

# **La modélisation en 3D et les objets paramétriques**

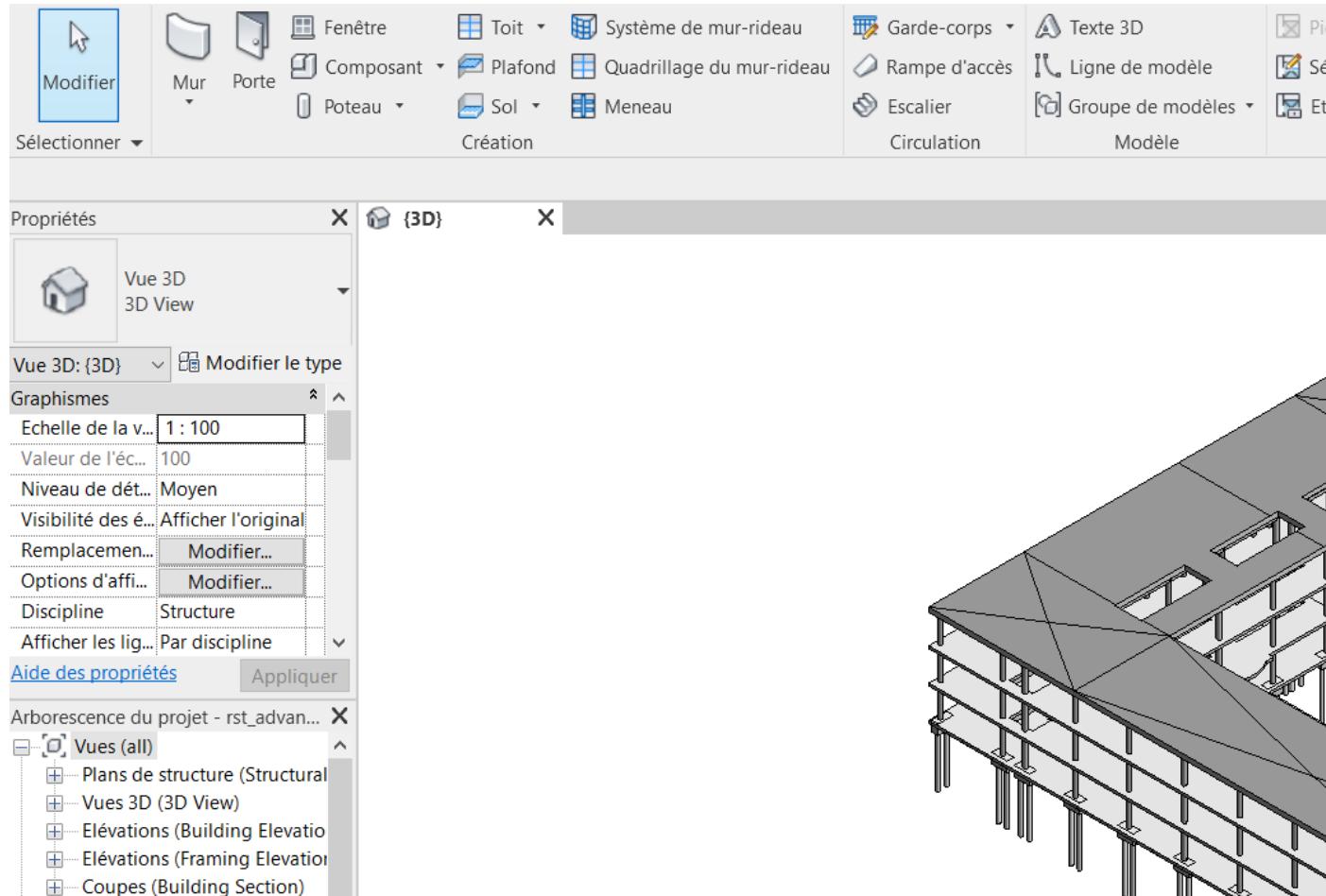
Bernd Domer, Yohann Schatz, Jocelyn Sapin

- 1. Quelques rappels**
- 2. Méthodes de modélisation**
- 3. Modélisation 3D et objets paramétriques dans Revit**

# 1. Quelques rappels

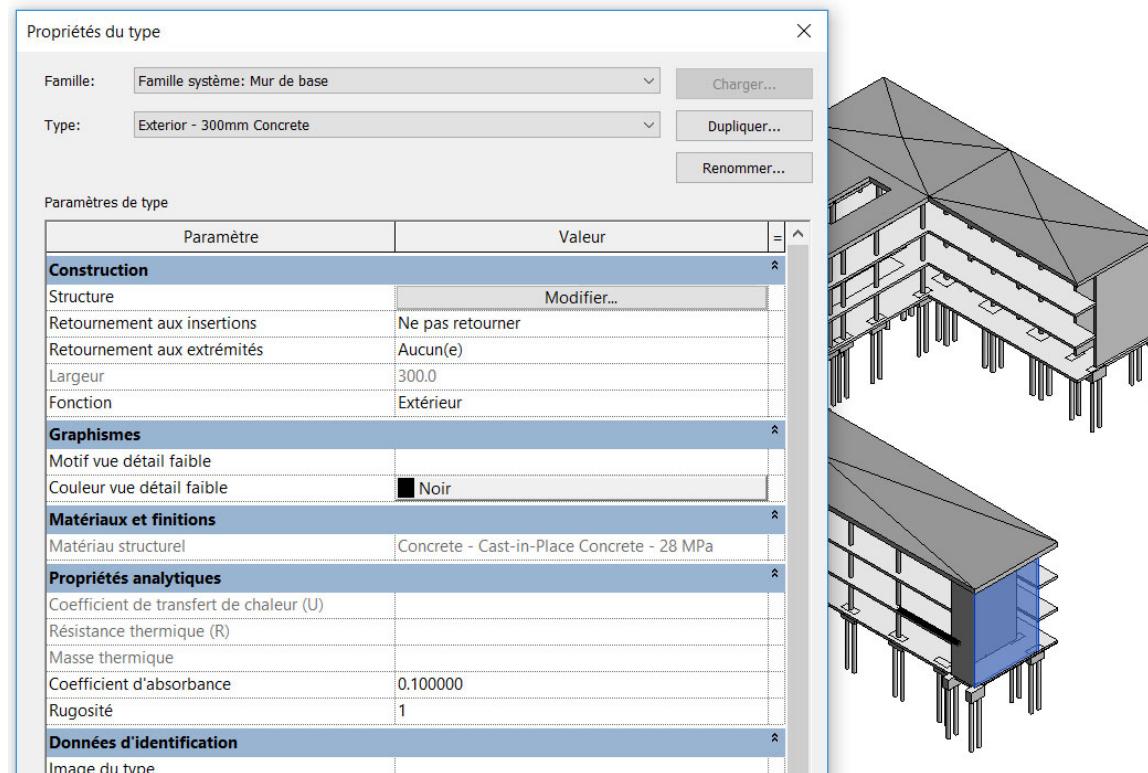
## Quelques rappels

- **Modélisation d'un ouvrage avec des objets en 3 dimensions (géométrie).**



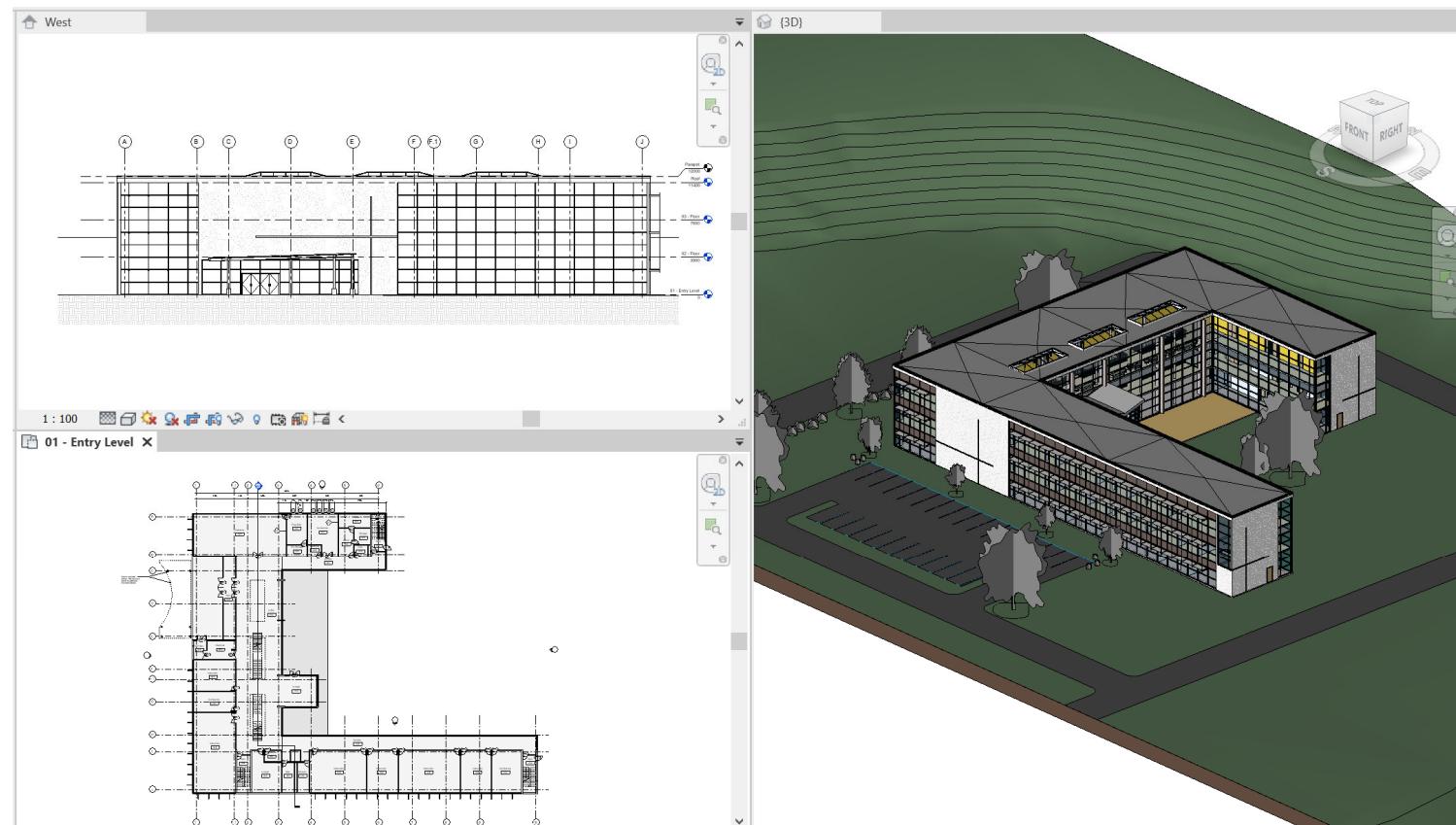
## Quelques rappels

- Il est possible de compléter la description géométrique d'un objet avec des **attributs** non-géométriques.



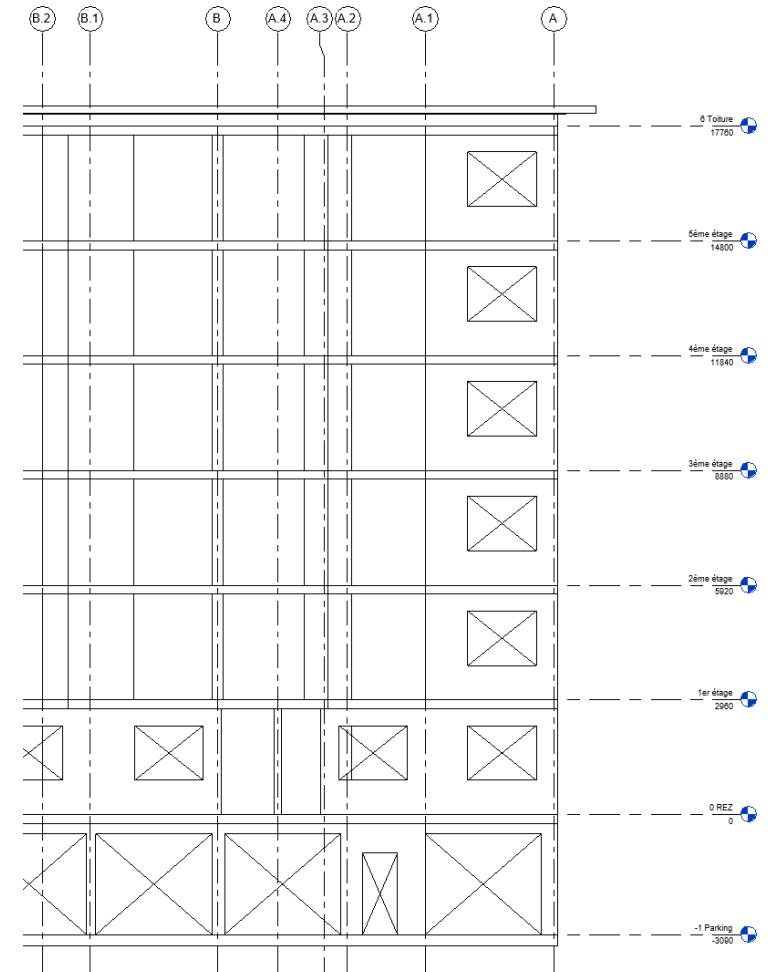
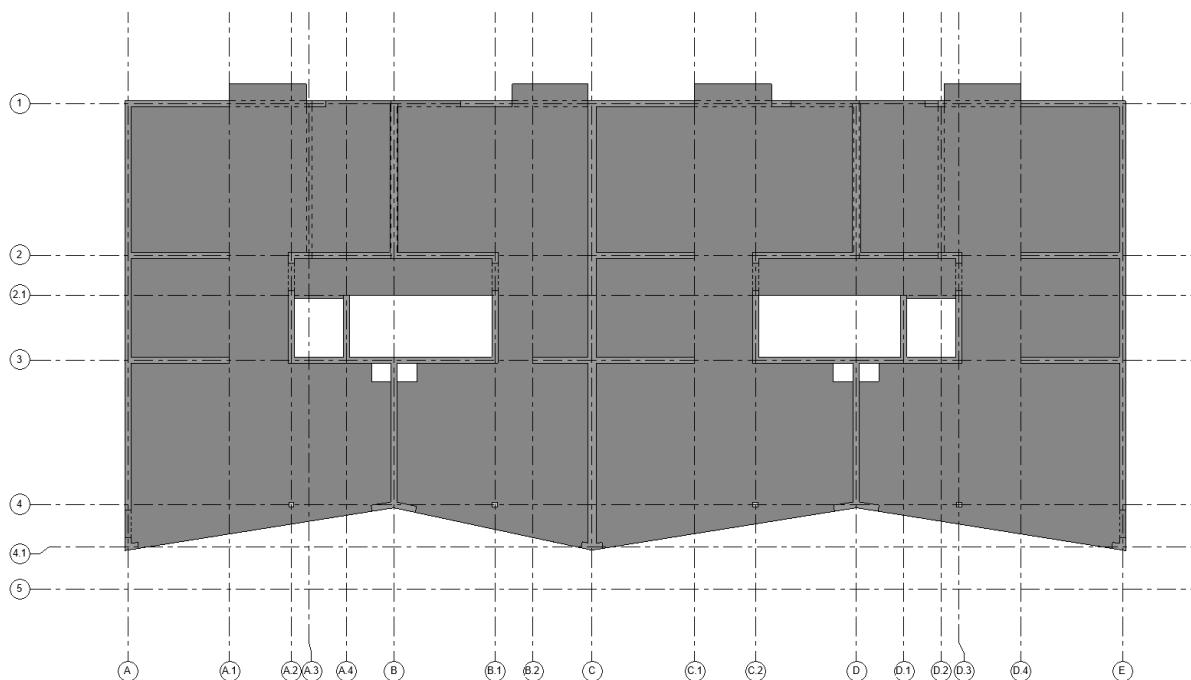
## Quelques rappels

- Le logiciel assure la **cohérence** entre le modèle et les représentations graphiques dérivés (plans, coupes, élévations, quantités) et l'inverse.



## Quelques rappels

- Les objets sont ordonnés selon une structure supérieure, p. ex. axes et niveaux pour les bâtiments



## 2. Méthodes de modélisation

# Méthodes de modélisation

## Modélisation directe

Modélisation d'un objet libre de toute contrainte, à la manière d'une "pâte à modeler 3D".

### Avantage ✓

- Modélisation et modification rapide d'un modèle, peu de complexité.

### Inconvénient ✗

- Peu d'automatisation.



## Modélisation paramétrique

Modélisation basée sur un ensemble de paramètres et de contraintes associées à la géométrie d'un objet.

### Avantages ✓

- Automatisation de la modélisation et des modifications.
- Réduction des incohérences.

### Inconvénient ✗

- Mise en œuvre fastidieuse.



## Modélisation générative

Génération de plusieurs variantes de conception en jouant sur les paramètres géométriques d'un objet.

