4

L_0 = 2,50 m

1	2	3	4
L= 5,00 m	2L= 10,00 m	0,7L= 3,50 m	0,5L= 2,50 m
bi-rotulée	encastrée -libre	encastrée -rotulée	bi-encastrée

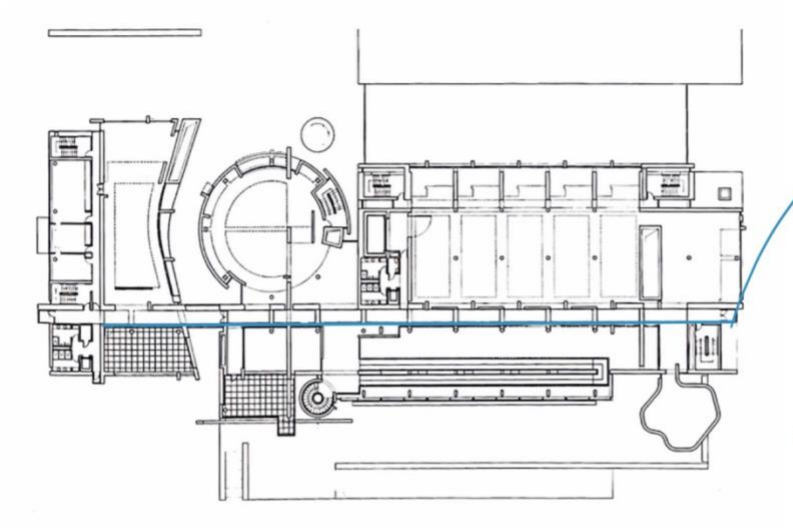
colonne

Résultat — Béton Armé 30/37

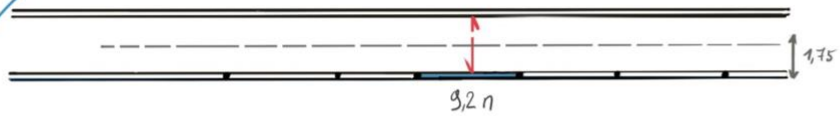
Résultat : h = 103,5 cm

Avec b = 22 cm

CAS 1: Colonne carrée			volume de	Béton
a (côté de la colonne) =	**44,0 cm**		par colonne	0,968 m3
Rendement matière:	92%			
CAS 2: Colonne ronde			volume de	Béton
D (diamètre de la colon	**49 cm**		par colonne	0,942 m3
Rendement matière:	94%			
CAS 3: Colonne rectangulaire			volume de	Béton
introduire b (petit côté de la colon	**22 cm**		par colonne	1,139 m3
h (grand côté de la colo	**103,5 cm**			
Rendement matière:	78%			



Poutre 11 RDC



bi-encastrée (alliage en commun)

flèche max 500 (supporte des éléments fissurable)

portée 9,2 m

e-axe 1,75 m

dalle en béton (en fct de la portée (9,2))

chape de finition +2 kN/m²

forfait de personnes +5 kN/m²

la base est de 60 cm

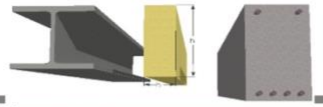
PREDIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE

Poutre... 11 — *Référence de la poutre*

Légende: Texte rouge (ou gris) sur fond jaune = cases à remplir, valeurs propres au projet à introduire

Cet outil de pré-dimensionnement des poutres et des colonnes a été mis au point par Michel Provost et Denis Delpire. Son usage est à destination strictement pédagogique et ne remplace pas le travail de dimensionnement de l'ingénieur en stabilité.

