

MAKIT 25 Janvier 2023

*Il reste des corrections à faire, notamment la figure 3, 4, 5, 6 p2, le support lucarne fig 23 24 25, p9 30, 31 p11)
Les figures sont tirées du dossier figures 18 janvier. Retrouver les originaux ...*

I. Introduction

On dessine dans un plan muni d'une trame carrée d'arête $a=75\text{cm}$, dite "module". De même on représente l'espace usuel de dimension 3 dans un réseau cubique d'arête modulaire 75cm, généralisant en 3 dimensions le papier quadrillé ordinaire en 2 dimensions. On parlera indifféremment de trame ou de réseau cubique modulaire. Lorsqu'on dessine dans cet espace des plans dans chacune des trois directions principales (X,Y,Z ou frontal, face, horizontal), on y découpe des volumes cubiques inscrits dans la trame, aussi appelés « chambres ». Selon le contexte et l'échelle à laquelle on se place elles peuvent représenter des pièces (architecture), des casiers (moblier), des tableaux (Excel, Vasarely), des mailles (tricot), des cellules (tissu organique) etc. Elles sont concrètement réalisées par l'assemblage de parois (sols, plafond, murs, panneaux, facette, ...) ayant une certaine épaisseur, laquelle crée un problème d'assemblage des parois qu'on résout de différentes façons selon les cas (visserie, colle, couture, charnière, tenons-mortaises, tourillons etc.). Makit propose un jeu de volumes matérialisés par des faces rectangulaires inscrites dans un réseau cubique et assemblées par des tourillons régulièrement disposés sur les noeuds du réseau.

Arêtes couvrantes et arêtes couvertes

Deux faces adjacentes se rencontrant sur une arête, l'épaisseur "e" des plaques impose bien sûr de choisir laquelle est une face couvrante et laquelle est couverte, ce qui conduit à plusieurs solutions théoriques pour chaque volume donné.

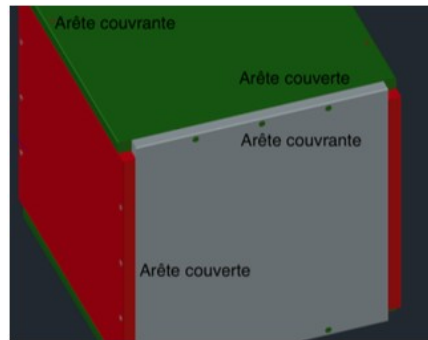


figure 1. Arêtes couvrantes et arêtes couvertes

Exemple le plus simple : la boîte cubique.

On y trouve 12 arêtes, chacune à l'intersection de deux faces du cube. Suivant les choix de faces couvrantes ou couvertes on obtient plus de 4000 possibilités pour assembler les faces du cube. Heureusement, en tenant compte des symétries du cube et en imposant une certaine régularité de construction il ne reste que deux solutions homogènes pour réaliser une boîte cubique respectant une seule règle simple : **les faces sont toutes identiques**.



figure 2. FacesCubes

Les 6 faces de chaque cube sont identiques. Il n'y a que ces deux assemblages qui réalisent cette condition.

II. Application aux maquettes de bâtiments. Quelques choix géométriques.

En respectant quelques règles assez peu contraignantes, on peut donner une représentation fidèle de la plupart des bâtiments à l'échelle 1/50 soit encore 3mm pour des murs d'épaisseur 15cm (noté 3mm~15cm), soit aussi 6cm pour un étage de hauteur 3m (6cm~3m).

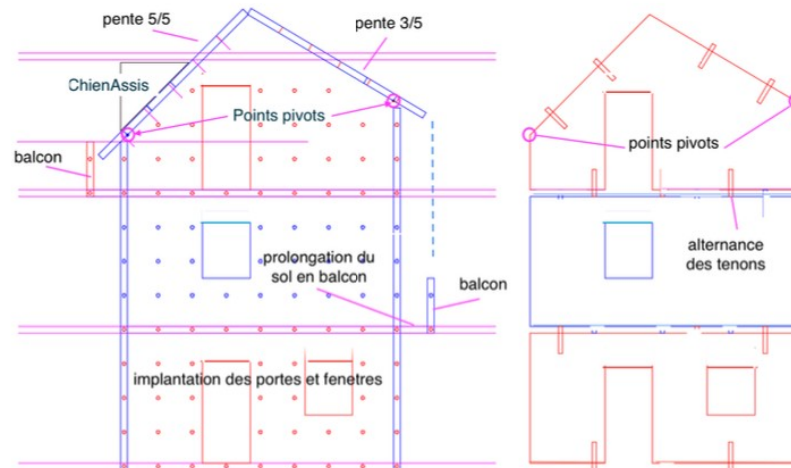
Les parois représentant les sols, murs et plafonds, sont des panneaux d'épaisseur $e=3\text{mm}$ ($e \sim 15\text{cm}$) inscrits dans un réseau cubique d'arête modulaire $a=15\text{mm}$ ($a \sim 75\text{cm}$). Les noeuds de ce réseau sont matérialisés par des tenons insérés dans des mortaises (tourillons et orifices cylindriques) servant de points d'ancrage pour les liaisons entre panneaux.