### Avantage ✓

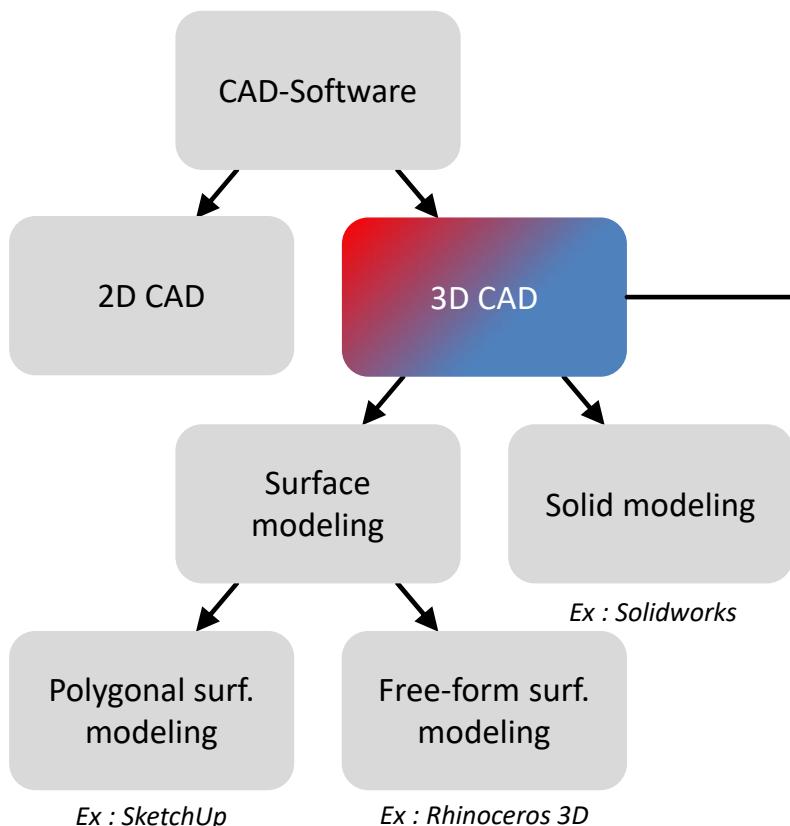
- Rapidité d'exécution.

### Inconvénient ✗

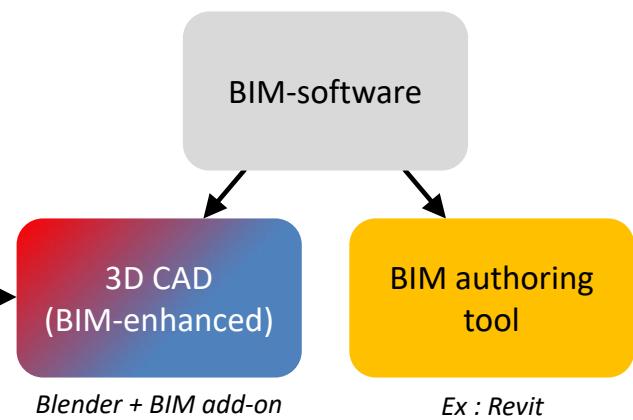
- Mise en œuvre fastidieuse.

# Méthodes de modélisation

## Géométrie + données d'apparence



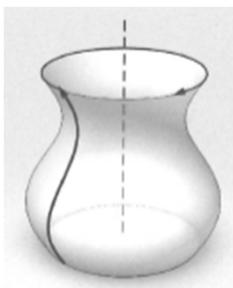
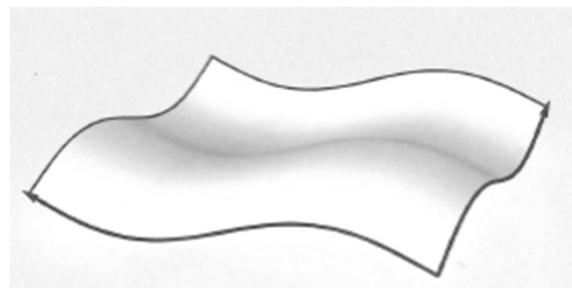
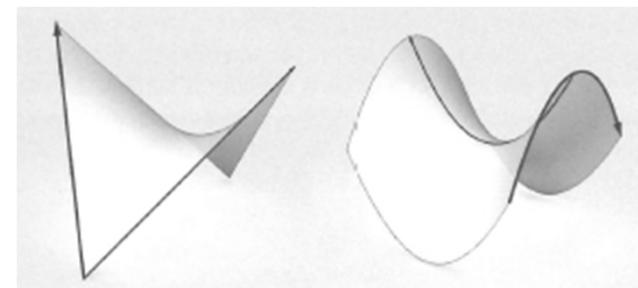
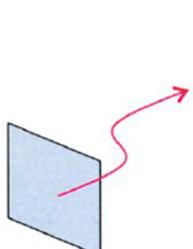
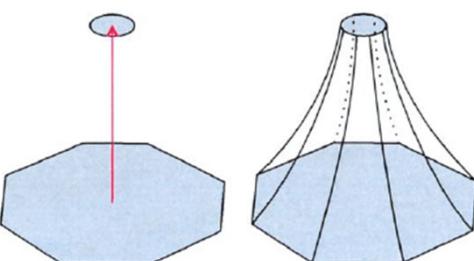
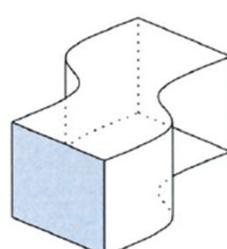
## Géométrie + données de l'ouvrage



- Direct modeling
- (Mechanical-specific) parametric modeling
- Building-specific parametric modeling

# Modélisation surfacique

Le principe est de créer des volumes par la définition de leurs surfaces. En fonction du programme utilisé, la méthode de création et le niveau de complexité géométrique peut être varié :

Extrusion<sup>1</sup>Revolution<sup>1</sup>Translation<sup>1</sup>Paraboloïde hyperbolique<sup>1</sup>Hélicoïdal<sup>1</sup>Sweep (extrusion)<sup>2</sup>Lofting (extrusion)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hemmerling M., Tiggemann A. (2011) *Digital Design Manual*, DOM Publishers.

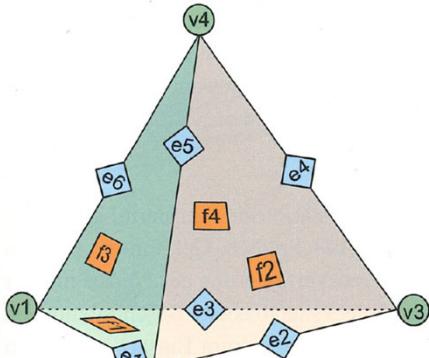
<sup>2</sup> Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J.: *Building Information Modeling*, Springer.

# Modélisation solide

## B-rep

(Boundary representation)

- difficile à modifier
- représentation de choix pour la visualisation et l'animation



solid	faces
1	1,2,3,4

face	edges
1	1, 2, 3
2	2, 4, 5
3	1, 5, 6
4	3, 4, 6

vertex	coordinates
1	2, 0, 0
2	0, 0, 0
3	3, 0, 0
4	1, 1, 3

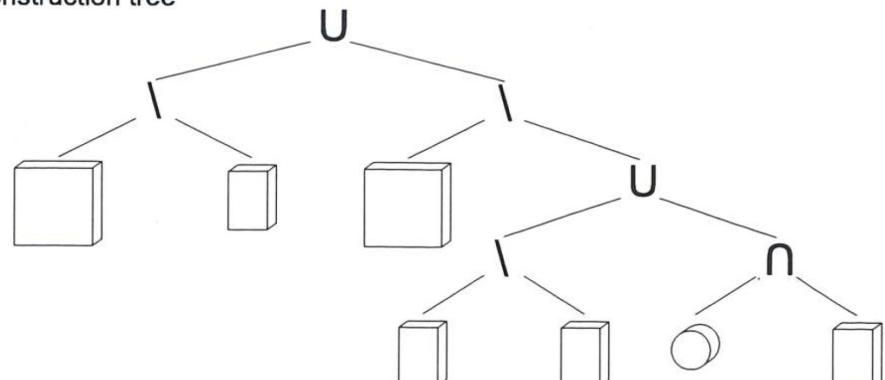
edge	vertices
1	1, 2
2	2, 3
3	3, 1
4	3, 4
5	2, 4
6	1, 4

## CSG

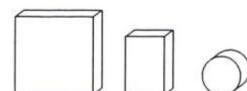
(Constructive Solid Geometry)

- les éléments peuvent être générés et modifiés selon besoin
- très compacte, facile à programmer, mais nécessite beaucoup de ressources en termes d'ordinateur

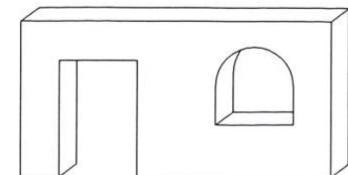
Construction tree



Primitives



Result



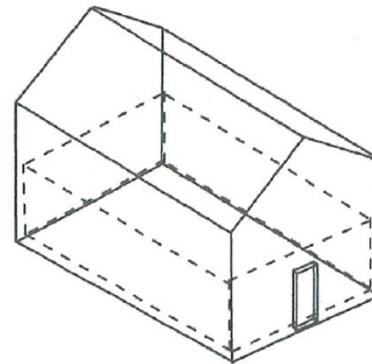
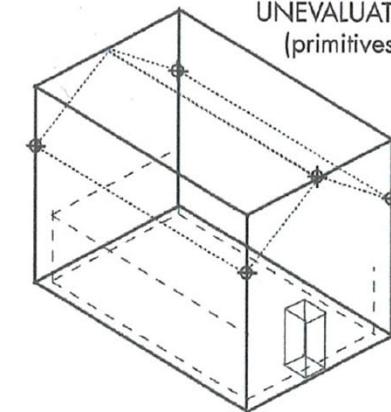
Source: Borrmann, A., et. al.: Building Information Modeling, Springer

# Modélisation solide

Aujourd’hui, un mélange entre B-rep et CSG est utilisée:

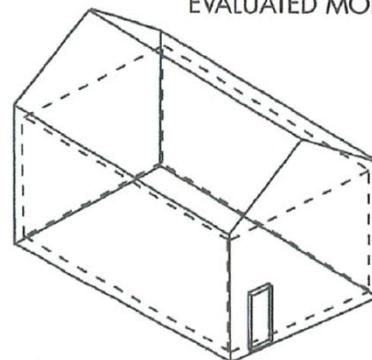
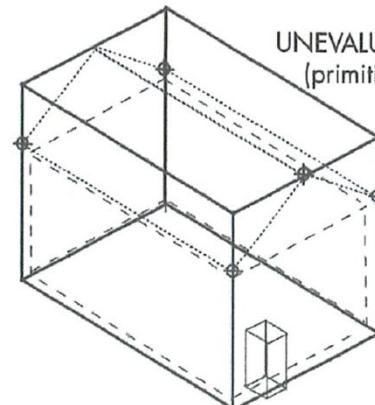
- B-rep pour la visualisation (evaluated shape)
- CSG pour les modifications (unevaluated shape)

EVALUATED MODEL:

UNEVALUATED MODEL:  
(primitives displayed):

```
Space := BLOCK[34.0,19.0,14.0,[0.5,0.5,0,1.0,0,0]);
Door := BLOCK[4.0,3.0,0.7,0,(33.0,6.0,1.0,1.0,0,0)];
```

EVALUATED MODEL:

UNEVALUATED MODEL:  
(primitives displayed):

# Modélisation paramétrique

Le principe est de créer et de contrôler des volumes en s'appuyant sur un ensemble de paramètres et de contraintes. A l'origine réservée au domaine du génie mécanique, cette méthode a été simplifiée dans le but de l'adapter au domaine de la construction.

## ⚠ Paramètres $\neq$ Contraintes

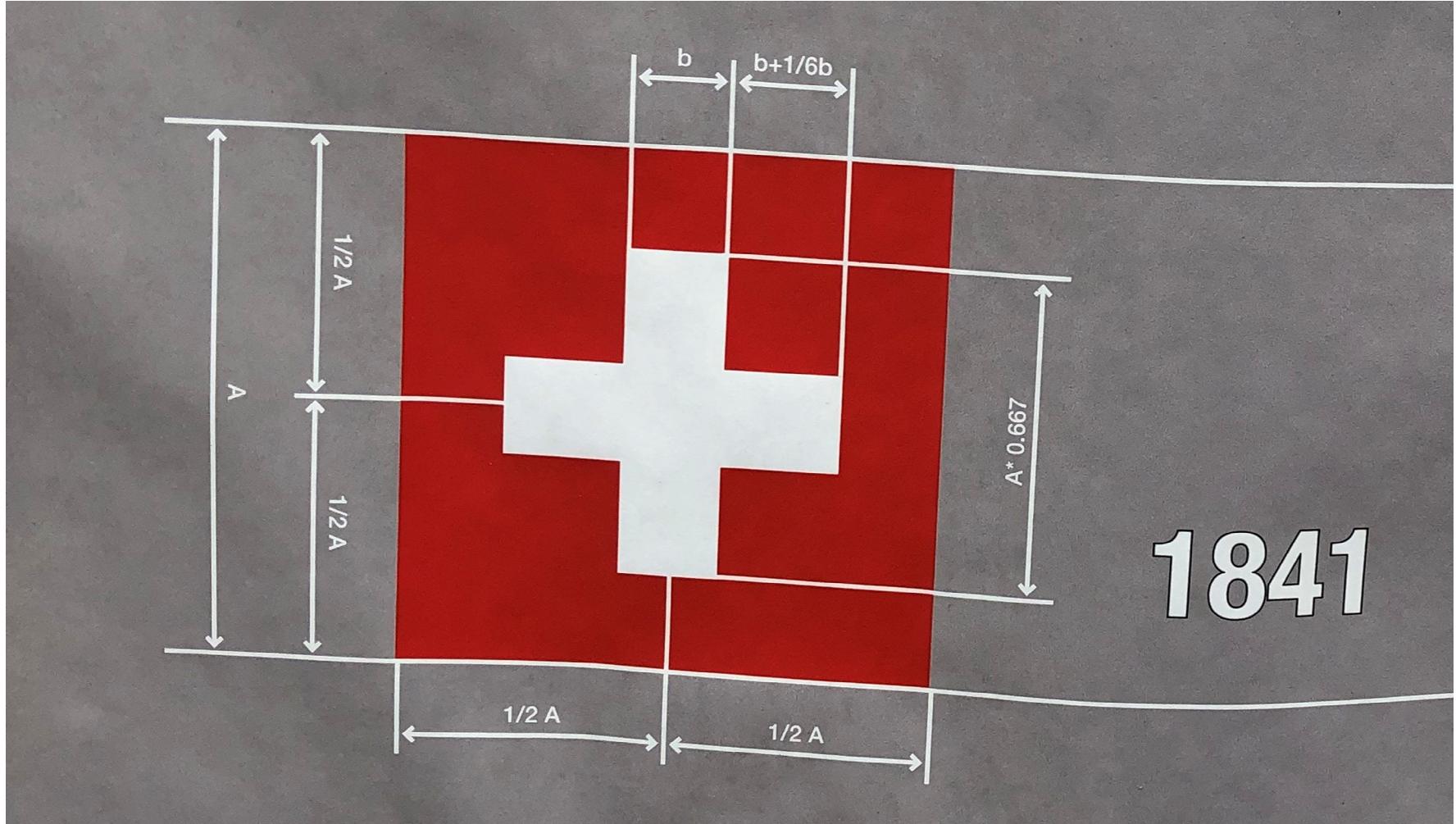
On emploie généralement le mot "paramètre" pour parler d'un attribut géométrique de l'élément (longueur, largeur, hauteur, etc...). La valeur d'un paramètre peut être **constante** ou **variable** (calculée à partir d'une fonction mathématique).

Une contrainte exprime une relation géométrique/dimensionnelle entre plusieurs éléments limitant le champ de valeur de certains paramètres.