Il est mis à disposition sous les termes de la licence Creative Commons Paternité – Pas d'Utilisation Commerciale – Partage des Conditions Initiales à l'Identique 3.0



1 Schéma statique de la poutre

Choisir le bon schéma statique dans les tableau ci-dessous — aide

4

Schémas Statiques des poutres

poutre...		charge...		Moment Max (kNm)		Flèche Max
sur 2 appuis	1	ponctuelle	=PL/4	-		=P.L3/48.E.I
	2	répartie	=pL2/8	-		=5.p.L4/384.E.I
appuyée-encastrée	3	répartie	=-pL2/8	-		=p.L4/185.E.I
bi-encastrée	4	répartie	=pL2/12	279,2		=p.L4/384.E.I
encastrée-libre	5	ponctuelle	=-PL	-		=P.L3/3.E.I
	6	répartie	=-pL2/2	-		=p.L4/8.E.I
Si Mmax est connu (sans coefficient	7	M (kNm) =		4		-

2 Portée et charges

aide

Portée L = 9,2

Caractéristiques du PLANCHER soutenu par la poutre

e (entre-axe) supporté = 1,8 m

Nombre de planchers soutenus par la poutre n = 1

Introduire les charges SANS coefficient!

Charges	Charges permanentes GK: Poids propre pp	+ Surch. perm. g	Charges variables QK: exploit.
Choisir les charges surfaciques	Dalle Béton armé	Chape de finition + ca	Lieux de rassemblement de perso
portée de la dalle (L') =	9,2 m		
OU: rentrer manuellement q (kN/m²) =	0,0	0,0	0,0
Charges surfaciques prise en compte: q (kN/m²) =	9,2 +	2,0 +	5,0
OPTION: linéaire pl (kN/m) =	0,0 +	0,0	0,0

Charges sans coefficient

p (kN/m) = q x e x n + pl = 16,1 + 3,5 + 8,8 = **28,4**

Charges avec coefficients (ELU) **Pcoef (kN) =**

aide **pcoef (kN/m) =** 21,7 + 4,7 + #### = **39,59**

Résultat — Béton Armé 30/37

Wel =	1,64E-02 m3	16 424 cm3	1,64E+07 mm3	
I =	1,01E-03 m4	100 916 cm4	1,01E+09 mm4	aide

Choisir la largeur de la poutre: Si b = 60,0 cm

alors h = 39,8 cm

Poids poutre (kN) en par m: 5,97

Béton par poutre: 54,91

Rupture

Critère dimension-nant

3 1 / 500 ème Flèche max

Introduire une fraction de la portée (1) ou un déplacement max (2) — aide

Flèche relative max = portée/ 500 (1)

Flèche absolue max cm (2)

Flèche absolue résultant de votre choix 1,84 cm

4 Béton Armé 30/37 Matériau

Choisir le matériau: Béton Armé 30/37

Caractéristiques du matériau choisi:

Module de Young: E (N/mm² ou MPa) ##### aide

Contrainte: fd (N/mm² ou MPa) 17,0 aide

Aide et Exemples

Résultat : h = 43,1 cm

Conclusion du Travail

Premièrement ce qui nous a frappé, ce sont les nombreuses incohérences entre les plans – plans structurels donnés – photos pendant et après la construction. Nous avons donc décidé de nous baser en priorité sur les photos de la construction pendant le chantier. Après avoir analysé ces dernières, nous remarquons que la structure de la rampe et celle de la toiture sont séparées du reste du bâtiment (pour plus d'informations cf. P17-22). La façade vitrée sud, quant-à-elle, est autoportante.

Suite aux photos du chantier et des résultats des prédimensionnement nous pouvons conclure et confirmer que la structure est majoritairement en béton armé en poteau/poutre et que tous les étages sont reliés par des ferraillages. En effet, les éléments choisis pour prédimensionnement ont des valeurs plausibles que l'on peut vérifier à l'aide de la coupe et les photos (vérifications des proportions). Pour appuyer la vraisemblance de nos résultats, nous avons fait des recherches sur la structure du bâtiment comportant plusieurs parties.

_D'abord l'Atrium avec une triple hauteur supporté par de longues colonnes permettant une impression d'espace et laissant passer la lumière naturelle par la façade.