Selon leur position dans l'assemblage, les arêtes des panneaux sont couvrantes ou couvertes. Les arêtes "couvrantes" sont bordées par des mortaises et les arêtes "couvertes" bordées par des tenons (voir fig.1).

1. Implantation dans la trame

Les panneaux (sols et murs) s'inscrivent dans les plans de la trame cubique modulaire d'arête $a=15\text{mm}$. Les étages ont une hauteur de 4 modules ($4a \sim 3\text{mètres}$). Les murs ont donc aussi une hauteur de $4a$. Ils seront, lorsque nécessaire, percés par des ouvertures rectangulaires recevant des portes ou des fenêtres. Ils sont fixés au sol par des tenons placés sur leur arête horizontale basse, s'insérant dans les mortaises du sol. Ces arêtes sont donc toujours « couvertes ». La figure 3 ci-dessous explicite ce principe et précise la découpe des portes et fenêtres.

fig. 3



Remarquons déjà que :

- Les sols des balcons sont tracés dans le prolongement des planchers correspondants, ce qui simplifie la découpe des panneaux
- On utilise des petits murets de hauteur $6e$ ($\sim 90\text{cm}$) pour les balcons, balustrades et sous pente
- Les portes et fenêtres ont deux largeurs ($5e$ ou $7e$), ce qui unifie les systèmes de fixation d'objets dans la maquette. Elles sont réalisées par des ouvertures rectangulaires dans lesquelles viennent s'insérer des objets 3D (châssis de portes et fenêtres ou lucarnes par exemple).
- Au dernier étage certains murs, dits « charpentes », prennent une forme trapézoïdale ; leurs arêtes inclinées, soutiennent la toiture et sont donc de nature couverte. On limite les choix de pentes possibles à $1/5$, $2/5$, ..., $5/5$ (45°). Lorsque la pente du toit est forte ($5/5 \sim 45^\circ$), on peut y implanter un chien assis ou une lucarne (élément 3D fabriqué indépendamment), dont la façade prolonge celle du bâtiment principal suivant les deux schémas suivants

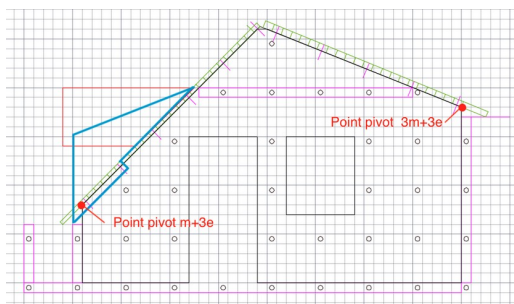


fig.4 Lucarne

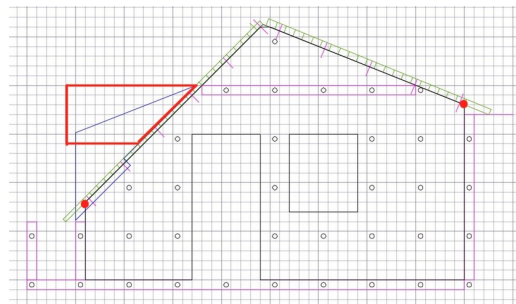


fig.5 Chien assis.

- Sur les panneaux de charpentes, en forme de trapèze, le « point pivot » (en rouge sur les fig. 4,5), indique le début de la pente. Il est à une hauteur « $ka+3e$ » (k entier, $a=5e$). Par exemple les deux points pivot des figures 4,5 correspondent à $k=1$ ($8e \sim 120\text{cm}$) et $k=2$ ($13e \sim 195\text{cm}$).