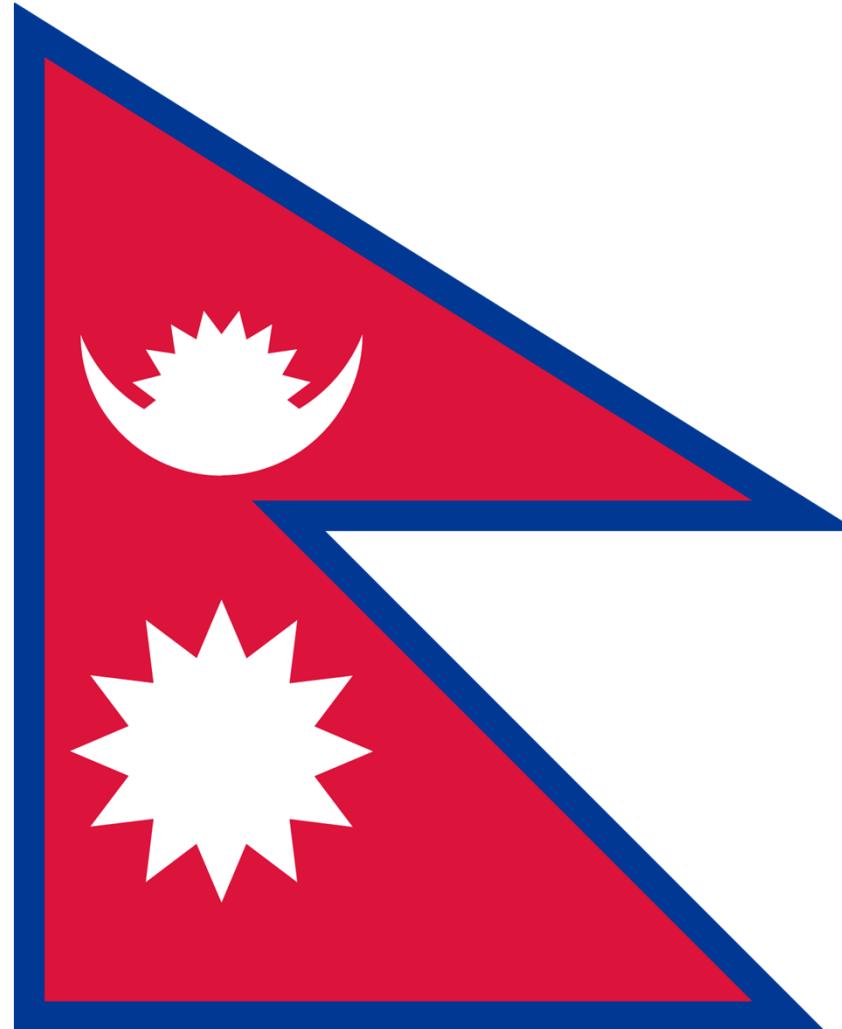
*Exemple : éléments parallèles, perpendiculaires, tangents, distants de ..., etc...*

Démontrez que le drapeau Suisse est entièrement paramétrable.

Indiquez les paramètres et les contraintes.



Et pour le Népal?



### 3. Modélisation 3d et objets paramétriques dans Revit

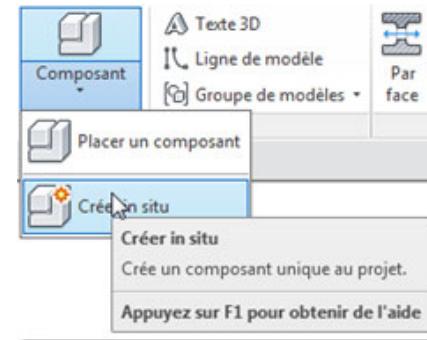
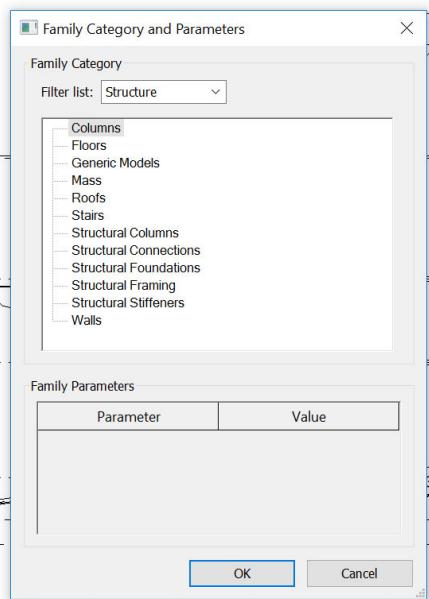
#### 3.1 Modélisation 3D

#### 3.2 Objets paramétriques

## 3.1 Modélisation 3D

# Les volumes 3D

Pour les éléments de formes plus complexes, Revit donne la possibilité de créer des volumes conceptuels en sélectionnant puis «créer in situ».

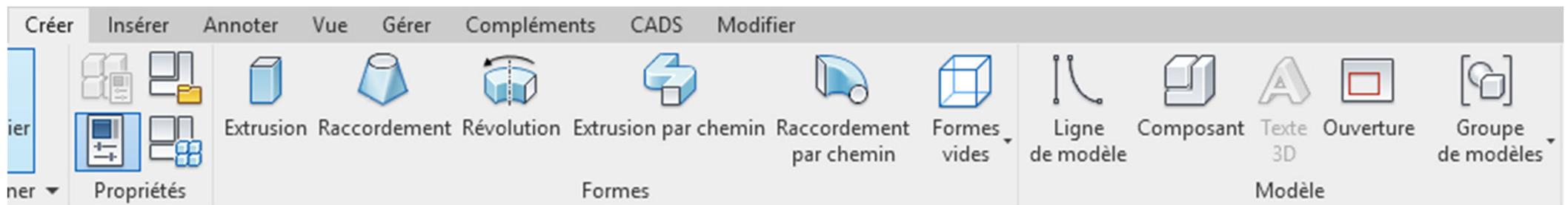


Une fenêtre vous demande de choisir la catégorie de l'élément à créer. Une fois la catégorie sélectionnée, un nouveau ruban s'affiche, identique à celui de l'éditeur de famille.

# Modélisation 3D

## Les volumes 3D

Un nouveau ruban s'affiche alors avec un onglet «Créer»



## Modélisation 3D

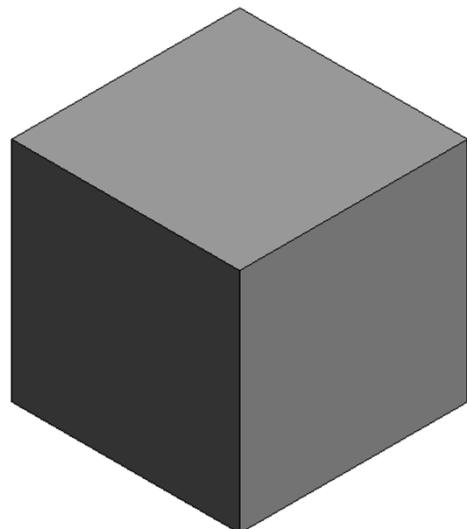
Il est alors possible de créer des volumes solides ou vides à partir de formes 2D. En associant ces volumes entre eux, on peut générer des géométries très complexes.

Il est important de noter que les volumes créés ainsi ne possèdent pas de modèle analytique en l'état, même s'ils ont été catégorisés comme éléments structurels. Il existe différentes méthodes pour ajouter un modèle analytique à notre volume qui seront développées dans le chapitre «Analyse de structure» de ce cours.

Toutes les formes 3D sont des extrusions de contours 2D fermés. C'est la manière dont les contours sont extrudés qui donne la spécificité de la forme finale. Revit permet 5 différentes méthodes d'extrusion.

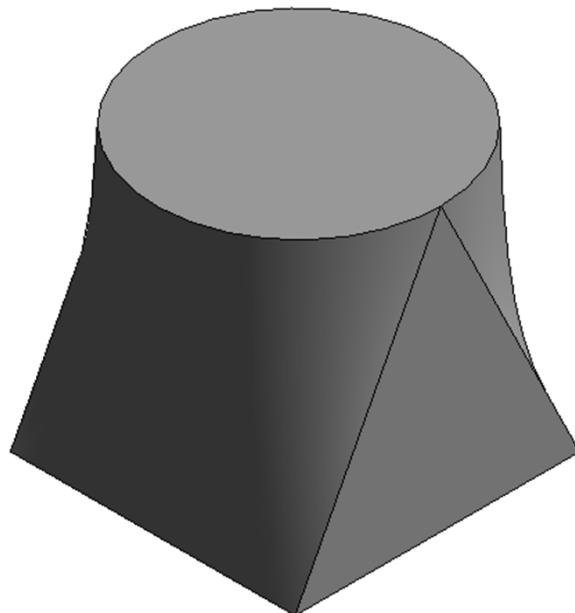
## Générer des volumes

### L'extrusion simple



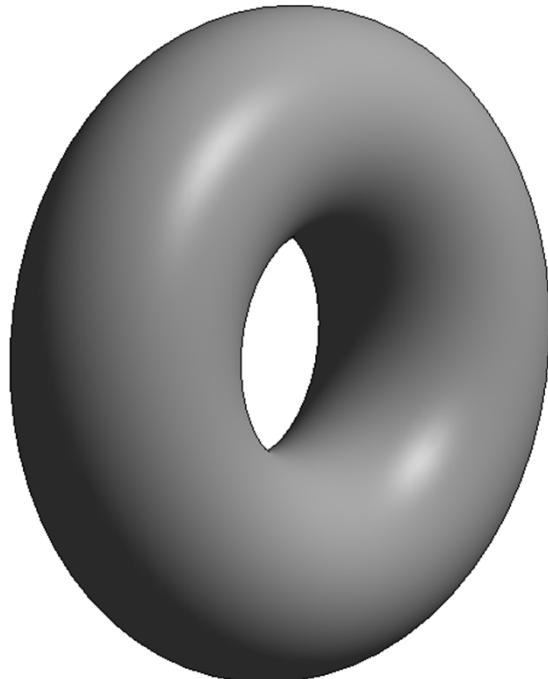
Un solide ou un vide par extrusion simple constitue la forme la plus facile à créer. Un profil 2D est esquissé dans un plan de construction puis est extrudé perpendiculairement au plan de l'esquisse.

## L'extrusion par raccordement



Il s'agit du même principe que l'extrusion simple, à l'exception que la surface de départ et la surface d'arrivée sont différentes.

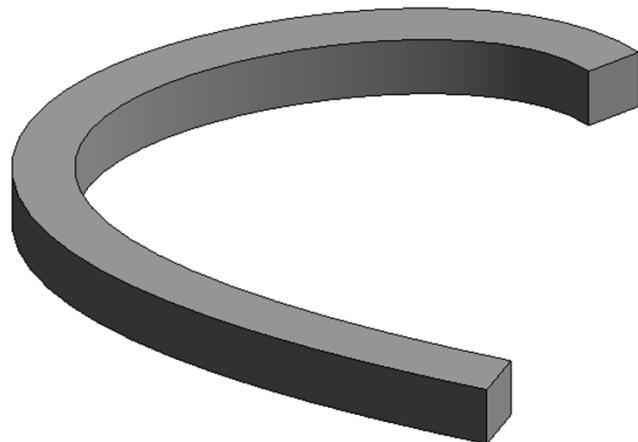
## L'extrusion par révolution



L'extrusion par révolution se fait en extrudant un profil 2D autour d'un axe de rotation.

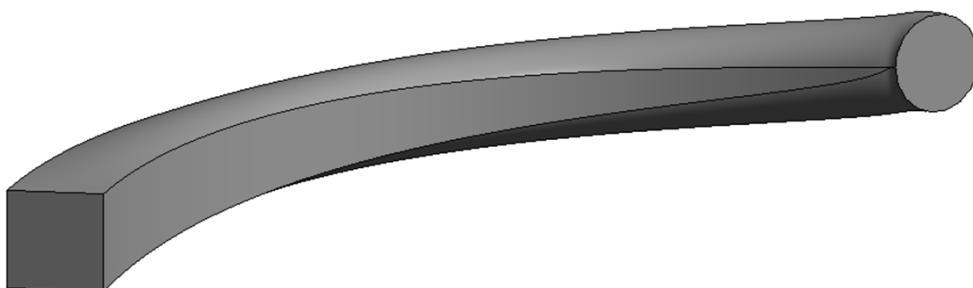
## Modélisation 3D

### L'extrusion par chemin



Comme son nom l'indique, l'extrusion par chemin permet d'extruder une surface en suivant une trajectoire. La trajectoire peut-être multisegmentée et en 3D.

## Le raccordement par chemin



Le raccordement par chemin est un mélange entre l'extrusion par raccordement et l'extrusion par chemin. On relie deux profils 2D différents en faisant suivre une trajectoire à l'extrusion.

# Modélisation 3D

Exercice: Les volumes 3D

## Composants «in situ»

La modélisation d'objets in situ se fait à partir de plan de référence créé directement dans le projet. Les plans de référence servent à dessiner les surfaces à extruder.

Les éléments créés in situ ne sont pas des familles et leur modification se fait donc également in situ.

L'avantage des éléments créés in situ est leur rapidité de modélisation, pour des objets avec peu d'occurrences.

Toutefois, ils ne peuvent pas être sauvegardés au format .rfa et ne possèdent pas de modèle analytique.

## 3.2 Objets paramétriques

## Objets paramétriques

Les objets sont définis par paramètres et règles qui génèrent des attributs géométriques et non géométriques d'une manière automatique.

Paramètres et règles d'un objet peuvent exprimer relations avec d'autres objets.

Paramètres et règles définissent le comportement d'un objet (sa mise à jour) lorsque le contexte est modifié.

## Objets paramétriques

Les objets paramétriques peuvent être définis par les attributs et les règles (contraintes) comme suit:

- 1) Relations géométriques (distances et angles)
- 2) Relations descriptives (coïncident, parallèle, verticale)
- 3) Équations (p. ex., paramètre \* 2)

Chaque objet intègre environ 50 règles de bas-niveau pour le définir [...]. Un utilisateur peut rencontrer par exemple des problèmes avec une implantation particulière des murs, car elle n'est pas couverte par des règles incorporées.

## Objets paramétriques

Chaque société qui se considère elle-même comme experte en BIM doit avoir la capacité de définir ses propres bibliothèques avec ses propres objets paramétriques reflétant ainsi son expertise et savoir-faire.

Les logiciels «Sketch up» et «Rhino» ne sont pas des outils pour une modélisation paramétrique. Les deux utilisent des méthodes fixes (non spécifiques à l'objet) pour la modification géométrique des éléments. Les mêmes fonctionnalités sont appliquées à tous les objets, facilitant l'apprentissage et l'utilisation du logiciel.

# Objets paramétriques

**IPE, PEA**

**IPE- und IPEA-Träger Profilés IPE et IPEA**



A<sub>v</sub> = A - 2bt<sub>f</sub> + (t<sub>w</sub>+2r)t<sub>f</sub>  
 $A_{av} = (h-t_f) \cdot t_w$  W<sub>ely</sub> =  $\frac{I_y}{h/2}$   
 $S_y = \frac{1}{2}W_{ply}$  W<sub>y</sub> =  $\frac{I_y}{(h-t_f)/2}$   
 $S_z = \frac{1}{2}W_{pz}$  W<sub>elz</sub> =  $\frac{I_z}{b/2}$

Maximale Lagerlängen / Longueurs maximales en stock:  
 $h \leq 180$  18 m  
 $h \geq 200$  24 m  
 EURONORM 19 - 57,  
 DIN 1025/5, ASTM A 6,  
 Werksnorm/Norme d'usine

Das Verfahren PP nach SIA 263 ist für dieses Profil aus S355 bei reiner Biegung ( $n = 0$ ) nicht anwendbar!  
 Auch in S355J0 oder S355J2 ab Schweizer Lager erhältlich.

La méthode PP selon SIA 263 n'est pas applicable pour ce profilé en acier S355 en flexion simple ( $n = 0$ )!  
 Livrable en S355J0 ou S355J2 du stock suisse.