_Ensuite les salles d'expositions devant supporter une plus grande charge mais où les éléments de supports sont utilisés au bénéfice de l'exposition et laissent passer la lumière par la toiture et par un puit de lumière vitré et allongé.

_Et enfin un volume cylindrique où, à nouveau, la structure est utilisée pour mettre l'espace en valeur.

Richard Meier accorde beaucoup d'importance à la structure en la plaçant au centre de son projet. De l'extérieur, nous percevons distinctement une trame structurelle et répétitive qui organise le bâtiment et quadrille l'espace. A l'intérieur, nous retrouvons cette trame dans la continuité des colonnes et murs. A cette trame principale s'ajoute une trame secondaire de même sens mais légèrement décalée ; le but étant de casser la symétrie et le rythme instauré. Nous la retrouvons également à l'intérieur du bâtiment. Cependant, contrairement à la première, cette nouvelle trame est purement décorative sauf pour soutenir la toiture en verre (de la grande salle).

Nous ressentons également très largement la présence de la structure dans l'expression architecturale du MACBA. En effet, la trame mentionnée précédemment permet d'aligner des éléments structurels forts, telles les hautes poutres en toiture. En étudiant le bâtiment nous avons pu comprendre que ces éléments étaient certainement surdimensionnés, car ni leurs portée ni leur charge n'est assez élevée pour justifier une telle taille. En plus, certains éléments sont en acier et ont l'apparence de poutres en béton (recouvertes d'un parement, ciment). La confusion est présente… Dans les salles d'expositions nous avons également constaté que de fausses poutres avaient été ajoutées. En effet, en plus de la trame décorative expliquée plus tôt, tous ces éléments sont inutiles structurellement mais servent à diviser et rythmer l'espace.

Nous pouvons finalement conclure que, pour l'architecte, la structure n'est pas un élément contraignant mais plutôt un outil util pour diviser et hiérarchiser l'espace. De plus, nous supposons que Meier veut renforcer cette idée à l'aide de faux éléments (ex : poutres) et des surdimensionnements.

Bibliographie :

FRAMPTON Kenneth (2003), "*Richard Meier"*, Milan: Electa Architecture

Essays by FRAMPTON Kenneth and RYKWERT Joseph (1985-1991), "*Richard Meier Architect"*, United States of America: Rizzoli international publication

JODIDIO Philip (2008), *"Meier"*, Italy: Taschen

BIRKHÄUSER VERLAG (1996), "*Richard Meier Details"*, Germany: Verlag für Architektur

Références de photographies :

Fig.0.1 → Axonométrie tirée du site du MACBA, <https://www.macba.cat/en/learn-explore/publications/richard-meier-m useu-dart-contemporani-barcelona-macba>, consulté pour la dernière fois le 5 mars 2023

Fig.0.2.1 – 0.2.3 → plans schématiques de l'espace tirés du site du MACBA, <https://www.macba.cat/en/learn-explore/publications/richard-meier-museu-dart-contemporani-barcelona-macba>, consulté pour la dernière fois le 5 mars 2023

Fig.1.5 / 1.6 – 1.7 / 1.9 – 1.10 → Photos tirées du site du MACBA, <https://www.macba.cat/en/learn-explore/publications/richard-meier-museu-dart-contemporani-barcelona-macba>, consulté pour la dernière fois le 5 mars 2023 → Lluìs Casals (photographe), Photo de la construction du MACBA

Fig.1.2 – 1.4 / 1.7 – 1.8 / 1.11 – 1.12 → Photos tirées de "*Richard Meier"*, "*Richard Meier Architect"*, *"Meier"* and "*Richard Meier Details"*,

Sitographie :

Photos tirées du site du MACBA, <https://www.macba.cat/en/learn-explore/publications/richard-meier-museu-dart-contemporani-barcelona-macba>, consulté pour la dernière fois le 5 mars 2023

Visite virtuelle: https://www.macba.cat/en/support-museum/venue-hire/meier-building

Intentions générales : https://www.archiweb.cz/en/b/macba-museu-d-art-contemporani-de-barcelona