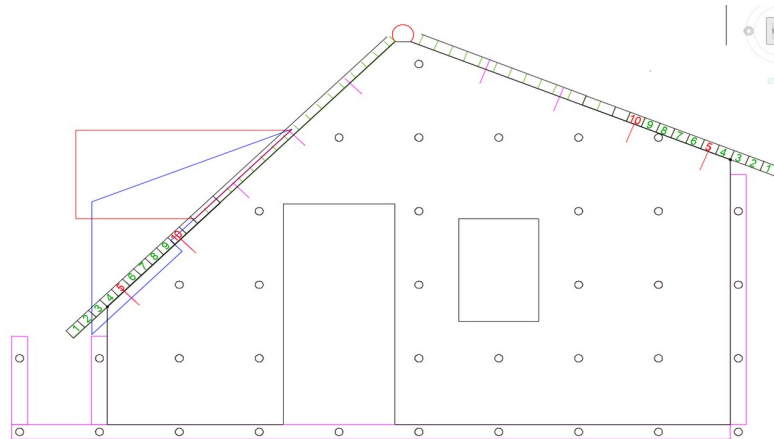
2. Nomenclature

2.a. Les panneaux verticaux sont déterminés par plusieurs paramètres.

- Nombre de portes et fenêtres à insérer
- Largeur du panneau exprimée en nombre de modules
- * hauteur h des arêtes verticales gauche et droite donnée en fonction de e par une relation $h=(5k+3)e$ (k entier),
- pentes du toit (à gauche et à droites du panneau)
- Nature des arêtes verticales gauche et droite (couvrante (0) ou couverte (1))

Par exemple le code du panneau de façade de la figure 6 ci-dessous (contour vert), est CPF8(8,13,5,2,1,1), signifiant qu'il s'agit d'un panneau de charpente (C) comportant une porte (P) et une fenêtre (F), de largeur 8 modules ($8a=40e \sim 6\text{mètres}$), de sous pentes (gauche= $8e$, droite= $13e$), de pentes (gauche= $5/5$, droite= $2/5$) et d'arêtes verticales couvertes (gauche= 1 , droite= 1)

fig6 implantation 2023
CPF8(8,13, 5, 2, 1, 1)



Remarque : Si le contexte permet d'éviter toute ambiguïté on adopte la notation simplifiée CPF8-11, rappelant qu'il s'agit d'un panneau « trapézoïde » de largeur 8 modules comportant une porte et une fenêtre.

2.b. Représentation plane. Nature des arêtes verticales

Les arêtes horizontales des murs étant par nature "couvertes", il reste à déterminer la nature des arêtes verticales. Sur une vue aérienne (vue "en plan") du bâtiment, les arêtes verticales sont en général à l'intersection de deux murs de directions perpendiculaires formant donc un 'T' un 'L' ou un '+'. Dans le cas du T on décide que le pied du T est "couvert" et sa barre supérieure est "couvrante". Pour les deux autres situations (intersection en L ou '+') on convient que la direction du faîtage de toit est **couvrante** tandis que la direction perpendiculaire (celle des murs-charpente perpendiculaires au faîtage) est **couverte**.

La figure 7 donne quelques conventions graphiques pour représenter des éléments de construction en vue plane

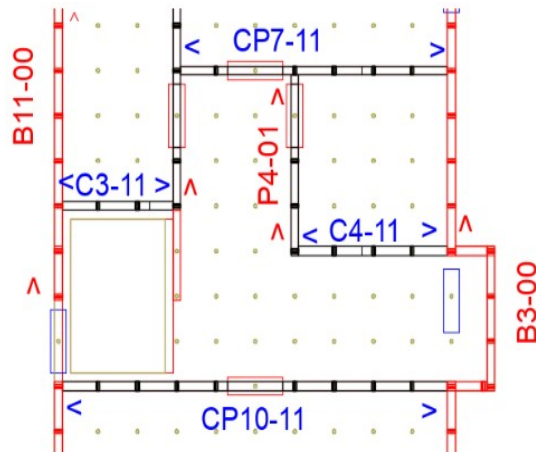


figure 7. Représentations planes

La couleur du nom (rouge ou bleu) nous renseigne sur l'orientation du mur par rapport à la direction du faîtage. Les ouvertures de portes sont représentées par un rectangle rouge et les fenêtres par un rectangle bleu. Les symboles < ou > aux extrémités des cloisons permettent de mieux visualiser la nature de leurs arêtes verticales (couvrante ou couverte).