IPE	m kg/m	Statische Werte / Valeurs statiques												
		A mm <sup>2</sup>	A <sub>v</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>w</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>ely</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>ply</sub> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> mm	I <sub>z</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>elz</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>pz</sub> mm <sup>3</sup>	i <sub>z</sub> mm	K = I <sub>x</sub> mm <sup>4</sup>
80*	6,0	764	358	284	0,801	20,0	21,4	23,2	32,4	0,085	3,69	5,82	10,5	0,0067
100*	8,1	1030	508	387	1,71	34,2	36,3	39,4	40,7	0,159	5,79	9,15	12,4	0,0115
120*	10,4	1320	631	500	3,18	53,0	55,9	60,7	49,0	0,277	8,65	13,6	14,5	0,0169
140*	12,9	1640	764	626	5,41	77,3	81,3	88,3	57,4	0,448	12,3	19,2	16,5	0,0240
160*	15,9	2010	968	763	8,61	108	114	124	65,8	0,683	16,7	21,1	18,4	0,0393
180*	18,8	2390	1125	912	13,2	146	154	166	74,2	0,101	22,2	34,6	20,5	0,0472
200*	22,4	2850	1400	1070	19,4	194	203	221	82,6	1,42	28,5	44,6	22,4	0,0685
220*	26,2	3340	1588	1240	27,7	252	263	285	91,1	2,05	37,3	58,1	24,4	0,0868
240*	30,1	3910	1914	1434	34,4	329	344	368	107	2,47	47,3	73,9	29,9	0,127
270*	36,1	4590	2290	1710	57,1	429	446	484	112	4,20	62,2	97,0	30,2	0,157
300*	42,2	5380	2568	2050	93,6	557	578	628	125	6,04	89,5	125	32,5	0,199
330*	49,1	6280	3031	2390	117,7	713	739	804	137	7,98	98,9	154	35,6	0,276
360*	57,1	7270	3514	2780	162,7	904	937	1020	150	10,4	123	191	37,9	0,371
400*	66,3	8450	4269	3320	231,3	1160	1200	1310	165	13,2	146	229	39,5	0,504
450*	77,6	9880	5095	4090	337,4	1600	1560	1700	185	16,8	176	276	41,2	0,661
500*	90,7	11600	5937	4940	482,0	1930	1990	2190	204	21,4	214	336	43,1	0,886
550	106	13400	7234	5910	671,2	2440	2520	2790	223	26,7	254	401	44,5	1,22
600	126	15600	8378	6970	920,8	3070	3170	3510	243	33,9	308	486	46,6	1,65
750 x 137	17500	9290	8460	1598	4250	4340	4860	303	51,7	393	614	54,4	1,36	
750 x 147	18700	10400	9720	1661	4410	5150	5110	298	52,2	399	631	53,1	1,57	
750 x 173	22100	11640	10700	2058	5400	5560	6220	305	68,7	515	810	55,7	2,71	
750 x 196	25100	12730	11600	2403	6240	6450	7170	310	81,8	610	959	57,1	4,06	
<b>PEA</b>														
120	8,7	1100	542	428	2,57	43,8	45,8	49,9	48,3	0,224	7,00	11,0	14,2	0,0101
140	10,5	1340	620	501	4,35	63,3	66,0	71,6	57,0	0,364	9,98	15,5	16,5	0,0133
160	12,7	1620	780	604	6,89	87,8	91,2	99,1	65,3	0,544	13,3	20,7	18,3	0,0191
180	15,4	1960	920	733	10,6	120	124	135	73,7	0,819	18,0	28,0	20,5	0,0265
200	18,4	2350	1147	855	15,9	162	167	182	82,3	1,17	23,4	36,5	22,3	0,0402
220	22,2	2830	1365	1050	23,3	227	240	261	94,5	1,40	31,2	47,5	24,8	0,0595
240	26,2	3330	1600	1200	22,9	278	288	312	99,4	2,40	40,0	62,4	28,8	0,0820
270	30,7	3920	1875	1420	49,2	366	381	412	112	3,58	53,0	82,3	30,2	0,101
300	35,5	4650	2225	1760	71,7	493	498	542	124	5,19	69,2	107	33,4	0,131
330	43,0	5470	2690	2060	102	626	645	702	137	6,68	85,6	133	35,4	0,190
360	50,2	6400	2972	2280	145	812	839	907	151	9,44	117	172	38,4	0,269
400	57,4	7310	3578	2700	203	1050	1140	167	117	13,0	202	40,0	30,5	0,350
450	67,2	8560	4226	3200	298	1330	1370	1490	186	15,0	158	246	41,9	0,462
500	79,4	10100	5047	4050	429	1730	1780	1950	206	19,4	194	302	43,8	0,636
550	92,1	11700	6030	4780	600	2190	2260	2480	226	24,3	232	362	45,5	0,879
600	108	13700	7014	5680	829	2780	2860	3140	246	31,2	283	442	47,7	1,21

**IPE- und IPEA-Träger Profilés IPE et IPEA**

Die Profile PER, IPEO und IPE sind im Walzprogramm einzelner Werke aufgeführt. IPE 80 und PEA 100 sind ebenfalls normiert, aber kaum wirtschaftlich.

Im allgemeinen nur ab Werk lieferbar. Mindestmengen und Termine beachten.

Wälztoleranzen siehe Seite 116

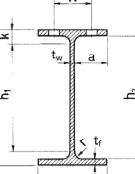
**Profilés IPE et IPEA**

Les profils PER, IPEo et IPE figurent dans le programme de laminage de quelques aciéries. Les PEA 80 et PEA 100, également normalisés, sont peu économiques.

En général livrable d'usine uniquement. Tenir compte des quantités minimales et des délais.

Tolérances de laminage voir p. 116

**IPE, PEA**



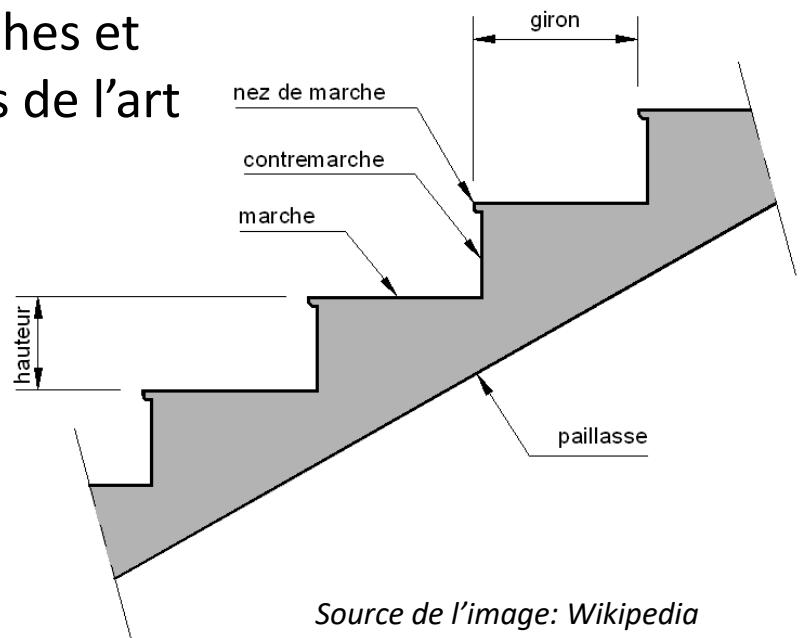
IPE	m kg/m	Profilmasse Dimensions de la section												Konstruktionsmasse Dimensions de construction						Oberfläche Surface		
		h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	r mm	h <sub>1</sub> mm	k mm	a mm	h <sub>2</sub> mm	w mm	Ø <sub>max</sub>	U <sub>m</sub> m <sup>2</sup> /m	U <sub>t</sub> m <sup>2</sup> /t	IPE							
80	6,0	80	46	3,8	5,2	5	60	10	21	70		0,328	54,8	80								
100	8,1	100	55	4,1	5,7	7	74	13	25	89		0,400	49,5	100								
120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	92	14	29	107	36	M10	0,475	45,6	120							
140	12,9	140	73	4,7	7,9	7	112	14	34	126	38	M10	0,551	42,6	140							
160	15,8	160	82	5,0	7,4	9	126	17	38	145	44	M12	0,623	39,4	160							
180	18,8	180	91	5,3	8,0	9	146	17	50	164	50	M12	0,698	37,1	180							
200	22,4	200	100	5,6	8,5	12	156	21	47	183	56	M12	0,768	34,3	200							
220	26,2	220	110	5,9	9,2	12	175	21	52	202	66	M12	0,848	32,4	220							
240	30,7	240	120	6,2	9,8	15	190	25	56	220	68	M16	0,922	30,0	240							
270	36,1	270	135	6,6	10,2	15	220	25	64	257	72	M20	1,04	28,8	270							
300	42,2	300	150	7,1	10,7	17	248	26	77	279	90	M24	1,16	27,5	300							
330	49,1	330	160	7,5	12,5	18	270	30	76	307	98	M24	1,25	25,5	330							
360	57,1	360	170	8,0	12,8	18	298	31	81	326	98	M24	1,38	23,6	360							
400	66,3	400	180	8,6	13,5	21	330	35	85	373	96	M27	1,47	22,2	400							
450	77,6	450	190	9,4	14,6	21	378	36	90	421	106	M27	1,61	20,7	450							
500	90,7	500	200	10,2	16,0	21	426	37	94	468	110	M27	1,74	18,2	500							
550	106	550	210	11,1	17,2	24	468	41	99	516	120	M27	1,88	17,7	550							
600	122	600	220	12,0	19,0	24	514	43	104	562	130	M27	2,02	16,6	600							
750 x 137	750	263	115	17,0	17	685	34	126	719	120	M27	2,51	18,3	750x137								
750 x 147	750	265	132	17,0	17	685	34	126	719	120	M27	2,51	17,1	750x147								
750 x 173	750	267	14,4	21,6	17	685	39	126	719	120	M27	2,5	14,6	750x173								
750 x 196	770	268	15,6	25,4	17	685	42	126	719	120	M27	2,55	13,0	750x196								
<b>PEA</b>															<b>PEA</b>							
120	8,7	118	64	3,8	5,1	7	93	12	30	107	36	M10	0,472	54,5	120							
140	10,5	137	73	3,8	5,6	7	111	13	34	126	38	M10	0,547	52,1	140							
160	12,7	157	82	4,0	5,9	9	127	15	39	145	44	M12	0,619	48,7	160							
180	15,4	177	91	4,3	6,5	9	145	16	43	164	50	M12	0,694	45,1	180							
200	18,4	197	100	4,5	7,0	12	159	19	47	183	56	M12	0,764	41,5	200							
220	22,2	237	110	5,0	7,7	12	177	20	52	202	66	M16	0,843	38,0	220							
240	26,2	237	120	5,2	8,3	15	189	24	57	220	68	M16	0,918	35,0	240							
270	30,7	267	135	5,5	10,2	18	219	24	64	250	72	M20	1,04	33,9	270							
300	36,5	297	150	6,1	9,2	15	247	25	71	279	80	M27	1,18	31,8	300							
330	43,0	327	160	6,5	10,2	18	291	27	76	307</td												

# Objets paramétriques

Quelques exemples:

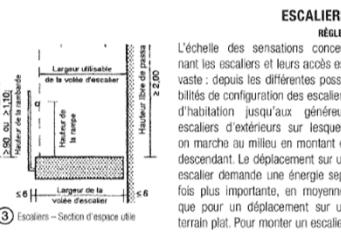
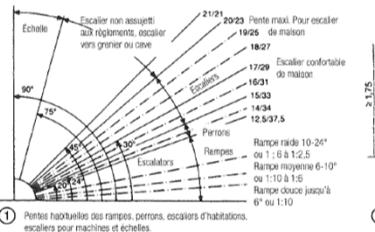
- 1) Un mur se prolonge ou se raccourcit lorsque les autres murs connectés sont modifiés.
- 2) Le trou dans un mur est automatiquement fermé lorsqu'une fenêtre est effacée.
- 3) Escaliers: un escalier est la séquence des contremarches et marches. Les dimensions doivent respecter les règles de l'art et les normes.

Source: Sacks, R., et al.: *BIM Handbook, Third Edition*, Wiley

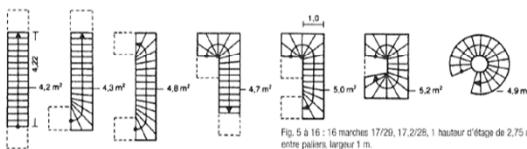


# Objets paramétriques

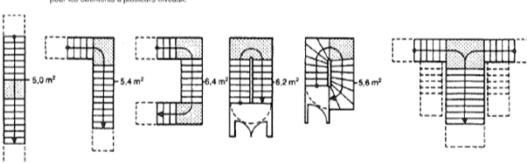
Sources: Deplazes/Vittone/Neufert/SIA 358



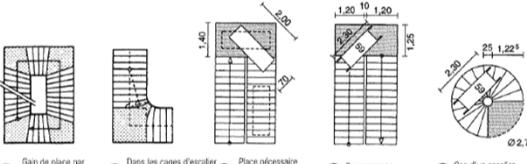
② Escaliers d'immeubles (voir fig. 3 et 4)



⑤ - ⑪ Les escaliers sans paliers intermédiaires recouvrent pratiquement la même surface, quelle que soit leur forme, mais des marches tournantes on peut raccourcir la distance entre départ et arrivée (fig. 6 à 11); c'est pourquoi ces dernières solutions sont avantageuses pour les bâtiments à plusieurs niveaux.



⑫ - ⑯ Les escaliers avec palier intermédiaire ont la même surface que les précédentes, plus la surface du palier et moins la surface d'une marche. Ils sont nécessaires pour des hauteurs entre étages supérieures à 2,75 m. Largeur des paliers à l'angle de l'escalier.



⑯ Gain de place par rabattement des marches.  
⑯ Dans les cages d'escalier étroites, une courbure des marches améliore les paliers.

⑰ Place nécessaire pour le transport de meubles.  
⑰ Pour passage de brancard.

⑰ Cas d'un escalier en colimaçon.

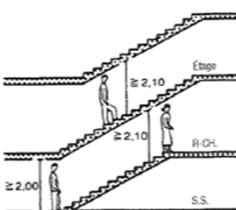
$$\text{Formule: } 2h + g = 63$$

$h$  = hauteur;  $g$  = giron = marche

«il faut éviter de dépasser 20 marches»

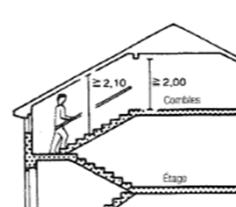
«hauteur d'échappée 2,10»

④ Escalier-échelle de meunier avec rampe.



⑦ Des escaliers bien disposés économisent de l'espace.

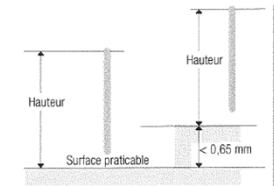
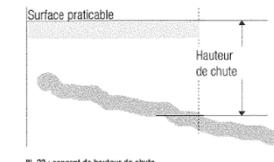
⑤ Escalier normal



⑧ Si chevrons et poutres sont dans le sens de l'escalier, on économise de l'espace et des adaptations coûteuses.

## Garde-corps

Extrait de la norme SIA 358, édition 1996



### Objectif de protection

Les garde-corps, balustrades et mains courantes sont des moyens de protection architecturaux visant à préserver les personnes de tous types de chutes. La sécurité face à un danger de chute n'est assurée que lorsque celui-ci est réduit par des mesures appropriées à un minimum acceptable.

### Solidité

Les garde-corps, balustrades et autres éléments de protection doivent être conçus afin de satisfaire aux sollicitations prévisibles. Cette exigence s'applique également aux dispositifs de fixation et aux remplissages.

### Matériaux

Les matériaux sensibles à la corrosion ou susceptibles d'être altérés par les intempéries doivent être protégés en conséquence et pouvoir être entretenus. Lors de remplissages en verre, matières plastiques et similaires, le risque de blessures par bris doit être évité en choisissant un matériau approprié.

### Agencement des éléments de protection

#### Garde-corps et allèges

Toute surface praticable dans des conditions d'utilisation normales et dont on peut supposer qu'elle présente un risque de chute doit être équipée d'un élément de protection. Est praticable toute surface accessible aux personnes.

On considère généralement qu'il y a risque dès que la hauteur de chute est supérieure à 1,00 m. Par ce terme, on entend la différence de hauteur mesurée du bord de la surface praticable au niveau inférieur voisin.

En cas de risque de chute accru, des éléments de protection peuvent être nécessaires à partir d'une hauteur moins élevée. Pour des hauteurs de chute allant jusqu'à 1,50 m, la prévention peut également prendre la forme de mesures appropriées telles que des plantations et autres dispositifs empêchant l'accès au bord des surfaces praticables.

#### Mains courantes

Les escaliers de plus de cinq marches doivent être, en règle générale, équipés de mains courantes. Pour les

échelles de plus de deux marches empruntés normalement par des handicapés ou des personnes fragiles ainsi que pour les escaliers de secours, des mains courantes doivent être en général prévues des deux côtés.

### Exigences de sécurité en matière d'éléments de protection

#### Hauteur

La hauteur est mesurée à partir de la surface praticable et pour les escaliers, selon un axe vertical, du bord de la marche au bord supérieur de l'élément de protection.

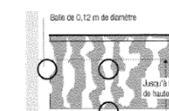
Pour les fenêtres, le critère déterminant est le bord supérieur de la partie inférieure fixe de l'encadrement.

Sont déclarées praticables les parties de construction en saillie par rapport à l'élément protecteur et pouvant être escaladées, tels que les couronnements de murs ou les radiateurs dont la surface accessible est située à moins de 0,65 m au-dessus de la surface de référence. Dans ce cas, la hauteur de l'élément de protection est mesurée à partir de la surface la plus haute. La hauteur normale d'un élément de protection est d'au moins 1,00 m. En cas de parapets fixes d'une épaisseur d'au moins 0,20 m, la hauteur minimum est de 0,90 m.

Elle s'élève à 0,90 m au minimum pour les balustrades et les garde-corps d'escaliers et d'escaliers. Pour des motifs d'utilisabilité (éviter tout sentiment d'in sécurité et de vertige), la hauteur de l'élément de protection doit, si besoin, être augmentée en cas de hauteurs de chute importantes.