2. Assemblages

Les plaques sont assemblées par des tourillons cylindriques (ou goupilles) de diamètre D=1.2 à 1.5mm et de longueur 10mm. Les trous transversaux (mortaises perpendiculaires aux plaques) sont disposés suivant une trame carrée d'arête 15mm. Leur diamètre D, entre 1.2 et 1.5mm, dépend des goupilles retenues.

Les mortaises dans les champs des plaques sont des «trous cylindriques » de même diamètre D qu'on obtient sans difficultés à l'aide d'un gabarit-goutière (voir plus loin les précisions techniques).

EXEMPLES DE MAQUETTES
A. Premier exemple (QuiberonPY)



Fig 8 Quiberon PY, Version pvc expansé

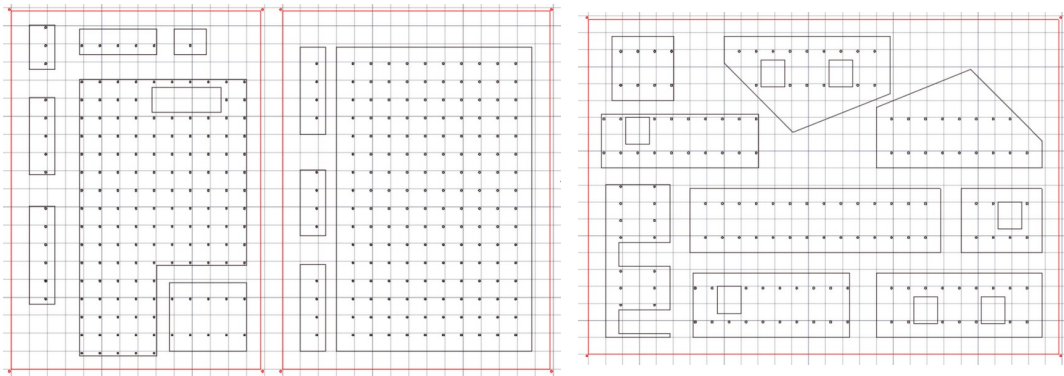


Fig. 9 et 9-2 Quiberon PY. Découpe et perçage



fig 8' Quiberon PY, VersionMDF

B. Deuxième exemple de maquette (Quiberon)

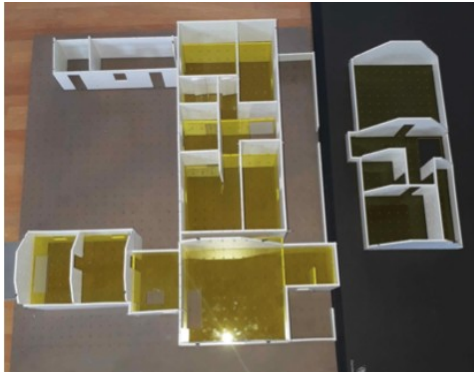


Fig 10



fig 11

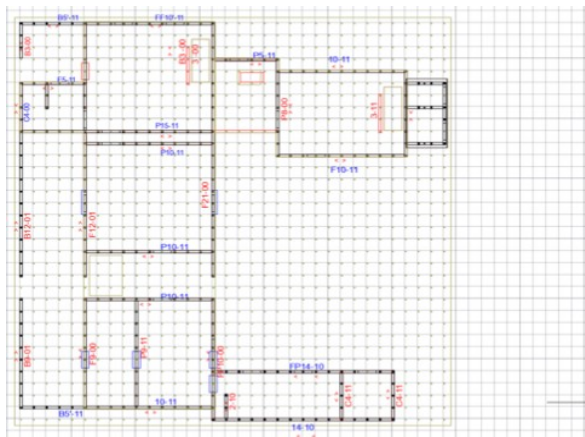


Fig 12 E₀ (Rez de chaussée)

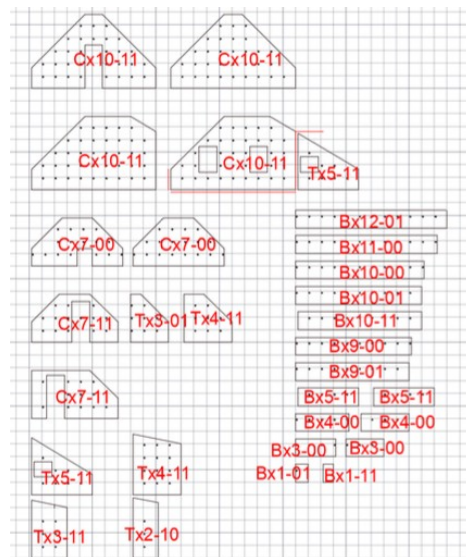


Fig 13 cloisons et murs

C. Exemple 3 (Brunoy)



Fig 14

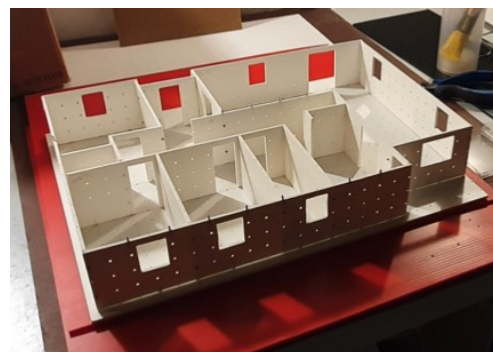


Fig 15

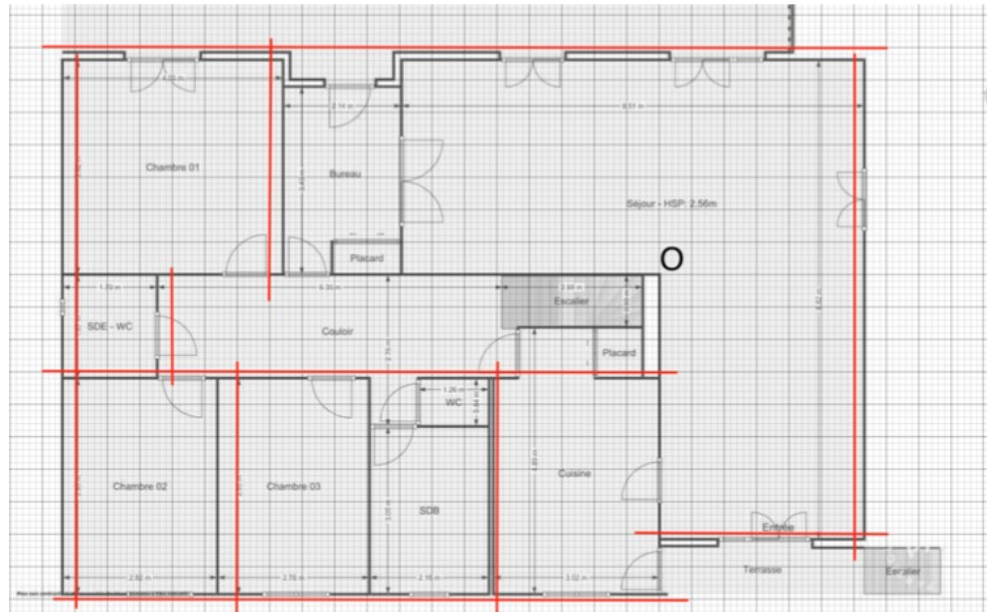
Voici, sur un exemple (Brunoy), la procédure à suivre pour adapter un plan de maison à sa représentation par une maquette Makit. On utilise le logiciel open source sh3D avec lequel on importe un plan de la maison ajusté à une échelle de 1/50.

Les étapes 1,2,3 suivantes explicitent les modifications du plan pour l'adapter à une maquette Makit.

1. Une origine O étant choisie, on cale sur le plan un calque contenant la trame carrée des mortaises.
2. Le plan d'origine est en noir et la trame carrée est un quadrillage (15x15 ~ 75cmx75cm à l'échelle 1/50). Chaque module (75cm) est lui même divisé en 5 intervalles de 15cm correspondant à l'épaisseur des plaques de pvc (3mm ~ 15cm), dessinant une trame plus fine sur laquelle seront placés les murs de la maquette.