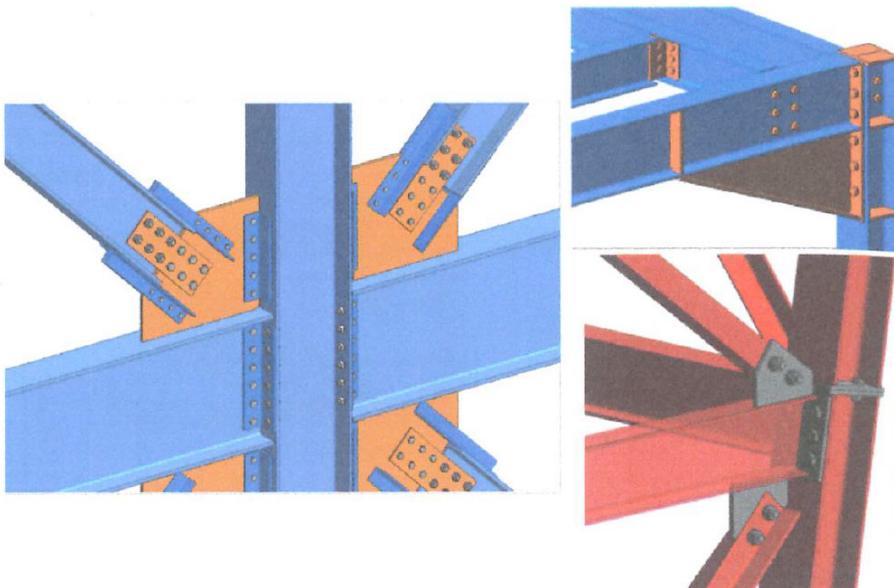
### Conception géométrique

Garde-corps, balustrades et protections similaires servent à prévenir les chutes. Une lisse haute et une traverse intermédiaire à mi-hauteur ou un écarts de 0,30 m max. entre les balustres font partie des exigences minimales requises. Dans les édifices où ont accès des enfants non surveillés en âge préscolaire, les exigences particulières sont de 0,75 m max., soit un diamètre inférieur à celui d'une balle de 0,12 m. Cela vaut aussi pour les jours entre protection et construction attenante, à l'exception de celui entre le bord de la marche et le garde-corps, de 0,05 m ou moins. Des dispositifs adéquats doivent empêcher toute escalade des protections.

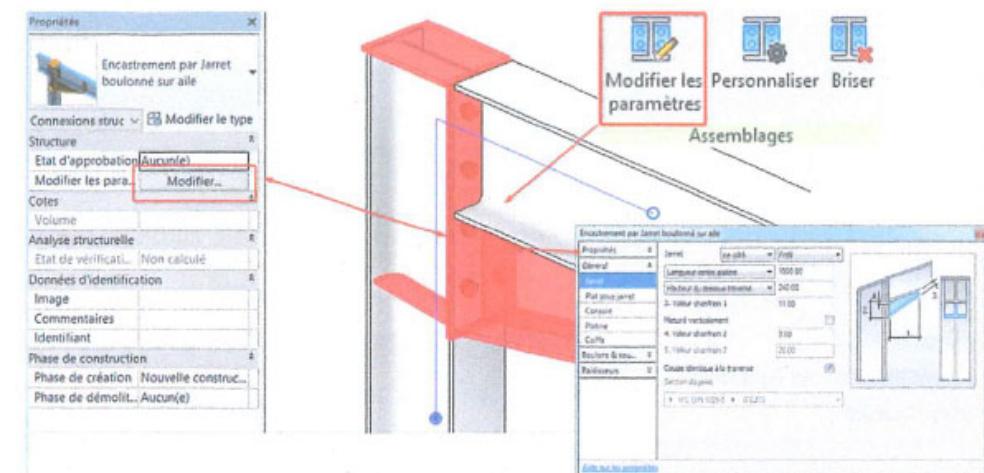


III.24: géométrie des éléments de protection

# Objets paramétriques



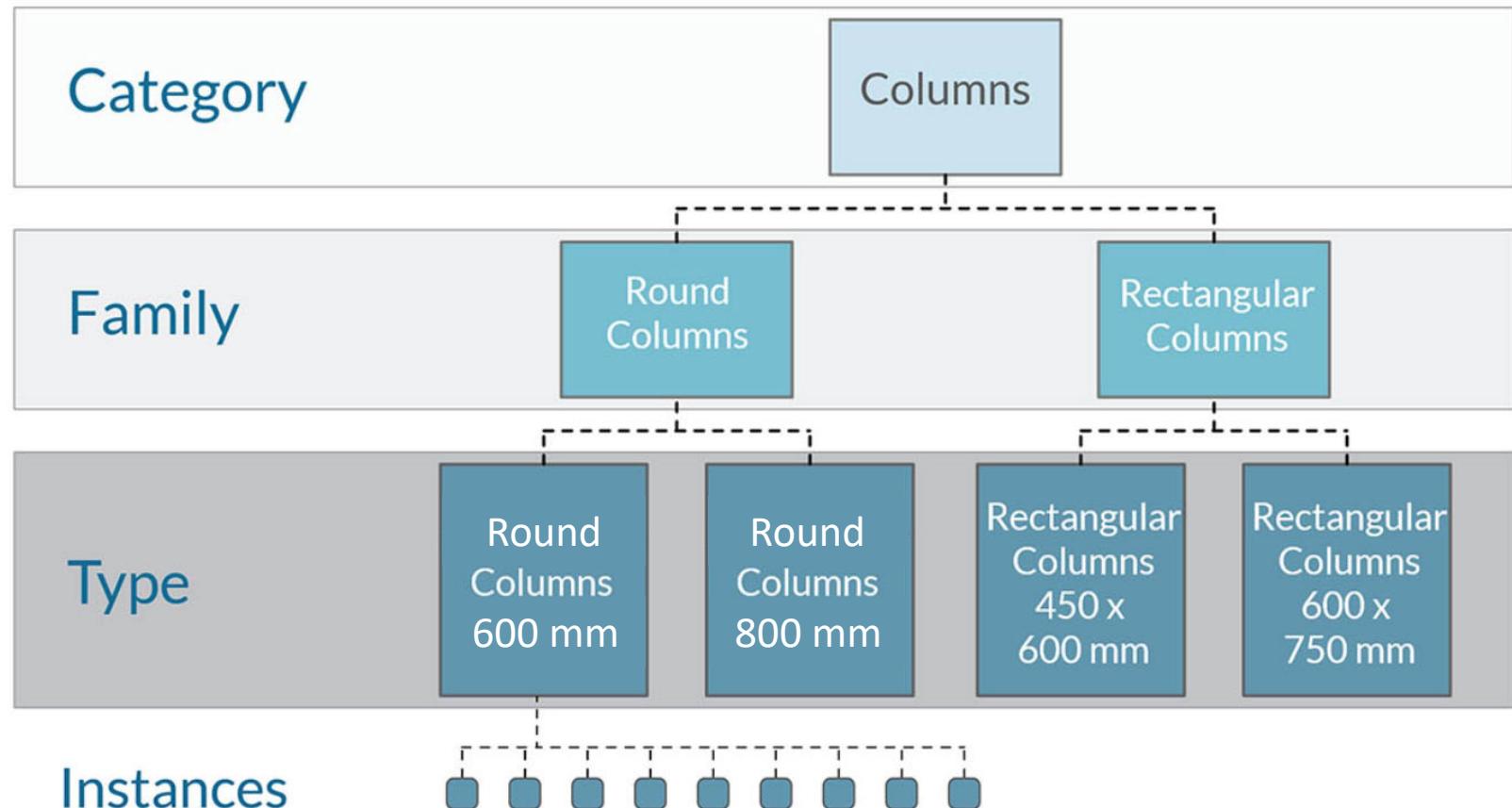
Intersections et connexions des formes peuvent être utilisés pour la création automatique des assemblages.



Source de l'image: Renou, J., Chemise, S.: Revit pour le BIM

# Hiérarchie dans Revit

Les objets paramétriques dans Revit sont appelés «familles» (Family)

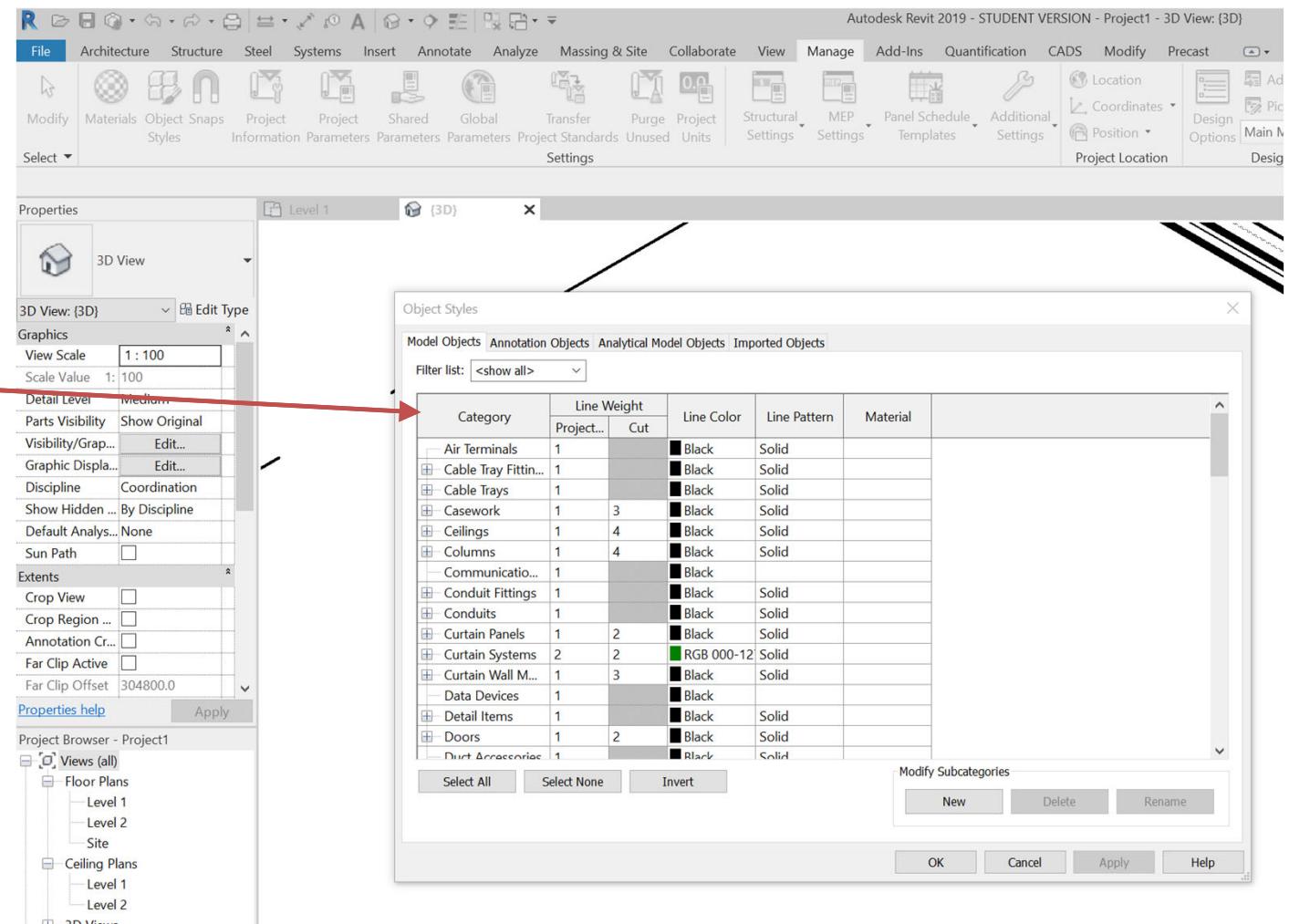


Source: Corrigé de The Dynamo Primer, <http://primer.dynamobim.org/en/index.html>

# Objets paramétriques

Revit:

La liste exhaustive des catégories peut être obtenue par l'onglet «Gérer» (Manage) -> Panneau «Paramètres» (Settings) -> «Style d'objets» (Object Styles)



# Les Catégories disponibles

Model Objects | Annotation Objects | Analytical Model Objects | Imported Objects

Filter list: <show all>

Category	Line Weight		Line Color	Line Pattern	Material
	Projection	Cut			
Air Terminals	1		■ Black	Solid	
Cable Tray Fittings	1		■ Black	Solid	
Cable Trays	1		■ Black	Solid	
Casework	1	3	■ Black	Solid	
Ceilings	1	4	■ Black	Solid	
Columns	1	4	■ Black	Solid	
Communication Devices	1		■ Black		
Conduit Fittings	1		■ Black	Solid	
Conduits	1		■ Black	Solid	
Curtain Panels	1	2	■ Black	Solid	
Curtain Systems	2	2	■ RGB 000-127-000	Solid	
Curtain Wall Mullions	1	3	■ Black	Solid	
Data Devices	1		■ Black		
Detail Items	1		■ Black	Solid	
Doors	1	2	■ Black	Solid	
Duct Accessories	1		■ Black	Solid	
Duct Fittings	1		■ Black	Solid	
Duct Insulations	1		■ Black	Solid	
Duct Linings	1		■ Black	Solid	
Duct Placeholders	1		■ ■ RGB 000-127-000	Solid	
Ducts	1		■ Black	Solid	
Electrical Equipment	1		■ Black	Solid	
Electrical Fixtures	1		■ Black	Solid	
Entourage	1		■ Black	Solid	
Fire Alarm Devices	1		■ Black		
Flex Ducts	1		■ Black	Solid	
Flex Pipes	1		■ Black	Solid	
Floors	1	4	■ Black	Solid	Default Roof
Furniture	1		■ Black	Solid	
Furniture Systems	1		■ Black	Solid	
Generic Models	1	3	■ Black	Solid	
HVAC Zones	1		■ Black		
Lighting Devices	1		■ Black		
Lighting Fixtures	1		■ Black	Solid	
Mass	1	2	■ Black	Solid	Default Form

■ Mechanical Equipment	1	■ Black	Solid	
■ MEP Fabrication Containm...	1	■ Black	Solid	
■ MEP Fabrication Ductwork	1	■ Black	Solid	
■ MEP Fabrication Hangers	1	■ Black	Solid	
■ MEP Fabrication Pipework	1	■ Black	Solid	
■ Nurse Call Devices	1	■ Black		
■ Parking	1	■ Black	Solid	
■ Parts	1	■ Black		
■ Pipe Accessories	1	■ Black	Solid	
■ Pipe Fittings	1	■ Black	Solid	
■ Pipe Insulations	1	■ Black	Solid	
■ Pipe Placeholders	1	■ ■ RGB 000-127-000	Solid	
■ Pipes	1	■ Black	Solid	
■ Planting	1	■ Black	Solid	
■ Plumbing Fixtures	1	■ Black	Solid	
■ Railings	1	■ Black	Solid	
■ Ramps	1	■ Black	Solid	
■ Roads	1	■ Black	Solid	

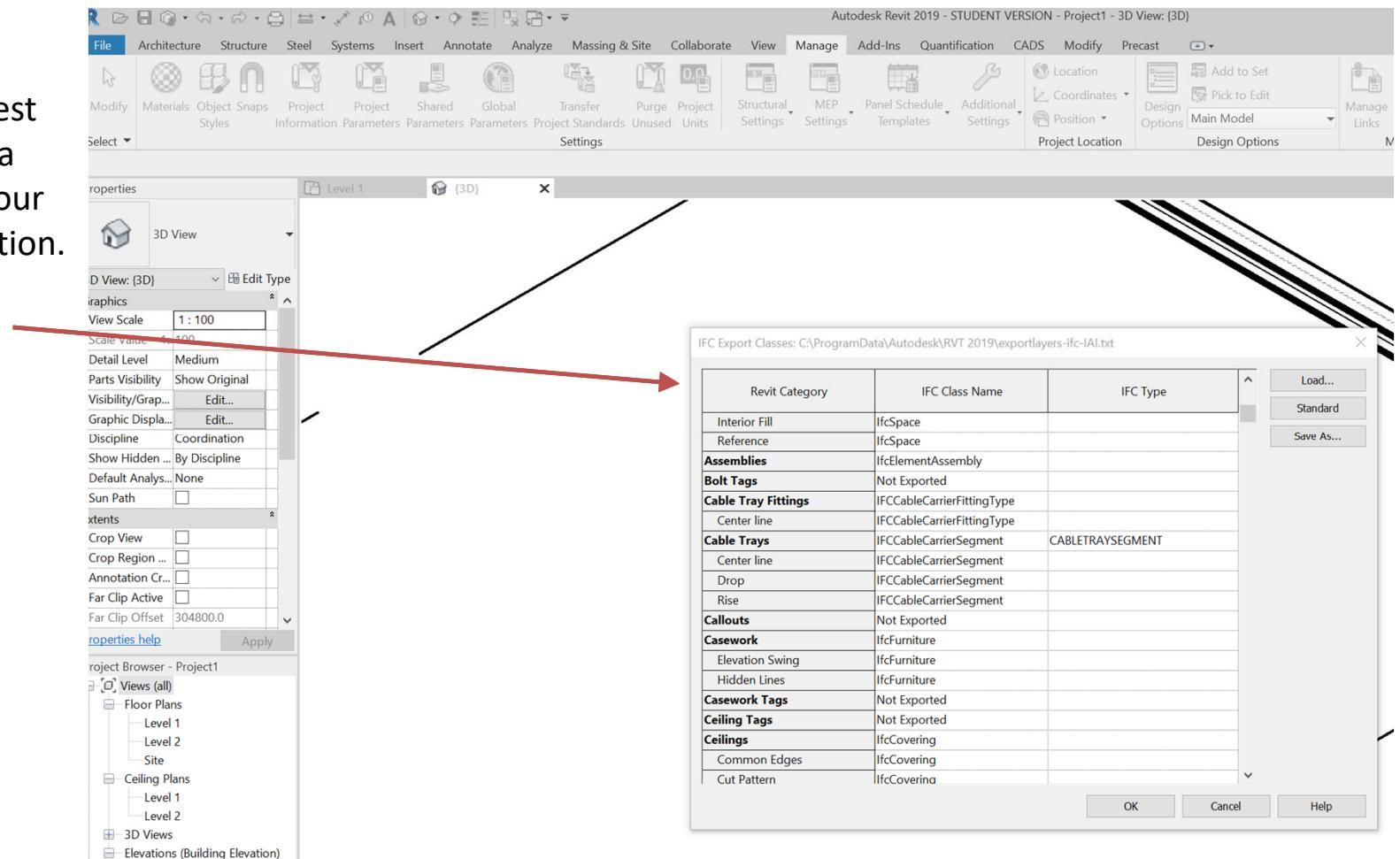
# Les Catégories disponibles

[+]- Roofs	1	4	■ Black	Solid	Default Roof
[+]- Security Devices	1		■ Black		
[+]- Shaft Openings	1		■ Black	Solid	
[+]- Site	1	2	■ Black	Solid	
[+]- Specialty Equipment	1		■ Black	Solid	
[+]- Sprinklers	1		■ Black	Solid	
[+]- Stairs	1	1	■ Black	Solid	
[+]- Structural Area Reinforce...	1	1	■ Black	Solid	
[+]- Structural Beam Systems	1		■ RGB 000-127-000	Dash	
[+]- Structural Columns	1	4	■ Black	Solid	
[+]- Structural Connections	1	1	■ Black	Solid	
[+]- Structural Fabric Areas	1	1	■ Black	Solid	
[+]- Structural Fabric Reinforce...	1	1	■ Black	Solid	
[+]- Structural Foundations	1	4	■ Black	Solid	
[+]- Structural Framing	1	4	■ Black	Solid	
[+]- Structural Path Reinforcem...	1	1	■ Black	Solid	
[+]- Structural Rebar	1	1	■ Black	Solid	
[+]- Structural Rebar Couplers	1		■ Black	Solid	
[+]- Structural Stiffeners	1	1	■ Black		
[+]- Structural Trusses	1		■ RGB 000-127-000	Dash	
[+]- Telephone Devices	1		■ Black		
[+]- Topography	1	6	■ Black	Solid	Earth
[+]- Walls	1	4	■ Black	Solid	Default Wall
[+]- Windows	1	2	■ Black	Solid	
[+]- Wires	1		■ Black	Solid	

# Objets paramétriques

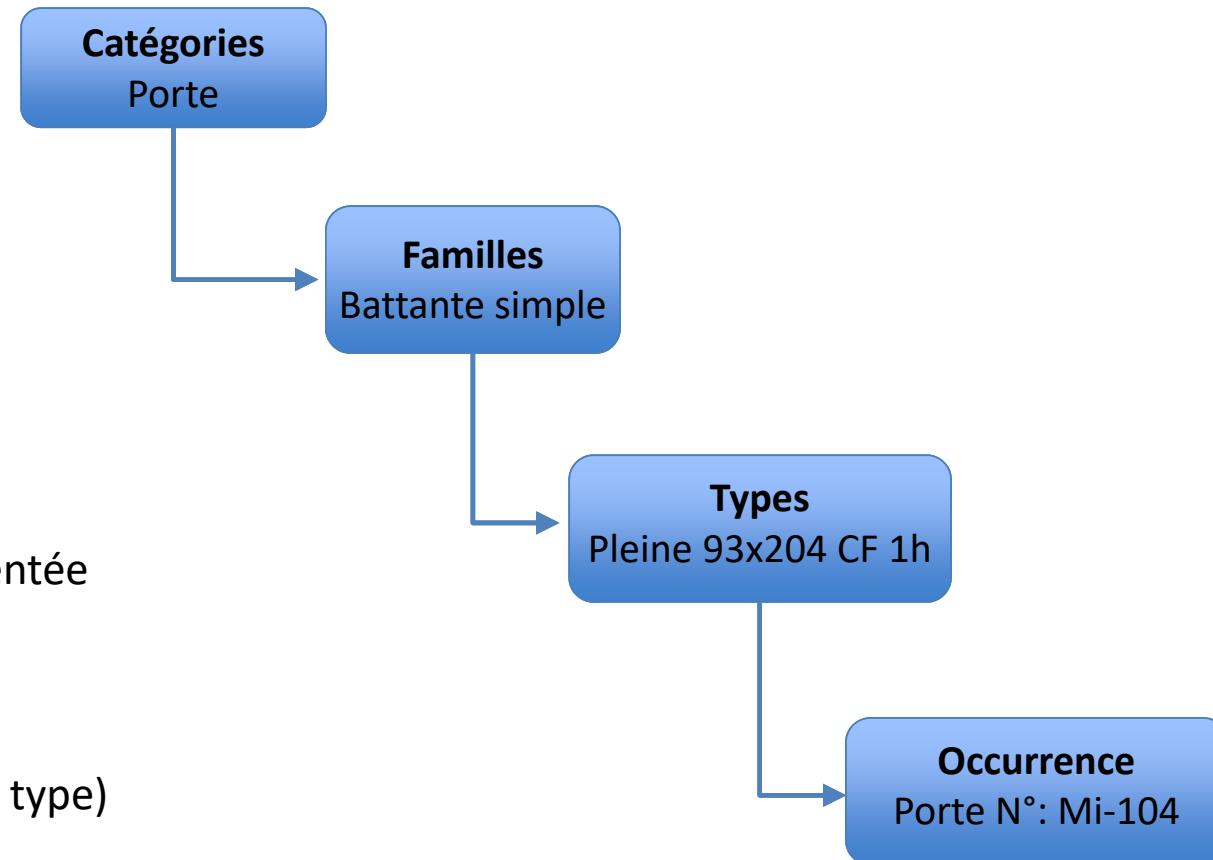
Revit:

La connaissance des catégories est importante pour la création de la relation avec les classes «IFC» pour l'export d'un fichier de coordination.



# Hiérarchisation des familles

## Exemple pour la catégorie porte



Rappel programmation orientée objet:

- object (objet)
- inheritance (héritage de type)
- instances (instance)

Source: Bleyenheuft et. al. (2017), *Les familles de Revit pour le BIM*, EYROLLES

# Hiérarchisation des familles

## Exemple pour une poutre en acier

Structure -> Beam ->

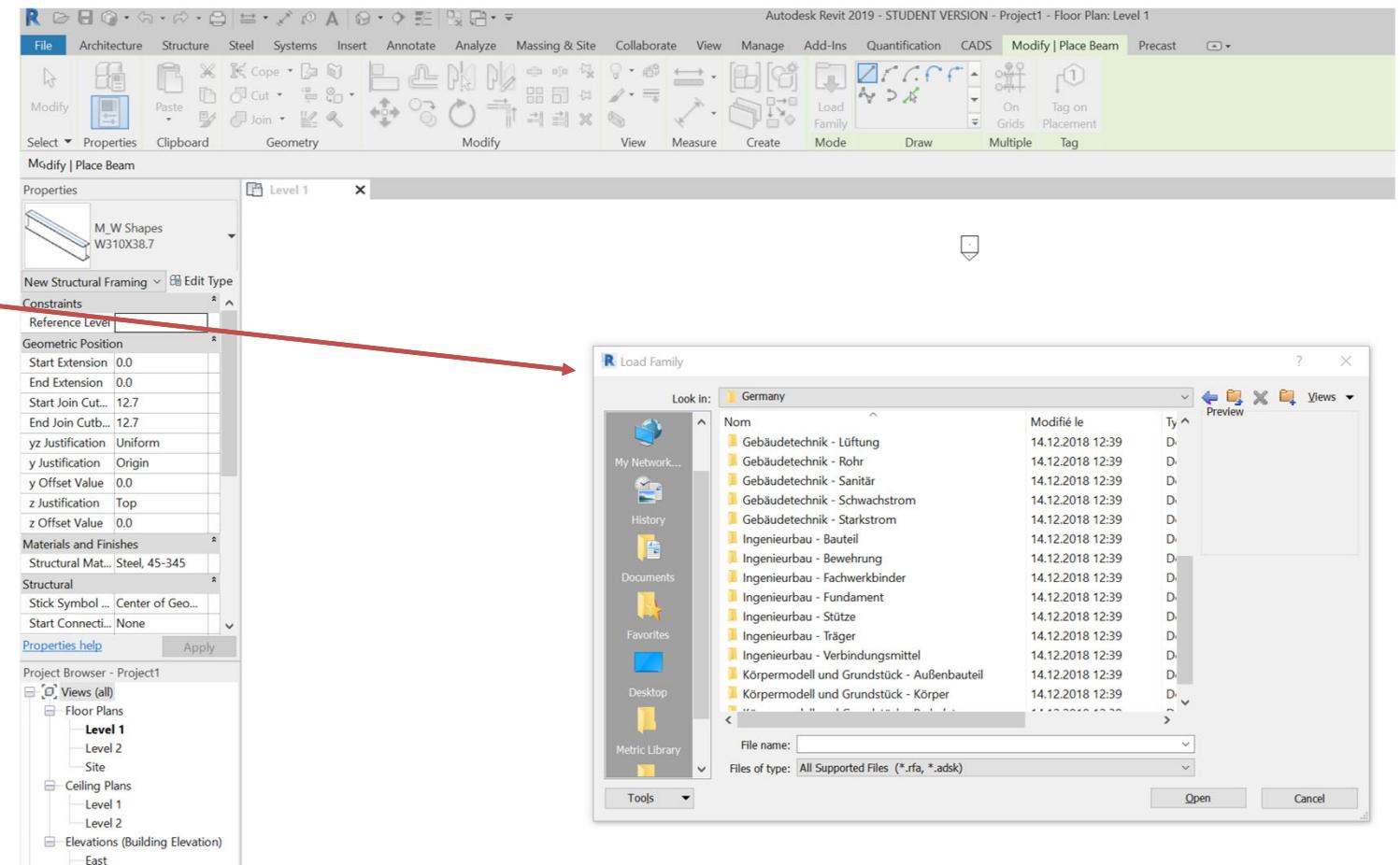
Load Family ->

Germany ->

Ingenieurbau – Träger ->

Stahl ->

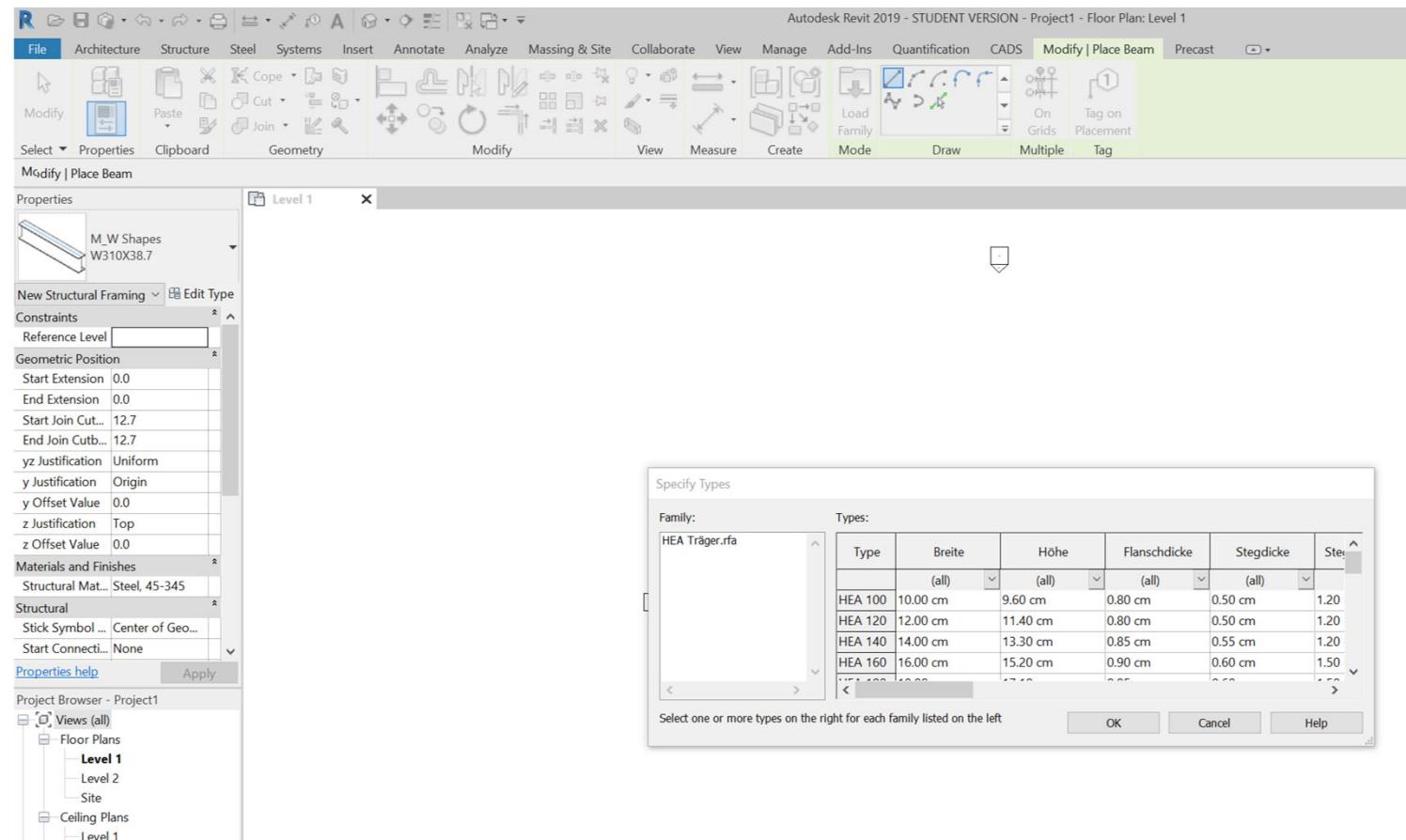
HEA



# Hiérarchisation des familles

## Exemple pour une poutre en acier

**Choisir un ou plusieurs Types des Familles à charger**



# Classes de familles

## Exemples

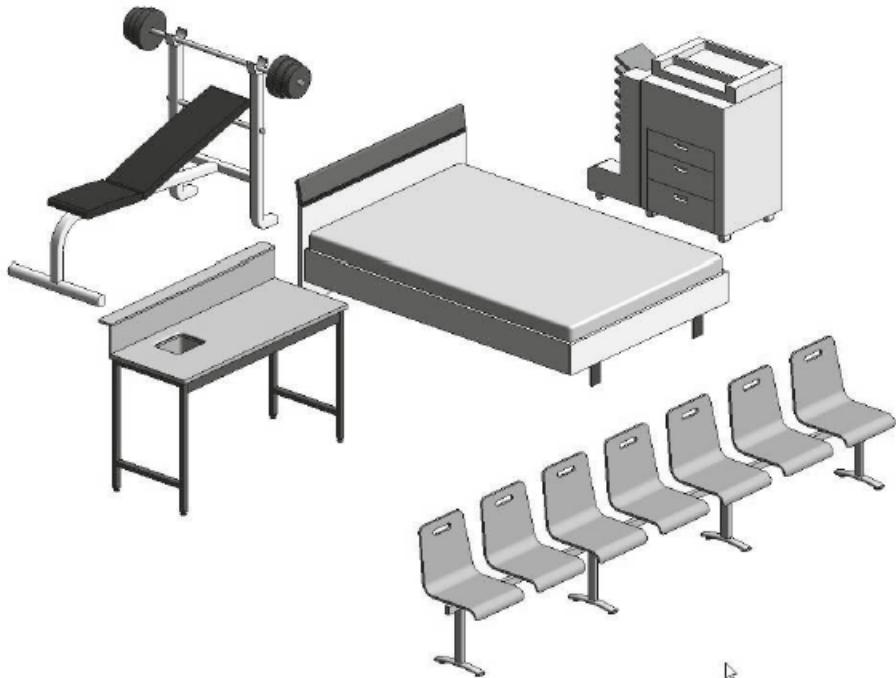
	De modèles	Spécifiques aux vues
<b>Familles système (System families)</b>	Murs, toits, sols, pièces... Canalisations, chemin de câbles...	Côtes, textes, zones remplies... Altitudes sur courbes de niveaux, numérotation des marches...
<b>Familles chargeables (Loadable families)</b>	Portes, fenêtres, mobiliers... Poutres, poteaux, Luminaires, appareils sanitaires...	Toutes les étiquettes, symboles d'annotations Composants de détail
<b>Familles <i>in situ</i> (In-Place families)</b>	Murs, toits, mobiliers, équipements... <i>in situ</i>	N'existent pas

Source: Bleyenheuft et. al. (2019), *Les familles de Revit pour le BIM*, EYROLLES