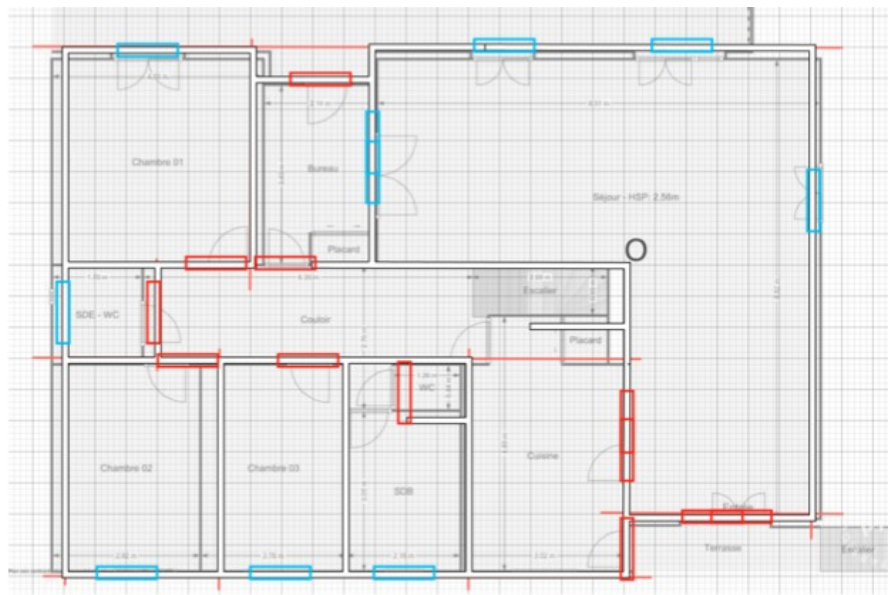
On re-dessine alors les murs en ajustant, "au mieux", leur position sur la trame (en rouge fig 16)

fig. 16



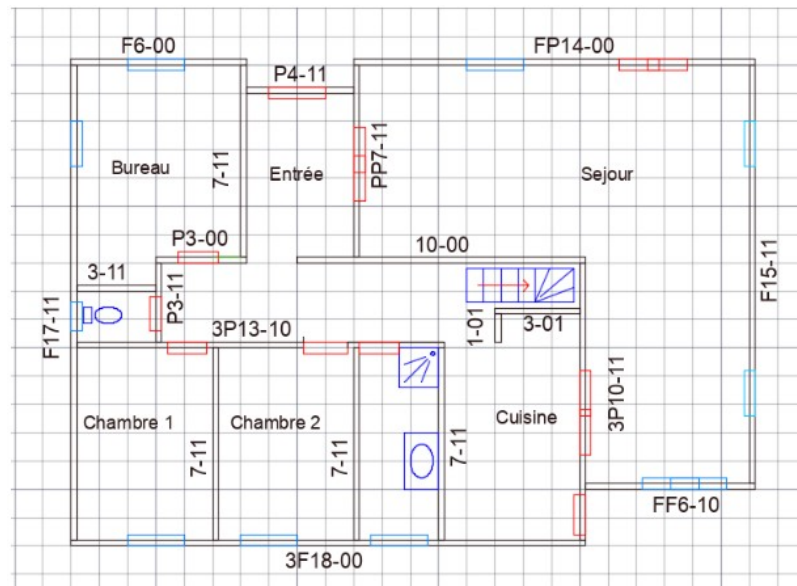
On remplace les portes et fenêtres par les ouvertures voulues (portes rouges, fenêtres bleues), respectant la trame (fig 17)

fig. 17



3. On ajuste les hauteurs sous plafond à 3m, puis introduit des escaliers etc (fig 18)

fig. 18



Enfin on reprend, si nécessaire, le dessin dans un logiciel dynamique (Autocad par exemple) pour y préciser des compléments (finaliser une représentation 3D par exemple).

Profitons en pour préciser quelques conventions graphiques :

- Les rectangles rouges (resp. bleus) indiquent des portes (resp. fenêtres) plus ou moins larges.
- Sur un escalier la flèche indique le sens ascendant.
- La terminaison des noms de panneaux (-11 etc.) indique la nature des arêtes verticales le limitant (0 pour couvrante et 1 pour couverte).
- Son type désigne le nombre de fenêtres et portes qu'il contient. Par exemple 3F18-00 désigne un panneau de largeur 18 modules contenant 3 fenêtres distinctes et d'extrémités couvrantes (-00), tandis que FF6-10 désigne un panneau de largeur 6 modules contenant une fenêtre large (FF) d'extrémité gauche couverte (1) et d'extrémité droite couvrante (0)

Remarque :

Comme on le voit sur cet exemple, le but de cette « Makitisation » est de respecter l'esprit du plan et la trame modulaire de la construction, plus que l'exactitude des dimensions du plan original.