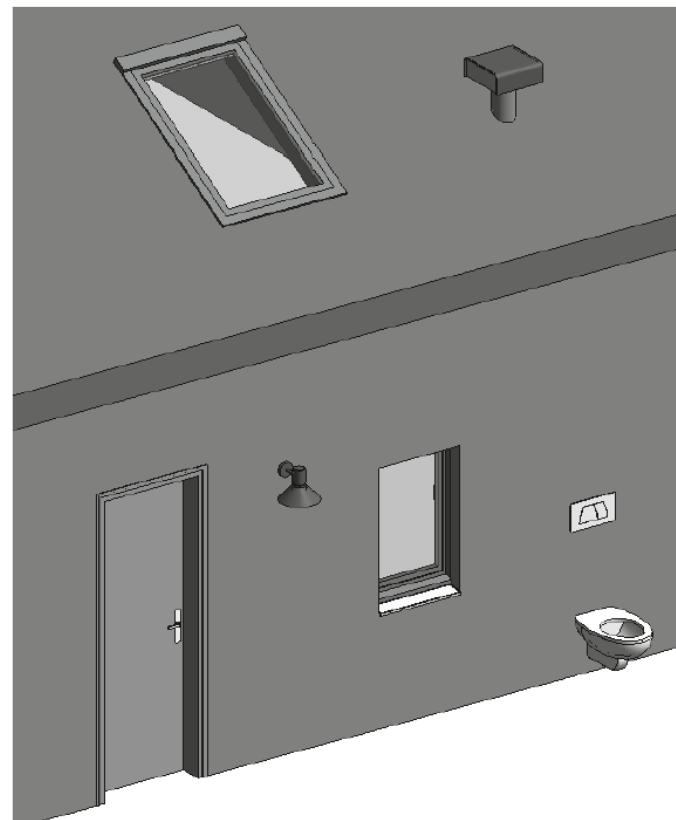
- Les «Familles système» ne sont pas modifiables, mais de nouveaux «types» peuvent être créés
- Les «Familles chargeables» sont modifiables et peuvent être utilisées dans plusieurs projets
- Les «Familles in-situ» sont modifiables, mais peuvent uniquement être utilisées dans le projet dans lequel elles ont été créées

## Familles autonomes/familles hébergées

Famille **autonome**: le placement dans le projet est libre

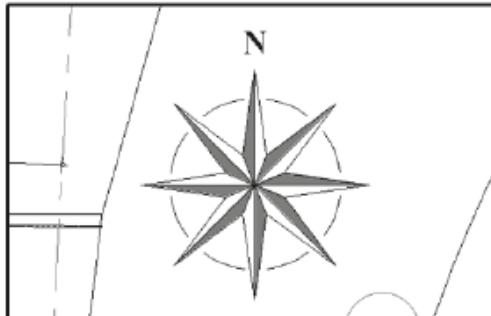


Famille **hébergées**: posées sur les objets hôtes du projet.  
P. ex. les familles créées avec le gabarit «Face» peuvent se poser sur toutes les faces des objets du projet.



Source: Bleyenheuft et. al. (2019), *Les familles de Revit pour le BIM*, EYROLLES

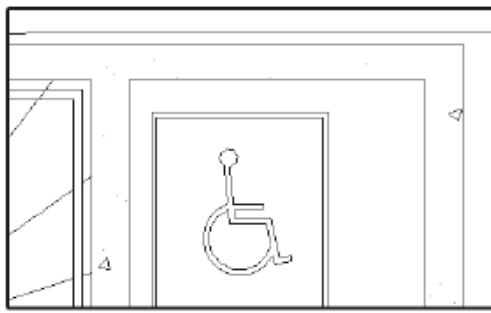
## Quelques exemples pour les annotations



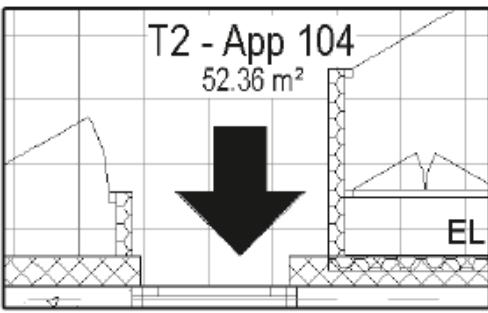
Rose des vents



Etiquette de pièce



Symbole PMR



Flèche

«Les objets Pièces, Espaces et Surfaces, bien qu'étant des objets non physiques dans la réalité, sont des familles de modèles. En revanche, leurs étiquettes, qui se créent automatiquement à leur insertion dans le projet, ne sont pas des familles de modèles, mais bien des familles spécifiques aux vues. Cet automatisme est à l'origine de bien des malentendus chez les débutants qui confondent souvent étiquette de pièce et pièce.»

## Quelques questions à se poser avant la création d'un objet paramétrique (d'une famille)

- Avez-vous réellement besoin de cette famille ? Si vous savez que cette famille ne sera utilisée que dans un projet unique, il peut être plus judicieux de créer un composant in situ plutôt qu'une famille.
- Une famille similaire existe-t-elle déjà? La situation la plus simple est de disposer d'une famille ressemblante. Dans ce cas, il suffit de s'en servir comme base pour la nouvelle (n'oubliez pas de conserver la famille originale).
- Votre famille nécessite-t-elle un hôte?
- Doit-elle être visible dans toutes les vues? Si tel n'est pas le cas, dans quelles vues doit-elle apparaître? Avec quel niveau de détail?
- Quel sera son point d'insertion?
- Quels sont les paramètres dont vous aurez besoin?
- Ces paramètres seront-ils exploités par d'autres familles?

*Source: Renou, J., Chemise, S.: Revit pour le BIM, Eyrolles 2019*

## Familles similaires

Téléchargez une famille (objet) de votre choix de

<https://www.bimobject.com/fr>

et intégrez l'objet dans un projet Revit

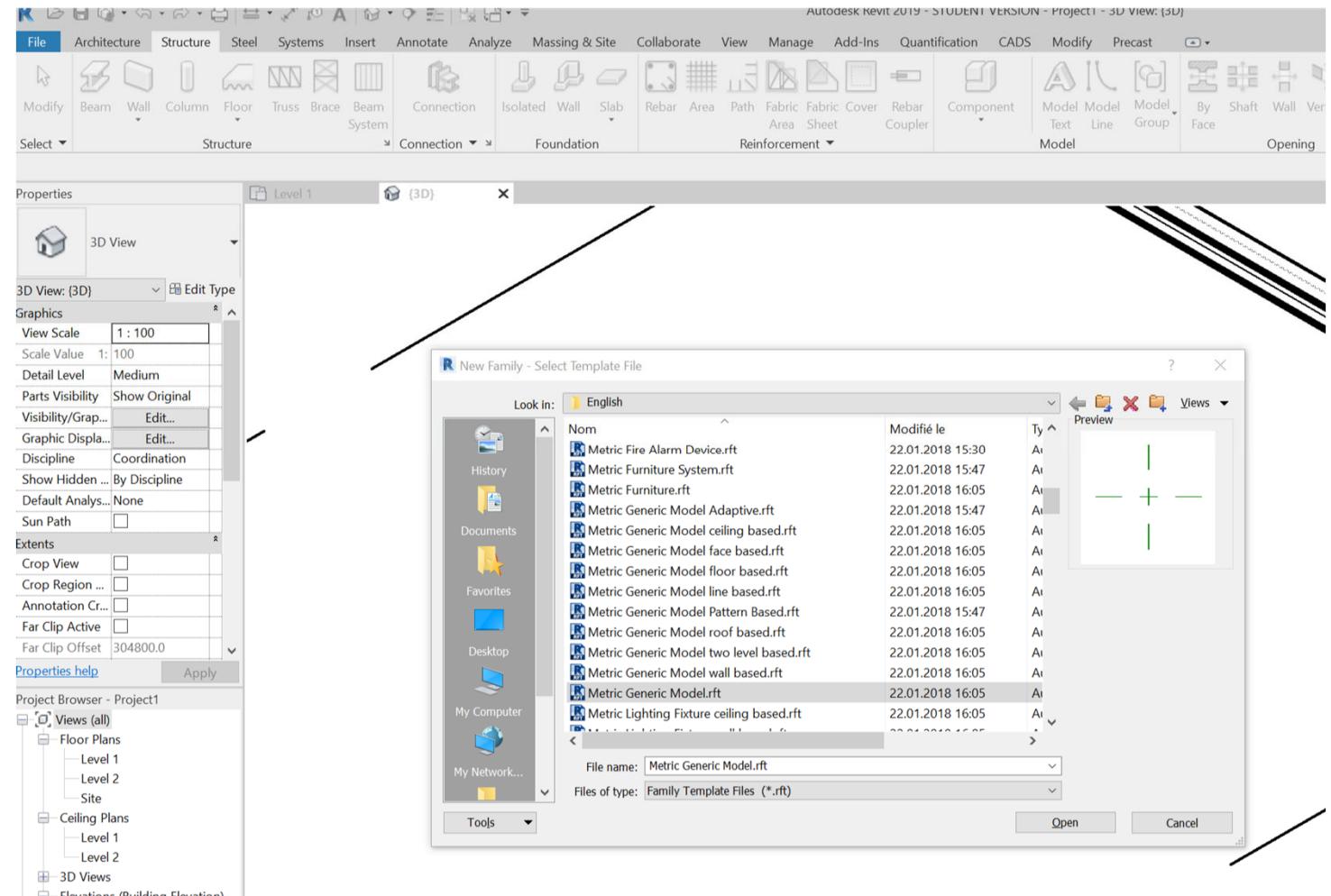
# Conception de l'objet paramétrique

Esquissez le balcon à représenter:

- Quel méthode de modélisation à appliquer?
- Combien de types existent-ils?
- Paramétrez le balcon pour que les types identifiés peuvent être représentés.
- Utilisez, si nécessaire, des formules pour le paramétrage (comme vu lors de l'exemple du drapeau suisse).

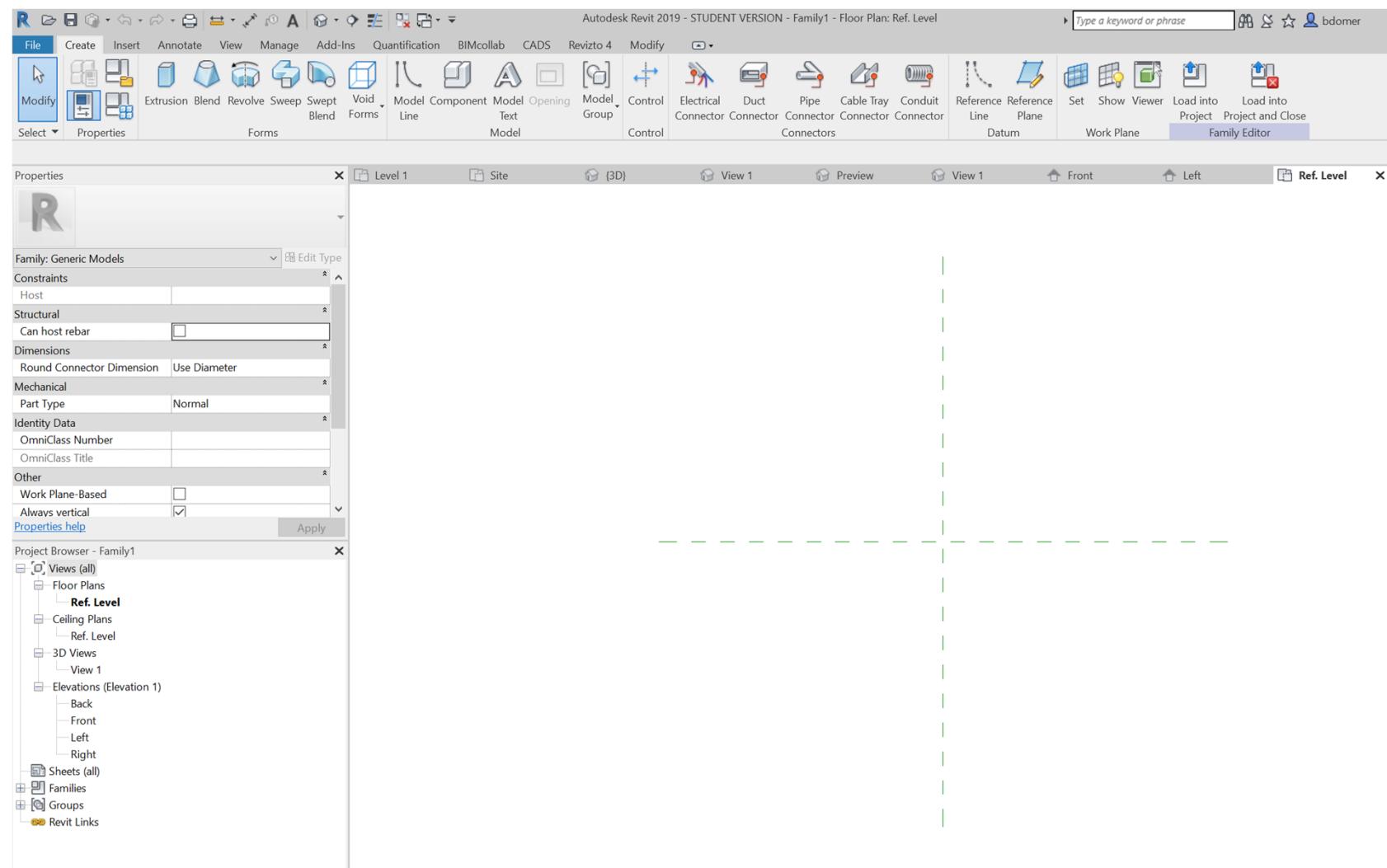
# Editeur de famille

Il faut ouvrir un nouveau fichier de famille et sélectionner un gabarit (template) adapté



L'éditeur de famille est  
légèrement différent  
de l'interface  
d'utilisateur de Revit

# Editeur de famille



## Les éléments de référence

Les **niveaux** (level), **quadrillages** (grid) et **plans de référence** (reference plane) sont des plans de construction 3D qui servent à modéliser le projet.

Les niveaux sont des plans de construction **horizontaux** qui servent de repères en altitude.

Les quadrillages sont des plans de construction **verticaux** (qui permettent de vérifier l'aplomb structurel entre les niveaux).

Les **plans de référence** (Reference plane) sont des plans de construction librement positionnés par vous-même dans l'espace. Un plan de référence est **perpendiculaire** à une vue.

*Source: Guézo, J., Navarraz, P.: Revit pour les architectes: Bonnes pratiques BIM, 2<sup>e</sup> édition, Eyrolles 2018*

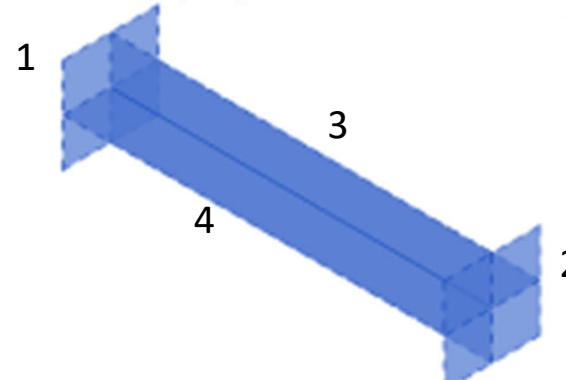
# Les plans de référence

Les plans de référence sont indispensables à la création d'une famille. Ils serviront de canevas ou dessiner les profils 2D à extruder. C'est également par rapport aux plans de référence que la géométrie de la famille peut être contrainte grâce à des paramètres et des formules.

Lorsqu'une famille est chargée dans un projet, les plans de référence ne sont pas visibles, mais peuvent servir d'accrochage ou être cotés.