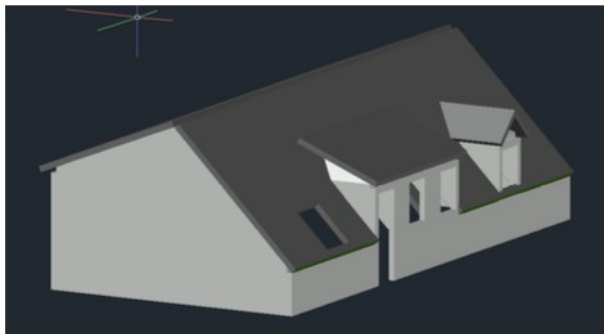
ASPECTS TECHNIQUES

Dans ce paragraphe on donne des précisions techniques permettant notamment une fabrication artisanale des maquettes utilisant essentiellement des plaques en pvc expansé ou panneau MDF de 3mm et quelques éléments obtenus par impression 3D

1. Panneaux, murs, cloisons, sols, toitures

Les plaques de pvc expansé (3mm) servent à réaliser les sols et les murs.

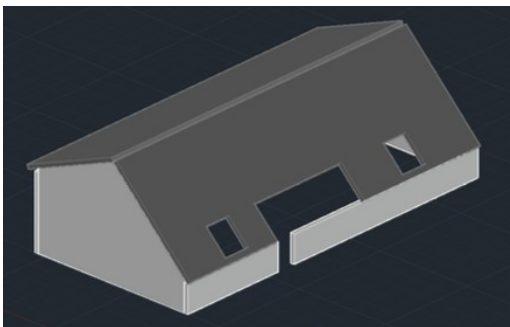
Les murs sont, selon leur orientation, des rectangles de hauteur $19e=57mm$ (du sol au plafond), ou des trapèzes respectant la trame modulaire carrée de 15mm d'arête, ce qui limite un peu les innombrables choix possibles. Les toitures, d'épaisseur plus fine (1.2mm), sont des rectangles inclinés percés par des ouvertures rectangulaires recevant des fenêtres de type «vasistas, lucarne ou chien-assis». Leurs implantations et dimensions sont nombreuses mais régulées par la trame modulaire.



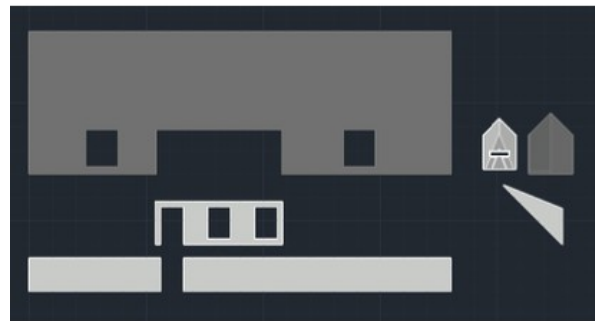
19-Lucarnes



20-Supports



21-Ouvertures



22-Découpes

2. Tenons, goupilles, tourillons, entretoises et bordures de panneaux

Les panneaux sont assemblés entre eux par des tenons s'insérant dans des mortaises. Il s'agit de petites goupilles cylindriques de diamètre 1.5mm et de longueur 10mm ayant essentiellement deux fonctions :

- Les **tourillons** lient entre eux les murs le sol et les cloisons. Les éléments de chaque étage forment alors un bloc indépendant qu'on nomme E_0 , E_1 , etc. (E_n =étage n).
- Les **entretoises** utilisent ces goupilles comme liaison cylindriques verticales permettant d'ajuster les étages correctement l'un au-dessus de l'autre. Fixées sous le sol de l'étage supérieur elles s'insèrent librement dans une mortaise de l'étage inférieur assurant ainsi son bon empiement : chaque niveau d'une maison est alors un bloc indépendant qu'on peut déplacer pour accéder au niveau inférieur.
- *Quelques remarques* - Les tourillons liant deux étages successifs sont solidaires de l'étage supérieur, ce qui permet de l'ajuster quand on "empile" plusieurs niveaux.
- - Pour positionner correctement un étage sur le précédent deux entretoises sont en principe suffisantes mais dans la pratique trois ou quatre assurent une meilleure stabilité.
- - Les sols seront souvent réalisés en plastique transparent (pvc ou PMMA), ce qui permet de voir par transparence différents niveaux du bâtiment.