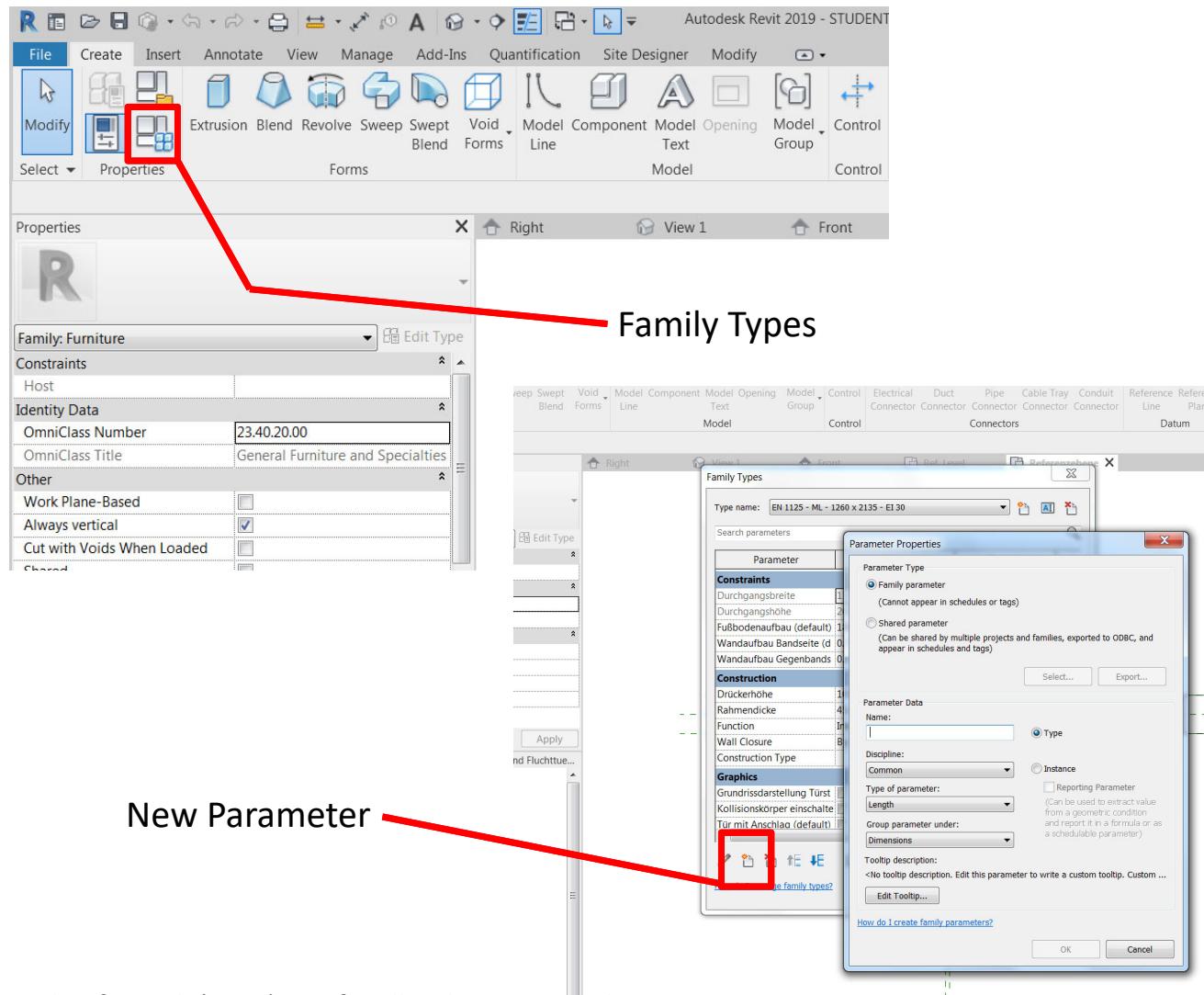
L'outil «ligne de référence» est une variante de l'outil «plan de référence».

Une ligne de référence droite dispose de quatre plans de construction sur lesquels vous pouvez contraindre des éléments. Contrairement à un plan de référence, qui par définition est infini, la ligne de référence est délimitée par ses extrémités.



Une ligne de référence courbe ne fournit que deux plans de construction situés à ses extrémités.

# Les paramètres



Source: Bleyenheuft et. al. (2017), *Les familles de Revit pour le BIM*, EYROLLES

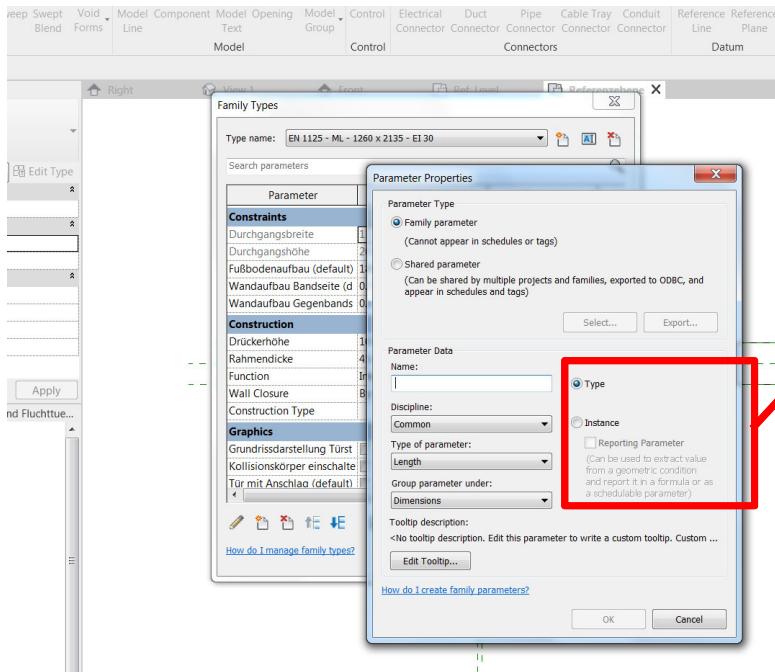
**Family parameter** (Paramètre de famille): connus de revit une fois la famille insérée dans le projet, ne peuvent pas apparaître dans des nomenclatures ni dans des étiquettes.

**Shared parameter** (Paramètres partagés): peuvent apparaître dans des nomenclatures et étiquettes, sont stockés dans le fichier des paramètres partagés.

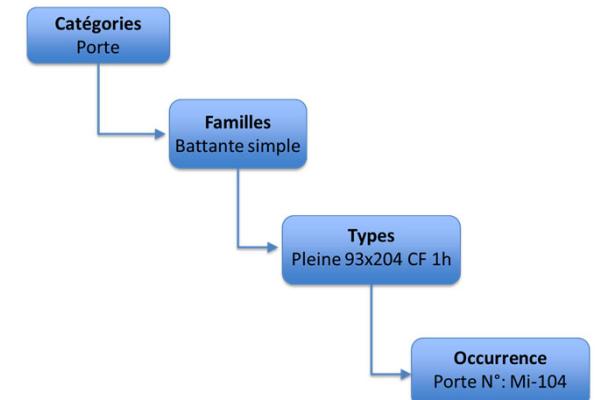
**Fichier des paramètres partagés:** Il doit y avoir uniquement un fichier de paramètres partagés par bureau (ou groupe de travail)!

Dans le cas de collaboration, des fichiers des paramètres partagés doivent éventuellement être complétés.

# Paramètre «de Type» ou «d'occurrence»



**Type:** le paramètre est fixe pour chaque type de famille  
**Instance:** le paramètre est libre pour chaque occurrence

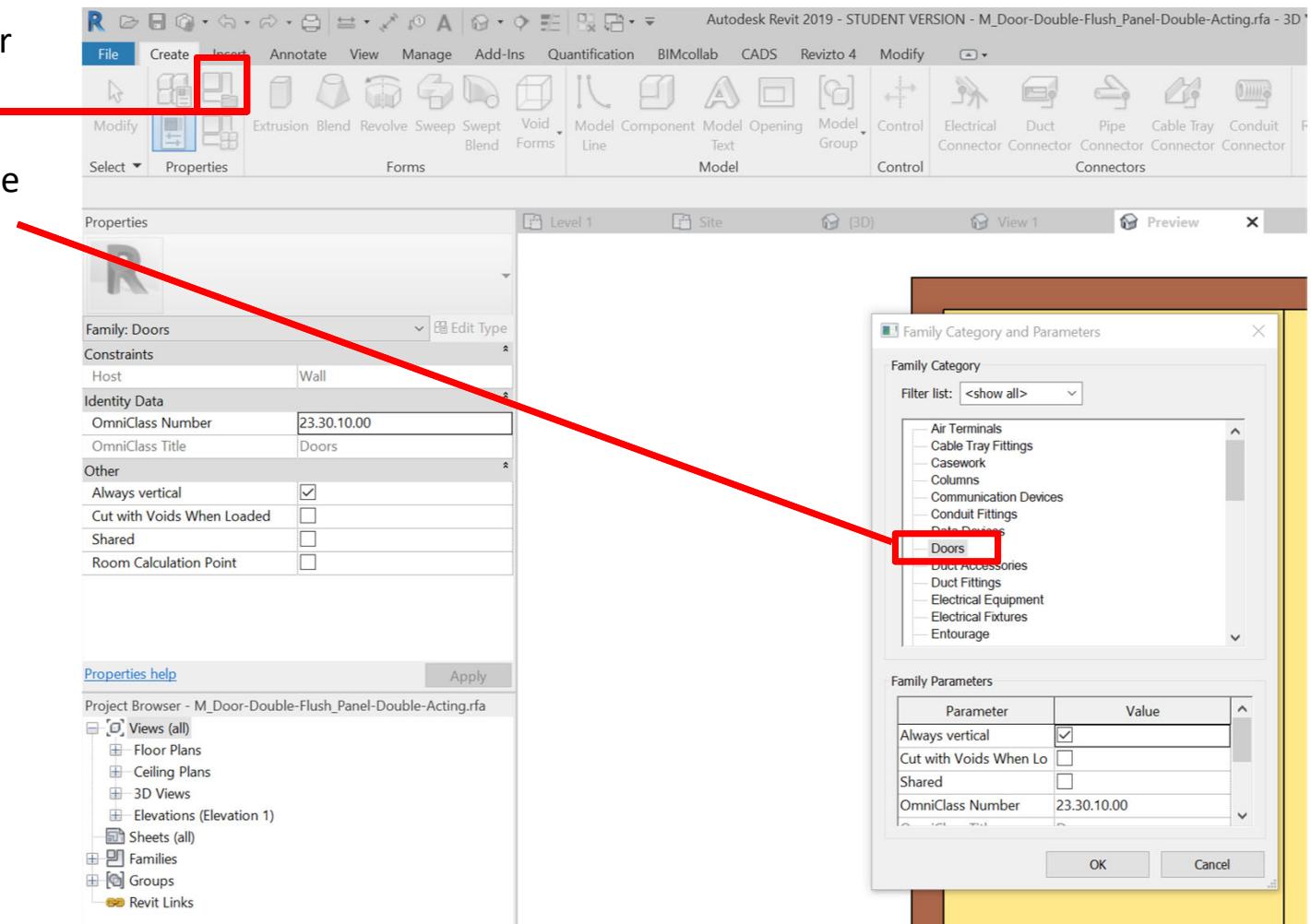


Source: Bleyenheuft et. al. (2017), Les familles de Revit pour le BIM, EYROLLES

# How to: modifier la catégorie d'une famille

Dans l'éditeur de famille, il faut cliquer sur «Family Category and Parameters».

Ceci permet de modifier la catégorie d'une famille.



## Les familles structurelles

Les familles structurelles sont différentes des autres et font appel à des notions particulières.

La **représentation analytique** d'une famille structurelle permet son intégration/facilite le transfert aux logiciels de dimensionnement FEM. La représentation analytique est automatiquement présente pour les familles systèmes surfaciques (sols, toitures, murs), il faut cocher l'option «structure» pour l'activer. Cela permet, dans un second temps, d'activer le modèle analytique si l'utilisateur le souhaite.

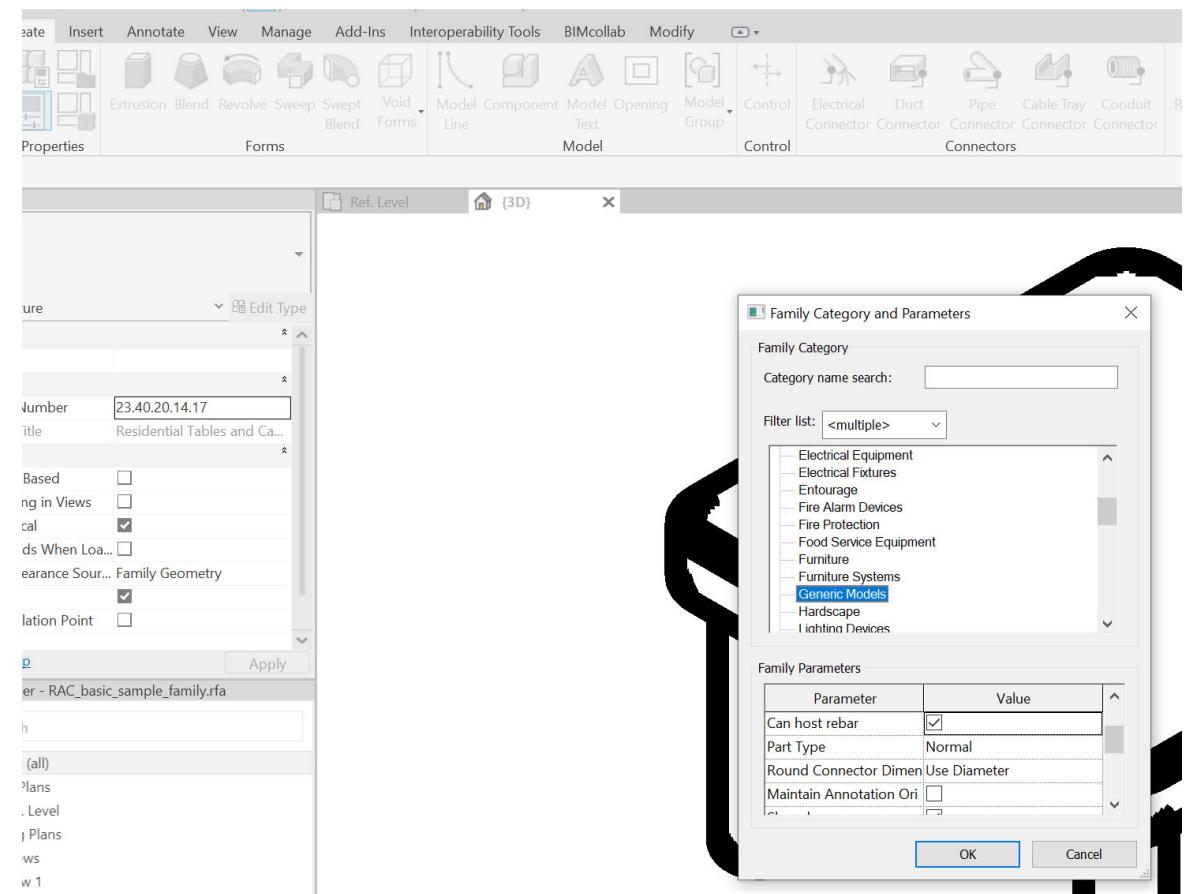
**NB: Les éléments sans modèle analytique ne sont pas exportés vers les logiciels de calculs aux éléments finis.**

Pour les éléments linéiques verticaux comme les poteaux, Revit différencie dès le départ les familles structurelles et architecturales au travers du terme «porteur».

# Les familles structurelles

Les éléments linéiques horizontaux comme les ossatures, Revit les considère comme structurels par défaut.

La modélisation d'armatures est possible, si l'élément «hôte» considéré est «structurel». Si vous créez une famille **générique** vous avez besoin de spécifier l'option *Peut héberger une armature* dans la fenêtre *Catégorie et paramètres* de famille.

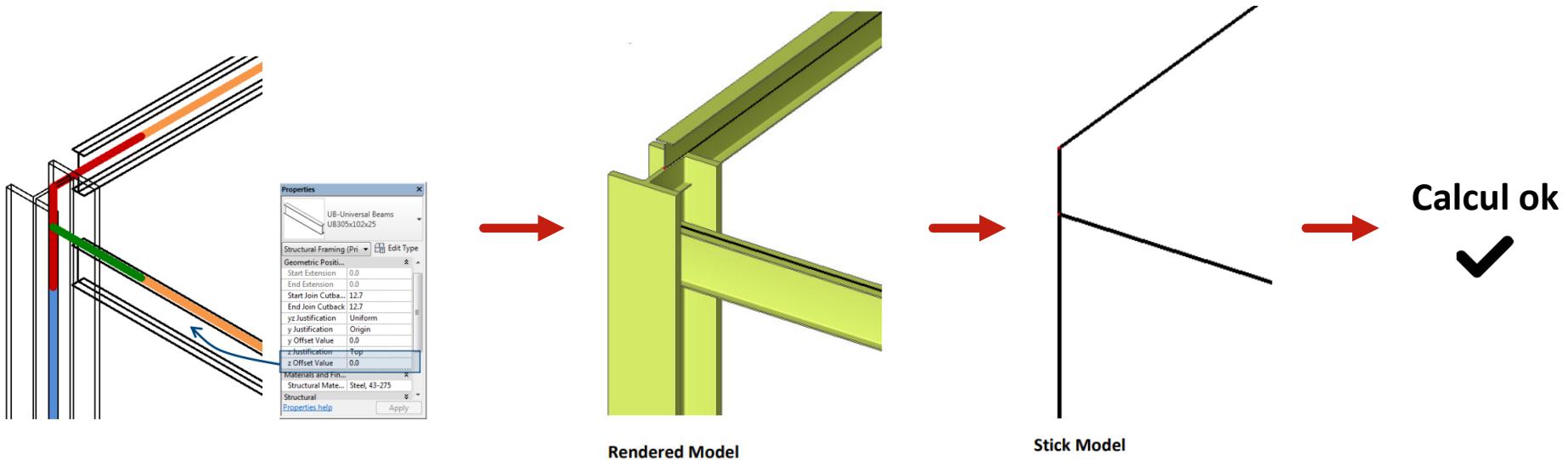


Source: Bleyenheuft et. al. (2017), *Les familles de Revit pour le BIM*, EYROLLES

# Les familles structurelles

## Le modèle analytique

Voir chapitre «Analyse des structures»



CADS Revit Scia Engineer Link – Best Practices

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à les faire partager